

**Efecto de cuatro densidades de siembra y
cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el
desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays*
L.)**

Mónica Samantha Cruz Ramírez

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA

**Efecto de cuatro densidades de siembra y
cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el
desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays*
L.)**

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

Presentado por

Mónica Samantha Cruz Ramírez

Zamorano, Honduras

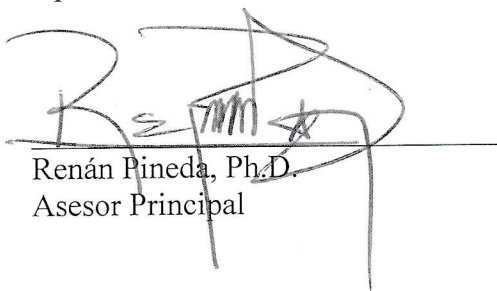
Noviembre, 2017

Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.)

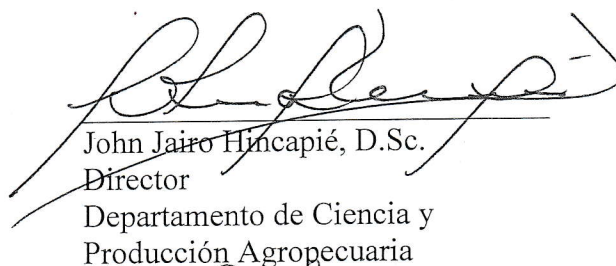
Presentado por:

Mónica Samantha Cruz Ramírez


Aprobado:



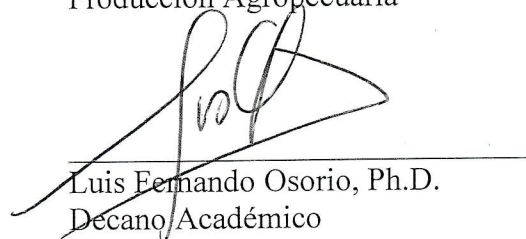
Renán Pineda, Ph.D.
Asesor Principal



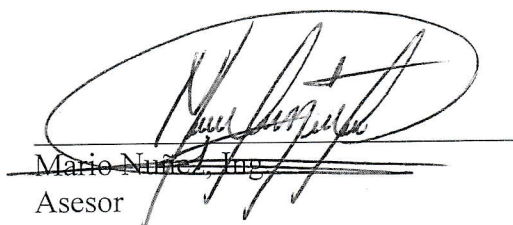
John Jairo Hincapié, D.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y
Producción Agropecuaria



Gloria E. Arévalo, Dra.
Asesora



Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Decano Académico



Mario Nuñez, Ing.
Asesor

Efecto de cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante N-P-K en el desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.)

Mónica Samantha Cruz Ramírez

Resumen. El maíz es uno de los principales cereales en la dieta humana y animal. El rendimiento promedio en Honduras es de $1.67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. La relación entre la producción del grano y la densidad de población es compleja, varía de acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo. Los objetivos del estudio fueron evaluar el efecto de la densidad y la dosis de fertilizante en el desarrollo y rendimiento de maíz (*Zea mays* L.) en el híbrido P4082WHR[®] bajo condiciones climáticas de Zamorano, Honduras, identificar las mejores variables predictoras de rendimiento y determinar la combinación óptima entre densidad y dosis de fertilizante. El ensayo se realizó en los meses de mayo a septiembre de 2017. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (BCA) con cuatro repeticiones. Fueron 16 tratamientos en cada bloque, 50,000, 76,000, 101,000 y 126,000 plantas $\cdot\text{ha}^{-1}$ y 75-15-57, 125-25-95, 166-33.2-26.3, 206-41.5-157.7 kg $\cdot\text{ha}^{-1}$ N-P-K con una separación de 0.80 m entre hileras. La densidad fue el factor que influyó en variables como diámetro de planta, anthesis femenina, longitud de mazorca y rendimiento. La altura fue la única variable que se vio afectada por la interacción de ambos factores. A mayor densidad de siembra mayor rendimiento de grano. El mayor rendimiento se presentó en la densidad de 126,000 plantas con $14.82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ influenciado por el número de plantas, sin embargo, a dosis de 166-33.2-26.3 kg $\cdot\text{ha}^{-1}$ N-P-K el rendimiento fue de 11.59 toneladas, a mayor dosis el rendimiento comenzó a decrecer.

Palabras clave: Combinación, grano, peso, producción.

Abstract. Maize is one of the main cereals in the human and animal diet. The average yield in Honduras is $1.67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. The relationship between grain yield and population density is complex, varies according to soil condition, climate, cultural practices and genotype. The objectives of the study were to evaluate the effect of density and fertilizer dose on the development and yield of maize (*Zea mays* L.) in the hybrid P4082WHR[®] under climatic conditions of Zamorano, Honduras, to identify the best performance and performance pedometer variables determine the optimum combination between fertilizer density and fertilizer dose. The test was performed in the months of May to September 2017. A completely randomized block design (BCA) with four replications was used. There were 16 treatments in each block, 50,000, 76,000, 101,000 and 126,000 plants $\cdot\text{ha}^{-1}$ and 75-15-57, 125-25-95, 166-33.2-26.3, 206-41.5-157.7 kg $\cdot\text{ha}^{-1}$ N-P-K with one separation of 0.80 m between rows. Density was the factor that influenced variables such as plant diameter, female anthesis, ear length and yield. Height was the only variable that was affected by the interaction of both factors. The higher the seed density, the higher the grain yield. The highest yield was presented in the density of 126,000 plants with $14.82 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ influenced by the number of plants, however, at a dose of 166-33.2-26.3 kg $\cdot\text{ha}^{-1}$ N-P-K the yield was $11.59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, a higher dose performance began to decrease.

