



Rendimiento de semilla del guar en función del distanciamiento entre surcos y densidad de población

Guar seed yield in function of row spacing and plant density

David Guadalupe Reta-Sánchez^{1*}, Juan Isidro Sánchez-Duarte², Esmeralda Ochoa-Martínez², Arturo Reyes-González²

¹ Campo Experimental Delicias. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Km. 2 Carretera Delicias-Rosales C.P. 33000, Centro, Cd. Delicias, Chihuahua.

² Campo Experimental La Laguna. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Blvd. José Santos Valdez 1200. Col. Centro. 27440, Cd. Matamoros, Coahuila.

ABSTRACT

Guar responds to variations in row spacing and population density, however, to obtain the highest seed yield it is necessary to determine the best combination of these factors according to environmental conditions and agronomic management. The aim of the study was to determine the seed yield potential of guar in response to row spacing and plant density at the center-south region of Chihuahua. The study was carried out in Delicias, Chihuahua, during the 2021 spring-summer season. Four distances between rows (30, 45, 60 and 75 cm) and four plant densities (30, 45, 60 and 75 plants m⁻²) were evaluated. An experimental design of randomized complete blocks with three replications was used, with a 4 × 4 factorial treatment arrangement. The seed yield and its yield components were determined. There was no interaction for distance between rows x population density; a significant statistical difference was only found for row spacing. The 30-cm row spacing exceeded in seed yield (2,750 kg ha⁻¹) the other spacings (2,001 to 2,321 kg ha⁻¹), in which no differences were found between them. The highest production in rows at 30 cm was associated to its higher leaf area index, and therefore, with its higher solar radiation interception.

Key words: *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub., yield components, leaf area index, solar radiation interception

RESUMEN

El guar responde a variaciones en distanciamiento entre surcos y densidad de población, sin embargo, para obtener el mayor rendimiento de semilla es necesario determinar la mejor combinación de estos factores de acuerdo con las condiciones ambientales y manejo agronómico. El objetivo de este estudio fue determinar el potencial de rendimiento de semilla del guar en respuesta al distanciamiento entre surcos y la densidad de población en la región centro-sur de Chihuahua. El experimento se realizó en Delicias, Chihuahua durante el ciclo primavera-verano de 2021. Se evaluaron cuatro distanciamientos entre surcos (30, 45, 60 y 75 cm) y cuatro densidades de población (30, 45, 60 y 75 plantas m⁻²). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, con un arreglo factorial 4 × 4 de los tratamientos. Se determinó el rendimiento de semilla y sus

componentes de rendimiento. No hubo interacción para distancia entre surcos x densidad de población; sólo se encontró diferencia significativa para el distanciamiento entre surcos. Los surcos a 30 cm superaron en rendimiento de semilla (2,750 kg ha⁻¹) a los otros distanciamientos (2,001 a 2,321 kg ha⁻¹), entre los cuales no hubo diferencia significativa. La mayor producción en surcos a 30 cm se asoció a su mayor índice de área foliar, y por lo tanto, a su mayor intercepción de radiación solar.

Palabras clave: *Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub., componentes del rendimiento, índice de área foliar, intercepción de radiación solar.

INTRODUCCIÓN

En la región centro-sur de Chihuahua se siembran alrededor de 50 mil hectáreas de cultivos anuales bajo irrigación durante los ciclos de primavera y verano. Los principales cultivos anuales son algodón, maíz forrajero y chile verde, con 84 % de la superficie total en 2018. Otros cultivos importantes son la cebolla, cacahuate, frijol y soya (SIAP, 2018). La región se caracteriza por una limitada e irregular disponibilidad de agua, altas temperaturas y presencia de salinidad en el suelo; problemas que en las próximas décadas se incrementarán debido al calentamiento global (Andrade y Montero, 2014). Esta situación indica que es importante aumentar la sustentabilidad de la agricultura en la región a través de una mayor diversidad de cultivos, sobre todo con especies alternativas que ofrezcan ventajas como menores requerimientos de agua, tolerancia a altas temperaturas y salinidad y una rentabilidad igual o superior a los cultivos tradicionales.

Por sus características agronómicas y su creciente uso a nivel mundial, el guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] es un cultivo con alta demanda, debido a que es la principal fuente de galatomananos, que son ampliamente utilizados en diversas industrias como el procesamiento de alimentos, textiles, papeles, farmacéutica y la extracción de petróleo y gas natural (Mudgil *et al.*, 2014). El guar es un cultivo con tolerancia a salinidad (Ashraf *et al.*, 2005), sequía y altas temperaturas (Kumar, 2015), con un ciclo de 90 a 120 d, que le permite adaptarse a diferentes patrones de cultivo. Estas características indican que el guar puede integrarse en el sistema de producción agrícola de la región centro-sur de

*Autor para correspondencia: David Guadalupe Reta Sánchez
 Correo electrónico: reta.david@inifap.gob.mx

Recibido: 26 de septiembre de 2022

Aceptado: 20 de marzo de 2023

Chihuahua. Para ello es necesario determinar el potencial de rendimiento del cultivo con variaciones en el distanciamiento entre surcos y la densidad de población, dos de las prácticas agronómicas que son más importantes en la intercepción de radiación solar y la utilización de nutrientes del suelo (Reta-Sánchez *et al.*, 2016), y en gran parte determinan el potencial de rendimiento de los cultivos.

