

EVALUACION DE ARREGLOS DE SIEMBRA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DEL SORGO (*Sorghum bicolor L*) Moench), VARIEDAD PINOLERO

**Néstor Allan Alvarado Díaz¹ Lisania Padilla²,
Augusto Pereira²**

¹ Ing. Agr. MSc. Investigador-Docente. Jefe Dpto. de Ingeniería Agrícola, FAGRO-UNA. E-mail: nalaldi@hotmail.com. Teléfono: 088-12511 ² Ing. Agr. Egresado de Ingeniería Agronómica, FAGRO-UNA

RESUMEN

Este trabajo se realizó con la finalidad de determinar el efecto de arreglos de siembra (0.3 metro entre surco por 5 plantas por metro lineal; 0.4 metro entre surco por 7 plantas por metro lineal; 0.5 metro entre surco por 10 plantas por metro lineal; 0.7 metro entre surco por 15 plantas por metro lineal; 0.8 metro entre surco por 18 plantas por metro lineal; 0.9 metro entre surco por 23 plantas por metro lineal) sobre el rendimiento del cultivo del sorgo (*Sorghum bicolor L.*) variedad Pinolero, bajo las condiciones ecológicas de la finca La Concepción, Nagarote, León. El ensayo se estableció en postrera de 1999, utilizándose un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Para las variables evaluadas (plantas acamadas / ha, plantas cosechadas / ha y rendimiento de grano) se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Los resultados de los análisis de varianza y económico indican que el arreglo de siembra 0.5 metro entre surco por 10 plantas por metro lineal, obtuvo el mayor rendimiento (4 975.0 kg / ha) y la más alta rentabilidad económica, con una tasa de retorno marginal del 297 por ciento.

ABSTRACT

This study was conducted to find out the effects of sowing pattern (0.3 meter between furrow and 5 plants per meter; 0.4 meter between furrow and 7 plants per meter; 0.5 meter between furrow and 10 plants per meter; 0.7 meter between furrow and 15 plants per meter; 0.8 meter between furrow and 18 plants per meter and 0.9 meter between furrow and 23 plants per meter) on Sorghum (*Sorghum bicolor L.*) Moench) yield, pinolero variety. The experiment was laid out using a complete randomized block design and four repetitions. Significant differences among treatments were observed for variables such as: laid down plants per hectare, harvested plants per hectare and grain yields. The analysis of variance indicates that sowing pattern of 0.5 meter between furrow, and 10 plants per meter, resulted in larger yields (4 975 kg / ha), and better economic marginal return (297 per cent).



El sorgo (*Sorghum bicolor* L.) es el cuarto cereal en importancia entre los cultivos para consumo humano en el mundo, siendo sobrepasado por el arroz, el trigo y el maíz (Campton, 1985). En casi todos los países latinoamericanos se ha incrementado el cultivo del sorgo granífero durante los últimos años y en varios de ellos ha alcanzado tal importancia que hoy es considerado como uno de los principales rubros agrícolas.

En Nicaragua, el sorgo ocupa el 16 por ciento del área sembrada de granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia. El 56 por ciento de la producción actual es utilizado en la elaboración de alimentos concentrados para la industria avícola, porcina y bovina y el 44 por ciento restante se utiliza para alimentación humana, principalmente sorgo de endospermo blanco. Es el cereal que le sigue al maíz, tanto en área como en volumen de producción (Pineda, 1997).

En el país existen zonas óptimas para la producción de este rubro, dentro de estas cabe destacar las zonas de: Rivas, Granada, Managua, Estelí y León, en la mayoría de ellas se obtienen mejores resultados en siembras de postrera (Alemán & Tercero, 1991). La mayor producción de sorgo es manejada por medianos y grandes productores, quienes siembran dicho cultivo con fines industriales. Los residuos de las cosechas se utilizan para la alimentación bovina durante la época seca, para lo cual, la paja con bajo contenido de humedad es empacada en forma mecánica y almacenada en lugares ventilados para su conservación.