Key words: Combination, grain, production, weight.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros y Anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	7
4. CONCLUSIONES.....	15
5. RECOMENDACIONES.....	16
6. LITERATURA CITADA.....	17
7. ANEXOS	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de cada tratamiento en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..	3
2. Propiedades físico-químico del suelo en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	4
3. Niveles de significancia para las variables predictoras de rendimiento; diámetro de planta, altura de planta, antesis femenina y antesis masculina en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	7
4. Días a floración femenina y masculina de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	9
5. Niveles de significancia para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, Índice de tamaño de mazorca (ITM), granos por mazorca, peso por mazorca en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	10
6. Niveles de significancia para las variables de rendimiento y peso específico (1,000 semillas) de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras..	12
Figuras	Página
1. Dimensiones de cada unidad experimental en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	6
2. Efecto de la densidad poblacional en el diámetro de planta de maíz en la etapa V10 en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	8
3. Efecto de la densidad poblacional en la altura de planta de maíz en la etapa VT en el Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	9
4. Efecto independiente de la densidad (A) y la dosis (B) en la longitud de mazorca de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	11
5. Efecto de la densidad de plantas en el número de granos por mazorca de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras....	11

6. Efecto de la densidad poblacional en el peso por mazorca de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	12
7. Efecto de la densidad poblacional en el peso específico de las semillas de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras....	13
8. Efecto de la densidad poblacional (A) y la dosis de fertilización (B) en el rendimiento de grano de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	14

Anexos

Página

1. Diámetro de mazorca por efecto de densidad de siembra en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras....	20
2. Diámetro de mazorca por efecto de dosis de fertilizante en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	20
3. Índice de tamaño de mazorca por efecto de densidad de siembra en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	20
4. Índice de tamaño de mazorca por efecto de dosis de fertilizante en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	21

1. INTRODUCCIÓN

La producción mundial de maíz se estima en más de 900 millones de toneladas métricas por año (Cruz 2013) con rendimientos para 2016 de $5.8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (FAO 2017). En lo que respecta a Centroamérica la menor productividad la presenta Nicaragua con $1.53 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ seguido de Honduras con $1.67 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (FAO 2017) con Olancho, El Paraíso, Yoro, y Santa Bárbara como los departamentos con mayor producción (Cruz 2013) .

La relación entre la producción de grano y la densidad de población es compleja, varía de acuerdo a la condición de suelo, clima, prácticas culturales y genotipo. El Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) sugiere densidades óptimas de siembra de $65,000 \text{ plantas}\cdot\text{ha}^{-1}$ para genotipos tropicales de maíz que tengan una altura de planta superior a los 2.4 m (E de la Cruz et al. 2009).

En el maíz, la disponibilidad de recursos principalmente agua y nitrógeno modifica la respuesta a la densidad de plantas. En ambientes con buena disponibilidad de agua y nutrientes, los mayores rendimientos se obtienen con densidades elevadas (Sellart 2015). En cambio, en condiciones de baja disponibilidad de recursos, la densidad de plantas óptima es menor. Cuando los recursos ambientales se tornan limitantes, la tasa de crecimiento por planta alrededor de la floración disminuye a valores en los cuales la respuesta del número de granos fijados por planta a dicha tasa de crecimiento, es muy alta (Campodónico 2012). Esta situación puede ser prevenida por la disminución de la densidad, con lo que se reduce la competencia entre individuos y aumenta, por lo tanto, la tasa de crecimiento por planta. En consecuencia, la densidad óptima de plantas para lograr un máximo rendimiento en granos, está directamente asociada con la disponibilidad de recursos (Sánchez et al, 2011).

Cubiertos los requerimientos de fósforo, el nitrógeno es el nutriente más importante para la producción del cultivo de maíz debido a las elevadas cantidades requeridas y a la frecuencia con que puede limitar los rendimientos (Oyarzun 2010). Para la fertilización con nitrógeno en maíz se usa una relación de 25 kg por cada tonelada de maíz que se estima producir por hectárea (Bertsch 2003).

Investigaciones que se han realizado durante los últimos años se enfocan en determinar el efecto que tiene la densidad de plantas sobre el rendimiento en grano. La fertilización está limitada a aumentar o disminuir la cantidad de nitrógeno sin considerar la relación fósforo –potasio y como esta puede afectar también el rendimiento.

Los objetivos de este ensayo fueron:

- Evaluar el efecto que tiene la densidad sobre el rendimiento de maíz bajo cuatro dosis de fertilización: Nitrógeno, Fósforo y potasio.
- Determinar la combinación óptima entre densidad y dosis de fertilización para el material P4082WHR bajo condiciones ambientales de Zamorano, Honduras.
- Identificar las mejores variables predictoras de rendimiento.

2. METODOLOGÍA

Ubicación del ensayo.

El ensayo se llevó a cabo en el lote tres de Santa Inés perteneciente a la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano ubicada en el valle del Yeguaré a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa, la altitud es de 750 msnm con temperatura promedio es de 23.1°C, y una precipitación acumulada de 691 mm durante los meses de mayo-septiembre de 2017.

Tratamientos.

Se evaluaron 16 tratamientos usando cuatro densidades de siembra y cuatro dosis de fertilizante.

Cuadro 1. Descripción de cada tratamiento en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Densidad Plantas·ha ⁻¹	kg·ha ⁻¹		
		N [£]	P	K
1	50,000	75	15.0	57.0
2	50,000	125	25.0	95.0
3	50,000	166	33.2	26.3
4	50,000	207	41.5	157.7
5	76,000	75	15.0	57.0
6	76,000	125	25.0	95.0
7	76,000	166	33.2	26.3
8	76,000	207	41.5	157.7
9	101,000	75	15.0	57.0
10	101,000	125	25.0	95.0
11	101,000	166	33.2	26.3
12	101,000	207	41.5	157.7
13	126,000	75	15.0	57.0
14	126,000	125	25.0	95.0
15	126,000	166	33.2	26.3
16	126,000	207	41.5	157.7

£ N; Nitrógeno, P; Fósforo, K; Potasio

Siembra.

