

**Efecto de dosis de fertilización y densidad
poblacional en el rendimiento de okra
(*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)**

**David Alejandro Xavier Perez Herrera
Gustavo Amilcar Ordoñez Peralta**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2018

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

**Efecto de dosis de fertilización y densidad
poblacional en el rendimiento de okra
(*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)**

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

Presentado por

**David Alejandro Xavier Perez Herrera
Gustavo Amilcar Ordoñez Peralta**

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2018

**Efecto de dosis de fertilización y densidad poblacional en el rendimiento de okra
(*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench)**

**Gustavo Amilcar Ordóñez Peralta
David Alejandro Xavier Pérez Herrera**

Resumen. La okra (*Abelmoschus esculentus*) es un cultivo hortícola no tradicional en Centroamérica. Es de gran importancia nutricional al ser bajo en calorías, libre de grasas, y rico en fibras, vitaminas y minerales. El rendimiento promedio en Honduras es de 12 t/ha. La fertilización y densidad poblacional son factores críticos en el rendimiento. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de dosis de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y densidad poblacional en el rendimiento y rentabilidad de okra en Zamorano, Honduras. El ensayo se realizó entre los meses de abril a julio de 2018. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con dosis de fertilización como parcela principal y densidad poblacional como sub-parcela, con cuatro repeticiones. Los tratamientos de densidad poblacional fueron 38,091, 53,328 y 88,880 plantas/ha, en combinación con 42-5.8-64.3, 126-17.4-193, 210-29.0-335, 294-40.6-477 y 378-52.2-619 kg/ha de N-P-K. Las dosis de N-P-K, no tuvieron efecto en las variables de rendimiento y desarrollo vegetativo. Sin embargo, la densidad poblacional afectó directamente el rendimiento, donde la densidad de 88,880 plantas/ha resultó en 31% (15.8 t/ha) mayor en rendimiento que las densidades de 53,328 plantas/ha (12.2 t/ha) y 38,091 plantas/ha (11.8 t/ha), respectivamente. Se recomienda la aplicación de 42-5.8-51 kg/ha de N-P-K para la producción de okra con una densidad poblacional de 88,880 plantas/ha.

Palabras clave: Competencia, desarrollo vegetativo, prácticas culturales, producción.

Abstract. Okra (*Abelmoschus esculentus*) is a horticultural, non-traditional crop in Central America. It is of great nutritional importance for being low in calories, fat-free, and rich in fiber, vitamins and minerals. Average yield in Honduras is 12 t/ha. Fertilization and plant density are critical factors for its production. The objective of this study was to evaluate the effect of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) doses and plant density on yield and profitability of okra in Zamorano, Honduras. The experiment was carried out between the months of April to July 2018. Randomized complete block with a split-plot arrangement was used with fertilization dose as the main plot and plant density as a sub-plot, with four replications. Plant density treatments were 38,091, 53,328, and 88,880 plants/ha, combine with 42-5.8-64.3, 126-17.4-193, 210-29.0-335, 294-40.6-477 y 378-52.2-619 kg/ha of N-P-K dose. N-P-K, have no effect on yield and plant growth. However, plant density directly affected commercial yield. Density of 88,880 plants/ha resulted in 31% (15.8 t/ha) greater commercial yield than 53,328 plants/ha (12.2 t/ha) and 38,091 plants/ ha (11.8 t/ha), respectively. The application of 42-5.8-51 kg/ha of N-P-K to produce okra with a plant density of 88,880 plants/ha is recommended.

Key words: Competence, vegetative development, cultural practices, production.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas.....	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Índice de Cuadros y Figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. METODOLOGÍA	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	7
4. CONCLUSIONES.....	20
5. RECOMENDACIONES	21
6. LITERATURA CITADA.....	22

ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadros	Página
1. Listado de los tratamientos de densidad (plantas/ha) con sus respectivas distancias entre plantas y dosis de fertilizante	3
2. Niveles de significancia para las variables predictoras de rendimiento total en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	7
3. Efecto de la densidad en las variables de número de frutos comerciales y no comerciales, peso comercial y peso no comercial en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	8
4. Niveles de significancia para las variables predictoras de rendimiento por planta en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	10
5. Separación de medias para las variables frutos, pesos comerciales y no comerciales por planta en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	12
6. Niveles de significancia para la variable de biomasa a las 6, 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	14
7. Efecto de la densidad poblacional en peso (g) de la biomasa tomada en las semanas 8 y 10 después de siembra en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	15
8. Niveles de significancia para la variable de número de hojas a las 4, 6, 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	15
9. Separación de medias para la variable de número de hojas 4, 6, 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	16
10. Niveles de significancia para la variable análisis foliar en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	16
11. Costos de fertilización por hectárea de okra en base a los cinco tratamientos utilizados de fertilización en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	17
12. Costo de cantidad necesaria de semilla para sembrar una hectárea de okra en base a las tres densidades poblacionales en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	17

13. Evaluación de costos y rendimiento de las densidades poblacionales en combinación de las dosis de fertilización en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras	18
--	----

Figuras	Página
1. Distancias entre hileras dentro de la cama y entre camas de siembra en campo de cultivo de okra.....	4
2. Distribución espacial de parcelas en los cuatro bloques A, B, C y D	5
3. Comparación de los frutos con standares comerciales (A) vrs frutos no comerciales (B) de okra.....	6
4. Regresión lineal ajustada de número de frutos comerciales y no comerciales cosechados por hectárea en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	9
5. Regresión lineal para peso comercial y no comercial cosechado por hectárea en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	10
6. Regresión lineal de número total de frutos comerciales y no comerciales cosechados por planta en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.....	13
7. Regresión lineal de peso total comercial y no comercial cosechados por planta en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.	14

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo de okra (*Abelmoschus esculentus L*) es una malvácea anual originaria de Asia y África, adaptada a climas tropicales y subtropicales (Díaz *et al.* 2007). Su explotación requiere alta cantidad de mano de obra por sus largos periodos de cosecha (Díaz *et al.* 2007). Según (FAO 2016), la producción de okra a nivel mundial anda alrededor de 7 millones de toneladas, siendo India el líder en producción con el 70% del volumen total, seguido por México, Estados Unidos, y Centroamérica. En Honduras, la okra es producida para exportación. Este cultivo se siembra en la zona sur-central del país (SAG 2014), donde se produce 70% de la okra de exportación, con 40.5 millones de libras exportadas en el 2016 (Flores 2016).

