

**EFFECTO DEL ARREGLO ESPACIAL DEL CULTIVO DE
SORGO GRANIFERO (*Sorghum bicolor* L. Moench) SOBRE
EL RENDIMIENTO Y LA EFICIENCIA DE CONTROL DE
MALEZAS DE LA ATRAZINA EN DIFERENTES DOSIS.**

Autores: Dianda Agustín, Vico Correas Mariano

Tutor: Ing. Agr. Gustavo Giambastiani

AREA DE CONSOLIDACION

SISTEMAS AGRICOLAS DE PRODUCCION EXTENSIVOS

2016



Facultad de Ciencias Agropecuarias

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CORDOBA

RESUMEN

Se evaluó el efecto combinado de diferentes arreglos espaciales, distanciamiento entre hileras (0.35 y 0.5m) y densidad (15 y 30 pl/m²), y distintas dosis de atrazina (0, 0.5 y 1 kg/ha) sobre el crecimiento de las malezas y rendimiento final del cultivo, además se realizó un tratamiento control desmalezado manualmente todo el ciclo. El diseño del experimento fue completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se planteó como hipótesis que arreglos espaciales del cultivo con menor distancia entre hileras y de mayor densidad de plantas aumentan la eficiencia de la atrazina en el control de malezas, de manera que con dosis menores a las recomendadas se logra un adecuado control y rendimiento del cultivo.

Además de no lograr el número de plantas esperadas, se obtuvo que la presencia de malezas no controladas durante todo el ciclo (principalmente *Eleusine Indica L. Gaerth*) generaron una disminución del rendimiento del 38%. El tratamiento con mayor densidad sembrada y menor distanciamiento entre hileras fue significativamente superior en producción que el resto de los tratamientos sin embargo esta interacción no obtuvo diferencias significativas en la producción de materia seca malezas. Por este motivo la hipótesis no pudo confirmarse.

Palabras clave: Sorgo, Atrazina, Malezas

INTRODUCCION

El sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) es un cultivo de verano perteneciente a la familia de las gramíneas. Es el quinto cereal en importancia a nivel mundial detrás del maíz, el trigo, el arroz y la cebada aportando el 3% de la producción total de cereales. Argentina es el sexto productor con 3.000.000 de toneladas producidas al año y es el segundo país exportador. En nuestro país la importancia del sorgo como parte integrante de un sistema de producción radica en su utilización como grano y forraje para alimentación animal y como parte esencial de un sistema de rotaciones para mantener la productividad y estabilidad estructural del suelo.

Muchas son las variables que inciden en el rendimiento final de un cultivo, entre ellas, las malezas, constituyen uno de los principales problemas de la agricultura mundial (Molina, 2007). Las malezas compiten con el cultivo de sorgo por luz, agua y nutrientes con diferente intensidad dependiendo del momento relativo de emergencia cultivo-maleza, la agresividad de la maleza y las condiciones ambientales (fundamentalmente humedad y fertilidad de suelo). El sorgo, generalmente, tiene un crecimiento inicial muy lento. En esa etapa las malezas aprovechan para establecerse e iniciar la competencia y suelen ejercer su mayor perjuicio sobre el cultivo.

La atrazina, herbicida cuestionado por sus efectos sobre el ambiente y la salud humana, es el más utilizado para control de malezas en su producción. No hay disponibles otros herbicidas con similar eficacia y economía para el control de malezas, por lo que es alta la dependencia de la atrazina para la producción de este cultivo.

Su uso actualmente es material de controversia ya que produce efectos nocivos en especies a las que no va dirigida, tales como anfibios y peces a causa de la contaminación de las aguas al ser arrastrada por la lluvia hacia áreas cercanas, incluyendo arroyos, lagos y aguas subterráneas, donde permanecerá mucho tiempo debido a que la degradación en el agua lenta. Es por esto que se encuentra la atrazina en muestras de agua tomada de pozos de agua potable en ciertas regiones agrícolas.

Se cree que puede tener posibles efectos negativos sobre la salud humana por lo que su uso quedó excluido de la Unión Europea, sin embargo en otros países se continúa utilizando. A pesar de estos cuestionamientos, ha sido demostrado claramente el valor de la atrazina para el control de malezas en sorgo por lo que es importante encontrar la alternativa para reducirla dosis manteniendo un control sobre las malezas.

En este trabajo se pretende evaluar el efecto de la densidad y el arreglo espacial del cultivo de sorgo sobre la eficiencia de control de malezas de la atrazina en diferentes dosis.

En sorgo granífero, García (2004), obtuvo un buen control de malezas y rendimiento del cultivo combinando dosis reducidas de herbicidas con el estrechamiento de la distancia entre hileras. Sin embargo, Battaglia et al. (2000) y Aime et al. (1995) encontraron que el sorgo sólo respondió a las distintas dosis de herbicida utilizadas y en ningún caso se detectaron interacciones significativas entre dosis de herbicida y distancia entre surcos.

Se plantea como hipótesis que arreglos espaciales del cultivo de sorgo con menor distancia entre hileras y de mayor densidad de plantas aumentan la eficiencia de la atrazina en el control de malezas de manera que con dosis menores a las recomendadas se logra un adecuado control y rendimiento del cultivo.

OBJETIVO

Evaluar el efecto combinado de diferentes arreglos espaciales, distanciamiento entre hileras (DEH) y densidad (D), y distintas dosis de atrazina sobre el crecimiento de las malezas y rendimiento final del cultivo.

