

Nota de Investigación

DENSIDAD DE PLANTACIÓN DE PAPAYA-PLANTAS DE COBERTURA Y SU EFECTO EN EL RENDIMIENTO^{1,2}

Astrid Racancoj-Coyoy³, Elide Valencia-Chin^{4}, Rebecca Tirado-Corbalá⁵
y Angela M. Linares-Ramírez⁶*

J. Agric. Univ. P.R. 103(1):87-93 (2019)

La papaya (*Carica papaya* L.) es una planta herbácea originaria de las zonas tropicales de México y Centro América. A nivel mundial se considera como una de las frutas de mayor valor nutritivo, por ser baja en calorías, alta en potasio (K) y fuente de vitamina A (Zamora, 2005; Crane, 2005). La cantidad de plantas sembradas por hectárea, es decir la densidad de plantación, es uno de los factores que más influye en el rendimiento. Las distancias de siembra más utilizadas para el cultivo de papaya varían desde 0.6 m a 4 m entre plantas y de 2 a 4 m entre hileras simples. En siembra de doble hilera los espacios pueden variar de 1.8×1.8×3.5 m a 2.5×2.5×4 m (Kist y Manica, 1995).

En los sistemas de producción de papaya, el manejo de malezas es uno de los mayores retos a los que se enfrentan los agricultores. Las malezas compiten con el cultivo principal por nutrientes, energía solar y espacio, además de ser hospederas de plagas y enfermedades. Durante el trasplante, las malezas interfieren con el crecimiento de las plántulas de papaya y pueden afectar el rendimiento (Nishimoto, 1997). El uso de herbicidas y prácticas mecánicas son los métodos más utilizados en el manejo de malezas. Sin embargo, el uso de plantas de cobertura (PC) podría insertarse dentro de los sistemas de producción como alternativa al manejo de malezas (Carlo, 2009; Ngouajio y Mutch, 2004; Sheahan, 2014). El rábano cobertor (*Raphanus sativus* L.) es una planta anual de la familia Brassicaceae que podría ser una alternativa para la supresión de malezas antes o durante el ciclo del cultivo principal (Jacobs, 2012; Weil et al., 2006). Por otro lado, el sésamo (*Sesamum indicum* L.) al igual que el rábano, en siembras de altas densidades reduce el crecimiento de malezas (Langham et al., 2008). La presente investigación evaluó dos densidades de siembra de papaya 'Red Lady' y el uso de dos plantas de cobertura (rábano y sésamo) para medir su efecto sobre el control de malezas y rendimiento.

El experimento se estableció en diciembre del año 2016 en la Subestación Experimental Agrícola de Isabela de la Universidad de Puerto Rico. El suelo del predio experimental pertenece al orden Oxisol, serie Coto (Muy fino, kaolínico, isohipertérmico Typic Hapludox) (Muñoz et al., 2018). Las papayas se trasplantaron en un diseño experimental

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 22 de mayo de 2018.

²Esta investigación fue financiada por el Instituto Nacional de Alimentos y Agricultura (NIFA, por sus siglas en inglés) del Departamento de Agricultura Federal, Proyecto H-465.

³Estudiante graduado, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 0068

⁴Catedrático, Departamento de Ciencias Agroambientales, Box 9000, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, PR 00681. *Autor para correspondencia E-mail: elide.valencia@upr.edu Tel.: 787-951-6444.

⁵Investigadora Asociada, Departamento de Ciencias Agroambientales.

⁶Catedrática Asociada, Departamento de Ciencias Agroambientales.

