



Fortia

by **ADVANTA**



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
MAYOR POTENCIAL DE RENDIMIENTO = MAYORES REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES	3
RESPUESTA EN REDIMIENTO A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA	4
RECOMENDACIONES PARA UNA ADECUADA FERTILIZACION NITROGENADA.....	5
RESPUESTA EN RENDIMIENTO A LA FERTILIZACION FOSFORADA	6
RECOMENDACIONES PARA UNA ADECUADA FERTILIZACION FOSFORADA	6
PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA	6
¿CÓMO IMPACTAN EN EL RENDIMIENTO LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES?	7
¿CUÁLES SON LOS SÍNTOMAS?	7
CONCLUSIONES	8
EJEMPLO PRÁCTICO.....	9
BIBLIOGRAFIA.....	12



INTRODUCCIÓN

Como toda gramínea de verano el sorgo responde muy bien a la fertilización, maximizando su productividad tanto de biomasa como de grano.

Resultados del relevamiento de tecnología agrícola aplicada de la bolsa de cereales de Buenos Aires, indican que la fertilización nitrogenada en sorgo mantuvo una tendencia estable durante las campañas 2017/18 - 2022/23.

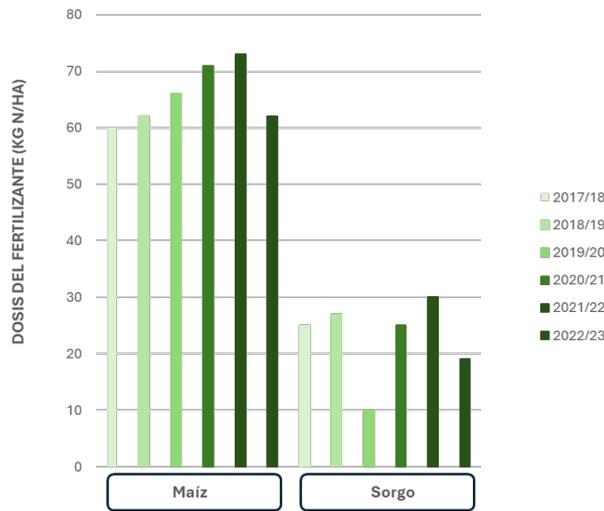


Figura 1: Evolución de dosis promedio en las últimas campañas (Kg N/ha). Fuente: Informe ReTAA. Bolsa de cereales de Buenos Aires

MAYOR POTENCIAL DE RENDIMIENTO = MAYORES REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES

Tradicionalmente y desde hace varios años las necesidades de fertilización se ajustaron en base a los requerimientos del cultivo propuestos por el IPNI - 2007.

Estos requerimientos nutricionales han quedado desactualizados, principalmente, por el desarrollo de nuevos híbridos y mejores prácticas de manejo, como riego y control de malezas (Ciampitti, 2016).

Estudios recientes han demostrado que híbridos modernos tienen mayor eficiencia de uso de nitrógeno que los antiguos, principalmente debido a un aumento en el



rendimiento (aumento de índice de cosecha) y una menor concentración de nitrógeno en los granos (Demarco, 2021).

Asimismo, se han realizado nuevos ajustes de las tasas de absorción de nutrientes de acuerdo con el lanzamiento de nuevos híbridos de sorgos graníferos (Tabla 1).

Sorgo granífero	Nitrógeno	Fósforo	Potasio	Azufre
	Kg/tn	kg P2O5/tn	kg K2O/tn	Kg/tn
Grano	11.1	5.8	1.5	0.721
Hojas y tallo	4.9	4.3	6.2	0.618
Total	16	10.1	7.7	1.3

Tabla 1: Requerimientos nutricionales de sorgo granífero por tonelada de grano, tallo y hoja. Fuente: Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service, 2022.

RESPUESTA EN REDIMIENTO A LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA

Ensayos realizados por Advanta, reflejan dos curvas de respuesta a la fertilización nitrogenada de acuerdo con el potencial ambiental, este último explicado por las diferencias en el agua útil de ambos ambientes (grafico 1).