A pesar de su importancia, los niveles de producción de sorgo, están por debajo de los rendimientos potenciales de las variedades mejoradas e híbridos (4 500 - 6 500 kg/ha), alcanzando para el ciclo 96/97 un rendimiento promedio de 2 389.10 kg/ha (Monterrey, 1997).

Dentro de los problemas que causan bajos rendimientos en el cultivo del sorgo, se pueden mencionar (entre otros), arreglos no óptimos de siembra. Al respecto, Avila *et al.*, (1992) plantea que un arreglo de siembra óptimo permite una distribución correcta de las plantas en el campo, de manera que la competencia entre ellas por agua, luz y nutrientes es reducida.

Miller (1980), plantea que existe relación directamente proporcional entre número de plantas por unidad de área y rendimiento hasta una densidad óptima, a partir de la cual esta relación se vuelve inversamente proporcional. Esto conduce a examinar de manera detallada los arreglos de siembra en sorgo para determinar las poblaciones óptimas por unidad de superficie. Lo anterior orienta realizar la presente investigación, la cual persigue los siguientes objetivos:

Evaluar el efecto de arreglos de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo y determinar el tratamiento que presente la mejor rentabilidad económica en función del presupuesto parcial y el análisis marginal.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en terrenos de la finca La Concepción, ubicada en Nagarote departamento de León, localizada en las coordenadas 12° 30' latitud Norte y 86° 30' longitud Oeste, a una altura de 60 m.s.n.m. La zonificación ecológica según Holdridge (1976), es del tipo de bosque seco tropical. El experimento se realizó en época de postrera, del 29 de Agosto al 12 de diciembre de 1999. El suelo donde se estableció el ensayo pertenece a la serie Nagarote y se caracteriza por ser profundo a moderadamente superficial, bien drenado y derivado de cenizas volcánicas (MAG, 1971).

En el establecimiento del ensayo, se utilizó un diseño unifactorial en bloques completos al azar (B.C.A.) con cuatro repeticiones. Para constituir los tratamientos, se varió el arreglo de siembra (distancia entre surco y el número de plantas por metro lineal). La descripción de los tratamientos se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos utilizados en el ensayo. Finca la Concepción, Nagarote, León. Postrera de 1999

Tratamiento	Descripción de los tratamientos		
	Arreglo de siembra Distancia / surco (m)	Densidad de siembra Plantas / metro lineal	(plantas/ha)
A	0.3	5	166 667
B	0.4	7	175 000
C	0.5	10	200 000
D	0.7	15	214 286
E	0.8	18	225 000
F	0.9	23	255 556

Se evaluaron las siguientes variables:

Plantas acamadas / ha: se contaron las plantas de la parcela útil que presentaron un ángulo de inclinación aproximado superior a 45 con relación a la superficie del suelo. Para efectos de análisis esta variable se expresó como plantas acamadas/ha.

Plantas cosechadas / ha: se contó el número total de plantas cosechadas por parcela útil, y se expresaron como plantas cosechadas / ha.

Rendimiento de grano (kg / ha): una vez realizada la cosecha, se determinó el peso de las panojas cosechadas de la parcela útil. Los valores obtenidos se ajustaron al 15 % de humedad.

Los datos obtenidos de las variables en estudios se evaluaron por medio del análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias por rangos múltiples de Duncan al 95 % de confiabilidad. Se realizó un análisis económico a los tratamientos para evaluar su rentabilidad, a través del

presupuesto parcial, el análisis de dominancia y el análisis marginal, según la metodología propuesta por el CIMMYT (1988).

La preparación del suelo se realizó mecánicamente y la siembra de forma manual el 28 de agosto de 1999. La variedad utilizada fue Pinolero, utilizando las distancias de siembra descritas en la Tabla 2. Esta variedad tiene un potencial genético de rendimiento de 4 838 kg/ha.