de bloques completos al azar (DBCA) en parcelas divididas con cuatro repeticiones. La superficie por parcela fue de 288 m² (16 × 18 m), la superficie total del experimento fue de 1,152 m². En cada parcela del experimento se tenían siete hileras de 18 m de largo con ocho plantas de papaya cada una. En la parcela completa se tenían las dos densidades de siembra; la siembra en hilera simple con distanciamiento de 3.5 × 1.25 m y la siembra en doble hilera con distanciamientos de 4×2 ×1.25 m. Las plantas de cobertura se asignaron a la sub-parcela. Una semana después del trasplante (SDT) en las hileras de las papayas se realizó la siembra manual de las plantas de cobertura a una densidad de 13 kg/ha (Björkman y Shail, 2010; Creamer y Baldwin, 2000). A las 14 semanas de realizada la siembra, el rábano y el sésamo se cortaron y se dejaron en la superficie del suelo. El experimento se regó (2.5 cm por semana) utilizando un sistema de riego por goteo cuando fue necesario. A las ocho SDT de las papayas se realizó una aplicación de Fusilade® DX⁷ a 1.5 L/ha para el control de pasto Johnson (*Sorghum halepense*). Durante el experimento se realizaron tres controles mecánicos para limpieza de malezas entre las hileras de cada unidad experimental: a las 8, 12 y 25 SDT. Se aplicó 120 kg/ha de nitrógeno (N) y 141 kg/ha de potasio (K), utilizando sulfato de amonio (21% de N) y sulfato de potasio (45% de K₂O) como fuentes de N y K, respectivamente. Las aplicaciones se realizaron mensualmente, aplicando los fertilizantes a una circunferencia de 20 cm del tallo de las plantas.

Para determinar el control de malezas se realizaron dos muestreos, a las 10 semanas después de la siembra (SDS) y cuatro semanas después del corte de las plantas de cobertura. En cada unidad experimental se recolectaron muestras del material fresco utilizando un cuadrante de 0.25 m², cortando a nivel del suelo. Las muestras se clasificaron según las plantas de cobertura y malezas; se secaron en un horno por un período de 48 horas a 65° C. Se calculó la materia seca (MS kg/ha) tanto de la maleza como de las plantas de cobertura, y se determinó el control de malezas (%). Cada seis semanas se tomaron mediciones de crecimiento vegetativo (altura y diámetro del tallo) de las plantas de papaya. Las mediciones de altura se evaluaron desde la base de la planta hasta el meristemo apical. En los primeros tres meses el diámetro del tallo se determinó a 10 cm de altura, posteriormente a 30 cm de altura sobre el nivel del suelo. Nueve meses después de realizado el trasplante, se realizó la cosecha de cada unidad experimental. Se seleccionaron cuatro plantas y se cosecharon todos los frutos que en ese momento tenían un diámetro ≥ 7 cm. De cada fruto cosechado se determinó el diámetro y longitud (cm). Cabe mencionar que este estudio contemplaba tres cosechas adicionales de frutos mercadeables, pero esto no fue posible debido a los daños ocasionados en septiembre de 2017 por los desastres naturales (huracanes Irma y María) que destruyeron la plantación de papaya. Por ende, se reporta una cosecha únicamente.

Los efectos de las plantas de cobertura se analizaron mediante un análisis de varianza (ANOVA) utilizando PROC GLIMMIX. Cuando existieron diferencias significativas (p<0.05) se realizó una separación de medias utilizando los cuadrados mínimos (LSMEANS) ajustados según Tukey. Las variables de crecimiento vegetativo se analizaron bajo un arreglo de medidas repetidas en el tiempo. Para analizar los parámetros de producción se utilizaron contrastes ortogonales (siembra en hilera simple versus doble hilera).

A las 10 SDS de las plantas de cobertura se encontró diferencias significativas (p<0.05) para el control de malezas. Se observó un 94% y 76% de control de malezas con rábano y sésamo, respectivamente. Las unidades sin cobertura presentaron las mayores

⁷Los nombres de compañías y de marcas registradas solo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

cantidades de maleza (1,690 kg MS/ha) predominando malezas de hoja fina, en específico pasto Johnson. Según el estado fenológico de las plantas de cobertura se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en el control de malezas. El mejor control, tanto por el rábano como por el sésamo, se obtuvo en estado de cobertura viva. El sésamo presentó valores promedio de 76 y 13% de control en estado de cobertura viva y después del corte, respectivamente. El rábano registró valores promedio de 94 y 69% de control en estado de cobertura viva y después del corte, respectivamente. Se encontró diferencias significativas ($p < 0.05$) en los rendimientos de MS de las PC. El sésamo presentó rendimientos de 1,030 kg MS/ha y el rábano presentó mayor rendimiento siendo de 1,750 kg MS/ha (Cuadro 1). El rendimiento del rábano fue menor a lo reportado por Lawley et al. (2011) que fue de 3,900 kg MS/ha en la costa de Maryland.