MATERIALES Y METODOS

El experimento se llevó a cabo durante el ciclo agrícola 2015/16 en el Área Experimental del Campo Escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC (31°28'39.88"S - 64° 0'25.24"O).

Se utilizó un diseño factorial de parcelas divididas donde las dosis de Atrazina: sin atrazina: 0 kg ia·ha⁻¹(SA), atrazina media dosis: 0.5 kg ia·ha⁻¹(AMD) y atrazina dosis completa: 1 kg ia·ha⁻¹(ADC) fueron el factor principal, la distancia entre hileras (DEH): 0.52 y 0.35m el subfactor y la densidad (D) de plantas: 150 mil y 300 mil plantas * ha⁻¹ como sub-subfactor. Además se hizo un tratamiento control desmalezado manualmente durante todo el ciclo (DTC). El diseño del experimento fue completamente aleatorizado con tres repeticiones.

La siembra se realizó manualmente sobre suelo no labrado con el híbrido A9711RC de la empresa Nidera, el día 16/12/15. El control de malezas previo a la siembra se realizó con una mezcla de glifosato 48% (3 l pc*ha⁻¹) y 2-4 D (0,3 l pc * ha⁻¹). La aplicación de las diferentes dosis se efectuó con mochila de presión constante dotada de picos de abanico plano. Las parcelas tuvieron 3 hileras de ancho y 6 m de largo.

Al momento de floración se hicieron cortes a nivel del suelo de las malezas para determinar su materia seca total (MSM). El muestreo se hizo sobre las hileras centrales de cada parcela en una superficie de 1m². Las muestras fueron llevadas a estufa hasta peso constante y luego fueron pesadas.

La materia seca en granos (MSG) se estimó en base a la metodología propuesta por Domínguez y Rodríguez (2015). A 16 panojas seleccionadas al azar se les midió el diámetro promedio del pedúnculo (DPP), el peso seco de los granos (PSGP) y el peso seco de la panoja entera (PSP). Se realizó la regresión lineal entre DPP y PSGP, y entre DPP y PSP.

Las formulas obtenidas fueron las siguientes:

$PSP (g) = 13,739 (g \cdot mm^{-1}) DPP (mm) - 75,603 (g)$ (1)
 $PSGP (g) = 11,665 (g \cdot mm^{-1}) DPP (mm) - 64,724 (g)$ (2)
Se aplicaron estas fórmulas a las medidas del diámetro del pedúnculo en las plantas que ocupaban 1 m² de cada parcela para obtener MSG y el rendimiento en panoja.

Para medir la variable Materia Seca Total (MST), se cortaron a ras del suelo las plantas sin la panoja de una superficie de 1m² y se llevó a estufa hasta peso constante, al peso obtenido se le sumó el peso de la panoja estimado a partir de la fórmula 1.

Los datos recolectados se analizaron mediante modelos de análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de medias utilizando el programa Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS

Número de plantas logradas

La cantidad de plantas logradas fue mucho menor a la densidad buscada según se muestra en la figura nº 1. Esto es, el factor D no pudo lograrse de acuerdo a lo planeado. La mayor densidad lograda fue de 15 pl/m² en vez de las 30 pl/m² buscadas, y la menor densidad lograda fue de 9pl/m² en vez de las 15 pl/m² planeadas. Esto sin dudas condiciona el rango de aplicabilidad de los resultados obtenidos ya que lo que se comparó es una densidad óptima del cultivo con una densidad subóptima.

Esta falla en el logro de las densidad planeada se debió a problemas en la cama de siembra por la presencia abundante de malezas como *Cyperus rotundus* (L.) y *Cynodon dactylon* (L.) que habían sido secadas con el uso de Glifosato en presiembra y que impidieron un buen contacto de la semilla con el suelo.

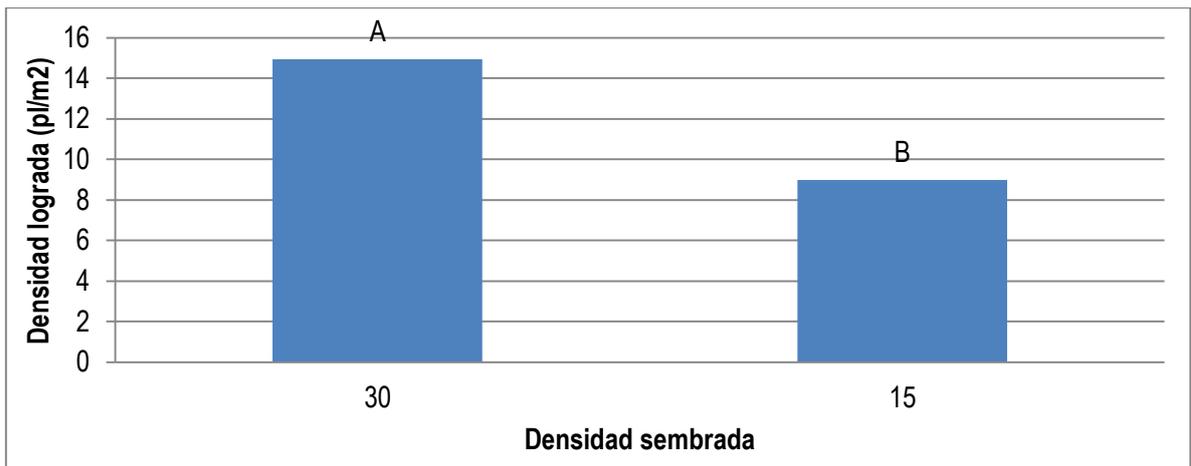


Figura 1: Densidad de plantas logradas en función de la densidad de siembra.

