Short Note [Nota Corta]

¿La distancia entre hileras afecta el crecimiento de la planta y las características y el rendimiento del elote (*Zea mays* L.)? †

[Does row spacing affects plant growth, ear characteristics and yield of sweet corn (*Zea mays* L.)?]

David Isaías Espinosa-Aguilar, José Manuel Gutiérrez-Campos, Miguel Ángel Barreto-Torres and Rafael Julio Macedo-Barragán*

Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Colima. Km. 40 Autopista Colima-Manzanillo, Tecomán, Colima, México, C.P. 28934. E-mail: macedo@ucol.mx
**Corresponding author*

SUMMARY

Background. Plant density is a component of yield that affects growth, morphology and yield of maize; however, the effect of spatial arrangement, that is, the distance between rows and between plants, on these factors is less known. **Objective.** To evaluate the effect of row spacing on plant growth, ear characteristics, and yield of sweet corn in Coquimatlán, Colima, Mexico. **Methodology.** The A7573 maize hybrid was sown under a completely randomized experimental design at a density of 50,000 plants·ha^{-1} with three spatial arrangements: T1) 100 cm between rows and 20 cm between plants, T2) 80 cm between rows and 25 cm between plants and T3) 60 cm between rows and 33 cm between plants. **Results.** Plants sown at 100 cm row spacing showed greater height, stem diameter, leaf area, and relative chlorophyll index than plants sown at 80 and 60 cm row spacing. Ears from plants sown at 80 and 100 cm row spacing were longer and wider than those sown at 60 cm. Plants sown 100 cm apart produced approximately 11 and 27% heavier ears than those sown 80 and 60 cm apart, respectively. Yields increased significantly as row spacing increased. A strong correlation was observed between the distance between rows and the relative chlorophyll index (r= 0.78) and between the relative chlorophyll index and ear weight and yield (r= 0.76). **Implications.** Considering these results, new studies should be carried out focused on evaluating increasing population densities using a spatial arrangement of 100 cm between rows and 20 cm between plants to produce a greater quantity of ears per unit area without reducing its weight and size**. Conclusion.** Maize sown at a row spacing of 100 cm improved plant growth and ear yield and characteristics.

Key words: spatial arrangement; maize; relative chlorophyll index; ear length; ear diameter; ear weight.

RESUMEN

Antecedentes. La densidad de plantas es un componente del rendimiento que afecta el crecimiento, la morfología y el rendimiento del maíz; sin embargo, el efecto del arreglo espacial, esto es, la distancia entre hileras y entre plantas, sobre estos factores es menos conocido. **Objetivo.** Evaluar el efecto de la distancia entre hileras sobre el crecimiento de la planta y las características y el rendimiento del elote en Coquimatlán, Colima, México. **Metodología.** El híbrido de maíz A7573 fue sembrado bajo un diseño experimental completamente al azar a una densidad de 50,000 plantas·ha^{-1} con tres arreglos espaciales: T1) 100 cm entre hileras y 20 cm entre plantas, T2) 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y T3) 60 cm entre hileras y 33 cm entre plantas. **Resultados.** Las plantas ubicadas a una distancia entre hileras de 100 cm mostraron mayor altura, diámetro de tallo, área foliar e índice de relativo de clorofila que las plantas sembradas a 80 y 60 cm entre hileras. Los elotes provenientes de las plantas sembradas con separación entre hileras de 80 y 100 cm fueron más largos y anchos que las localizadas con separación de 60 cm. Las plantas separadas a 100 cm produjeron elotes aproximadamente 11 y 27 % más pesados que las sembradas con una separación de 80 y 60 cm, respectivamente. El rendimiento fue significativamente mayor a medida que se incrementó la distancia entre hileras. Se observó una fuerte correlación positiva entre la distancia entre hileras y el índice relativo de clorofila (r= 0.78) y entre el índice relativo de clorofila y el peso del elote y el rendimiento (r= 0.76). **Implicaciones.** A la luz de estos resultados, deberán plantearse nuevos estudios enfocados en evaluar densidades de población crecientes usando un

† *Submitted July 31, 2025 – Accepted September 8, 2025.* http://doi.org/10.56369/tsaes.6477

Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
ISSN: 1870-0462.
ORCID = J.M. Gutiérrez Campos: https://orcid.org/0009-0007-9315-295X**; R.J. Macedo Barragán**: https://orcid.org/0000-0002-9742-7857

arreglo espacial de 100 cm entre hileras y 20 cm entre plantas con el fin de producir una mayor cantidad de elotes por unidad de área sin reducir su peso y tamaño. **Conclusión.** La siembra del maíz a una distancia entre hileras de 100 cm mejoró el crecimiento de la planta y las características y rendimiento del elote.
Palabras clave: arreglo espacial; maíz; índice relativo de clorofila; longitud del elote; diámetro del elote; peso del elote.