El rápido crecimiento de las plantas de cobertura y la capacidad competitiva de desarrollarse en poblaciones densas les permite cubrir por completo el suelo e inhibir la germinación de malezas. Las plantas de cobertura ocupan el espacio y utilizan los recursos que de otra manera estarían disponibles para las malezas, interceptan la radiación y reducen la calidad de luz disponible (Hartwig y Ammon, 2002; Lemessa y Wakjira, 2015). El mecanismo principal del rábano para la supresión de malezas es el rápido crecimiento y la cobertura que proporciona con sus hojas (Lawley et al., 2011). En Michigan, el usar rábano redujo la biomasa de malezas en 4,490 kg/ha antes de la siembra de hortalizas y disminuyó la cantidad de semillas de malezas en el suelo comparado a la siembra sin cobertura (Wang et al., 2008). En otro estudio realizado también en el estado de Michigan se demuestra que el rábano como planta de cobertura suprimió el crecimiento de amaranto (*Amaranthus blitoides*), verdolaga (*Portulaca oleracea* L.), coquí (*Cyperus rotundus* L.) y de hierba gallinera (*Stellaria media* L. Vill.) (Charles et al., 2006). El rábano como cobertura viva representa una alternativa para la supresión de malezas anuales y puede ser una herramienta útil para controlar los biotipos de malezas resistentes a herbicidas. La incorporación del rábano antes del cultivo principal también permite que en la siembra de los cultivos subsiguientes no sea necesaria la aplicación de herbicidas pre-emergentes (Jacobs, 2012; Weil et al., 2006).

No se encontró una interacción ($p > 0.05$) entre las distancias de siembra por las plantas de cobertura para las variables de crecimiento vegetativo de las papayas. Únicamente a las 30 SDT se encontró diferencia significativa ($p < 0.05$) para las variables de crecimiento vegetativo según las distancias de siembra. Se reportan valores de diámetro de 6.46 y 5.31 cm para la siembra en doble hilera y en hilera simple, respectivamente

CUADRO 1.—Control de malezas, materia seca de malezas y de las plantas de cobertura en la Subestación Experimental Agrícola, Isabela, Puerto Rico.

	Estado fenológico de cobertura				p-valor
	Rábano		Sésamo		
	CV ¹	DC ²	CV	DC	
% Control maleza	94 a	69 c	76 b	13 d	<0.001
Materia seca de malezas (kg MS/ha)	450 d*	310 c	690 b	870 a	<0.001
Materia seca de plantas de cobertura (kg MS/ha)	1,750a	--	1,030b	--	0.0016

¹CV-Cobertura viva.

²DC-Después de corte

*Valores dentro de la misma fila seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

CUADRO 2.—*Diámetro de las plantas de papaya en las diferentes semanas del cultivo según distancia de siembra en la Subestación Experimental Agrícola, Isabela, Puerto Rico.*

Siembra	Semana después de trasplante					
	6	12	18	24	30	36
	Diámetro (cm)					
Hilera simple (3.5 × 1.25 m)	0.63	0.98	2.03	2.03	5.31 b*	7.00
Hilera doble (4 × 2 × 1.25 m)	0.70	1.07	2.08	2.08	6.46 a	7.02
Pr >F	0.779	0.070	0.835	0.857	<0.0001	0.946

*Valores dentro de la misma columna seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

(Cuadro 2). El diámetro del tallo es una variable indicativa del rendimiento y número de frutos por planta, es decir, plantas con tallo más grueso tienden a ser más productivas (Rivas et al., 2003). A las 36 SDT se reportan valores de altura de 1.67 y 1.74 m para la siembra en doble hilera y en hilera simple, respectivamente (Cuadro 3). Estos valores de altura difieren de lo reportado en un estudio realizado en el municipio de Guánica, Puerto Rico, en un suelo tipo Aridisol de la serie Guayacán. En donde reportaron valores de 2.83 m de altura a los nueve meses de realizada la siembra de papaya 'Red Lady' en sistema de producción de monocultivo con manejo convencional (Figuroa, 2016).

