

Rendimiento de maíz grano con y sin fertilización en el estado de Campeche

Juan Medina Méndez^{1§}
Gelacio Alejo Santiago²
Jesús M. Soto Rocha¹
Mirna Hernández Pérez¹

1INIFAP- CE Edzná. Carretera Campeche-Pocuyaxún, km 15.5. Municipio de Campeche, Campeche. Tel: 0155 38718700 Ext. 88307. ²Unidad Académica de Agricultura- Universidad Autónoma de Nayarit. medina.juan@inifap.gob.mx.

§Autor para correspondencia: medina.juan@inifap.gob.mx.

Resumen

El maíz es de gran importancia para el estado de Campeche con base en el número de productores y la superficie cultivada, debido a ello es un cultivo prioritario para la investigación y transferencia de tecnología. En la presente investigación se tuvo como principal objetivo determinar el efecto de la fertilización sobre el rendimiento de grano. Se utilizaron 11 híbridos, los cuales se sometieron a dos ambientes, con y sin fertilización. El experimento se abasteció solo con el agua de lluvia. El análisis estadístico mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos de fertilización y los híbridos. El tratamiento sin fertilización registró el promedio de rendimiento más bajo. La respuesta promedio a la fertilización fue de 1 231 kg ha⁻¹ y estuvo en un rango de 749 a 2 558 kg ha⁻¹. Por otra parte, aunque todos los híbridos respondieron positivamente a la fertilización, esta respuesta fue diferencial, influida por la interacción genotipo-ambiente. La fertilización estuvo valuada en \$2 900 ha⁻¹, equivalente a 878 kg de grano a precios corrientes de 2017. Con fertilización los mejores materiales fueron 7W69C, MH-9058 con rendimientos medios de 6 172, 6 004 kg ha⁻¹, lo que representa ingresos netos de 9 743 y 9 188 pesos por hectárea, respectivamente, lo anterior se traduce en una productividad de 0.97 y 0.92 pesos por metro cuadrado. Asimismo, en el maíz no fertilizado, los mejores materiales fueron DKB-399 y 7W79C, con rendimientos medios de 5 185 y 4 748 kg ha⁻¹, lo que da lugar a ingresos netos de 9 386 y 7 943 pesos por hectárea, respectivamente y se traduce en una productividad de 0.94 y 0.79 pesos por metro cuadrado. La fórmula de fertilización 110-46-00 aplicada al maíz, ocasionó un incremento del ingreso neto que en promedio fue de \$1 162 ha⁻¹, que podría ascender a \$3 815 ha⁻¹ en promedio, si se utilizan los híbridos más sobresalientes.

Palabras clave: fertilización, maíz, rendimiento.

Recibido: abril de 2018

Aceptado: julio de 2018

Introducción

En Campeche la producción de maíz se efectúa a partir de dos ciclos de siembra. Primavera - verano, en el cual se cultivan unas 145 mil hectáreas en su totalidad de temporal con fines principalmente de producción de grano y otoño - invierno, en el cual se cultivan de 4 a 5 mil hectáreas en el centro y Sur del estado, cuyo suplemento hídrico es dado por el temporal más la humedad residual y una cantidad aproximada de 500 hectáreas, que son sembradas bajo riego con la finalidad principal de producir elote para consumo fresco.

En relación con la productividad en los casos mencionados del maíz para grano, ésta es del orden de 3.5 a 4.0 t ha⁻¹ bajo temporal en suelos mecanizables, ya sea en primavera-verano o en otoño - invierno y de 0.4 a 0.6 t ha⁻¹ en suelos bajo el sistema de rosa-tumba-quema, cuando se utilizan materiales nativos (Medina, 2011b). De la superficie sembrada, 60 a 70% se ubican en suelos del tipo Luvisoles.

