

**Efecto de la densidad y arreglo de siembra en  
el crecimiento, desarrollo y rendimiento del  
maíz (*Zea mays* L.)**

**David Israel Intriago Défaz  
Jonathan Ronaldo Torres Orellana**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano  
Honduras**  
Noviembre, 2018

ZAMORANO  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

# **Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.)**

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingenieros Agrónomos en el  
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

**David Israel Intriago Défaz**  
**Jonathan Ronaldo Torres Orellana**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2018

## **Efecto de la densidad y arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.)**

**David Israel Intriago Défaz**  
**Jonathan Ronaldo Torres Orellana**

**Resumen.** Existe extensa investigación agronómica sobre densidades y distanciamientos de siembra entre hileras; sin embargo, las que evalúen ambos factores son relativamente escasas. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la densidad y el arreglo de siembra en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del híbrido de maíz HAZ 1, bajo las condiciones ambientales de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, en la época seca del 2018. El ensayo se realizó utilizando un diseño de bloques completos al azar, con un arreglo de parcelas divididas, en el cual, la parcela principal fue el arreglo de siembra y la sub parcela, la densidad. Se sembraron hileras individuales a 0.8 m e hileras gemelas a 1.5 m y a 2.2 m entre ellas, como arreglo de siembra, y utilizando densidades de 62,000, 82,000 y 102,000 plantas/ha. Se evaluaron las variables de altura de planta, diámetro del tallo, peso de raíz, tamaño de la mazorca, peso de raquis y grano. La interacción entre el arreglo 1.5 m con la densidad 62,000 plantas/ha para el peso específico de 1,000 granos, reportó el mayor peso (369.48 g). La densidad de 102,000 plantas/ha causó una disminución del 7.5% en el tamaño de la mazorca, comparado con la densidad de 62,000 plantas/ha. El rendimiento más alto (15.38 t/ha) se obtuvo con la densidad de 102,000 plantas/ha, y el más bajo (10.08 t/ha) con 62,000 plantas/ha, observándose una diferencia del 34% en el rendimiento de ambas densidades.

**Palabras clave:** Altura de planta, época seca, híbrido HAZ 1, peso específico.

**Abstract.** There are many investigations about distances between rows and plant density but there is lack of investigations that evaluate relations between these two factors. The objective of this study was to evaluate the effect of the plant density and the plant arrangement on the growth, development and yield of the HAZ-1 hybrid maize, under the Pan-American Agricultural School, Zamorano, Honduras environmental conditions of the 2018 dry season. The experiment was carried out using randomize complete block design with a split-plot design as the arrangement and plant density as sub-plot. The planting arrangements were individual rows at 0.8 m, and twin rows at 1.5 m and 2.2 m apart. Planting densities were 62,000, 82,000 and 102,000 plants/ha. The variable measured were plant height, stem diameter, root weight, corn cob size, rachis and grain weight. The interaction between the arrangement 1.5 m with the density of 62,000 plants/ha for the specific weight of 1,000 grains, report the highest weight (369.48 g). The density of 102,000 plants/ha cause a 7.5% decrease in the corncob size, compare with the density of 62,000 plants/ha. The highest yield (15.38 t/ha) was obtained with the density of 102,000 plants/ha, and the lowest (10.09 t/ha) with 62,000 plants/ha, looking a difference of the 34% on the yield on both densities.

**Key words:** Dry season, hybrid HAZ 1, plant height, specific weight.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen.....	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras.....	v
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METODOLOGÍA.....</b>	<b>2</b>
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>4. CONCLUSIONES.....</b>	<b>14</b>
<b>5. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>6. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>16</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Análisis de suelo del Lote 10 de la Zona II, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2018. ....	5
2. Cantidad total de nutrientes aplicados a las densidades evaluadas en el ensayo, Zamorano, Honduras, 2018. ....	6
3. Fraccionamiento de nutrientes distribuido en tres aplicaciones durante el ciclo del cultivo, Zamorano, Honduras, 2018. ....	6
4. Descripción de los tratamientos utilizados de acuerdo a los diferentes arreglos de siembra y densidades en el cultivo de maíz. ....	8
5. Resultados del análisis estadístico para altura de la planta, diámetro del tallo y peso de raíces, variables de predicción temprana de rendimiento, Zamorano, Honduras, 2018. ....	9
6. Resultados del análisis estadístico para el peso de raquis, peso de granos por mazorca, número de granos por mazorca e índice del tamaño de mazorca, Zamorano, Honduras, 2018. ....	10
7. Resultados del análisis estadístico para el peso específico de 1,000 granos y rendimiento de grano de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018. ....	12
8. Efecto de la interacción arreglo de siembra x densidad poblacional en el peso específico de 1,000 granos de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018. ....	13
Figuras	Página
1. Croquis del experimento en campo con la distribución de las densidades en parcelas divididas. ....	3
2. Arreglo con hileras individuales separadas a 0.8 m entre hileras. ....	4
3. Arreglo con hileras gemelas separadas a 0.4 m de distancia entre hileras con una distancia de 1.5 m entre pares de hileras. ....	4
4. Arreglo con hileras gemelas separadas a 0.4 m de distancia entre hileras, con una distancia de 2.2 m entre pares de hileras. ....	4
5. Efecto del arreglo de siembra (A) y la densidad poblacional (B) sobre el peso del raquis y el peso de los granos por mazorca de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018. ....	10
6. Efecto de la densidad poblacional sobre el número de granos por mazorca en plantas de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018. ....	11
7. Efecto de la densidad poblacional sobre el índice de tamaño de mazorca de plantas de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018. ....	12

8. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de grano (t/ha) de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.....	13
--	----

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz (*Zea mays* L.) es el cereal de mayor producción a nivel mundial, siendo la producción mundial en 2016 y 2017, de 1.65 billones de toneladas (FAOSTAT 2018). A nivel de la región Centroamericana, Guatemala es el país con mayores índices de producción (1,899,318 toneladas), seguido por El Salvador (923,472 toneladas) y Honduras (648,634 toneladas) (FAOSTAT 2018).