Los estudios sobre la respuesta del guar al distanciamiento entre surcos y la densidad de población muestran una gran variabilidad de acuerdo a las condiciones en que se desarrolle el cultivo. En localidades con bajo potencial de rendimiento, la densidad de población óptima en variedades con capacidad de ramificación es de 110 mil plantas ha⁻¹, mientras que en aquellas con mayor potencial, los máximos rendimientos de semilla se alcanzan a 200 mil plantas ha⁻¹ (Singh, 2014).

En la respuesta del guar al distanciamiento entre surcos, se ha observado que en surcos estrechos ocurre una mayor intercepción de radiación solar como resultado de una mejor distribución de las plantas en el terreno, situación que provoca un crecimiento del cultivo más vigoroso y mayor número de ramas, hojas y órganos reproductivos que los observados en surcos con mayor distanciamiento (Nandini *et al.*, 2017). Bajo estas condiciones ocurre una tendencia a incrementarse el rendimiento de semilla en surcos estrechos (30 cm) respecto a surcos a 45 y 60 cm (Akhtar *et al.*, 2012; Ramanjaneyulu *et al.*, 2018). El objetivo del estudio fue determinar el potencial de rendimiento de semilla del guar en respuesta al distanciamiento entre surcos y densidad de población en la región centro-sur de Chihuahua.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Campo Experimental Delicias del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, localizado en Delicias, Chihuahua, México a 28° 11' latitud norte y 105° 30' longitud oeste, con una altitud de 1178 m. La textura del suelo es franco arenoso en el estrato 0-30 cm y franco arcilloso arenoso en 30 - 60 cm. Los valores de pH y del contenido de carbonatos de Ca son altos (5.0 %), con alta disponibilidad de potasio (407 ppm) y contenidos bajos de nitrógeno (nitratos = 39 kg ha⁻¹), fósforo (10.9 ppm) y micronutrientes.

La preparación del terreno consistió de barbecho, rastreo, nivelación y trazo del experimento. La dosis de fertilización química aplicada se estimó con base en las concentraciones de N y P en la planta observada en otros estudios y una meta de rendimiento de semilla de 2.5 a 3 t ha⁻¹. Antes de la siembra, cada parcela experimental se fertilizó en forma manual con sulfato de amonio y fosfato monoamónico granulares, a razón de 50 kg N y 100 kg P₂O₅ ha⁻¹, incorporando los fertilizantes con un paso de rastra. La siembra se realizó manualmente en suelo seco el 18 de mayo de 2021. El mismo día se aplicó el riego de siembra con una lámina de 20 cm. Posteriormente, la fertilización se complementó durante el ciclo del cultivo. Antes del primer riego de auxilio se aplicó fertilización nitrogenada en dosis de 100 kg ha⁻¹ con sulfato

de amonio granulado como fuente. También se aplicó en el suelo un quelato EDDHA de hierro (Ultra ferro 6 %), en dosis de 4 kg ha⁻¹. En el segundo riego de auxilio se fertilizó con 100 kg N ha⁻¹ utilizando sulfato de amonio granulado, y además se aplicaron 50 kg ha⁻¹ de Mg con sulfato de Mg (16 % MgO).

Se evaluó la variedad de guar "Santa Cruz" establecida bajo cuatro distanciamientos entre surcos (30, 45, 60 y 75 cm) y cuatro densidades de población (30, 45, 60 y 75 mil plantas m⁻²). Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, con un arreglo factorial 4 × 4 de tratamientos, donde el factor A fueron los distanciamientos entre surcos, y el factor B, las densidades de población. Se sembró un exceso de 50 % en el número de semillas para cada tratamiento, ajustando la población de plantas con un aclareo manual realizado a los 16 días después de la siembra (dds). Las parcelas experimentales fueron de 10, 8, 6 y 6 surcos para los distanciamientos de 30, 45, 60 y 75 cm, respectivamente, con una longitud de 7 m. La parcela útil para determinar rendimiento de semilla y sus componentes fue de 4 m² de la parte central de las parcelas.

