



Área de Consolidación
Sistemas de Producción de Cultivos Extensivos
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA



Respuesta del sorgo granífero a la fertilización nitrogenada en diferentes estados fenológicos

Integrantes: Genesio, Leandro Javier

Groppo, Gerardo

Veglia, Juan Ignacio

Tutor: Giambastiani, Gustavo

Año: 2014

ÍNDICE

RESUMEN.....	3
INTRODUCCIÓN.....	3
Hipótesis.....	6
Objetivo General.....	6
Objetivos específicos.....	6
MATERIALES Y MÉTODOS.....	7
RESULTADOS.....	10
DISCUSIÓN.....	12
BIBLIOGRAFÍA.....	14
Anexo.....	16

RESUMEN

El objetivo del ensayo fue evaluar la respuesta del cultivo de sorgo a la aplicación de nitrógeno en distintos momentos del ciclo del cultivo. Se sembró un ensayo con tres tratamientos (momentos de fertilización) y un testigo sin fertilizar. La dosis de nitrógeno utilizada fue de 41 Kg/Ha. Los resultados indicaron que no existieron diferencias significativas entre los momentos de fertilización. Si hubo respuesta significativa pero moderada a la fertilización en rendimiento de materia seca, y no significativa y moderada en rendimiento en grano.

Palabras clave: sorgo granífero, fertilización nitrogenada, momento de fertilización.

INTRODUCCIÓN

El sorgo granífero es el quinto cereal en importancia mundial. Se cultivan generalmente en áreas demasiado secas o cálidas para la producción exitosa de maíz. Es un cultivo que, por su eficiencia en el uso del agua y su comportamiento en suelos con limitada fertilidad, se adapta a las regiones semiáridas.

La mayor superficie sembrada y cosechada en Córdoba fue durante el período 1969-1982, reduciéndose notablemente hasta la temporada 2002/03, a partir de la cual se observó un aumento. En cuanto al rendimiento, se manifiesta un incremento a lo largo de los años gracias a los avances tecnológicos que vienen sucediendo.

El nutriente más utilizado en la producción de cereales y de sorgo en particular, es el nitrógeno. La fertilización nitrogenada representa una parte importante del costo de producción de los cultivos. El Nitrógeno es el nutriente cuya deficiencia es más frecuente en las regiones “sorgueras”.

La fertilización nitrogenada en el cultivo de sorgo, es un aspecto a tener muy en cuenta para lograr una buena rentabilidad y competitividad frente a otras opciones productivas. El sorgo granífero posee un alto requerimiento de nitrógeno de 30 kg N por tonelada de grano producido (Ciampitti, 2007).

Los mejores rendimientos no solo se relacionan con la oferta de N disponible (N suelo +N fertilizante) para el cultivo, también influye de forma significativa la disponibilidad de agua durante el periodo crítico del mismo (20 días antes y 10 días después de antesis). Por lo tanto una adecuada fertilización nitrogenada permite potenciar la eficiencia del uso del agua y mejorar los niveles de productividad del sorgo granífero (Molino *et. al*, 2012).

El cultivo de sorgo puede presentarse como una alternativa válida en esquemas de rotación agrícola, ya que es capaz de aportar abundantes rastrojos tanto desde la parte aérea como por parte de un sistema radicular abundante y profundo.

Estudios realizados han determinado que dosis de entre 30 y 60 Kg/Ha no generan una respuesta significativa en el rendimiento con respecto al cultivo sin fertilizar. En dosis de 60 hasta 90 Kg/Ha se obtienen las máximas respuestas, decreciendo esta entre 90 y 120 Kg/ha (García, 2001).

Bernardis *et al.* (2002), afirman que la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno (0, 30, 60, 90 y 120 Kg/Ha) presentan diferencias significativas en las variables rendimiento de materia seca total y rendimiento en grano. Los resultados obtenidos muestran una tendencia positiva a la respuesta del cultivo frente a la aplicación de nitrógeno. Dándose los mayores valores de rendimiento de materia seca total y rendimiento en grano, con las dosis de fertilizante: 60 y 90 kg/ha.