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Materia seca total del cultivo

Hubo diferencias significativas entre el tratamiento DTC y los tratamientos ADC, AMD y SA (Figura nº 2). Estas diferencias se pudieron haber dado por la competencia ejercida por las malezas sobre el cultivo consumiendo recursos para su crecimiento. Los tratamientos con atrazina no fueron completamente efectivos en el control de las malezas ya que en ADC Y AMD la producción de materia seca fue un 17,3% y un 22,4 % menor respectivamente que DTC. El efecto de las malezas sin utilizar herbicida fue de un 30,1 % de la producción de materia seca del cultivo.

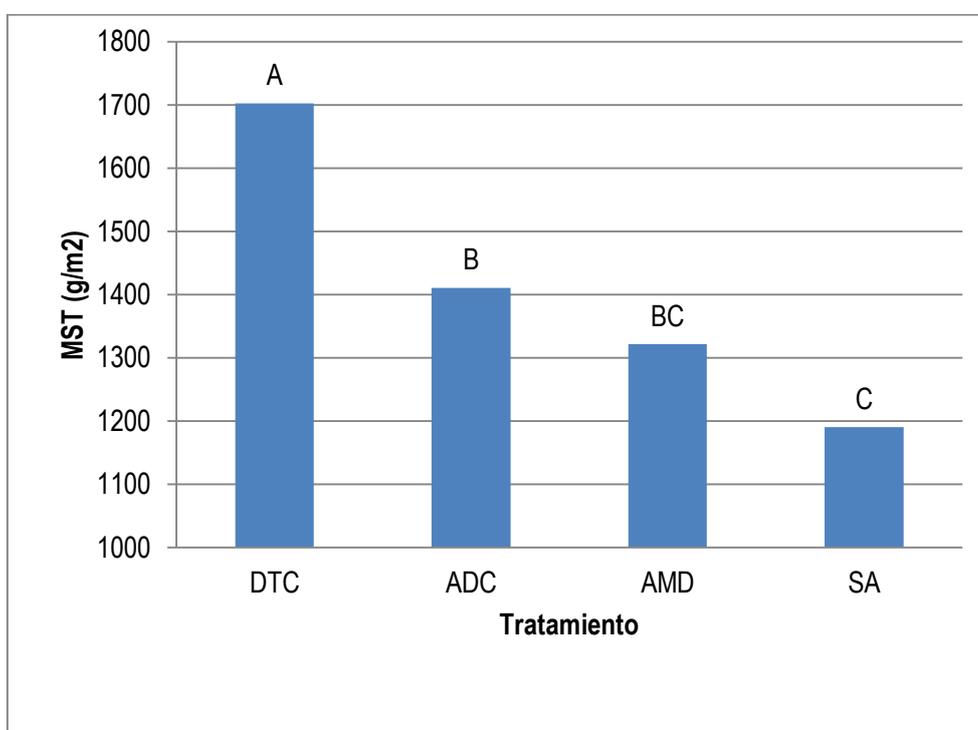


Figura 2: Producción de MST en tratamientos con distintas dosis de atrazina y desmalezado todo el ciclo.

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Mientras que si comparamos los tratamientos posibles de ser utilizados en la producción extensiva, es decir todos menos DTC, hubo diferencias significativas en la producción de MST (Figura nº3). El tratamiento con ADC obtuvo un 15.6% más de MST que el tratamiento SA y el tratamiento AMD quedó ubicado en posición intermedia entre ATC Y SA. Estas diferencias pudieron haberse dado por el distinto grado de existencia de las malezas en los tratamientos.

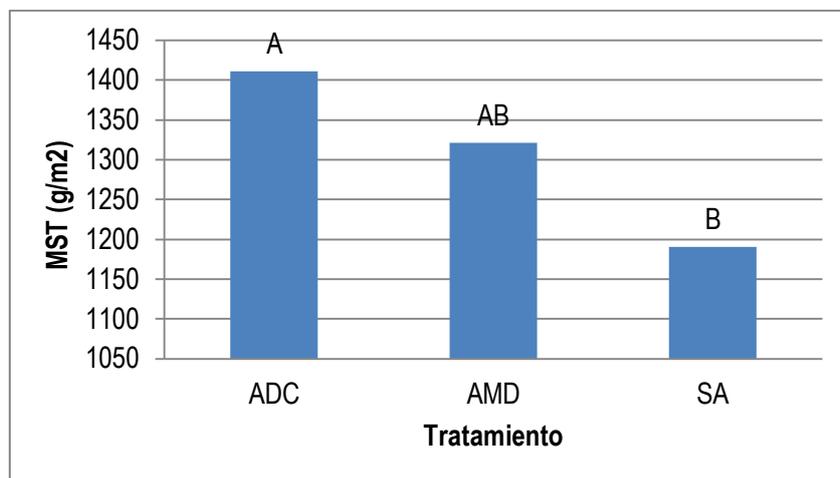


Figura 3: Producción de MST en tratamientos con distintas dosis de atrazina.
Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Hubo diferencias significativas en MST entre las densidades de plantas evaluadas (15 vs. 9 ptas/m²) (Figura n°4). La mayor densidad produjo mayor MST. Esto podría ser debido a un uso de recursos mayor por parte del cultivo al tener mayor cantidad de plantas y que al ser un genotipo poco macollador no compensó la falta de plantas en la menor densidad, como hubiera sido esperable en sorgo.