No se encontró una interacción ($p > 0.05$) entre las distancias de siembra por las plantas de cobertura en el rendimiento del cultivo de papaya. Contrastes ortogonales (siembra en hilera simple versus doble hilera) mostraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en rendimiento y número de frutos. La siembra en doble hilera (4,000 plantas por hectárea) muestra rendimientos de 49,787 kg/ha (63 ton/ha) con un total de 46,572 frutos. Para la siembra en hilera simple (2,285 plantas por hectárea) se reporta una cosecha significativamente menor siendo de 23,789 frutos con rendimientos de 24,791 kg/ha (24 ton/ha). No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre las dos distancias de siembra en la producción neta por planta, cantidad y diámetro de los frutos (Cuadro 4).

Santos et al. (2016) reporta que las plantas de papaya 'Caliman-01' sembradas en doble hilera (3.8 × 2.0 × 1.8 m) presentaron rendimientos mayores del 63% en comparación a las plantas sembradas en hileras simples (3.8 × 2.0 m) en dos ciclos de producción en el noreste de Brasil. Los valores de producción en este estudio son menores a los reportados en estudios en diferentes municipios de la Isla. Goenaga e Irizarry (2001) reportaron

CUADRO 3.—*Altura de las plantas de papaya en las diferentes semanas del cultivo según distancia de siembra en la Subestación Experimental Agrícola, Isabela, Puerto Rico.*

Siembra	Semana después de trasplante					
	6	12	18	24	30	36
	Altura (m)					
Hilera simple (3.5 × 1.25 m)	0.29	0.46	0.62	0.94	1.30 b*	1.74
Hilera doble (4 × 2 × 1.25 m)	0.30	0.47	0.63	0.97	1.48 a	1.67
Pr >F	0.763	0.822	0.777	0.711	0.0002	0.107

*Valores dentro de la misma columna seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

CUADRO 4.—Parámetros de producción de las plantas de papaya según distancia de siembra, en la Subestación Experimental Agrícola, Isabela, Puerto Rico.

Siembra	Por hectárea			Por planta		
	Producción (kg/ha)	No. fruto	Producción (kg)	No. fruto	Largo fruto (cm)	Diámetro fruto (cm)
Hilera simple	24,791 b*	23,789 b	10.79	10	18 b	10
Hilera doble	49,787 a	46,572 a	11.94	11	21 a	11
Pr >F	<0.0001	<0.0001	0.628	0.477	0.021	0.131

*Valores dentro de la misma columna seguidos por letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0.05$).

rendimientos promedio de la papaya 'Red Lady' bajo manejo intensivo en Isabela (suelo Oxisol) y Corozal (suelo Ultisol) de 135 ton/ha y 75 ton/ha, respectivamente. Otro estudio, en Guánica, Puerto Rico, para 'Red Lady' en siembra convencional de hilera simple en cuatro períodos de cosecha reporta rendimientos de 114 ton/ha (Figueroa, 2016). La diferencia entre los valores de rendimiento recopilados en el presente estudio se atribuye a que únicamente se pudo realizar una cosecha, por los desastres naturales que destruyeron la plantación dos semanas después del primer muestreo.

En conclusión, la inclusión de PC en los sistemas de producción de papaya puede ser alternativa para el manejo de malezas. El rábano demostró control de malezas al ser cobertura viva como después de su corte, a diferencia del sésamo que presenta eficiencia únicamente al tratarse como cobertura viva. Sin embargo, al realizar la cosecha se confirma que la siembra en doble hilera incrementa los rendimientos en casi 50% con relación a la siembra de hilera simple y se demuestra que el sembrar en doble hilera no reduce ni la cantidad ni el diámetro de los frutos.

