

Variabilidad en plantas y frutas de papayas seleccionadas, procedentes de huertos comerciales en Michoacán, México

Variability in selected papaya plants and fruits, from commercial orchards in Michoacan, Mexico

Juan Carlos Álvarez-Hernández^{1*}

¹ Programa de Investigación Frutales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Centro de Investigación Regional Pacífico Centro (CIRPAC), Campo Experimental Valle de Apatzingán. Km. 17.5 Carretera Apatzingán - Cuatro Caminos, C. P. 60781. Antúnez, Michoacán, México.

*Autor de contacto: alvarez.juan@inifap.gob.mx.

RESUMEN

En las regiones productoras de México la variedad dominante es la Maradol, y el tipo de semilla varía desde originales F1, hasta selecciones descendientes 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, México. Mediante exploraciones en parcelas comerciales, se identificaron y caracterizaron plantas de papaya Maradol hermafroditas 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. Además, se realizó un análisis multivariado. 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 a los frutos formados. El estado fitosanitario, se registró presencia de virus, ácaros y otros insectos en la mayoría de las huertas. La germinación fue aceptable. Se concluye que se identificaron y caracterizaron plantas de papaya seleccionadas con base a características sobresalientes y adaptadas a la zona productora de Michoacán. El análisis multivariado permitió clasificar cuatro grupos y tres no definidos.

Palabras clave: *Carica papaya*, producción de semilla, variedad Maradol.

ABSTRACT

In the producing regions of Mexico the dominant variety is Maradol, and the type of seed used varies from original F1, to descendent F2 to F5. This leads to degeneration and genotypic segregation. In this way it is necessary an adequate selection of parents and controlled pollination for seed production, and that is adapted to the region of interest. Therefore, the objective was to select outstanding papaya plants adapted to the production area of Michoacan, Mexico. Through field explorations in commercial plots, papaya plants of the Maradol hermaphrodite type were identified and characterized with outstanding characteristics. In the plants, floral buds were selected and covered to induce self-pollination. The fruits were collected in the maturity stage and the seeds were obtained. Morphological variables of plant and fruit, health

and germination were recorded. In addition, a multivariate analysis was performed. 12 orchards presented outstanding plants. The characterization of the progress in the development of floral bud to fruits was variable, since the amount of fruits formed in relation to the buttons covered initially was reduced, as well as, it reduced the amount of fruits collected in relation to the fruits formed. Regarding phytosanitary status, the presence of viruses, mites and other insects was recorded in most of the registered orchards. The germination was acceptable. It is concluded that selected papaya plants were identified and characterized based on outstanding characteristics and adapted to the production area of Michoacan. The multivariate analysis allowed to classify four groups and three not defined.

Keywords: *Carica papaya*, seed production, Maradol variety.

1. INTRODUCCIÓN

En México, de los cultivos de importancia económica la papaya (*Carica papaya* L.) se encuentra extendida en las regiones tropicales y subtropicales del país, ya que las condiciones ambientales que tiene México derivado de su privilegiada posición geográfica le favorecen. Es una especie frutícola de rápido crecimiento y de alta actividad fisiológica. Su fruta es apreciada por su excelente calidad, cuyo consumo per cápita anual es de 6.4 kg (SIAP, 2017).

El cultivo de papaya en México, entre los años 2010 al 2018 el área cultivada creció 9.5%, pasando de 16,261 a 17,807 ha; la producción total se incrementó en 59.6%, al pasar de 648,235 a 1,034,532 t; y el rendimiento por hectárea subió el 24.9%, pasando de 46.49 a 58.09 t ha⁻¹. Aunado a lo anterior, los estados mexicanos con mayor superficie cosechada en el último registro oficial de 2018, en conjunto sumó 15,096 ha y fueron Veracruz, Colima, Oaxaca, Michoacán Chiapas y Guerrero. No obstante, en rendimiento por hectárea, Oaxaca alcanzó el primer lugar con 106.7 t ha⁻¹ y Veracruz con 32.9 t ha⁻¹ siendo el estado con menor rendimiento por hectárea. Particularmente, el registro del estado de Michoacán ha sido variable en los últimos 9 años, ya que 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 por hectárea fue de 32 (±2.2) t ha⁻¹ (SIAP-SADER, 2019).

