

# Fertilización con nitrógeno según zonas de productividad

Lopez de Sabando MJ, P Calviño, R Melchiori, M Redolatti

## Introducción

La productividad de los cultivos dentro de los lotes es heterogénea y responde a factores de variación en patrones, provocados por el manejo del cultivo y de cultivos anteriores (intervención del hombre), aleatorios (lluvias, granizo, plagas) y estables (tipos de suelos y procesos edáficos, atributos biológicos) (Hatfield, 2000). En el caso de trigo y de cebada, sus rendimientos muestran relaciones estrechas con varias propiedades de los suelos, tales como los contenidos de nutrientes y de materia orgánica, la textura y la capacidad de retención de humedad. El nitrógeno es uno de los nutrientes que con mayor frecuencia limita el rendimiento de cereales de invierno en la región pampeana, y en el diagnóstico y recomendación de necesidades de fertilización se consideran los niveles de propiedades de los suelos que muestran variaciones dentro de los lotes de producción (Zubillaga et al, 1991 y 2006, Gregoret et al. 2005).

Si bien el conocimiento de la variabilidad de rendimientos y la caracterización de los factores que los originan dentro de áreas delimitadas por su uniformidad relativa permiten la planificación de estrategias de manejo del cultivo, los resultados de esta agrupación de zonas de productividad dentro de lotes no son consistentes. Las metodologías para la delimitación de zonas de productividad dentro de lotes de producción difieren según sus objetivos de aplicación, tales como estudiar la variabilidad en la oferta de nutrientes según tipos de suelos (Chang et al. 2003), minimizar la variabilidad de producción según resultados de cultivos anteriores (Taylor et al. 2007), o minimizar los errores (o variabilidad) en la formulación de recomendaciones de fertilización (Fleming et al. 2000. Scharf et al. 2005). Diferencias en las delimitaciones de zonas de productividad podrían afectar los parámetros considerados para el diagnóstico y recomendación de, por ejemplo, necesidades de fertilización con N y la respuesta de los cultivos a esta práctica.

Los objetivos de este estudio fueron la cuantificación de diferencias de producción de trigo y cebada entre zonas de productividad según disponibilidad de nitrógeno, y en el diagnóstico y recomendación de fertilización con N y uso del nutriente.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en dos lotes de producción de trigo y un lote de cebada ubicados en el partido de Tandil (Buenos Aires, Argentina) con predominio de Argiudoles Típicos. En cada uno se delimitaron zonas de productividad a partir de información independiente de mapas de rendimiento e imágenes satelitales. Se definieron zonas según alta y baja productividad (Tabla 1).

En el momento de la siembra se tomaron muestras compuestas de los suelos (0 a 20 cm) para la determinación de MO, pH en agua y textura (Tabla 6). N-NO<sub>3</sub> se determinó hasta 60 cm de profundidad. Los niveles de N del suelo (Ns) hasta los 60 cm de profundidad se estimaron a partir de los contenidos de N-NO<sub>3</sub> (0 a 20 + 20 a 40 + 40 a 60 cm) y considerando una densidad aparente media de 1,3 Mg m<sup>-3</sup>.

En cada lote y zona de productividad se instalaron ensayos en bloques al azar con tres repeticiones y 4 tratamientos de fertilización nitrogenada, a razón de 0, 75, 135, y 200 kg ha<sup>-1</sup> de N aplicado como urea en el momento de la siembra de los cultivos. Las

unidades experimentales fueron de 30 surcos por 10 m y en todos los casos fueron fertilizados en la siembra con 30 kg ha<sup>-1</sup> de P.

La producción de los cultivos se determinó en madurez fisiológica por cosecha manual de la porción central de cada unidad experimental. La producción de grano en función de los niveles de N disponible (Nd = N del suelo + N del fertilizante) se ajustó, en cada lote y zona de productividad, según modelos cuadráticos. Los niveles de Nd para alcanzar los máximos rendimientos (Nd max) se estimaron a partir de la primer derivada de los modelos cuadráticos correspondientes igualadas en la relación insumo producto (definida como 7) y con esta información se estimaron los rendimientos máximos (Rmax). Los rendimientos mínimos (Rmin) se estimaron a partir del promedio del tratamiento sin fertilización con urea. La eficiencia de uso del N (EUN) se calculó como= (Rmax – Rmin) (Nf max)<sup>-1</sup>.

Tabla 1: Resumen de propiedades edáficas en 3 lotes de producción de trigo y cebada.