En cuanto a la demanda de nutrientes, la gran necesidad se da a partir de V5 (20 a 30 días posteriores a la emergencia) y hasta 10 días previos a la floración, período en el cual el cultivo toma aproximadamente el 70 % de los nutrientes requeridos. Por lo tanto una buena nutrición desde los primeros estados de

desarrollo producirá una cantidad de área foliar suficiente para interceptar la mayor parte de la radiación incidente y asegurar así una alta eficiencia para transformarla en biomasa (Villar, 1980).

Gambaudo (2008) indica que el sorgo requiere del aporte de abundantes cantidades de nutrientes para su desarrollo ya que, la baja fertilidad del suelo es, uno de los factores que pueden limitar su producción. Deficiencias en nitrógeno a partir de la diferenciación del ápice reproductivo hasta floración, pueden causar abortos en las inflorescencias, mientras que si la deficiencia se produce después de la antesis se refleja un menor contenido de proteína del grano. Además suelos pobres en nitrógeno establecen plantas con un pobre sistema radicular, traduciéndose en una reducción del rendimiento. Esto determina que el mejor momento de aplicar el nitrógeno es en el período previo a la de mayor exigencia, siendo ese momento entre los estadios de 6 hojas y 10 hojas. Las aplicaciones complementarias deberían realizarse siempre antes del estado de “panojamiento”, preferible dentro de los 30 días desde la emergencia, debido a que en este estadio se determina el tamaño de la panoja.

Fontanetto *et al*, (2008) observó efecto significativo de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento en granos de sorgo granífero. La eficiencia de uso (kg de granos producidos por kg de nutriente) fue alta. Este autor indica que para el caso del N y en planteos de siembra directa es, desde el punto de vista práctico, mejor aplicarlo en una sola dosis en el período que va desde la siembra y hasta V5.

La eficiencia agronómica de la fertilización nitrogenada en el cultivo de sorgo será mayor cuando se realice en el estado 3, el cual marca el inicio del crecimiento activo del cultivo; y menor cuando se fertilice antes, por posibles pérdidas de nitrógeno del perfil explorado por las raíces.

Ferrari *et.al*. (2012), establece que la estrategia de dividir la aplicación de una misma dosis de N entre la siembra y el estado de 10-11 hojas resulta beneficiosa, siendo mayor la eficiencia en campañas de lluvias abundante. El cultivo de sorgo

responde significativamente al agregado de N, aún en estados avanzados del ciclo, como el de 10-11 hojas desplegadas.

Hipótesis:

La respuesta del cultivo de sorgo granífero a la fertilización nitrogenada será mayor cuando se realice en el estado 3, el cual marca el inicio del crecimiento activo del cultivo; y menor cuando se realice antes, por posibles pérdidas de nitrógeno del perfil explorado por las raíces, o después, por una posible insuficiencia en el abastecimiento de N para el cultivo.

Objetivo General:

- Evaluar la respuesta a la fertilización nitrogenada en diferentes estados fenológicos del cultivo de sorgo granífero.
-

Objetivos específicos:

- 1) Evaluar la respuesta en grano y materia seca al agregado de nitrógeno.
- 2) Establecer el momento óptimo de aplicación de nitrógeno.
- 3) Determinar la eficiencia agronómica (respuesta del rendimiento ante el agregado de nitrógeno) en función de diferentes momentos de aplicación del fertilizante nitrogenado.
- 4) Analizar el beneficio económico marginal de la fertilización nitrogenada.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo fue realizado en el campo escuela de la Facultad de Ciencias Agropecuarias Universidad Nacional de Córdoba, ubicado en el kilómetro 7 camino a Capilla de los Remedios.