El número de productores en la entidad es de 30 mil aproximadamente. La siembra tiene lugar al inicio de la temporada de lluvias, junio, y se extiende hasta principio de agosto. Los materiales de siembra más usuales florecen de 52 a 55 días después de la siembra y la cosecha ocurre entre los 120 y 130 días después de la siembra. Predomina la preparación del suelo con maquinaria sobre la roza- tumba- quema, la utilización de sembradora mecánica sobre la siembra manual, y el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades de polinización libre sobre las variedades criollas.

La fertilización incluye generalmente una aplicación de fertilizante al momento de la siembra, basada en una fuente, el Fosfato diamónico, utilizado en cantidades que varían de 50 a 150 t ha⁻¹. El control de maleza se realiza mayormente con herbicidas y la cosecha se realiza con maquinaria (Medina *et al.*, 2009; Medina *et al.*, 2011). El cultivo de maíz presenta cada vez menos margen de ganancia para los productores dado el elevado costo de los insumos para la producción.

El costo total para producir una hectárea de este grano en el estado de Campeche fue de \$ 10 625 ha⁻¹ en 2017. De este costo, la fertilización ocupó cerca de 27%, un 28% la semilla y la siembra, 19% la preparación del suelo, 10% el combate de maleza, 7% el combate de plagas y 9% la cosecha. La dependencia 100% del temporal en el cultivo de maíz redundaba en un alto riesgo, lo cual limita la inversión de recursos y ante este panorama, el maíz se torna en un agrosistema altamente extractivo del suelo pues algunos productores con la finalidad de ahorrar al máximo utilizan fórmulas inadecuadas de fertilización e incluso algunos llegan al grado de no fertilizar. Esta investigación tuvo como objetivo cuantificar el efecto de la fertilización sobre el rendimiento de grano.

Materiales y métodos

Los datos de campo fueron obtenidos de un ensayo con diferentes variedades, efectuado durante el ciclo Primavera-verano 2011. Los costos de producción según la tecnología aplicada en el ensayo fueron actualizados a precios corrientes de 2017 para aplicar también el valor de la producción registrado localmente en ese año.

Ubicación, tipo de suelo y clima del área de estudio

La localidad donde se llevó a cabo la siembra fue el ejido Cayal, en terrenos de la Fundación Produce-Campeche (19° 45' 11.57" latitud norte, 90° 09' 52.65" longitud oeste). La altitud aproximada es de 34 m sobre el nivel del mar. El suelo es conocido como tipo Kancab en lengua Maya, es arcilloso y se clasifica como Luvisol Férrico por la FAO/UNESCO (1970). Estos suelos se encuentran dentro de los suelos mecanizables de alto potencial para la producción de maíz en la entidad (Medina, 2006). Son de topografía plana con un microrrelieve ligeramente ondulado.

El análisis de este suelo en el perfil de 0-20 cm reportó 3% de materia orgánica, 15 a 20 ppm de nitratos, fósforo Olsen 8 a 12 ppm, alto en potasio intercambiable, sin problemas de salinidad y pH neutro a ligeramente ácido. El clima en la localidad es del tipo AW₁, siendo la variante intermedia de los climas cálido-subhúmedos con lluvias en verano. Presenta 85% de la precipitación anual en los meses de mayo a octubre, con cantidades que varían de 450 a 700 mm de la siembra a la madurez fisiológica del grano. La temperatura media en el ciclo de desarrollo del cultivo va de 21 a 28 °C.

Tratamientos bajo estudio

La investigación se desarrolló utilizando 11 híbridos de maíz como material genético, provenientes de las empresas Monsanto y Syngenta, así como un híbrido comercial liberado por el INIFAP, recomendado para su siembra en la entidad (Cuadro 1). Estos materiales se evaluaron en dos ambientes, uno incluyendo la fertilización con la fórmula recomendada para siembras comerciales y otro sin fertilización. Para el tratamiento con fertilizante se utilizó la fórmula 110-46-00, con fuentes de fertilización como fosfato diamónico y la urea (FAO, 2002).

