

Fertilización en Trigo

Ing. Agr. MsSc. César Quintero

Hasta hace un *tiempo atrás* la cantidad de productos que utilizábamos para alcanzar los mejores rendimientos en nuestros cultivos no era algo que nos preocupara demasiado, la "tecnología de *insumos*" estaba al servicio de la producción. *Hoy* el gran cambio en las "reglas del juego" hace que debamos prestar especial atención a nuestros costos para asegurarnos una relación insumo-producto favorable. Será un gran desafío para productores y técnicos agudizar el ingenio y hacer que la "tecnología de *procesos*" esté al servicio de la producción

Cuando decidimos fertilizar un cultivo buscamos un beneficio económico. En realidad con el fertilizante estamos "comprando" kilos de trigo, con la convicción de obtener una elevada tasa de retorno a nuestra inversión. Para que esta práctica sea rentable necesitamos maximizar las eficiencias en el uso de fertilizantes, ajustar dosis, decidir el momento óptimo de aplicación, tipo de producto a aplicar,... es decir minimizar la aleatoriedad a la respuesta a nuestras aplicaciones basándonos en parámetros técnicos y de esta manera tener una elevada probabilidad de generar un resultado físico y por ende económico positivo. Para que esto sea posible es indispensable conocer como funciona el sistema cultivo-suelo-clima-fertilizante.

Cuando vamos a fertilizar un cultivo debemos tener en cuenta:

- ♣ Cuales son los requerimientos de nutrientes del cultivo.
- ♣ Cuales son los efectos de dichos nutrientes sobre el crecimiento del cultivo y sobre la producción de granos.
- ♣ Cual es la dinámica de oferta de dichos nutrientes en el suelo.

En el caso del trigo el rendimiento en grano está dado por el producto entre el número de granos/m² y el peso de los granos. El **número** de granos **se define** alrededor de **antesis** y el **peso** al **finalizar** el período de **llenado**. En este cultivo existe una mayor correlación entre el rendimiento y el número de granos/m² que entre el rendimiento y el peso de los mismos. La supervivencia de los primordios florales tendrá una gran incidencia en el número de granos/m² logrados. Existe por otro lado una estrecha relación entre el peso de la espiga (sin granos) una semana posterior a la antesis (cuando alcanza su máximo peso seco), y el número de granos de esa espiga.

$$\text{Rendimiento} = N^{\circ} \text{ granos/m}^2 \times \text{peso de los granos}$$

El peso de la espiga puede expresarse como el producto entre la duración en días de su período de crecimiento y su tasa de crecimiento (el aumento de materia seca de espiga por m^2 y por día). El período en que las espigas ganan el 95% del peso que alcanzarán una semana después de antesis (período de crecimiento de las espigas), comienza durante la encañazón. En el SE de la Pcia. de Buenos Aires, su duración es de 25 a 30 días, siendo algo menor en el N de Buenos Aires y S de Santa Fe. Se relaciona inversamente con la temperatura y el fotoperíodo (días más largos y cálidos generan una menor duración del período). La tasa de crecimiento de la espiga depende de la tasa de crecimiento del cultivo y de la partición de fotoasimilados por parte del cultivo hacia la espiga. A su vez, la tasa de crecimiento del cultivo se relaciona linealmente con la radiación interceptada por el canopeo.

$$\text{Peso de la espiga} = \text{Duración Período Crecimiento (días)} \times \text{Tasa de crecimiento (MS espiga/m}^2\text{/día)}$$

Nitrógeno

Principales efectos de la escasez de nitrógeno:

- ♣ Cuando el nitrógeno es limitante se ve afectado el ritmo de crecimiento del cultivo, pudiendo generar un menor IAF (Índice de Área Foliar).
- ♣ Si el área foliar no llega a interceptar el 95% de la radiación incidente durante el crecimiento de las espigas, el número de granos/ m^2 disminuirá por menor disponibilidad de fotoasimilados para las espigas.
- ♣ Una deficiencia de nitrógeno puede reducir el número de granos/ m^2 también a través de una menor eficiencia de conversión de la radiación interceptada en materia seca, y ante igualdad de peso de espigas una planta deficitaria en N fijará menos granos que una que satisface sus requerimientos. Las deficiencias de N desencadenan, entonces, mecanismos que reducen el n° de granos y operan no solamente a través de la menor provisión de fotoasimilados a las espigas aunque esta es la causa principal.