El maíz es considerado un cultivo de producción primaria por la gran diversidad de usos en la alimentación humana y animal. Su utilización en la industria es muy amplia, el producto final puede ser utilizado como combustible o materia prima para elaborar productos químicos. Las diversas formas, colores y texturas del maíz, hacen del mismo el producto agrícola más diverso en Latinoamérica (MAG 2016).

El uso de las buenas prácticas agronómicas es crucial para maximizar los ingresos económicos en la producción de maíz: La implementación de filas estrechas y altas poblaciones de plantas son prácticas agronómicas para aumentar los rendimientos del cultivo (Coulter y Shanahan 2012). Las hileras estrechas ayudan al crecimiento y el rendimiento, debido a un aumento en el área foliar. En condiciones normales de crecimiento en Indiana, la población óptima de plantas era de alrededor de 79,000 plantas/ha. En condiciones adversas como la sequía o inundaciones, la población óptima de plantas se redujo a 52,500 plantas/ha (Nielsen 2012).

El presente estudio se realizó con la finalidad de identificar, en forma sencilla y gradual, los problemas que presenta la producción de maíz en el campo con respecto al arreglo y la densidad de siembra. Se trató de demostrar que se puede aumentar la densidad de siembra, sin disminuir el rendimiento con la ayuda de arreglos de siembra. Éste experimento está enfocado a la problemática de los bajos rendimientos que predominan en la producción de maíz en Centro América, incluyendo el desconocimiento de arreglos y densidades de siembra óptimas.

- El objetivo de este ensayo fue evaluar el efecto del arreglo de siembra y la densidad poblacional en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### **Ubicación del ensayo.**

El ensayo se llevó a cabo en el Lote 10 de la Zona II, de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle del Yegüare, Km 30 de la carretera de Tegucigalpa a Danlí, Municipio de San Antonio de Oriente, Departamento de Francisco Morazán, Honduras. La altitud en la que se desarrolló el experimento fue de 760 msnm, con una precipitación acumulada de 612 mm entre los meses de enero hasta mayo de 2018 y con una temperatura promedio máxima de 23°C y mínima de 21°C en el mismo periodo.

### **Siembra.**

La siembra se realizó de forma manual el 23 de enero de 2018 con semilla de la variedad híbrida HAZ 1. A los 11 días después de la siembra (DDS), se hizo un trasplante de plántulas previamente establecidas en semilleros el mismo día de la siembra en campo, con el fin de obtener las densidades deseadas. Los arreglos de siembra fueron de 0.8 m en hileras simples, 1.5 m y 2.2 m entre camas conteniendo hileras dobles a 0.4 m entre ellas. Las densidades de siembra fueron de 62,000, 82,000 y 102,000 plantas/ha. En la Figura 1 se indica la distribución de los tratamientos en los bloques; los arreglos de siembra se encuentran en las parcelas y las densidades poblacionales en las sub-parcelas.