Diseño experimental

La distribución de los tratamientos (híbridos) y repeticiones en campo se realizó de acuerdo con la Figura 1, que denota un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones (bloques). Como puede observarse en el Cuadro 1, el ensayo contó con 11 tratamientos y cuatro repeticiones. De estas repeticiones solo se fertilizaron tres y una de ellas (la II) no se fertilizó. El tamaño de la parcela experimental fue de cuatro surcos de 6 m de longitud separados a 0.8 m uno del otro, la parcela útil fueron los dos surcos centrales. El arreglo de las plantas dentro de los surcos fue de dos plantas cada 35.7 cm, para una densidad de 70 mil plantas por hectárea.

El análisis estadístico del rendimiento de grano se llevó a cabo mediante el programa diseños experimentales de la Universidad Autónoma de Nuevo León (Olivares, 1994). Se realizaron dos análisis de varianza con el diseño de bloques al azar, el primero de ellos consideró cuatro repeticiones, incluyendo la no fertilizada, y segundo solo incluyó las tres repeticiones fertilizadas.

Cuadro 1. Croquis de campo.

Tratamientos	Bloques			
	Con fertilizante	Sin fertilizante	Con fertilizante	Con fertilizante
	I	II	III	IV
1. Murano	1	10	8	4
2. 7W69C	2	8	3	7
3. IMPACTO	3	6	5	6
4. 7W79C	4	1	11	10
5. NK-254	5	2	7	3
6. 8H08C	6	3	9	8
7. H-431	7	11	2	1
8. DKB-399	8	5	6	2
9. BG-9720	9	4	1	11
10. MH-9058	10	9	4	5
11. DK-380	11	7	10	9

Manejo agronómico del cultivo

La fecha de siembra fue el 09 de julio. El arreglo de las plantas dentro de los surcos fue de dos plantas cada 35.7 cm, para una densidad de 70 mil plantas por hectárea. La preparación del suelo consistió en dos pases de rastra semi-pesada, los cuales se aplicaron en los meses de mayo y junio. La siembra tuvo lugar el nueve de julio, estando el suelo húmedo. No hubo contratiempos entre la siembra y la emergencia del cultivo, haciéndose visibles las plántulas cinco días después de la siembra, con muy escasas fallas de germinación. Inicialmente se sembraron tres semillas por sitio para asegurar la población adecuada y en la fase de tres hojas se dio un aclareo para dejar solo dos plantas por sitio, tal como lo muestra la Figura 1.



Figura 1. Aclareo de plantas para dejar dos de ellas por sitio.

El fertilizante se aplicó en una sola vez a los 20 días después de la siembra (Figura 2) en las repeticiones ya señaladas, incorporando el fertilizante al suelo con azadón. En el segundo tratamiento, donde no se aplicó fertilizante, también se azadoneó y de esta manera se trató de evitar cualquier diferencia en el manejo. La plaga más importante fue el gusano cogollero y su control se realizó con una sola aplicación de *Cypermethrina*.



Figura 2. Aplicación de la fertilización en etapa V5-V6.

La maleza se combatió manualmente con azadón en las etapas V5-V6, justamente cuando se aplicó el fertilizante y también se combatió químicamente utilizando *Nicosulfuron* en mezcla con 2,4-D amina, a los 35 días después de la siembra. La cosecha se realizó el 28 de noviembre (Figura 3), 141 días después de la siembra, con el grano a una humedad entre 18 y 21%. Se cosecharon únicamente las plantas que tuvieron una competencia completa en la parcela útil. Aunque se registraron diferentes características de la planta, como los días a floración, la sanidad, altura de planta y la producción de rastrojo, la variable principal en este estudio fue el rendimiento de grano ajustado al 14% de humedad (INIFAP, 2017).



Figura 3. Cosecha del ensayo de híbridos con y sin fertilización.

