

## FERTILIZACION INTENSIFICADA DE PLANTEOS AGRICOLAS

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

<sup>(1)</sup> Monsanto BioAg y <sup>(2)</sup> Comité Técnico Fertilizar AC

El crecimiento esperado de la población mundial, acompañado por un aumento en la participación de las dietas con proteínas de origen animal conducen a un escenario global donde el desafío que enfrentamos en el sector productivo primario de alimentos es el incremento en la productividad de los cultivos. Además, hay que considerar limitaciones en la expansión de los suelos aptas para agricultura que sugieren que este aumento de rendimientos requiere ser acompañado de un uso más eficiente de los recursos disponibles.

El manejo intensivo de la fertilización, en el contexto de ajustes en otras prácticas de producción agrícola, es uno de los elementos a considerar para mejorar sostenidamente los rendimientos por sobre las condiciones actuales de producción. La intensificación agrícola sustentable considera dos estrategias complementarias procurando por un lado implementar prácticas a nivel de cultivos individuales y por el otro incrementar la cantidad de cultivos por unidad de tiempo. La combinación de ambas estrategias conduce mejorar la producción de los sistemas agrícolas por sobre las condiciones actuales de producción. A la vez, ambas estrategias se complementan al aportar recursos energéticos y funcionales a través del ciclado y actividad de los suelos más allá de mejoras en la captación de nutrientes excedentes entre cultivos sino también al promover a la actividad biológica y así a múltiples procesos ligados a la nutrición, sanidad y crecimiento de las plantas.

Son abundantes los estudios suelos argentinos que muestran su reducción en niveles extractables de diversos nutrientes y menores contenidos de materia orgánica en comparación con su estado original. Por lo tanto, se espera que el manejo adecuado de la nutrición de los cultivos tendría un efecto directo y relevante para mejorar la producción agrícola. Sin embargo, es frecuente el cuestionamiento sobre los aportes de intensificación de la fertilización con respecto a las condiciones actuales principalmente considerando el valor de las decisiones de corto plazo sobre plazos mayores y evaluados sobre el resultado productivo.

En este marco es importante compartir un diagnóstico sobre la valoración y el uso actual de prácticas de fertilización en la región núcleo agrícola de Argentina. ¿cómo los productores ven y aplican la fertilización en cultivos agrícolas en Argentina? ¿cuál es el aporte a la producción esperable ante estrategias contrastantes de fertilización de corto plazo? Para estos propósitos presentaremos y discutiremos resultados de estudios de fertilización de largo plazo junto con la descripción del uso y expectativas actuales de la fertilización en maíz, soja y trigo a partir de resultados de encuestas específicas.

### **Fertilización de cultivos agrícolas en la región pampeana: uso actual y expectativas**

Durante el otoño del 2015 y del 2016, a partir de encuestas a productores agrícolas representativos de la región pampeana, se relevaron estimaciones de producción, contribución aparente de la fertilización a los rendimientos e información general de manejo de la práctica. En promedio para toda la región, la nutrición no limitante, descrita a partir de los aportes de la fertilización explican entre el 29 y 39% de los rendimientos máximos alcanzables de soja y de trigo, respectivamente (Tabla 1). El uso de fertilizantes mostró diferencias tanto entre cultivos como entre áreas. En el caso de cultivos de cereales, el área fertilizada fue mayor al 80 % del área cultivada mientras que en los cultivos de soja son fertilizados en un 57% del área de cultivo y muestran una mayor dispersión de área bajo esta práctica (Tabla 2).

Tabla 1. Producción estimada de cultivos y aportes relativos esperados al fertilizar en la región pampeana. Promedio de encuestas a productores agrícolas durante 2015 y 2016 (Fuente: Fertilizar AC).

Cultivo	Casos	Rendimiento (kg/ha)			Aporte de la fertilización (%)
		Maximo	Medio	Propio	
Trigo	548	3938	3038	2944	39
Soja	1140	4687	3741	3510	29
Maíz	688	9880	7936	7715	36

Tabla 2. Producción estimada de cultivos y aportes relativos esperados al fertilizar en la región pampeana. Promedio de encuestas a productores agrícolas durante 2015 y 2016 (Fuente: Fertilizar AC).