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

Estudios señalados por Feitó y Portal (2013), indican que la cadena agroalimentaria de papaya se enfrenta a dificultades asociadas a la baja capacidad de innovación y desarrollo, además se depende en la producción de semillas del mercado exterior y casi la totalidad de su producción depende solo de la variedad Maradol. Sin embargo, la realidad es que *Carica 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 (Alvarez et al., 2018). Por tanto, la selección de progenitores y la polinización controlada para la obtención de semilla son aspectos importantes, donde los cruzamientos deben ser realizados entre plantas hermafroditas o promover la autopolinización de estas para la obtención de 66% de semillas que originarán plantas hermafroditas (Ram, 2005).

En la selección de plantas con fines de multiplicación de semilla se 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 carpeloides 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 en tamaño como en la forma del fruto (SNICS-SAGARPA, 2014).

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. Por lo an-

terior 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). En base a lo anterior, el objetivo fue seleccionar en huertas comerciales plantas de papaya con características sobresalientes y estén adaptados a la zona productora de papaya de Michoacán, México.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Mediante exploraciones de campo en parcelas comerciales de papaya, ubicadas en la zona productora de Michoacán, México, también conocido como el Valle de Apatzingán, durante los meses de marzo a diciembre del año 2018, se identificaron plantas de papaya del tipo Maradol. Las características buscadas en estas plantas se basaron en que fueran 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 como mínimo cuatro botones florales en antesis o próximos a la apertura floral, y con el fin de asegurar que no hubiera polinización cruzada, los botones se cubrieron con bolsa de papel "glassine" encerado, y a cada botón les fue colocada una etiqueta con información respectiva para su posterior identificación. El proceso de desarrollo de los botones hasta alcanzar madurez fisiológica de fruto tardó 5 meses aproximadamente. Posteriormente a esa fecha, conforme maduraron los frutos fueron colectados para la extracción de la semilla y su acondicionamiento a través de lavado y fueron conservados para siguiente estudio de germinación, que se basó en remojo 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 a $27 (\pm 3) ^\circ\text{C}$. Además, se registró el nivel de sanidad de las plantas, mediante exploración visual de las plantas colindantes con respecto a las plantas sobresalientes se determinó la presencia o ausencia de insectos-plaga, esto con el fin de 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 frutos colectados sobre los botones cubiertos inicialmente; presencia y/o ausencia de virus y principales plagas de papaya; altura de planta,

al primer fruto y circunferencia de tallo, se utilizó una cinta métrica; y se tomó el número de frutos por planta en etapa de cosecha. A los frutos colectados, se les registró la circunferencia polar y ecuatorial con una cinta métrica; el índice de forma de fruto, mediante la fórmula circunferencia polar entre circunferencia ecuatorial por 100; el peso de fruto con una balanza digital; ancho de pulpa con un regla graduada; sólidos solubles, con refractómetro; firmeza de pulpa, con penetrómetro manual; y estimación del rendimiento por planta. En relación a la germinación, conociendo el número inicial de semilla y por diferencia se registró la semilla vana y posteriormente la semilla germinada, y el periodo en que ocurrió.

Los datos registrados fueron analizados con estadísticas descriptivas, en tanto la prueba de germinación fue porcentual. Además se realizó un análisis multivariado de componentes principales y conglomerado con base en la matriz 12×17 , correspondiente a características de huertas, plantas y frutos, respectivamente. Los paquetes estadísticos utilizados fueron SAS versión 9.3 (2002) y PAST 3.2 (Hammer, 2018).