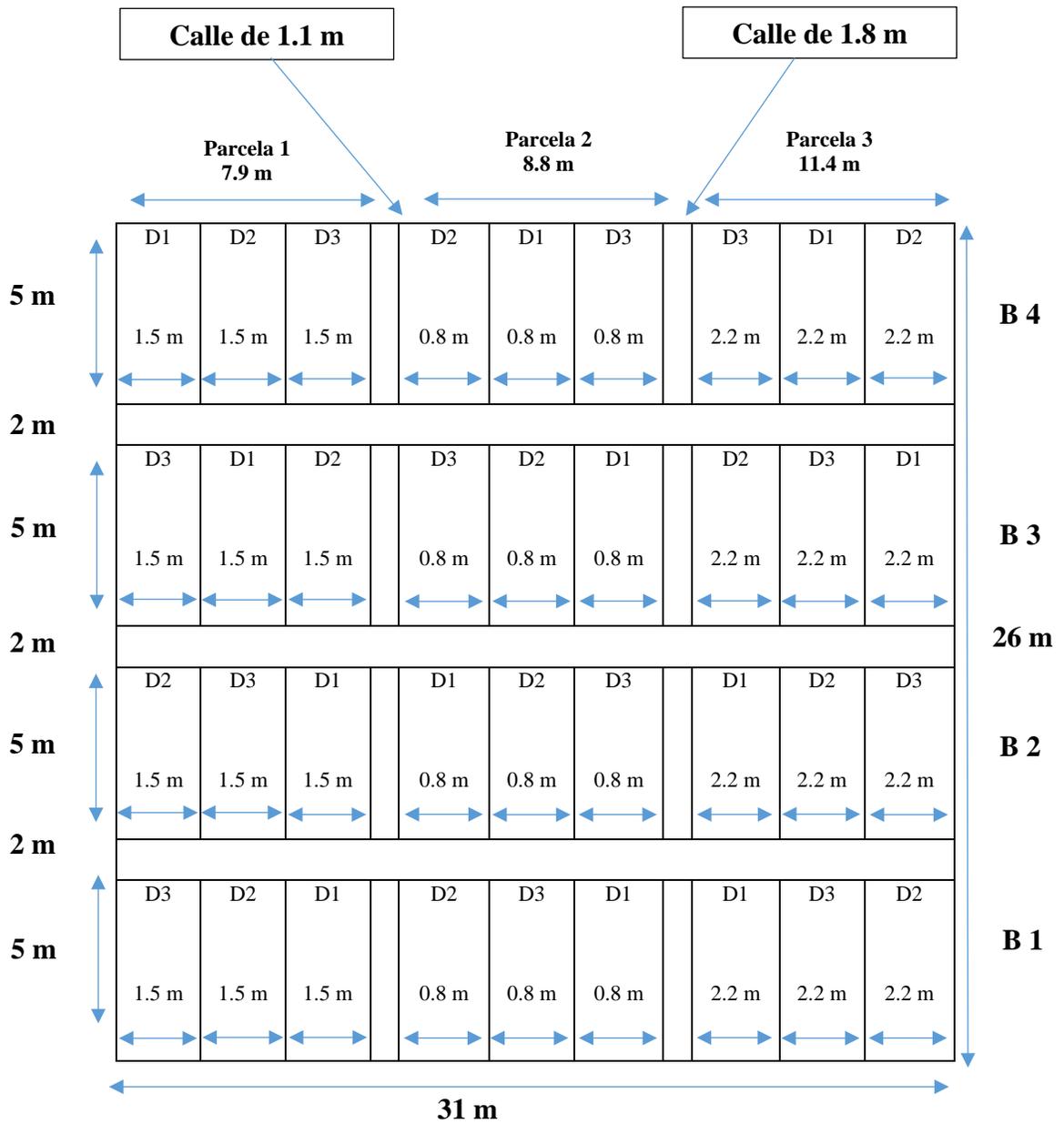


Figura 1. Croquis del experimento en campo con la distribución de las densidades en parcelas divididas.

La distribución de las sub parcelas según el arreglo de siembra se ilustran en las Figuras de la 2 a la 4.

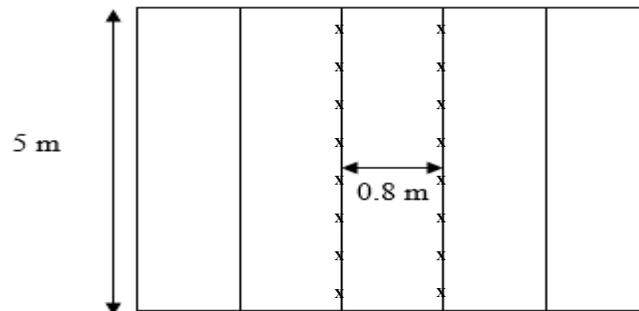


Figura 2. Arreglo con hileras individuales separadas a 0.8 m entre hileras.

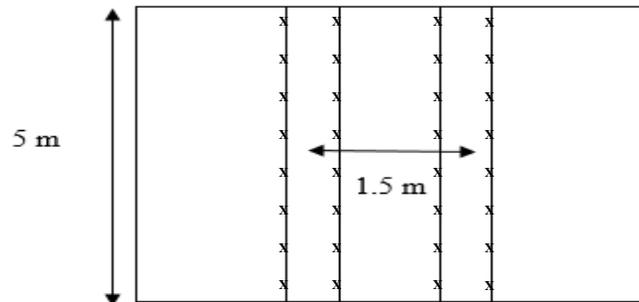


Figura 3. Arreglo con hileras gemelas separadas a 0.4 m de distancia entre hileras con una distancia de 1.5 m entre pares de hileras.

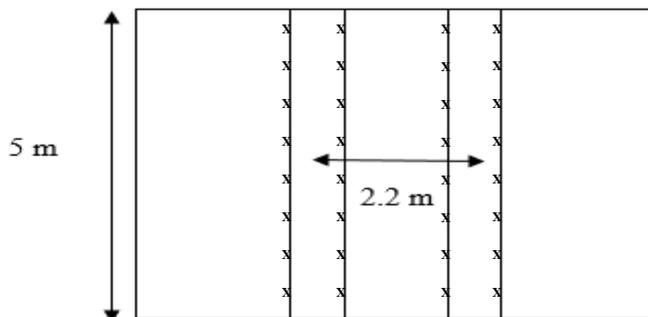


Figura 4. Arreglo con hileras gemelas separadas a 0.4 m de distancia entre hileras, con una distancia de 2.2 m entre pares de hileras.

## Manejo del Cultivo.

**Riego.** La aplicación del riego se realizó utilizando cintas de la marca Azud Sprint®. La frecuencia de riego fue de 2 h/día, aplicando una lámina de 4.32 m<sup>3</sup>, 3 veces/semana. El caudal utilizado fue de 450 L/h distribuidos en líneas de 100 m. El total de riego aplicado durante el ciclo de cultivo fue de 222.13 m<sup>3</sup>.

**Control de plagas y enfermedades.** Se utilizaron insecticidas comerciales como Connet 112,5 SC® (imidacloprid + beta-ciflutrina), para el control de *Dalbulus maidis* a los 37 DDS, Proclaim SG® (benzoato de emamectina), para control de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) a los 37 DDS. Además, se aplicó Curaxil 72 WP® (cymoxanil + mancozeb), como fungicida para prevenir la mancha de asfalto a los 37 DDS.