Para alcanzar niveles de calidad de exportación y rentabilidad, las prácticas culturales son de vital importancia. Dentro de estas, el distanciamiento de siembra juega un papel muy importante para la producción. Una mayor densidad de plantas por hectárea podría reflejar una mayor producción de frutos. Sin embargo, un menor número de plantas podría aumentar el tamaño del fruto. Los distanciamientos de siembra tradicionales para okra son de 80 a 90 cm entre surco y 20 a 25 cm entre planta (Díaz *et al.* 2007). Gaitán (2005), recomendó distanciamiento de 60 a 90 cm entre surco y de 40 cm entre plantas. (Escalante *et al.* 1999), señala que el distanciamiento de siembra que presentó mejores rendimientos con 30 a 35 cm entre planta y 80 cm entre surco. Moreno *et al.* (2007) recomiendan un distanciamiento de siembra de 1.5 m entre surcos y 40 a 50 cm entre plantas usando dos líneas por surco sembradas a tresbolillo. Amjad *et al.* (2002), afirman que los mayores rendimientos fueron a una distancia de 15 cm entre plantas y 90 cm entre surcos. Ahmed y Mohamed (2015), concluyeron que con un distanciamiento de 0.5 m entre surco y 25 cm entre plantas obtuvieron el de mayor crecimiento vegetativo y rendimientos. Dada las diversas recomendaciones de siembra es posible establecer la hipótesis de que la respuesta del cultivo al distanciamiento está influenciada por el sistema de producción.

Un segundo factor de importancia es la fertilización, la cual es crítica al momento de escoger un distanciamiento de siembra adecuado. Un mayor número de plantas por unidad de área tendrá requerimientos nutricionales mayores. El nitrógeno (N) es el elemento principal en la formación de estructuras de la planta (Tajer 2016). Tradicionalmente, las dosis de N usadas en el cultivo de okra son de 120 a 140 kg/ha. Gaitán (2005), recomienda 120 kg/ha de N para un tiempo de producción de 3 a 4 meses. Firoz (2009), sugiere que la dosis de N que presentan mayor rendimiento es 100 kg/ha, similar a Ahmed y Mohamed (2015) quienes concluyeron que con una dosis de 100 kg de N por hectárea es lo óptimo. No obstante, Amjad *et al.* (2002), afirman que las dosis de N de 80 y 120 kg/ha presentan los mayores rendimientos.

De acuerdo a Ali Mamkagh (2009), la aplicación de 50 kg/ha de N representó el óptimo valor para la máxima producción de okra. Según diversos autores, la dosis de N recomendado para okra, anda entre 50 y 140 kg/ha. Seguido a esto, las densidad poblacional ronda entre 34,000 a 80,000 plantas/ha. Es posible que la respuesta de rendimiento de estos autores estuviera dada por la interacción entre dosis de N y densidad poblacional. Gaitan (2005), recomendó 120 kg/ha de N y una densidad de siembra de 33,500 plantas/ha.

El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agronómicas de México concluyó que 120 a 140 kg/ha de N y una densidad de 60,000 plantas/ha para un rendimiento de 10 toneladas/ha es lo óptimo. Amjad *et al.* (2002), sugirieron que la dosis de N es 80 y 120 kg/ha y una densidad de 74,000 plantas/ha. Dado que la economía de exportación depende de la rentabilidad del cultivo, es necesario determinar la respuesta de la okra a diferentes dosis de N-P-K y a distintas densidades poblacionales por hectárea en los sistemas productivos de Honduras.

Los objetivos de este ensayo fueron:

- Evaluar el efecto de cinco dosis de N-P-K y tres densidades poblacionales en el rendimiento de okra en Zamorano, Honduras.
- Determinar el costo/beneficio del cultivo asociado con las diferentes dosis de fertilización y densidades poblacionales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del ensayo.

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras (14°0'47.00"N, 87°0'9.96"O). Ubicada en el valle del Yeguaré a 30 km de la ciudad de Tegucigalpa y una precipitación promedio acumulada de 289 mm a campo abierto durante los meses de abril-julio del 2018, en un área total de 810 m².

Tratamientos.

Los tratamientos constituyeron la distribución de tres densidades poblacionales de okra en camas, (las plantas fueron distanciadas entre ellas a 15, 25, 35 cm) (Figura 1) con cinco dosis de fertilizante. Este arreglo resultó en un total de 15 tratamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Listado de los tratamientos de densidad (plantas/ha) con sus respectivas distancias entre plantas y dosis de fertilizante

Tratamiento	Densidades poblacionales (plantas/ha)	Distancia entre plantas (cm)	Dosis de N-P-K (kg/ha)
1	88,880	15	42 - 5.8 - 64.3
2	88,880	15	126 - 17.4 - 193
3	88,880	15	210 - 29.0 - 335
4	88,880	15	294 - 40.6 - 477
5	88,880	15	378 - 52.2 - 619
6	53,328	25	42 - 5.8 - 64.3
7	53,328	25	126 - 17.4 - 193
8	53,328	25	210 - 29.0 - 335
9	53,328	25	294 - 40.6 - 477
10	53,328	25	378 - 52.2 - 619
11	38,091	35	42 - 5.8 - 64.3
12	38,091	35	126 - 17.4 - 193
13	38,091	35	210 - 29.0 - 335
14	38,091	35	294 - 40.6 - 477
15	38,091	35	378 - 52.2 - 619

Preparación del terreno.

Se hizo un pase de rastra pesada y liviana para mullir el suelo, posteriormente se acamó y emplástico. Se establecieron un total de seis camas, con un ancho de 0.4 m y 90 m de largo, separadas a 1.5 m entre las mismas. Se sembró una barrera viva de sorgo al costado del área experimental con el objetivo de evitar la contaminación cruzada de los otros lotes y mitigar el efecto de las plagas de origen insectil. Se agregó carbonato de calcio al suelo, 1 t/ha para realizar ajuste del pH de suelo, siendo este tratamiento incorporado con azadón.

Las parcelas se dividieron según la distribución de las unidades experimentales, se identificó con pintura en spray cada parcela con su código distintivo. Cada unidad experimental contó con un área de 2.4 m² con 2 hileras por cama distanciadas a 0.2 m entre sí. Se dejó un espacio de 2 m entre cada unidad experimental como pasillo.

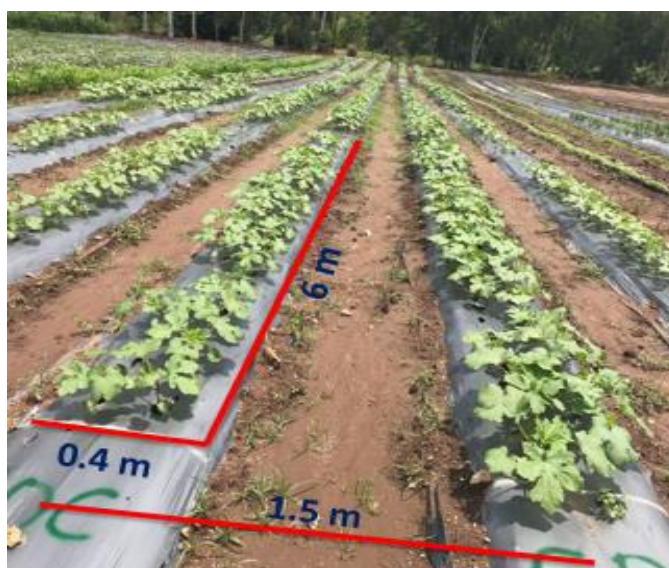


Figura 1. Distancias entre hileras dentro de la cama y entre camas de siembra en campo de cultivo de okra.