Se aplicaron dos riegos a los 31 y 69 dds, con una lámina de 18 cm. No se presentaron problemas de plagas. El control de maleza se realizó manualmente y con azadón. Se determinó semanalmente el índice de área foliar (IAF) y la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa en todas las parcelas del experimento. Para ello se utilizó un ceptómetro AccuPAR modelo Lp-80 PAR/LAI (Decagon Devices, Inc., Pullman, WA, USA). Se tomaron tres lecturas por parcela entre las 1200 y 1400 h tiempo solar. Se realizaron tres mediciones arriba y otras tres abajo del dosel, en forma paralela a la superficie del suelo. El sensor se colocó a un ángulo de 45° respecto a los surcos. Cerca del final del ciclo se aplicó el herbicida Atectra® (Dicamba) para defoliar el cultivo en dosis de 0.5 L ha⁻¹ el 25 de agosto de 2021 (99 dds).

Para determinar los componentes del rendimiento del cultivo se realizó un muestreo aleatorio de plantas de 1.6 m² en cada parcela a los 105 dds. En este muestreo se determinó el número de plantas muestreadas, número de ramas, número de racimos, además del número de vainas en tallos y ramas por parcela; posteriormente, se separaron las semillas de las vainas y se obtuvo el peso de semilla, y el peso de 1000 semillas en cada parcela. Con estos datos se determinaron los componentes del rendimiento número de vainas y semillas por planta y por m², además del número de vainas y semillas por planta. La cosecha final para determinar el rendimiento de semilla por hectárea se llevó a cabo el 13 de septiembre de 2021 (118 dds).

Se realizaron análisis de varianza ($P \leq 0.05$) para el rendimiento de semilla y sus componentes. Para comparar las medias se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa protegida de Fisher ($P \leq 0.05$). Se realizaron análisis de regresión lineal para determinar la relación entre el IAF y la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa máxima (IRSM) con los componentes del rendimiento y el rendimiento de semilla ($P \leq 0.05$). Los datos se analizaron con el programa estadístico SAS 9.4 (SAS Institute, 2011).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clima durante el ciclo de crecimiento

Durante el ciclo de crecimiento del guar la temperatura media ambiental fluctuó de 26.1 a 24.5 °C de la siembra a la cosecha con la mayoría de las vainas en maduración (Tabla 1). La temperatura máxima fue de 35.2 a 33.2 °C, mientras que la mínima varió de 15.1 a 19.2 °C. De acuerdo con las temperaturas óptimas reportadas para guar durante la germinación (Gresta *et al.*, 2018), el crecimiento vegetativo y el reproductivo (Baath *et al.*, 2020), en el presente estudio el cultivo se desarrolló en condiciones de clima cercanas a las requeridas para un adecuado crecimiento.

Tabla 1. Factores del clima durante el desarrollo del guar establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y cuatro densidades de población durante el ciclo primavera-verano de 2021 en Delicias, Chihuahua.

Table 1. Climate factors during the growing cycle of guar established at four row spacings and four population densities during the spring-summer cycle of 2021 in Delicias, Chihuahua.

Periodo	Temperatura (°C)			HR (%)	ET (mm)	Lluvia (mm)
	Med. max.	Med. min.	Media			
18-31 mayo	35.2	15.1	26.1	29.2	102.2	0
1-15 junio	36.5	16.9	27.4	38.4	105.2	0
16-30 junio	35.1	19.0	27.5	50.3	97.5	0
1-15 julio	32.0	19.2	25.4	71.9	87.0	28.5
16-31 julio	33.3	18.3	25.7	64.0	88.7	9.2
1-15 agosto	31.9	19.0	25.1	71.4	76.6	24.0
16-31 agosto	33.2	18.6	25.7	67.4	88.4	19.4
1-15 septiembre	33.2	15.9	24.5	60.8	81.9	1.1

Med. Max, media de máximas; Med. Min, media de mínimas; HR, humedad relativa; ET, evapotranspiración.

Características agronómicas

No se encontró diferencia significativa para la interacción densidad de población x distanciamiento entre surcos en las características agronómicas evaluadas ($P > 0.05$). Esto indica que las características agronómicas del guar presentaron un comportamiento similar en todas las densidades de población al reducir el distanciamiento entre surcos de 75 a 30 cm. En efectos principales hubo diferencias tanto para densidad de población como para distanciamientos entre surcos ($P \leq 0.05$) (Tabla 2).