Cultivo	Casos	Área fertilizada (%)	Fertilizantes (kg/ha)	
			Nitrogenados	Fosfatados
Trigo	548	92 (89 a 99)	104 (85 a 110)	76 (55 a 77)
Soja	1140	57 (30 a 95)	---	71 (60 a 84)
Maíz	688	84 (80 a 99)	120 (105 a 140)	85 (65 a 100)

La decisión de fertilización, considerada a partir de la proporción de área con utilización de esta práctica, estaría asociada mayormente a la frecuencia de limitaciones en los niveles extractables de nutrientes en los suelos. En el caso de soja, las mayores frecuencias de fertilización con fuentes fosfatadas (Fig. 1) coinciden con áreas donde los niveles medios de fósforo extractable de los suelos son limitantes para la normal producción del cultivo (Fig. 2). En cambio, la elección de la dosis de fertilización muestra una parcial asociación no solo con la posibilidad de respuesta (definida a partir de la interpretación de análisis de suelos o la situación general de los suelos de la subregión) sino también de los rendimientos alcanzables o expectativas productivas (Fig. 3).

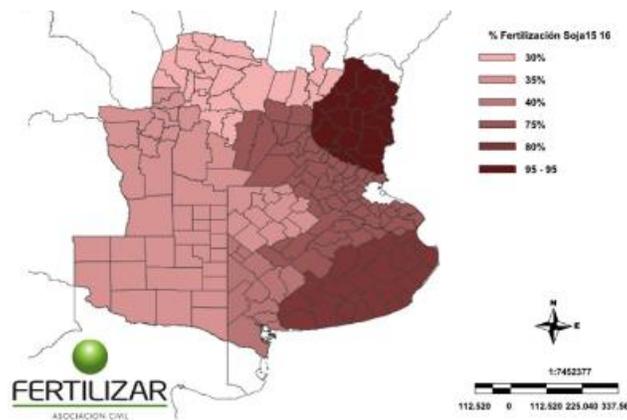


Fig. 1: Distribución de la proporción del área fertilizada en cultivos de soja según estimaciones de 1140 encuestas a productores en la región pampeana (Fuente: Fertilizar AC).

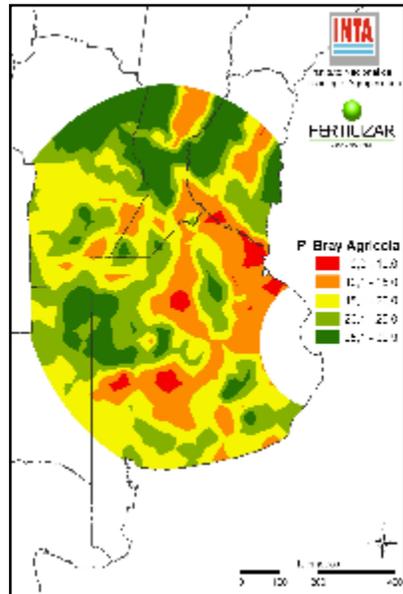


Fig.2: Distribución de niveles extractables de fósforo (método de Bray Kurtz 1) de suelos en la región pampeana (Adaptado de Sainz Rozas y col. 2011).