Siembra.

La siembra se llevó a cabo el día 18 de abril del 2018. Se realizó siembra directa en campo, utilizando tres semillas por postura, logrando obtener un 85% de germinación. Se utilizó semilla de la variedad Clemson Spineless.

Riego.

Se colocó una cinta de riego por cada cama, los goteros estaban distanciados a 25 cm con un caudal de 1.2 L/hora. Se regó diariamente por 2 horas los primeros 20 días, 3 horas los 40 días posteriores, y la cantidad de 4 horas los 30 días restantes. En días continuos de precipitación, el riego se suspendió debido a la saturación del suelo.

Fertilización.

La fertilización se calculó según los requerimientos nutricionales del cultivo en una producción de 10 t/ha (Bertsh Hernández 2009). Se realizaron fertilizaciones post emergencia, aplicando una dosis uniforme para todas las parcelas experimentales con la cantidad completaría a la fertilización que se realizó pre siembra según los tratamientos asignados a cada parcela. La aplicación post emergencia se realizó a través de fertiriego en un sistema de inyección tipo venturi en las proporciones siguientes: 1.717 kg de nitrato de amonio, 0.145 kg de DAP y 1.309 kg de sulfato de potasio, equivalentes a 42-5.8-51 kg/ha de N-P-K. Estas cantidades fueron fraccionadas durante 12 semanas del ciclo del cultivo, realizando 2 aplicaciones por semana.

Diseño experimental.

Los tratamientos fueron distribuidos en el campo con un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con un arreglo factorial de 5×3 , con 15 tratamientos y 4 repeticiones o bloques (Figura 2). Se utilizaron un total de 60 unidades experimentales.

10A	2B	4B	6C	11C	
5A	13B	9B	1C	3C	8D
14A	3B	14B	7C	13C	3D
9A	8B	10B	12C	8C	13D
4A		15B	2C		14D
12A		5B	4C		4D
7A		1B	14C	15D	9D
2A	11A	6B	9C	10D	12D
13A	6A	11B	10C	5D	7D
8A	1A	7B	5C	1D	2D
3A	15A	12B	15C	6D	11D

Figura 2. Distribución espacial de parcelas en los cuatro bloques A, B, C y D.

Variables medidas.

Rendimiento comercial y no Comercial.

A las 7 semanas después de siembra (SDS) se realizó la primera cosecha por parcela tomando en cuenta un fruto comercial de 8 a 12 cm de longitud y no comercial frutos de más de 12 cm, deformes o dañados (Ibarrán 2000). Se cosechó durante 7 semanas, realizando 3 cosechas por semana. Se tomaron los datos de cantidad de frutos por parcela y su peso, separados en comerciales y no comerciales (Figura 3).

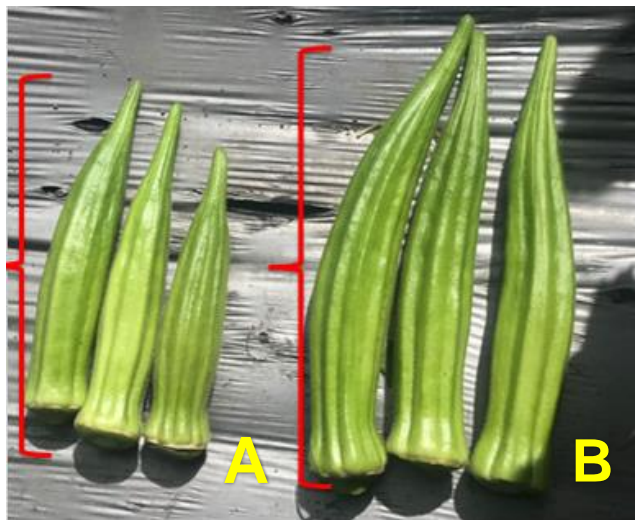


Figura 3. Comparación de los frutos de okra comerciales con longitud de 8-12 cm (A) vs frutos no comerciales con longitud mayor a 12 cm (B).

Biomasa.

Se tomaron dos plantas por muestra a las semanas 6, 8 y 10 después de siembra, para un total de tres muestras. Se pesaron las plantas en fresco en una pesa analítica y además se contaron las hojas por planta cuatro veces en las semanas 4, 6, 8 y 10 después de siembra.

Análisis foliar.

A las 8 SDS se tomó una muestra foliar por parcela, tomando 3 plantas al azar. Se realizó el análisis foliar en nitrógeno en el laboratorio de suelos.

Análisis estadístico.

Los cálculos estadísticos se realizaron con el programa Statistix 9.0. Se realizó un análisis de varianza y una separación de medias por Fisher Least Significant Difference con un alfa de $P \leq 0.05$.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las variables de rendimiento total: número de frutos comerciales por hectárea, número de frutos no comerciales por hectárea, peso comercial total por hectárea y peso no comercial total por hectárea hubo diferencia significativa para el factor densidad (Cuadro 2).

Cuadro 2. Niveles de significancia para las variables predictoras de rendimiento total en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de Variación	Frutos comerciales/ha	Frutos no comerciales/ha	Peso comercial total/ha	Peso no comercial total/ha
Densidad	0.0000	0.0012	0.0001	0.0051
Fertilización	0.4117	0.6812	0.5425	0.8174
Densidad × Fertilización	0.7890	0.4644	0.7936	0.5108
CV%	19.1	28.5	20.8	29.4

Valores menores= diferencia significativa ($P \leq 0.05$), valores mayores= diferencia no significativa ($P \geq 0.05$), CV= coeficiente de variación.

Para la variable frutos comerciales/ha al usar una densidad de 88,880 plantas por hectárea se obtuvo 35% más de frutos en comparación con la densidades de 53,328 y 38,091 plantas/ha las cuales no fueron diferentes estadísticamente. Para la variable frutos no comerciales/ha la densidad de 88,880 plantas/ha fue mayor en un 34% comparado a las dos densidades menores cuales no fueron diferentes estadísticamente (Cuadro 3).

En la variable peso comercial total/ha de nuevo la densidad de 88,880 plantas es mayor en un 31% que las otras densidades poblacionales, mientras se mantiene la no diferencia estadística de estas. La variable peso no comercial total/ha igual se mantiene que la densidad más alta es mayor en un 30% comparado con las otras dos densidades.

En todas las variables de rendimiento se mantuvo una tendencia mayor en la densidad de 88,880 plantas/ha. No obstante, densidades de 53,328 plantas/ha y 38,091 plantas/ha resultaron en una reducción sin diferencia significativa entre ambas.

Esto concuerda con Paththinige *et al.* (2008); Agba *et al.* (2011); Baw *et al.* (2017) quienes concluyeron que aumentando la densidad de plantas arriba de 50,000 el rendimiento por hectárea se incrementaría de igual manera. Esto debido a que densidades altas representan mayor cantidad de plantas por unidad de área comparado con densidades bajas, impactando favorablemente el rendimiento total.