El tamaño del IAF y los valores de IRSM en el estudio fueron más afectados por el distanciamiento entre surcos que por la densidad de población. Estos parámetros sólo presentaron incrementos significativos ($P \leq 0.05$) al aumentar la densidad de 30 a 45 plantas m^{-2} ; los valores observados en las densidades de 45 a 75 plantas m^{-2} fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$). En la respuesta al distanciamiento entre surcos, los valores de IAF fueron mayores en los surcos estrechos, y por lo tanto más grande su capacidad de intercepción de radiación solar ($P \leq 0.05$), dada la regresión lineal positiva observada entre el IAF y IRSM (Figura 1). El IAF en los surcos a 30 cm fue superior a los otros distanciamientos entre surcos ($P \leq 0.05$); mientras que la IRSM se redujo al aumentar la distancia entre surcos de 30 a 60 cm ($P \leq 0.05$); los valores en surcos a 75 cm fueron estadísticamente iguales ($P > 0.05$) a

Tabla 2. Valores de probabilidad de un análisis de varianza para características agronómicas, rendimientos de semilla y sus componentes en el cultivo de guar establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y cuatro densidades de población.

Table 2. Probability values of analysis of variance for agronomic characteristics, seed yields and their components in the guar crop established at four row spacings and four population densities.

	Significancia (valor P)		
	DS	DP	DS*DP
Rendimiento de semilla	0.0033	0.3314	0.8093
Número de vainas planta ⁻¹	0.7264	0.0001	0.7425
Número de racimos m^{-2}	0.0001	0.1835	0.2910
Número de semillas vaina ⁻¹	0.0069	0.0003	0.4025
Número de vainas m^{-2}	0.0001	0.0225	0.0494
Número de semillas m^{-2}	0.0014	0.2406	0.7220
Peso de 1000 semillas	0.7447	0.0738	0.8855
Índice de área foliar	0.0001	0.0327	0.1527
Intercepción de radiación solar	0.0001	0.0001	0.0536
Número de ramas planta ⁻¹	0.9182	0.0001	0.6077
Número de ramas m^{-2}	0.0001	0.0001	0.0644

DS = Distanciamiento entre surcos; DP = Densidad de población; DS*DP = Interacción DS*DP.

los observados en surcos a 60 cm (Tabla 3). En otros estudios realizados con canola (*Brassica napus* L.) y frijol mungo (*Vigna radiata* L.) también se ha observado en surcos estrechos (19 a 50 cm) una mayor capacidad de intercepción de radiación solar que la obtenida en surcos convencionales (76 a 100 cm) (Rachaputi *et al.*, 2015; Reta-Sánchez *et al.*, 2016).

La mayor competencia entre plantas con el aumento de la densidad de población, y un incremento muy limitado en la intercepción de radiación solar, provocó una reducción en el número de ramas por planta, número de racimos por planta y número de semillas por vaina ($P \leq 0.05$); sin embargo, el mayor número de órganos por planta en densidades bajas ($P \leq 0.05$) compensó la reducción de población de plantas, por lo que el número de ramas y racimos por m^2 fue similar en todas las densidades de población ($P > 0.05$) (Tabla 3).

En surcos estrechos con distanciamientos de 19 a 50 cm, generalmente los cultivos presentan una distribución de plantas sobre el terreno más favorable que en surcos convencionales (75 a 90 cm), con lo cual se logra una mejor explotación del dosel y espacios del suelo, además de obtener una mayor intercepción de radiación solar durante el ciclo de crecimiento (Scott *et al.*, 2013; Reta-Sánchez *et al.*, 2016). En nuestro estudio, la mayor intercepción de radiación solar en surcos estrechos (30 y 45 cm) respecto a los surcos a 60 y 75 cm ($P \leq 0.05$), favoreció una mayor producción de ramas, racimos y semillas por vaina (Tabla 4), de acuerdo con la relación positiva obtenida entre IRSM y los valores de las características agronómicas antes mencionadas (Figura 1).

Rendimiento de semilla y componentes del rendimiento

La interacción densidad de población por distanciamiento entre surcos no afectó el rendimiento de semilla y sus componentes ($P > 0.05$); sin embargo, el análisis de los efectos principales indicó diferencia significativa para los dos facto-

