

## Evaluación de líneas seleccionadas de papaya para la conservación de características deseables

Juan Carlos Álvarez-Hernández<sup>1,5</sup>  
Carlos Román Castillo-Martínez<sup>2</sup>  
Maricela Apaez-Barrios<sup>3</sup>

1 Campo Experimental Valle de Apatzingán-INIFAP. Carretera Apatzingán-Cuatro Caminos km 17.5, Antúnez, Parícut, Michoacán, México. CP. 60781.

2 Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales-INIFAP. Av. Progreso Núm. 5, Colonia Barrio de Santa Catarina, Delegación Coyoacán, Ciudad de México, México. CP. 04010. ([castillo.carlos@inifap.gob.mx](mailto:castillo.carlos@inifap.gob.mx)).

3 Facultad de Ciencias Agropecuarias-UMSNH. Mariano Jiménez S/N, colonia El Varillero, Apatzingán, Michoacán, México. CP. 60670. ([maricela.apaez@umich.mx](mailto:maricela.apaez@umich.mx)).

Autor para correspondencia: [alvarez.juan@inifap.gob.mx](mailto:alvarez.juan@inifap.gob.mx).

### Resumen

Actualmente se tienen pocas variedades de papaya en México y la dominante es 'Maradol', que con el tiempo ha sido vulnerable. Sin embargo, el desarrollo de variedades para la producción de semilla es un desafío. El objetivo fue evaluar líneas de papayas sobresalientes y adaptadas, para la conservación de características deseables. En campo se evaluaron 23 líneas del tipo 'Maradol' en Antúnez Michoacán, México, en el año 2022. Inicialmente se registró altura de planta, circunferencia de tallo, número de hojas y altura al primer fruto. Durante el desarrollo de las plantas, se identificaron plantas sobresalientes y se controló su polinización. En frutos desarrollados se registró circunferencia polar y ecuatorial, peso, ancho y firmeza de pulpa, y sólidos solubles. El desarrollo de plantas presentó diferencias, cuya variabilidad entre líneas permitió identificar características morfológicas de interés. Solamente 10 líneas presentaron esta condición. En el control de la polinización, redujo la cantidad de frutos formados sobre los botones florales y redujo los frutos colectados sobre los frutos formados. La caracterización de frutos con excepción de sólidos solubles, presentaron diferencias. El análisis multivariado indicó variabilidad asociada a cada componente principal. Se concluye, de 23 líneas de papaya solamente el 43.48% presentaron plantas sobresalientes. Al interior de las líneas, entre 5 y 10% de las plantas fueron elegidas. En el control de polinización, tendieron a reducir en las etapas pues solamente el 28% de frutos fueron obtenidos. Las líneas seleccionadas mostraron variabilidad de los frutos.

### Palabras clave:

*Carica papaya*, genotipo 'maradol', hermafrodita, sexado de planta.



## Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.), especie nativa del trópico americano de mayor importancia económica de 22 especies que figuran dentro del género *Carica*. Recientemente, se le cultiva de forma comercial en Europa (Honoré *et al.*, 2020) y tradicionalmente en regiones de América, África, Asia, Australia, Filipinas y Estados Unidos (Hawai y Florida). La papaya aporta Ca, vitaminas A y C en mayor proporción y supera los requerimientos mínimos diarios en adultos (Karunamoorthi *et al.*, 2014).

México ocupó el quinto lugar dentro de los países con superficie establecida con papayas, y el cuarto lugar por el volumen de producción (FAOSTAT, 2021). La superficie cosechada en el último registro oficial de 2022, en México fue de 19 698 ha, de los cuales sobresalen Veracruz, Colima, Michoacán, Oaxaca, Chiapas y Guerrero. Particularmente, en Michoacán se cosecharon 3 135 ha, en las que produjeron 112 586 t (SIAP, 2023).

En México, la variedad dominante es 'Maradol' (SIAP, 2017). Para su propagación el tipo de semilla utilizado varía desde las originales F1 hasta selecciones descendientes Fn. Bajo esta diversidad de calidad de semilla, es común que ocurra segregación genotípica y fenotípica. Además, la papaya tiene una compleja biología floral, pues, indistintamente, en esta especie se tienen plantas femeninas, masculinas y hermafroditas (Damasceno *et al.*, 2018). Esto influye en la producción y calidad de frutos. Así, el desarrollo de variedades de papaya con mejores rasgos agronómicos, calidad de fruta y alto nivel de resistencia a enfermedades son un desafío, ya que todas estas características no se pueden concentrar solamente en un genotipo (Vivas *et al.*, 2017).

Generalmente la papaya es una especie de polinización abierta (Urasaki *et al.*, 2012), lo que limita el desarrollo uniforme de las plantaciones en periodos posteriores. Debido a su composición genética. En México las variedades utilizadas se han originado por selección y mejoramiento, en donde la polinización controlada es clave. En consecuencia, se debe de elegir plantas hermafroditas adecuadas y control de la polinización, por lo que se puede esperar que el 66% de semillas originarán plantas hermafroditas (Ram, 2005).