**Control de malezas.** Se hicieron aplicaciones de herbicidas para control de gramíneas, y hoja ancha. Se usó Atrazina con una dosis de 2 kg/ha aplicados a los 16 DDS y Convey® (topramezone) con una dosis de 100 mL/ha aplicado a los 25 DDS. Además, se realizaron controles manuales de malezas a los 25, 55 y 90 DDS.

**Fertilización.** Se realizó un análisis de suelos que describe las siguientes características: pH ligeramente ácido, materia orgánica (M.O.) media, nitrógeno total (N) bajo, fósforo (P) alto, potasio (K) alto, calcio (Ca) alto, magnesio (Mg) bajo y sodio (Na) medio (Cuadro 1).

Cuadro 1. Análisis de suelo del Lote 10 de la Zona II. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 2018.

pH (H <sub>2</sub> O)	g/100 g			mg/kg (extractable)				
	C.O.	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na
6.09	1.29	2.22	0.11	206	543	1848	144	28

Métodos: K, Ca, Mg, Na: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbono Orgánico: Método de Walkley & Black para suelos minerales no salinos con incertidumbre de ±0.04 (C.O.= 58% de MO) % N total: 5% de M.O. pH: 1:1 en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-7,00 con incertidumbre de ±0,10.

Considerando que la demanda de fertilizante de la densidad de 82,000 plantas/ha es el 100%, para la menor densidad (62,000 plantas/ha) se disminuyó en un 25% la dosis de fertilizante y para la mayor densidad (102,000 plantas/ha) se aumentó en un 25% (Cuadro 2). El fraccionamiento de las aplicaciones de fertilizantes se describe en el Cuadro 3.

Cuadro 2. Cantidad total de nutrientes aplicados a las densidades evaluadas en el ensayo, Zamorano, Honduras, 2018.

Densidad poblacional (plantas/ha)	N	P	K
	Kg/ha		
62,000	158.72	9.3	37.2
82,000	209.92	12.3	49.2
102,000	261.12	15.3	61.2

N, P, K: nitrógeno, fósforo, potasio.

Cuadro 3. Fraccionamiento de nutrientes distribuido en tres aplicaciones durante el ciclo del cultivo, Zamorano, Honduras, 2018.

Fertilizaciones	N	P	K
	%		
1era (15 DDS)	4	63	15
2da (35 DDS)	48	37	43
3era (69 DDS)	48	0	43

N, P, K: nitrógeno, fósforo, potasio. DDS: días después de siembra.

### Recolección de datos.

Los datos fueron tomados en las dos hileras centrales de cada tratamiento, dejando 0.5 m en ambos extremos de las hileras para reducir la distorsión de los datos por el efecto borde. El porcentaje de la población muestreada oscila entre el 25 al 60%.

### Variables medidas en etapa fenológica VT (vegetativa de transición).

**Altura de la planta.** Se midió con una regla desde la base del tallo, hasta donde iniciaba el pedúnculo de la panícula.

**Diámetro del tallo.** Se midió con un pie de rey, a la altura de la terminación del primer anillo de raíces.

**Peso de la raíz.** Por cada tratamiento, se tomaron cuatro plantas en cada una de las hileras centrales, de las cuales dos plantas fueron tomadas en cada extremo. La muestra tuvo la misma cantidad de plantas independientemente del arreglo siembra y la densidad poblacional.

### Variables medidas en madurez fisiológica.

**Porcentaje de acame de raíces.** Se contaron las plantas acamadas por cada tratamiento (10%).

**Longitud de la mazorca.** Se midió con una regla los centímetros de longitud de cada mazorca.

**Diámetro de mazorca.** Se midió con un pie de rey en el centro de cada mazorca.

**Número de granos por mazorca.** Se tomaron 30 mazorcas por cada tratamiento y se contaron la cantidad total de granos.

**Ajuste de peso del grano a 13% de humedad.** Se tomaron 30 mazorcas por cada tratamiento, se pesaron y se ajustó la humedad al 13% por medio de la ecuación 1.

$$Pf = Pi [(100 - Hi) / (100 - Hf)] \quad [1]$$

Donde cada una de las variables se definen como:

Pf = Peso final con la humedad deseada (g).

Pi = Peso inicial de cosecha (g).

Hi = Humedad inicial de cosecha (%).

Hf = Humedad final a la que se desea ajustar (%).

**Peso de grano.** Se desgranaron las mazorcas y se les tomó el peso a los granos obtenidos.

**Peso de raquis.** Una vez desgranada cada mazorca, se procedió a tomar el peso de cada raquis.

**Índice del tamaño de mazorca.** Para obtener ésta variable, se multiplicó la longitud por el diámetro de la mazorca.

**Peso específico de granos.** De cada tratamiento se tomaron mil granos de una muestra de 30 mazorcas y se pesaron.

**Rendimiento (t/ha).** Esta variable se calculó con base al peso específico de los granos por mazorca a una humedad del 13%, y se ajustó al porcentaje de acame.

### **Diseño experimental.**

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA) con un arreglo en parcelas divididas, usando como parcela principal el arreglo de siembra y como sub-parcela la densidad poblacional. Para el análisis estadístico se realizó una separación de medias tipo Duncan con una probabilidad ( $P \leq 0.05$ ) utilizando el programa SAS versión 9.4<sup>®</sup>.

**Tratamientos.**

Se evaluaron nueve tratamientos, usando tres arreglos de siembra y tres densidades poblacionales (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos utilizados de acuerdo a los diferentes arreglos de siembra y densidades en el cultivo de maíz.