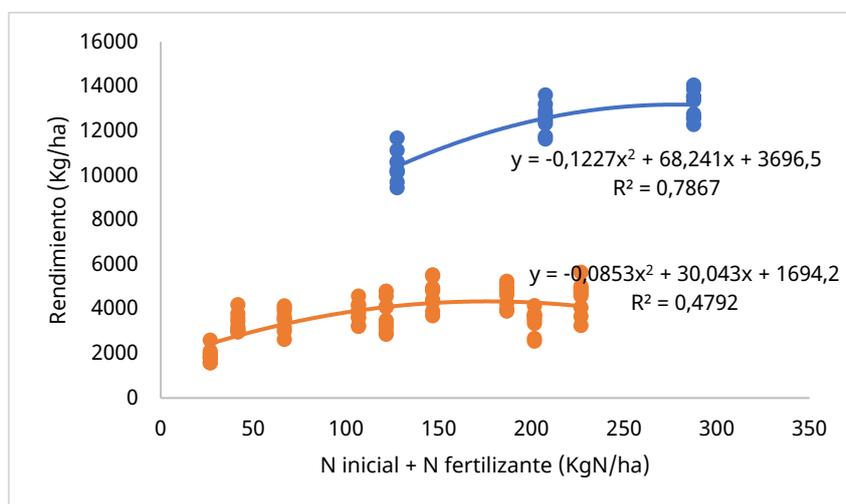


Gráfico 1: Respuesta en rendimiento de grano en cultivo de sorgo a la disponibilidad de nitrógeno (Inicial + fertilizante). Curva azul ambiente de alto potencial (Agua útil disponible a la siembra 340 mm), curva naranja ambiente de bajo potencial (agua útil disponible a la siembra 120 mm). Ensayo interno de Advanta, Campaña 22/23.



Las eficiencias de respuesta a la fertilización nitrogenada en ambientes de bajo potencial (120 mm de agua útil) fueron muy bajas, oscilando entre los 22 a 40 kg N por tonelada de grano. Mientras que en ambientes que contaron con mayor disponibilidad de agua (340 mm de agua útil disponible a la siembra), la eficiencia de la utilización del nitrógeno fue mucho más alta, obteniendo valores de respuesta entre 12 y 20 kg de N por tonelada de grano.

Estos resultados coinciden con los reportados por diferentes autores. Fontanetto (2008) encontró respuestas de 13 kg de N por tonelada de grano para lotes de buen potencial cercanos a la localidad de Rafaela, Santa fe. Asimismo, Zamora et al. (2010) en el centro-sur de la provincia de Buenos Aires, encontraron que dosis de 30-120 kg N ha⁻¹ incrementaron los rendimientos entre 1000-3000 kg ha⁻¹ con respecto al testigo, resultando en una eficiencia de uso de entre 20-33 kg de grano por cada kg de N aplicado. En ambientes de alta producción (testigos > 8000 kg ha⁻¹), Zamora et al. (2011) encontraron respuestas crecientes a dosis de N (suelo a la siembra + fertilizante) entre 18-20 kg de grano por cada kg de N aplicado.

RECOMENDACIONES PARA UNA ADECUADA FERTILIZACION NITROGENADA

1. Medir Nitrógeno de nitratos disponible mediante análisis de suelo.
2. Estimar el nitrógeno potencialmente disponible por mineralización de la materia orgánica.
3. Estimar el rendimiento objetivo en base al potencial ambiental del lote, agua disponible, cultivo antecesor, rastrojo, y sistema de labranza.
4. Definir la estrategia de fertilización de acuerdo con los requerimientos nutricionales sugeridos en la tabla 1.





RESPUESTA EN RENDIMIENTO A LA FERTILIZACION FOSFORADA

En ensayos comparativos de rendimiento por fertilización se observó que el tratamiento 1 (6,6 ppm de fósforo a la siembra) respecto al testigo sin aplicar obtuvo un rendimiento diferencial cercano a los 300 kg/ha y la altura de las plantas incrementa en un 17,5 cm.

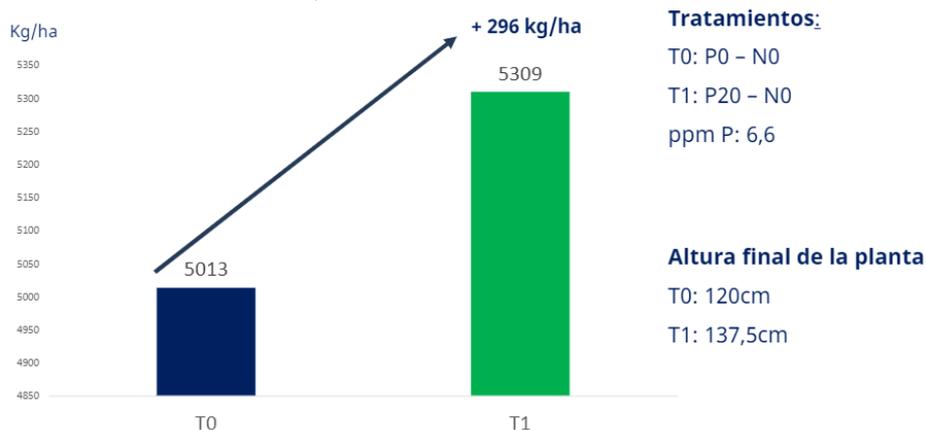


Gráfico 2. Respuesta en rendimiento de grano en cultivo de sorgo a la fertilización fosforada. Fuente: Ferraris et al., 2013.