Resultados y discusión

Condiciones meteorológicas

El clima se caracterizó por una temperatura promedio de 27.6 °C en el mes de julio, 22.4 °C en el mes de octubre y finalmente 21.8 en la primera decena del mes de noviembre, lo cual que indica que este factor fue más estresante para la planta en los inicios del desarrollo y más favorable al final de éste. La etapa más crítica del desarrollo de la planta, la floración, se vio

afectada por el déficit de lluvia que tuvo lugar en el mes de agosto durante el período de sequía denominado “canícula” (Figura 4). Durante el desarrollo de la planta, de la siembra a la madurez fisiológica del grano llovieron 603 mm, de los cuales 343 fueron entre la siembra y la floración y 260 mm entre la floración y la madurez fisiológica del grano. Este volumen de lluvia estuvo cercano a lo ideal para el buen desarrollo del maíz (600- 700 mm), pero tuvo una desigual distribución en el tiempo, lo cual sin duda incidió negativamente en el rendimiento de grano (Paliwal *et al.*, 2001), evitando que estos pudiesen mostrar su verdadero potencial de rendimiento.

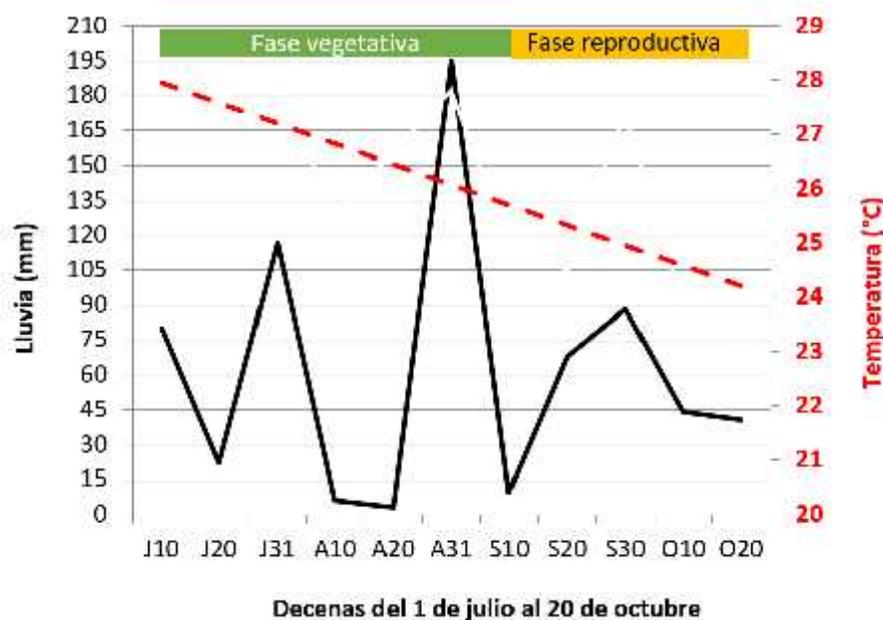


Figura 4. Lluvia acumulada y temperatura media durante las fases de desarrollo del cultivo.

Análisis estadístico del rendimiento de grano

Se realizaron dos análisis de varianza para el rendimiento, uno considerando las cuatro repeticiones y otro sin considerar la repetición no fertilizada. En ambos casos este análisis indicó la existencia de diferencias altamente significativas en los tratamientos y en los bloques (Cuadro 2), lo cual indicó que hubo una repuesta diferencial de los híbridos en el rendimiento, y que al menos una de las repeticiones registró un rendimiento diferente a las demás. Esto dio la pauta para analizar las medias de los híbridos e identificar y en su caso seleccionar a los mejores y analizar también las medias de las repeticiones para comprobar si en efecto la repetición que no se fertilizó y que por cierto tuvo el más bajo rendimiento, fue estadísticamente diferente a las repeticiones fertilizadas Martínez (1988).

Cuadro 2. Resultados de los análisis de varianza.