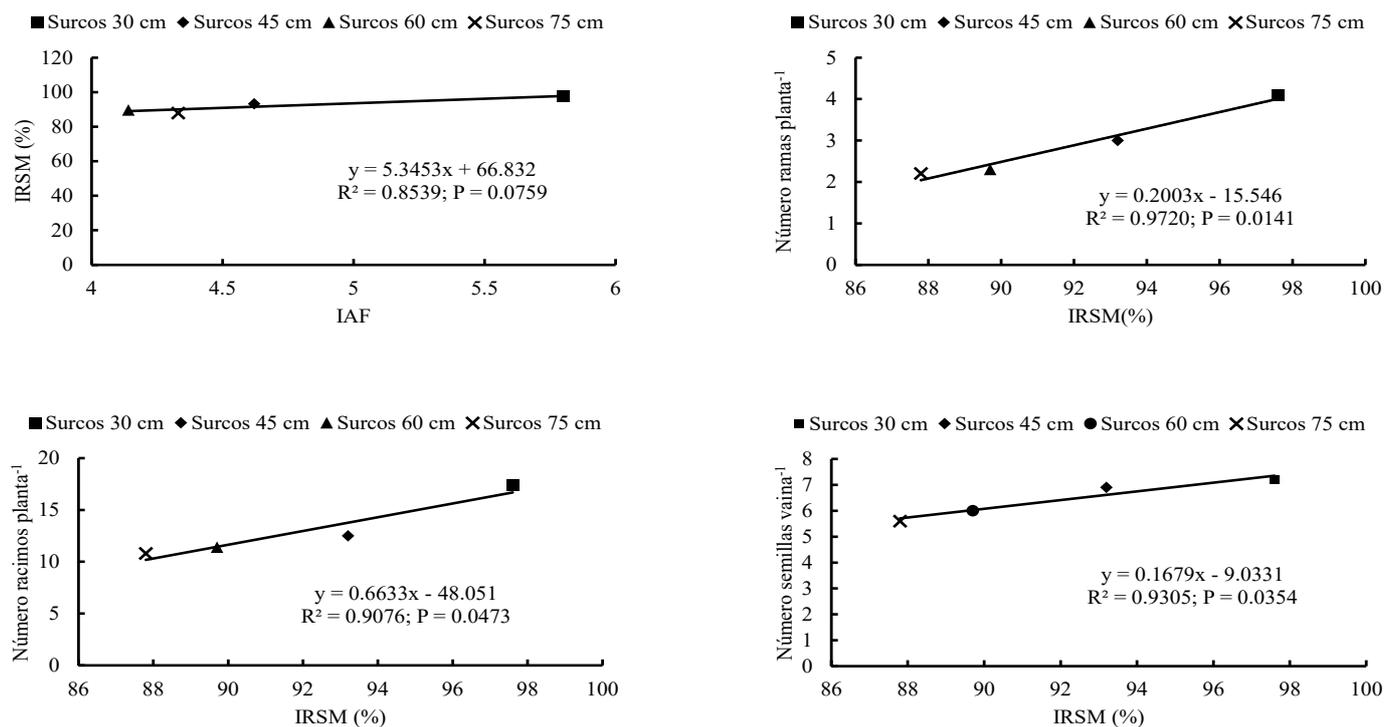


Figura 1. Relación del índice de área foliar máxima (IAF) y la intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa máxima (IRSM) con características agronómicas del guar establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y cuatro densidades de población.
Figure 1. Relationship of the maximum leaf area index (IAF) and the maximum photosynthetically active solar radiation interception (IRSM) with guar agronomic characteristics established at four row spacings and four population densities.

Tabla 3. Características agronómicas del cultivo de guar establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y cuatro densidades de población.

Table 3. Agronomic characteristics of the guar crop established in four row spacings and four population densities.

Tratamiento	IAF	IRSM %	Número ramas planta ⁻¹	Número ramas m ⁻²	Número racimos planta ⁻¹	Número racimos m ⁻²	Número semillas vaina ⁻¹
Densidad de población (plantas m ⁻²)							
30	4.08 b	86.6 b	4.8 a	153.0 a	20.6 a	648.6 a	7.5 a
45	4.95 a	95.1 a	3.1 b	131.9 a	13.0 b	560.4 a	6.9 a
60	5.03 a	93.9 a	2.5 b	136.6 a	11.2 b	631.1 a	5.9 b
75	4.87 a	93.0 a	1.2 c	90.6 b	7.4 c	552.3 a	5.3 b
Distancia entre surcos (cm)							
30	5.80 a	97.6 a	4.1 a	182.5 a	17.4 a	820.3 a	7.2 a
45	4.62 b	93.2 b	3.0 b	132.2 b	12.5 b	581.6 b	6.9 ab
60	4.14 b	89.7 c	2.3 c	102.9 c	11.4 b	515.2 b	6.0 bc
75	4.33 b	87.8 c	2.2 c	94.3 c	10.8 b	475.3 b	5.6 c

‡ Medias en cada columna y para cada factor con la misma letra no son estadísticamente diferentes (DMS $P \leq 0.05$). IAF = índice de área foliar máxima; IRSM = intercepción de radiación solar máxima.

res ($P \leq 0.05$). El peso de 1000 semillas no fue afectado ($P > 0.05$) por la densidad de población ni por la distancia entre surcos (Tabla 2).