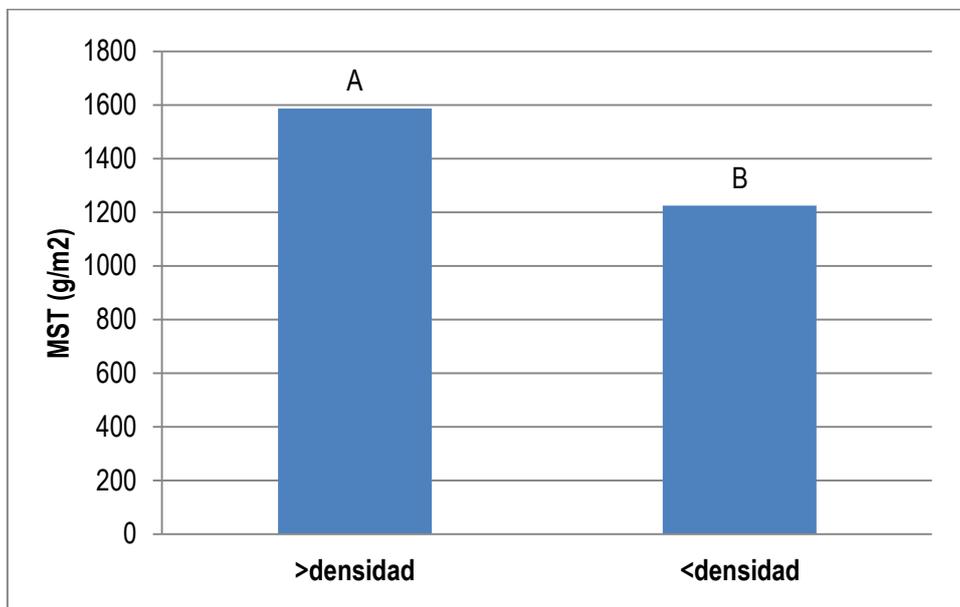


Figura 4: MST producida en tratamientos con distintas densidades.

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$. Los distanciamientos entre hileras evaluados no presentaron diferencias significativas en la producción de MST (Figura N° 5).

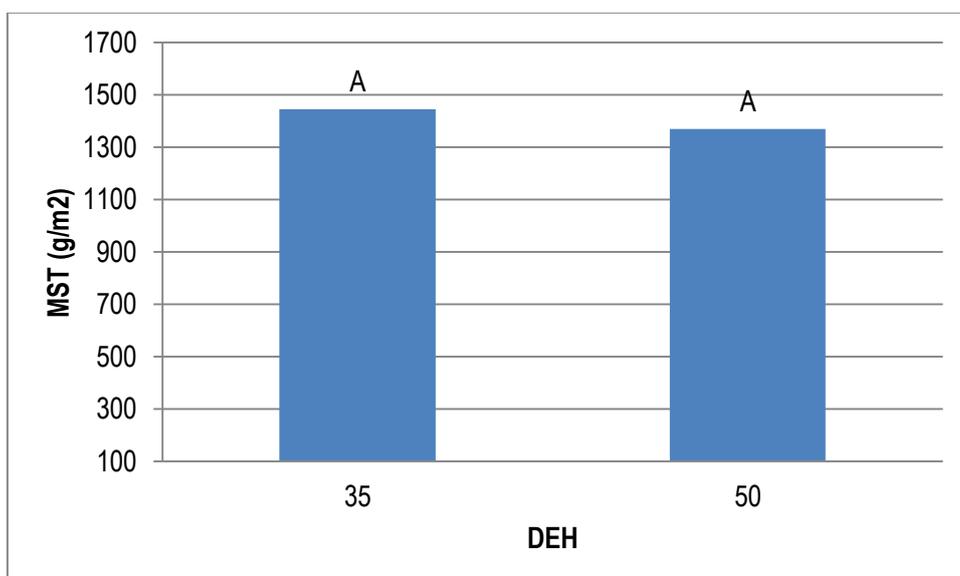


Figura 5: MST producida con distintas DEH.

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$

Materia seca en granos

Hubo diferencias significativas en producción de MSG (Figura nº 6). El tratamiento SA rindió 38% Menos que el tratamiento DTC, evidenciando la competencia de las malezas sobre el cultivo.

Los rendimientos de los tratamientos de atrazina fueron intermedios entre DTC y SA. Nuevamente se observa que los tratamientos con atrazina no fueron totalmente eficaces para el control de malezas.

