

## Rendimiento y rentabilidad de genotipos de papaya en función de la fertilización química, orgánica y biológica

Cid Aguilar Carpio<sup>1§</sup>

José Ángel Alcántara Jiménez<sup>2</sup>

Silvino Leyva Bautista<sup>2</sup>

Sergio Ayvar Serna<sup>2</sup>

Gerardo Enrique Díaz Villanueva<sup>2</sup>

<sup>1</sup>IDAGRO S. de RL. de CV. Carretera Yautepec-Tlayacapan SN, Col. Puente Pantlán, Tlayacapan, Morelos, México. CP. 62545. <sup>2</sup>Centro de Estudios Profesionales-Colegio Superior Agropecuario del Estado de Guerrero (CEP-CSAEGRO). Avenida Guerrero núm. 81, 1<sup>er</sup> piso, Iguala, Guerrero, México. CP. 40000. (aaaja61@hotmail.com; leyvasilvino@gmail.com; angel.osval@hotmail.com).

<sup>§</sup>Autor para correspondencia: aguilar.cid@colpos.mx.

### Resumen

La papaya es uno de los frutales con mayor demanda en los mercados mundiales, por lo que, es importante desarrollar nueva tecnología agrícola (fertilización) que coadyuven a producir papayas de excelente calidad, además de reducir los costos de producción. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la fertilización química, orgánica e inoculante biológico sobre el rendimiento y rentabilidad de dos genotipos de papayo. La investigación se llevó a cabo en el Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero. El estudio consistió en evaluar los dos genotipos de papaya, Maradol y Mulata en combinación con fertilizantes químicos, orgánicos e inoculantes biológicos. Las variables evaluadas fueron días a floración, altura de planta, diámetro del tallo, días a la cosecha, número de frutos por planta, diámetro y longitud del fruto, sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix), peso promedio del fruto, rendimiento y rentabilidad económica. Los genotipos de papaya Maradol y Mulata presentaron una mejor respuesta en su crecimiento con la aplicación del fertilizante químico, por presentar menores días a la cosecha, así como un mayor diámetro de tallo en comparación a la fertilización biológica y orgánica. La fertilización química en las plantas de papaya Maradol generó el mayor número de frutos (38) y contenido de sólidos solubles (11.49  $^{\circ}$ Brix) y en el genotipo Mulata promovió un mejor peso de fruto (1906 g) y rendimiento (99.19 t ha<sup>-1</sup>). Los inoculantes biológicos favorecen el incremento en el tamaño del fruto. Mulata con la fertilización química fue más rentable (GPI de \$5.36) que Maradol con (GPI de \$ 4.98).

**Palabras clave:** *Carica papaya* L., biofertilizante, nutrición, producción.

Recibido: marzo de 2019

Aceptado: mayo de 2019

## Introducción

La papaya (*Carica papaya* L.) es uno de los frutales con mayor demanda en los mercados mundiales, por su alta rentabilidad y para su consumo en fresco, al tener alto valor nutritivo y digestivo (Mirafuentes y Azpeitia, 2008; Constantino *et al.*, 2010; Martin-Mex *et al.*, 2012). Actualmente, México ocupa el cuarto lugar a nivel mundial produciendo 1 034 532 t y primer país exportador del fruto (12.13% de la producción) hacia Estados Unidos de Norteamérica. Los principales estados productores son Oaxaca, Colima, Chiapas, Veracruz, Michoacán y Guerrero que siembra alrededor 1 376 ha con una producción de 44 725 t y rendimiento de 39 217 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2018).

La producción en Guerrero se localiza en las zonas costeras, regiones Norte y Tierra Caliente, donde se cultivan genotipos criollos que presentan bajos rendimientos y calidad (Alcántara *et al.*, 2010). Por lo que, es importante desarrollar nueva tecnología agrícola que ayude a incrementar la producción en papaya, así como la generación de nuevas variedades y el estudio del manejo agronómico (fertilización), que coadyuven a reducir los costos de producción, además de no contaminar el ambiente. El genotipo más demandado tanto por el productor como el consumidor es la Maradol debido a su alta productividad y calidad, de igual forma el genotipo Mulata presenta características deseables que la hacen competitiva; sin embargo, cada una presentó características que sobresalen dependiendo de la región de producción y manejo agronómico (Muñozcano, 2011).