El rendimiento de semilla fue estadísticamente igual ($P > 0.05$) en todas las densidades de población evaluadas, el cual fluctuó de 2,169 a 2,331 kg ha⁻¹. La diferencia nula entre densidades de población se debió a la capacidad de la planta del guar de producir mayor número de racimos por planta y semillas por vaina en las bajas densidades de población. Esta respuesta permitió a la densidad baja producir valores del número de vainas m⁻² y semillas m⁻² similares ($P > 0.05$) a los obtenidos en densidades medias y altas (Tabla 4). Resultados similares fueron observados por Mahdipour-Afra *et al.* (2021) en guar establecido en una fecha de siembra temprana, que favoreció buenas condiciones de crecimiento para el cultivo. Los datos mostraron que el número de vainas m⁻² se incrementó en las densidades de población reducidas (13 plantas m⁻²), mientras que el número de granos por vaina y peso de 100 granos no fueron afectados por la densidad de población. En las densidades de población altas (20 y 40 plantas m⁻²) la competencia por fotosintatos se intensificó entre órganos vegetativos y reproductivos. Bajo estas condiciones, se recomienda utilizar la densidad baja para maximizar el rendimiento de semilla.

En estudios previos la respuesta del guar a la densidad de población fue variable, de acuerdo principalmente a la fecha de siembra, disponibilidad de agua y nutrientes, y el cultivar utilizado. En variedades de guar con capacidad de ramificación se ha observado que las mejores densidades de población varían de 11 a 20 plantas m⁻² (Singh, 2014; Mahdipour-Afra *et al.*, 2021); mientras que en variedades sin ramificación la densidad de población óptima se incrementa a 40 plantas m⁻² (Singh, 2014). En el presente estudio se evaluaron densidades de población superiores a las densidades óptimas encontradas para variedades con ramificación bajo condiciones adecuadas de humedad y nutrientes. Los

resultados muestran que la variedad "Santa Cruz", con capacidad de ramificación, mostró la suficiente plasticidad en sus componentes del rendimiento a la variación en densidad de población de 30 a 75 plantas m⁻², por lo que los rendimientos de semilla fueron estadísticamente iguales en altas y bajas densidades (Tablas 3 y 4).

En la respuesta del guar al distanciamiento entre surcos se observó que los surcos a 30 cm superaron en rendimiento de semilla (2,750 kg ha⁻¹) a los otros distanciamientos (2,001 a 2,321 kg ha⁻¹) ($P \leq 0.05$), entre los cuales no hubo diferencia significativa ($P > 0.05$). La mayor equidistancia entre plantas en surcos estrechos favoreció la producción de más racimos por planta y semillas por vaina ($P \leq 0.05$), lo cual resultó en mayor número de vainas m⁻² y semillas m⁻² en surcos estrechos ($P \leq 0.05$), especialmente en surcos a 30 cm (Tabla 4). También el mayor rendimiento de semilla en surcos a 30 cm se relacionó a su mayor IAF, y por lo tanto a su mayor capacidad de interceptación de radiación solar (Figura 2).

En otros estudios con guar se encontró también un mayor rendimiento de semilla en surcos estrechos a 30 y 45 cm respecto a los surcos a 60 cm (Akhtar *et al.*, 2012; Ramanjaneyulu *et al.*, 2018). La ventaja en surcos estrechos se origina de una distribución más equidistante entre plantas, lo cual decrece la competencia entre plantas por agua, nutrimentos y radiación solar. Debido a esto, en surcos estrechos se incrementa en los cultivos la interceptación de radiación solar y la producción de biomasa (Reta-Sánchez *et al.*, 2016; Feng *et al.*, 2019), así como también se producen mayores rendimientos de grano (Andrade *et al.*, 2002).

Trabajos realizados a nivel mundial con guar bajo irrigación reportan buenos rendimientos de semilla, los cuales son de 2,100 a 2,400 kg ha⁻¹ (Gresta *et al.*, 2013; Avola *et al.*, 2020), con fluctuaciones de 1,240 a 3,280 kg ha⁻¹ (Sortino y Gresta, 2007). En el presente estudio, los mayores rendimientos de semilla promedio en surcos a 30 cm (2,750 kg ha⁻¹) y la fluctuación del rendimiento de 1,760 a 3,012 kg ha⁻¹, sugieren

Tabla 4. Rendimiento de semilla y sus componentes en el cultivo de guar establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y cuatro densidades de población.

Table 4. Seed yield and its components in the guar crop established at four row spacings and four population densities.