RECOMENDACIONES PARA UNA ADECUADA FERTILIZACION FOSFORADA

¿Cuál es el momento adecuado para la fertilización?

- A la **siembra**, siempre y cuando el fertilizante se ubique al costado y abajo, y **nunca en la línea de siembra**.
- **En post-emergencia, durante el estadio V4-V5**, ya sea con fertilización incorporada en el entresurco, o bien mediante la utilización de caño de bajada de manera de ubicar el fertilizante en el entresurco.

PRECAUCIONES A TENER EN CUENTA

Un aspecto importante es la ubicación del fertilizante o arrancador si se realiza durante el momento de la siembra. Con la finalidad de no causar efectos fitotóxicos al cultivo, el mismo debe ser colocado, por debajo y al costado de la semilla (Salas & Lovera, 1997). En este sentido, el cultivo de sorgo presenta severas restricciones respecto a la fertilización en la línea de siembra, y por eso la misma debe realizarse al costado y abajo, y nunca junto con la semilla.



¿CÓMO IMPACTAN EN EL RENDIMIENTO LAS DEFICIENCIAS NUTRICIONALES?

Una deficiencia de nitrógeno (N) entre el inicio de la diferenciación floral y floración puede provocar entre 16% y 30% de aborto en la inflorescencia.

El P por su parte, determina el desarrollo radicular inicial y de la parte aérea (Foto 1).

¿CUÁLES SON LOS SÍNTOMAS?

La deficiencia de Nitrógeno en sorgo se manifiesta en una reducción en la producción de materia seca, con una coloración verde claro a amarillo, necrosis y amarillamiento de las hojas inferiores (comenzando desde el extremo), un retraso en la floración y además puede observarse menores porcentajes de proteína en el grano.



Foto 1: Deficiencia de nitrógeno en sorgo. Fuente: Pacific Seeds (2019).

Una deficiencia de fósforo se manifiesta en plantas jóvenes con hojas y tallos de color rojizo a púrpura, menor desarrollo radicular y retraso en la floración y madurez de la planta (Gambaudo, 2008).

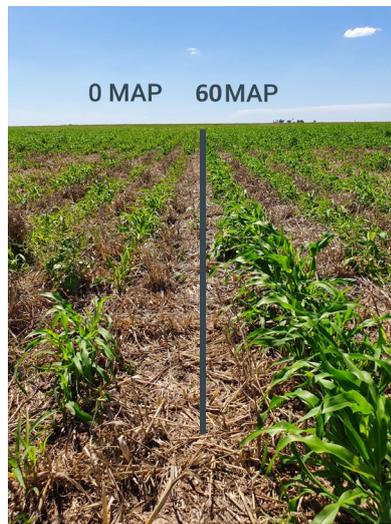


Foto 2: Respuesta a la fertilización con MAP en la localidad de Tres Algarrobos en la campaña 20/21. Advanta Semillas.

CONCLUSIONES

La fertilización en el cultivo de sorgo es fundamental para alcanzar altos rendimientos y reducir la brecha productiva en Argentina. Al tratarse de una gramínea, el sorgo requiere una estrategia de fertilización adecuada que permita maximizar el uso de nutrientes, optimizando el rendimiento incluso en suelos con limitaciones. Además, una fertilización equilibrada previene deficiencias críticas que afectan directamente la productividad. En un contexto de creciente competitividad agrícola, ajustar la fertilización en función del potencial de cada lote y de las condiciones ambientales es clave para potenciar la productividad del sorgo en el país y fortalecer sistemas de producción más eficientes y rentables.



EJEMPLO PRÁCTICO

Aplicando los conceptos aquí planteados podemos armar una estrategia de fertilización para un caso ejemplo.

Primero definiremos el objetivo productivo buscado y mediante las tablas propuestas estimaremos las necesidades de nutrientes. Posteriormente, mediante el uso de los resultados de análisis químico de suelo, estimaremos la oferta de nutrientes que el suelo presente al momento de la siembra y las que puede llegar a generar el ambiente para finalizar definiendo la posible estrategia de fertilización.