La fertilización completa se llevó a cabo utilizando la fórmula 10-30-10 al momento de la siembra a razón de 129 kg/ha. La fertilización nitrogenada se realizó con urea (46% de nitrógeno), aplicando 129 kg/ha en dos momentos: 50 por ciento a los 20 días después de la siembra y 50 por ciento a los 50 días después de la siembra. Para el control de plagas del suelo se aplicó, al momento de la siembra, carbofuran (Furadán) al 5 por ciento, a razón de 16.3 kg/ha.

Se realizaron controles de plagas a los 40 y 65 dds, aplicando monocrotopos (Nuvacrón) a razón de 1.5 l/ha. El control de malezas se realizó de forma manual, realizándose tres limpiezas con el fin de mantener limpio el cultivo durante los primeros 45 días después de la siembra. La cosecha se realizó de forma manual a los 110 días después de la siembra.

RESULTADOS Y DISCUSION

Plantas acamadas / ha. En la Tabla 2, se presentan los resultados estadísticos de la variable plantas acamadas por ha.

Los tratamientos E y F presentaron los mayores valores de plantas acamadas por unidad de área (9 259 y 10 185) sin diferencias significativas entre ellos y difiriendo del resto de tratamientos.

En segundo lugar quedó el tratamiento D (7 407 plantas acamadas/ha), en tercer lugar los tratamientos B y C con 2 778 plantas acamadas/ha. El valor más bajos se alcanzó con el tratamiento A. Las diferencias entre los arreglos de siembra, se deben al acame que sufrieron las plantas producto del debilitamiento del grosor de los tallos como respuesta de las plantas a los tratamientos evaluados. Estos resultados coinciden con los obtenidos por otros investigadores, quienes han trabajado en arreglos de siembra en otros cultivos. Cuadra (1988), López (1990), Olivas y Munguía (1999) mencionan que al aumentar el número de plantas por unidad de área tiende a incrementarse el acamado del cultivo.

Plantas cosechadas / ha. En este estudio, la población inicial se ajustó a la descrita en la Tabla 1. La población final se presenta en la Tabla 2, donde se puede apreciar diferencias significativas entre tratamientos.

El tratamiento F obtuvo el mayor número de plantas cosechadas (224 889 plantas cosechadas / ha), difiriendo estadísticamente del resto de tratamientos.

Las diferencias en los tratamientos con respecto a población final se deben a que la población inicial una vez establecida después del raleo, se vio afectada durante el crecimiento y desarrollo de la plantación por el viento. Producto de esto, se fueron cayendo plantas en su etapa temprana de desarrollo, incrementándose en tratamientos con mayores densidades de siembra. García (1997), plantea que al incrementar el número de plantas por unidad de superficie, se reduce el peso individual de estas y es mayor la competencia cuando las plantas están más próximas entre sí.

Rendimiento de grano. Existe efecto real de los arreglos de siembra evaluados. La separación de medias de Duncan ($\alpha=5$) indica que el tratamiento C presentó el mejor rendimiento (4 975 kg/ha), el cual difiere estadísticamente del resto de tratamientos. En segundo y tercer lugar se ubican los tratamientos B y A con 3 467 y 3 255 kg/ha respectivamente. Finalmente, quedaron los tratamientos E y F con rendimiento de 2 438 kg/ha (Tabla 2).

Estos resultados muestran que variando el arreglo de siembra se aumentan los rendimientos del cultivo hasta llegar a un punto en donde el espacio vital entre planta y planta esta en equilibrio y la competencia entre plantas por agua, luz y nutrientes del suelo se minimiza. Lo anterior conlleva a un aprovechamiento máximo de estos recursos, los que se manifiestan en un incremento de los rendimientos.

Estos resultados son reportados en otros estudios de arreglos de siembra en diferentes cultivos. Uriarte & Tapia (1987) y Olivas & Munguía (1999) en el cultivo del ajonjolí encontraron que al aumentar las densidades de siembra se aumentan los rendimientos, hasta llegar a la densidad óptima; a partir de ahí, si se aumentan las densidades, el rendimiento disminuye.

