

CUBRIENDO LA DEMANDA

Ricardo Melgar
melgar.ricardo@inta.gob.ar



DEMANDA DE N DEL TRIGO

Repasando agronomía para decidir la fertilización de esta siembra

Ante una campaña que se visualiza con una mayor expectativa de siembra que en los años anteriores, los actores de la cadena de trigo tienen el desafío de aprovechar la coyuntura para lograr la máxima rentabilidad. Sabiendo que la fertilización nitrogenada es el factor de manejo más importante para tener altos rendimientos y calidad de grano, tiene particular importancia lograr el objetivo de un óptimo manejo del cultivo respondiendo efectivamente a los temas claves que afectan a las necesidades de fertilizante nitrogenado del trigo.

En su expresión más simple, **la necesidad de fertilización surge como la diferencia de la demanda de N del cultivo menos el suministro de N por el suelo**, ajustando la cifra según las ineficiencias propias del tipo de fertilizante y del método y momento de la aplicación.

Sabemos que el resultado final, y sobre todo el pronóstico, son tanto inciertos como imprecisos. Las decisiones de fertilización deben tomarse antes de la definición del rendimiento y hay muchos factores de sitio que afectan el manejo y la magnitud de las decisiones de fertilización nitrogenada: tipo de suelo, variedad,

rotación, clima, y la mayoría de las interacciones entre los factores de sitio y la intensidad de estos procesos no son conocidos fácilmente o predichos con exactitud.

CÓMO RESPONDE EL TRIGO AL NITRÓGENO

Hay consenso general acerca de que los factores determinantes del requerimiento de fertilización nitrogenada son la oferta de N del suelo y la demanda de N del cultivo. Pequeños errores de apreciación en la estimación de estos dos ítems conducentes a la decisión de la dosis de N del fertilizante tienen un efecto menor sobre el rendimiento o el margen económico, pero errores mayores, o repetidos en cada campaña, pueden comprometer el resultado de largo plazo, siendo por lo tanto importante monitorear y corregir los errores significativos luego de analizar la campaña. La sub-fertilización causa pérdida de rentabilidad debido a rendimiento extra no logrado, en cambio, la sobre fertilización causa pérdida de rentabilidad por uso excesivo de fertilizantes.

Un relevamiento realizado en el Reino Unido en 50 sitios que compararon los requerimientos de N en pre siembra contra el N óptimo identificado luego de la cosecha (Figura 1), mostraron que el requerimiento predicho estuvo dentro de un rango de 50 kg/ha del óptimo en apenas la mitad de los sitios. La principal causa de los desvíos fue la estimación incorrecta de la oferta de N del suelo. Las pérdidas económicas fueron pequeñas cuando los requerimientos de N estuvieron dentro del rango de 50 kg/ha. Pero los errores mayores significaron pérdidas económicas mucho más serias. La sub-fertilización o inadecuado suministro de fertilizantes, y la sobre-fertilización causaron pérdidas económicas similares.

LOGRANDO UN BUEN RENDIMIENTO

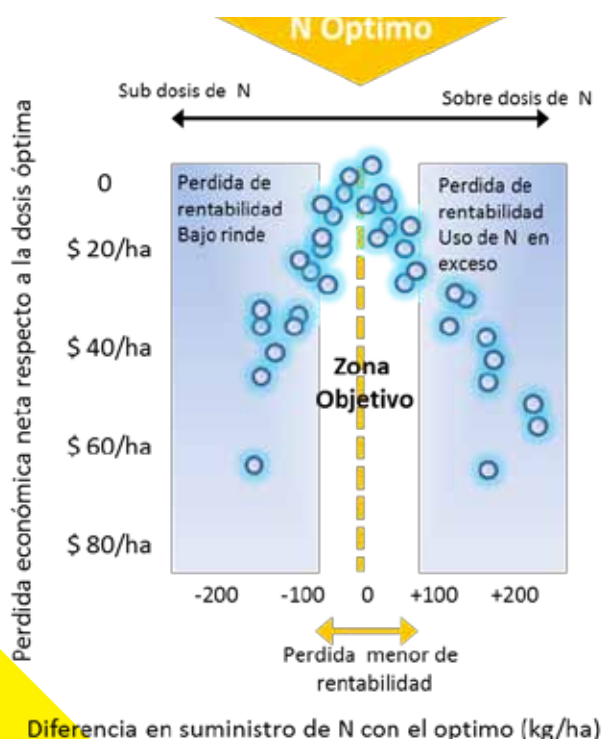
El costo del fertilizante en la implantación de esta gramínea es relevante, pero si el aporte del N del suelo es bajo, las respuestas son importantes. Obtener un buen retorno de la inversión en fertilizantes depende del diagnóstico del requerimiento de N basado en el probable resultado del cultivo y de los precios de mercado. La mayoría de cultivos de trigo responden similarmente a todas las fuentes de N, siempre y cuando los otros nutrientes sean suficientes y las malezas y enfermedades estén controladas.