Fuente de variación	Grados de libertad	de Suma de cuadrados	de Cuadrado medio	F calculada
Tratamientos	10	9008512	900851.2	5.9**
Bloques	3	19787008	6595669.5	43.2**
Error	30	4580480	152682.7	
Total	43	33376000		

C.V.= 7.63%				
FV	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.
Tratamientos	10	8403072	840307.2	6.9**
Bloques	2	7289536	3644768	29.8**
Error	20	2447744	122387.2	
Total	32	18140352		
C.V.= 6.45%				

La prueba de medias de los tratamientos (Cuadro 3) considerando solo las repeticiones fertilizadas señaló que se formaron cinco grupos estadísticos, siendo el grupo con los mejores rendimientos el formado por los híbridos 7W69C, MH-9058, DKB-399, NK-254, que tuvieron un rendimiento medio de 5 982 kg ha⁻¹; mientras que el grupo de más bajo rendimiento y estadísticamente diferente al primero incluyó a los híbridos 8H08C, Murano, H-431 e impacto, con un rendimiento medio de 48 60 kg ha⁻¹.

Cuadro 3. Rendimientos de los híbridos.

Tratamientos	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	DMS (0.05= 596 kg)		
7W69C	6 172	a		
MH-9058	6 004	a	b	
DKB-399	5 993	a	b	
NK-254	5 758	a	b	c
7W79C	5 554		b	c D
DK-380	5 450		b	c D
BG-9720	5 313			c D
8H08C	5 140			d e
Murano	4 973			D e
H-431	4 691			e
Impacto	4 637			e

La prueba de medias de las repeticiones (Cuadro 4), indicó que en efecto, la repetición que no se fertilizó (bloque II) obtuvo el más bajo rendimiento (4 194 kg ha⁻¹) y fue estadísticamente diferente a las tres fertilizadas, I, III y IV, que registraron rendimientos medios de 4 773, 5 645 y 5 860 kg ha⁻¹, respectivamente.

Cuadro 4. Rendimientos medios de los bloques.

Bloque	Media (kg ha ⁻¹)	DMS (0.05= 340 kg)
IV. Fertilizado	5 860	A
III. Fertilizado	5 645	A
I. Fertilizado	4 773	B
II. No fertilizado	4 194	C

Análisis del impacto de la fertilización y el material genético sobre el rendimiento

De acuerdo con la Figura 5, todos los híbridos mostraron una respuesta positiva a la fertilización incrementando su rendimiento; sin embargo, esta respuesta fue diferenciada,

influenciada sin duda por aspectos genéticos, ambientales y su interacción (Etchevers *et al.*, 1991; Turrent *et al.*, 2005). Como se muestra en el Cuadro 5, la respuesta promedio a la fertilización fue de 1 231 kg ha⁻¹ y estuvo en un rango de 749 a 2 559 kg ha⁻¹.

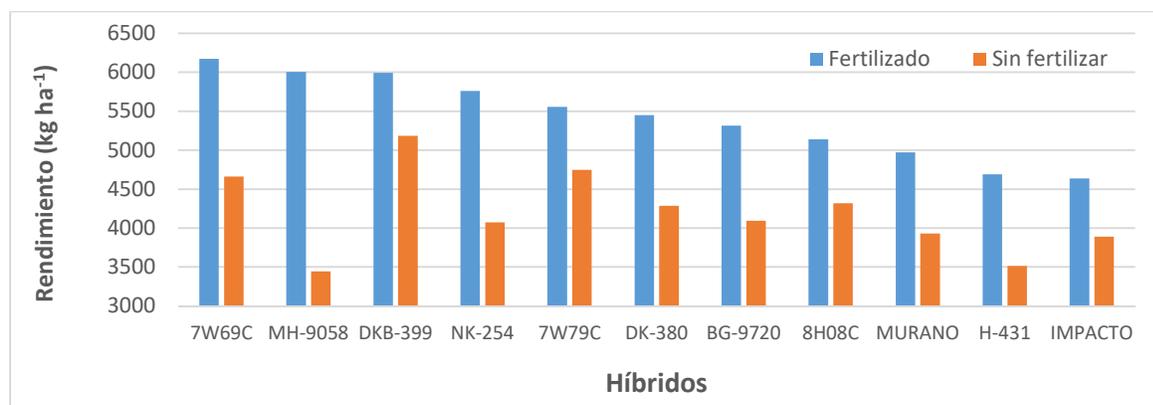


Figura 5. Respuesta de 11 híbridos de maíz a dos ambientes de fertilización.