En la Figura 1, se observan las precipitaciones, radiación solar, temperatura media y duración del ciclo del cultivo durante la campaña 2013/14. Las mayores precipitaciones se dieron en los meses de noviembre (180 mm) y febrero (210 mm) a diferencia de la media histórica que marca que los meses de mayores lluvias son diciembre y enero con 137 mm y 122 mm respectivamente. El cultivo contaba con 268 mm de agua hasta los 2 m de profundidad a la siembra, debido a la lluvia del mes de noviembre y los riegos realizados. La temperatura y la radiación solar, siguieron curvas con valores similares a las medias históricas.

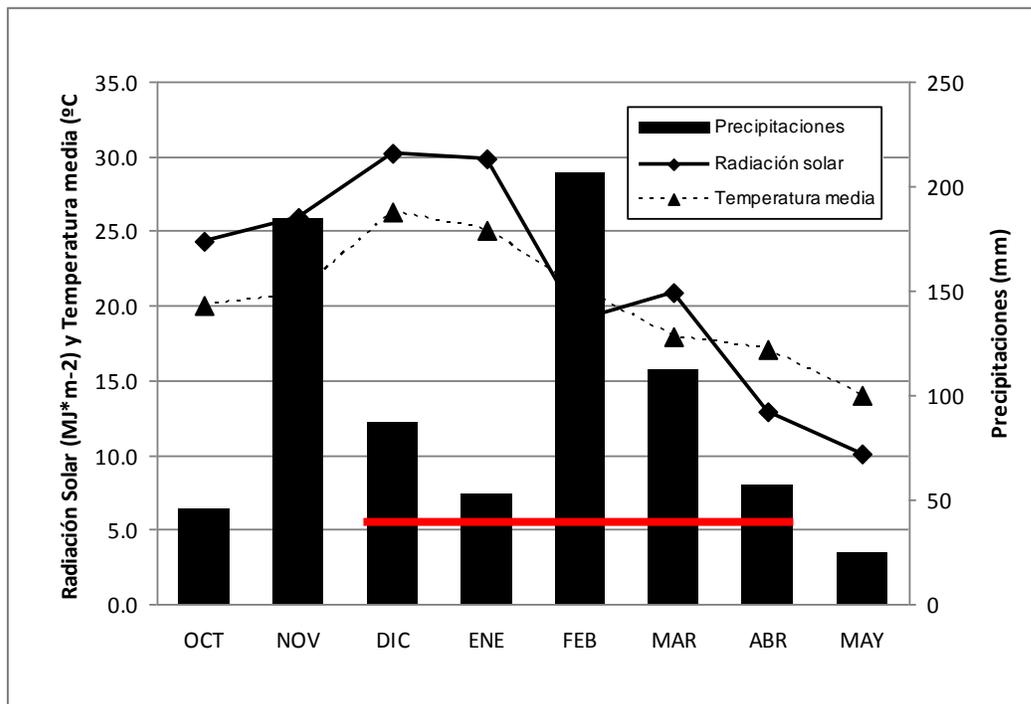


Figura 1: Datos de precipitaciones, radiación solar, temperatura media y duración del periodo del cultivo desde siembra a cosecha.

El experimento consistió en tres tratamientos (fertilización en distintos momentos) y un testigo sin fertilizar. El diseño fue en bloques completamente aleatorizados con tres repeticiones.

Se sembró manualmente el cultivar de sorgo granífero P 81G67 de la empresa Pioneer, el día 05/12/2013 con una densidad de 180.000 plantas*Ha y con un espaciamiento entre hileras de 52 cm. El mismo día se realizó la labranza para preparar la cama de siembra. El control de malezas se hizo mediante la aplicación de atrazina en preemergencia y no hubo problemas de enfermedades e insectos.

Las parcelas fueron de cinco hileras por cinco metros de largo cada una.