<b>Tratamientos</b>	<b>Arreglo de siembra (m)</b>	<b>Densidad poblacional (plantas/ha)</b>
1		62,000
2	0.8	82,000
3		102,000
4		62,000
5	1.5	82,000
6		102,000
7		62,000
8	2.2	82,000
9		102,000

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el estudio no se presentaron diferencias significativas por efectos del arreglo de siembra y densidad poblacional, ni de la interacción arreglo  $\times$  densidad en altura de planta, diámetro del tallo y peso de raíces (Cuadro 5). Estas variables pueden ser usadas como indicadores tempranos de rendimiento de maíz. En estudios conducidos por Begazo Torres (2013), la altura de planta aumentó al reducir el distanciamiento entre hileras de 0.9 m a 0.7 m, por un aumento en la competencia por luz. Martínez Mayorga y Pérez Medina (2004) encontraron que la altura de la planta se ve afectada significativamente al aumentar la densidad poblacional, pero el diámetro del tallo disminuye debido a la competencia por luz.

Cuadro 5. Resultados del análisis estadístico para altura de la planta, diámetro del tallo y peso de raíces variables de predicción temprana de rendimiento en maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

Fuente de variación	Altura planta (m)	Diámetro tallo (cm)	Peso raíces (g)
Arreglo	0.8946 <sup>ns</sup>	0.4256 <sup>ns</sup>	0.9072 <sup>ns</sup>
Densidad	0.2141 <sup>ns</sup>	0.1152 <sup>ns</sup>	0.4691 <sup>ns</sup>
Arreglo $\times$ Densidad	0.9294 <sup>ns</sup>	0.8180 <sup>ns</sup>	0.7678 <sup>ns</sup>
CV	3.07	7.62	23.03

<sup>ns</sup> No significativo. CV = coeficiente de variación.

En cuanto a las variables peso del raquis de la mazorca, peso del grano, número de granos por mazorca e índice de tamaño de mazorca (ITM), solo hubo efecto significativo del arreglo de siembra en el peso del raquis; en cambio, se presentaron diferencias significativas debido a la densidad poblacional en las cuatro variables mencionadas. No se observaron diferencias significativas por efecto de la interacción arreglo  $\times$  densidad (Cuadro 6).

Cuadro 6. Resultados del análisis estadístico para el peso de raquis, peso de granos por mazorca, número de granos por mazorca e índice del tamaño de mazorca en maíz HAZ, Zamorano, Honduras, 2018.

Fuente de variación	Peso raquis (g)	Peso granos mazorca (g)	Granos mazorca	Índice de tamaño de mazorca
Arreglo	0.0009**	0.2166 <sup>ns</sup>	0.7505 <sup>ns</sup>	0.6025 <sup>ns</sup>
Densidad	0.0351*	0.0040**	0.0485*	0.0027**
Arreglo × Densidad	0.3095 <sup>ns</sup>	0.4880 <sup>ns</sup>	0.9757 <sup>ns</sup>	0.3981 <sup>ns</sup>
CV	7.3	5.21	7.56	4.63

\*, \*\*, <sup>ns</sup> Significativo al  $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$  y no significativo. CV = coeficiente de variación.

El peso del raquis disminuyó (11%) (Figura 5A) al aumentar la distancia entre las hileras gemelas de 1.5 m a 2.2 m, y también el incremento en la densidad poblacional produjo una reducción en el peso del raquis (8%) (Figura 5B). Ulloa Sánchez y Zapata Fava (2011) sugieren que el peso del raquis depende de las condiciones ambientales y nutricionales, y que las bajas precipitaciones durante el desarrollo del cultivo impactan negativamente en el peso de éste.

El peso del grano disminuyó (8%) con el aumento en la densidad poblacional (Figura 5B). Esto concuerda con el estudio de Guevara Escobar *et al.* (2005), quienes reportaron que el incremento en la densidad, disminuye el peso del grano debido a que las plantas tendrían un menor índice de área foliar. En investigaciones conducidas por Rodríguez Flores *et al.* (2015), el peso del raquis y el peso del grano por mazorca disminuye al aumentar la densidad poblacional.

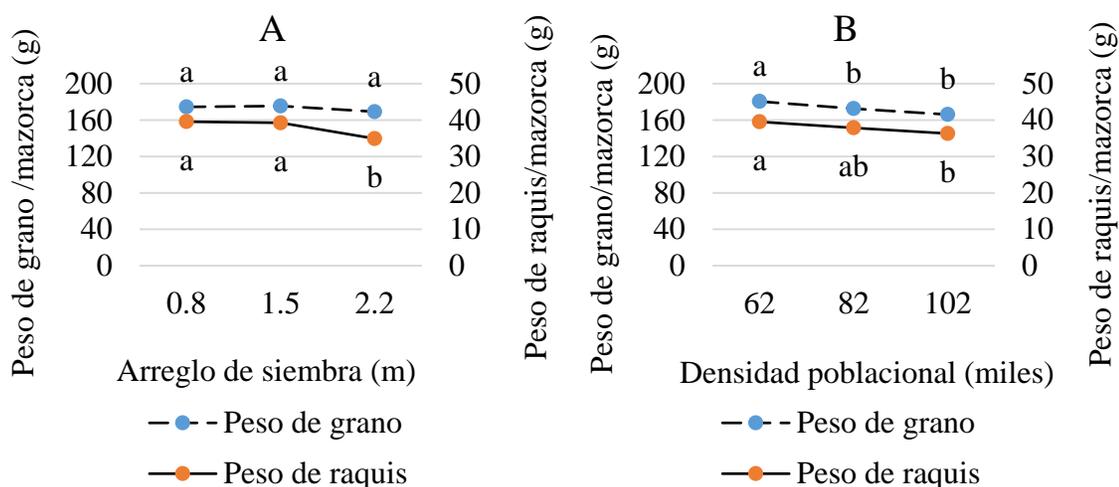


Figura 5. Efecto del arreglo de siembra (A) y la densidad poblacional (B) sobre el peso del raquis y el peso de los granos por mazorca de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