Asimismo, los genotipos mejorados para las regiones deben tener las características que influyen en el potencial productivo de la especie y en el ambiente apropiado para su desarrollo (Nunes *et al.*, 2018). Por lo anterior, es necesario rescatar material genético que pueda ser utilizado en el mejoramiento de la papaya para la producción de semilla y el desarrollo de nuevos materiales (Álvarez y Tapia, 2019).

Además, también deben estar adaptados a las regiones de interés (SNITT-SAGARPA, 2016), para ello, los estudios sobre diversidad genética son importantes (Silva *et al.*, 2017). El objetivo de este trabajo de investigación fue evaluar diferentes líneas de plantas de papaya sobresalientes y adaptadas derivadas de una selección preliminar en ambientes comerciales.

## Materiales y métodos

Bajo condiciones de campo en suelo del tipo vertisol pélico (arcilloso), de la localidad de Antúnez Michoacán, México, a partir del 30 de mayo de 2022, se evaluaron bajo diseño experimental de bloques completos al azar 23 líneas de papaya sobresalientes del tipo 'Maradol', de estas, 14 provinieron de la exploración realizada en huertas (H) comerciales, bajo elección por ser plantas con rasgos sobresalientes; y el resto fueron materiales colectados con anterioridad (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Líneas de papaya sobresalientes sometidas a evaluación experimental de campo.**

Línea (L) / Registro (R) / Nomenclatura		
1 / 10 / H. Barocio 3, Antúnez, P1	9 / 5 / H. Adelo, Ceñidor P3	17 / IV / 42A
2 / 9 / H. Barocio, 2 Antúnez	10 / 12 / H. Barocio 4, Antúnez	18 / II / 21A
3 / 11 / H. Barocio 3, Antúnez, P2	11 / III / 42 A	19 / VIII / ARTM

Línea (L) / Registro (R) / Nomenclatura		
4 / 14 / H. Andrade, Antúnez	12 / 3 / H. Adelo, Ceñidor P2	20 / X / P4
5 / 13 / H. Andrade, La Soledad	13 / 4 / H. Pista, Antúnez	21 / I / 9A
6 / 8 / H. Barocio 1, Antúnez P3	14 / IX / AR	22 / 2 / H. Adelo
7 / 7 / H. Barocio 1, Antúnez, P2	15 / XI / P5	23 / 1 / H. Ramón Antúnez
8 / 6 / H. Barocio 1, Antúnez, P1	16 / III / 25A	

Por cada línea se establecieron 20 plantas, el marco de plantación utilizado fue de 3 m entre hileras y 2 m entre plantas. Las plantas establecidas fueron sometidas a manejo agronómico, que consistió en suministro riego por goteo entre 2 a 4 h diariamente, lo que equivale a volumen de 6.3 L por planta y un acumulado de 1 033 L por planta en el ciclo; eliminación de malezas manual y químicamente, monitoreo y manejo químico de plagas y enfermedades, y manejo de fertilización se ajustó al progreso de cada etapa fenológica, la dosificación fue mediante aporte de nutrientes inyectados semanalmente al flujo de agua de riego, variando las cantidades en la solución sin superar el 4% de concentración.

La proporción total se ajustó a la relación 1.5-1-2 de N-P-K, y aplicaciones foliares de elementos secundarios y microelementos (Coria *et al.*, 2017); asimismo, las plantas interactuaron con la condición climática presente durante los meses de mayo del año 2022 a marzo del año 2023: precipitación acumulada 558.8 mm, promedio mensual de la temperatura máxima 36.6 °C, temperatura mínima 15.5 °C y evaporación promedio mensual de 5.89 mm (Departamento de Hidrometría, Distrito de Riego 097, CONAGUA).

De inicio, la matriz se conformó por 23 tratamientos (líneas) y cinco repeticiones (plantas), en un diseño experimental de bloques completos al azar. A los 164 días después del trasplante (ddt) se registró: altura de planta, con uso de flexómetro se midió de la base del suelo al ápice la planta, la circunferencia de tallo se midió, con cinta métrica a partir de los 15 cm por encima de la base del suelo; el número de hojas, visualmente se registró la cantidad de hojas formadas y altura al primer fruto, cuyo registro solo fue a los 94 ddt, con uso de flexómetro se midió la longitud entre el suelo y el primer fruto.

Asimismo, durante el desarrollo de las plantas, semanalmente todas fueron observadas para identificar plantas sobresalientes con base en el criterio de que a la vista fueran plantas sanas y excelente vigor. Una vez que se formaron los botones florales, se eligieron plantas de sexo hermafrodita, bajo los criterios altura a la primera flor se mantuviera por debajo de 0.8 m y con precocidad en frutos, y se orientó la atención a las plantas rescatadas, en donde algunas líneas presentaron al menos una planta.