El uso de fertilizantes es esencial para alcanzar los mayores rendimientos en los cultivos (Álvarez-Hernández *et al.*, 2011). No obstante, las formas de producción tradicionales; es decir, con exceso de fertilizantes químicos, han originado como consecuencia la contaminación de suelos y aguas, lo que ocasiona degradación de estos recursos naturales (Quiñones *et al.*, 2012), por lo que se ha optado en buscar alternativas para evitar el abuso de esta práctica, como son los productos de origen orgánico o inoculantes biológicos.

Los microorganismos como los hongos micorrízicos arbusculares, son componentes microbiológicos del suelo que pueden utilizarse como inoculantes para mejorar la nutrición en las plantas (Quiñones *et al.*, 2012). En trabajos realizados con bacterias u hongos han apreciado, que se puede aumentar la absorción de los elementos nutritivos por las plantas e incrementar el rendimiento en campo (Sangabriel *et al.*, 2010; Quiñones *et al.*, 2012; Quiñones *et al.*, 2014). Al respecto, Constantino *et al.* (2010) observaron una mejora en la germinación y crecimiento de plántulas de papaya con el uso de hongos micorrízicos-arbusculares y rizobacterias en Villahermosa, Tabasco.

De igual manera, se ha observado que la nutrición proveniente de materia orgánica como compostas, abonos etc., realizan aportes relevantes en la planta y el suelo; pueden aprovecharse los abonos verdes y estiércol de animales confinados como compuestos primarios, aunque actualmente existen comercialmente infinidad de productos en el mercado, los cuales tienen propósito de ampliar y mejorar la fertilización del suelo y cultivo, logrando producir frutos que aporten beneficios al consumidor y no contaminan al ambiente (Rodríguez *et al.*, 2011).

En relación con lo anterior, Acevedo y Pire (2004) encontraron que al utilizar lombricomposta se estimuló el crecimiento de las plantas de papaya. Por su parte, Maruchi *et al.* (2008) reportaron que con la fertilización química en mezcla con citricomposta en plantas de papaya Maradol lograron una altura de la planta de 191.2 cm, diámetro de tallo de 10.2 cm, con un número de frutos por planta de 40.6 y un rendimiento de 140.8 t ha<sup>-1</sup>, en Ciudad de La Habana, Cuba.

El este estudio pretende comprobar los beneficios, al utilizar tres alternativas de nutrición, en el cultivo de papayo. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la fertilización química, orgánica e inoculantes biológico sobre el rendimiento y rentabilidad de dos genotipos de papayo.

## Materiales y métodos

La investigación se realizó en el campo agrícola del Centro de Estudios Profesionales del Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero, localizado en el km 14.5 de la carretera Iguala-Cocula, entre las coordenadas 18° 19' latitud norte y 99° 39' longitud oeste, a 640 m de altitud. En la región predomina un clima tropical seco [Awo (w) (i) g], con lluvias en verano. La precipitación y temperatura medias anuales son de 797 mm y 26.4 °C, respectivamente (García, 2005). Previo al establecimiento del experimento se realizó un muestreo del suelo, el cual se llevó al laboratorio de edafología del Colegio Superior Agropecuario del estado de Guerrero, para conocer las características iniciales del suelo.

El material genético usado fueron los genotipos comerciales Maradol y Mulata los cuales se sembraron el 28 de diciembre de 2013, en charolas con 200 cavidades previamente lavadas con agua y jabón, después se sumergieron en un recipiente que contenía cloro comercial al 6%, a una relación de 10 mL L<sup>-1</sup> de agua, durante 5 min. Para el semillero se utilizó sustrato estéril, colocando una semilla por orificio a una profundidad de 1 cm, se regó diariamente por la mañana. Pasados 50 días de la siembra, las plantas más vigorosas y sin deformaciones fueron seleccionadas para su posterior trasplante a macetas de polietileno negras de 15 x 20 cm, la cual se llenó con el mismo sustrato utilizado en el semillero.