Sitio	Profundidad cm	Materia orgánica %	Textura clasif USDA	S de Sulfatos ppm	Pe ppm	N 0-20 ppm	N 0-60 kg/ha	N anaer ppm
Limache cebada Prod Alta	+ 100 cm	6,7	Franco arcilloso	15,8	20,4	27,6	117	130,2
Limache cebada Prod Baja	40 cm	6,5	Franco arcilloso	13,1	13,3	24,3	87	117,3
Limache trigo Prod Alta	+ 100 cm	5,1	Franco arcilloso	11,1	14,6	11,9	61	87,1
Limache trigo Prod Baja	27 cm	6,0	Franco arcilloso	13,5	8,9	10,9	40	114,2
Parque trigo Prod Alta	+ 100 cm	5,4	Franco arcilloso	10,8	7,5	20,8	85	92,4
Parque trigo Prod Baja	20 cm	7,5	Franco areno arcilloso	13,4	2,9	18,8	47	100,5

## Resultados

### ***Rendimientos según cultivo, sitio y disponibilidad de nitrógeno***

Los rendimientos de trigo y de cebada variaron entre 4171 y 9079 kg ha<sup>-1</sup>, y 6743 y 10641 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En promedio los rendimientos de cebada fueron 8447 kg ha<sup>-1</sup>, siendo mayores a los observados en trigo tanto en los sitios el Parque y como Limache 6061 y 5772 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. La fertilización con nitrógeno aumento los rendimientos en todos los sitios. En cebada los rendimientos sin fertilización con nitrógeno fueron 7301 kg ha<sup>-1</sup> y con 200 kg N ha<sup>-1</sup> fueron de 9593 kg ha<sup>-1</sup> (aumentos de rendimiento de >2000 kg ha<sup>-1</sup>). Mientras que en trigo, en el sitio el Parque sin

fertilización se observó rendimientos de 4946 y con fertilización los rendimientos fueron de 7177 kg ha<sup>-1</sup>, y en el sitio Limache los rendimientos sin fertilización fueron de 4680 y con el agregado de nitrógeno de 6865 kg ha<sup>-1</sup>. En ambos sitios de trigo los aumentos de rendimientos fueron mayores a los 2000 kg ha<sup>-1</sup> (Tabla 2).

Tabla 2: Resumen de rendimientos de trigo y de cebada según sitio y fertilización con nitrógeno.

Sitio y nivel de fertilización con nitrógeno	Rendimiento promedio	Rendimiento mínimo	Rendimiento máximo
<b>Cebada</b>	<b>8447</b>	<b>6743</b>	<b>10641</b>
<b>Limache</b>	<b>8447</b>	<b>6743</b>	<b>10641</b>
0 kg N ha <sup>-1</sup>	7301	6743	7780
200 kg N ha <sup>-1</sup>	9593	9092	10641
<b>Trigo</b>	<b>5917</b>	<b>4171</b>	<b>9079</b>
<b>El Parque</b>	<b>6061</b>	<b>4458</b>	<b>9079</b>
0 kg N ha <sup>-1</sup>	4946	4458	5851
200 kg N ha <sup>-1</sup>	7177	6095	9079
<b>Limache</b>	<b>5772</b>	<b>4171</b>	<b>8790</b>
0 kg N ha <sup>-1</sup>	4680	4171	5879
200 kg N ha <sup>-1</sup>	6865	5500	8790

### Productividad y uso de nitrógeno según zonas de productividad

Considerando las zonas de productividad delimitadas dentro de cada lote, tanto las zonas de alta como de baja productividad de cebada mostraron rendimientos mayores que los observados en trigo. En los dos cultivos y en ambas zonas de productividad el aumento de la fertilización con nitrógeno permitió incrementos de rendimiento. En cebada, sin fertilización con nitrógeno las zonas de mayor productividad mostraron rendimiento 6 % mayores que las zonas de baja productividad. Con mayores niveles de fertilización las diferencias entre zonas de productividad contrastante fueron menores. En trigo se observó un comportamiento opuesto. Sin fertilización con nitrógeno las zonas de mayor productividad mostraron rendimientos similares a las zonas de baja productividad, mientras que con aumentos de la fertilización las zonas de mayor productividad mostraron rendimientos con un rango de 5 a 30 % mayores que las zonas de baja productividad. En la dosis de mayor fertilización con nitrógeno (200 kg N ha<sup>-1</sup>) las zonas de alta productividad tuvieron rendimientos 14 y 25 % mayores que las zonas de baja productividad (Fig. 1).