Cuadro 3. Efecto de la densidad en las variables de número de frutos comerciales y no comerciales, peso comercial y peso no comercial en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad plantas / ha	Frutos comerciales/ha ¥	Frutos no comerciales/ha ¥	Peso comercial total/ha (kg) ¥	Peso no comercial total/ha (kg) ¥
88,880	918,327 A	175,950 A	15795 A	5338.8 A
53,328	698,165 B	133,329 B	12241 B	4276.4 B
38,091	661,097 B	129,158 B	11818 B	3946.4 B
Probabilidad	0.0000	0.0012	0.0001	0.0051

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

Tener una mayor cantidad de plantas/ha resulta en un mayor rendimiento de frutos comerciales, esto determinado por las plantas distanciadas a 15 cm. Por otro lado, sembrar menos plantas/ha demuestra una reducción del 39% en rendimiento usando un distanciamiento de 35 cm entre planta. Esto fue demostrado por el modelo número de frutos comerciales /ha= $-12861 * \text{distanciamiento} + 1E+06$, con un R^2 de 0.65. El modelo de frutos no comerciales/ha= $-2131.1 * \text{distanciamiento} + 199422$ con un R^2 de 0.23, muestra la misma tendencia que mayores densidades representan más frutos no comerciales mientras que ambas densidades menores fueron estadísticamente iguales en cantidad de frutos (Figura 4).

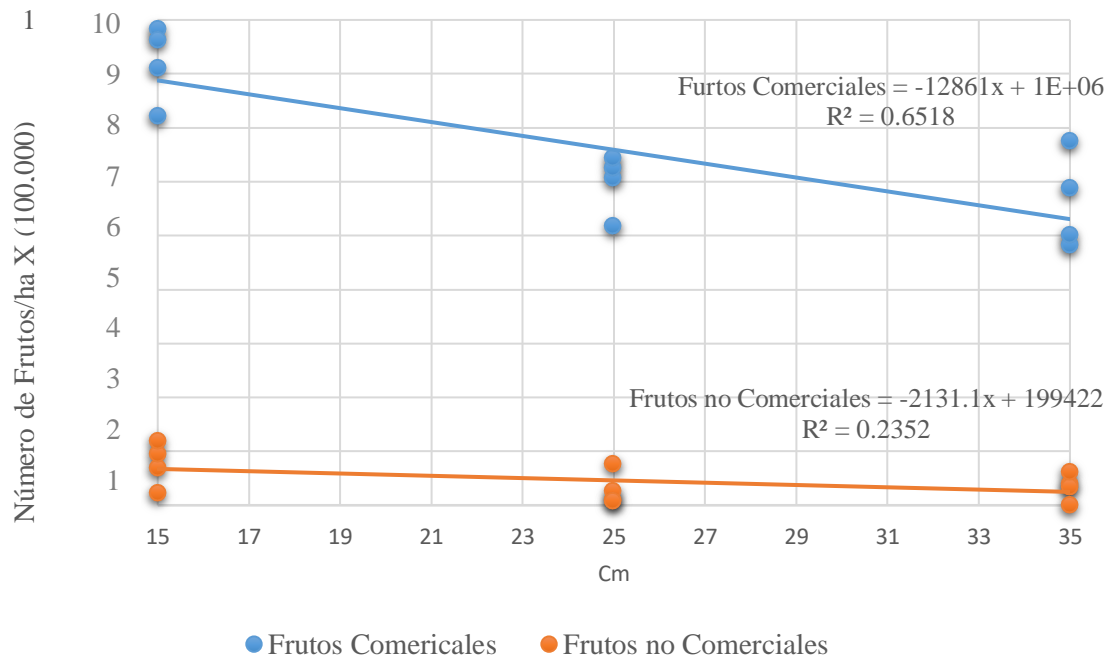


Figura 4. Regresión lineal ajustada de número de frutos comerciales y no comerciales cosechados por hectárea en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Según el modelo peso comercial y no comercial/ha = $-193.93 \cdot \text{distanciamiento} + 18373$ con un R^2 de 0.57, a mayor cantidad de plantas, en este caso 88,880/ha, incrementa el peso total cosechado en un 31% (Figura 5). Sembrando a la densidad más baja de 38,091 plantas/ha resultó en una reducción del 34% del peso total cosechado comparada con la densidad más alta. El peso no comercial/ha se muestra una tendencia ligeramente mayor en la cantidad de peso para las plantas distanciadas a 15 cm, por otro lado no hubo diferencia entre los pesos no comerciales a mayores distanciamientos de siembra como 25 y 35 cm.

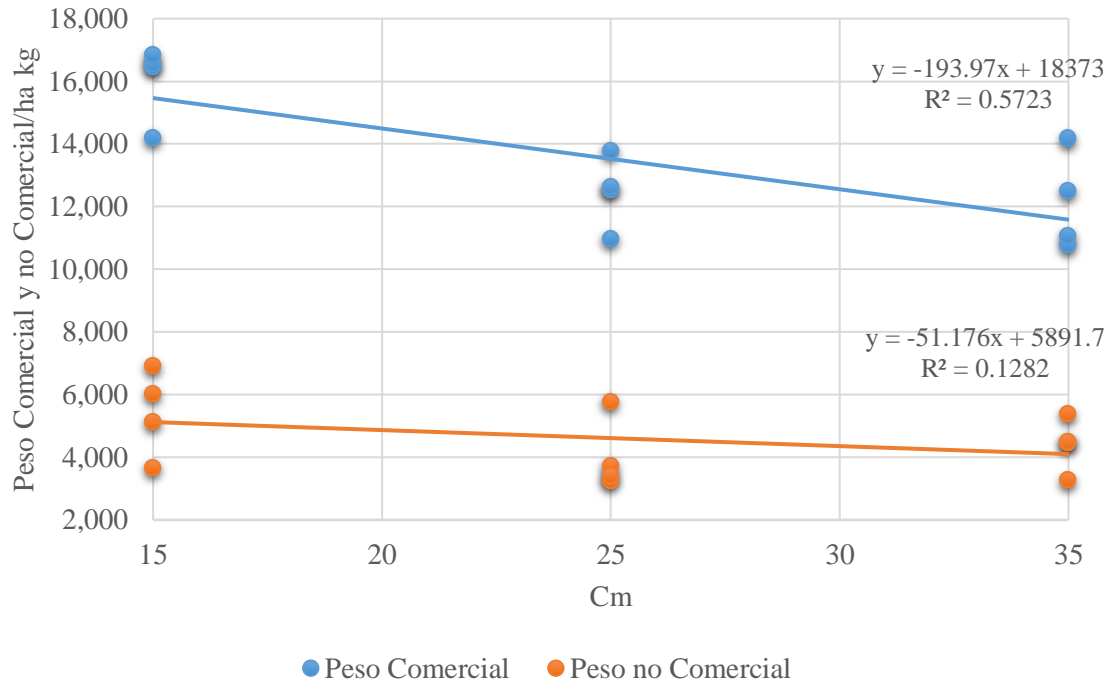


Figura 5. Regresión lineal para peso comercial y no comercial cosechado por hectárea en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Para las variables de rendimiento total individual: número de frutos comerciales por planta, número de frutos no comerciales por planta, peso comercial total por planta y peso no comercial total por planta hubo diferencia significativa para el factor densidad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Niveles de significancia para las variables predictoras de rendimiento por planta en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de Variación	Frutos comerciales/planta	Frutos no comerciales/planta	Peso comercial total/planta	Peso no comercial total/planta
Densidad	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Fertilización	0.2585	0.7125	0.3791	0.8445
Densidad × Fertilización	0.6709	0.5787	0.6906	0.6748
CV%	21	29.28	22.38	31.12

Valores menores= diferencia significativa ($P \leq 0.05$), valores mayores= diferencia no significativa ($P \geq 0.05$), CV= coeficiente de variación.