El método de plantación utilizado fue rectangular 2.1 x 3 m, dando una densidad de población de 1 587 plantas ha<sup>-1</sup>. A los genotipos en estudio se les aplicó una fertilización química, orgánica y biológica, realizada en tres épocas de aplicación, la primera el 12 de febrero, la segunda el 07 de mayo y la tercera 16 de junio del 2014. Los tratamientos empleados se describen en el Cuadro 1. Para compensar deficiencias por micronutrientes se realizaron aplicaciones de fertilizante foliar (Bayfolan®) a todas las plantas.

**Cuadro 1. Tratamientos utilizados en el estudio.**

Trat.	Genotipo	Fertilización	Dosis
1	Maradol	Urea (46%N) + 18-46-00 + KCl (66%K)	60 + 230 +100 g planta <sup>-1</sup>
2	Maradol	Natur-abono® (fertilizante orgánico)	1.5 kg planta <sup>-1</sup>
3	Maradol	Bio Bravo® ( <i>Glomus intraradises</i> + <i>Glomus fasciculatum</i> + <i>Trichoderma</i> spp. + <i>Azospirillum brasiliense</i> )	250 + 250 mL ha <sup>-1</sup> (40 000 esporas) + 250 mL ha <sup>-1</sup> (1x10 <sup>11</sup> esporas) + 250 mL ha <sup>-1</sup> (5x10 <sup>11</sup> esporas)
4	Mulata	Urea (46%N) + 18-46-00 + KCl (66%K)	60 + 230 +100 g planta <sup>-1</sup>
5	Mulata	Natur-abono® (fertilizante orgánico)	1.5 kg planta <sup>-1</sup>
6	Mulata	Bio Bravo® ( <i>Glomus intraradises</i> + <i>Glomus fasciculatum</i> + <i>Trichoderma</i> spp. + <i>Azospirillum brasiliense</i> )	250 + 250 mL ha <sup>-1</sup> (40 000 esporas) + 250 ml ha <sup>-1</sup> (1x10 <sup>11</sup> esporas) + 250 mL ha <sup>-1</sup> (5x10 <sup>11</sup> esporas)

Los seis tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar en un arreglo de parcelas divididas y cuatro repeticiones. Cada unidad experimental se conformó por cuatro plantas que ocuparon una superficie de 6.3 m de largo por 1.5 m de ancho, esta misma se utilizó como parcela útil.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + A_j + \epsilon_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + e_{ijk}$$

Donde:  $Y_{ijk}$ = es la variable respuesta;  $\beta_i$ = es el efecto del i-ésimo bloque;  $A_j$  (genotipo)= efecto del j-ésimo tratamiento;  $\epsilon_{ij}$ = error aleatorio en la parcela grande;  $B_k$  (fertilizantes)= efecto del k-ésimo subtratamiento;  $(AB)_{jk}$ = efecto de la interacción entre el j-ésimo tratamiento y el k-ésimo subtratamiento; y  $e_{ijk}$ = error aleatorio en la parcela chica.

Las variables evaluadas en etapa de floración fueron: días a floración donde se contabilizaron, desde el momento del trasplante hasta que se presentó el inicio la brotación de la yema floral. El diámetro del tallo de la planta se registró utilizando un vernier digital (Caliper<sup>®</sup>) tomando la lectura exactamente en el cuello de la planta. La altura de la planta se midió con una cinta métrica, desde el cuello hasta el ápice de la planta. La cosecha se realizó semanalmente, una vez iniciada la formación de betas en el fruto. Se hicieron 5 cortes manuales, los cuales fueron el 14, 21 y 28 de noviembre de 2014, así como el 04 y 11 de diciembre de 2014.

En la cosecha se evaluaron, los días a la cosecha, donde se contó desde el momento del trasplante hasta el día que se realizó el primer corte del fruto por planta. También se evaluó el número de frutos por planta contando todos los frutos incluyendo los cuajados (amarre) y los que estaban en proceso de maduración. La longitud y diámetro del fruto se midió con un vernier (Caliper<sup>®</sup>) en la parte media del fruto y desde la inserción del pedúnculo hasta el otro extremo distal del fruto. En cuanto a los sólidos solubles totales (<sup>°</sup>Brix) esta se evaluó cuando los frutos llegaron a la madurez comestible, aproximadamente entre 6 y 8 días después del corte, utilizando un refractómetro (Precision Instruments<sup>®</sup>, REF040).