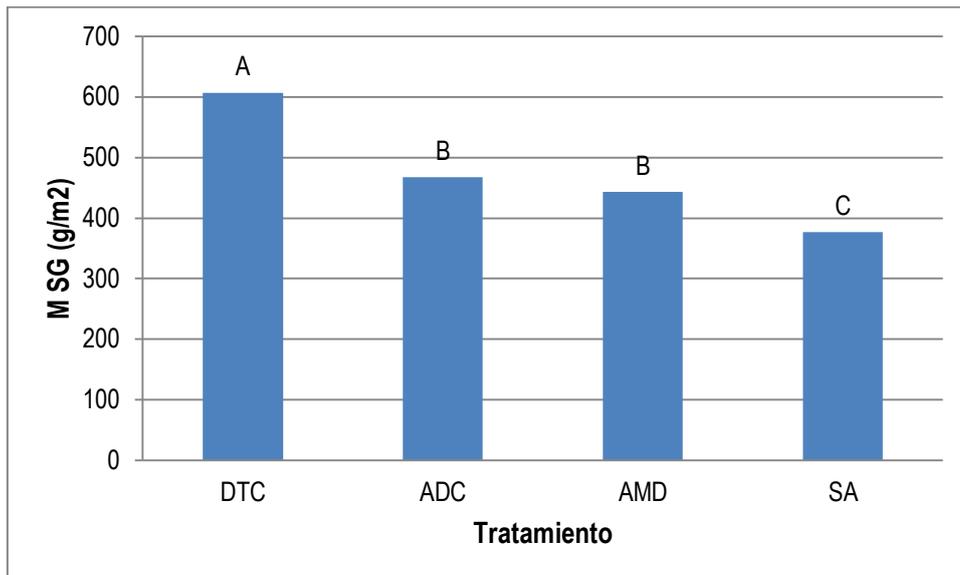


Figura nº6: MSG producida a distintas dosis de atrazina y desmalezado.

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Analizando únicamente los resultados sin considerar el tratamiento DTC, es decir, los tratamientos que se pueden realizar en agricultura extensiva, se obtuvieron diferencias significativas en la producción de MSG entre los tratamientos con distintas dosis de atrazina (Figura 7). Los tratamientos ADC y AMD rindieron respectivamente un 16 y 18% más de MSG que el tratamiento SA.

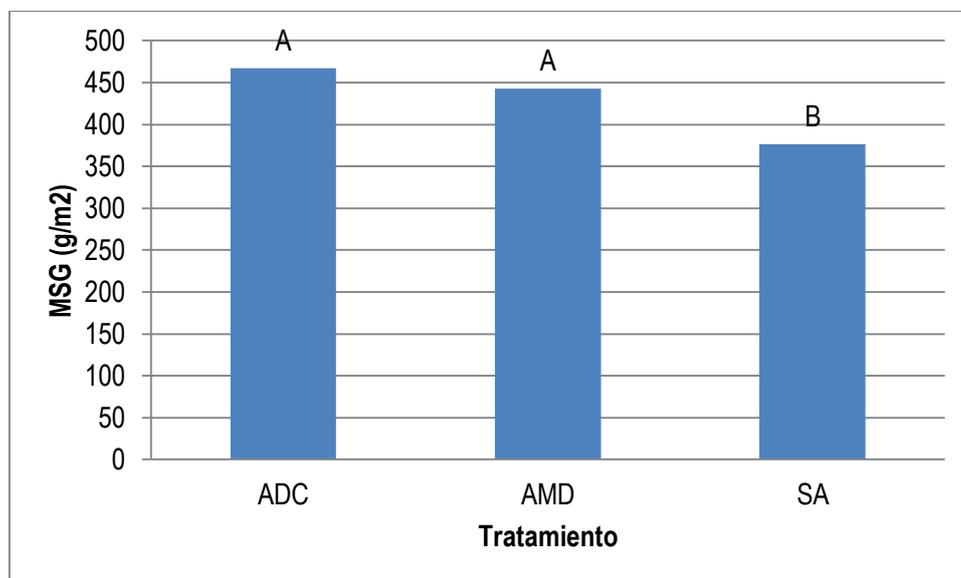


Figura n°7: producción de MSG en tratamientos con distintas dosis de atrazina.
Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Se detectó para MSG una interacción significativa entre DEH y D (Figura nº8). El tratamiento con menor DEH y mayor D produjo significativamente más MSG. Esto podría ser debido de un arreglo espacial que permitió una mayor captura de recursos del ambiente como luz, agua y nutrientes. Nuevamente se observa que el cultivo no pudo compensar la menor D, tal vez por ser un genotipo muy poco macollador.

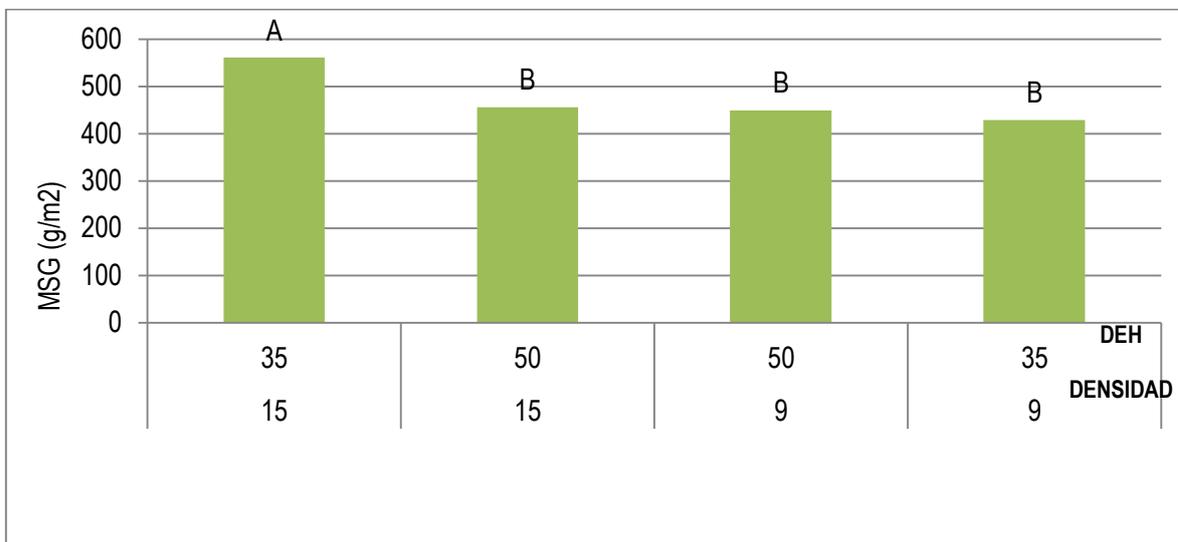


Figura nº8: Interacción entre la Densidad y la DEH para la MSG producida.