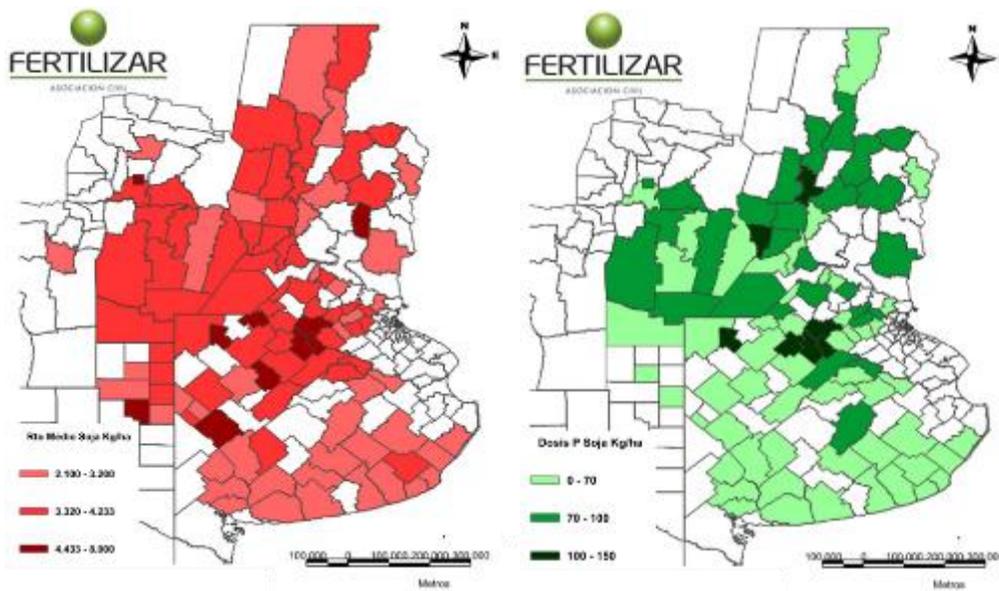


Fig.3: Rendimientos medios estimados de soja y dosis media de fertilización fosfatada en la región pampeana según estimaciones de 1140 encuestas a productores en la región pampeana (Fuente: Fertilizar AC).

### Fertilización y respuestas productivas en planteos de larga duración

En sistemas agrícolas de la región sur de Santa Fe (Argentina), la producción acumulada de granos de entre 27 y 120 % asociadas mayormente a la condición de fertilidad general del sitio (Fig. 4). Luego de 13 campañas productivas, la acumulación total de producción en estas secuencias agrícolas bajo condiciones NPS no limitantes no mostraron mayores diferencias entre sitios, pero sí se observaron en condiciones de insuficiente nutrición. Resultados preliminares del proyecto de estudios de productividad e impacto ambiental de sistemas intensificados de producción de granos en la región pampeana argentina muestran, en el marco de la intensificación integral de las prácticas de producción de cultivos individuales (ej. ajustes de genotipos, densidades y dosis de fertilización), que incrementos en la dosis de fertilización con N fueron acompañadas por aumentos en la eficiencia del uso del nutriente. La combinación de prácticas puede mejorar la eficiencia de uso de recursos en secuencias aun cuando la cantidad de insumos aplicados se incrementa (Caviglia y col. 2016).

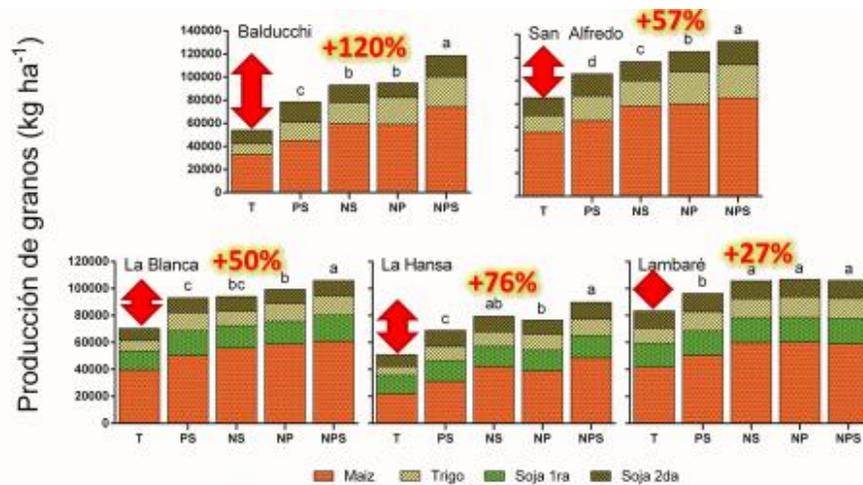


Fig. 4. Producción acumulada de granos entre 2000/01 y 2012/13 en 5 sitios representativos del sur de Santa Fe (Argentina) según estrategias de fertilización NPS (Adaptado de Correndo y col. 2015).