3. RESULTADOS

En cuatro municipios del Valle de Apatzingán Michoacán, México se exploraron 28 huertas comerciales de papaya (Tabla 1), la localización geográfica y altitud siguieron un patrón común, a su vez, las superficies y genotipos de las huertas fueron variables. A pesar de ello, 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 que correspondieron a los municipios de Parácuaro y Tepalcatepec, y sobre estas se registró la información de las variables consideradas (Tabla 2).

En relación al proceso en el desarrollo de botones florales a frutos formados y de calidad de papaya, los valores porcentuales alcanzados se muestran en la Figura 1. Como se aprecia, durante el desarrollo se 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 diversa 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. En la misma Figura 1, también se muestra los valores numéricos de botones y frutos por huertas.

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 (Tabla 2). Referente a la caracterización de los frutos, los resultados se presentan en el Tabla 2, 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, índice de forma 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 por ha, es posible superar 50 t ha⁻¹ (Tabla 2), con ello se logra sobrepasar el promedio nacional.

TABLA 1: Condiciones diferenciales de huertas comerciales de papaya y plantas selectas.

Municipio	Localidad	Huerta (Id.)	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud (m)	Superficie (ha)	Genotipo	Edad (mes)	Etapas fenológica	No. plantas elegidas
Apatzingán	Puerta de Alambre	HA1	19°03 33 ''	102°24 51 ''	314	6	Maradol	5	Cuajado	4
Mujica	Nueva Italia	HM1	18°55 32 ''	102°09 48 ''	421	8	Maradol	14	Fructificación	2
Mujica	Nueva Italia "Aguate"	HM2	18°58 53 ''	102°10 04 ''	378	8	Mulata	12	Fructificación	3
Mujica	Cañidor "Canal"	HM3	18°58 44 ''	102°10 52 ''	359	8	Maradol	6	Fructificación	3
Mujica	Cañidor "Carretera 1"	HM4	18°59 34 ''	102°11 35 ''	327	10	Maradol	3	Floración	3
Mujica	Cañidor "Carretera 2"	HM5	18°57 27 ''	102°09 33 ''	364	6	Maradol	2	Botón floral	3
Parácuaro	Ciudad Morelos	HP1	19°00 15 ''	102°17 20 ''	328	6	Maradol	14	Fructificación	1
Parácuaro	Antúnez "La perla"	HP2	18°57 40 ''	102°13 14 ''	324	8	Intensa	9	Fructificación	2
Parácuaro	Antúnez "La pista"	HP3	19°00 15 ''	102°13 00 ''	376	10	Maradol	6	Fructificación	3
Parácuaro	Antúnez "La perla"	HP4	19°00 15 ''	102°13 00 ''	305	7	Maradol	6	Fructificación	3
Parácuaro	Antúnez "La perla"	HP5	18°57 08 ''	102°13 40 ''	310	8	Maradol	6	Fructificación	4
Parácuaro	Antúnez "La perla"	HP6	18°56 17 ''	102°14 01 ''	315	13	Maradol	7	Fructificación	4
Parácuaro	Antúnez "Y griega"	HP7	18°56 12 ''	102°14 05 ''	308	10	Maradol	4	Floración	3
Parácuaro	Antúnez "La soledad"	HP8	18°58 34 ''	102°12 22 ''	322	10	Maradol	5	Cuajado	3
Parácuaro	Antúnez "La perla"	HP9	18°56 09 ''	102°13 35 ''	319	4	Maradol	5	Cuajado	3
Parácuaro	Antúnez "Piedra Parada"	HP10	18°57 52 ''	102°15 20 ''	334	13	Maradol	2	Botón floral	3
Parácuaro	Antúnez "Pando"	HP11	19°02 00 ''	102°12 35 ''	381	4	Maradol	2	Botón floral	3
Parácuaro	Las Yeguas	HP12	19°00 42 ''	102°14 52 ''	312	9	Maradol	4	Floración	2
Parácuaro	Los Pozos	HP13	18°56 01 ''	102°13 05 ''	300	7	Maradol	5	Cuajado	3
Parácuaro	Iro. de septiembre	HP14	18°51 51 ''	102°11 04 ''	300	6	Maradol	3	Floración	3
Tepalcatepec	Cholula	HT1	19°07 54 ''	102°50 34 ''	370	7	Maradol	4	Floración	0
Tepalcatepec	Taixtan	HT2	19°07 58 ''	102°50 42 ''	354	6	Maradol	10	Madurez	2
Tepalcatepec	Atascadero	HT3	19°08 13 ''	102°51 58 ''	342	10	Maradol	3	Floración	0
Tepalcatepec	Calderitas 1	HT4	19°10 14 ''	102°51 20 ''	355	13	Intensa	1	Desarrollo	0
Tepalcatepec	Calderitas 2	HT5	19°10 22 ''	102°50 25 ''	376	9	Mulata	5	Cuajado	1
Tepalcatepec	Calderitas 3	HT6	19°10 38 ''	102°49 43 ''	341	7	Intensa	1	Desarrollo	0
Tepalcatepec	Milanés	HT7	19°08 57 ''	102°51 38 ''	366	8	Guajira	4	Floración	2
Tepalcatepec	Calderitas 4	HT8	19°11 07 ''	102°49 42 ''	354	8	Intensa	1	Desarrollo	0