Las plantas que reunieron estas características fueron marcadas con un distintivo plástico enrollado en sus tallos. En antesis, los botones florales fueron elegidos de entre cuatro y siete botones totalmente desarrollados, fueron etiquetados con información necesaria para su identificación. La cobertura se realizó con sobres de papel 'glassine' encerado de 4.5 x 7.5 cm, para asegurar la autopolinización. Durante esta etapa, se registró el número de botones cubiertos, el número de frutos formados y el número de frutos perfectos para la colecta de semilla.

El desarrollo de los frutos hasta la madurez fisiológica fue de cuatro meses. Con las 10 líneas seleccionadas se estableció un experimento con diseño de bloques completos al azar y cinco repeticiones (frutos), se llevó registro de datos de los frutos, las variables fueron: circunferencia polar y ecuatorial, con uso de cinta métrica, que se obtuvo al dividir la circunferencia del fruto polar con la ecuatorial, peso de fruto, fueron pesados en balanza digital fueron pesados; ancho de pulpa, se cortaron rebanadas y con una regla graduada se midió la parte media lo ancho del mesocarpio; firmeza de pulpa, sobre el costado del fruto, se eliminó el epicarpio y se presionó el mesocarpio con un penetómetro manual modelo GY3, para registrar su dureza; y sólidos solubles, se extrajo jugo del mesocarpio sobre la base de un refractómetro manual Hanna® Modelo HI 96801.

Además, se obtuvo el registro de las variables número de frutos y rendimiento por planta, este último se obtuvo con los datos obtenidos de las variables peso fruto y el número de frutos estimado.

El análisis de datos de las variables registradas se sujetó al tipo de estudio. Las variables bajo diseño experimental, se realizaron análisis de varianza y comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p= 0.05$ ).

El progreso de desarrollo botón floral y paso a frutos formados y a frutos colectados, los valores numéricos fueron comparados porcentualmente. Todas las variables fueron concentradas y con ellas se realizaron dos análisis multivariados. El primero fue mediante el análisis de componentes principales.

El segundo fue mediante la clasificación aglomerativa y jerárquica utilizando como medida de disimilitud la distancia euclidiana y como método jerárquico aglomerativo Simple Linkage (vecino más próximo, por lo que la proximidad entre grupos se calculó la distancia entre sus objetos más próximos o la similitud entre sus objetos más semejantes, siendo esta de 20. También, de las variables bajo estudio se rescataron sus indicadores estadísticos básicos a fin de contrastarlos. Los paquetes estadísticos utilizados fueron (SAS versión 9.3 2002) y PAST 3.2 (Hammer, 2018).

## Resultados y discusión

Los análisis de varianza practicados a las variables de desarrollo de planta, ordenaron las comparaciones de medias como se muestra en el Cuadro 2. Las cuatro variables evaluadas, expresaron variación entre líneas. Lo que permite identificar características morfológicas de las líneas según el propósito. Las líneas L7 R7 y L15 RXI fueron más vigorosas, al menos en las variables altura y circunferencia de tallo.

**Cuadro 2. Desarrollo de plantas de papaya de 23 líneas en dos periodos de muestreo.**

Id.	Altura de planta (ddt)	Circunferencia de tallo (cm)	Núm. de hojas	Altura al 1 <sup>er</sup> fruto (cm)
L1 R10	84.2 h	24.49 e	20 f	58 ef
L2 R9	110.8 efg	35.16 abcd	27.6 bcdef	55 f
L3 R 11	127.2 cdef	34.54 abcd	42 a	71.2 def
L4 R14	129.2 bcdef	33.91 abcd	31.6 bcde	68.8 def
L5 R13	128.6 cdef	34.54 abcd	31.4 bcde	71.2 def
L6 R8	131.4 bcde	35.79 abc	33.4 bcd	64.8 ef
L7 R7	140 bc	33.91 abcd	31.6 bcde	53 f
L8 R6	142.6 bc	36.42 ab	35.4 abc	69 def
L9 R5	133.2 bcd	32.02 abcd	32 bcde	93.6 bcd
L10 R12	143 bc	37.05 a	31 bcde	56.2 f
L11 RIII	113.6 defg	30.14 cde	32.8 bcde	74.8 cdef
L12 R3	130.2 bcdef	35.16 abcd	36.6 ab	85.6 bcde
L13 R4	134.2 bcd	33.28 abcd	30.4 bcde	100.6 bc
L14 RIX	114.6 defg	32.65 abcd	27 def	73.6 cdef
L15 RXI	194.8 a	37.05 a	26.6 def	134.4 a
L16 RIII	149.8 b	30.2 cde	25 ef	104.4 b
L17 RIV	129.6 bcdef	33.91 abcd	28.6 bcde	93.6 bcd
L18 RII	101.6 gh	29.51 de	26.8 def	64.6 ef
L19 RVIII	94.8 gh	30.77 bcd	26.2 def	60.6 ef
L20 RX	143.8 bc	32.65 abcd	27 def	100.6 bc
L21 RI	110.4 fg	32.65 abcd	28 bcdef	67.2 def
L22 R2	112 efg	32.65 abcd	27.2 cdef	51.4 f
L23 R1	111 efg	31.4 abcd	27 def	67 def
P	..	..	..	..