Deficiencias de N hacia finales del macollaje no producen caídas en el rendimiento, si pasado el período de estrés el cultivo supera el IAF crítico al principio del período de encañazón y puede mantener un alto ritmo de crecimiento durante la formación de las espigas.

Dado que durante la **encañazón** la tasa de absorción de N, P, K y S es superior a la tasa de crecimiento del cultivo, es decir que se produce una concentración de estos nutrientes, principalmente en hojas, vainas y tallo, los que luego serán traslocados al grano durante el llenado; nuestra estrategia de fertilización nitrogenada debe **apuntar a que la disponibilidad de N sea máxima** en este período.

Principales efectos de una mayor disponibilidad de nitrógeno en el estado vegetativo del trigo:

- ♣ Aumento en el área foliar por vástago.
- ♣ Aumento en el número y supervivencia de macollos, dando más espigas/m².
- ♣ Mayor duración del área foliar debido a un retraso en la senescencia de las hojas.
- ♣ Incremento en la relación tallo/raíz, ya que aumenta más la biomasa aérea que la radical.

Entonces una elevada disponibilidad de N al principio del ciclo del cultivo puede llegar inclusive a deprimir el rendimiento en zonas semiáridas por promover un mayor consumo de agua del suelo durante el macollaje, llegando al período crítico con menor disponibilidad hídrica.

A fin de macollaje, el trigo ha diferenciado las espiguillas por espigas, la espiga tiene un tamaño reducido, y hasta este estadio la necesidad de N es limitada, pero a partir del momento en que el cultivo comienza a encañar y por ende aumenta significativamente el crecimiento y comienza la diferenciación de las flores dentro de las espiguillas el ritmo de absorción de N se hace exponencial y el nutriente debe estar disponible en la solución del suelo para no limitar el rendimiento. **El rendimiento potencial se logrará si el cultivo intercepta toda la radiación incidente a principio de encañazón y no hay deficiencias hídricas ni nutricionales durante el período de crecimiento de las espigas.**

Estrategias a tener en cuenta para que el nitrógeno esté disponible en el período de encañazón:

- ♣ **Fertilización fraccionada:** colocando parte de la dosis en el momento de siembra y completando la misma hacia fines de macollaje.
- ♣ **Tiempo de liberación de los nutrientes por parte del fertilizante utilizado.** Debemos tomar en cuenta que el nitrato de amonio genera una disponibilidad inmediata aún en condiciones limitantes de humedad edáfica, la urea debe primero hidrolizarse en el suelo y ser transformada en nitrato para ser absorbida por el cultivo, proceso que con baja temperatura y humedad puede tardar más de 30 días.

Eficiencias que regulan la conversión de nitrógeno en "granos de trigo":

- ♣ **Eficiencia de aplicación:** Kg. de fertilizante aplicado/kg. de nutriente disponible para el cultivo. VER ANEXO
- ♣ **Eficiencia agronómica:** Kg de nutriente disponible/kg de nutriente absorbido. VER ANEXO
- ♣ **Eficiencia fisiológica:** Kg de nutriente absorbido/kg de grano cosechado. VER ANEXO

Determinación de requerimientos de nitrógeno en trigo

- ♣ **Análisis de suelo por método tradicional**
- ♣ **Análisis de suelo por Nitracheck.** VER METODO
- ♣ **Análisis de pseudotallo por Nitracheck:** Se está difundiendo cada vez más la práctica de ajustar el nivel de fertilización nitrogenada mediante la medición de nitratos en pseudotallos de trigo a fin del macollaje. Esta práctica tiene la virtud de que además de evaluar el estado nutricional del cultivo en el momento en que comienzan a aumentar fuertemente sus requerimientos, nos obliga a revisar prolijamente los lotes que vamos a fertilizar. En general se aceptan umbrales de deficiencia entre 1250 y 1500 ppm. de N-NO_3^- medidos en el estado de espiga 1 cm. Existe sin embargo una importante variación en estos umbrales según el estado fenológico del cultivo, por lo que si el análisis se realiza antes o después seguramente se sobrestimaré o subestimaré su estado nutricional. VER METODO

ANEXO

Eficiencia de uso del nitrógeno en trigo en la Región Pampeana

*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.