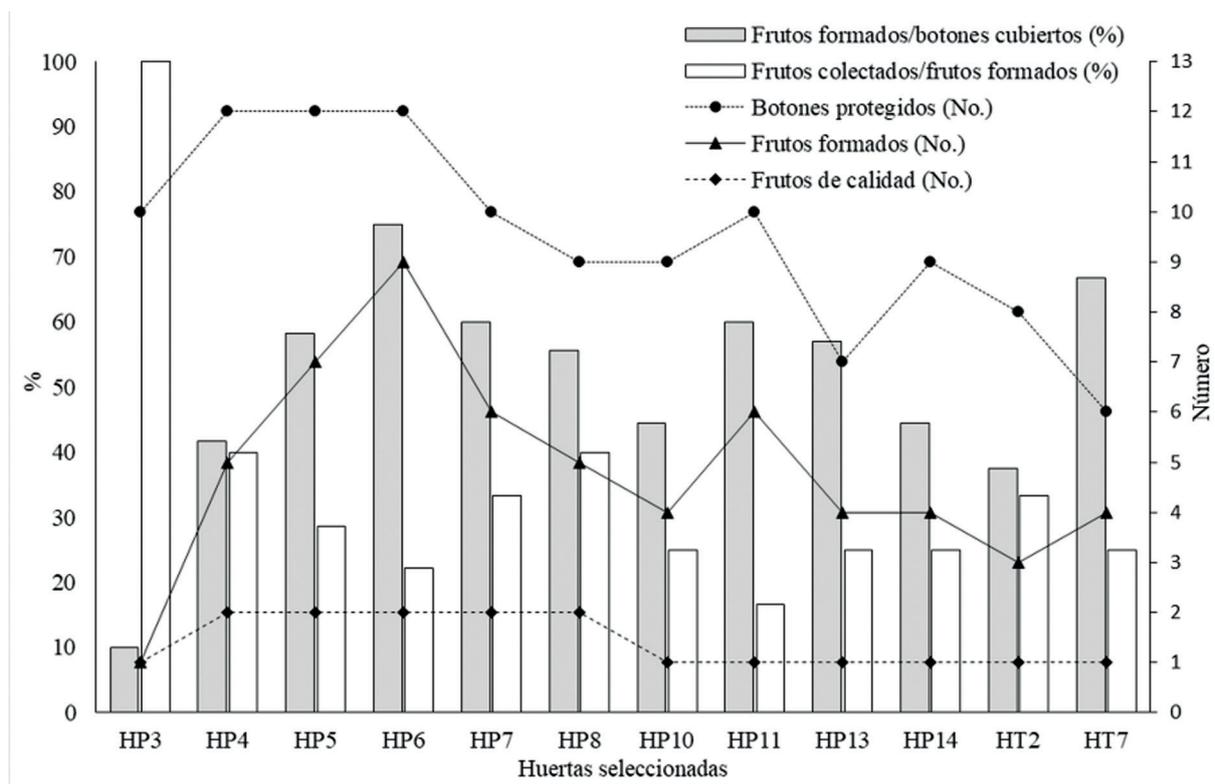


FIGURA 1: Proceso en el desarrollo de botones florales a frutos formados de papaya.