Al comparar los tres distanciamientos entre planta se encontró diferencia significativa en la producción separando a 15, 25 y 35 cm en número de frutos comerciales. En la variable número de frutos no comerciales se encontró diferencia separando a 35 cm, pero no hubo diferencia significativa para las distancias 15 y 25 cm. Finalmente en el peso total fruto comercial y no comercial por planta, se encontró diferencia distanciando a 35 cm y no hubo diferencia en 15 y 25 cm.

Para la variable frutos comerciales/planta al usar un espaciamiento de 15 cm, equivalente a una cantidad de 88,880 plantas por hectárea, se obtuvo 22% menos frutos en comparación con la densidad distanciada a 25 cm equivalente a 53,328 plantas/ha y un 41% menos sembrando a 35 cm equivalentes a 38,091 plantas/ha. En el tratamiento distanciado a 25 cm resulto en un incremento del 28% de frutos cosechados comparado con el tratamiento a 15 cm y un 24% menos de frutos comparado con plantas distanciadas a 35 cm.

Plantas distanciadas a 35 cm se mostraron mayores en un 68 y 32% comparado con las densidades distanciadas a 15 y 25 cm. Para la variable frutos no comerciales/planta las densidades de 88,880 y 53,328 plantas/ha fueron iguales estadísticamente, mostraron una disminución en un 38% comparado a la densidad de 38,091 la cual mostró una mayor cantidad de frutos no comerciales. En la variable peso comercial total/planta el tratamiento distanciado a 15 cm resulto en un 22% menor comparado con el tratamiento a 25 cm y un 42% menos de peso comparado con las plantas distanciadas a 35cm.

Las plantas distanciadas a 25 cm mostraron un incremento de peso comercial de un 29% comparado a plantas separadas a 15 cm y una reducción en un 26% comparado al tratamiento distanciado a 35 cm. Las plantas distanciadas a 35 cm mostraron un mayor peso total comercial en un 74 y 35% comparado a las plantas distanciadas a 15 y 25 cm. La variable peso no comercial total/planta se mantiene una igualdad en las plantas distanciadas a 15 y 25 cm resultando en un peso no comercial menor del 40% obtenido por las plantas distanciadas a 35 cm (Cuadro 5).

De acuerdo al análisis usar un espaciamiento de 35 cm entre plantas se obtuvo significativamente una mayor cantidad de frutos comerciales por individuo con una cantidad de 17.356 unidades.

Por otro lado, al usar un espaciamiento de 25 cm reflejo en una cantidad de 13.093 frutos comerciales y 15 cm resulto como el menor con 10.332 frutos comerciales. Es concuerda con (Aliyu y Ajala 2016; Baw *et al.* 2017) quienes obtuvieron la misma tendencia de mayor cantidad de frutos a medida distanciamos más una planta de otra. Esto resulta probablemente a la competencia por espacio y luz a la cual son sometidas las plantas en densidades mayores, esto la hace menos eficiente y produce menor cantidad de frutos. Por otro lado, eliminando el factor de competencia distanciando a mayores espacios entre planta resulta en un mejor uso de los recursos por ende una mayor estimulo de crecimiento lateral obteniendo una mayor cantidad de frutos por planta. No obstante, no refleja el mejor rendimiento por hectárea el tener una mayor cantidad de frutos por planta.

Cuadro 5. Separación de medias para las variables de frutos, pesos comerciales y no comerciales por planta en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad plantas/ha	Frutos comerciales /planta ¥	Frutos no comerciales /planta ¥	Peso comercial total/planta (g) ¥	Peso no comercial total/planta (g) ¥
88,880	10.322 C	1.980 B	177.72 C	60.07 B
53,328	13.093 B	2.423 B	229.53 B	74.00 B
38,091	17.356 A	3.500 A	310.27 A	112.27 A
Probabilidad	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

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

Tener una menor cantidad de plantas/ha resulta en un mayor rendimiento de frutos comerciales por planta, esto determinado por las plantas distanciadas a 35 cm. Por otro lado, al usar la densidad más alta, dada por plantas espaciadas a 15 cm resultó con una reducción de 49% en el rendimiento. Esto demostrado por el modelo número de frutos comerciales /planta= $0.3512 * \text{distanciamiento} + 4.8139$, con un R^2 de 0.50. Por otro lado en frutos no comerciales la tendencia es de mayor cantidad de frutos en las plantas distanciadas a 35 cm y una menor cantidad de frutos para las plantas distanciadas a 15 y 25 cm de acuerdo al modelo frutos no comerciales= $0.076 * \text{distanciamiento} + 0.7332$ con un $R^2= 0.5847$ (Figura 6).