Los frutos cosechados se pesaron en una báscula electrónica (IBN<sup>®</sup>, B-30) con 30 kg de capacidad para obtener el peso promedio. El rendimiento de frutos se estimó por hectárea, tomando los valores promedio del peso del fruto, el número de frutos por planta y la densidad de población por hectárea.

A las variables evaluadas se les realizó un análisis de varianza, con el programa estadístico del SAS (Statistical Analysis System, Versión 9.0) y la prueba de comparación de medias Tukey con probabilidad de 5%.

Para el análisis económico se estimaron los costos arrojados por cada tratamiento utilizando las siguientes ecuaciones (Bueno *et al.*, 2005):

Costo total (CT). Es la suma de los costos fijos (CF) y variables (CV).

$$CT = (CF + CV)$$

Ingreso total (IT). Este se calculó con la siguiente fórmula:

$$IT = Py Y$$

Donde: Py= precio del producto (\$6.58 para ese año); Y= producción ha<sup>-1</sup>.

Ingreso neto (IN). Es la diferencia del costo total (CT) y el ingreso total (IT).

$$\text{IN} = (\text{IT} - \text{CT})$$

Ganancia por peso invertido (GPI). Se obtuvo dividiendo el ingreso neto (IN) entre el costo total (CT).

$$\text{GPI} = (\text{IN}/\text{CT})$$

## Resultados y discusión

El análisis fisicoquímico del suelo mostró que el estudio se estableció en un suelo con textura arcillosa (63%), pH 7.1 neutro, densidad aparente de 1 g cm<sup>-3</sup>, conductividad eléctrica de 0.206 dS m<sup>-1</sup>, materia orgánica de 3.6%.

### Días a floración

En el Cuadro 2 se presentan los efectos de los tipos de nutrición empleados en los dos genotipos de papayo. De acuerdo con el análisis de varianza entre genotipos no se observaron diferencias significativa ( $p \leq 0.05$ ); sin embargo, Maradol comenzó a florecer 2 días antes que el genotipo Mulata. Esto indica, una mayor precocidad por parte de Maradol. En cuanto al tipo de fertilización empleada, se encontró que las yemas florales, necesitaron en promedio 127 días para florecer al utilizar los productos orgánicos, mientras que las plantas fertilizadas con químicos y biológicos florecieron en promedio a los 126 días, respectivamente.

Estadísticamente las diferencias no fueron significativas, el efecto de los fertilizantes no influyó en los días a floración, debido a la disponibilidad de los nutrientes que favoreció la biología floral. Lo anterior, concuerda con lo observado por Vázquez (2008), en el sur de Tamaulipas, donde encontraron que Maradol requirió un promedio de 123 días para comenzar a florecer, utilizando una fertilización química.

### Altura de planta y diámetro del tallo

El análisis estadístico para la altura de planta y diámetro del tallo no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre los genotipos de papaya con los diferentes tipos de fertilización. Sin embargo, se pudo observar que la variedad Mulata expresó una mayor altura, con el uso de inoculantes biológicos. No obstante, con la fertilización química se generaron tallos de mayor diámetro. La variedad Maradol, también alcanzó su mayor altura con el fertilizante biológico al igual que el orgánico; en cuanto al grosor del tallo resultó más ancho con la fertilización química.

Esto indica que la aplicación de fertilizantes químicos genera plantas con mayor grosor del tallo, pero también de menor altura, lo que pudiera estar relacionado con la precocidad de la planta. El estímulo de los nutrientes esenciales en el suelo posiblemente promovió una pronta inducción floral, debido a que la planta detuvo su actividad de crecimiento vegetativo para iniciar la etapa de formación de flores y frutos (Azcón-Bieto y Talón, 2008; Maruchi *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2011).

Al respecto, Quiñones *et al.* (2012; 2014) al evaluar el cultivo de papaya encontraron un mayor crecimiento en la altura de la planta y diámetro del tallo con la fertilización biológica (*Glomus* sp.) y composta de materia orgánica en contraste con la fertilización química. Acevedo y Pire (2004) en Tarabana, estado de Lara, Venezuela, reportaron una mayor altura y diámetro del tallo en la papaya variedad Tailandesa con la aplicación de lombricomposta en comparación a la fertilización química (Cuadro 2).