La siembra se realizó en bandejas plásticas con sustrato para germinación bajo condiciones controladas, previamente se desinfectó con una solución de yodo, se usó semilla P4082WHR® de Pioneer.

Trasplante.

A los 10 días después de siembra (dds) se trasplanto en camas de 50 cm de altura y se fertilizó la dosis de inicio, durante casi todo el ciclo del cultivo se presentó precipitación por lo cual no fue necesario utilizar un sistema de riego tecnificado, sin embargo, se instaló y utilizó un par de ocasiones el sistema de riego por goteo.

Fertilización.

Para cubrir las necesidades nutricionales se tomó en cuenta los resultados del análisis de suelo y se realizaron ajustes con base a lo que aportó el suelo del Lote 3 de Santa Inés, Zamorano, Honduras; pH neutro, materia orgánica (M.O) baja, nitrógeno total (N) bajo, fósforo (P) bajo, potasio (K) alto, calcio (Ca) medio, magnesio (Mg) medio y suelo franco arcilloso.

Cuadro 2. Propiedades físico-químico del suelo en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Textura	g/100g			pH (H ₂ O)	g/100g		mg/kg (extractable)				
	Arena	Limo	Arcilla		C.O	M.O	N total	P	K	Ca	Mg
franco arcilloso	36	26	38	7.08	0.29	0.51	0.03	4	361	1,795	279

Métodos; K, Ca, Mg; solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P; solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbón orgánico: método de Walkley & Black para suelos minerales no salinos con la incertidumbre de ±0.04 (C.O.=58% de M.O.) % N total: 5% de M.O. pH:1:1 en agua en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-7,00 con incertidumbre de ±0.10. Textura: Método de Bouyoucus. B.S: solución extractora fósforo de calcio, determinados por colorimetría.

Las fuentes de fertilizantes utilizadas fueron Urea, DAP y KCl, la fertilización se realizó de forma fraccionada, con la inicial se cubrió el requerimiento de Fósforo y se aplicó el 20% del requerimiento total de Potasio y 30% de Nitrógeno, en etapa V6 se cubrió un 50% de Potasio y el 40% de Nitrógeno, en etapa V10 se completó el requerimiento de 30% Potasio y 30% de Nitrógeno.

Control de malezas.

Se realizaron tres aplicaciones de glifosato durante todo el ciclo, 150g por cada 20 L de agua a una presión de 40 PSI.

Variables medidas.

Diámetro de tallo en etapa V10. Para la toma de todos los datos se consideró los dos surcos centrales, se exceptuó 50 cm de ambos extremos de cada surco para evitar la diferencia por el efecto borde que pudiera presentarse. Se muestreo 20 % de la población

de cada densidad de cada tratamiento, se registró el diámetro del tallo utilizando un pie de rey, se marcó cada una de ellas para darle seguimiento.

Antesis. Se registró el día en que el 50% de la población presentó antesis femenina (estigmas) y masculina (panoja) a partir del día de siembra.

Altura de planta. Se registró la altura desde la base del tallo hasta el inicio del pedúnculo de la panoja.

Acame de raíz. Previo a la cosecha, en cada unidad experimental se contó a los dos surcos centrales el número plantas con acame de raíz, es decir, todas aquellas plantas que formaban un ángulo de 45° o menor respecto al suelo.

Estimación de rendimiento. En etapa R5 y R6 se realizó muestreo destructivo al 10% de la población de cada unidad experimental, se retiró la mazorca de la planta y se registró el peso por parcela. Posteriormente se pesó cada mazorca separada de las brácteas, se midió la longitud y diámetro para obtener el índice de tamaño de mazorca, se contó el número de hileras y granos por hilera no considerando los extremos de la mazorca para determinar el número de granos por mazorca, se dejó en horno por tres días a una temperatura de 75°C y al término del tercer día se volvió a realizar el pesaje y se registró el peso específico del grano. Para estimar las características de rendimiento de grano se corrigió el peso a un 13% de humedad.

- **Número de granos.** Se contó las hileras de granos y el número de granos en una hilera representativa. No se consideró los granos de los extremos cuyo tamaño fue inferior a los granos del centro de la mazorca. Se multiplicó el número de hileras para obtener los granos por mazorca.
- **Peso específico.** Se pesaron 1,000 granos varias veces para tener una mejor estimación del peso y se midió la humedad de grano. La estimación del rendimiento final en toneladas por hectárea con una humedad del 13% se efectuó con la siguiente fórmula obtenida del CIMMYT_{MR}; $\text{Plantas ha}^{-1} \times \text{mazorcas/planta} \times \text{granos/mazorca}$.

Diseño experimental. Se realizaron parcelas de cuatro surcos por 5 m de largo, con distancia de 0.80 m entre surcos dejando un metro de calle entre bloques. Se evaluaron cuatro densidades de siembra con cuatro dosis de fertilizante N-P-K estimando un rendimiento de 5 t·ha⁻¹, en total se tuvo 16 unidades experimentales de 16 m² con cuatro repeticiones, usando un Diseño de Bloques Completamente al Azar.