El número de granos por mazorca se reduce (6.8%) cuando la densidad se incrementa (Figura 6). Estudios realizados por Reta Sánchez *et al.* (2003) demuestran que un aumento en la densidad reduce el número de granos por mazorca y atribuyen esta disminución a la competencia entre plantas.

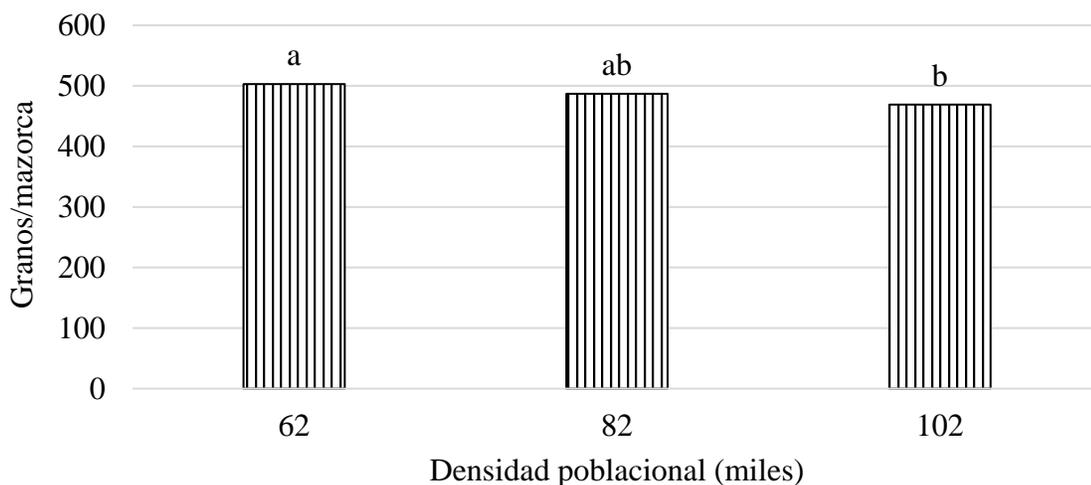


Figura 6. Efecto de la densidad poblacional sobre el número de granos por mazorca en plantas de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

El aumento en la densidad disminuye el índice de tamaño de mazorca (ITM) en 7.5% (Figura 7). Estos resultados son contrarios a los reportados por Cruz Ramírez (2017), quien evaluó un incremento en la densidad poblacional y no halló diferencias significativas en el ITM. Las razones por las cuales el ITM puede ser afectado se deben a factores genéticos e influenciados por condiciones edáficas, nutricionales y ambientales (Artola y Villavicencio 2015).

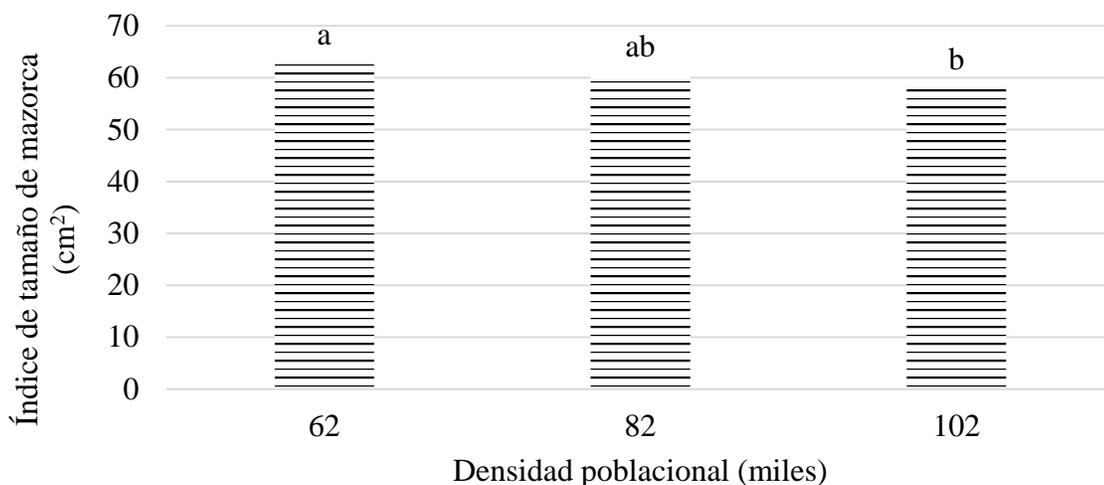


Figura 7. Efecto de la densidad poblacional sobre el índice de tamaño de mazorca de plantas de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

Se observaron diferencias significativas en el peso específico de mil granos ( $P \leq 0.05$  y  $P \leq 0.01$ ) debido al efecto del arreglo de siembra, densidad poblacional y la interacción arreglo  $\times$  densidad (Cuadro 7). El rendimiento total del grano, no fue afectado por el arreglo, pero si por la densidad poblacional y la interacción arreglo  $\times$  densidad no fue significativa para el rendimiento.