### Días a la cosecha

En los días a la cosecha la fertilización mostró diferencias significancia ( $p \leq 0.05$ ) para cada genotipo, donde se presentó una reducción en los días transcurridos para realizar la cosecha con el fertilizante químico, contrastando con la fertilización orgánica y biológico en el cual Maradol requirió 12 y 24 días más para efectuar la primera cosecha y Mulata 5 y 10 días, respectivamente. Esto indica que la fertilización química logra reducir los días a la cosecha en el genotipo Maradol en comparación a la fertilización orgánica y biológica. La disponibilidad de los nutrientes esenciales en el suelo promovió una rápida acumulación de azúcares en el fruto, iniciando así más pronto la cosecha (Alcántara *et al.*, 2010; Álvarez y Munro, 2011) (Cuadro 2).

**Cuadro 2. Efecto del tipo de fertilización en el crecimiento de dos genotipos de papaya.**

Genotipo	Fertilizante	Días a floración	Altura de la planta (cm)	Diámetro del tallo (cm)	Días a la cosecha
Maradol	Química	125 a	1.67 a	13.1 a	323 c
	Orgánico	127 a	1.8 a	11.6 a	335 bc
	Biológico	124 a	1.8 a	11.8 a	347 a
Mulata	Química	127 a	1.69 a	13.2 a	327 bc
	Orgánico	127 a	1.71 a	12.5 a	333 bc
	Biológico	128 a	1.81 a	12.5 a	337 ab
Tukey $\alpha = 0.05$ (DMS)		3.7	14.1	1.6	8.6
CV (%)		1.3	7.4	7.2	1.2

Columnas con las mismas letras indican que las variables con estadísticamente iguales (Tukey,  $p=0.05$ ).

### Número de frutos por planta

La cantidad de frutos que presentó el genotipo Mulata sobresalió a Maradol con la aplicación de fertilizantes orgánicos y biológicos, no así en la fertilización química donde se observó el mayor número de frutos en el genotipo Maradol; sin embargo, estos valores no fueron significativos ( $p > 0.05$ ) respecto a Mulata en la fertilización química (Cuadro 3). Lo que indica que la fertilización química incrementa el número de frutos en planta de papaya. Al respecto Rodríguez *et al.* (2011), compararon efectos de fertilización biológica y química en la variedad Maradol, obtuvieron 19.8 y 20.2 frutos por planta, respectivamente.

Cabe señalar, que la fertilización orgánica generó más número de frutos que la fertilización biológica en ambos genotipos. Ya que la materia orgánica mejora las propiedades físicas y químicas del suelo e incrementó la capacidad de retención de agua y nutrientes, además de que

algunas fuentes de materia orgánica presentan una gran disponibilidad de nutrientes que promueven la reproducción de las plantas (Quiñones *et al.*, 2014). Asimismo, Maruchi *et al.* (2008) realizaron una investigación en papaya Maradol Roja, en donde encontraron promedios de 40.6 frutos planta<sup>-1</sup>, en tratamientos con fertilización química y orgánica (citricomposta).

### Peso promedio del fruto

En el peso medio del fruto los genotipos evaluados no mostraron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los fertilizantes utilizados; sin embargo, a pesar de la nula significancia el genotipo Mulata mostró un peso superior a Maradol, siendo la fertilización química en ambos genotipos las de mayor peso que las fertilizaciones orgánica y biológica (Cuadro 3). Los resultados indican que con la fertilización química se mejora el peso del fruto, lo que está relacionado con un mayor rendimiento. Al respecto Rodríguez *et al.* (2011) obtuvieron un peso promedio de 1.62 kg en el tratamiento químico y 1.71 kg en el orgánico, los cuales no fueron significativos entre sí. Mientras que Vázquez (2011) en un estudio realizado en papaya Maradol con tratamientos químico y micorrizas *Glomus musseae*, encontró medias de 1.432 y 2.078 kg, respectivamente.

### Diámetro y longitud del fruto

El análisis estadístico para el diámetro y longitud del fruto presentó diferencias significativas ( $p\leq 0.05$ ) entre genotipo, siendo Mulata el que produjo frutos de mayor diámetro y longitud (Cuadro 3).