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

Materia seca de Malezas

Hubo diferencias significativas en MSM a floración entre los tratamientos con diferente dosis de atrazina (Figura n°9). El tratamiento con ADC redujo el enmalezamiento en un 65% con respecto a SA, en tanto AMD lo hizo en un 31%. Como se observa, el tratamiento ADC no fue totalmente efectivo en el control de malezas. Esto se debió a que la maleza predominante fue una gramínea anual, *Eleusine indica* L. Gaerth (Gramma carraspera, Pata de ganso). No resultando la atrazina muy efectiva para su control. Probablemente el uso de un herbicida complementario como el s-metolaclo ro hubiera producido un mayor control.

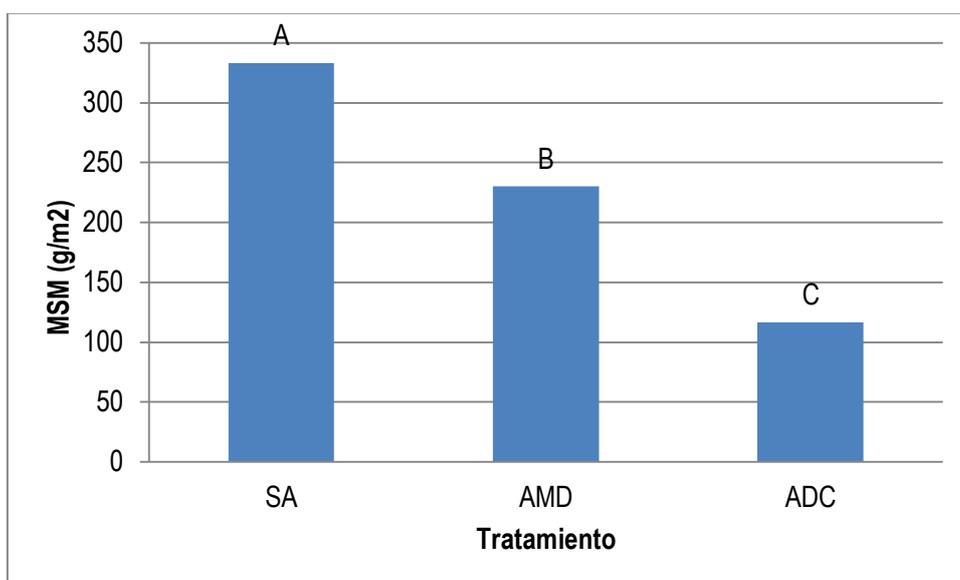


Figura n°9: Producción de MSM en tratamientos con distintas dosis de atrazina
Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.05$.

No se encontraron diferencias significativas en MSM entre los tratamientos con mayor y menor D al 5% de probabilidad pero si al 10% (Figura nº10). La mayor densidad mostró una tendencia hacia un mejor control de malezas.

Quizás, y a modo especulativo, si se hubiera logrado la densidad planeada las diferencias entre densidades se habrían acentuado.

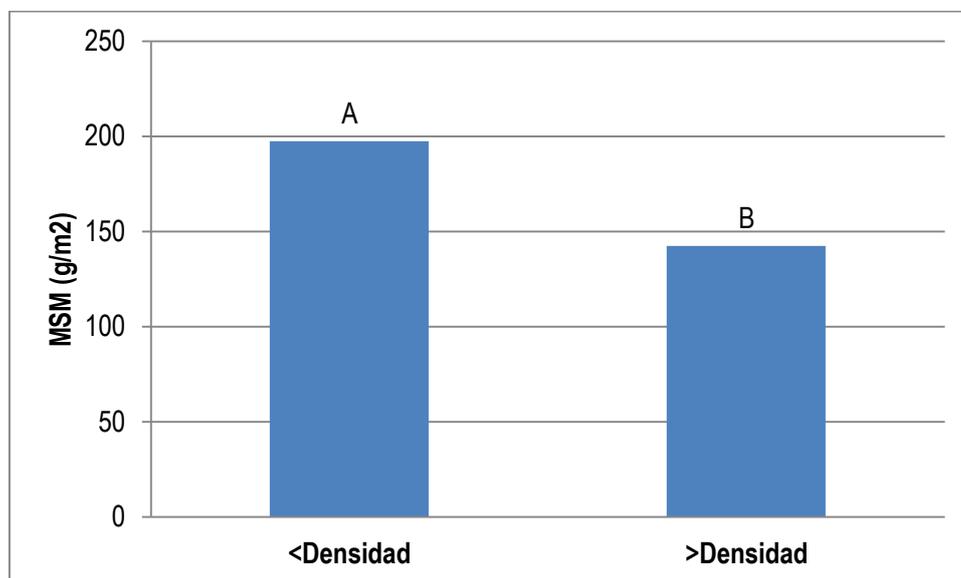


Figura 10: Materia seca de malezas a distintas densidades

Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.1$.

Análisis comparativo entre las diferentes combinaciones de dosis de atrazina, densidad y distancia entre hileras.