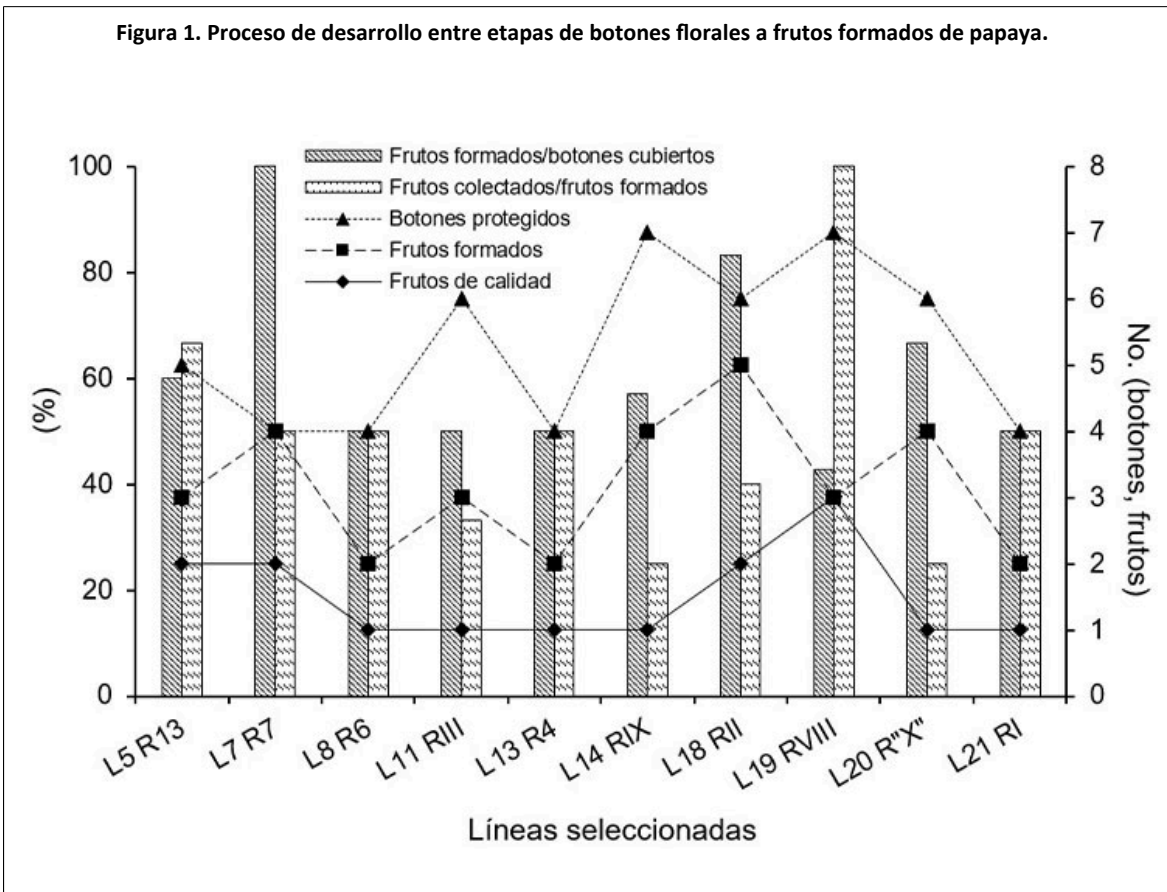
Id.	Altura de planta (ddt)	Circunferencia de tallo (cm)	Núm. de hojas	Altura al 1 <sup>er</sup> fruto (cm)
CV (%)	6.9	7.65	11.81	15.75

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05), \*\* =  $p \leq 0.001$ ; CV = coeficiente de variación.

Bajo este sometimiento, algunas líneas evaluadas mostraron ventajas marcadas sobre el resto. Las plantas seleccionadas con fines de multiplicación deben ser vigorosas, uniformes, tanto en el tamaño como en la forma de frutos, estos deben localizarse a baja altura, con tolerancia a plagas y enfermedades, entre otras (SNICS-SAGARPA, 2014). Sin embargo, para que el cultivo en su conjunto alcance altos rendimientos y buena calidad de la fruta, están involucrados varios factores, tales como, la constitución genética del cultivar, condiciones edafo-climáticas favorables, control fitosanitario eficiente, suministro oportuno de agua y corrección de deficiencias nutricionales (Santana *et al.*, 2019).

Solamente 10 líneas presentaron plantas con características sobresalientes. Y debido a que en estas plantas se les cubrieron los botones florales, se dio seguimiento al proceso de tres etapas, botones florales, frutos formados y frutos colectados de calidad. Así, se redujo la cantidad de frutos formados con relación a los botones cubiertos, así como también, fue menor la cantidad de frutos colectados con relación a los frutos formados, debido a la naturaleza propia de la especie, que influyeron en el proceso (Figura 1).

Figura 1. Proceso de desarrollo entre etapas de botones florales a frutos formados de papaya.



