

# El manejo de la fertilización explica las brechas en la producción de granos

Andres Grasso<sup>1</sup> y Martín Díaz-Zorita<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fertilizar AC (grasso@fertilizar.org.ar), <sup>2</sup>Universidad Nacional de La Pampa (mdzorita@agro.unlpam.edu.ar)

La implementación de diferentes estrategias para el manejo de la fertilización tiene efectos tanto de corto como de largo plazo sobre la producción de cultivos independientes o en secuencias y sobre el suelo. En la región pampeana, es reconocido el aporte de la adecuada nutrición a la producción de los cultivos tal lo indican los resultados de una encuesta aproximadamente 1200 productores agrícolas realizada recientemente por Fertilizar AC. En promedio, los encuestados esperan que la nutrición no limitante a partir de los aportes por fertilización explique entre el 29 % y el 39 % de los rendimientos máximos alcanzables de soja y de trigo, respectivamente. Sin embargo, a pesar de estas expectativas, el área fertilizada en cereales supera al 80 % del área cultivada pero en soja es inferior al 57%. Además, las dosis medias de fertilizantes aplicados también muestran diferencias entre cultivos y en todos los casos con aportes de nutrientes en cantidades inferiores a las extraídas en la producción de granos. Nitrógeno (N) en cereales y fósforo (P) en todos los cultivos son los elementos mayormente aplicados. En menor magnitud se fertiliza con azufre (S), mayormente aplicado en combinación con N o con P. Las necesidades de N en cultivos de soja son complementadas a partir de la inoculación en una alta proporción del área cultivada.

Este manejo de la nutrición de los cultivos reiterado en los sistemas de cultivos afectan no sólo los niveles de fertilidad de los suelos, sino que también genera brechas de rendimientos entre planteos. En concordancia, son abundantes los estudios de suelos que muestran la reducción en niveles extractables de diversos nutrientes en comparación con su estado original. Por lo tanto, se espera que el manejo adecuado de la nutrición integral de los cultivos tuviera un efecto directo y relevante para mejorar la producción agrícola.

La implementación de modelos de recomendación regionales o de nutrición balanceada incorporando indicadores de caracterización del sitio y diferentes expectativas productivas permitiría mejorar la producción de cultivos con respecto a prácticas frecuentes de fertilización.

Con el objetivo de cuantificar las diferencias en producción agrícola según planteos contrastantes de manejo de la nutrición en condiciones agrícolas representativas de la región pampeana, durante las campañas agrícolas 2016/2017, 2017/18, 2018/19 y 2019/20 se establecieron módulos de evaluación de larga duración localizados en 9 localidades en región pampeana: en BsAs, Tres Arroyos, Miramar, 25 de Mayo, y Pergamino; Edo. Castex en La Pampa; en Córdoba, Río

Cuarto y Marcos Juárez; Nagoya en Entre Ríos y San Martín de las Escobas en Santa Fe. En todos los casos el manejo de los cultivos es bajo prácticas de siembra directa con control químico de malezas y aplicación de prácticas de manejo de cultivos de alta producción adaptadas regionalmente (i.e. genotipos, control de plagas y enfermedades, etc.). En cada sitio, los cultivos y secuencias evaluados fueron seleccionados por los productores y fueron representativos de decisiones frecuentes en las regiones en estudio. En la **Tabla 2** se presenta la secuencia de cultivos de cada sitio. En el caso de maíz, resultaron en comportamientos similares en relación con la fecha de siembra entre los cultivos de siembra temprana o demorada y estrechamente ligados a los niveles de producción alcanzados, explicándose las diferencias entre fechas de siembra a la selección de condiciones agrónomicamente favorables para la implantación y producción del cultivo. Este último fue el criterio para establecer las diferentes secuencias de cultivos entre sitios de experimentación en este estudio.

**Tabla 2.** Cultivos en la rotación para cada campaña y cada sitio del ensayo.

SITIO	CAMPAÑA 2016/17	CAMPAÑA 2017/18	CAMPAÑA 2018/19	CAMPAÑA 2019/20
1	Soja	Trigo/Soja	-	-
2	Soja	Soja	Cebada	Soja
3	Maíz	Soja	Soja	-
4	Maíz	Soja	-	-
5	Maíz	Soja	Soja	-
6	Maíz	Soja	-	-
7	Cebada/Maíz	Soja	Trigo	Maíz
8	Maíz	Cebada	Maíz	Girasol
9	Trigo/Soja	Maíz	-	Trigo
10	Soja 2	Maíz	Soja	-
11	-	Maíz	-	-
12	-	Soja	Maíz	Soja
13	-	-	Maíz	Colza/Soja
14	-	-	Soja	-
15	-	-	Soja	Trigo/Soja