Al analizar los niveles de fertilización con nitrógeno que permitieron lograr los rendimientos mayores se observó moderadas diferencias tanto entre cultivos, como entre sitios y zonas de productividad. En la mayoría de los casos la fertilización con 75 kg N ha<sup>-1</sup> permitió lograr los mayores rendimientos. En el sitio el parque, se observó diferencias en la dosis de nitrógeno que permitió obtener los mayores rendimientos según la zona de productividad. En este sitio, la dosis de fertilización de 75 kg N ha<sup>-1</sup> permitió obtener los mayores rendimientos en la zona de baja productividad, y la dosis de 135 kg N ha<sup>-1</sup> fue más adecuada en la zona de baja productividad. Si bien los rendimientos mostraron diferencias entre zonas de productividad, las moderadas diferencias se pueden asociar a los contrastantes niveles de nitrógeno en el suelo a inicio del cultivo en cada zona de productividad, y por otro lado al limitado rango de tratamientos de fertilización (solo 4 niveles de fertilización de 0, 75, 135 y 200 kg N Ha<sup>-1</sup>) (Fig 1).

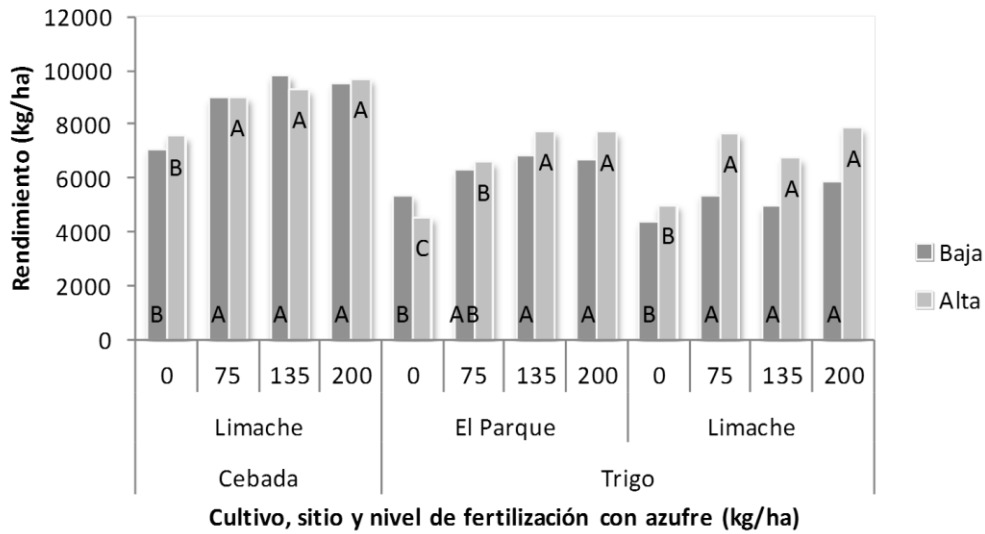


Figura 1: Rendimiento de trigo y de cebada según sitio y nivel de nitrógeno fertilizado en cada zona de productividad.

La asociación de nitrógeno disponible (N suelo + N fertilizante) y los rendimientos en cada sitio y nivel de productividad permitió integrar la información de nitrógeno en el suelo en cada zona de productividad y otros niveles de nitrógeno disponible. En las figuras 2, 3 y 4 se observa la asociación de nitrógeno disponible y los rendimientos según zonas de productividad alta y baja, mostrando en todos los lotes y zonas de productividad respuestas con incrementos decrecientes ajustadas según modelos cuadráticos en función de los niveles de N disponible.

El rango de nitrógeno en los suelos fue de 40 a 117 kg N ha<sup>-1</sup> dependiendo del sitio y nivel de productividad. En promedio de los 3 sitios las zonas de mayor productividad tienen mayor nitrógeno en disponible en los suelos al momento de la siembra (> 30 kg N ha<sup>-1</sup>). Los niveles de nitrógeno disponible requeridos para lograr los rendimientos correspondientes a la dosis óptima económica fueron altos, mostraron un rango de 250 a 135 kg Nd ha<sup>-1</sup>. En general los niveles de las zonas de baja productividad mostraron mayor coincidencia con modelos de recomendación utilizados en la región, mientras que los observados en las zonas de alta productividad mostraron niveles mayores. En todos los casos las zonas de mayor productividad se observó requerimientos mayores de nitrógeno disponible en relación a las zonas de menor productividad. Esto implicaría que los criterios de fertilización deben considerar las diferencias observables dentro de los lotes para definir el manejo del nitrógeno (Tabla 3).

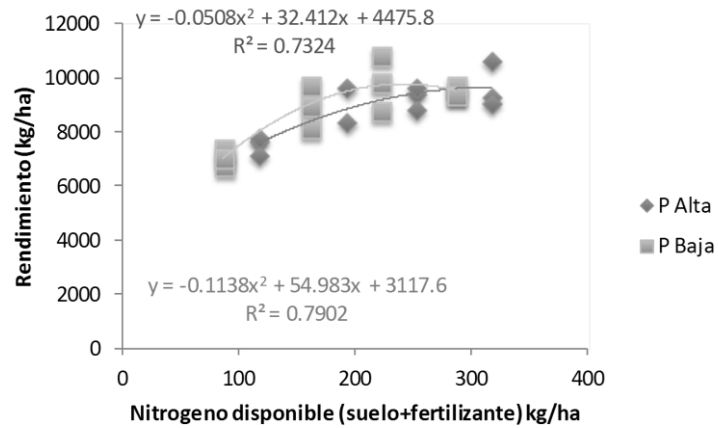


Figura 2: Rendimiento de cebada según nitrógeno disponible en zonas de productividad alta y zonas de productividad baja. Sitio Limache.