Cuadro 7. Resultados del análisis estadístico para el peso específico de 1,000 granos y rendimiento de grano de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

Fuente de variación	Peso específico 1,000 granos (g)	Rendimiento (t/ha)
Arreglo	0.014*	0.9756 <sup>ns</sup>
Densidad	0.006**	0.0001**
Arreglo $\times$ Densidad	0.0428*	0.5558 <sup>ns</sup>
CV	4.38	4.79

\*, \*\*, <sup>ns</sup> Significativo al  $P \leq 0.05$  y  $P < 0.01$  y no significativo. CV = coeficiente de variación.

En el arreglo a hileras simples, no hubo diferencias en el peso específico cuando se incrementó la densidad, sin embargo, en los arreglos a hilera doble se observó que el incremento en la densidad disminuye el peso específico de los granos (Cuadro 8). En el efecto interactivo entre arreglo de siembra  $\times$  densidad poblacional, se observó que a densidades de 62,000 plantas/ha el peso específico no tuvo un cambio significativo a través de los arreglos, pero se evidenció la tendencia a tener mayores pesos específicos. Aunque el peso específico también fue mayor a 82,000 y 102,000 plantas/ha bajo hileras simples. En el caso de la densidad poblacional, el peso específico se reduce a mayor espacio entre plantas según el estudio de Dehdashti y Riahinia (2008).

Cuadro 8. Efecto de la interacción arreglo de siembra x densidad poblacional en el peso específico de 1,000 granos de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

Arreglo de siembra (m)	Densidad poblacional (plantas/ha)		
	62,000	82,000	102,000
	Peso específico 1,000 granos (g)		
Hilera simple de 0.8	350.50 <sup>ae</sup> ¥	355.49 <sup>ad</sup>	357.49 <sup>ac</sup>
Hilera doble de 1.5	369.48 <sup>a</sup>	346.50 <sup>bcdef</sup>	336.52 <sup>cdef</sup>
Hilera doble de 2.2	359.48 <sup>ab</sup>	326.53 <sup>fg</sup>	319.54 <sup>f</sup>

¥ Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

Se observó que a medida que aumenta la densidad poblacional se incrementa el rendimiento (Figura 8). Rodríguez Flores *et al.* (2015) encontraron que el incremento en la densidad poblacional es directamente proporcional al rendimiento. El aumento en el rendimiento es explicado por la mayor cantidad de plantas, que interceptan mayor cantidad de luz, aumentando la tasa de fotosíntesis y un uso más eficiente de agua y nutrientes (Tinoco Alfaro *et al.* 2008; Tadeo Robledo *et al.* 2012).

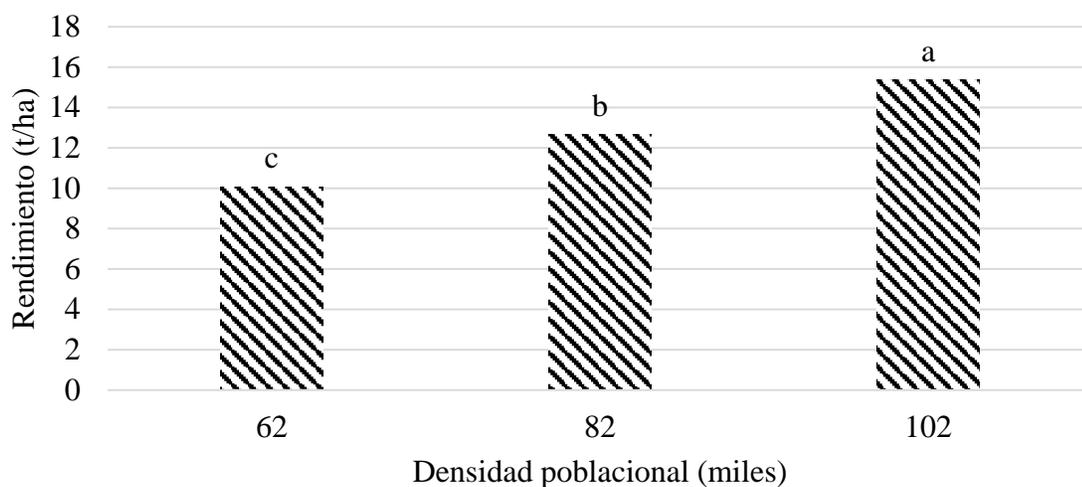


Figura 8. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento de grano (t/ha) de maíz HAZ 1, Zamorano, Honduras, 2018.

#### **4. CONCLUSIONES**

- El arreglo de siembra no afectó el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz, debido a que el plan de fertilización proporcionó la demanda extra de nutrientes requerida por el aumento en la densidad poblacional en cada arreglo de siembra.
- La densidad poblacional no tuvo efecto en el desarrollo y el crecimiento del cultivo de maíz, pero sí en el rendimiento, donde los mayores rendimientos de grano se obtuvieron con la densidad más alta.

## **5. RECOMENDACIONES**

- Evaluar el efecto de las densidades poblacionales de 100,000 plantas/ha a 150,000 plantas/ha considerando intervalos de incremento de 10,000 plantas/ha en HAZ 1 y otras variedades de maíz.
- Incluir otros arreglos de siembra, incrementando el espacio de 1.5 a 2.5 m entre hileras gemelas y reduciendo el espacio entre ambas hileras de 0.4 m a 0.3 m.
- Utilizar la densidad de 102,000 plantas/ha y el arreglo de dobles hileras a 1.5 m de separación, con y sin incrementos en la fertilización proporcional al incremento en la densidad poblacional.
- Realizar el estudio económico que explique la factibilidad del incremento en la fertilización proporcional al incremento en la densidad poblacional.