Si el objetivo productivo buscado es de **8000 kg/ha de grano**, y tomando en cuenta los valores de referencia de la tabla 2, las necesidades de nutrientes centrándonos en nitrógeno y fósforo serían:

- Necesidad de **nitrógeno**: $8 \text{ tn/ha} \times 16 \text{ kg N/tn} = 128 \text{ kg N}$.
- Necesidad de **fósforo**: $8 \text{ tn/ha} \times 10.1 \text{ kg P}_{205}/\text{tn de planta} = 80.8 \text{ kg P}_{205}$. (35 kg P)

Para el ejemplo se utilizarán los datos de análisis químico de suelo de cuatro lotes de la zona de Pergamino, Santa fe (tabla 3).

INFORME DE RESULTADO						
ANÁLISIS DE SUELO						
DATOS DEL CLIENTE			DATOS DE LA MUESTRA			
Nombre:			Fecha entrada al laboratorio:	9/5/2024		
Establecimiento/Empresa:			Fecha de emisión de informe:	20/5/2024		
Mail:			Procedencia:			
Teléfono:			Cantidad de muestras:	8		
			Tipo de análisis:	BASICO		
Lote / Profundidad	PH	CE (ds/m)	MO(%)	N-NO3(ppm)	P Extractable (ppm)	
Lote 1 (0-20)	6,2	0,11	2,56	10,53	11,85	
Lote 2 (0-20)	5,64	0,22	3,03	14,38	7,86	
Lote 3 (0-20)	5,7	0,11	2,91	11,67	7,58	
Lote 4 (0-20)	6,11	0,15	3,35	17,54	14,17	

Tabla 2: Resultado de análisis químico de suelo.

Para el pasaje de nutrientes en el suelo en ppm a kg/ha se utilizaron las tablas de Excel propuestas por IPNI Cono Sur, donde teniendo los valores en ppm de análisis de suelo, profundidad de muestreo y densidad aparente calcula automáticamente el valor de nutriente expresado en kg/ha (<http://lacs.ipni.net/beagle/LACS->



[1031&f=FACTORES%20de%20CONVERSI%C3%93N%20v2014%20\(Excel%202003\).xls](#)). También se podría calcular siguiendo la guía presente en el anexo.

Para este ejemplo los valores de oferta de N y P se resumen en la tabla 5.

Lote	Oferta de N (kg/ha)	Oferta de P (kg/ha)
1	26	29
2	57	19
3	29	19
4	43	35

Tabla 3: oferta de nutrientes por lote expresado kg/ha.

En la oferta de nitrógeno, además deberá considerarse cuánto estará disponible a través de la mineralización en suelo de la materia orgánica. Para este ejemplo se considera un valor de N mineralizable de 70 kg de N ha año (Gambaudo et al, INTA Rafaela). Si consideramos que el cultivo capta N principalmente en los primeros 4 meses desde la emergencia, el valor de N mineralizable sería de 23 kg N/ha.

Por otra parte, se adoptará la estrategia de reposición de P para estimar las necesidades de fertilización.

Para finalizar, se resta a la demanda de nutriente lo que el suelo nos ofrece y obtenemos los valores de nutrientes necesarios de incorporar con la fertilización (tabla 6).

Lote	Demanda de nutriente para 8 tn/ha (kg/ha)		Oferta de nutriente (N suelo + N mineralizable y P)		Necesidad de incorporación con fertilización	
	N (kg/ha)	P (kg/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)	N (kg/ha)	P (kg/ha)
1	128	35	49	29	79	10
2			80	19	70	21
3			52	19	76	21
4			65	35	62	5

Tabla 4: necesidad de fertilización del lote en estudio kg/ha.

Cálculo de oferta de nutrientes en el suelo en kg/ha

Para el ejemplo en estudio estimaremos la oferta de nutrientes para lo cual utilizaremos los siguientes datos con las unidades correspondientes:

- profundidad de muestreo de 0,2 m.
- densidad aparente del suelo 1,25 tn/m³.

Primero calculamos volumen de suelo:

$$1 \text{ ha} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$10.000 \text{ m}^2 \times 0,2 \text{ m} = 2.000 \text{ m}^3$$



Posteriormente calcularemos la masa de suelo presente en kg por 1 ha de suelo, para ello utilizamos el valor de densidad aparente de suelo (de no contar con este valor, se puede estimar por la zona. En zona Pampeana está entre 1.2 y 1.3 t/m³) y el volumen de suelo calculado por nutriente

$$2.000 \text{ m}^3 \times 1.25 \text{ tn/m}^3 = 2.500 \text{ tn}$$

$$2.500 \text{ tn} = 2.500.000 \text{ kg.}$$

Por último, pasaremos la oferta de nutrientes de ppm (valor de análisis de suelo) a kg/ha. Para esto tenemos que saber que la unidad ppm es equivalente a mg/kg, con lo cual la oferta sería de:

- Oferta de N: **Lote 1** = 10,53 ppm de N-NO₃ (resultado análisis de suelo) = 10,5 mg/kg.
- Oferta de P: **Lote 1** = 11,8 ppm de P (resultado análisis de suelo) = 11,8 mg/kg.