**Cuadro 3. Características físicas y químicas de dos genotipos de papaya en función del tipo de fertilización.**

Genotipo	Fertilizante	Frutos por planta	Peso del fruto (g)	Diámetro del fruto	Longitud del fruto	°Brix
Maradol	Química	38 a	1 706 a	12.58 b	18.49 c	11.49 a
	Orgánico	22 b	1 683 a	12.4 b	20.03 bc	11.45 a
	Biológico	14 c	1 51 a	13.71 b	21.37 bc	11.45 a
Mulata	Química	30 a	1 906 a	14.46 b	23.31 ab	10.93 b
	Orgánico	31 a	1 806 a	12.52 b	22.31 ab	10.8 b
	Biológico	18 bc	1 773 a	15.14 ab	24.54 ab	10.77 b
Tukey $\alpha = 0.05$ (DMS)		10.7	493.2	2.3	2.9	0.1
CV (%)		25.9	11	6.8	7.1	0.5

Columnas con las mismas letras indican que las variables con estadísticamente iguales (Tukey,  $p=0.05$ ).

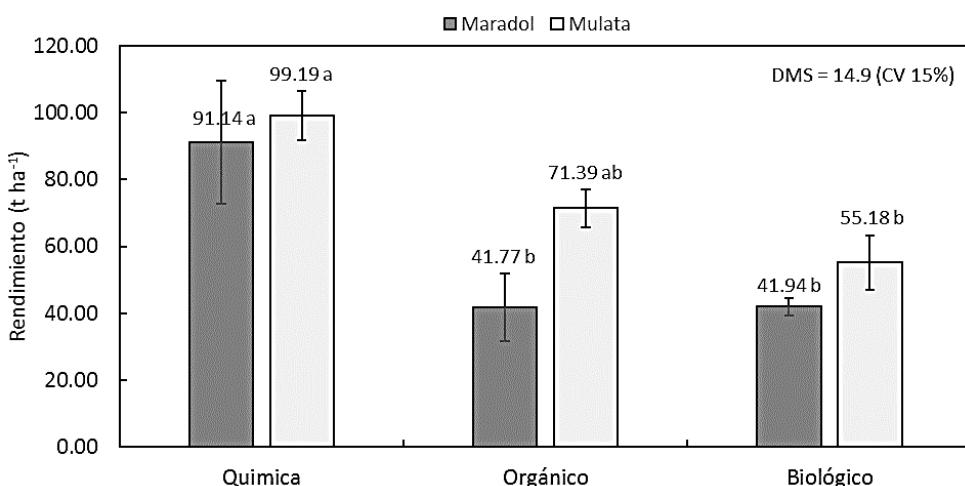
Lo que está relacionado con el mayor peso de fruto. Al respecto, Muñozcano (2011) menciona que el genotipo Mulata desarrolla frutos más grandes que Maradol. Esto puede relacionarse con la baja cantidad de frutos que presentó la planta provocando una mínima competencia por los nutrientes entre los frutos, generando frutos de mayor tamaño.

## Sólidos solubles totales ( $^{\circ}$ Brix)

La concentración de sólidos solubles mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los genotipos y no así en el tipo de fertilización aplicada. El mayor contenido de sólidos solubles se presentó en el genotipo Maradol en comparación a Mulata. El análisis estadístico no mostró diferencias estadísticas en el tipo de fertilización (Cuadro 3). Esto indica que la papaya Maradol es más dulce Mulata. Debido a que la concentración de sólidos solubles es una característica genética que está relacionada con el genotipo utilizado. Al respecto, Santamaría *et al.* (2009) reportan que el contenido de sólidos solubles totales que logró alcanzar la fruta de papaya Maradol es de 11.5  $^{\circ}$ Brix.

## Rendimiento de fruto

El rendimiento para los dos genotipos evaluados mostró diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) entre los fertilizantes utilizados, no así entre genotipos. Sin embargo, el genotipo Mulata superó a Maradol, el cual presentó una mayor producción. Por lo tanto, el mejor rendimiento se encontró en el genotipo Mulata con la aplicación del fertilizante químico, lo cual está relacionada con el peso del fruto más alto. El tratamiento químico obtuvo el mayor valor promedio que fue de 95.16 t  $ha^{-1}$  y logró superar ampliamente al orgánico y biológico que registró en promedio 56.58 y 48.56 t  $ha^{-1}$ , respectivamente. Esto indica que la fertilización química influye directamente sobre el rendimiento del cultivo (Figura 1).