TABLA 2: Características de las plantas sobresalientes, frutos y rendimiento estimado.

Huerta	Altura de planta (cm)	Circunferencia de tallo (cm)	Altura a primer fruto (cm)	Frutos por planta (No.)	Circunferencia de fruto		Índice de forma de la fruta	Ancho de pulpa (cm)	Peso de fruto (g)	Solidos solubles (°Brix)	Firmeza de pulpa (kg cm ⁻²)	Rendimiento estimado/planta (kg)
					polar (cm)	ecuatorial (cm)						
HP3	190	31	47	34	58	44	131.8	2.7	1146	12	2.1	38.96
HP4	187	36	45	30	60	39	153.8	3	1125	14	2	33.75
HP5	166	34	52	27	51	46	110.9	2.8	1230	13	2.1	33.21
HP6	159	33	44	32	59	41	143.9	2.7	1360	11	1.9	43.52
HP7	187	29	37	30	49	38	128.9	2.2	975	15	2.2	29.25
HP8	170	30	56	33	50	32	156.3	2.5	1111	12	2.1	36.66
HP10	195	29	40	40	46	36	127.8	2.3	1001	13	1.9	40.04
HP11	200	35	43	28	47	38	123.7	2.4	1150	11	2	32.20
HP13	171	36	60	29	44	37	118.9	2.2	980	15	2.1	28.42
HP14	222	33	55	33	50	39	128.2	2.4	1125	13	2.2	37.12
HT2	182	34	45	38	49	38	128.9	2.5	900	12	1.9	32.20
HT7	169	30	55	37	54	40	135.0	2.1	1070	11	2.2	39.59

Respecto al comportamiento de la germinación, en el periodo de remojo hubo bajo porcentaje de semilla vana, incluso en algunas huertas no se registró. En cuanto a la germinación general fue superior al 80%. En tanto el pe-

riodo de respuesta de la germinación estuvo entre 9 y 14 días, sin embargo, la mayor germinación se registró a los 12 días (Tabla 3).

TABLA 3: Germinación de semillas de los frutos colectados en plantas de papaya sobresalientes y variación en el tiempo.

Huerta	Semilla vana (%)	Germinación (%)	Porcentaje de germinación en el tiempo (días)					
			9	10	11	12	13	14
HP3	0.0	83.33	1.7	15.0	16.7	28.3	20.0	1.7
HP4	6.0	86.67	3.3	13.3	16.7	36.7	13.3	3.3
HP5	2.0	81.67	3.3	13.3	21.7	33.3	8.3	1.7
HP6	0.0	85.00	3.3	13.3	23.3	36.7	6.7	1.7
HP7	4.0	85.00	1.7	20.0	30.0	23.3	8.3	1.7
HP8	0.0	86.67	1.7	20.0	28.3	20.0	13.3	3.3
HP10	0.0	81.67	1.7	5.0	26.7	40.0	5.0	3.3
HP11	4.0	83.33	3.3	6.7	33.3	33.3	5.0	1.7
HP13	2.0	81.67	1.7	23.3	20.0	23.3	11.7	1.7
HP14	0.0	83.33	3.3	18.3	23.3	23.3	8.3	6.7
HT2	0	81.67	1.7	13.3	28.3	26.7	10.0	1.7
HT7	1	86.67	5.0	21.7	33.3	15.0	10.0	1.7