El incremento en el rendimiento pudo deberse a que la fertilización impulso el desarrollo de la raíz y esto ayudó a la planta a amortiguar el efecto de la sequía ocurrida en la fase vegetativa y así el maíz fertilizado produjo mayor biomasa en general (Marcano *et al.*, 1994; Dhuyvetter y Schlegel, 1994). Por su respuesta a la fertilización los mejores materiales fueron 7W69C, MH-9058 con rendimientos medios de 6 172, 6 004 kg ha⁻¹, para el caso en el cual no se fertilizó, los mejores materiales fueron DKB-399 y 7W79C, con rendimientos medios de 5 185 y 4 748 kg ha⁻¹. El procedimiento para la discriminación y selección de estos materiales fue mediante la suma de la media y la desviación estándar en cada ambiente de fertilización.

Cuadro 5. Rendimientos medios de los híbridos.

Híbridos	Fertilizado kg ha ⁻¹	Sin fertilizar	Diferencia
MH-9058	6 004*	3 446	2 558
NK-254	5 758	4 072	1 686
7W69C	6 172*	4 660	1 512
BG-9720	5 313	4 093	1 220
H-431	4 691	3 514	1 177
DK-380	5 450	4 284	1 166
Murano	4 973	3 931	1 042
8H08C	5 140	4 319	821
DKB-399	5 993	5 185*	808
7W79C	5 554	4 748*	806
Impacto	4 637	3 888	749
Promedio	5 426	4 195	1 231
Desv. estándar	529	523	

Análisis financiero y de productividad

A partir de los valores del rendimiento promedio reportados en el Cuadro 6, se tiene que con la aplicación de fertilizante se obtienen 5 426 kg ha⁻¹, que es superior en 1 231 kg al rendimiento obtenido sin fertilización, de 4 195 kg ha⁻¹. A precios corrientes de 2017, el costo del tratamiento de fertilización con la fórmula 110-46-00 fue de \$ 2 900 que incluyó el insumo y el costo de su aplicación. Asimismo, a precios corrientes de 2017, con un valor de \$ 3.30 kg de maíz, el valor de 1 231 kg de maíz fue de \$ 4 062.3, si a este valor le restamos \$2 900, que es el costo de la fertilización, se obtiene que la aplicación de fertilizante al maíz dejó un margen de ganancia promedio de \$1 162.3 ha⁻¹, lo cual es considerado un aliciente para que el productor fertilice el maíz con la fórmula de fertilización recomendada.

En el aspecto de rentabilidad, de acuerdo con, el Cuadro 6 indica que el costo del paquete tecnológico del maíz no fertilizado fue de \$ 7 725 por hectárea, mientras que en el maíz fertilizado fue \$10 625. Esto nos lleva a la obtención de ingresos netos de \$ 6 618 de para el maíz no fertilizado, debido a su menor rendimiento y \$ 7 280 por hectárea, para el maíz fertilizado, lo cual demuestra lo rentable de la fertilización (CIMMYT, 1988; UF/IFAS, 2014). Traducido lo anterior a pesos por hectárea, el maíz fertilizado registró una productividad más alta (0.73), siendo más baja (0.61) para el maíz no fertilizado.

Una forma para maximizar el ingreso en el maíz fertilizado es utilizar el material genético de mayor productividad, tal es el caso de los híbridos 7W69C, MH-9058, DKB-399, NK-254, 7W79C y DK-380, los cuales tienen una productividad superior al promedio del maíz no fertilizado.