**Figura 1. Rendimiento de dos genotipos de papaya en función del tipo de fertilización.**

Al respecto, Rodríguez *et al.* (2011) presentaron un rendimiento de 53.8 t  $ha^{-1}$  en el cultivar Maradol con el tratamiento químico; mientras que con el orgánico registraron 56.4 t  $ha^{-1}$ . Maruchi *et al.* (2008) reportan 140.8 t  $ha^{-1}$  en tratamientos con nutrición química y orgánica (citricomposta), respectivamente. Vázquez (2011) en papaya Maradol con tratamientos químico y micorrizas *Glomus musseae*, obtuvo promedios de 70.6 y 144.9 t  $ha^{-1}$ , respectivamente.

## Análisis económico

En el Cuadro 4 se muestra la estimación económica sobre la producción y comercialización de los genotipos de papaya evaluados en función del tipo de fertilización.

**Cuadro 4. Rendimiento (R), ingresos totales (IT), costos fijos (CF), costos variables (CV), costos totales (CT), ingresos netos (IN) y ganancia por peso invertido (GPI) en genotipos (G) de papaya en función del tipo de fertilización.**

G	Fertilizante	R (t ha <sup>-1</sup> )	IT	CF	CV	CT	IN	GPI
			(\$)					
Maradol	Químico	91.14	549 574.20	73 329.28	18 633.10	91 962.38	457 611.82	4.98
	Orgánico	41.77	251 873.10	73 329.28	26 423.60	99 752.88	152 120.22	1.52
	Biológico	41.94	252 898.20	73 329.28	6 573.60	79 902.88	172 995.32	2.17
Mulata	Químico	99.19	598 115.70	73 329.28	20 702.70	94 031.98	504 083.72	5.36
	Orgánico	71.39	430 481.70	73 329.28	28 493.20	101 822.48	328 659.22	3.23
	Biológico	55.18	332 735.40	73 329.38	8 643.20	81 972.48	250 762.92	3.06

R= rendimiento; IT= R x precio por kg de papaya (\$6.03); CF= incluye costo de preparación del terreno, siembra, riego, manejo de maleza y plagas; CV= incluye el costo de la semilla y fertilización.

La fertilización química generó el más alto ingreso total, ingreso neto, y la mayor GPI, en el genotipo Mulata a igual que en Maradol. Así, por cada peso invertido en la producción de Mulata, se recuperó \$5.39. Las GPI más bajas fueron las obtenidas con la variedad Maradol tanto en la nutrición orgánica como en la biológica. Al respecto, Bueno *et al.* (2005) en Veracruz con siembra de papaya Maradol observaron el mejor ingreso neto con una alta fertilización química. Por lo que se recomienda el uso del genotipo Mulata, ya que con la fertilización química se genera un mayor ingreso neto; sin embargo, la fertilización orgánica puede ser una alternativa para los agricultores que cultivan y comercializan productos orgánicos.

## Conclusiones

Los genotipos de papaya Maradol y Mulata presentaron una mejor respuesta en su crecimiento con la aplicación del fertilizante químico, por presentar menores días a la cosecha, así como un mayor diámetro de tallo en comparación a la fertilización biológica y orgánica. La fertilización química en las plantas de papaya Maradol, generó el mayor número de frutos y contenido de sólidos solubles (°Brix) y en el genotipo Mulata promovió un mejor peso de fruto y rendimiento. Los inoculantes biológicos favorecen el incremento en el tamaño del fruto. Mulata con la fertilización química es más rentable, debido a que logró una ganancia por peso invertido de \$5.36.