Se analizaron las variables MST, MSG y MSM para las 12 combinaciones posibles de DA, D y DEH evaluadas. No hubo diferencias significativas entre combinaciones en el control de malezas. En MST se diferenció significativamente la combinación con la mayor densidad, menor DEH Y Dosis más alta de atrazina. En cuanto a MSG los mayores rendimientos se obtuvieron con las combinaciones con la mayor densidad, la menor DEH y la dosis alta y media de atrazina.

Considerando que el rendimiento en grano es el principal objetivo de la producción de sorgo granífero, los resultados obtenidos muestran la posibilidad de utilizar una menor dosis de atrazina a la recomendada comercialmente cuando esto se combina con una mayor Densidad y un menor DEH. Por otro lado, no utilizar atrazina o utilizarla pero con menor densidad de plantas y o DEH resulta en un menor Rendimiento.

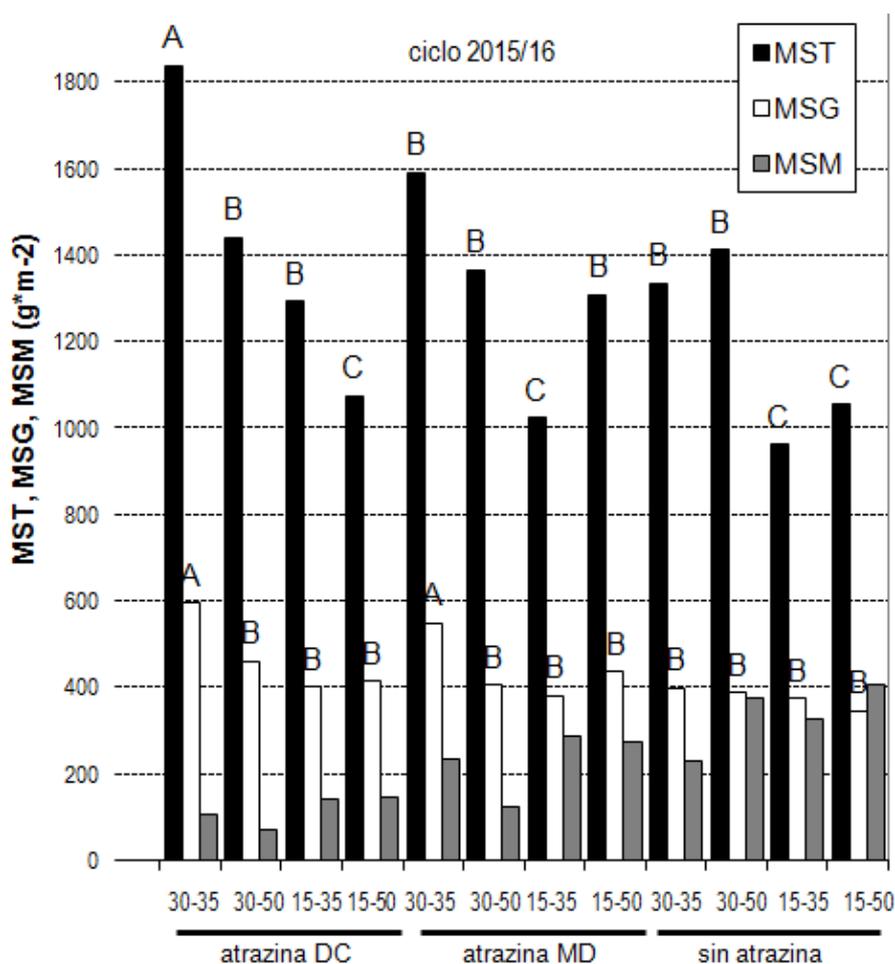


Figura 11: MST, MSG y MSM obtenida en las distintas combinaciones posibles de DA, D y DEH. Letras distintas indican diferencias significativas con $p < 0.1$.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La productividad del cultivo es el resultado del nivel de recursos disponibles para su crecimiento como de la eficiencia con el cual este los captura y usa. El nivel de recursos disponibles fue afectado por la población de malezas en tanto la captura y uso fue afectado por su arreglo espacial (densidad y distancia entre hileras).

En este experimento las mayores dosis de atrazina y la mayor densidad de plantas disminuyeron el crecimiento de la población de malezas, y aumentaron el crecimiento y el rendimiento en grano del cultivo. Esto coincide en parte con Battaglia et al. (2000) en relación a los efectos de la atrazina sobre el crecimiento de las malezas y el rendimiento del cultivo. La distancia entre hileras no mostró ser un factor de relieve tanto en lo que hace a crecimiento de malezas como crecimiento y rendimiento del cultivo a diferencia de lo logrado por García (2004), y en coincidencia con lo obtenido por Battaglia et al. (2000) y Aime et al. (1995).

El análisis de las diferentes combinaciones entre dosis de atrazina y arreglo espacial en relación al rendimiento en grano permitió detectar dos de estas con significativamente mayor productividad: la dosis comercial y la media dosis comercial en conjunto con la mayor densidad y la menor distancia entre hileras. Los resultados de este experimento confirman la hipótesis planteada de que arreglos espaciales del cultivo de sorgo con menor distancia entre hileras y de mayor densidad de plantas aumentan la eficiencia de la atrazina en el control de malezas de manera que con dosis menores a las recomendadas se logra un adecuado control y rendimiento del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a nuestro tutor de trabajo Gustavo Giambastiani por su conocimiento, dedicación y constancia a lo largo de todo este período.