Se siguió el desarrollo del cultivo mediante las claves fenológicas de Vanderlip & Reeves (1972). El contenido hídrico del suelo se determinó a la siembra, hasta 1.80 m de profundidad, extrayendo muestras mediante la utilización de un barreno a intervalos de veinte centímetros. Las muestras fueron llevadas a laboratorio para determinar el contenido de agua del suelo en forma gravimétrica. Además se realizó un muestreo de suelos a la siembra para determinar la disponibilidad de nutrientes (nitrógeno, fósforo y azufre) cuyos resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Datos de nitrato, nitrógeno total, fósforo y azufre en los diferentes perfiles del suelo.

NUTRIENTES EN EL SUELO	Profundidad del suelo (cm)		
	0-20	20-40	40-60
Nitratos (N-NO ₃) ppm	33.32	33.21	36.9
Nitrógeno Total (Nt) (%)	0.19		
Fósforo (P) ppm	60.35		
Azufre (S-SO ₃) ppm	45.77		

Se fertilizó en tres momentos durante el ciclo del cultivo: estado 0, estado 2 y en estado 4. La dosis de nitrógeno que se utilizó, se calculó en base al método del balance de nutrientes, donde se determinó, un rendimiento objetivo en función de la oferta de agua almacenada, en el suelo a la siembra y a la aportada por lluvia. El requerimiento calculado de nitrógeno fue de 41 Kg por hectárea, por lo que se aplicó, una dosis de 88 Kg de urea para satisfacer la demanda del cultivo.

Una vez alcanzado el estado 7 se protegieron las panojas del ataque de aves hasta la cosecha.

Llegado a madurez fisiológica se cosecho 1 m² de cada parcela cortando las plantas desde la base. Se secaron en estufa hasta peso constante, se determinó rendimiento de materia seca total (RTO-MST) y una vez trilladas las panojas con maquinaria estática, se determinó rendimiento en grano (RTO-GR) y componentes (número y peso medio de granos).

Se determinó la eficiencia agronómica mediante la relación entre la respuesta a la fertilización y la dosis de nitrógeno aplicada.

Se analizó el beneficio económico marginal de la fertilización nitrogenada, los datos fueron obtenidos de la revista "Marca Líquida". El mismo, resultó de restarle al ingreso marginal el costo marginal.

Los datos recolectados se analizaron mediante modelos de análisis de varianza y pruebas de comparaciones múltiples de medias, utilizando el programa Infostat.

RESULTADOS

En la tabla 2, se muestran los resultados de las variables RTO-MST y RTO-GR en los distintos tratamientos de fertilización. Se observa que no hubo diferencias estadísticas significativas entre los momentos de aplicación del fertilizante, no obstante hay una tendencia a un mayor rendimiento en los tratamientos fertilizados en relación al testigo.

Tabla 2: RTO-MST y RTO-GR en distintos momentos de fertilización.

MOMENTO DE FERTILIZACIÓN	RTO-MST (gr/m ²)	RTO-GR (gr/m ²)
ESTADO 0	2237 a	546 a
ESTADO 2	2220 a	508 a
ESTADO 4	2281 a	554 a
TESTIGO	2029 a	435 a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Figura 2, se muestran los resultados de las variables RTO-MST y RTO-GR agrupando los tratamientos fertilizados y comparándolos con el testigo. Hay respuesta positiva del cultivo de sorgo a la fertilización, mostrando diferencias estadísticamente significativas en el RTO-MST. En RTO-GR, existe una tendencia a la respuesta del cultivo de sorgo a la aplicación de nitrógeno, no obstante, estadísticamente no hay diferencias entre fertilizar y no fertilizar.