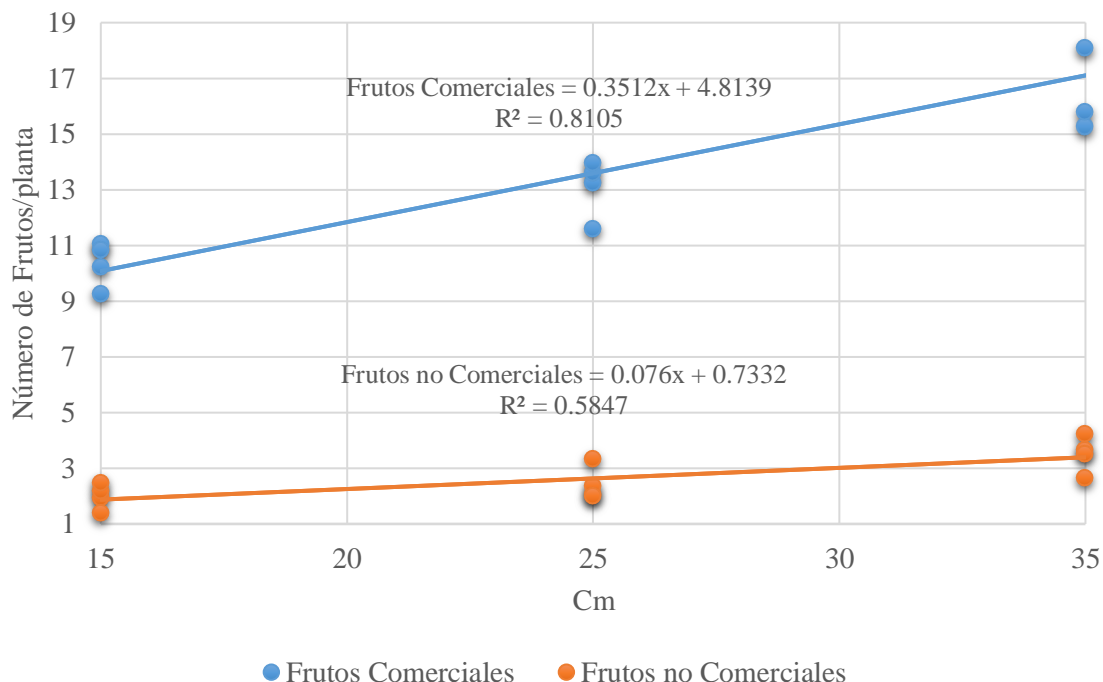


Figura 6. Regresión lineal de número total de frutos comerciales y no comerciales cosechados por planta en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Ya que se obtuvo mayor rendimiento de frutos comerciales por planta en la densidad más baja de plantas/ha, con plantas distanciadas a 35 cm, estas también representan el mayor rendimiento en peso total de frutos comerciales por planta. No obstante, la densidad más alta de plantas/ha, dada por las plantas distanciadas a 15 cm, representan una reducción de 42% en los rendimientos respectivamente. Esto demostrado por el modelo peso comercial/planta= $6.9046 * \text{distanciamiento} + 71.288$, con un R^2 de 0.83 y el modelo de peso no comercial/planta= $2.7178 * \text{distanciamiento} + 15.98$, con un R^2 0.58 (Figura 7). No obstante, al visualizar la información por hectárea es más favorable tener densidades altas con plantas cercanas a 15 cm que en su sumatoria darán más frutos y mayor rendimiento total.

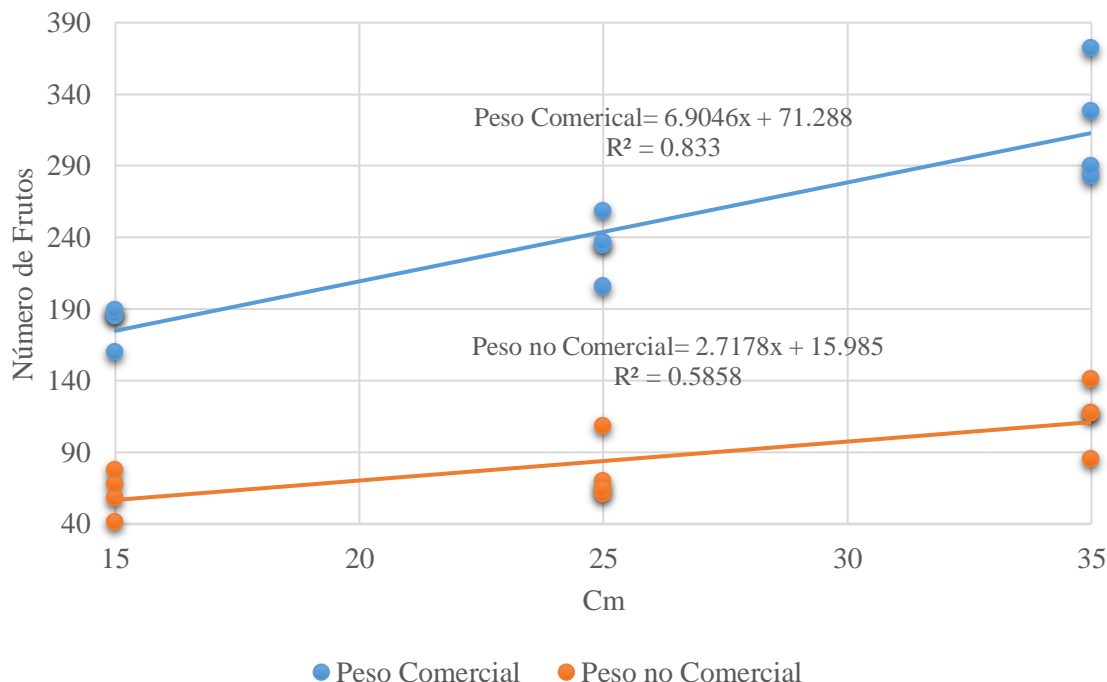


Figura 7. Regresión lineal de peso total comercial y no comercial cosechados por planta en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Para la variable de biomasa, en las tres tomas realizadas, hubo diferencia significativa para el factor densidad únicamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Niveles de significancia para la variable de biomasa a las 6, 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de Variación	6 SDS	8 SDS	10 SDS
Densidad	0.688	0.0001	0.0001
Fertilización	0.5420	0.5368	0.5365
Distancia × Fertilización	0.1428	0.6967	0.6966
CV%	38.04	36.05	36.05

CV= coeficiente de variación. Semanas después de siembra (SDS).

Al comparar las tres densidades se encontró que en las tomas de biomasa a las 6 SDS, no existió diferencia significativa para ninguna de las densidades evaluadas. No obstante a eso,

en la toma de biomasa a las 8 y 10 SDS presentó diferencia significativa en las tres densidades, siendo la de 88,880 plantas/ha menor y 38,091 plantas/ha la mayor respectivamente (Cuadro 7). Esto concuerda con los resultados obtenidos por Moniruzzaman *et al.* (2008); Paththinige *et al.* (2008); Tajer (2016) los cuales concluyeron que plantas con más espacio para crecer compiten menos por luz y nutrientes por ende su crecimiento en biomasa es mayor comparado con plantas sembradas en espacios más cercanos.

Cuadro 7. Efecto de la densidad poblacional en el peso (g) de la biomasa de la okra tomada a las 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad plantas / ha	8 SDS ¥	10 SDS ¥
88,880	504.89 C	810.70 C
53,328	713.60 B	927.68 B
38,091	886.19 A	1152.04 A
Probabilidad	0.0001	0.0001

¥: Medias con distintas letras en la columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). Semanas después de siembra (SDS)

De la siguiente forma, para la variable de número de hojas a las 4 y 6 SDS ninguno de los factores presentó diferencia significativa, sin embargo, en la toma de hojas a las 8 y 10 SDS el único factor que mostro diferencia significativa fue densidad (Cuadro 8).

Cuadro 8. Niveles de significancia para la variable de número de hojas a las 4, 6, 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de Variación	4 SDS	6 SDS	8 SDS	10 SDS
Densidad	0.3411	0.3522	0.0000	0.0001
Fertilización	0.9056	0.0673	0.1961	0.3010
Distancia × Fertilización	0.2170	0.0849	0.4189	0.2143
CV%	7.63	10.33	22	19.29

Valores menores = diferencia significativa ($P \leq 0.05$), valores mayores = diferencia no significativa ($P \geq 0.05$), CV; coeficiente de variación. Semanas después de siembra (SDS).