INTRODUCCIÓN

El elote cocinado en diversas formas es considerado un alimento tradicional y popular en México. Su producción representa mayores ventajas económicas respecto al cultivo del maíz destinado a la producción de grano ya que, su ciclo de producción es más corto, lo que permite si las condiciones ambientales son adecuadas, la siembra de un segundo cultivo. Por otro lado, después de la cosecha del elote, la planta puede ser aprovechada como forraje para ensilaje o para uso directo en la alimentación del ganado (Espejel-García *et al*., 2020). En el año 2023 México tuvo una producción de 1,147,581 t de elote de las cuales, el estado de Colima produjo 49,736 t, que lo ubican como el séptimo productor nacional. El municipio de Coquimatlán es el principal productor estatal con una producción de 23,462 t, equivalentes al 60% de la producción del estado (SIAP, 2023). En este municipio, el maíz para elote es sembrado convencionalmente con una densidad de 50,000 plantas·ha^{-1} y una distancia entre hileras y plantas de 80 y 25 cm respectivamente.

En el cultivo del maíz, el número de plantas por hectárea, de granos por planta y el peso del grano determinan el rendimiento final y dado que, el número de granos por planta y el peso por grano son afectados principalmente por las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla el cultivo, la densidad de siembra es el componente de rendimiento sobre el cual el agricultor tiene mayor control y decisión. Desde la década de los 60´s, en los Estados Unidos de América la densidad de siembra del maíz se ha incrementado a un ritmo de 1,000 plantas por año, lo que ha reducido la distancia entre plantas dentro del surco e incrementado el estrés por hacinamiento lo que podría constituir, un factor que limite el rendimiento (Bernhard y Below, 2020). Diversos estudios han documentado que además de la densidad de siembra, el arreglo espacial de las plantas esto es, la distancia entre hileras (Kebede, 2019; Bernhard y Below, 2020; Fuksa *et al*., 2023) y la distancia entre plantas (Akpan *et al*., 2021; Wondimkun, 2023), afectan el crecimiento y la morfología de la planta, así como el rendimiento de grano y sus componentes.

Algunos autores sugieren que disminuir la distancia entre hileras e incrementar la distancia entre plantas manteniendo estable la densidad de siembra, genera menor competencia y una mayor equidistancia entre plantas e incrementa el rendimiento de grano debido a una mayor cobertura e intercepción de la radiación activa fotosintética, mejor utilización del agua y nutrientes disponibles y disminución de la población de malezas y del estrés por competencia durante las etapas críticas que determinan el rendimiento (Mashingaidze *et al*., 2009; Bernhard y Below, 2020; Noland *et al.,* 2025). Otros estudios, sin embargo, no encontraron diferencia en el rendimiento del maíz al reducir la distancia entre hileras (Nelson y Smoot, 2009; Van Roekel y Coulter, 2012) y, otros más por el contrario, indican que disminuir la distancia entre hileras afecta de forma negativa el crecimiento, la producción de biomasa y el rendimiento de grano (Ramírez-Gómez *et al*., 2020; Haarhoff y Swanepoel, 2022).

Cabe señalar que el efecto de la distancia entre hileras se ha abordado ampliamente en maíz para grano y forraje, pero los estudios realizados en maíz destinado para la producción de elote son escasos por lo que, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto de la distancia entre hileras sobre el crecimiento de la planta y las características y rendimiento del elote en Coquimatlán, Colima, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar del estudio

El estudio se realizó en una parcela ubicada en la localidad de Coquimatlán, Colima, México (19°13’ 51’’ N, 103° 50’ 08’’ O, 360 msnm). El clima es cálido subhúmedo con lluvias en verano correspondiente a la fórmula Aw0(w). Durante el periodo de estudio (enero – marzo del 2025) no se registraron precipitaciones, la temperatura media fue de 25.7 °C, con máximas y mínimas que fluctuaron entre los 33.5 y 17.9 °C (Figura 1). El suelo de la parcela experimental es un Fluvisol franco-arenoso, con una densidad aparente de 1.22 g·cm^{-3} y punto de saturación, capacidad de campo y punto de marchitez permanente de 50, 27.17 y 16.16% respectivamente cuyas características químicas se muestran en la Tabla 1.