## Literatura citada

- Acevedo, I. C. y Pire, R. 2004. Efectos del lombricompost como enmienda de un sustrato para el crecimiento del lechosero. *Interciencia*. 29(5):274-279.
- Alcántara, J. J. A.; Hernández, C. E.; Ayvar, S. S.; Damián, N. A. y Brito, G. T. 2010. Características fenotípicas y agronómicas de seis genotipos de papaya (*Carica papaya L.*) de Tuxpan, Guerrero, México. *Rev. Venez. Cienc. Tecnol. Alimentos*. 1(1):035-046.
- Álvarez-Hernández, J. C. y Munro-Olmos, D. 2011. Relación entre el contenido de nitrógeno en peciolos y producción de frutos de papaya. *Revista Bio Ciencias*. 1(3):18-26.
- Azcón-Bieto, J. y Talón, M. 2008. Fundamentos de Fisiología Vegetal. 2<sup>a</sup> (Ed.). Editorial McGraw-Hill. Madrid España. 651 p.

- Bueno, J. J. E.; Alonso, L. A.; Volke, H. V.; Gallardo, L. F.; Ojeda, R. M. M. y Mosqueda, V. R. 2005. Respuesta del papayo a la fertilización con nitrógeno, fosforo y potasio en un luvisol. *Terra Latinoam.* 23(3):409-415.
- Constantino, M.; Gómez, A. R.; Álvarez, S. J. D.; Pat, F. J. y Espín, G. 2010. Efecto de la biofertilización y los biorreguladores en la germinación y el crecimiento de *Carica papaya*. *L. Rev. Colomb. Biotecnol.* 12(2):103-115.
- García, E. 2005. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)- Instituto de Geografía. 4<sup>ta</sup> Edición. 217 p.
- Martin-Mex, R.; Nexticapan-Garcéz A.; Herrera-Tuz, R.; Vergara-Yoisura, S. y Larqué-Saavedra, A. 2018. Efecto positivo de aplicaciones de ácido salicílico en la productividad de papaya (*Carica papaya*). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 3(8):1637-1643.
- Maruchi, A. E.; Tornet, Q. Y.; Ramos, R. R.; Farrés, A. E.; Aranguren, G. M. y Rodríguez, M. D. 2008. Caracterización y evaluación de dos híbridos de papaya en Cuba. *Agric. Téc. Méx.* 34(3):333-339.
- Mirafuentes, H. F. y Azpeitia, M. A. 2008. "Azteca", primer híbrido de papaya para el trópico de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):291-293.
- Muñozcano, R. M. 2011. Producción de plántulas y establecimiento de nueva variedad de papaya. Centro de Validación y Transferencia de Tecnología de Sinaloa, AC. Fundación Produce Sinaloa A. C. Sinaloa. México. 6 p.
- Quiñones, A. E. E.; Hernández, A. E.; Rincón, E. G. y Ferrera, C. R. 2012. Interacción de hongos micorrízicos arbusculares y fertilización fosfatada en papaya. *Terra Latinoam.* 30(2):165-176.
- Quiñones, A. E. E.; López, P. L.; Hernández, A. E.; Ferrera, C. R. y Rincón, E. G. 2014. Simbiosis micorrízica arbuscular y fuentes de materia orgánica en el crecimiento de *Carica papaya*. *L. Interciencia.* 39(3):198-204.
- Rodríguez, M. A.; Rodríguez, N. A.; Dibut, Á. B.; Arozarena, D. N.; Lino, A.; Aile, de la C. V.; Rodríguez, M. A.; Martínez, A.; Montero, L.; García, M. X. y Rodríguez, J. 2011. Manejo agroecológico de la nutrición de papaya "Maradol roja" en plantaciones de ciclo corto. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical. Habana, Cuba. 10 p.
- Sangabriel, C. W.; Trejo, A. D.; Soto, E. A.; Ferrera, C. R. y Lara, C. L. 2010. Potencial de colonización de hongos micorrízico-arbusculares en suelos cultivados con papayo bajo diferentes manejos de producción. *Rev. Mex. Micol.* 31(1):45-52.
- Santamaría, B. F.; Díaz, P. R.; Sauri, D. E.; Espadas, G. F.; 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. 2018. Sistema de Información Agropecuaria de Consulta. SAGARPA. México. <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/ar.comanuar.html>.
- Vázquez, G. E.; Román, A. E. E. y Arias, F. R. 2008. Fenología y unidades calor de genotipos de papayo en el sur de Tamaulipas, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 31(3):45-48.
- Vázquez, H. M. V. 2011. Nutrición mineral e inoculación con hongos micorrízicos en la calidad post cosecha de frutos de papaya Maradol. Tesis de doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México.