Al realizar la comparación de medias en la variable de número de hojas, en la toma a las 4 y 6 SDS no hubo diferencia significativa para ninguna de las densidades, sin embargo, en la toma a las 8 y 10 SDS presentó diferencia significativa en las 3 densidades, siendo la de 88,880 plantas/ha la que presentó menor número de hojas y la de 38,091 plantas/ha la de mayor número de hojas respectivamente, no teniendo diferencia con la densidad de 53,328 (Cuadro 9.)

Cuadro 9. Separación de medias para la variable de número de hojas a las 4, 6, 8 y 10 SDS en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidad plantas / ha	4 SDS n.s	6 SDS ¥	8 SDS ¥	10 SDS ¥
88,880	8.05 A	8.47 A	11.90 C	13.87 B
53,328	7.85 A	8.35 A	15.55 B	17.05 A
38,091	7.77 A	8.75 A	17.90 A	19.10 A
Probabilidad	0.9	0.35	0.00	0.00

¥: Medias con distintas letras son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$). Semanas después de siembra (SDS). n.s= diferencia no significativa.

De acuerdo la prueba estadística la variable de análisis foliar no tuvo diferencia significativa en los factores de densidad, fertilización y la interacción de ambos. Esto sustenta el hecho de que las distintas dosis de fertilización no hayan causado un impacto distinto en el rendimiento, muy probablemente debido a que la planta de okra requiere bajas dosificaciones de fertilización para asimilarlas de lo contrario no abra efecto alguno en estas condiciones climáticas.

Cuadro 10. Niveles de significancia para la variable análisis foliar en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Fuente de Variación	Análisis Foliar
Densidad	0.5374
Fertilización	0.7273
Distancia × Fertilización	0.2135
CV%	10.44

Valores menores= diferencia significativa ($P \leq 0.05$), valores mayores= diferencia no significativa ($P \geq 0.05$), CV= coeficiente de variación.

Costos para fertilización y cantidad de semilla.

Se calculó el costo total de la fertilización de cada tratamiento para una hectárea de producción (Cuadro 11). El precio de los fertilizantes según el Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras es de USD 27.08/43 kg de DAP, USD 18.75/43 kg de nitrato de amonio y USD 33.33/43 kg de sulfato de potasio (SIMPAAH 2018).

Cuadro 11. Costos de fertilización por hectárea de okra en base a los cinco tratamientos utilizados de fertilización en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Dosis (kg/ha)			Fertilizante total (kg/ha)			Costo Total (USD)
N	P	K	Nitrato de amonio	DAP	Sulfato de potasio	
42	5.8	51	125	13	96	137.03
126	17.4	193	375	38	364	469.60
210	29	335	625	63	632	802.17
294	40.6	477	875	88	900	1,134.74
378	52.2	619	1,125	113	1,168	1,467.31

Se calculó el costo total de semillas por tratamiento ya que es diferente en las densidades poblacionales evaluadas, el precio de la semilla es de USD 15.6/kg y aproximadamente posee 32,560 semillas/kg. El cálculo se realizó a 2 semillas por postura y para una hectárea de producción (Cuadro 12).

Cuadro 12. Costo de cantidad necesaria de semilla para sembrar una hectárea de okra en base a las tres densidades poblacionales en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Tratamientos	Densidad total (plantas/ha)	Cantidad de semillas (kg)	Costo de semilla/ha (USD)
1, 2, 3, 4, 5	88,880	5.45	85.15
6, 7, 8, 9, 10	53,333	3.27	51.09
11, 12, 13, 14, 15	38,095	2.33	36.40

Según los rendimientos expresados por la evaluación realizada 88,880 plantas produjeron 15,795 kg/ha esto representa una cantidad de cajas empacables (7 kg) de 2,256.

La cantidad de 53,333 plantas produjeron 12,241 kg/ha significando una cantidad de 1,748 cajas empacables y la cantidad de 38,095 plantas se cosechó 11,818 kg/ha para un valor de 1,688 cajas empacables (Cuadro 13). El precio de las cajas desde enero a julio del 2018 en Estados Unidos anduvo promedio en USD 2.68/kg (Tridge 2018).

Cuadro 13. Evaluación de costos y rendimiento de las densidades poblacionales en combinación de las dosis de fertilización en el cultivo de okra en el Lote de parcela, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

Densidades poblacionales	Dosis de fertilización N-P-K kg/ha	Costo Total (USD)	Cajas/ha	Precio caja (USD)	Ventas/ha (USD)	Diferencia/ha (USD)
88,880 plantas/ha	42-5.8-51	222.18	2,256	18.76	42,322.56	42,100.38
	126-17.4-193	554.75	2,256	18.76	42,322.56	41,767.81
	210-29-335	887.32	2,256	18.76	42,322.56	41,435.24
	294-40.6-477	1,219.89	2,256	18.76	42,322.56	41,102.67
	378-52.2-619	1,552.46	2,256	18.76	42,322.56	40,770.10
53,328 plantas/ha	42-5.8-51	188.12	1,748	18.76	32,792.48	32,604.36
	126-17.4-193	520.69	1,748	18.76	32,792.48	32,271.79
	210-29-335	853.26	1,748	18.76	32,792.48	31,939.22
	294-40.6-477	1,185.83	1,748	18.76	32,792.48	31,606.65
	378-52.2-619	1,518.40	1,748	18.76	32,792.48	31,274.08
38,091 plantas/ha	42-5.8-51	173.43	1,688	18.76	31,666.88	31,493.45
	126-17.4-193	506.00	1,688	18.76	31,666.88	31,160.88
	210-29-335	838.57	1,688	18.76	31,666.88	30,828.31
	294-40.6-477	1,171.14	1,688	18.76	31,666.88	30,495.74
	378-52.2-619	1,503.71	1,688	18.76	31,666.88	30,163.17

Ya que el análisis estadístico no mostró diferencia significativa en las distintas dosis de fertilización para la producción y la dosis más baja fue suficiente para igualar los rendimientos, se puede inferir que usando una fertilización de 42-5.8-51 kg/ha de N-P.K y sembrando una densidad de plantas de 88,880 por hectárea en el lote de parcela de la Escuela Agrícola Panamericana podremos obtener una diferencia positiva de USD 11,937.21 representando un 31% más de producción por hectárea comparado con las otras densidades poblacionales. De acuerdo con Baw *et al.* (2017) y Philip *et al.* (2010) recomendaron dosis de nitrógeno menores a 50 kg/ha lo cual concuerda con nuestro resultado de fertilización y causa un gran impacto en el ahorro de costos por fertilizante.

4. CONCLUSIONES

- La densidad poblacional presentó diferencias significativas en todas las variables, siendo la de 88,880 plantas/ha la mejor de estas con un 31% más rendimiento de cosecha.
- El factor de fertilización no mostró diferencias significativas en todas las variables.
- Utilizar la densidad más alta para obtener el mejor rendimiento resultó en un costo mayor de USD 48.75/ha por la semilla utilizada, en comparación a la densidad menor.
- Utilizar la dosis de fertilización más baja resultó en un costo menor de USD 1,330.28/ha por el fertilizante utilizado en comparación con la dosis más alta.