Tratamiento	Rendimiento semilla (kg ha ⁻¹)	Número racimos planta ⁻¹	Número semillas vaina ⁻¹	Número vainas m ⁻²	Número semillas m ⁻²	Peso 1000 semillas (g)
Densidad de población (plantas m ⁻²)						
30	2,331 a	20.6 a	7.5 a	1,670 a	7,813 a	29.0 a
45	2,505 a	13.0 b	6.9 a	1,536 ab	7,765 a	30.0 a
60	2,256 a	11.2 b	5.9 b	1,724 a	7,571 a	29.8 a
75	2,169 a	7.4 c	5.3 b	1,345 b	6,645 a	30.1 a
Distancia entre surcos (cm)						
30	2,750 a	17.4 a	7.2 a	2,295 a	8,955 a	29.5 a
45	2,321 b	12.5 b	6.9 ab	1,492 b	7,719 ab	29.6 a
60	2,188 b	11.4 b	6.0 bc	1,280 bc	6,753 bc	29.9 a
75	2,001 b	10.8 b	5.6 c	1,208 c	6,367 c	29.9 a

† Medias en cada columna y para cada factor con la misma letra no son estadísticamente diferentes (DMS $P \leq 0.05$).

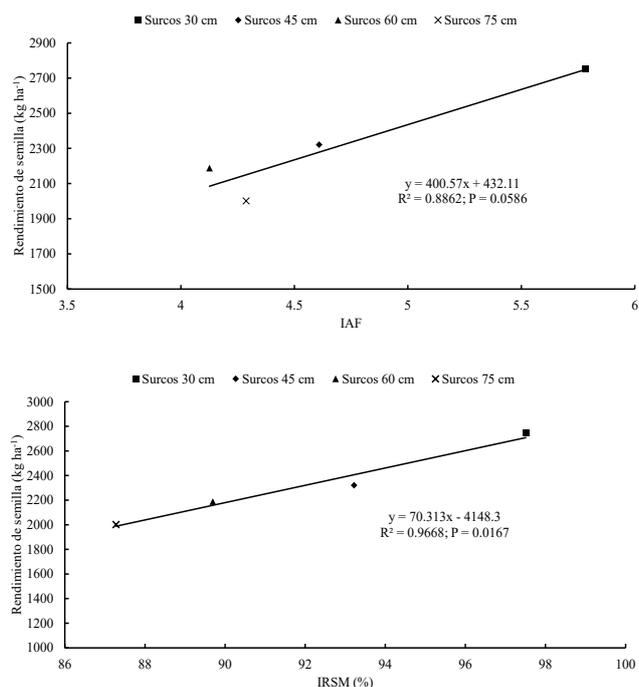


Figura 2. Relación del índice de área foliar máximo (IAF) e intercepción de radiación solar fotosintéticamente activa máxima (IRSM) con los rendimientos de semilla del guar establecido en cuatro distanciamientos entre surcos y cuatro densidades de población.

Figure 2. Relationship of maximum leaf area index (IAF) and maximum photosynthetically active solar radiation interception (IRSM) with guar seed yields established at four row spacings and four population densities.

que el potencial de rendimiento del guar en la región puede ser igual o superior a 3000 kg ha^{-1} , si se aplica un buen manejo agronómico y se establece en un suelo de mediana a buena fertilidad.

Los resultados indican que los mayores rendimientos en guar se obtienen con la siembra en surcos a 30 cm. Sin embargo, este método de siembra no permite el paso de maquinaria para realizar prácticas agronómicas como el control de maleza, aplicación de fraccionada de fertilizantes y aplicaciones de pesticidas durante el ciclo de crecimiento. Para utilizar surcos estrechos se requiere generar tecnología de producción o bien evaluar métodos de siembra con surcos estrechos, pero que permitan el paso de maquinaria, como camas con varias hileras. También se puede utilizar surcos a 60 y 75 cm, que permitan el trabajo de maquinaria tradicional, pero con pérdidas en rendimiento de semilla entre 20.4 y 27.2 %.

CONCLUSIONES

El guar presentó un buen potencial de producción de semilla en la región centro-sur de Chihuahua, con los mejores rendimientos promedio en los surcos estrechos a 30 cm de espaciamiento ($2,750 \text{ kg ha}^{-1}$), mientras que en densidades de población el cultivo produjo rendimientos similares en densidades de población entre 30 y 75 plantas m^{-2} . El mayor rendimiento de semilla en surcos a 30 cm se asoció a su mayor índice de área foliar, y por lo tanto, con una mayor intercepción de radiación solar.