En cada sitio se establecieron cuatro tratamientos de manejo de la nutrición de los cultivos: *i) sin fertilización, ii) fertilización frecuentemente aplicada en la región, iii) fertilización recomendada para condiciones promedio y iv) fertilización para condiciones de alta producción.* Las dosis frecuentes de uso en cada región se estimaron a partir de la información de encuestas a 1200 productores y técnicos en la región pampeana coordinada por Fertilizar AC durante la campaña 2015/16 y validada por consultas específicas con técnicos referentes locales. El tratamiento de fertilización recomendada según condiciones promedio de producción se estableció para cada sitio considerando resultados de análisis de suelos y expectativas de productividad media regional según información local provista por referentes locales responsables de la conducción de los estudios. La fertilización para la nutrición balanceada de altos rendimientos se estimó según los mayores rendimientos alcanzables en cada región y considerando las demandas de NPS y Zn para tal propósito (**Tabla 3**). En todos los casos, las semillas sembradas de soja fueron inoculadas en el momento de la siembra con productos comerciales para evitar limitaciones nitrogenadas en su normal crecimiento y producción.

**Tabla 3.** Rangos de nutrientes aplicados según cuatro estrategias para la fertilización cultivos en la región pampeana. En el caso de fertilización con N se muestran los rangos aplicados en cultivos de cereales.

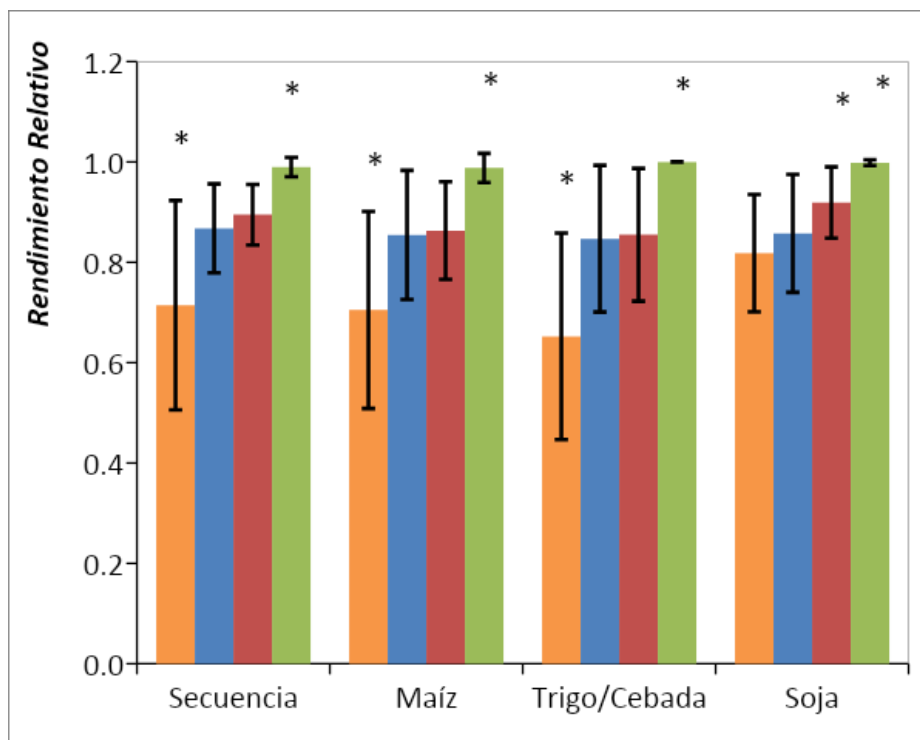
Tratamiento	Nutriente (kg ha <sup>-1</sup> )			
	N	P	S	Zn
Control sin fertilizar	0	0	0	0
Fertilización promedio aplicada regionalmente	38 a 60	7 a 14	0	0
Fertilización recomendada promedio	65 a 70	12 a 18	8 a 18	0
Fertilización para nutrición balanceada de alta producción	150 a 170	27 a 34	15 a 25	1,5

En cada sitio, los tratamientos se dispusieron en franjas de al menos 20 m de ancho y 100 m de longitud empleando equipos convencionales de siembra y conducción de los cultivos. Los resultados se analizaron considerando cada sitio como una repetición y por comparación entre los promedios de los rendimientos, respuestas relativas sobre el tratamiento de fertilización frecuente. Se emplearon pruebas de diferencias de medias significativas de T en comparaciones apareadas entre los tratamientos.

Analizando los resultados vimos que en todos los cultivos la implementación de las estrategias de fertilización mostró en promedio diferentes resultados en la producción de granos. Los rendimientos de cebada sin fertilización alcanzaron los 3726 kg ha<sup>-1</sup>, la mejora por el manejo de la nutrición alcanzó rendimientos de 7301 kg ha<sup>-1</sup>. En trigo, los rendimientos variaron entre 3437 y 5093

kg ha<sup>-1</sup>. El cultivo de maíz tuvo mejoras en los rendimientos que fueron de 7714 a 10648 kg ha<sup>-1</sup>. En soja, con rendimientos de 2980 a 3613 kg ha<sup>-1</sup>.

