

## Eficiencia de uso del Nitrógeno en Trigo y Maíz en la Región Pampeana Argentina

Ing. Agr. MSc. César E. Quintero y Lic. Edaf. Graciela N. Boschetti  
Facultad de Ciencias Agropecuarias UNER

*La baja eficiencia agronómica que presentan en algunos casos los principales cereales cultivados en nuestro país, no puede atribuirse completamente a pérdidas de nitrógeno. Si bien no hay muchos datos disponibles, las evaluaciones realizadas en la región pampeana indican que las pérdidas de N son bajas y del orden del 10 al 30 %. Es de pensar entonces, que existen limitaciones a la absorción de N, especialmente en el trigo donde se está lejos de alcanzar valores deseables para un alto retorno económico y una disminución del riesgo ambiental.*

La eficiencia con la que los cultivos utilizan el fertilizante aplicado es de suma importancia económica, dado que está relacionada directamente con el beneficio de la fertilización. La eficiencia puede ser expresada como las unidades de producto generada por unidad de nutriente aplicado, o como la proporción del nutriente adicionado que absorbe el cultivo.

La eficiencia fisiológica con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de N. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, para el maíz se puede asumir una media de 40 kg de grano por kg de N absorbido en toda la planta, mientras que para el trigo la eficiencia fisiológica media está alrededor de 30 kg de grano/kg de N. Los coeficientes de requerimientos de N que se utilizan en los modelos de balance son la inversa de esta eficiencia, lo que da para maíz unos 20 a 25 kg de N/t de grano y para trigo unos 30 a 35 kg N/t grano.

La eficiencia agronómica expresa los kg de grano producidos por kg de N aplicado como fertilizante. Este valor depende de la eficiencia fisiológica del híbrido o cultivar, de la proporción del N disponible que es absorbido por el cultivo y de las pérdidas que ocurran durante el ciclo. Por lo tanto la eficiencia agronómica varía entre un máximo igual a la eficiencia fisiológica y cero, a medida que la absorción de N se ve limitada por otro factor como la disponibilidad de agua o se incrementan las pérdidas.

En el caso de la fertilización de cereales con nitrógeno, la eficiencia de utilización del N ha sido estimada en el orden del 33 % a nivel mundial. Esta estimación se realizó teniendo en cuenta la producción mundial de cereales, la concentración de N en los granos, el consumo de fertilizantes y suponiendo que el suelo y la atmósfera aportan un 50 % del N total removido.

En términos generales, se estima que entre el 50 y el 80 % de N aplicado es aprovechado por el cultivo, lo que implica que entre 20 y 50 % del N se puede perder del sistema, con un consecuente perjuicio económico y ambiental. Las pérdidas de N se producen por diferentes vías de distinta magnitud e importancia.

### 1- Volatilización de amoníaco

La volatilización de N desde el suelo implica el pasaje del  $\text{NH}_4^+$  a  $\text{NH}_3$  que a presión atmosférica es un gas. Las pérdidas por volatilización pueden ser particularmente importantes (10 a 40 % de N) cuando se agrega urea en superficie sin incorporar. El proceso es favorecido por altas temperaturas y pH y baja humedad. Desde hace no mucho tiempo se conoce que también las plantas liberan  $\text{NH}_3$  desde sus tejidos. Según algunas experiencias, de las pérdidas totales de N, 52 a 73 % se perdió por esta vía en maíz y de 21 a 41 % en trigo.

### 2- Desnitrificación

La desnitrificación implica la pérdida de N por un proceso biológico que produce gases de nitrógeno reducido ( $\text{NO}$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2$ ) que pasan a la atmósfera. El proceso es favorecido fundamentalmente por excesos de humedad y altas temperaturas, pero deben haber  $\text{NO}_3^-$  disponibles junto con substratos (M.O.). Las pérdidas son del 5 al 10% bajo labranza convencional y pueden duplicarse en siembra directa.