LA CUESTIÓN DE LA PROTEÍNA

El contenido de proteína del grano a la cosecha logrado con un nivel óptimo de N para el rendimiento en las variedades comunes es aproximadamente de 11% (1,9% N). En las variedades para panificación directa se precisa optimizar el contenido de proteína en alrededor del 12% y con frecuencia se necesita nitrógeno extra para alcanzar especificaciones mayores al 13%, muy bien pagadas por el mercado. Niveles de proteína bajos, meno-

Tabla 1.

Rentabilidad asociada a los desvíos de la dosis óptima de N en trigo en 50 sitios del Reino Unido



res al 10%, indican una sub óptima utilización del N.

El nivel de proteína del cultivo logrado es muy útil para saber si el cultivo recibió un manejo adecuado de la fertilización. A medida que cambia la cantidad de N aplicado, alejándose de la dosis óptima, también cambia el porcentaje de proteína en el grano y la relación es aproximadamente alrededor del 1% por cada 50 kg / ha de N de desvío desde el óptimo.

LA DEMANDA DE N POR EL TRIGO

La demanda de N se puede satisfacer desde el suelo y por los fertilizantes. La dosis óptima de fertilizantes depende de:

- La demanda de N por el cultivo, ajustada por la expectativa de rendimiento y los precios del grano.
- El N disponible del suelo, el actual o residual, más la cantidad esperada que se mineralice durante la campaña.
- La eficiencia del fertilizante elegido según el modo de aplicación utilizado.

Todas las cantidades anteriores se pueden estimar.

• Estimando la demanda de N

Según el mercado pretendido, contrato por calidad o búsqueda de un alto rendimiento sin pretender calidad, condicionará el manejo del nitrógeno. La demanda del cultivo se relaciona con el rendimiento esperado de grano y su contenido de N, normalmente expresado como porcentaje de proteína. La estimación de la demanda de N es una apreciación estratégica, sobre la que deben realizarse ajustes de año en año usando las evidencias de la experiencia de campo. La guía más general que se puede tomar es de 25-30 kg de N por cada tonelada de rendimiento esperado de grano.

6

La experiencia en el manejo de ambientes indicará la necesidad de realizar ajustes lote a lote, con las limitaciones que impone la predicción de rendimientos cuando no se sabe cuál será el escenario climático que prevalecerá en la campaña.

Además el cultivo mismo ajustará su demanda a la oferta del N disponible. Un rendimiento potencial de 8 t/ha puede alcanzarse donde el N disponible, del suelo más el del fertilizante, anticipa un rinde de solo 6 t/ha; siendo el principal efecto la reducción del porcentaje de proteína. Por eso, este valor de proteína del cultivo anterior representa un indicador muy útil para modificar el diagnóstico de necesidad de N de la campaña actual.

• Calculando el aporte de N del suelo

Normalmente el aporte de N del suelo suma dos orígenes, el N residual, que se mide por el análisis de suelo antes de la siembra, y el N que se va a mineralizar durante el desarrollo del cultivo, desde que se siembra hasta la madurez del grano. Idealmente, el muestreo del suelo debe incluir distintas profundidades. Si no se dispusiera, puede usarse el factor de 0,75 encontrado por el Dr.

Tabla 1.

Estimando el aporte de N del suelo

Profundidad	Resultado Laboratorio	Conversión (*)	N Residual
cm	ppm N-NO3		kg N/ha
0-20	12	x 2,6	31
20-40	8	x 2,6	21
40-60	5	x 2,6	13
		Total	65

(*) Considerando una densidad aparente de 1,3 kg/dm

Roberto Alvarez y aplicarlo al valor del horizonte superior. En el ejemplo de la tabla: $12 \text{ mg/kg (6 ppm)} \times 0,75 = 9 \text{ mg/kg} \times 1,3 \text{ kg/dm} \times 6 \text{ dm} = 70 \text{ kg/ha}$

• Estimando el aporte de N por la mineralización del suelo

El análisis de materia orgánica, la textura o tipo de suelo y la pluviosidad de la primavera pueden usarse para estimar o predecir el aporte desde el suelo durante el ciclo de cultivo.