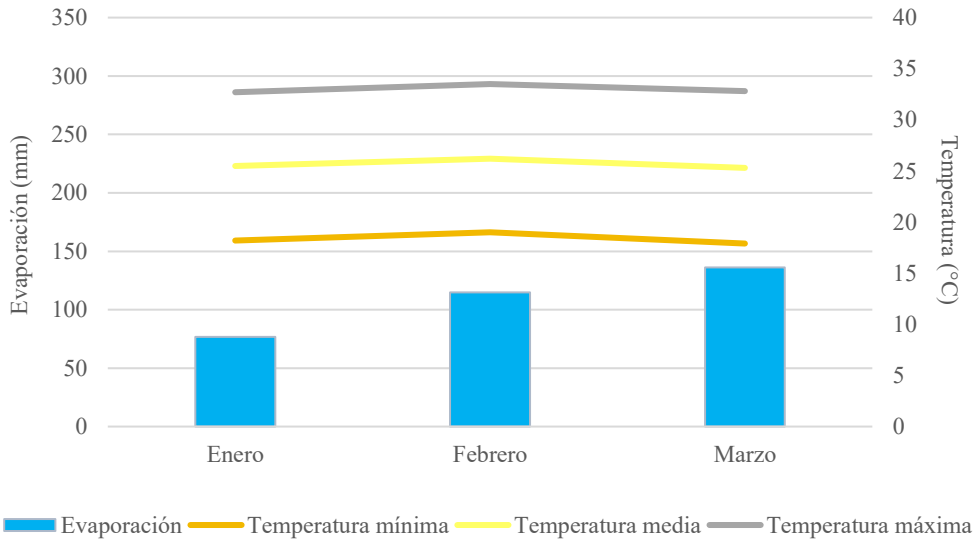

Figura 1. Climograma del municipio de Coquimatlán, Colima durante el periodo de realización del estudio (SMN, 2025).

Tabla 1. Características químicas del suelo de la parcela experimental.

pH	CE	CIC	MO	N	P	K	Ca	Mg	Na
	$dS \cdot m^{-1}$	$Meq \cdot 100\ g^{-1}$	%				ppm		
8.36	0.71	17.75	1.54	1.36	20.55	41.64	2911.98	381.70	31.26

CE: conductividad eléctrica en el extracto de saturación, CIC: capacidad de intercambio catiónico, MO: materia orgánica.

Material genético y diseño del experimento

Se utilizó semilla del híbrido Asgrow A7573, que es un maíz de ciclo intermedio, hojas verticales en el dosel superior y grano blanco, desarrollado para la producción de elote bajo condiciones de riego. El maíz se sembró a una densidad de 50,000 plantas·ha^{-1} con tres arreglos espaciales: T1) 100 cm entre hileras y 20 cm entre plantas, T2) 80 cm entre hileras y 25 cm entre plantas y T3) 60 cm entre hileras y 33 cm entre plantas. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. La unidad experimental constó de una parcela de 5 m de largo por 1.80, 2.40 y 3.0 m de ancho para T1, T2 y T3 respectivamente, para un área de parcela total de 9, 12 y 15 m^2 respectivamente.

Manejo agronómico del cultivo

El cultivo se estableció bajo un sistema de riego por gravedad, realizándose un riego antes de la siembra y cinco más a los 25, 45, 60, 70 y 80 días después de siembra. Previo a la siembra la semilla se trató con Algacell Phos Zinc TS® (Algacell, Los Mochis, Sinaloa, México) a una dosis de 200 mL·50,000 $semillas^{-1}$. El control de malezas en los tres tratamientos se realizó 40 días después de la siembra (DDS) con nicosulfuron a una dosis de 40 g·ha^{-1}. La fertilización se realizó en tres momentos: a la siembra se aplicaron 60 kg N y 46 kg P·ha^{-1}, 35 DDS 63 kg N·ha^{-1} y 60 DDS 99 kg N y 9 kg K·ha^{-1}. Para el control del gusano cogollero se aplicaron a los 32 DDS 6 g i.a·ha^{-1} de spinetoram y a los 65 DDS 14 y 19.25 g i.a·ha^{-1} de benzoato de emamectina y lufenuron respectivamente.

Variables evaluadas

A los 87 días después de siembra (R3) se seleccionaron al azar 10 plantas de cada parcela experimental y se midió la altura de la planta, altura del elote, diámetro del tallo, longitud y anchura de hoja, índice de clorofila, longitud del elote, longitud del elote lleno, diámetro del elote, peso del elote y rendimiento. La altura de la planta, altura a la inserción del elote, longitud y anchura de hoja y longitud del elote se midieron con una cinta métrica y el diámetro de tallo y diámetro de elote se determinó con un vernier. El índice relativo de clorofila se midió con un medidor de clorofila Fieldscout CM 1000® (Spectrum Technologies, Aurora, Illinois, USA). Con los valores

de longitud y anchura de la hoja se estimó el área foliar con la fórmula: área foliar = (longitud de la hoja*anchura de la hoja) *0.75 (Ren *et al*., 2023).

Análisis estadístico

La normalidad de los datos fue verificada por medio de la prueba de Shapiro-Wilk y en aquellos casos en los cuales no se cumplió con este supuesto estadístico, se utilizó la transformación logarítmica. Posteriormente, la información se sometió a un análisis de varianza (ANOVA) y a una prueba de comparación múltiple de medias de Tukey ($p < 0.05$). Además, para estudiar la relación entre las variables evaluadas se realizó un análisis de correlación de Pearson. Los análisis se ejecutaron con el paquete estadístico SPSS versión 25.0.