El registro del estado fitosanitario de tres principales problemas de la región, que fueron virus, ácaros y otros insectos menos persistentes (mosca blanca y áfidos), se comportó de la siguiente manera: las huertas HP3, HP4, HP7 y HT2 presentaron virus, ácaros y otros insectos; las huertas HP6, HP11 y HT7, solo presentaron ácaros; las huertas HP8 y HP14; solo tuvieron otros insectos; la huerta HP5, presentó solo virus; la huerta HP10, presen-

taron ácaros y otros insectos; y la huerta HP13 tuvo presencia de virus y otros insectos. Cabe señalar que la chicharrita no se detectó en las huertas exploradas, a pesar de ser una plaga de importancia en la región, durante el periodo de muestreo, no se registró. En cuanto a los estadísticos muestrales, derivados de los valores calculados de las variables registradas en plantas de papaya sobresalientes se muestran en la Tabla 4.

TABLA 4: Estadísticos muestrales de las variables registradas en plantas de papaya sobresalientes.

Variable	Media	Error estándar	Varianza	Desviación estándar	Valor mínimo	Valor máximo	Coefficiente de variación	Límite de confianza (95%)	Límite de confianza (99%)
AP (cm)	183.16	5.08	309.96	17.60	159	222	9.61	9.96	13.11
CT (cm)	32.5	0.75	6.81	2.61	29	36	8.03	1.47	1.94
APF (cm)	48.25	2.07	51.47	7.17	37	60	14.86	4.05	5.34
FP (No.)	32.58	1.18	16.81	4.1	27	40	12.58	2.31	3.05
CPF (cm)	51.41	1.5	27.35	5.23	44	60	10.17	2.95	3.89
CEF (cm)	39	1.04	13.09	3.61	32	46	9.27	2.04	2.69
IFF	132.34	3.84	177.45	13.32	110.9	156.3	10.06	7.53	9.92
PF (kg)	1.09	0.03	0.01	0.12	0.9	1.36	11.36	0.07	0.09
AP (cm)	2.48	0.07	0.07	0.27	2.1	3	10.97	0.15	0.2
SS (°Brix)	12.66	0.41	2.06	1.43	11	15	11.33	0.81	1.06
FP (kg cm ⁻²)	2.05	0.03	0.01	0.11	1.9	2.2	5.65	0.06	0.08
REP (kg)	35.41	1.33	21.52	4.63	28.42	43.52	13.10	2.62	3.45
G (%)	83.89	0.59	4.20	2.05	81.67	86.67	2.44	1.16	1.52

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; IFF=índice de la forma de fruto; PF=peso de fruto; AP=ancho de pulpa; SS=sólidos solubles; FP=firmeza de pulpa; REP=rendimiento estimado por planta y G=germinación.

Por otra parte, el análisis multivariado de componentes principales basado en las 13 variables relacionadas a las características de las plantas y de los frutos, fue interpretado a partir de los valores propios, la varianza individual y acumulada en cada componente, de igual manera, el valor propio y la varianza de la matriz de correlación. Los

valores mostrados indicaron la variabilidad que fue asociada a cada componente principal, y se reduce en medida que se incrementa el número de componente, mostrando en forma acumulada que el primer componente explica cerca del 51.53% de la variabilidad, el resto concentró el 48.47% (Tabla 5).

TABLA 5: Valores propios de las características de plantas y frutos, y proporción de la variabilidad plantas sobresalientes de papaya de 12 huertas.

Componente principal	Matriz varianza-covarianza			Matriz correlación	
	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)	Valor propio	Varianza (%)
1	325.50	0.5153	0.5153	4.1524	25.952
2	186.75	0.2957	0.8110	3.16354	19.772
3	50.94	0.0806	0.8917	2.25483	14.093
4	31.00	0.0491	0.9407	2.05517	12.845
5	26.00	0.0412	0.9819	1.32726	8.2954
6	5.27	0.0084	0.9903	1.09795	6.8622
7	4.19	0.0066	0.9969	1.00769	6.2981
8	1.33	0.0021	0.9990	0.591322	3.6958
9	0.52	0.0008	0.9999	0.239469	1.4967
10	0.08	0.0001	1.0000	0.0916922	0.57308

Al considerar los dos primeros componentes principales se puede explicar la variabilidad acumulada en las poblaciones. Dado que el primer componente supera el 51% de toda la varianza (Figura 2), está correlacionado positiva-

mente con altura de planta (Tabla 6). El segundo componente representa el 29% de toda la varianza (Figura 2), esta correlacionado positivamente con el índice de forma de fruto (Tabla 6).