Eficiencia Fisiológica

La eficiencia con la que las plantas utilizan el N, depende de las características de la especie y la disponibilidad de este nutriente. Si bien es un valor que fluctúa en un amplio rango, 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 trigo unos 30 a 35 kg N/t grano.

Eficiencia Agronómica

El valor de esta 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.

Eficiencia de Aplicación

Diferentes vías de pérdidas de Nitrógeno:

1- Volatilización de amoníaco

La volatilización de N desde el suelo implica el pasaje del NH_4^+ (amonio) a NH_3 (amoníaco) 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 NH_3 desde sus tejidos. Según algunas experiencias, de las pérdidas totales de N, 21 a 41 % se perdió por esta vía en trigo.

2- Desnitrificación

La desnitrificación implica la pérdida de N por un proceso biológico que produce gases de nitrógeno reducido (NO , N_2O , N_2) que pasan a la atmósfera. El proceso es favorecido fundamentalmente por excesos de humedad y altas temperaturas, pero deben haber NO_3^- (nitratos) disponibles junto con substratos (materia orgánica). Las pérdidas son del 5 al 10% bajo labranza convencional y pueden duplicarse en siembra directa.

2- Lixiviación

La lixiviación o lavado de los NO_3^- (nitratos) 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.

También se observaron diferencias en la acumulación de nitratos (0-20 cm) en dos de los tres casos. En uno de los lotes de M. Juárez, la diferencia de los tratados respecto al testigo fue de 32 ppm de nitratos a favor de los tratados; en tanto que en el segundo ensayo de esa localidad la diferencia fue de 34 ppm de nitratos. En Leones no se vieron diferencias de contenido de nitratos entre los diferentes tratamientos.

Eficiencia de uso del nitrógeno en Trigo

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.

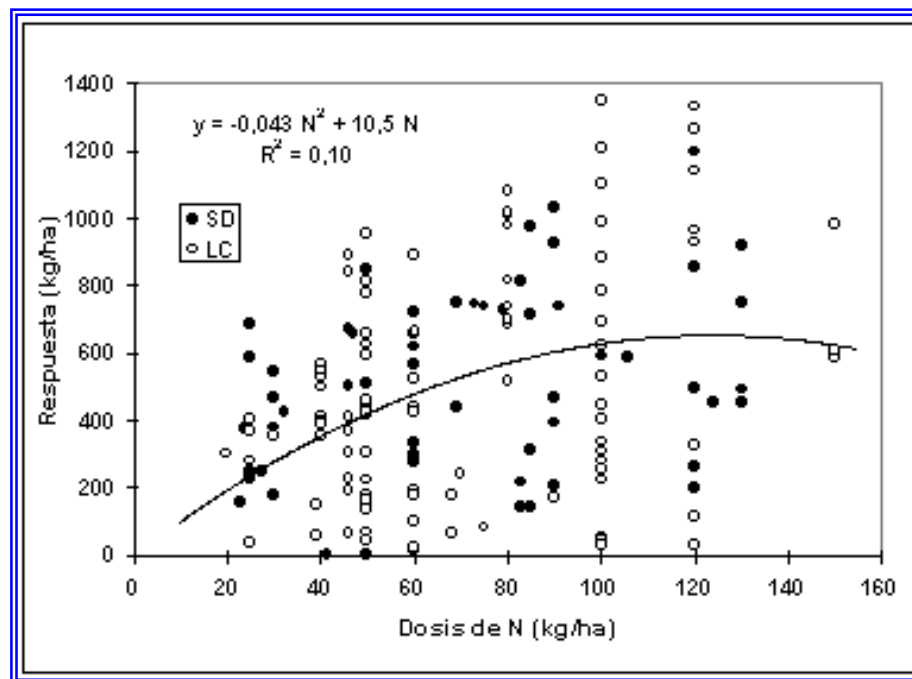


Figura 3: Respuesta del cultivo de trigo a la adición de urea. Ensayos realizados en la década del 90 en las Provincias de Buenos Aires, La Pampa, Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos.