RESULTADOS

Las plantas sembradas a una distancia entre hileras de 100 cm mostraron mayor altura, diámetro de tallo, área foliar e índice de relativo de clorofila que las plantas sembradas a 80 y 60 cm entre hileras (Tabla 2).

Los elotes provenientes de las plantas sembradas con una separación entre hileras de 80 y 100 cm fueron más largos y anchos que las sembradas con una separación de 60 cm. Las plantas sembradas con una separación de 100 cm produjeron elotes aproximadamente 11 y 27 % más pesados que las sembradas con una separación de 80 y 60 cm, respectivamente. El rendimiento fue significativamente mayor a medida que se incrementó la distancia entre hileras (Tabla 3).

Como se observa en la Tabla 4, el espaciamiento entre hileras mostró una correlación positiva y significativa con todas las variables evaluadas. Los mayores coeficientes de correlación se observaron entre el rendimiento y el peso del elote (r= 0.99), la altura de la planta y la altura del elote (r= 0.89) y la distancia entre hileras y el diámetro de tallo (r= 0.88). Cabe destacar la fuerte correlación entre el espaciamiento entre hileras y el índice relativo de clorofila (r= 0.78) y entre el índice relativo de clorofila y el peso del elote y el rendimiento (r= 0.76).

DISCUSIÓN

Diversos estudios sugieren que reducir el espaciamiento entre hileras e incrementar la distancia entre plantas incrementa la altura de la planta, el diámetro del tallo y el índice de área foliar lo que implica una mayor intercepción de la radiación fotosintéticamente activa por parte de las plantas con el consiguiente efecto positivo sobre el crecimiento de la planta (Mashingaidze *et al*., 2009; Bernhard y Bellow, 2020). Otras investigaciones indican que la siembra en hileras estrechas promueve una mayor tasa de crecimiento de la planta (Fuksa *et al*., 2023) e índice de área foliar (Robles *et al*., 2012), solo en las etapas tempranas de desarrollo vegetativo (hasta la aparición

Tabla 2. Altura de planta, altura a la inserción del elote, diámetro de tallo, área foliar e índice de clorofila del maíz híbrido A7573 sembrado en tres distancias entre hileras y plantas.

	Distancia entre hileras (cm)			
Variable	**100**	**80**	**60**	***P***
AP (cm)	271.95 ± 4.98 a	261.75 ± 2.11 b	252.80 ± 13.43 c	0.000***
AE (cm)	153.63 ± 1.82 a	148.97 ± 1.98 b	142.30 ± 12.12 c	0.000***
DT (cm)	3.43 ± 0.17 a	3.14 ± 0.19 b	2.61 ± 0.19 c	0.000***
AF (cm^2)	901.29 ± 37.85 a	864.80 ± 24.48 b	845.73 ± 47.10 b	0.000***
IC	513.00 ± 18.15 a	494.80 ± 23.65 b	435.50 ± 27.33 c	0.000***

Medias ± desviación estándar con diferente literal en la misma fila son estadísticamente diferentes entre sí (Prueba de Tukey, $p<0.05$). AP: altura de la planta, AE: altura del elote, DT: diámetro de tallo, AF: área foliar, IC: índice relativo de clorofila. ***($p<0.001$).

Tabla 3. Longitud del elote, diámetro del elote, peso del elote con hojas, peso del elote sin hojas y rendimiento del maíz híbrido A7573 sembrado en tres distancias entre hileras y plantas.

	Distancia entre hileras (cm)			
Variable	**100**	**80**	**60**	***P***
LE (cm)	31.25 ± 1.03 a	30.83 ± 1.50 a	30.14 ± 1.06 b	0.000***
DE (cm)	6.19 ± 1.01 a	6.01 ± 0.37 a	5.09 ± 0.85 b	0.000***
PE (g)	592.13 ± 49.27 a	532.40 ± 40.09 b	466.70 ± 44.40 c	0.000***
RE ($t \cdot ha^{-1}$)	29.61 ± 2.46 a	26.62 ± 2.00 b	23.34 ± 2.22 c	0.000***

Medias ± desviación estándar con diferente literal en la misma fila son estadísticamente diferentes entre sí (Prueba de Tukey, $p<0.05$). LE: longitud del elote, DE: diámetro del elote, PE: peso del elote, RE: rendimiento. ***($p<0.001$).

Tabla 4. Correlaciones de Pearson entre la distancia entre hileras, el rendimiento y las características de la planta y el elote del híbrido A-7573.