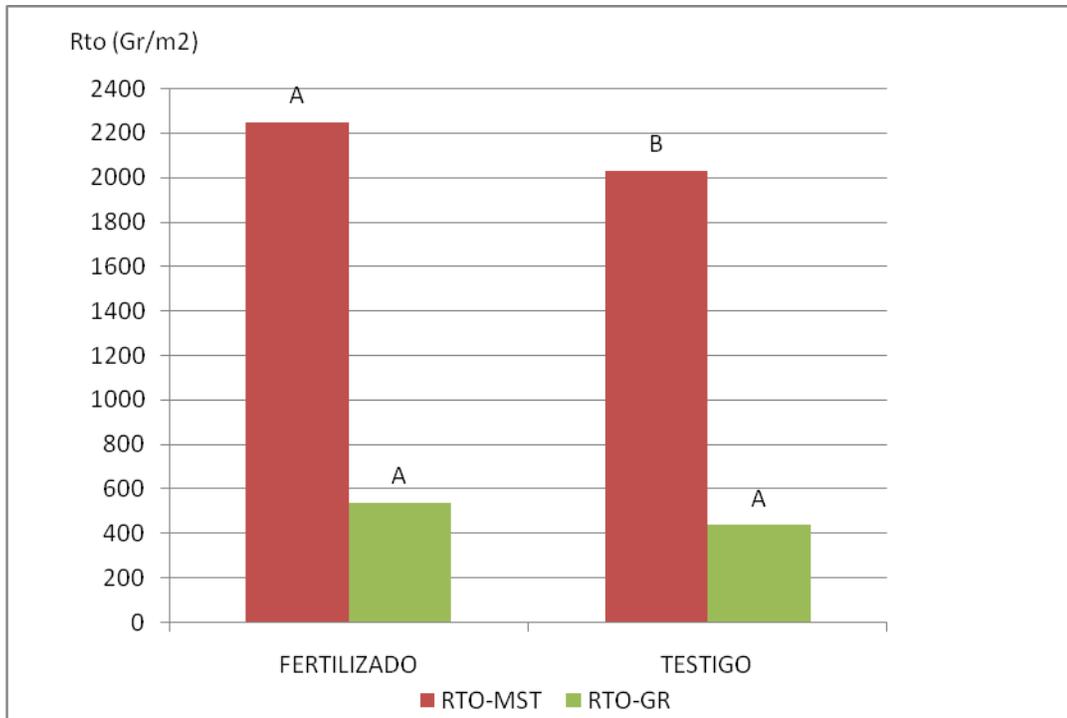


Figura 2: RTO-MST y RTO-GR de los tratamiento fertilizado y testigo. *Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).*

No hubo diferencias significativas en la Eficiencia Agronómica entre momentos de fertilización. El valor promedio fue de: 2,46 kg grano/ kg N.

El ingreso marginal dio un resultado de 580 \$/Ha y el costo marginal fue de 460 \$/Ha. Por lo tanto el beneficio económico de la fertilización nitrogenada realizada es de 120,00 \$/Ha.

DISCUSIÓN

Bajo las condiciones climáticas y de manejo de este ensayo, se rechaza la hipótesis planteada, es decir, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento entre los momentos de fertilización. La ventana de fertilización explorada en este ensayo fue desde el estado 0 al estado 4. Posiblemente estos resultados se deban al elevado nivel de nitrógeno disponible y mineralizable al momento de siembra (319 kg/ha) lo que determinó que la dosis de N utilizada fuera baja (40 kg/ha). De esta manera, las posibles pérdidas de nitrógeno ante aplicaciones tempranas, cuando el cultivo todavía no lo extrae a su máxima tasa, podrían haberse disimulado ante la gran oferta de N existente. En igual sentido, la alta disponibilidad de nitrógeno podría haber determinado que no se produjera estrés de nitrógeno a pesar de la aplicación demorada en estado 4, cuando el cultivo ya se encontraba con su máxima tasa de crecimiento.