REFERENCIAS

- Akhtar, L.H., Shahjhan B., Salah-ud-Din, S. y Rashid, M. 2012. Response of new guar strains to various row spacings. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*. 49(4): 469-471.
- Andrade, F.H., Calviño, P., Cirilo, A. y Barbieri, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal*. 94: 975-980. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.9750>
- Andrade V.M. y Montero, M.M.J. 2014. Nuevas proyecciones de cambio de precipitación y temperatura para el siglo XXI en el Norte de México. E. Herrera, M. López, J. Carrillo (eds.). *Memorias del segundo congreso cambio climático del Estado de Chihuahua*. Primera edición. pp:26-35.
- Ashraf, M.Y., Akhtar, K., Sarwar, G. y Ashraf, M. 2005. Role of rooting system in salt tolerance potential of different guar accessions. *Agronomy for Sustainable Development*. 25: 243-249. <https://doi.org/10.1051/agro:2005019>
- Avola, G., Riggi, E., Trostle, C., Sortino, O. y Gresta, F. 2020. Deficit irrigation on guar genotypes (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub): effects on seed yield and water use efficiency. *Agronomy*. 10: 789. <https://doi.org/10.3390/agronomy10060789>
- Baath, G.S., Kakani, V.G., Gowda, P.H., Rocateli, A.C., Northup B.K., Singh, H. y Katta, J.R. 2020. Guar responses to temperature: Estimation of cardinal temperatures and photosynthetic parameters. *Industrial Crops and Products*. 2020, 145, 111940. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111940>
- Feng, L., Raza, M.A., Chen, Y., Khalid, M.H.B., Meraj, T.A., Ahsan, F., Fan, Y., Du, J., Wu, X., Song, C., Liu, C., Bawa, G., Zhang, Z., Yuan, S., Yang, F. y Yang, W. 2019. Narrow-wide row planting pattern improves the light environment and seed yields of intercrop species in relay intercropping system. *PLoS ONE*. 14(2): e0212885. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0212885>.
- Gresta, F., Cristaudo, A., Trostle, C., Anastasi, U., Guarnaccia, P., Catara, S. y Onofri A. 2018. Germination of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub.) genotypes with reduced temperature requirements. *Aust. J. Crop. Sci.* 12: 954-960. DOI: [10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1049](https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.06.PNE1049)
- Gresta, F., Sortino, O., Santonoceto, C., Issi, L., Formantici, C. y Galante, Y.M. 2013. Effects of sowing times on seed yield, protein and galactomannans content of four varieties of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) in a Mediterranean environment. *Industrial Crops and Products*. 41:46-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.007>
- Kumar, D. 2015. Guar. Status, potential, prospects, challenges and R & D road map. *Toward boosting exports. Technology Information, Forecasting and Assessment Council*. 38 p.
- Mahdipour-Afra M., AghaAlikhani, M., Abbasi, S. y Mokhtassi-Bidgoli, A. 2021. Growth, yield and quality of two guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L.) ecotypes affected by sowing date and planting density in a semi-arid area. *PLoS ONE* 16(9): e0257692. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0257692>
- Mudgil, D., Barak, S. y Khatkar, B.S. 2014. Guar gum: processing, properties and food applications – A review. *Journal of Food Technology*. 51:409-418. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0522-x>.
- Nandini, K.M., Sridhara, S., Shivanand Patil y Kiran Kumar. 2017. Effect of planting density and different genotypes on growth, yield and quality of guar. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*. 5(1):320-328. <http://dx.doi.org/10.18782/2320-7051.2499>

- Ramanjaneyulu, A.V., Madhavi, A., Neelima, T.L., Naresh, P., Indudhar Reddy, K. y Srinivas, A. 2018. Effect of row spacing and sowing time on seed yield, quality parameters and nutrient uptake of guar (*Cyamopsis tetragonoloba* L. Taub) in semi arid climate of southern Telanagana, India. *Legume Research* 41(2):287-292. DOI:10.18805/lr.v0i0.7599
- Rachaputi, R.C.N., Chauhan, Y., Douglas, C., Martin, W., Krosch, S., Agius, P. y King, K. 2015. Physiological basis of yield variation in response to row spacing and plant density of mungbean grown in subtropical environments. *Field Crops Research* 183:14-22. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2015.07.013>.
- Reta-Sánchez, D.G., Serrato-Corona, J.S., Quiroga-Garza, H.M. y Gaytán-Mascorro, U. 2016. Forage yield and chemical composition of canola (*Brassica napus* L.) as affected by sowing methods. *Grass and Forage Science*. 71(2):281-290. <https://doi.org/10.1111/gfs.12174>
- SAS Institute. 2011. The SAS system for windows, release 9.3. Statistical Analysis Systems Inst., Cary, NC.
- Scott, B.J., Martin P. y Riethmuller, G.P. 2013. Row spacing of winter crops in broad scale agriculture in southern Australia. *Graham Centre onograph No. 3. State of New South Wales through Department of Trade and Investment*. pp. 94.
- SIAP (Información Agroalimentaria y Pesquera). 2018. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. Acciones y Programas. Cierre de la producción agrícola. Gobierno de México.
- Singh, S.K. 2014. An analysis of guar crop in India 2013-2014. CCS National Institute of Agricultural Marketing. United States Department of Agriculture. 100 p.
- Sortino, O. y Gresta, F. 2007. Growth and yield performance of five guar cultivars in a Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy/ Riv. Agron.* 4:359-364. DOI:10.4081/ija.2007.359