	AF	AE	AP	IC	DE	DT	LE	PE	RE	DH
AF	- - -									
AE	0.48*	- - -								
AP	0.53*	0.89*	- - -							
IC	0.51*	0.65*	0.69*	- - -						
DE	0.36*	0.55*	0.55*	0.53*	- - -					
DT	0.55*	0.64*	0.77*	0.74*	0.51*	- - -				
LE	0.18*	0.30*	0.26*	0.44*	0.34*	0.32*	- - -			
PE	0.41*	0.54*	0.63*	0.70*	0.38*	0.68*	0.40*	- - -		
RE	0.41*	0.54*	0.63*	0.70*	0.38*	0.68*	0.40*	0.99*	- - -	
DH	0.52*	0.55*	0.69*	0.78*	0.49*	0.87*	0.35*	0.76*	0.76*	- - -

AF: área foliar, AE: altura del elote, AP: altura de la planta, IC: índice relativo de clorofila, DE: diámetro del elote, DT: diámetro de tallo, LE: Longitud del elote, PE: peso del elote, RE: rendimiento, DH: distancia entre hileras. *($p<0.05$).

de inflorescencias femeninas), por lo que, la intercepción de la radiación es inicialmente favorecida por el cierre temprano del dosel, pero esto disminuye en las siguientes etapas vegetativas. Los resultados del presente estudio, sin embargo, contradicen los hallazgos anteriormente expuestos ya que al incrementarse la distancia entre hileras aumentó la altura, diámetro de tallo, área foliar e índice de clorofila de la planta. En este sentido, Gardner *et al*., (1985), indican que al aumentar la distancia entre hileras y, en consecuencia, disminuir el espacio entre plantas, se genera un estrés que reduce el ancho de las hojas lo que permite una mayor penetración de radiación fotosintéticamente activa a la parte inferior del dosel incrementando el potencial fotosintético y el crecimiento de la planta.

Pocos estudios han evaluado el efecto de la distancia entre hileras sobre la calidad y rendimiento del elote y de estos, la mayoría se han realizado en elote "baby". En este sentido, Archana y Lalitha Bai (2017), evaluaron la siembra de maíz para elote en cuatro distancias entre hileras (60, 50, 40 y 30 cm) y observaron que, si bien reducir la distancia entre hileras causó una disminución en el peso, longitud y diámetro del elote y del elote "baby", su rendimiento se incrementó. Previamente, Golada *et al*. (2013) encontraron una mayor longitud, circunferencia y peso de elotes cosechados de plantas sembradas con una distancia entre hileras y plantas de 60 y 15 cm respectivamente en comparación con los cosechados de plantas sembradas a una distancia entre hileras y plantas de 90 y 10 cm respectivamente. Estos autores indican que la reducción del espaciamiento hileras resultó en una mayor fotosíntesis y acumulación de materia seca en la planta, lo que proporcionó un suministro adecuado de metabolitos para el desarrollo de las estructuras reproductivas. De forma similar, Andrade *et al*. (2002) indican que las plantas de maíz sembradas en hileras estrechas interceptan una mayor cantidad de radiación que aquellas sembradas en hileras más espaciadas lo que está estrechamente relacionado con un aumento en el rendimiento de grano. Por su parte, Gao *et al*. (2021) indican que si bien, las altas densidades de siembra utilizadas en la actualidad inhiben el crecimiento radicular vertical y la producción de grano, un menor espaciamiento entre hileras reduce la competencia radicular, optimiza su distribución espacial horizontal y mejora el rendimiento del maíz. Por el contrario, en el presente estudio la longitud, diámetro y peso del elote fueron mayores en las plantas sembradas con una mayor distancia entre hileras. En este sentido, Wardlaw (1990) indica que una mayor penetración de radiación fotosintéticamente activa a la parte inferior del dosel por efecto de un mayor espaciamiento entre hileras incrementa la fotosíntesis a la altura de la mazorca y, en consecuencia, el aporte de carbohidratos a la mazorca en desarrollo lo que, a su vez, promueve la formación de un mayor número de granos por mazorca (Zinselmeier *et al*., 1999). La correlación positiva y significativa entre la distancia entre hileras, el índice de clorofila y la longitud, diámetro y peso del elote registradas en este estudio parecen corroborar esta teoría.

La distancia entre hileras óptima para el cultivo del maíz depende de diversos factores ya que en muchas ocasiones esta variable agronómica afecta el desarrollo vegetativo, la producción de biomasa y el rendimiento de grano en interacción con el genotipo utilizado (Kebede *et al*., 2019), la cantidad y distribución de las lluvias (Mashingaidze *et al*., 2009; Murányi, 2015; Haarhoff y Swanepoel, 2022; Fuksa *et al*., 2023) y la densidad de siembra (Bernhard y Below, 2020; Haarhoff y Swanepoel, 2022). Kebede *et al.* (2019)