A la vez, es necesario puntualizar que se encontraron algunas tendencias específicas entre los híbridos; por ejemplo, el MH-9058 y el NK-254 responden mejor el ambiente fertilizado, mientras que el 8H08C destacó en el ambiente no fertilizado y es probablemente un híbrido con aptitud para ambientes desfavorecidos o de baja fertilidad. Asimismo, se puede observar que cuatro de los 11 materiales destacaron en ambos ambientes de fertilización, siendo estos 7W69C, DKB-399, 7W79C y DK-380, por lo que ellos son considerados híbridos estables ante la variabilidad ambiental (Carballo y Márquez, 1970; Orona *et al.*, 2013).

Cuadro 6. Análisis financiero de la producción de maíz con y sin fertilización.

Tratamientos	Costo (\$ ha ⁻¹)			Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso (\$ ha ⁻¹)		Productividad (\$/m ²)
	fijo	variable	total		Total	Neto	
No fertilizado	7725	0	7 725	4 195	13 843	6 118	0.61
DKB-399	7725	0	7 725	5 185	17 111	9 386	0.94
7W79C	7725	0	7 725	4 748	15 668	7 943	0.79
7W69C	7725	0	7 725	4 660	15 378	7 653	0.77
8H08C	7725	0	7 725	4 319	14 253	6 528	0.65
DK-380	7725	0	7 725	4 284	14 137	6 412	0.64
Fertilizado	7725	2 900	10625	5 426	17 905	7 280	0.73
7W69C	7725	2 900	10625	6 172	20 368	9 743	0.97
MH-9058	7725	2 900	10625	6 004	19 813	9 188	0.92
DKB-399	7725	2 900	10625	5 993	19 777	9 152	0.92

Tratamientos	Costo (\$ ha ⁻¹)			Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Ingreso (\$ ha ⁻¹)		Productividad (\$/m ²)
	fijo	variable	total		Total	Neto	
NK-254	7725	2 900	10625	5 758	19 001	8 376	0.84
7W79C	7725	2 900	10625	5 554	18 328	7 703	0.77
DK-380	7725	2 900	10625	5 450	17 985	7 360	0.74

Por último, de acuerdo con este estudio, el costo de la fórmula de fertilización 110-46-00 fue de \$2 900.00 y representó 27% del costo total de \$10 625.00; sin embargo, su importancia se basa en que de acuerdo con las condiciones en que se llevó a cabo el estudio, su efecto se estimó 16% del beneficio neto obtenido. Asimismo, de la información que arrojó el presente estudio se estimó que un cultivo sin fertilizante como el presente estaría extrayendo del suelo cerca de 61 kg ha⁻¹ de nitrógeno, 13 kg de fósforo y 17 kg de potasio, según estimaciones de autores como García (S/F) y Campitti y García (2007) lo cual es información útil para el cálculo de las cantidades de fertilizantes que se deberían estar aplicando anualmente mediante la fertilización para mantener el suelo en su estatus actual de fertilidad (Mallarino, 2005).

Conclusiones

La fertilización recomendada tuvo un efecto positivo en la producción de grano.

La respuesta de los híbridos ante la fertilización fue diferencial.

En el maíz fertilizado, los mejores híbridos aportan 52% más del ingreso neto promedio.

Literatura citada

- Carballo, C. A. y Márquez, S. F. 1970. Comparación de variedades de maíz del Bajío y la Mesa Central por su rendimiento y estabilidad. *Agrociencia*. 1:129-146.
- Ciampitti, I. A. y García, F. O. 2007. Requerimientos nutricionales, absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I Cereales, oleaginosas e industriales. *Informaciones Agronómicas No. 33*. *Archivo Agronómico No. 11*. IPNI. Cono Sur, Acasuso. BA. Argentina.
- CIMMYT. 1988. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. México, DF. 86 p.
- Dhuyvetter, K. y Schlegel, A. 1994. El fósforo reduce la humedad del grano y mejora la rentabilidad del maíz. *Better Crops with Plant Food*. 78(2):10-11.
- Etchevers, B. J. D. y Volke, H. V. 1991. Generación de tecnología mejorada para pequeños productores. *Serie Cuadernos de Edafología 17*. Centro de Edafología, CP. Montecillos, Estado de México, México. 48 p.
- FAO- UNESCO. 1970. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Clave de unidades de suelos para el mapa de suelos del mundo. Proyecto FAO/UNESCO. Secretaría de Recursos Hidráulicos. Dirección General de Estudios. Dirección de Agrología. México. DF.