La mineralización tiende a ser mayor donde la materia orgánica es alta o donde hubo aportes de abonos orgánicos o pasturas. Como guía aproximada, alrededor de 10 kg/ha de N puede esperarse por cada 1% de materia orgánica del suelo para suelos de texturas livianas, 15 kg en texturas medias y 20 en texturas más pesadas. Donde los valores de MO son muy bajos este aporte podría ignorarse. Según la primavera sea más seca o más húmeda, la intensidad de la mineralización aumenta o disminuye, liberando menos o más N al cultivo, pero a su vez, las lluvias se llevan al N hacia abajo del nivel que lo pueden alcanzar las raíces, perdiéndose. Esta tasa de mineralización a su vez, aumenta o disminuye con la textura, o más bien con la capacidad de intercambio catiónico del suelo.

Así, para un suelo de textura media, franco limoso, con 3,5 % de materia orgánica en una primavera con moderada pluviosidad puede esperarse 50-55 kg de aporte de N por mineralización.

Figura 2.

Diagrama que muestra la interacción entre textura del suelo y pluviosidad sobre las pérdidas de N del suelo por lixiviación.

	Franco Arcilloso	Franco	Franco arenoso	Pluviosidad en primavera
	0%	20%	40%	Seca (> 150 mm)
	0%	40%	60%	Moderada (150-250 mm)
	20%	60%	80%	Húmeda (< 250 mm)

N del suelo perdido por lixiviación durante la primavera

También el cultivo antecesor modificará la estimación de la oferta de N. El trigo responde bien al N y con gran frecuencia luego de una pastura de leguminosas o después de un cultivo que deje un nivel alto de N residual. En cambio, cuando el trigo sigue a un cereal como maíz o sorgo, éste tiende a tener menores rendimientos.

• Calculando el requerimiento de fertilizante nitrogenado

Antes dijimos que hay que ajustar el resultado de la oferta y demanda de N por la eficiencia del tipo y modo de aplicación del fertilizante. La proporción de recuperación del fertilizante o eficiencia, se expresa como un porcentaje entre la cantidad aplicada y la recuperada en el cultivo. Esta recuperación es muy variable y no puede estimarse directamente a campo. Normalmente puede tomarse un 60 %, ajustándolo según sean las condiciones ambientales y de manejo. Por ejemplo una urea aplicada al voleo sobre suelo con rastrojos y clima templado conducirá a una alta tasa de pérdida por volatilización, (Eficiencia menor al 60 % i.e. ~ 40 %), en cambio, si ésta se aplica incorporada o se usa nitrato de amonio calcáreo o sulfato de amonio, la tasa de recuperación es bastante mayor (Eficiencia mayor al 60 % i.e. 80%).

El costo extra del N para alcanzar los premios por contenido de proteína deben estar justificados de acuerdo al rendimiento

Tabla 2.

Guía para el cálculo del requerimiento de N

Predicción	Calculo	Ejemplo	
Rendimiento esperado	a	7,5	t/ha
Contenido de N del cultivo	b	25	kg/t
Demanda	$c = a \times b$	187,5	kg/ha
N residual	d	65	kg/ha
N Mineralizable	e	52	kg/ha
Aporte esperado del suelo	$f = d + e$	117	kg/ha
Diferencia a aplicar como fertilizantes	$g = c - f$	70,5	kg/ha
Eficiencia de uso	h	60	%
Requerimiento de N del fertilizante	$i = g \times 100/h$	118	kg/ha

probable, así como por el precio del grano y del premio, y del precio del fertilizante expresado como relación N/grano.

FACTORES QUE MODIFICAN LA CALIDAD PANADERA

En la calidad de trigo inciden una serie de factores tales como su genética, efectos climáticos o del ambiente (temperatura, déficit hídrico), manejo del cultivo, etc. Toda práctica de manejo que favorezca el desarrollo y crecimiento del cultivo (fecha de siembra óptima, fertilización adecuada, buena condición hídrica, control de enfermedades, malezas e insectos y otros) tendrá una asociación directa con el rendimiento. Sin embargo, la relación no siempre es directa entre rendimiento y calidad.