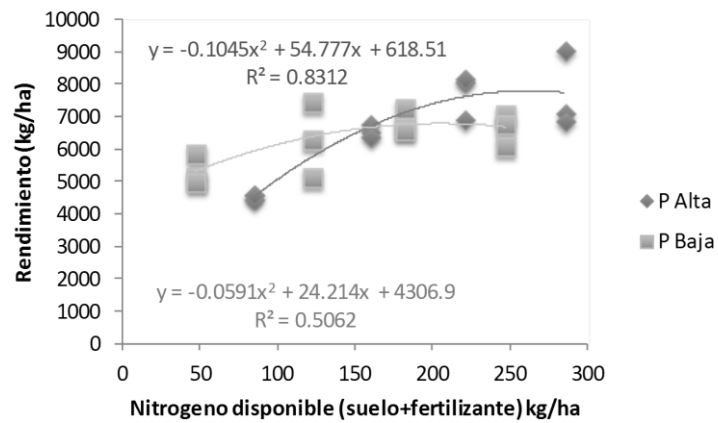


Figura 3: Rendimiento de trigo según nitrógeno disponible en zonas de productividad alta y zonas de productividad baja. Sitio el parque.

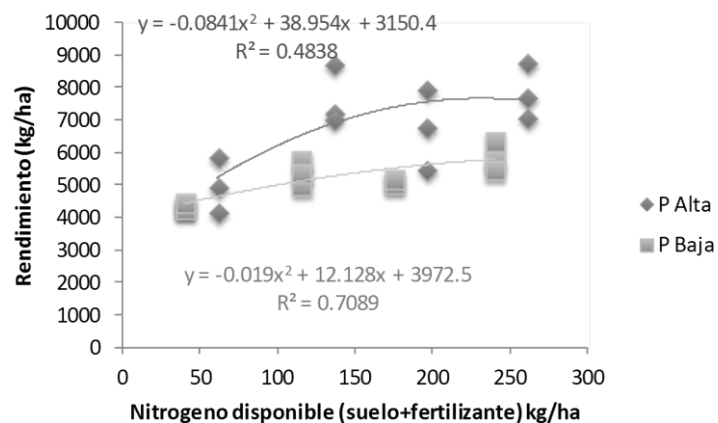


Figura 4: Rendimiento de trigo según nitrógeno disponible en zonas de productividad alta y zonas de productividad baja. Sitio Limache.

Tabla 3: Rendimientos, nitrógeno disponible, nitrógeno en el suelo y eficiencia de uso de nitrógeno según sitio y nivel de productividad.

Sitio	Rendimiento sin	Rendimiento	Nitrógeno disponible en dosis	N	EUN
-------	-----------------	-------------	-------------------------------	---	-----

		fertilización Kg ha <sup>-1</sup>	máximo Kg ha <sup>-1</sup>	óptima económica Kg N ha <sup>-1</sup>	suelo Kg N ha <sup>-1</sup>	Kg grano kg N <sup>-1</sup>
Limache	cebada	7541	9405	250	117	14,0
Prod Alta						
Limache	cebada	7062	9651	211	87	20,9
Prod Baja						
Limache	trigo	5002	7515	190	61	19,5
Prod Alta						
Limache	trigo	4357	5263	135	40	9,5
Prod Baja						
Parque	trigo	4552	7680	229	85	21,8
Prod Alta						
Parque	trigo	5340	6580	146	47	12,6
Prod Baja						

### Observaciones

La identificación de zonas de productividad define diferentes comportamientos medios de los cultivos según objetivos de evaluación en términos de rendimientos alcanzables o de necesidades y uso del N. Al incrementarse la productividad de las zonas delimitadas, las necesidades de N en términos de dosis de fertilización o de Nd (Nsuelo + Nfertilizante) decrecen. Por lo tanto la instrumentación de estrategias de diagnóstico y recomendación de necesidades de fertilización con N principalmente en trigo según zonas de productividad delimitadas con información disponible dentro de lotes independientes sería una estrategia recomendable para el uso eficiente de este nutriente, mejorando su retorno productivo y reduciendo los riesgos ambientales asociados a su sobredosificación.