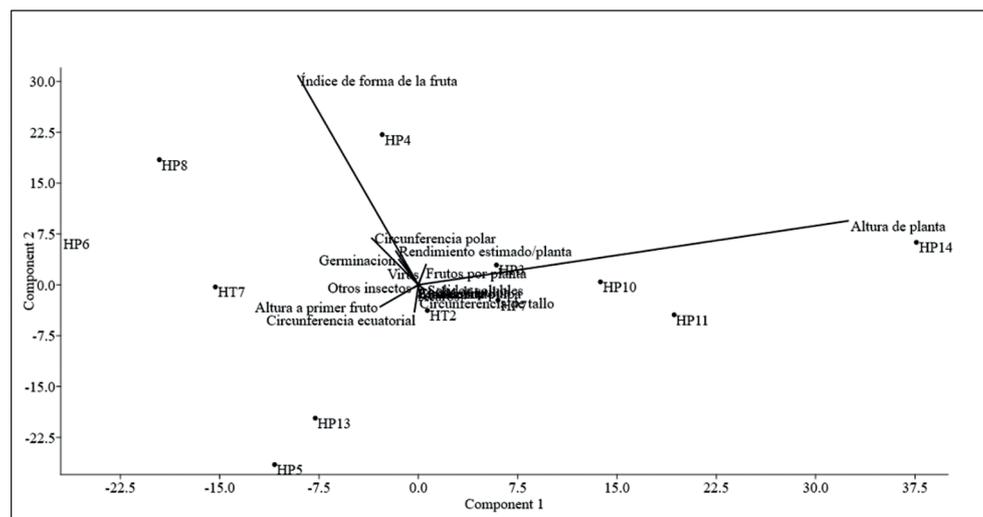


FIGURA 2: Dispersión diagramática de huertas exploradas y variables de plantas y frutos en los componentes principales 1 y 2.

TABLA 6: Pesos de los componentes principales 1 y 2 en las variables registradas.

Variable	Componente principal 1	Componente principal 2
Altura de planta	0.95203	0.27657
Circunferencia de tallo	0.0029989	-0.041182
Altura a primer fruto	-0.08424	-0.094476
Frutos por planta	0.017054	0.087276
Circunferencia polar	-0.10287	0.2012
Circunferencia ecuatorial	-0.0085658	-0.11615
Índice de forma de fruta	-0.26642	0.90406
Peso de fruto	-0.0020654	0.0012139
Ancho de pulpa	-0.0029671	0.0055917
Solidos solubles	0.014733	-0.02106
Firmeza de pulpa	0.0010301	-0.0010127
Rendimiento estimado/planta	-0.049463	0.14541
Germinación	-0.042921	0.10918
Virus	0.0024519	0.013216
Ácaros	-0.00016252	-0.010444
Chicharrita	0	0
Otros insectos	-0.0094615	-0.011943

Por su parte, con las estructuras de los dos componentes principales se realizó el análisis de conglomerados. Este análisis se realizó al considerar la estructura de los dos primeros componentes principales, ya que explicaron el 81% de la varianza y pudo facilitar el proceso de identi-

ficación de grupos de variantes. Los resultados permitieron evidenciar que a una distancia euclídeana de 20 se formaron 4 grupos definidos: HP7, HT2 y HP3; HP10 y HP11; HP5 y HP13; HP6 y HT7; HP14, HP8 y HP4, no se formaron parte de ningún grupo (Figura 3).



FIGURA 3: Dendrograma de 17 variables de plantas y frutos de huertas seleccionadas, con cuatro grupos definidos y tres sin definir a distancia euclídeana de 20.