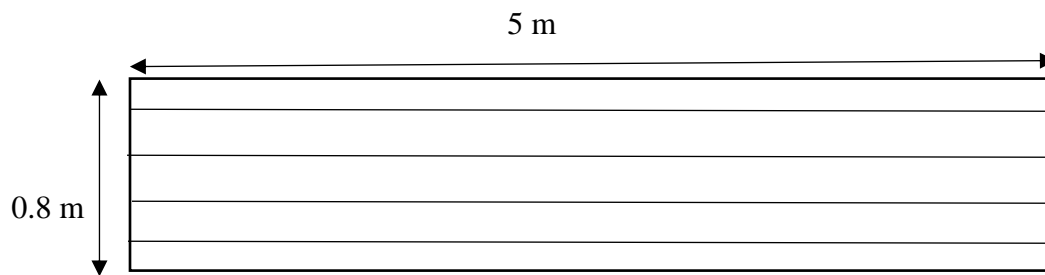


Figura 1. Dimensiones de cada unidad experimental en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Análisis estadístico. Los cálculos estadísticos se realizaron con el programa SAS 9.4. Se realizó análisis de BCA y ANOVA con una de separación de medias del tipo Duncan con una $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza indicó que, para las variables predictoras de rendimiento, entre ellas; diámetro de planta, altura de planta y antesis femenina hubo diferencia significativa para el factor densidad, mientras que la variable antesis masculina no mostró diferencia significativa para ninguno de los factores (Cuadro 3).

Cuadro 3. Niveles de significancia para las variables predictoras de rendimiento; diámetro de planta, altura de planta, antesis femenina y antesis masculina en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Diámetro de planta	Altura de planta	Antesis femenina	Antesis masculina
Bloques	ns	ns	ns	ns
Densidad	*	*	*	ns
Dosis	ns	ns	ns	ns
Densidad × Dosis	ns	ns	ns	ns
CV (%)	4.5	2.3	1.4	2.6

*= diferencia significativa ($P \leq 0.05$), ns= diferencia no significativa ($P \leq 0.05$), CV; coeficiente de variación

A medida que aumenta la densidad de 50,000 plantas·ha⁻¹ a 126,000 plantas·ha⁻¹, el diámetro de la planta de maíz fue disminuyendo. El mayor diámetro de la planta se observó a 50,000 plantas·ha⁻¹ y fue de 30.09 mm, mientras que el diámetro a 126,000 plantas fue de 25 mm (figura 2). El diámetro del tallo se puede ver afectado por las altas densidades de siembra y la competencia por luz provocando alargamiento del tallo y reducción del diámetro del tallo (Martínez y Pérez 2004).

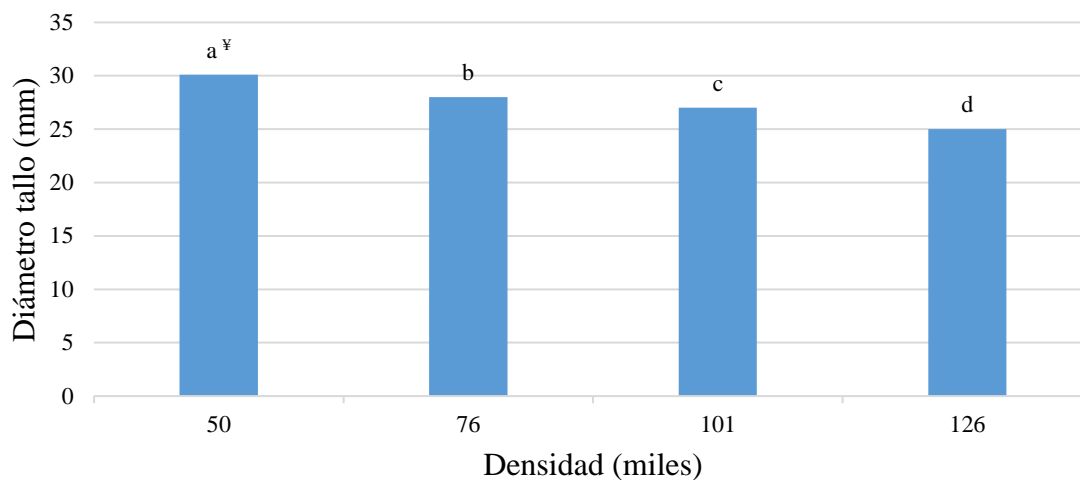


Figura 2. Efecto de la densidad poblacional en el diámetro de planta de maíz en la etapa V10 en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

¥ = Letras iguales no difieren estadísticamente.

A diferencia del diámetro del tallo, la altura de la planta no cambió con el aumento en la densidad. Plantas a densidades bajas (50,000 plantas·ha⁻¹) tuvieron la misma altura que plantas a densidades medias de 76,000 plantas·ha⁻¹ y densidades de 101,000 plantas·ha⁻¹. Sin embargo, a una densidad de 126,000 plantas·ha⁻¹ fueron más altas que las plantas a densidades bajas (Figura 3). Por lo tanto, altas densidades mostraron un efecto reduciendo el diámetro y elongando las plantas.

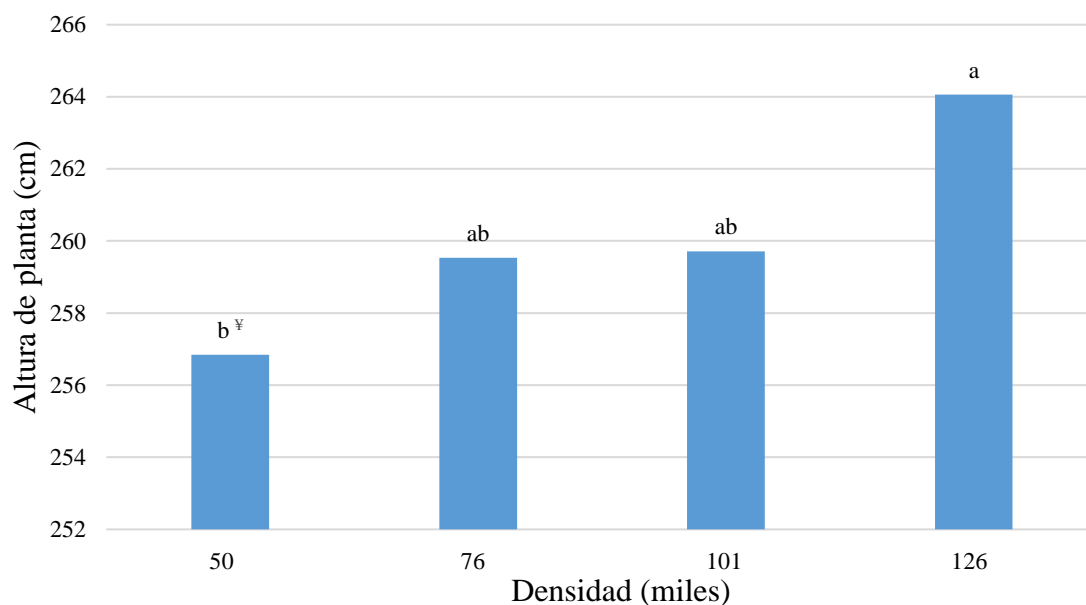


Figura 3. Efecto de la densidad poblacional en la altura de planta de maíz en la etapa VT en el Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

¥ = Letras iguales no difieren estadísticamente.