Los aportes de cada estrategia de nutrición integrando las diversas secuencias de cultivos estudiadas se analizaron en términos de los aportes relativos a la máxima producción de cada cultivo y sitio experimental (**Fig. 1**). Los rendimientos relativos se calcularon como el cociente entre el rendimiento medio de cada tratamiento, con el máximo rendimiento registrado, para cada cultivo por sitio y por campaña. En la estrategia para alta producción siempre se registraron los máximos rendimientos, tanto en la secuencia de cultivos como para cada uno de estos individualmente. La aplicación de fertilizantes, en comparación con los tratamientos control sin fertilización, contribuyó al rendimiento en un 25 % en promedio para toda la secuencia de cultivos con máximos de 30 % en maíz y 15 % en soja. Para la secuencia de cultivos, la mejora en la nutrición incorporando estrategias de recomendación media y para alta producción, mejoró la productividad de los sistemas hasta en un 50 % respecto del manejo actual. El manejo actual más frecuente de fertilizante, para la producción de cereales, mostró resultados en producción próximos a los observados al aplicar recomendaciones medias, con una brecha de mejora de 10 % para alcanzar el máximo rendimiento. En cultivos de soja, el manejo actual de la nutrición si bien incluye la aplicación de P (en dosis moderada) no se diferenció de la ausencia de la práctica de fertilización (control sin fertilizar). Sin embargo, en este cultivo se describieron diferencias relativas medias de casi el 50 % con la aplicación de estrategias de recomendación media y de alta producción.



**Figura 1.** Efecto acumulado de rendimientos relativos de secuencias de cultivos en 4 campañas consecutivas en la región pampeana. Las barras verticales en cada columna indican el error estándar de la media. Los asteriscos (\*) sobre las columnas muestran diferencias significativas con respecto a la estrategia actual de manejo de nutrientes (DMS, prueba de T  $p < 0,05$ ).

Las brechas de producción entre el manejo actual de nutrición y las estrategias de recomendación media y la estrategia para máxima producción se presentan en la **Tabla 5**. Las brechas de rendimiento entre el manejo actual y las estrategias de recomendación media variaron entre 65 y 325 kg ha<sup>-1</sup> según el cultivo, donde la soja fue la que mostró las mayores brechas. Esto indica que se está perdiendo hasta un 7 % de producción. Además, cuando comparamos los rendimientos del manejo actual con estrategias de alta producción, las brechas de pérdida de rendimientos fueron de 743 a 2057 kg ha<sup>-1</sup>. Los cereales de invierno registraron las mayores brechas seguidas por el maíz y soja, con valores del 18 % y 16 %, respectivamente. Estos resultados sugieren que gran parte de las brechas actuales de rendimientos en cultivos de granos en la región pampeana están asociados a desajustes en la nutrición con NPS cuando las dosis de fertilización no están acordes a los resultados de análisis de suelos y a las expectativas de rendimientos alcanzables (normalmente superiores a los promedios y su proyección de mejora anual).

**Tabla 5.** Brechas de rendimientos entre el manejo actual y la estrategia de recomendación media y alta producción.

Recomendación	unidades	Secuencia	Maíz	Trigo/cebad	Soja
				a	
<b>Rendimientos medios</b>	kg ha <sup>-1</sup>	205	134	65	325
	%	3	1	1	7
<b>Alta producción</b>	kg ha <sup>-1</sup>	923	2057	1293	743
	%	14	16	18	16

Concluimos que en condiciones de producción representativas de la región pampeana se validan mejoras en los rendimientos de los cultivos al implementar estrategias de fertilización recomendadas para producción media o de nutrición balanceada para alta producción con respecto a la aplicación actual de esta práctica. Los rangos de mejora varían según cultivos y planteos de nutrición.

En condiciones no limitadas en nutrición, los rendimientos de los cultivos son de hasta aproximadamente 20 % superiores a los que se alcanzan con las practica actuales de fertilización. En la mayoría de los cultivos y condiciones de producción la implementación de recomendaciones medias de fertilización (fertilización con ajustes con NPS acordes a resultados de análisis de suelos y

a expectativas frecuentes de rendimientos) reducen la diferencia de producción asociada al manejo de la nutrición en casi el 50%.

### **Agradecimientos**

A Fertilizar AC y su comité técnico por el financiamiento de los estudios y los aportes en su diseño y en la discusión de los resultados. A los Ing. Agr. Luis Ventimiglia (INTA 9 de Julio), Gustavo Ferraris (INTA Pergamino), Gabriel Esposito (UNRC), Cesar Quintero (UNER), Martín Zamora (CHEI Barrow), Mariana Villafañe (MAIBA Miramar), Gustavo Lopez, Valeria Faggioli (INTA Marcos Juárez), Cristian O. Álvarez (INTA Gral.Pico), por la instalación, conducción y discusión de los estudios.