## 6. LITERATURA CITADA

- Artola GV, Villavicencio OC. 2015. Comportamiento agronómico de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.) por efecto de la aplicación de abonos orgánicos y sintéticos, Cofradía 2012. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de agronomía - Departamento de Producción Vegetal; [consultado el 1 de sep. de 2018]. <http://repositorio.una.edu.ni/3202/1/tnf04a792.pdf>.
- Begazo Torres JL. 2013. Marco de siembra en el rendimiento de maíz morado (*Zea mays* L.) "Ecotipo Arequipeño" en la irrigación Majes 2012-2013. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias.
- Castro M. 2016. Rendimiento de maíz duro seco en verano 2016. Quito, Ecuador: [sin editorial]. [http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5KAib\\_1HFLgJ:sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios\\_agroeconomicos/rendimientos\\_de\\_maiz\\_duro\\_seco\\_verano2016.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=hn](http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5KAib_1HFLgJ:sipa.agricultura.gob.ec/pdf/estudios_agroeconomicos/rendimientos_de_maiz_duro_seco_verano2016.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=hn).
- Coulter J, Shanahan J. 2012. Respuesta del maíz al ancho de las hileras, la población de plantas y la madurez híbrida en el extremo norte del Cinturón del Maíz. DuPont Pioneer Field Hechos vol. 12 No. 5; [consultado el 15 de ago. de 2018]. <https://www.pioneer.com/home/site/us/agronomy/library/corn-row-width-plant-pop-hybrid-mat/>.
- Cruz Ramírez MS. 2017. Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria; [consultado el 25 de jul. de 2018]. <http://hdl.handle.net/11036/5990>.
- Dehdashti SM, Riahinia S. 2008. Effect of Plant Density on Some Growth Indexes, Radiation Interception and Grain Yield in Maize (*Zea mays* L.). J. of Biological Sciences. 8(5):908–913. doi:10.3923/jbs.2008.908.913.
- FAOSTAT. 2018. Crop statistics - Cereals. Roma, Italia: FAO; [consultado el 25 de jul. de 2018]. <http://www.fao.org/faostat/es/>.
- Guevara Escobar A, Bárcenas Huante G, Salazar Martinez F, González Sosa E, Suzán Azpiri H. 2005. Alta Densidad de Siembra en la Producción de Maíz con Irrigación por Goteo Subsuperficial; [consultado el 1 de sep. de 2018]. 39:431–439. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239407>.

- MAG. 2016. Mediante dos estrategias, Ecuador aumenta rendimientos de maíz. Quito, Ecuador: [sin editorial]; [consultado el 25 de jul. de 2018]. <https://www.agricultura.gob.ec/mediante-dos-estrategias-ecuador-aumenta-rendimientos-de-maiz/>.
- Martínez Mayorga M, Pérez Medina M. 2004. Efecto de tres densidades de siembra y cuatro niveles de fertilización nitrogenada sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) Híbrido H-INTA-991, Masatepe, Masaya. Nicaragua: Universidad Nacional Agraria, Facultad de agronomía - Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses; [consultado el 1 de sep. de 2018]. <http://repositorio.una.edu.ni/1919/1/tnf01m385e.pdf>.
- Nielsen B. 2012. La sequía de indiana ha empeorado las condiciones de los cultivos desde 1988. Estados Unidos: Purdue University; [consultado el 15 de ago. de 2018]. <https://www.purdue.edu/newsroom/outreach/2012/120705HurtDrought.html>.
- Reta Sánchez DG, Gaytán Mascorro A, Carrillo Amaya JS, Cueto Wong JA. 2003. Influencia de métodos de siembra y densidades de población en la formación de granos en maíz. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 26(3):147–152. Español. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61026303>.
- Rodríguez Flores I, González Huerta A, Perez Lopez DdJ, Rubí Arriaga M. 2015. Efecto de cinco densidades de población en ocho cultivares de maíz sembrados en tres localidades del Valle de Toluca, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*; [consultado el 25 de jul. de 2018]. 6(8):1943–1955. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263142750020>.
- SAS® (Statistical Analysis System). Version 9.4. SAS Institute Inc.
- Tadeo Robledo M, Espinosa Calderón A, Chimal N, Arteaga Escamilla I, Trejo Pastor V, Canales Islas E, Sierra Macías M, Valdivia Bernal R, Gómez Montiel NO, Palafox Caballero A. 2012. Densidad de población y fertilización en híbridos de maíz androestériles y fértiles. *Terra Latinoamericana*. 30(2):157–164. Español. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57324446007>.
- Tinoco Alfaro CA, Ramírez Fonseca A, Villarreal Farías E, Ruiz Corral A. 2008. Arreglo espacial de híbridos de maíz, índice de área foliar y rendimiento; [consultado el 29 de jul. de 2018]. 34. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0568-25172008000300001](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000300001).
- Ulloa Sánchez RA, Zapata Fava GJ. 2011. Efecto de la Fertilización orgánica y sintética sobre el crecimiento y rendimiento de grano de tres variedades de Maíz (*Zea mays* L.), El Rincón, Darío-Matagalpa, postrera, 2009. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria; [consultado el 29 de jul. de 2018]. <http://repositorio.una.edu.ni/2157/1/tnf04u42.pdf>.