Cómo incrementar la eficiencia en el uso del nitrógeno

1- Fertilización foliar

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.

2- Inhibición de la actividad ureásica o nitrificación

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.

3- Mejoramiento Genético

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.

4- Sistemas de Labranza

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.

5- Riego

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.

6- Rotaciones

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

7- Agricultura de Precisión

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.

Análisis de Suelo por Nitracheck

Se deben tomar muestras de 0/20 20/40 y 40/60 cm. De cada muestra pesar 25 gramos y agregar 25 cc de una solución de CLK. Agitar 2 minutos y filtrar, descartar las primeras gotas y mojar la bandeleta, escurrir y medir luego de 1 minuto. Antes de mojar la bandeleta se debe calibrar el blanco hasta que aparezca GO.

La Densidad aparente puede calcularse una sola vez ya que es bastante estable para cada suelo. Se pesa un volumen conocido de suelo seco a 104 Centígrados (hay cilindros especiales para su cálculo).

UTILIZACION DEL NITRACHECK

ANALISIS DE SUELO

INTERPRETACION DE LOS DATOS Y USO DEL METODO DEL BALANCE

PROFUNDIDAD	ppm NO3	ppm N	Dens.Aparente	kg N/ha
0-20 cm	37	8,36	1,25	31,36
20-40 cm	27	6,10	1,35	24,71
40-60 cm	24	5,42	1,3	21,15
				77,22

METODO DEL BALANCE

Dosis PMA 11-52-0	0
Dosis PDA 18-46-0	0
Rendimiento esperado. qq	40
Kg de N necesarios	120
Kg de N Baguette	104
Kg N a agregar	43
Kg N a agregar BGT	27

Kg UREA a agregar 46%	93
Kg UREA agregar BGT	58
Kg Nitrato amonio 30%	143
Kg Nitrato amonio BGT	89

EXPLICACION DE LA METODOLOGÍA

La cuenta de NO₃ a kg N-ha se hace:
 $\text{Kg N-NO}_3/\text{ha} = \text{ppm NO}_3 \times 0.226 \times \text{densidad aparente} \times \text{profundidad horizonte (dm)}$

Para la mayoría de las variedades se necesitan 3 kg de N por qq de trigo producido.

Para Baguette por su mayor actividad de la nitrato reductasa se necesitan 2.6 kg de N por qq de trigo (Tecnoagro usa 2.6 para todas las variedades).

A los kg de N determinados que se necesitan para satisfacer N hay que restar lo que tiene el suelo y aporta el fertilizante fosforado. Las eficiencias agronómicas están implícitas en la fórmula.

La fórmula del balance es:

$$Y * b = (N_s + N_f) * E_1 + (M_s + M_r) * E_2 - N_p$$

Datos que puede cambiar haciendo doble clic sobre la tabla: ppm NO₃, Dens Apar, Dosis de PMA, Dosis PDA y Rend. Esperado



Análisis Pseudotallo por Nitratecheck

UTILIZACION DEL NITRACHECK

ANALISIS DE PSEUDOTALLO

MOMENTO

El momento óptimo para hacer el análisis es hacia fines de macollaje.

METODOLOGIA

El análisis debe hacerse por la mañana ya que luego baja mucho el nivel de Nitratos en planta y sobre todo en hojas verdes. Cortar 60 plantas de trigo a ras del suelo eliminar las raíces y parte verde. Exprimir la parte blanca para extraer 1 mililitro de jugo de base de tallo.

Diluir 1: 10, es decir si se extrae 1 ml se agregan 9 ml de agua destilada- puede ser agua de pozo.

Se calibra la bandeleta, se moja, escurre y se mide normalmente luego de 1 minuto.

El resultado se multiplica por 10 -por la dilución-

UMBRALES DE RESPUESTA

Estadío	Deficiencia	Suficiencia	
Doble arruga	< 4100 ppm	> 4600 ppm	(Principio de macollaje, 4 hojas)
Primera gluma	< 1200 ppm	> 1800 ppm	
Espiguilla terminal	< 950 ppm	> 1300 ppm	(Espiga a 1 cm.)