Tabla 2. Efecto de arreglos de siembra sobre el número de plantas acamadas/ha, plantas cosechadas/ha, y rendimiento de granosa. Finca La Concepción, Nagarote León. Postrera de 199

Tratamientos	Plantas acamadas/ha	Plantas cosechadas/ha	Rendimiento (kg/ha)
A	1 852 d	158 333 c	3 255 bc
B	2 778 c	166 250 c	3 467 b
C	2 778 c	190 000 b	4 975 a
D	7 407 b	188 571 b	2 652 c
E	9 259 a	198 000 b	2 438 d
F	10 185 a	224 889 a	2 438 d
C.V.(%)	5.8	6.73	7.85
ANDEVA	*	*	*

Análisis económico. Con el propósito de determinar el tratamiento más rentable, se llevo a cabo el análisis

económico de los arreglos de siembra. Se utilizó la metodología de presupuesto parcial, análisis de dominancia y análisis marginal (CIMMYT, 1988)

Presupuesto parcial. Para la realización del presupuesto parcial, se tomaron en cuenta los precios vigentes durante el desarrollo del estudio y el precio del sorgo al momento de la cosecha (C\$ 70 por saco de 45.45 kg de peso).

En la Tabla 3 se presenta el presupuesto parcial de los tratamientos en estudio. La primera línea presenta los rendimientos medios obtenidos de cada tratamiento, los cuales se ajustaron a un 10 %, con el fin de reflejar la diferencia entre el rendimiento experimental y el que el agricultor podría lograr con ese tratamiento (línea 4). En la línea 9 se ubica el total de costos variables para cada tratamiento. El mayor costo variable se obtuvo con el tratamiento C,

Tabla 3. Presupuesto parcial de los tratamientos. Finca La Concepción, Nagarote León. Postrera de 1999

Componentes del presupuesto parcial	Tratamientos					
	A	B	C	D	E	F
Rendimiento kg/ha	3 255.0	3 467.0	4 975.0	2 652.0	2 438.0	2 438.0
Ajuste (10 %)	325.5	346.7	497.5	265.2	243.8	243.8
Rendimiento ajustado	2 929.5	3 120.3	4 477.5	2 386.8	2 194.2	2 194.2
Beneficio bruto de campo	3 591.1	3 825.0	5 488.7	2 925.8	2 689.7	2 689.7
Costo de transporte	496.3	528.6	758.6	404.4	371.7	371.7
Costo de cosecha	204.6	217.9	312.8	166.7	153.2	153.2
Costo de la semilla	630.4	661.9	756.4	810.4	846.5	959.1
Total de costos variable	1 406.4	1 483.5	1 902.9	1 456.6	1 446.6	1 559.7
Beneficios netos	2 184.8	2 341.4	3 585.8	1 469.2	1 243.1	1 130.1

el que también generó mayor beneficio neto (3 585.88 córdobas / ha).

Análisis de Dominancia. Con el fin eliminar aquellos tratamientos que tengan beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento con costos variables menores (tratamiento dominado), se realizó el análisis de

Tabla 4. Análisis de dominancia de los tratamientos. Finca La Concepción, Nagarote, León. Postrera de 1999

Tratamientos	Costos Variables.	Beneficios netos	Tratamientos dominados (D)
A	1 406.40	2 184.76	
E	1 446.60	1 243.18	D
D	1 456.64	1 469.24	D
B	1 483.57	2 341.47	
F	1 559.47	1 130.31	D
C	1 902.90	3 585.88	

dominancia, Los tratamientos E, D y F, resultaron dominados (Tabla 4).