evaluaron el rendimiento de dos híbridos de maíz (BH-QPY-545 y BH-661) sembrados a dos distancias entre surcos (65 y 75 cm) y encontraron que el número máximo de mazorcas planta^{-1} se produjo con la variedad BH-QPY-545 sembrada a 75 cm, mientras que el número más bajo de mazorcas planta^{-1} se obtuvo con la variedad BH-661 sembrado a 65 cm. Asimismo, la arquitectura del genotipo utilizado juega un papel importante ya que, una rápida cobertura de la superficie del suelo favorece la captación y uso más eficiente de la radiación solar. Los maíces criollos presentan un mayor ángulo foliar (inclinación entre la nervadura central de la lámina de la hoja y el tallo vertical de la planta) por lo que es posible sembrarlos en hileras amplias (100 cm) y lograr un rápido desarrollo del dosel y cierre del cultivo para optimizar la captura de la radiación solar (Ramírez-Gómez *et al*., 2020). Por su parte, los maíces híbridos muestran un menor ángulo foliar y crecimiento más vertical de las hojas, lo que les permite ser sembrados en hileras estrechas con altas densidades de población y lograr una intercepción y distribución más eficiente de la luz solar en todo el dosel foliar (Mantilla-Perez y Salas-Fernandez 2017; Haarhoff y Swanepoel, 2022). Mashingaidze *et al*. (2009) indican que el rendimiento del grano aumentó al reducirse el espaciamiento entre hileras en sitios y años con precipitaciones promedio o superiores ya que, en sitios o años con precipitaciones inferiores a la media o escasas, el rendimiento de grano disminuyó como consecuencia de una intensificación en la competencia intraespecífica por el agua y probablemente por los nutrientes minerales, ocasionada con el aumento de la densidad de siembra o la reducción del espaciamiento entre hileras. Bernhard y Below (2020) registraron que con una densidad de siembra de 109,000 plantas·ha^{-1} el mayor rendimiento de grano se observó a una distancia entre hileras de 51 cm, mientras que, cuando la distancia entre hileras fue de 76 cm solo se necesitaron 94,000 plantas·ha^{-1} para maximizar el rendimiento. El rendimiento de grano disminuyó en cualquiera de las dos distancias entre hileras cuando la densidad de siembra fue de 139,000 plantas·ha^{-1}.

Otro aspecto clave a considerar al seleccionar la distancia de siembra adecuada es el fin productivo del cultivo. Cuando el maíz es sembrado para la producción de grano el rendimiento muestra una mayor correlación con el número de mazorcas por unidad de superficie lo cual se logra incrementando la densidad de plantas y disminuyendo la distancia entre hileras, que con otros componentes como el número de granos por hilera y el número de hileras por mazorca, lo que significa que es más importante el número que el tamaño de mazorcas cosechadas (Noland *et al*., 2025). En el caso del maíz cultivado para la producción de elote, García-Ballesteros *et al*. (2024) demostraron que si bien al incrementar la densidad de 50,000 a 65,000 y a 85,000 plantas·ha^{-1} el rendimiento de elote se incrementó de 19.76 a 19.91 y a 24.56 t·ha^{-1} respectivamente, la longitud y el diámetro del elote disminuyeron registrando valores de 22.83, 20.00 y 18.72 cm respectivamente y 4.92, 4.47 y 4.10 cm respectivamente lo que afectó negativamente su precio de venta. Es importante mencionar que, en México, aunque no existe una norma que establezca la longitud y diámetro que debe tener un elote para ser comercializado, en el estado de Colima los productores obtienen un mayor precio de venta conforme la longitud, diámetro y peso del elote sean mayores. En los Estados Unidos de América, un elote comerciable es aquel que tiene un diámetro mayor o igual a 4.5 cm (Williams II, 2018) medida que, fue ampliamente superado por todos los elotes cosechados en el presente estudio.

La longitud y diámetro de elote y el rendimiento de plantas sembradas a una distancia entre hileras de 80 y 100 cm fue superior al registrado por Fernández-González *et al*. (2018) en los genotipos V-526, H-520, H-565, A7573, DK357, Cristiani Burkad, P4082W y P4063W en Miraflores, Chiapas. Además, el elote de las plantas sembradas a una separación entre hileras de 60 cm superó en longitud a los ocho híbridos antes mencionados y con excepción de los híbridos A7573 y P4063W también mostró un diámetro superior. Cabe señalar que en el mencionado estudio el maíz fue sembrado a 80 cm entre hileras, sin embargo, no se indica la densidad de siembra utilizada. Otro estudio realizado por Aguirre-Rivera *et al*. (20126) en Rioverde, San Luis Potosí, evaluó las características y el rendimiento de elote de cinco maíces criollos: Luis, Hipólito, Chón, Prisciliano y Gabino y cuatro híbridos mejorados: Asgrow 7573, Aspros 910, Huracán y Dekalb 880 sembrados a una distancia entre hileras de 84 cm. La longitud y el peso del elote fue significativamente menor a los aquí observados en los maíces sembrados a 80 y 100 cm, registrando una longitud máxima para el híbrido Asgrow 7573 y el criollo Hipólito de 21.6 cm y un peso máximo para Asgrow 7573 con 517 g. El rendimiento de elote también fue significativamente menor al aquí observado con valores máximos y mínimos de 14.5 a 9 t·ha^{-1} para el híbrido Aspros 910 y el criollo Gabino respectivamente. Recientemente, García-Ballesteros *et al*. (2024) sembraron el mismo híbrido aquí utilizado en el mismo sitio de estudio a una distancia entre hileras de 80 cm con densidades de 50,000, 65,000 y 85,000 plantas·ha^{-1} y registraron rendimientos de 19.76, 19.91 y 24.56 t·ha^{-1} respectivamente todos ellos, inferiores a los aquí registrados en plantas sembradas a 80 y 100 cm de distancia entre hileras. Asimismo, la longitud, diámetro y peso del elote aquí obtenidos para todas las distancias de siembra evaluadas, superaron a las obtenidas por los mencionados autores quienes además observaron que el peso, longitud y diámetro del elote disminuyó al incrementarse la densidad de siembra.