5. RECOMENDACIONES

- Evaluar el efecto de dosificaciones de N menores a 42 kg/ha en rendimiento de okra; ya que las dosis evaluadas fueron mayores y no presentaron cambios estadísticamente diferentes en las variables analizadas.
- Comparar el efecto de densidades mayores a 88,880 plantas/ha en rendimiento de okra.
- Evaluar el efecto de las densidades y dosis de fertilización usados en este experimento, en otras variedades de okra usadas en Honduras.
- Evaluar el efecto de arreglos de siembra; distancias entre hileras, distancias entre camas y número de hileras en rendimiento de okra.
- Evaluar la aplicación de las dosis de fertilización solo por fertirriego y realizar cosechas diariamente para reducir la cantidad de frutos no comerciales.

6. LITERATURA CITADA

- Agba OA, Mbah BN, Asiegbhu JE, Adinya IB. 2011. Effects of spacing on the growth and yield of okra (*Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench) in Obubra, Cross River state. J Agricul Scie. [consultado 2018 ago 14]. 10(1): 57-61. <https://www.ajol.info/index.php/gjass/article/viewFile/79078/69387>
- Ahmed A, Mohamed K. 2015. Effect of different levels of nitrogen and phosphorus fertilizer in combination with botanical compost on growth and yield of okra (*Abelmoschus Esculentus* L.) under sandy soil conditions in Egypt. J Asian agri. 9(5): 249-258. doi:dx.doi.org/10.3923/ajar.2015.249.258
- Ali Mamkagh AM. 2009. Effect of Tillage Time and Plastic Mulch on Growth and Yield of Okra (*Abelmoschus esculentus*) Grown under Rain-fed Conditions. Int. J. of AgriC & Biol. (11):453-457. doi: 10.13140/RG.2.1.3380.4883
- Aliyu U, Ajala A. 2016. Effect of variety and plant density on growth and yield of okra (*Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench). J Agricul and veter. Sci. 9(2):38–42. doi: 10.9790/2380
- Amjad M, Sultan M, Anjum AM, Chaudhry, Ayyub CM. 2002. Response of Okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench) to various dose of N & P and different plans spacings. J. res. Sci; [consultado 2018 jul 31]. 13(1):19-29. <http://www.bzu.edu.pk/jrscience/vol13no1/3.pdf>
- Baw AO, Gedamu F, Dechassa N. 2017. Effect of plant population and nitrogen rates on growth and yield of okra (*Abelmoscus esculentus* (L). Moench) in Gambella region, Western Ethiopia. Afr J Agric Res. 12(16):1395–1403. doi:10.5897/AJAR2016.11856
- Bertsh Hernandez F. 2009. Absorción de nutrimentos por los cultivos. 1ra ed. San José (Costa Rica): ACCS; [consultado 2018 abri 17]. <https://es.scribd.com/document/338818419/Absorcion-de-nutrimentos-por-los-cultivos-2009-pdf>

- Díaz Franco A, Loera Gallardo J, Rosales Robles E, Alvarado Carrillo M, Ayvar Serna S. 2007. Producción y tecnología de la okra (*abelmoschus esculentus*) en el noreste de México. *Agric. Tec. Mex*; [consultado 2018 ago 08]. 33(3):297-307. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agritm/v33n3/v33n3a9.pdf>
- Escalante Estrada JA, Escalante LE, Aguilar L. 1999. La producción de okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) en función del arreglo topológico. *Chap Hort*; [consultado 2018 ago 07]. 6(1):39-48. <https://chapingo.mx/revistas/revistas/articulos/doc/rchshVI268.pdf>
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations) 2016. Producción de Okra en Centroamérica. Roma; [consultado el 15 de ago. de 2018]. <http://www.fao.org/faostat/en/>
- Firoz ZA. 2009. Impact of nitrogen and phosphorus on the growth and yield of okra (*Abelmoschus Esculentus* (L.) Moench) in hill slope condition. *J Agril Res*. 34(4): 713-722. doi: 10.3329/bjar.v34i4.5846
- Flores M. 2016 Dic 31. Honduras factura L542 millones por exportación de okra. *La Prensa*. [consultado 2018 ago 4]. <http://www.laprensa.hn/economia/1031230-410/honduras-factura-1542-millones-por-exportaci%C3%B3n-de-okra>
- Gaitan T. 2005. Cadena del cultivo de okra (*Hibiscus esculentus*) con potencial exportador. [internet]. Managua, Nicaragua. [consultado jul 7]. <https://es.scribd.com/document/143694009/176cadena-Del-Cultivo-y-Mercado-Okra>
- Ibarrán JM. 2000. El potencial comercial de los productos agropecuarios: comercialmente no tradicionales. *Clar Agro*; [consultado 2018 ago 3]. (84):1-48. <http://www.infoserca.gob.mx/claridades/revistas/073/ca073.pdf>
- Moniruzzaman M, Uddin MZ, Choudhury AK. 2007. Response of okra seed crop to sowing time and plant spacing in south eastern hilly region of Bangladesh. *J Agril Res*. 32(3):393-402. doi:10.3329/bjar.v32i3.541
- Moreno Valencia MM, Moreno Valencia A, Meco Murillo R. 2007. Cultivo de la Okra en España. 1ra ed. Madrid, España. NIPO. [consultado 2018 jun 23]. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_2007_2126a.pdf
- Paththinige SS, Upashantha PS, Ranaweera RM, Fonseka RM. 2008. Effect of plant spacing on yield and fruit characteristics of okra (*Abelmoschus esculentus*). *Trop Agricul Res*. [consultado agos 1]. 20:336-342. <http://dl.nsf.ac.lk/bitstream/handle/1/12124/PGIATAR-20-336.pdf?sequence=2>.

- Philip CB, Sajo AA, Futuless KN. 2010. Effect of Spacing and NPK Fertilizer on the Yield and Yield Components of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in Mubi, Adamawa State, Nigeria. *J. of Agron.* 9(3):131-134. doi:10.3923/ja.2010.131.134
- SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería). 2014. Okra hondureña en la mesa de europeos y americanos. [internet]. Tegucigalpa. [consultado el 31 de jul. de 2018]. <http://sag.gob.hn/sala-de-prensa/noticias/ano-2014/junio-2014/okra-hondurena-en-la-mesa-de-europeos-y-americanos/>
- SIMPAH (Sistema de Información de Mercados de Productos Agrícolas de Honduras). 2018. Reporte semanal de precios de venta de insumos agrícolas. Mercado Zonal Belén. Septiembre 2018. Tegucigalpa, Honduras. http://www.fhia.org.hn/downloads/simpah_pdfs/1.8.TGAZB_INS.pdf
- Tajer A. 2016. What's the function of nitrogen (N) in plants? [internet] USA: USDA; [consultado 2018 jul 30]. <https://www.greenwaybiotech.com/blogs/news/whats-the-function-of-nitrogen-n-in-plants>
- Tridge. 2018. Reporte semanal de mercado de okra. Julio 2018. Mercado Estados Unidos. Korea del sur. <https://www.tridge.com/intelligences/okra/US/price>