LITERATURA CITADA

- Björkman, T. y J. W. Shail, 2010. Cornell cover crop guide for forage radish. Cornell University. 2pp. Ver. 1.100716
- Carlo, S., 2009. Promoting the use of tropical legumes as cover crops in Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico. 79 p.
- Charles, K., M. Ngouajio, D. Warncke, K. Poff y M. Hausbeck, 2006. Integration of cover crops and fertilizer rates for weed management in celery. *Weed Science* 54: 326-334.
- Crane, J., 2005. Papaya growing in the Florida Home Landscape. University of Florida. IFAS Extension. 8p.
- Creamer, N.G. y K.R. Baldwin, 2000. An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production systems in North Carolina. *HortScience* 35(4): 600-603.
- Figueroa, G., 2016. Integración de leguminosas como cultivo de cobertura en papaya (*Carica papaya*) y plátano (*Musa acuminata x balbisiana*) en dos agro ecosistemas de Puerto Rico. Tesis MSc. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez. Mayagüez, Puerto Rico. 88 p.
- Goenaga, R. y H. Irizarry, 2001. Yield and fruit quality of papaya cultivars grown at two locations in Puerto Rico. *J. Agric. Univ. P.R.* 85: 127-134.
- Hartwig, N. y H. Ammon, 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50: 688-699.
- Jacobs, A., 2012. Plant fact sheet for oilseed radish (*Raphanus sativus*. var. *oleiformis*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Booneville Plant Materials Center, Booneville, AR.
- Kist, H. y I. Manica, 1995. Densidades de plantio, crescimento e produção do mamoeiro formosa *Carica papaya* L. em Porto Lucena, RS. En: Pesquisa agropecuária brasileira, Pp: 657-666.
- Kruidhof, H., L. Bastiaans y M. Kropff, 2008. Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. *Weed Research* 48: 492-502.
- Langham, D., J. Riney, G. Smit y T. Wiemers, 2008. Sesame Grower Guide. Sesaco Sesame Coordinators, Lubbock, TX.
- Lawley, Y., R. Weil y J. Teasdale, 2011. Forage radish cover crop suppresses winter annual weeds in fall and before corn planting. *Agronomy Journal* 103: 137-144.
- Lemessa, F. y M. J. Wakjira, 2015. Cover crops as a means of ecological weed management in agroecosystems. *Crop Sci. Biotechnol.* 18: 123.
- Muñoz, M. A., W. I. Lugo, C. Santiago, M. Matos, S. Ríos and J. Lugo, 2018. Taxonomic Classification of the Soils of Puerto Rico, 2017. University of Puerto Rico, Mayagüez Campus. College of Agricultural Sciences, Agricultural Experiment Station. San Juan, Puerto Rico. Bulletin 313. 73 p.

- Ngouajio, M. y D. R. Mutch, 2004. Oilseed radish: A new cover crop for Michigan. Michigan State Univ. Extension Bulletin E 2907, East Lansing.
- Nishimoto, R., 1997. Herbicide options for weed control in papaya. *Integrated Pest Management Reviews*. v. 2, p. 109-111.
- Rivas, P., G. Mora, D. Téliz y A. Mora, 2003. Influencia de variedades y densidades de plantación de papayo (*Carica papaya* L.) sobre las epidemias de mancha anular. *Revista Mexicana de Fitopatología* 21:109-116.
- Santos, E., S. Júnior, G. Barbosa, I. Herbert, A. Sousa y F. Albano, 2016. Planting spacing and NK fertilizing on physiological indexes and fruit production of papaya under semiarid climate. *Bragantia* 75(1): 63-69.
- SAS, 2009. SAS User Guide. Statistical Analysis Institute Inc. Cary N.C.
- Sheahan, C.M., 2014. Plant guide for sesame (*Sesamum orientale*). USDA-Natural Resources Conservation Service, Cape May Plant Materials Center, Cape May, NJ.
- Wang, G., M. Ngouajio y D. Warncke, 2008. Nutrient cycling, weed suppression, and onion yield following brassica and sorghum sudangrass cover crops. *Horttechnology* 18: 68-74.
- Weil, R., C. White y Y. Lawley, 2006. Forage radish: New multi-purpose cover crop for the Mid-Atlantic. Univ. of Maryland Cooperative Extension Fact Sheet 824, College Park.
- Zamora, J., 2005. Recomendaciones para la siembra comercial de papayas. Boletín Servicio de Extensión Agrícola, Colegio de Ciencias Agrícolas, UPR-RUM.