No obstante que el presente estudio muestra evidencia de que la siembra del maíz en hileras separadas a 100 cm mejora la calidad y el rendimiento del elote, la implementación de esta tecnología requiere el ajuste de diversos implementos agrícolas como sembradoras, cultivadoras, aspersores y fertilizadoras lo que podría constituir un obstáculo ya que en ocasiones los productores se muestran reacios a modificar su sistema de producción convencional.

CONCLUSIONES

La siembra del maíz a una distancia entre hileras de 100 cm y 20 cm entre plantas mejoró el crecimiento de la planta y las características y rendimiento del elote comparado con la siembra en hileras estrechas (60 cm) y con la distancia convencional de siembra del maíz en Colima, México (80 cm).

Funding. Not applicable.

Conflict of interest. The authors declare there are no competing interests.

Compliance with ethical standards. Not applicable.

Data availability. Data is available from R.J. Macedo-Barragán on reasonable request.

Author contribution statement (CRediT). D.I. Espinosa-Aguilar – Investigation, Validation, Data Curation, Formal Analysis, Writing Original Draft, Review and Editing., **J.M. Gutiérrez-Campos** – Conceptualization, Investigation, Validation, Data Curation, Formal Analysis, Writing Original Draft, Review and Editing., **M.A. Barreto-Torres** – Writing Original Draft, Review and Editing., **R.J. Macedo-Barragán** – Conceptualization, Investigation, Validation, Data Curation, Formal Analysis, Writing Original Draft, Review and Editing.

REFERENCES

Aguirre-Rivera, J.R., Charcas-Salazar, H. and Durán-García, H.M. 2016. Productividad de elote en Rioverde, SLP, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 7(7), pp. 1563-1573. https://doi.org/10.29312/remexca.v7i7.150

Akpan, E.U., Afegheze, E.C. and Young, D.G., 2021. Effect of intra row spacing on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.) varieties in southern Guinea savanna of Nigeria. *International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology*, 6(5), pp. 97-106. https://dx.doi.org/10.22161/ijeab.65.14

Andrade, F. H., Calviño, P., Cirilo, A. and Barbieri, P., 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal*, 94, pp. 975-980. https://doi.org/10.2134/agronj2002.9750

Archana, C. and Lalitha Bai, E., 2017. Influence of varieties and spacing on yield of dual-purpose baby corn (*Zea mays* L.) in summer rice fallows of Kerala. *Journal of Tropical Agriculture*, 54(2), pp. 190-193. https://jtropag.kau.in/index.php/ojs2/article/view/394

Bernhard, B.J. and Below, F.E., 2020. Plant population and row spacing effects on corn: plant growth, phenology, and grain yield. *Agronomy Journal*, 112, pp. 2456-2465. https://doi.org/10.1002/agj2.20245

Espejel-García, A., Jauregui García, C.Z. and Hernández Montes, A., 2020. Caracterización, innovación y competitividad de la producción de elotes en el Estado de Jalisco, México. *Económicas CUC*, 41(2), pp. 49-64. https://doi.org/10.17981/econcuc.41.2.2020.Org.3

Fuksa, P., Hrevušová, Z., Szabó, O. and Hakl, J., 2023. Effect of row spacing and plant density on silage maize growth, dry matter distribution and yield. *Agronomy*, 13, pp. 1117. https://doi.org/10.3390/agronomy13041117

Fernández-González, I., Jaramillo-Villanueva, J.L., Hernández Guzmán, J.A. and Cadena-Iñiguez, P., 2018. Evaluación agronómica y sensorial de ocho genotipos de maíz (*Zea mays* L.) para la producción de elote. *Agroproductividad*, 7(6), pp. 47-51. https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/565

García-Ballesteros, O.A., Hernández-Ortega, H.A., Gutiérrez-Campos, J.M., Martínez-Ramírez, J.N., Villavicencio-Lugo, F.E. and Macedo-Barragán, R.J, 2024, Efecto de la densidad de siembra sobre las características y rendimiento del elote en Coquimatlán, Colima, México, XIV Reunión Nacional de Investigación Agrícola, Aguascalientes, México, 23 de octubre de 2024, pp. 301-303.

Gardner, F.P., Pearce, R.B. and Mitchell, R.L., 1985. *Physiology of crop plants*, Ames, Iowa: Iowa State University Press.