Generalmente *Carica papaya* se propaga por semillas, por ello, es común la alta heterogeneidad de las plantas (Bhattacharya y Khuspe, 2001). La variabilidad de genotipos de papaya es limitada y se depende de pocas alternativas de variedades e híbridos que no satisfacen las demandas, esto promueve que los productores seleccionen generaciones F2 a F4 en plantaciones continuas, por

lo que la protección de los botones florales es una práctica común para no correr riesgo de pérdida de vigor y segregación (Marin *et al.*, 2006).

Por su parte, la comparación de medias derivada de los análisis de varianza de las variables de caracterización de frutos, se muestran en el Cuadro 3. Como se aprecia, a excepción de la variable sólidos solubles, en todas las variables presentaron diferencias significativas. La circunferencia polar y ecuatorial, en la línea L14 RIX presentó las dimensiones más grandes de fruto, valores contrarios se presentaron en la línea L7 R7.

**Cuadro 3. Caracterización de los frutos colectados en plantas de papaya sobresalientes.**

Línea	Circunferencia (cm)		Peso (kg)	Ancho de pulpa (cm)	Firmeza de pulpa (kg cm <sup>-2</sup> )	Sólidos solubles (°Brix)
	Polar (P)	Ecuatorial (E)				
L5 R13	56.2 abc	31.8 ed	1.173 bc	2.74 bcd	2.14 ab	12.52
L7 R7	51 c	28.6 e	0.822 c	2.42 d	2.04 b	12.78
L8 R6	56.8 abc	34.6 bcd	1.239 bc	2.66 cd	2.2 ab	12.42
L11 RIII	62.4 a	27.2 abc	1.722 abc	3.1 abc	2.14 ab	12.34
L13 R4	61.2 ab	32.2 cde	1.297 bc	2.66 cd	2.2 ab	12.68
L14 RIX	62.2 a	40.2 a	1.73 abc	3.02 abc	2.08 b	12.38
L18 RII	61 ab	38.4 ab	1.806 ab	3.22 a	2.06 b	12.86
L19 RVIII	59.2 abc	38.8 ab	1.721 abc	3.16 ab	2.14 ab	12.6
L20 R"X"	53 bc	31 de	0.95 bc	2.74 bcd	2.08 b	12.16
L21 RI	61.8 a	38.8 ab	2.51 a	3.08 abc	2.32 a	12.1
<i>P</i>	**	**	**	**	**	ns
CV (%)	6.85	7.06	28.95	7.78	4.77	4.03

Medias con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05)<sup>\*</sup>;  $p \leq 0.001$ ; ns= no significativo; CV= coeficiente de variación.

Las características de frutos son variables importantes que permiten la elección de genotipos (Oliveira de *et al.*, 2012). El peso del fruto fue aceptable, osciló entre 0.822 a 1 806 kg y este a su vez se vio reflejado en el tamaño de fruto, ancho de pulpa cuya tendencia fue similar. Además, bajo el esquema planteado, las flores auto-polinizadas de plantas hermafroditas, de acuerdo con la proporción floral en papaya, se espera en un siguiente ciclo descendencia de 66.67% de plantas hermafroditas (Santana *et al.*, 2019).

En cuanto al análisis multivariado de las variables evaluadas, este fue interpretado a partir de los valores propios donde se muestra la varianza individual y acumulada en cada componente del análisis. Asimismo, el valor propio y la varianza de la matriz de correlación. Los valores indican la variabilidad 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 68% de variabilidad (Cuadro 4).

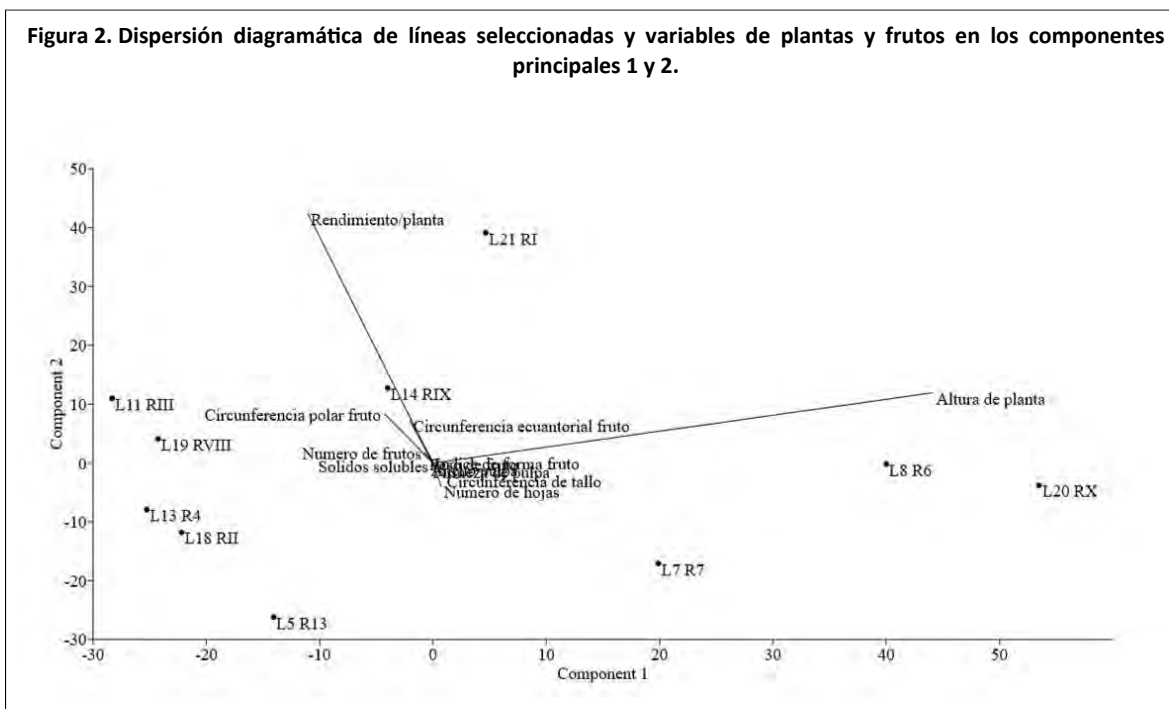
**Cuadro 4. Valores propios de las características de plantas y frutos y proporción de la variabilidad en plantas sobresalientes de papaya.**