### 3- Lixiviación

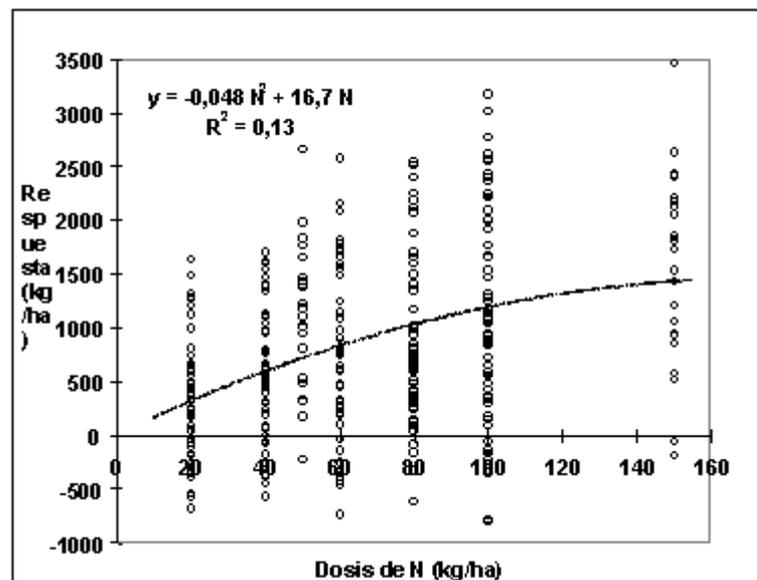
La lixiviación o lavado de los  $\text{NO}_3^-$  que son arrastrados por el agua en el perfil a una profundidad en la cual no son alcanzados por las raíces. Representa un problema ambiental dado que produce la contaminación de las napas. Se da en suelos de buen drenaje o texturas gruesas, cuando se aplican altas dosis de nitrógeno. Puede alcanzar hasta 20 %.

### 3- Escurrimiento superficial

Las pérdidas por escurrimiento superficial son inferiores a 15 % y se presentan cuando el fertilizante se aplica en superficie, sin incorporación, en suelos con pendiente. Las pérdidas son menores en siembra directa.

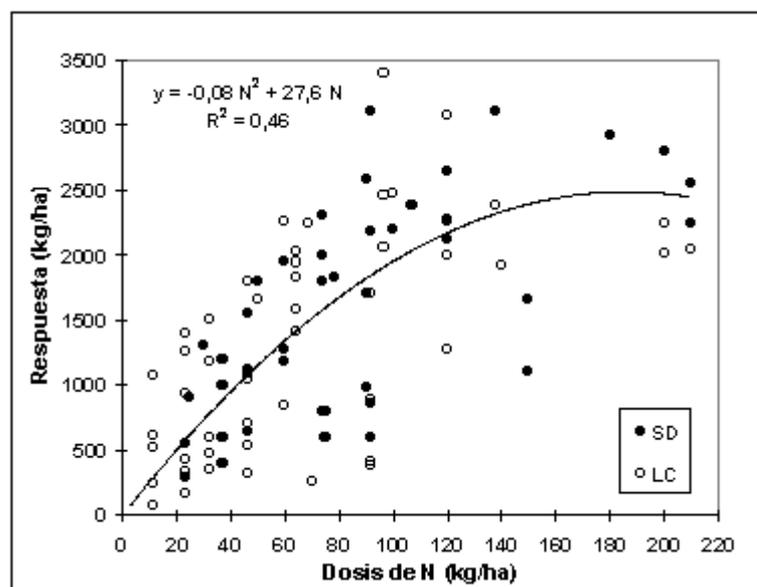
### Eficiencia de uso del nitrógeno en Maíz

En la década del 70 se realizaron numerosos ensayos de fertilización de maíz con urea. En éstos se observó una gran dispersión en la respuesta al fertilizante con una eficiencia agronómica promedio de 12 kg de grano por kg de N aplicado, llegando a máximos de 30 (Figura 1).



**Figura 1:** Respuesta del cultivo de maíz a la adición de urea. Ensayos realizados en la década del 70 en la Provincia de Santa Fe.

Los resultados presentados en la última década indican que la respuesta del cultivo de maíz puede ser explicada en un 50 % por el N aplicado como urea, sin encontrarse diferencias entre siembra directa o convencional (Figura 2). La disponibilidad de nuevos materiales genéticos, junto con prácticas de manejo y control de malezas y plagas más ajustadas, ha permitido que el promedio de eficiencia agronómica de la última década aumente a 20 kg de maíz/kg N, con máximos de 40. Si consideramos que el maíz requiere de 20 a 25 kg de N para producir una tonelada de grano podemos estimar que la eficiencia promedio de utilización del N del fertilizante, está en el orden del 40 al 50 %, pudiendo llegar a un máximo de 90 %.



**Figura 2:** Respuesta del cultivo de maíz a la adición de urea. Ensayos realizados en la década del 90 en las Provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos.