Gao, J., Lei, M., Yang, L., Wang, P., Tao, H. and Huang, S., 2021. Reduced row spacing improved yield by optimizing root distribution in maize. *European Journal of Agronomy*, 127, pp. 126291. https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126291

Golada, S.L., Sharma, G.L. and Jain, H.K., 2013. Performance of baby corn (*Zea mays* L.) as influenced by spacing, nitrogen fertilization and plant growth regulators under sub humid condition in Rajasthan, India. *African Journal of Agricultural Research*, 8(12), pp. 100-1107. https://doi.org/10.5897/AJAR12.1920

Haarhoff, S.J. and Swanepoel, P.A., 2022. Plant population and row spacing affects growth and yield of rain fed maize in semi-arid environments. *Frontiers in Plant Science*, 13, 761121. https://doi.org/10.3389/fpls.2022.761121

Kebede, M.B., 2019. Effect of inter and intra row spacing on growth, yield components and yield of hybrid maize (*Zea mays* L.) varieties at Haramaya, eastern Ethiopia. *American Journal of Plant Sciences*, 10, pp. 1548-1564. https://doi.org/10.4236/ajps.2019.109110

Mantilla-Perez, M.B. and Salas-Fernandez, M.G., 2017. Differential manipulation of leaf angle throughout the canopy: current status and prospects. *Journal of Experimental. Botany*, 68, pp. 5699-5717. https://doi.org/10.1093/jxb/erx378

Mashingaidze1, A.B., van der Werf, W., Lotz, L.A.P., Chipomho1, J. and Krop, M.J., 2009. Narrow rows reduce biomass and seed production of weeds and increase maize yield. *Annals of Applied Biology*, 155, pp. 207-218. https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00331.x

Murányi, E., 2015. Effect of plant density and row spacing on maize (*Zea mays* L.) grain yield in different crop year. *COLUMELLA - Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2(1), pp. 57-63. https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2015.1.57

Nelson, K.A. and Smoot, R.L., 2009. Twin- and single-row corn production in northeast Missouri. *Crop Management*, 8(1), pp. 1-10. https://doi.org/10.1094/CM-2009-0130-01-RS

Noland, R., Dowdy, M. and Harris, G., 2025. Maize row spacing and seeding rate informed by space-per-plant geometry. *Agronomy*, 15, pp. 374. https://doi.org/10.3390/agronomy15020374

Ramírez-Gómez, J.S., de la Rosa-Santamaría, R., Miranda-Colín, S., García-Zavala, J.J., Mejía-Contreras, J.A., García-Velázquez, A. and Vargas-Villamil, L.M., 2020. Comportamiento agronómico del maíz tropical dosmesano nativo de Tabasco, México bajo diferentes densidades de siembra. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 43(3), pp. 251-251. https://doi.org/10.35196/rfm.2020.3.251

Ren, B., Yu, W., Liu, P., Zhao, B. and Zhang, J., 2023. Responses of photosynthetic characteristics and leaf senescence in summer maize to simultaneous stresses of waterlogging and shading. *The Crop Journal*, 11(1), pp. 269-277. https://doi.org/10.1016/j.cj.2022.06.003

Robles, M., Ciampitti, I.A. and Vyn, T.J., 2012. Responses of maize hybrids to twin-row spatial arrangement at multiple plant densities. *Agronomy Journal*, 104, pp.1747-1756. https://doi.org/10.2134/agronj2012.0231

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera., 2023. Cierre de la Producción Agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_agricola/ Acceso 20 jun. 2025.

SMN. Servicio Meteorológico Nacional., 2025. Base de datos climatológica nacional. Coquimatlán, Colima. https://smn.conagua.gob.mx/tools/RESOURCES/Normales_Climatologicas/Mensuales/col/mes06008.txt Acceso 20. Jun. 2025.

Van Roekel, R.J. and Coulter, J.A., 2012. Agronomic responses of corn hybrids to row width and plant density. *Agronomy Journal*, 104, pp. 612-620. https://doi.org/10.2134/agronj2011.0380

Wardlaw, I.F., 1990. The control of carbon partitioning in plants. *New Phytologist*, 116, pp. 341-381. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1990.tb00524.x

Williams II, M. M. 2018. Reproductive sink of sweet corn in response to plant density and hybrid.

HortScience, 53(1), pp. 28–32. https://doi.org/10.21273/HORTSCI12610-17

Wondimkun, D., 2023. Determination of optimum intra-row spacing for maize varieties (*Zea mays* L.) on its yield and yield components in West Hararghe, Ethiopia. *Journal of Agricultural Research*, 8(1), pp. 000307. https://doi.org/10.23880/oajar-16000307

Zinselmeier, C., Jeong, B.R. and Boyer, J.S., 1999. Starch and the control of kernel number in maize at low water potentials. *Plant Physiology*, pp. 121, 25-36. https://doi.org/10.1104/pp.121.1.25