Componente principal	Matriz varianza-covarianza			Matriz correlación	
	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)	Valor propio	Varianza explicada (%)
1	845.614192	0.6886	0.6886	845.614	68.858

Componente principal	Matriz varianza-covarianza			Matriz correlación	
	Valor propio	Varianza explicada (%)	Varianza acumulada (%)	Valor propio	Varianza explicada (%)
2	336.012629	0.2736	0.9622	336.013	27.362
3	31.456645	0.0256	0.9878	31.4566	2.5615
4	8.823233	0.0072	0.995	8.82323	0.71848
5	4.413165	0.0036	0.9986	4.411316	0.35936
6	1.343405	0.0011	0.9997	1.34341	0.10939

Asimismo, los dos primeros componentes principales explicaron la variabilidad acumulada en las líneas seleccionadas (Figura 2).

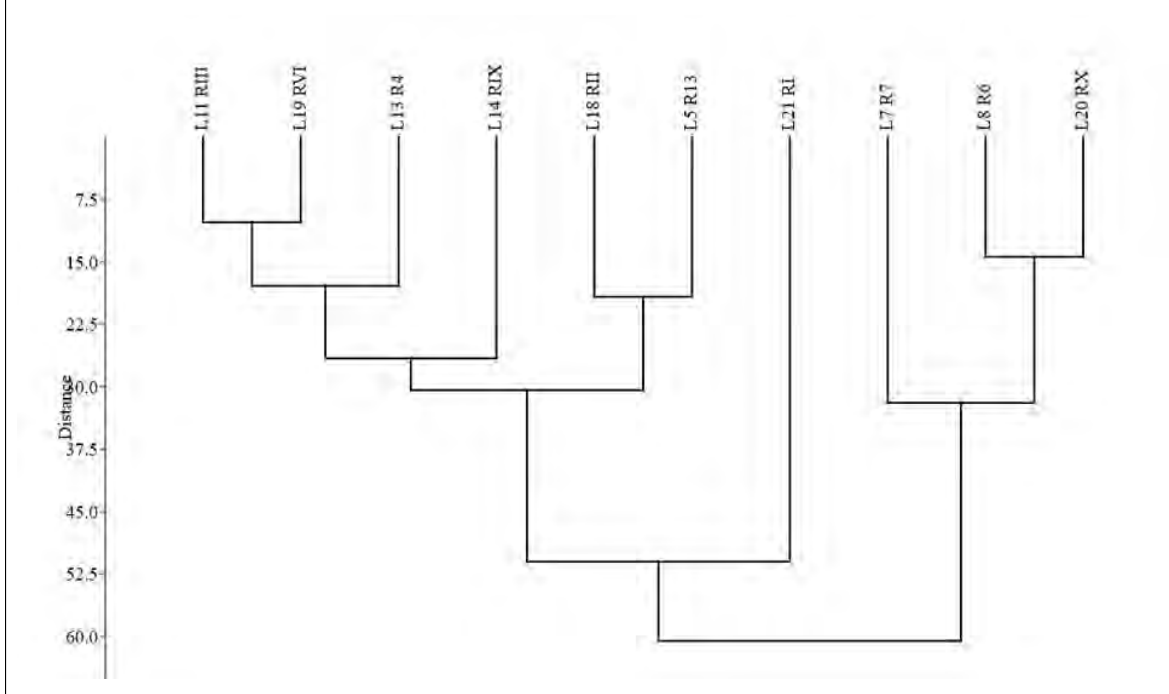
Figura 2. Dispersión diagramática de líneas seleccionadas y variables de plantas y frutos en los componentes principales 1 y 2.