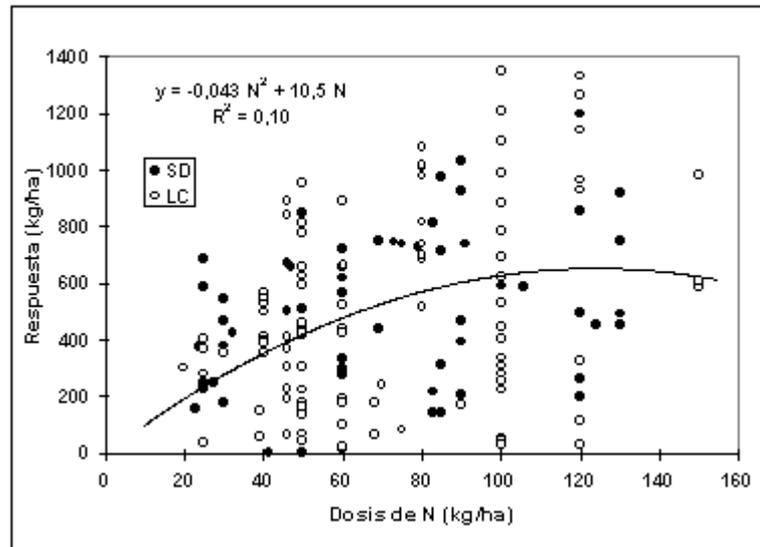
### Eficiencia de uso del nitrógeno en Trigo

La respuesta del trigo al nitrógeno es substancialmente menor a la que manifiesta el maíz. Esto puede atribuirse seguramente a la calidad superior del grano de trigo, ligado a una menor eficiencia fisiológica. Sin embargo, los ensayos realizados en la última década muestran una respuesta promedio de 6 a 7 kg de trigo por cada kg de nitrógeno aplicado, con máximos de 12 a 14 (Figura 3). Esto significa que si el trigo requiere de 30 a 35 kg de N para producir una tonelada de grano, la eficiencia de utilización del nitrógeno de la urea es en promedio de 18 al 25 %, llegando en el mejor de los casos al 50 %, valores significativamente inferiores a los que presenta el maíz. Estos resultados están evidenciando que las pérdidas de N, o las ineficiencias para su aprovechamiento en el cultivo de trigo son elevadas y que existen substanciales posibilidades de mejorar.

Como pasó con el maíz, es probable que mediante el progreso genético y otras cuestiones de manejo se pueda incrementar la eficiencia de uso del nitrógeno del trigo en el mediano plazo.

### Significado económico

El significado económico de estos resultados queda claramente representado en el cuadro 1. Es evidente la repercusión económica que tiene un incremento en la eficiencia de utilización del N. Para las relaciones de precios actuales, la fertilización del maíz es ampliamente conveniente dado que permite ganar en promedio más de un peso por cada peso gastado, lo que implica una alta rentabilidad en corto tiempo. Para el caso del trigo los resultados son más ajustados aunque rentables.



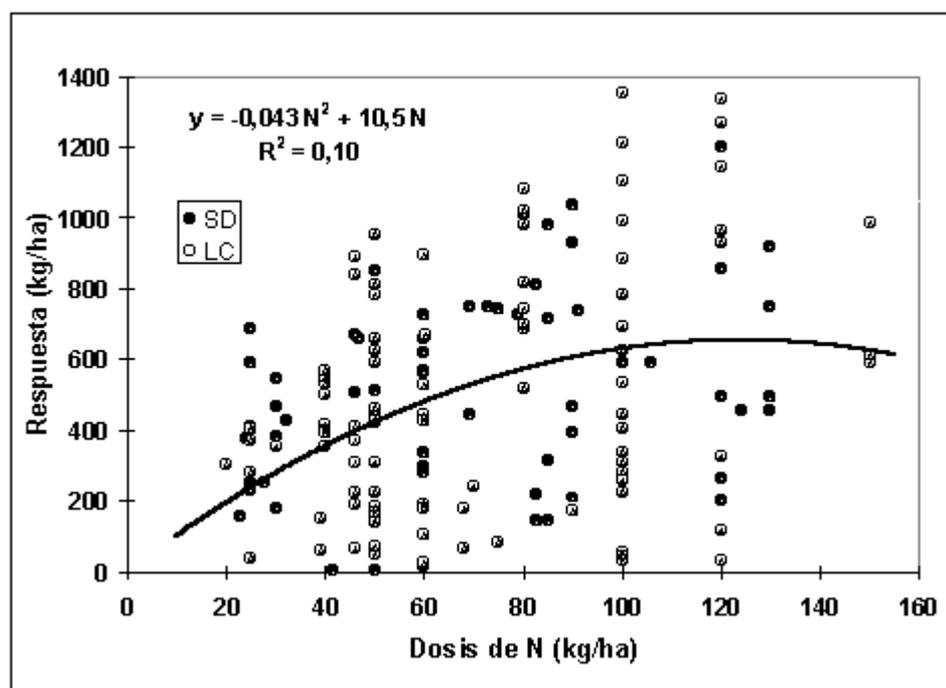
**Figura 3:** Respuesta del cultivo de trigo a la adición de urea. Ensayos realizados en la década del 90 en las Provincias de Buenos Aires, La Pampa, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos.