En floración femenina se encontró un retraso en los días a floración pasando de 66 días en una densidad de 50,000 plantas·ha⁻¹ a 68 días en una densidad de 126,000 plantas·ha⁻¹. Esto coincide con VIRGEN et al (2016). Ellos encontraron que el inicio y floración media masculina y femenina varió entre tres y cuatro días con densidades de 62,000 y 83,000 plantas·ha⁻¹ debido a la competencia entre plantas. Sin embargo, en este estudio antesis masculina no presentó diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 4). Es posible que intensas lluvias observadas durante el periodo del mismo causaron que la floración masculina fueron uniformes durante el periodo de registro de floración (Cuadro 4).

Cuadro 4. Días a floración femenina y masculina de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad plantas · ha ⁻¹	Antesis femenina (días)	Antesis masculina (días)
50,000	66.8 b ¥	67.13 a
76,000	67.2 b	66.43 a
101,000	67.3 b	67.00 a
126,000	68.3 a	67.50 a
R ²	0.38	0.33
CV	1.4	2.62

¥ = Letras iguales no difieren estadísticamente.

Para las variables granos por mazorca y peso por mazorca se observó diferencia significativa para el factor densidad, mientras que, para la variable longitud de mazorca

tanto la densidad de siembra como la dosis de fertilizante tuvieron diferencia significativa estadísticamente en el híbrido P4082WHR[®] de Pioneer en Zamorano, Honduras (Cuadro 5).

Cuadro 5. Niveles de significancia para las variables longitud de mazorca, diámetro de mazorca, Índice de tamaño de mazorca (ITM), granos por mazorca, peso por mazorca en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Long. Mazorca (cm)	Diámetro de mazorca (cm)	Índice de tamaño de mazorca (ITM)	Granos/mazorca (N°)	Peso por mazorca (g)
Bloques	ns	ns	ns	ns	ns
Densidad	*	ns	ns	*	*
Dosis	*	ns	ns	ns	ns
Densidad × Dosis	ns	ns	ns	ns	ns
CV (%)	6.47	8.19	14.91	14.44	9.09

* = diferencia significativa ($P \leq 0.05$), ns; no existe diferencias significativas, CV; coeficiente de variación

A diferencia del diámetro y el índice de tamaño de la mazorca, las cuales no fueron afectadas por la densidad poblacional o dosis de fertilizante, la longitud de mazorca fue afectada por ambos factores, densidad y dosis. A medida que aumenta la densidad a 126,000 plantas·ha⁻¹ la longitud va disminuyendo (Figura 4 A), esto contradice a Paredes (1990) donde en su experimento obtuvo que la densidad si afecta la longitud de mazorca, pero a mayor densidad mayor longitud, esto podría ser porque él en su experimento se mostraron las dosis de fertilizante constantes. La longitud de mazorca por efecto de la dosis de fertilización no muestra una tendencia clara (Figura 4 B) ya que tanto en densidades altas como en densidades bajas mostraron mazorcas con la misma longitud. Palma (2015) encontró diferencias estadísticas en el factor niveles de fertilización, Paredes (1990) atribuye el efecto en la longitud de la mazorca a la densidad ya que en su experimento mantuvo la dosis de fertilizante constante.

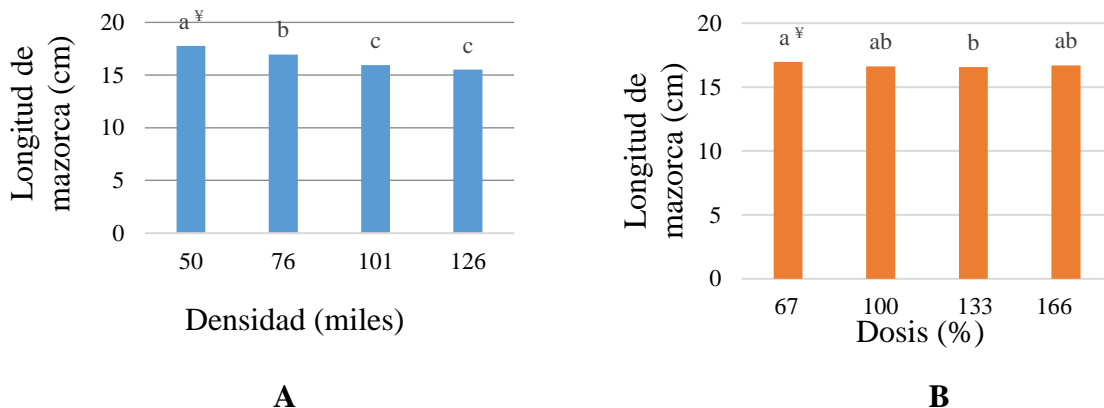


Figura 4. Efecto independiente de la densidad (A) y la dosis (B) en la longitud de mazorca de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

[¥] = Letras iguales no difieren estadísticamente.

La figura 5 muestra que el número de granos por mazorca no fue diferente para todas las densidades, con excepción de la población de 50,000 plantas·ha⁻¹, en la cual se observó un mejor número de granos. Acosta et al. (2013) le atribuyen el número de granos a la genética y no a factores controlables en campo.