El rendimiento promedio alcanzado en este ensayo se puede considerar magro (5100 kg/ha a 0% de humedad de granos) si se tiene en cuenta la oferta de agua y nutrientes para el cultivo. No hubo adversidades bióticas que afectaran el crecimiento y el rendimiento final del cultivo. Este dispuso de 268 mm de agua a la siembra, y si bien en los meses de diciembre y enero las precipitaciones fueron inferiores a lo normal, en los meses subsiguientes se revirtió y superaron en gran medida la media normal. La posible explicación a esta baja expresión del rendimiento es la caída importante en los niveles de radiación solar en el mes de febrero caracterizado por abundantes precipitaciones y nubosidad. Esto puede haber afectado el llenado de los granos ya que el peso medio de los mismos fue de 0,020 mg cuando lo normal es que oscile entre 0.025 y 0.035 mg. Se manifestó también en un índice de cosecha muy bajo, de 0.23, siendo lo normal en sorgo alrededor de 0.4.

Comparando los tratamientos fertilizados con el testigo arrojó diferencias significativas, aunque de poca relevancia, en el RTO-MST. Aunque no encontramos diferencias significativas en RTO-GR, se observó una respuesta

positiva a la fertilización que se manifestó en una eficiencia agronómica de 2,46 kg grano/ kg de N. Esto representó un beneficio marginal positivo de la fertilización. No es posible establecer conclusiones debido a las características ambientales muy particulares bajo las cuales se desarrollo este ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

Bernardis, Hugo O. - García, Pedro A. - Ferrero, Abel R. 2002. Estructura del cultivo, fertilización nitrogenada, radiación interceptada y producción de materia seca en sorgo (*sorghum bicolor* L. Moench) en siembra directa. Cátedra de Cultivos I - Facultad de Cs. Agrarias - UNNE. <http://www.unne.edu.ar>.
<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-079.pdf>

Ciampitti, I.A. y F.O. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, oleaginosos e industriales. Archivo Agronómico No. 11. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 33:13-16.

Ferrari Manuel, L.A. Rivoltella y J.M Casado. 2012. Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización nitrogenada en sorgo granífero. Trabajo presentado en el XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo - XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, 16-20 de Abril de 2012, Mar del Plata, Argentina. Resumen en: International Plant Nutrition Institute.:
[http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/94C4DF0E1127031785257AC5006D6C67/\\$FILE/6.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/94C4DF0E1127031785257AC5006D6C67/$FILE/6.pdf).

Fontanetto Hugo, Oscar Keller, Leandro Belloti, Carlos Negr, Dino Giailevra. 2009. Efecto de diferentes combinaciones de nitrógeno y azufre sobre el cultivo de sorgo granifero. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela .INFORMACION TECNICA CULTIVOS DE VERANO. CAMPAÑA 2009. Publicación Miscelánea N° 115.

Fontanetto, H. y O. Keller. 1999. Fertilización en Sorgo. 1ª. Jornada de divulgación Técnica Económica: El sorgo como negocio. INTA, EEA Manfredi. 26 de agosto de 1999. Actas: 19-24.

Gambaudo Sebastián. 2008. La fertilización del sorgo granífero. EEA INTA Rafaela. Artículo en Internet: [http://portal.acabase.com.ar/.
http://portal.acabase.com.ar/suelofertil/Articulos%20de%20Inters/SORGO/Sorgo%20granifero%20-%20Nutrici%C3%B3n%20del%20cultivo.pdf](http://portal.acabase.com.ar/.http://portal.acabase.com.ar/suelofertil/Articulos%20de%20Inters/SORGO/Sorgo%20granifero%20-%20Nutrici%C3%B3n%20del%20cultivo.pdf)

García, Pedro A. - Ferrero, Abel R. - Goujon, M. 2001. Fertilización nitrogenada en siembra directa de sorgo. Cátedra Cultivos I - Facultad de Ciencias Agrarias - UNNE. [http://www.unne.edu.ar.
http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2001/5-Agrarias/A-066.pdf](http://www.unne.edu.ar.http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2001/5-Agrarias/A-066.pdf)

Molino, J. Álvarez, C. Severina, I.; Ortiz, D. 2012. Respuesta a la fertilización nitrogenada en sorgo en el centro de la provincia de Córdoba. EEA Manfredi. Reuniones y congresos: resumen y trabajos presentados; ISSN On line 1851-4987.