**Cuadro 1:** Análisis económico.

Cereal	Respuesta Física kg grano/kg N	Respuesta Económica \$ Recuperado/\$ Gastado
Maíz	20 (media) 40 (máxima)	2,48 4,95
Trigo	7 (media) 14 (máxima)	1,18 2,35

Maíz = 80 \$/t Trigo = 105 \$/t. Urea = 250 \$/t. Fletes = 10 \$/t.

A partir de las ecuaciones presentadas en las figuras 2 y 3 y de los valores económicos del cuadro 1, se realizó la figura 4 donde se puede apreciar la clara conveniencia de fertilizar el maíz y el escaso margen de beneficio que presenta el trigo a los precios actuales. La dosis óptima económica para el maíz es de 120 kg N/ha mientras que para el trigo es de 50 kg N/ha, en estos niveles se alcanza el máximo beneficio para cada cultivo, sin embargo la dosis de máxima respuesta es de 170 y 120 kg N/ha para el maíz y el trigo respectivamente.



**Figura 4:** Respuesta económica a la adición de N como urea, para los cultivos de maíz y trigo en la región pampeana.

### Cómo se puede incrementar la eficiencia de uso del nitrógeno

Una de las prácticas recomendadas para incrementar la eficiencia de uso del N a valores que rondan el 70 %, es la fertilización foliar. Sin embargo esta alternativa se ve limitada por las bajas cantidades que se pueden adicionar por aplicación (10 kg N/ha). Ante condiciones propicias para la pérdida de N, habría que tratar de incorporar el fertilizante al suelo o utilizar dosis bajas en más de una aplicación. Otra alternativa es la utilización de inhibidores de la actividad ureásica o de la nitrificación o fertilizantes de liberación lenta.

Utilizar fuentes alternativas de N como el nitrato de amonio calcáreo o el UAN puede contribuir a reducir las pérdidas gaseosas en algunas situaciones en particular.

Sin duda la mejora genética de híbridos o cultivares capaces de utilizar con mayor eficiencia el N sería de gran utilidad, sin embargo esto se contrapone con la selección en ambientes de alta dotación de N.

Las labranzas conservacionistas y la siembra directa tienden a reducir las pérdidas por escurrimiento y la erosión. Sin embargo es probable que en siembra directa las pérdidas por otros mecanismos sean superiores.

El riego frecuente, junto dosis bajas de N, incrementa la eficiencia de uso en la mayoría de los casos. La aplicación de fertilizantes con el agua de riego, que representa una aplicación a las plantas más que al suelo, junto con la utilización de fertilizantes de liberación lenta son útiles para controlar las pérdidas de N.

Las rotaciones de cultivos con diferentes sistemas radicales y profundidad de enraizamiento permite la mejor utilización y aprovechamiento del N.

La aplicación de fertilizantes en campos cultivados se hace en una dosis única para potreros usualmente mayores a 10 ha, sin considerar la variabilidad natural o adquirida dentro del potrero. La agricultura de precisión permite la aplicación precisa de fertilizantes teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos y la variación de la fertilidad del suelo, incrementando la eficiencia de uso del N.

### Consideraciones finales

Mediante un conjunto de prácticas de manejo, tecnologías y mejoramiento genético pueden lograrse eficiencias superiores al 85%. Cada mejora en la eficiencia de uso del nitrógeno, que implica una reducción en las pérdidas del mismo y un incremento en la absorción, repercute proporcionalmente en el retorno económico. Existen posibilidades concretas y vale el esfuerzo encararlas. Este es un aspecto que deberá ser considerado con mayor importancia en el futuro, si continúa la tendencia de disminución en valor relativo de los cereales y el aumento del costo de los fertilizantes.