Análisis marginal. Se calculó la tasa de retorno marginal entre los tratamientos no dominados y se comparó con la tasa de retorno mínima aceptable para el agricultor. Para este estudio, las tasa de retorno mínima aceptable fue de 150 por ciento (CIMMYT, 1988). En la Tabla 5 se presentan los resultados del análisis marginal, el cual muestra

el beneficio que se obtiene cuando se pasa de un tratamiento a otro. La mayor tasa de retorno marginal se obtuvo al pasar del tratamiento B al C (297 por ciento) muy por encima de la tasa de retorno mínima aceptable para este estudio. Por cada córdoba invertido en la aplicación del tratamiento C se obtienen 2.7 córdobas de ganancia, además del córdoba invertido.

Tabla 5. Análisis marginal. Finca La Concepción, Nagarote León. Postrera de 1999

Tratamiento	Costos que varían	Costos marginales	Beneficios netos	Beneficios netos marginales	Tasa retorno marginal (%)
A	1 406.40	----	2 184.76	-----	-----
B	1 483.57	77.18	2 341.47	156.72	203.06
C	1 902.90	419.33	3 585.88		
	1 244.41	297.00			

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALEMÁN, F. & TERCERO, I. 1991. *Inventario de la información generada en agronomía (relación clima-suelo-planta-hombre) en granos básicos: arroz, maíz, sorgo y frijol en Nicaragua.* PRIAG/UNA. Managua, Nicaragua. 72 p.
- ALVARADO, D. N. A. 1999. *Transformación de tres componentes del sistema tradicional del cultivo del ajonjolí (Sesamum indicum L.) hacia una producción sostenible en la variedad.* Tesis de Maestría. Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua. 70 p.
- AVILA, J. HERNÁNDEZ, J. & ACEVEDO, T. 1992. *Efecto de la distancia de siembra entre hileras sobre el comportamiento de cuatro variedades de ajonjolí (Sesamum indicum L.).* Estación Experimental de Portuguesa, Venezuela. *Agronomía Tropical* 42 (5-6): 307-320 p.
- CIMMYT, 1988. *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada.* México, D. F. 79 pp.
- COMPTON, L. P. 1985. *La investigación en sistemas de protección con sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) en Honduras. Aspectos agronómicos.* INTSOS-RMI, CYMMYT. México, D.F. 360 p.
- CUADRA, R. M. 1988. *Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y población sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (Zea mays L.) Var. NB-6.* Tesis Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias (ISCA). Managua, Nicaragua. 67 p.
- GARCÍA, S. H. 1997. *Evaluación de diferentes prácticas culturales sostenibles y su impacto sobre la cenosis de las malezas, granos básicos y leguminosas.* Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 85 p.
- HOLDRIGE, L. R. 1976. *Ecología basada en zonas de vida.* IICA. San José de Costa Rica. 211 p.
- LÓPEZ, M. J. 1993. *Efecto de rotación de cultivos y control de malezas sobre la cenosis de malezas, crecimiento, desarrollo y rendimiento en soya (Glycine max L) y ajonjolí (Sesamum indicum L.).* Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria Managua, Nicaragua. 60 p.
- MAG. 1971. *Manual práctico para interpretación de suelos. Catastro e Inventario de Recursos Naturales.* Managua, Nicaragua. 39 p.
- MILLER, F. R. 1980. *Crecimiento y desarrollo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench). En estudios FAO. Producción y protección vegetal.* 135 p.
- MONTERREY, C. C. 1997. *Dosis y momento de aplicación de fertilizante nitrogenado: efecto sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del sorgo (Sorghum bicolor L. Moench).* Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 p.
- OLIVAS, J. & MUNGUÍA, F. 1999. *Estudio del efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del ajonjolí (Sesamum indicum L.).* Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 45 p.
- PINEDA, L. L. 1997. *La producción de sorgo (Sorghum bicolor L. Moench) granífero en Nicaragua y su manejo bajo condiciones de secano.* Instructivo Técnico, INTA-CNIA, Managua, Nicaragua. 55 p.
- URIARTE, E. A. & TAPIA, O. H. 1997. *Estudio del efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del ajonjolí (Sesamum indicum L.) variedad Mexicana.* Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 50 p.