La implementación reiterada de diferentes estrategias de fertilización afecta no sólo los niveles de fertilidad de los suelos sino los resultados de los sistemas de producción de cultivos. Los planteos según criterios de suficiencia de nutrientes buscan corregir necesidades anuales de

nutrientes (“fertilizando el cultivo”) y conducen en el largo plazo al establecimiento de rendimientos de entre el 5 y el 10 % inferiores al máximo alcanzable al reducir potenciales riesgos de no lograr respuestas rentables en el año de aplicación de la corrección (Leikam *et al.* 2010). En contraposición, las estrategias de fertilización de mantenimiento (y en su caso extremo de crecimiento) buscan correcciones nutricionales que compensen la extracción de estos tal que se no limite la productividad y maximizando los rendimientos (Leikam *et al.* 2010). La brecha de rendimientos entre ambos planteos para el manejo de la nutrición de los cultivos es variable entre cultivos y en interacción con condiciones ambientales. En la EEA del INTA “General Villegas” (Drabble, Buenos Aires, Argentina) se dispone, sobre un Hapludol Típico, de un ensayo de larga duración contemplando girasol, maíz, soja y trigo/soja en secuencia completa (todos los cultivos de la secuencia se producen todos los años) bajo prácticas de siembra directa continua y con estrategias contrastantes de fertilización. Entre los cultivos, los mayores aportes de fertilizar con dosis de fósforo equivalentes a la extracción de los cultivos (reposición) se logran al producir trigo y maíz mientras que las respuestas de soja y de girasol son de menor magnitud o más variables (Tabla 3). En el 80 % de las campañas, los planteos de fertilización por reposición permitieron alcanzar mayor productividad del sistema (i.e. rendimientos acumulados anuales de todos los cultivos en la secuencia). En promedio, la tasa de mejora en la producción de granos del sistema al aplicar planteos de fertilización equivalentes a la reposición en la extracción de nutrientes por sobre planteos de suficiencia es de unos 341 kg/ha.

Tabla 3. Rendimientos medios de cultivos en una secuencia agrícola continua bajo estrategias contrastantes de manejo de la fertilización en la EEA INTA General Villegas entre 2001/02 y 2015/16 (Fuente: Barraco y col. inédito).

Cultivo	Rendimiento (kg/ha)		Respuesta			Años con respuesta
	Reposición	Suficiencia	(kg/ha)	(%)	<i>p(x)</i>	(%)
Girasol	3094	3030	64	102	0,41	47
Maíz	9561	8987	574	107	0,03	60
Soja	4075	3968	108	103	0,25	60
Trigo	3636	3233	403	113	0,00	80
Soja 2 <sup>da</sup>	2916	2776	140	105	0,09	73
<b>Secuencia</b>	<b>5989</b>	<b>5668</b>	<b>321</b>	<b>106</b>	<b>0,01</b>	<b>80</b>

En la región pampeana, al incrementarse el aporte de nutrientes (intensificación de la fertilización) con respecto a su uso corriente se observan aumentos en la producción de hasta aproximadamente 20 % (Tabla 4). Para este análisis se consideran estudios de fertilización en secuencias de cultivos de al menos 2 años de duración conducidos en la región pampeana conducidos en diversos proyectos de desarrollo tanto de origen público como privado o mixto entre 2000/01 y 2014/15. En total se recopilaron 171 casos distribuidos en diversas áreas de producción agrícola bajo prácticas representativas de producción (i.e. genotipos de alta producción, sistemas de siembra directa, etc.).

En general, los aportes relativos de la fertilización mejorada fueron mayores en los estudios desarrollados recientemente (2011 a 2015) que entre las campañas 2000 y 2005 (Tabla 5). Este comportamiento es en parte atribuido a menor productividad media en los tratamientos “del productor” y también a aumentos en los rendimientos alcanzados bajo la estrategia de fertilización “mejorada”.

Tabla 4. Rendimientos de cultivos agrícolas en estudios de intensificación de la fertilización (dosis NPS mejorada y aplicada en 2 secuencias de al menos 2 campañas de duración) en la región pampeana según revisión de 171 casos desarrollados entre 200/01 y 2014/15 (Fuente: Fertilizar AC).