4. DISCUSION

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, 2000). Además, en México la principal variedad de papaya cultivada es Maradol (Santamaria 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.

Tanto las características cualitativas y cuantitativas de flor, hojas, semilla, planta y principalmente frutos, son parámetros importantes a evaluar en las 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.

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; Pares et al., 2002). La papaya se basa en una base genética estrecha y pocas variedades y/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, esto 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.

Por otra parte, el análisis de componentes principales, se requirió al menos de dos componentes para explicar el 81% de toda la varianza, donde solo el primer componente aportó el 51% de total de varianza. Con esta información fue posible identificar cuatro grupos definidos a través del análisis de conglomerados.

5. 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. El análisis

multivariado permitió clasificar cuatro definidos y tres sin definir.

6. AGRADECIMIENTOS

Se agradece 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.

7. REFERENCIAS

- Aikpokpodion, P. O. 2012. Assessment of genetic diversity in horticultural and morphological traits among papaya (*Carica papaya*) accessions in Nigeria. *Fruits* 67: 173-187.
- Alvarez, H. J. C., Castellanos, R. J. Z. y Aguirre, M. C. L. 2018. Relación entre el sexo de plantas y el enrocetado peciolar en genotipos de papaya. *Compendio Investigativo de Academia Journals*. Elibro Online. p. 171-176.
- Bhattacharya, J. and Khuspe, S. 2000. *In vitro* germination of papaya (*Carica papaya* L.) seed. *Sci. Hort.* 91: 39-49.
- Chan, Y. K. 2014. Successful production of hybrid papaya in Malaysia. p. 17-21. *In: Chomchalow et al.* (Eds.). *Proc. Third International Symposium on Papaya*. Acta Hort. ISHS.
- Díaz, J. J. A. 2002. Manual práctico para el cultivo de la papaya hawaiana. 1ra. Ed. Ed. Earth. Costa Rica. 108.
- 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 Breeding and Applied Biotechnology*. 7: 345-352.
- Hammer, Ø. 2018. PAST V. 3.2 Reference manual. Natural History Museum, University of Oslo. 262.
- Karambu, R. F., Kwya, O. F., Nzilani, M. N. and Miinda, A. E. 2018. Genetic improvement of papaya (*Carica papaya* L.). p. 897-928. *In: Al-Khayri, J. M. et al.* (Eds.). *Advances in plant breeding strategies: Fruits*. Springer International Publishing.
- Marin, S. L. D., Pereira, M. G., Amaral, A. T., Martelletto, L. A. P. and Ide, C. D. 2006. Heterosis in papaya hybrids from partial diallel of 'Solo' and 'Formosa' parents. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. 6: 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: 253-265.
- Pares, J., Basso, C. y Jáuregui, D. 2002. Momento de antesis, dehiscencia de anteras y receptividad estigmática en flores de lechosa (*Carica papaya* L.) cv. Cartagena Amarilla. *Bioagro*. 14(1): 17-24.
- Ram, M. 2005. Papaya. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi. 1st. 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. *Agricultura Técnica en México*. 35(3): 347-353.
- SAS Institute Inc. (2002). The SAS System for Windows 9.0. Cary, N.C. USA. 421.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. Atlas Agroalimentario. 1ra. Edición. Ciudad de México. 231.
- SIAP-SADER. 2019. Estadísticas de la producción nacional de papaya. Datos disponibles en internet. 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: 16-23.
- SNICS-SAGARPA. 2014. Regla para la calificación de semilla de papaya (*Carica papaya* L.). 23.
- SNITT-SAGARPA. 2016. Agenda nacional de investigación, innovación y transferencia de tecnología agrícola 2016-2022. 1ra. Ed. México. 197.
- Stice, K. N., Tora, L., Iranicolaivalu, M. and Wagainabete, T. 2016. Developing local seed production systems for Fiji Red papaya. p. 95-98. *In: Drew, R. et al.* (Eds.). XXIX IHC - Proc. Int. Symp. on Papaya, Pineapple and Mango. ISHS.
- 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: 1-9.