VILLAR, J. 1980. Evaluación de cultivares de Sorgo Granífero mediante parámetros de adaptabilidad y estabilidad. I.N.T.A. Informe técnico N° 52.

Anexo

Medidas resumen

tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	CV
1°fert	PG	3	545,67	113,78	20,85
1°fert	MST	3	2238,67	209,94	9,38
1°fert	Rto (QQ)	3	54,57	11,38	20,85
2°fert	PG	3	508,33	29,50	5,80
2°fert	MST	3	2220,00	16,82	0,76
2°fert	Rto (QQ)	3	50,83	2,95	5,80
3°fert	PG	3	554,00	23,07	4,16
3°fert	MST	3	2280,67	181,94	7,98
3°fert	Rto (QQ)	3	55,40	2,31	4,16
testigo	PG	3	435,33	111,01	25,50
testigo	MST	3	2029,33	209,40	10,32
testigo	Rto (QQ)	3	43,53	11,10	25,50

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rto (QQ)	12	0,48	0,05	16,21

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	385,58	5	77,12	1,12	0,4372
tratamiento	263,50	3	87,83	1,28	0,3630
bloque	122,09	2	61,04	0,89	0,4585
Error	411,33	6	68,56		
Total	796,92	11			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=17,1041

Error: 68,5556 gl: 6

tratamiento	Medias	n	E.E.
testigo	43,53	3	4,78 A
2°fert	50,83	3	4,78 A
1°fert	54,57	3	4,78 A
3°fert	55,40	3	4,78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

A través del balance de nitrógeno, nos permite saber los kilogramos de urea aplicada por hectárea. Se partió de los datos obtenidos, a través del análisis de suelo realizado (ver tabla 1). Luego basándose en un rendimiento objetivo de 12 toneladas por hectáreas se estableció el requerimiento del cultivo de sorgo en 360 Kg/Ha. La oferta de nitrógeno brindada para el cultivo, se conforma por la suma

del nitrógeno disponible como nitratos más el nitrógeno mineralizado. El nitrógeno disponible como nitratos se calcula a partir de los datos obtenidos del análisis de suelo (tabla 1) el cual es afectado por una eficiencia de utilización (0,6) dando como resultado 161 Kg N-NO₃/Ha. El nitrógeno mineralizado, se genera del nitrógeno retenido en la materia orgánica, afectado por una tasa de mineralización de 0,04 y por una eficiencia de utilización de 0,8 dando como resultado 158 Kg N/Ha. Ambos factores, dan una oferta de 319 Kg N/Ha. De la diferencia entre la oferta y el requerimiento, resulta la cantidad de nitrógeno a agregar al suelo que el cultivo demanda para su potencial crecimiento, como nuestro fertilizantes a agregar es urea (46% de nitrógeno), resultó que para satisfacer los 41 kilogramos que el cultivo necesita, hay que incorporar 88 kilogramos de urea por hectárea.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MST	12	0,58	0,43	6,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	206551,94	3	68850,65	3,72	0,0608
tratamiento	106058,78	1	106058,78	5,74	0,0435
bloque	100493,17	2	50246,58	2,72	0,1257
Error	147911,72	8	18488,97		
Total	354463,67	11			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=194,5317

Error: 18488,9653 gl: 8

tratamiento	Medias	n	E.E.
fert	2246,44	9	45,32 A
testigo	2029,33	3	78,50 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p < 0,05$)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RTOG	12	0,44	0,23	14,63

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35009,67	3	11669,89	2,09	0,1800
tratamiento	22801,00	1	22801,00	4,08	0,0780
bloque	12208,67	2	6104,33	1,09	0,3805
Error	44682,00	8	5585,25		
Total	79691,67	11			

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=106,9191

Error: 5585,2500 gl: 8

tratamiento	Medias	n	E.E.
fert	536,00	9	24,91 A
testigo	435,33	3	43,15 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0,05$)