Por su parte, con las estructuras de los dos componentes principales se realizó el análisis de conglomerados, ya que explicaron el 96% de la varianza y pudo facilitar el proceso de identificación de grupos de variantes. Los resultados permitieron evidenciar que a una distancia euclídeana de 20 se formaron tres grupos definidos: L11 RIII, L19 RVI y L13 R4, L18 RII y L5 R13, L8 R6 y L20 RX. Por otro lado, L14 RIX, L21 RI y L7 R7 no formaron parte de ningún grupo (Figura 3).



Figura 3. Dendrograma de 12 variables de plantas y frutos de líneas seleccionadas, con tres grupos definidos y tres sin definir a distancia euclídeana de 20.



Como ya se señaló, con esta información fue posible identificar tres grupos definidos a través del análisis de conglomerados. Aikpokpodions (2012) evaluó 60 materiales de papaya empleando 21 variables definidas a partir de descriptores, el análisis multivariado generó cinco grupos, por lo que reveló una variación significativa que puede aprovecharse para la mejora genética de papayo.

Por su parte Saran *et al.* (2015), evaluó 24 materiales de papaya y 29 características morfológicas. El análisis multivariado arrojó alta diversidad morfológica en términos de rendimiento de fruta, peso, longitud, cavidad, zona de fructificación, espesor de pulpa, color de pulpa y sólidos solubles, cuya respuesta asemeja a lo reportado.

Dado que la estrategia es aumentar la productividad de forma sostenible y equilibrada, la búsqueda de nuevos genotipos es crucial para la mejora el rendimiento (Nascimento *et al.*, 2019). Y en colecciones de germoplasma, la diversidad genética permite el estudio de la morfología cualitativa o cuantitativa, cuyo enfoque sobre la evaluación de segregación de poblaciones por estimación de parámetros genéticos, utilizando índices de selección y estimaciones de correlaciones entre rasgos relacionados con el rendimiento y calidad de fruta son necesarios (Barbosa *et al.*, 2011).

## Conclusiones

Los valores registrados asemejan a las características del tipo 'Maradol', cuya variabilidad permitió identificar materiales prospectos. De las 23 líneas de papaya evaluadas, solamente el 43.48% de líneas presentaron plantas sobresalientes, Al interior de las líneas seleccionadas, solamente entre el 5 y el 10% de las plantas fueron elegidas por presentar características sobresalientes.

En el progreso de desarrollo de frutos redujo gradualmente, en 60% de la etapa frutos formados sobre la etapa de los botones cubiertos y en 47% de la etapa frutos colectados sobre la etapa de los frutos formados, pero en global solamente se rescató el 28% de los frutos colectados sobre los botones los cubiertos. Las líneas seleccionadas mostraron variabilidad de valores de los frutos, donde peso de fruto y ancho de pulpa, fueron indicadores importantes para definir una preferencia a modo. El análisis multivariado permitió clasificar tres grupos definidos.



## Agradecimientos

Los autores agradecen al Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno del Estado de Michoacán por el financiamiento otorgado en el marco de la Convocatoria Apoyo a proyectos de investigación científica de impacto regional, con folio PICIR-076 y al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias por las facilidades concedidas y registro de proyecto SIGI: 22552436128.

## Bibliografía

- 1 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. <https://doi.org/10.1051/fruits/2012011>.
- 2 Álvarez, H. J. C. y Tapia, V. L. M. 2019. Selección de plantas de papaya sobresalientes en ambientes comerciales con fines de mejoramiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 23(esp):303-311. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2029>.
- 3 Bhattacharya, J. and Khuspe, S. S. 2001. *In vitro* and *in vivo* germination of papaya (*Carica papaya* L.) seed. *Scientia Horticulturae*. 91(1-2):39-49.
- 4 Barbosa, C. D.; Viana, A. P.; Quital, S. S. R. and Pereira, M. G. 2011. Artificial neural network analysis of genetic diversity in *Carica papaya* L. *Crop breeding and applied biotechnology*. 11(3):224-231. <https://doi.org/10.1590/S1984-70332011000300004>.
- 5 Coria, A. V. M.; Álvarez, H. J. C.; Venegas, G. E. y Vidales F. I. 2017. Agenda técnica agrícola Michoacán. SAGARPA. COFUPRO. INIFAP. 270 p.
- 6 Damasceno, J. P. C.; Santana, P. T. N. and Gonzaga, P. M. 2018. Estimation of genetic parameters of flower anomalies in papaya. *Crop breeding and applied biotechnology*. 18(1):9-15. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332018v18n1a2>.
- 7 FAOSTAT. 2021. Estadísticas de la producción mundial de papaya. <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>.
- 8 Hammer, Ø. 2018. PAST V. 3.2 Reference manual. Natural history museum, university of Oslo. 262 p.
- 9 Honoré, M. N.; Belmonte-Ureña, L. J.; Navarro-Velazco, A. and Camacho-Ferre, F. 2020. Effects of the size of papaya (*Carica papaya* L.) seedling with early determination of sex on the yield and the quality in a greenhouse cultivation in continental Europe. *Scientia Horticulturae*. 265(109218):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109218>.
- 10 Karunamoorthi, K.; Kim, H. M.; Kaliyaperumal, J.; Jerome, X. and Jayarama, V. 2014. Papaya: a gifted nutraceutical plant a critical review of recent human health research. *Tang Humanitas Medicine*. 4(1):1-17. <http://dx.doi.org/10.5667/tang.2013.0028>.
- 11 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 breeding and applied biotechnology*. 6(1):24-29. Doi: 10.12702/1984-7033.v06n01a04.
- 12 Nascimento, A. L.; Schmildt, O.; Ferreguetti, G. A.; Krause, W.; Alexandre, R. S.; Schmildt, E. R.; Cavatte, P. C. and Amarral, A. T. 2019. Inheritance of leaf color in papaya. *Crop breeding and applied biotechnology*. 19(2):161-168.
- 13 Nunes, L. L.; Santa-Catarina, R.; Brito, B. G.; Ribeiro, B. F.; Fiorio, V. J. C. and Gonzaga P. M. 2018. Adaptability and stability of papaya hybrids affected by production seasonality. *Crop breeding and applied biotechnology*. 18(4):357-364.
- 14 Oliveira, E. J.; Pereira, D. N. L. and Loyola, D. J. L. 2012. Selection of morpho agronomic descriptor for characterization of papaya cultivars. *Euphytica*. 185(2):253-265.
- 15 Ram, M. 2005. Papaya. Indian council of agricultural research, New Delhi. India. 1<sup>st</sup>. Ed. 189 p.