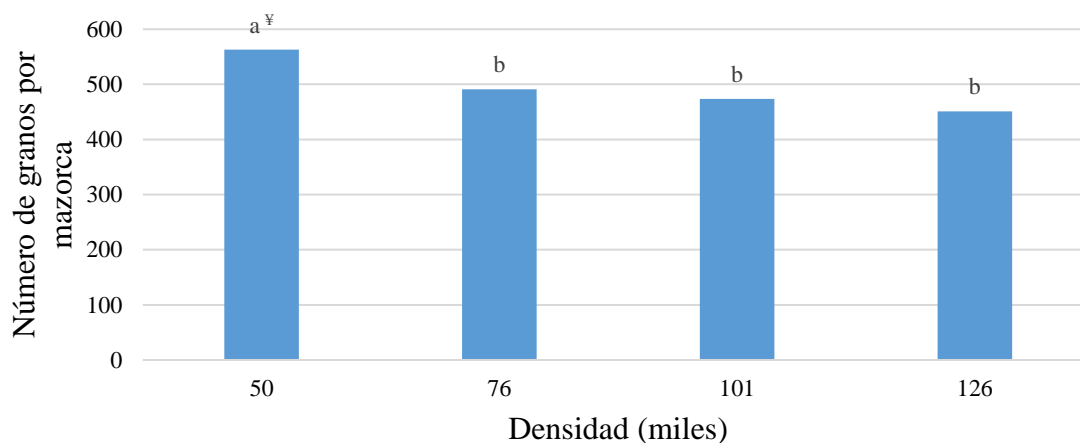


Figura 5. Efecto de la densidad de plantas en el número de granos por mazorca de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

[¥] = Letras iguales no difieren estadísticamente.

A pesar que el número de granos se mantuvo igual a densidades altas y medias, el mayor rendimiento por mazorca se observó a la densidad de 50,000 plantas·ha⁻¹ con 0.154 kg, a medida que la densidad incrementó a 126,000 plantas el rendimiento por planta se redujo un 22% (Figura 6). Estos resultados coinciden con lo reportado por Peña et.al (2010) donde el rendimiento de grano por planta decreció de 60,000 a 100,000 plantas · ha⁻¹. Los datos muestran que el rendimiento por planta se afectó negativamente con el cambio de densidad

no solo a densidades altas, sino que también medias y bajas pero este efecto no generó decrementos en el rendimiento potencial, al parecer todavía pueden lograr mayores rendimientos por unidad de superficie con mayores densidades de población.

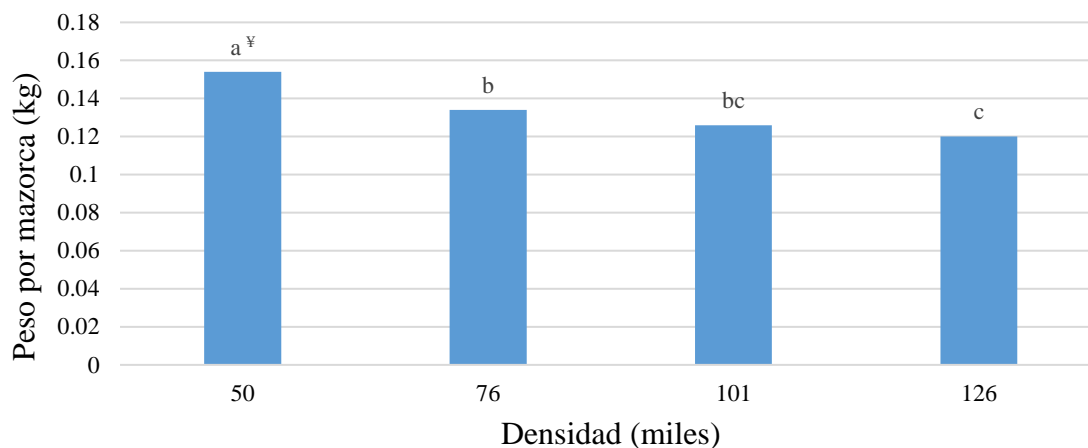


Figura 6. Efecto de la densidad poblacional en el peso por mazorca de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

¥ = Letras iguales no difieren estadísticamente.

Los niveles de significancia para las variables de rendimiento; peso específico (1,000 semillas) muestra diferencia significativa para para el factor densidad, mientras que el rendimiento muestra significancia para los factores densidad de siembra y dosis de fertilizante (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles de significancia para las variables de rendimiento y peso específico (1,000 semillas) de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de variación	Peso específico (g /1,000 semillas)	Rendimiento (t·ha ⁻¹)
Bloques	ns	ns
Densidad	*	*
Dosis	ns	*
Densidad × Dosis	ns	ns
CV (%)	12.31	12

* = diferencia significativa ($P \leq 0.05$), ns; no existe diferencias significativas, CV; coeficiente de variación

El peso de 1,000 semillas se vio influenciado por la densidad de plantas, donde a 50,000 plantas·ha⁻¹ el peso fue mayor comparado con el peso específico a densidades de 101,000 y 126,000 plantas·ha⁻¹ (Figura 7). Estos datos no coinciden con lo reportado por Quevedo et

al. (2015), en su estudio, esta variable no se vio afectada por acción de las distancias entre surcos y el número de plantas por metro lineal evaluadas.