También queremos agradecer a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la UNC por brindarnos el espacio y las herramientas para el desarrollo de este ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

Aime, A.G. y M.E.Coelho. 1995. Efecto de la estructura del cultivo y dosis de atrazina sobre la competencia de malezas en sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.). Revista de la Facultad de Agronomía 8: 49.

Battaglia, L., E. Mendía, C. Torno.2000. Dosis reducidas en herbicida y estructura del cultivo como método de control de malezas en sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.). Revista de la Facultad de Agronomía 11:78

Cabo, S. E., Farías E.E. y García, S.C. 1990. Influencia de la distancia entre surcos y la densidad de siembra del sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L.) sobre el daño provocado por las malezas. Revista de la Facultad de Agronomía 5: 155-156.

García F. 2004. Control de malezas en sorgo granífero. Cuadernillo de sorgo. Agromercado 94:6-9.

Rodríguez J. Domínguez C. 2015. Método de estimación del rendimiento precosecha en el cultivo de sorgo granífero

INTA 2011 Manual del sorgo.

Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Molina, A. R. 2005, 2007. Malezas Argentinas Tomo 1, pág. 31.

ANEXOS

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST	48	0,75	0,63	14,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3952995,82	15	263533,05	6,27	<0,0001
DOSIS	1702438,65	3	567479,55	13,51	<0,0001
DENSIDAD	1583624,71	1	1583624,71	37,70	<0,0001
DEH	69662,04	1	69662,04	1,66	0,2070
DOSIS*DENSIDAD		38730,69	3	12910,23	0,31 0,8199
DOSIS*DEH	218803,41	3	72934,47	1,74	0,1793
DENSIDAD*DEH	145200,00	1	145200,00	3,46	0,0722
DOSIS*DENSIDAD*DEH	194536,32	3	64845,44	1,54	0,2222
Error	1344137,68	32	42004,30		
Total	5297133,50	47			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MSM	48	0,67	0,51	67,65

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	857807,17	15	57187,14	4,32	0,0002
DOSIS	743730,29	3	247910,10	18,74	<0,0001
DENSIDAD	36520,33	1	36520,33	2,76	0,1064
DEH	816,75	1	816,75	0,06	0,8053
DOSIS*DENSIDAD		16127,96	3	5375,99	0,41 0,7494
DOSIS*DEH	49275,04	3	16425,01	1,24	0,3108
DENSIDAD*DEH	918,75	1	918,75	0,07	0,7938
DOSIS*DENSIDAD*DEH	10418,04	3	3472,68	0,26	0,8518
Error	423270,33	32	13227,20		
Total	1281077,50	47			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MSG	48	0,77	0,66	14,60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	499848,05	15	33323,20	6,97	<0,0001
DOSIS	337800,31	3	112600,10	23,56	<0,0001
DENSIDAD	57872,69	1	57872,69	12,11	0,0015
DEH	21696,26	1	21696,26	4,54	0,0409
DOSIS*DENSIDAD		11815,99	3	3938,66	0,82 0,4902

DOSIS*DEH	2708,47	3	902,82	0,19	0,9032
DENSIDAD*DEH	46906,26	1	46906,26	9,82	0,0037
DOSIS*DENSIDAD*DEH	21048,09	3	7016,03	1,47	0,2417
Error	152917,11	32	4778,66		
Total	652765,16	47			

ANÁLISIS SIN TRATAMIENTO DESMALEZADO

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST	36	0,75	0,64	13,08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2141045,23	11	194640,48	6,65	0,0001
DOSIS	295921,72	2	147960,86	5,06	0,0147
DENSIDAD	1286636,49	1	1286636,49	43,99	<0,0001
DEH	82005,87	1	82005,87	2,80	0,1070
DOSIS*DENSIDAD	30818,59	2	15409,29	0,53	0,5971
DOSIS*DEH	205443,90	2	102721,95	3,51	0,0459
DENSIDAD*DEH	66495,22	1	66495,22	2,27	0,1447
DOSIS*DENSIDAD*DEH	173723,45	2	86861,72	2,97	0,0704
Error	701947,25	24	29247,80		
Total	2842992,48	35			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MSM	36	0,48	0,25	58,59

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	395407,17	11	35946,11	2,04	0,0702
DOSIS	281330,29	2	140665,15	7,98	0,0022
DENSIDAD	48693,78	1	48693,78	2,76	0,1096
DEH	1089,00	1	1089,00	0,06	0,8059
DOSIS*DENSIDAD	3954,51	2	1977,26	0,11	0,8944
DOSIS*DEH	49002,79	2	24501,40	1,39	0,2686
DENSIDAD*DEH	1225,00	1	1225,00	0,07	0,7944
DOSIS*DENSIDAD*DEH	10111,79	2	5055,90	0,29	0,7533
Error	423270,33	24	17636,26		
Total	818677,50	35			

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MSG	36	0,57	0,38	17,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	178138,23	11	16194,38	2,93	0,0133

DOSIS	53133,60	2	26566,80	4,81	0,0175
DENSIDAD	48737,92	1	48737,92	8,83	0,0066
DEH	15351,21	1	15351,21	2,78	0,1084
DOSIS*DENSIDAD	11198,05	2	5599,03	1,01	0,3777
DOSIS*DEH	2654,81	2	1327,41	0,24	0,7882
DENSIDAD*DEH	27766,67	1	27766,67	5,03	0,0344
DOSIS*DENSIDAD*DEH	19295,97	2	9647,99	1,75	0,1956
Error	132499,10	24	5520,80		
Total	310637,33	35			