Cultivo	Casos	Rendimiento (kg/ha)		Respuesta	
		Productor	NPS mejorado	kg/ha	%
<b>Trigo</b>	26	3834	4558	723	21%
<b>Cebada</b>	2	2894	3309	416	14%
<b>Maíz</b>	56	9460	10726	1266	14%
<b>Soja</b>	70	3720	4219	498	14%
<b>Soja 2<sup>da</sup></b>	17	3029	3158	129	8%

Tabla 5. Evolución aparente de rendimientos medios de trigo, de maíz y de soja de primera en estudios de intensificación de la fertilización (dosis NPS mejorada y aplicada en 2 secuencias de al menos 2 campañas de duración) en la región pampeana (Fuente: Fertilizar AC).

Cultivo	Campaña	Casos	Rendimiento (kg/ha)		Respuesta	
			Productor	NPS mejorado	kg/ha	%
Trigo	2000 - 2005	8	3754	4224	471	12%
	2011 - 2015	14	3678	4708	1030	29%
Maíz	2000 - 2005	10	9283	10774	1491	17%
	2011 - 2015	19	8356	9027	671	20%
Soja	2000 - 2005	4	3798	4209	410	11%
	2011 - 2015	59	3649	4360	711	20%

### Comentarios finales

El proceso de sostenimiento, y hoy de crecimiento, de la producción involucra desde la visión de la nutrición del sistema productivo dos motores estrechamente ligados. Por un lado, la nutrición energética del suelo a partir del ciclado del carbono que en sistemas agrícolas se asocia a la intensificación dada por la maximización productiva individual de los cultivos y del tiempo bajo condiciones con cultivos. Por el otro, la nutrición en sí misma de los cultivos integrantes de los sistemas de producción procurando la implementación de estrategias no limitadas en nutrientes. La combinación de estos factores, y bajo condiciones simples de análisis de secuencias de corto plazo, validan los aportes del manejo completo NPS por sobre decisiones de uso frecuente.

La brecha productiva mejorable al implementar ajustes moderados en las estrategias de fertilización de maíz, de soja y de trigo sería de entre el 20 y 30 % de los rendimientos actuales y respondería mayormente a mejoras en la eficiencia de recursos hoy disponibles tales como agua y radiación solar. Esta contribución coincide con la expectativa de respuesta manifiesta por los productores y se justifica agrónomicamente mayormente por la brecha entre las dosis de fertilización de uso frecuente en combinación condiciones de sitio que afectan la frecuencia de las respuestas en producción, en particular en cultivos de soja. Hoy son varios los estudios en integración pública-privada que se desarrollan en la región pampeana para profundizar los conocimientos sobre potenciales cambios de la aplicación de estas estrategias de intensificación sobre el ambiente y el resultado productivo integral.

### Referencias

- Barraco, M., M. Díaz-Zorita, C. Justo y A. Lardone. 2014. ¿Fertilización fosfatada por suficiencia o mantenimiento en secuencias agrícolas de la pampa arenosa? En: Actas del XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo - II Reunión Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. Producción sustentable en ambientes frágiles. AACS (ed.), Bahía Blanca, Bs. As., 5-9 mayo. 2014. AACS. Argentina.
- Caviglia y col. 2016. Proyecto: Productividad e impacto ambiental de sistemas intensificados de producción de granos en la región pampeana argentina. Resultados de productividad de los recursos. Presentación en 4° Jornada de intercambio ámbito público y privado. 3 y 4 de marzo de 2016. Balcarce (BA)
- Correndo A.A., M. Boxler, y F. O. García, 2015. Análisis económico del manejo de la fertilización con enfoque en el largo plazo. *Cienc. Suelo (Argentina)* 33(2):197-212.
- Díaz-Zorita, M. 2015. El valor de los estudios de largo plazo para el manejo de la nutrición de soja. Conferencia. En: Simposio Fertilidad 2015. Nutriendo los suelos para las generaciones. IPNI Cono Sur y Fertilizar Asociación Civil (ed.), Rosario, 19 y 20 de mayo de 2015. IPNI Cono Sur y Fertilizar Asociación Civil. Argentina., pp. 72-78. CD.
- Leikam, D.; G. Randall y A. Mallarino. 2010. Are current soil test-based phosphorus and potassium fertilizer recommendations adequate? *Crops and Soils* 43: 27-32.
- Sainz Rozas H., H. Echeverría y H. Angelini. 2011. Fósforo extractable en suelos agrícolas de las regiones Pampeana y extrapampeana de Argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica*, 4:14-18.