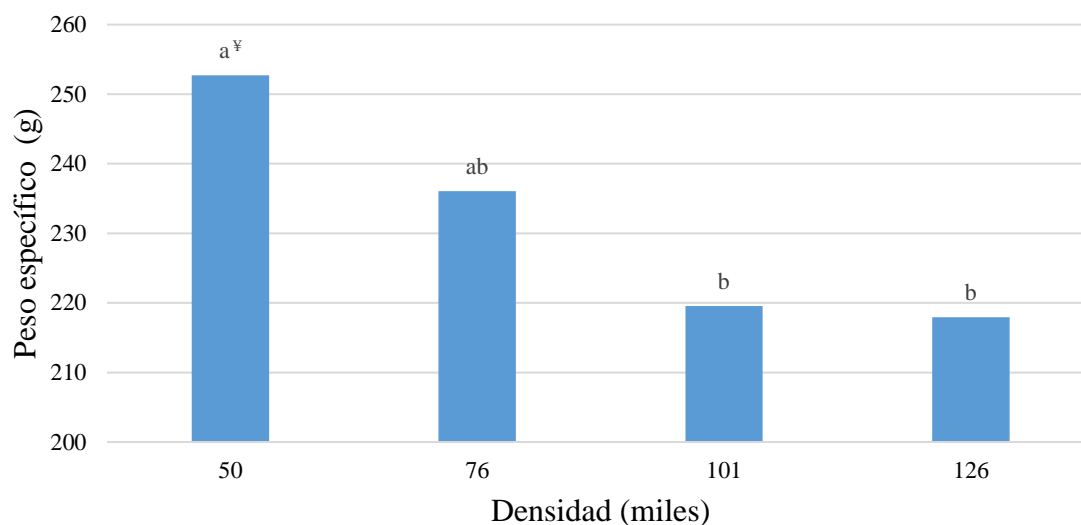
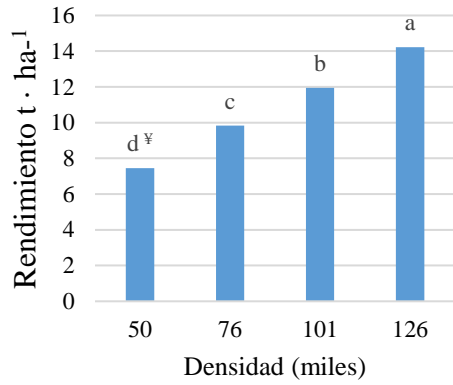


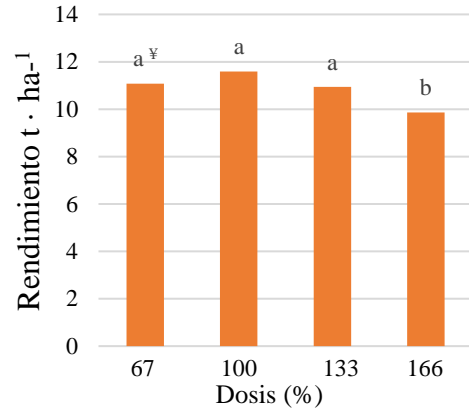
Figura 7. Efecto de la densidad poblacional en el peso específico de las semillas de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

¥ = Letras iguales no difieren estadísticamente.

El rendimiento incrementó grandemente al incrementar el número de plantas por hectárea. A 126,000 plantas·ha⁻¹ el rendimiento fue de 14.23 toneladas comparado con 7.58 t·ha⁻¹ a bajas densidades, lo que indica incrementos del 100% en el rendimiento (Figura 8 A). Esto coincide con lo encontrado por (Quevedo et.al. 2015) y (Cirilo s.f), ellos encontraron que, a densidades mayores, mayor rendimiento. La mayor densidad mayor rendimiento, en su estudio obtuvieron un rendimiento promedio de 11.69 toneladas a una densidad de 112,500 plantas·ha⁻¹ y 14.8 toneladas a una densidad de 90,000 plantas·ha⁻¹ respectivamente. En contraste con el efecto observado en el rendimiento por efecto de la densidad, la dosis de fertilizante no causó incremento significativo en el rendimiento, por lo contrario, el menor rendimiento fue a las más altas dosis (Figura 8 B), este estudio concuerda con Villaseca (2001) y Aguilar et al. (2016), ellos atribuyen el aumento de rendimiento al suministro de nitrógeno y no a la densidad.



A



B

Figura 8. Efecto de la densidad poblacional (A) y la dosis de fertilización (B) en el rendimiento de grano de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

¥ = Letras iguales no difieren estadísticamente.

4. CONCLUSIONES

- La densidad de plantas afecta el diámetro y altura de planta, anthesis femenina, número de granos y peso específico. El rendimiento y la longitud de mazorca se vieron afectados por la densidad de plantas y dosis de fertilización.
- No existe densidad óptima, ya que el rendimiento incrementa por el número de individuos, aunque presenta efectos negativos en su desarrollo. Sin embargo, con una densidad de 126,000 plantas se logró un rendimiento de $14.23 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ pero al suministrar dosis alta de fertilizante N-166, P-33.2, K-26.3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ el rendimiento decrece 5%.
- Diámetro de planta y días a floración son las dos mejores variables predictoras de rendimiento.

5. RECOMENDACIONES

- Utilizar el diámetro y los días a floración como predictores de rendimiento en otros ensayos.
- Ejecutar el ensayo en época seca y en diferentes localidades para garantizar el mejor uso de nutrientes.
- Realizar un estudio con densidades inferiores a 126,000 plantas·ha⁻¹ y dosis entre 75-15-57 y 125-25-95 kg · ha⁻¹ NPK respectivamente.
- Realizar un análisis económico para determinar la dosis y densidad óptima.