- FAO. 2002. Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación. Los fertilizantes y su uso. Una guía de bolsillo para los oficiales de extensión. Cuarta edición. Asociación internacional de la industria de los fertilizantes. Roma. 72 p.
- García, F. O. (S/F) Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. IMPOFOS/PPI/PPIC. Cono Sur. Acasuso, Argentina. <http://www.fertilizando.com/articulos/criterios-manejo-fertilizacion-cultivo-maiz.pdf>.
- INIFAP. 2017. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Agenda técnica agrícola de Campeche. 19-22 p.
- Mallarino, P. A. 2005. Criterios de fertilización fosfatada en sistemas de agricultura continua con maíz y soja en el cinturón del maíz. Informaciones Agronómicas. No. 28. Departamento de Agronomía, Iowa State University. 9-15 pp.
- Marcano, F.; Ohep, C. y Francisco, D. 1994. Efecto de la labranza y del nitrógeno en algunos componentes del rendimiento, macroporosidad del suelo, densidad radical y producción del maíz *Zea mays* L. Agronomía Tropical. 44(1):5-22.
- Martínez, G. A. 1988. Diseños experimentales. Métodos y elementos de teoría. Editorial Trillas. México, DF. 756 p.
- Medina, M. J. 2006. Cambios en las propiedades del suelo y productividad de los sistemas de maíz bajo temporal, mango bajo riego y praderas, en los Luvisoles del estado de Campeche. Tesis Doctoral en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 225 p.
- Medina, M. J.; Volke, H. V. H.; Galvis, S. A.; González, R. J. M.; Santiago, C. M. J. y Cortés, F. J. I. 2009. Propiedades químicas de un Luvisol después de la conversión del bosque a la agricultura en Campeche, México. Agron. Mesoam. 20(2):217-235.
- Medina, M. J.; Villalobos, G. A. y Orona, C. F. 2011. Análisis del rendimiento de maíz obtenido entre 1997 y 2010 a nivel experimental en los suelos mecanizables de Campeche, México. In: Memoria de la LVI Reunión anual del PCCMCA. Rep. de El Salvador. 144 pp.
- Medina, M. J.; Villalobos, G. A. y Orona, C. F. 2011b. Rendimiento de maíz bajo tres sistemas de producción en Campeche, México. In: Memoria de la LVI Reunión anual del PCCMCA. Rep. de El Salvador. 145 pp.
- Olivares, S. E. 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL versión 2.5. Facultad de agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León. Marín, México.
- Orona, C. F.; Medina, M. J.; Tucuch, C. F. M.; Soto, R. M. J. y Almeyda, L. I. 2013. Parámetros de estabilidad en rendimiento y adaptabilidad de 25 genotipos de arroz en Campeche, México. 82:255-261.
- Paliwal, R. L.; Gonzalo, G. X.; Lafitte, H. R. y Violic, A. D. 2001. El maíz en los trópicos. Mejoramiento y producción. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma. 376 p.
- Turrent, F. A. y Cortés, F. J. I. 2005. Ciencia y tecnología en la agricultura mexicana: i. producción y sostenibilidad. Terra Latinoam. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57323214>.
- UF- IFAS. 2014. University of Florida- Institute of Food and Agricultural Sciences. Análisis marginal: un procedimiento económico para seleccionar tecnologías o prácticas alternativas. EDIS FE573. University of Florida (UF/IUFAS). Gainesville, FL 32611. 4 p.