Estimando así los valores de oferta de nutriente expresado en mg/kg quedarían como figuran en la tabla 4.

Lote	Oferta de N (mg/kg)	Oferta de P (mg/kg)
1	10,5	11,8
2	14,4	7,8
3	11,7	7,6
4	17,5	14,2

Tabla 5: oferta de nutrientes por lote expresado en mg/kg según análisis de suelo.

Para el paso de estos valores a kg/ha debemos multiplicar por el valor de masa de suelo presente en 1 ha ya calculado en el primer paso, con lo cual.

- Oferta de N: **Lote 1:** 10,5 mg/kg x 2.500.000 kg = 26.250.000 mg / 1.000.000 mg/kg = **26,2 kg/ha.**

Este cálculo se hará para los lotes y nutrientes objetivo dependiendo el caso de estudio.

Concluyendo, la estrategia de fertilización de acuerdo con cada lote podría incluir urea como fuente de N, donde la dosis estaría entre los 130 kg/ha (lote 4) y los 170 kg/ha (lote 1) y fosfato diamónico como fuente de P, oscilando entre los 30 y 50 kg/ha.

Respecto a la fertilización nitrogenada se podría optar por incorporar a la siembra (siempre fuera de la línea de siembra) el 100% de la dosis, en el caso de venir con una buena acumulación de agua en el perfil o incorporar una parte a la siembra y el resto como Re-fertilización entre V4 y V6 cuando la disponibilidad de agua a la siembra es menor.



BIBLIOGRAFIA

- Ciampitti I. A., Dorivar R. D., Aguilar J., Lancaster S. (2020). "Kansas Sorghum Management"; Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service.
- Ciampitti, I. A., & Prasad, P. V. (2016). Historical synthesis-analysis of changes in grain nitrogen dynamics in sorghum. *Frontiers in Plant Science*, 7, 275.
- De Battista, J. J., Alaluf, A. C., Arias, N. M., & Castellá, M. (2010). Efecto del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de sorgo granífero *Sorghum bicolor* (L.) Moench. In *Actas IX Congreso Nacional de Maíz y I Simposio Nacional de Sorgo* (pp. 408-410).
- Demarco, P. A., Mayor, L., Messina, C., Prasad, P. V., Morris, G. P., & Ciampitti, I. A. (2023). Retrospective study in US commercial sorghum breeding: III. Nitrogen internal efficiency. *Crop Science*, 63(2), 879-887.
- Ferraris, G. N., Barraco, M. R., Ventimiglia, L. A., Couretot, L. A., & Mousegne, F. J. (2013). Fertilización en sorgo en el norte y centro-oeste de Buenos Aires: rendimiento y eficiencia comparada al maíz.
- Ferrari, M., Rivoltella, L. A., & Casado, J. M. (2012). Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización nitrogenada en sorgo granífero. In *XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo-XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Resúmenes, Mar del Plata, Argentina*.
- Fontanetto, H., Séller, O., Albrecht, J., Giaievra, D., Negro, C., & Belotti, L. (2008). Aspectos de manejo y fertilización nitrogenada para el sorgo granífero. Fontanetto H., Keller O. – 1999 - "Fertilización en Sorgo" EEA INTA Rafaela.
- García F., Correndo A. (2011). "Factores de conversión-Planillas de cálculo para convertir equivalencias químicas y unidades de utilidad en agronomía", IPNI.
- Salas, P., Lovera E. & Feresin O. (1997). Manejo de suelos. En: LM Giorda (Ed.) *Sorgo Granífero. Cuaderno de Actualización Técnica 7*, EEA Manfredi. Centro Regional Córdoba. INTA. 12- 16 pp.
- Zamora, M., Melín A. & Balda S. (2010). Efecto de la densidad y fertilización en el cultivo de sorgo. Experiencias en el centro sur de la provincia de Buenos Aires.
- Zamora, M., Melín A. & Massigog J. (2009). Fertilización nitrogenada de sorgo en el sur de Buenos Aires.



DONDE INTERCAMBIAMOS
LO QUE NOS HACE FUERTES

SEGUINOS EN NUESTRAS REDES
PARA MÁS INFORMACIÓN



VISITÁ NUESTRA WEB