6. LITERATURA CITADA

- Acosta R, Colomer A, Ríos H, Martínez M. 2013. Morphoagronomic characterization of a maize population (*Zea Mays* L.) under open pollination conditions in Batabanó, Mayabeque. *Cultivos tropicales*. Vol 34, no. 2. INCA. Ministerio de Educación Superior. Cuba. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. [consultado: 2017 oct] Disponible en; <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v34n2/ctr09213.pdf> ISSN digital: 1819-4087
- Aguilar C, Escalante J, Aguilar M, Mejía C, José A, Conde M, Víctor F, Trinidad S. 2016. Eficiencia agronómica, rendimiento y rentabilidad de genotipos de maíz en función del nitrógeno. *Terra Latinoamericana* Vol. 34. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C, Chapingo, México [en línea] 2016, 43 p: [consultado: 2017 sept] Disponible en:<<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57347465004>> ISSN.
- Bertsch F. 2003. *La fertilidad de suelos y su manejo*. 1ra ed. ACCS. San José, Costa Rica.
- Campodónico F. 2012. Evaluación de rendimientos de maíz en función de distintas densidades de siembra en el partido de Lima, provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica de Argentina. [consultado: 2017 may] Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacion-rendimientos-maiz-funcion-densidades.pdf>.
- CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo). 2012. Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. [consultado 2017 may] Disponible en; www.cimmyt.org/es/.
- Cirilo A. (s.f). Rendimiento del cultivo de maíz. manejo de la densidad y distancia entre surcos en maíz. [consultado: 2017 sept] Disponible en: Biblioteca virtual universal. <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210724.pdf>.
- Cruz O. 2013. Manual para el cultivo del maíz en Honduras [internet]. Tegucigalpa. Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria (DICTA). [Consultado 2017 jun]. Disponible en; <http://www.dicta.hn/files/Manual-cultivo-de-MAIZ--III-EDICION,-2013.pdf>.

- E de la Cruz L, Orellana H, Estrada M, Mendoza J, Gómez A, Brito N. 2009. Grain yield of maize genotypes grown at three population densities. División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, Centro, Tabasco, México. Universidad y Ciencia. Trópico húmedo, [consultado: 2017 jun]. Disponible en; www.ujat.mx/publicaciones/uciencia 25(1):93-98,2009.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2017. Rendimiento de maíz en respuesta a fertilización nitrogenada y densidad de población. Lund University Libraries [Consultado 2017 may].
- Martínez M, Pérez 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. Trabajo de Diploma. Facultad de agronomía. Programa recursos genéticos nicaragüenses. Universidad Nacional Agraria. [consultado: 2017 sept] Disponible en; <http://repositorio.una.edu.ni/1919/1/tnf01m385e.pdf>.
- Palma B. 2015. Efecto de la fertilización con NPK sobre el rendimiento de dos híbridos experimentales de maíz (*Zea Mays* L.).[Tesis] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Agrarias, carrera de Ingeniería Agronómica, Ecuador [consultado 2017 oct].
- Paredes Albuja J. 1990. Evaluación de diferentes niveles de fertilización en maíz dulce (*Zea mays* L.) en dos densidades de siembra [Tesis] Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 30 p.
- Peña A, González F, Robles F. 2010. Agronomic management to increase grain and forage yield in full season maize hybrids. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, Vol. 1. Núm. 1. Aguascalientes, México. [consultado 2017 oct]. Disponible en; <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v1n1/v1n1a3.pdf>.
- Quevedo Y, Barragán E, Beltrán J. 2015. High density sowing effect on the corn hybrid (*Zea mays* L.) Impacto [Tesis]. Scientia Agroalimentaria. Vol 2. ISSN: 2339-4684. [consultado 2017 sept].
- Sánchez M, Aguilar C, Valenzuela N, Sánchez C, Jiménez M, Villanueva C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. Agronomía mesoamericana. Vol. 2. San Pedro, diciembre. [consultado 2017 junio]. Disponible en; http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212011000200005
- Sellar I. 2015. Evaluación de la respuesta a la fertilización variable nitrogenada en maíz en el norte de la provincia de Buenos Aires. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Universidad Católica Argentina. [consultado 2017 jul]. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluación-respuesta-maiz-arrecifes-pdf>.

- Oyarzun Arrechea M. 2010. Respuesta productiva de un cultivo de maíz (*Zea mays* L. Var. Dracma) a distintas dosis de nitrógeno con dos tipos de riego (aspersión e inundación) y efecto sobre la lixiviación de nitratos [Tesis]. Universidad Pública de Navarra. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos-España. 100 p. [consultado 2017 sept]. Disponible en; academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4443/577650.pdf
- Villaseca Oróstica M. 2001. Efecto de la densidad y el nitrógeno sobre la productividad de dos cultivares de maíz en el Zamorano, Honduras [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. [consultado 2017 sept].
- Virgen J, Zepeda R Ávila M, Espinosa A, Arellano J, Gámez A. 2016. Seed production and quality of maize in High Valleys of Mexico *Agronomía Mesoamericana* Vol. 27 ISSN electrónico: 2215-3608. Disponible en; <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/21899/22100>. [consultado 2017 sept].

7. ANEXOS

Anexo 1. Diámetro de mazorca por efecto de densidad de siembra en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad de siembra (plantas·ha ⁻¹)	Diámetro de mazorca (cm)
50,000	4.64 a
76,000	4.45 ab
101,000	4.38 ab
126,000	4.22 ab
R ²	0.37
CV	8.19

Anexo 2. Diámetro de mazorca por efecto de dosis de fertilizante en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis de fertilizante	Diámetro de mazorca (cm)
67%	4.35 a
100%	4.43 a
133%	4.34 a
166%	4.56 a
R ²	0.37
CV	8.19

Anexo 3. Índice de tamaño de mazorca por efecto de densidad de siembra en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad de siembra (plantas·ha ⁻¹)	Índice de tamaño de mazorca
50,000	0.261 a
76,000	0.263 a
101,000	0.275 a
126,000	0.273 a
R ²	0.59
CV	10.42

Anexo 4. Índice de tamaño de mazorca por efecto de dosis de fertilizante en la determinación del efecto de densidades de siembra y dosis de fertilizante en el cultivo de maíz en Lote 3 Santa Inés, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis de fertilizante	Índice de tamaño de mazorca
67%	0.257 b
100%	0.279 a
133%	0.263 ab
166%	0.273 ab
R ²	0.59
CV	10.42