- 16 Santana, C. A. F.; Medeiros, A. E. F.; Schmildt, E. R.; Nogueira, C. A. y Schmildt, O. 2019. Advances observed in papaya tree propagation. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 41(5):1-15. <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452019036>.
- 17 Saran, P. L.; Choudhary, R.; Solanki, I. S.; Patil, P. and Kumar, S. 2015. Genetic variability and relationship studies in new Indian papaya (*Carica papaya* L.) germplasm using morphological and molecular markers. *Turkish journal of agriculture and forestry*. 39(2):310-321. Doi: 10.3906/tar-1409-148.
- 18 SAS Institute Inc. 2002. *The SAS System for Windows 9.0*. Cary, NC. USA. 421 p.
- 19 SIAP-SADER. 2023. Estadísticas de la producción nacional de papaya. <https://nube.siap.gob.mx/avance-agricola/>.
- 20 SIAP. 2017. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Atlas agroalimentario. 1<sup>ra</sup> Ed. Ciudad de México. 231 p.
- 21 Silva, C. A.; Nascimento, A. L.; Pereira, F. J.; Schmildt, O.; Garcia, M. R.; Sobreira, A. R.; Ferregueti, G. A. and Romais, S. E. 2017. Genetic diversity among papaya accessions. *African journal of agricultural*. 12(23):2041-2048.
- 22 SNICS-SAGARPA. 2014. Regla para la calificación de semilla de papaya (*Carica papaya* L.). 23 p.
- 23 SNITT-SAGARPA. 2016. Agenda nacional de investigación, innovación y transferencia de tecnología agrícola 2016-2022. 1<sup>ra</sup> Ed. México. 197 p.
- 24 Urasaki, N.; Tarora, K.; Shudo, A.; Ueno, H.; Tamaki, M.; Miyagi, N.; Adaniya, S. and Matsumura, H. 2012. Digital transcriptome analysis of putative sex determination genes in papaya (*Carica papaya*). *Ploسة One*.7(7):1-9. Doi: 10.1371/journal.pone.0040904.
- 25 Vivas, M.; Silveira, S. F.; Silva, V. J. M.; Dias, S. P. H.; Carvalho, M. B.; Daher, R. F.; Amaral, J. A. T. and Gonzaga, P. M. 2017. Phenotypic characterization of papaya genotypes to determine powdery mildew resistance. *Crop breeding and applied biotechnology* . 17(3):198-205. <http://dx.doi.org/10.1590/1984-70332017v17n3a31>.



## Evaluación de líneas seleccionadas de papaya para la conservación de características deseables

Journal Information
Journal ID (publisher-id): remexca
Title: Revista mexicana de ciencias agrícolas
Abbreviated Title: Rev. Mex. Cienc. Agríc
ISSN (print): 2007-0934
Publisher: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Article/Issue Information
Date received: 01 May 2024
Date accepted: 01 July 2024
Publication date: 30 July 2024
Publication date: Jul-Aug 2024
Volume: 15
Issue: 5
Electronic Location Identifier: e3723
DOI: 10.29312/remexca.v15i5.3723
Funded by: Instituto de Ciencia, Tecnología e Innovación del Gobierno del Estado de Michoacán
Funded by: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Award ID: PICIR-076
Award ID: 22552436128

### Categories

Subject: Artículo

### Palabras clave:

#### Palabras clave:

Carica papaya  
genotipo 'maradol'  
hermafrodita  
sexado de planta

### Counts

Figures: 3  
Tables: 4  
Equations: 0  
References: 25  
Pages: 0