• Factores genéticos

Las diferencias entre variedades se basan en su distinta composición bioquímica, por lo que se agrupa a las variedades comerciales de acuerdo con su similitud en calidad industrial por grupos de calidad:

- **Grupo 1:** son aquellos trigos utilizados en panificación directa, trigos correctores (panificación industrial).
- **Grupo 2:** trigos para panificación tradicional (con más de 8 horas de fermentación).
- **Grupo 3:** son aquellos trigos empleados en panificación directa (con menos de 8 horas de fermentación).

• Factores ambientales

El clima durante el ciclo del cultivo, pero especialmente en floración y llenado de grano, cumple un rol muy importante en la expresión de la calidad de trigo. Así, por ejemplo, si en floración persisten días de alta humedad relativa, temperaturas entre 20-25°C favorecerán la presencia de “fusariosis”, afectando no sólo la calidad comercial sino también panadera. Por otro lado, temperaturas superiores a los 30 °C y baja humedad relativa durante el llenado de grano, producen modificación en la composición de las proteínas y una reducción en la calidad. Bajo estas condiciones la síntesis de gluteninas se reduce o interrumpe, continuando la síntesis de gliadinas. Como consecuencia el grano maduro tiene una alta relación gliadina/glutenina produciendo un gluten débil y masa extensible, de menor tiempo de

desarrollo. Es decir, el estrés térmico modifica la composición de las proteínas sin influenciar en la cantidad. La conjunción de sequía y estrés por altas temperaturas, además de acelerar desarrollo y disminuir rendimiento; también afectará la calidad. Por otro lado, cuando el grano de trigo recibe agua de lluvia previa a la cosecha, la absorbe, se hincha, y al secarse nuevamente no recobra su tamaño original. Esto provoca fracturas internas que disminuyen la densidad del grano (peso hectolítrico), afectando así el rendimiento molinero.

• Factores de manejo: Fertilización

En términos generales, los nutrientes no alteran el desarrollo sino el crecimiento del cultivo. En el caso particular del nitrógeno, influye positivamente en rendimiento, contenido de proteínas y de otros parámetros de calidad comercial e industrial. La acción de nitrógeno sobre el rendimiento va acompañado de una modificación en la composición bioquímica del grano, variando la proporción de almidón y de proteínas que son los constituyentes principales del grano. En la fase de formación del grano la cantidad de nitrógeno crece rápidamente. Las variedades de elevada calidad panadera presentan una rápida acumulación de nitrógeno en las primeras fases de desarrollo del grano, momento en que se forman las proteínas generadoras de gluten. El momento de aplicación del fertilizante nitrogenado es muy importante en la definición de calidad. El nitrógeno aplicado en siembra generalmente no es suficiente como para incrementar rendimiento y proteínas a la vez. Esto se observa particularmente en los años de altos rendimientos, si la oferta del nitrógeno fue escasa. En situaciones como estas, los porcentajes de proteínas en grano suelen ser bajos, debido a la relación inversa que existe entre rendimiento y proteína, comúnmente llamado “efecto dilución”. Es por ello que se recomienda complementar el aporte de nitrógeno realizado a la siembra, con una nueva fertilización nitrogenada en macollaje, para así poder incrementar rendimiento y proteínas. También se puede realizar una aplicación más tardía aún, cercana a floración. El efecto sobre rendimiento es reducido y actúa sobre el enriquecimiento proteico del grano. Aplicando nitrógeno en este estado (tardío), las sustancias nitrogenadas son acumuladas al final de la maduración y son las formadoras de proteínas solubles (albúminas y globulinas), que tienen una acción secundaria sobre la calidad.

Repasando economía para decidir la fertilización de esta siembra

RELACIÓN ENTRE LOS PRECIOS DEL TRIGO Y DEL FERTILIZANTE

La dosis óptima asociada al mayor rendimiento obtenido en un año no implica que esta sea igual a la de mayor rentabilidad. La dosis óptima económica del N para un cultivo depende de los precios del grano y los del fertilizante. Esta se modifica leve o más intensamente hacia la izquierda según la relación sea menos o más desfavorable.

Las dosis óptimas económicas de la tabla de abajo se obtuvieron considerándose una respuesta simulada del rendimiento de trigo para la zona del oeste de Buenos Aires.

A pesar de la volatilidad de los precios de los granos y de los fertilizantes, ajustar la dosis por cambios de las relaciones de precio entre 3 y 8 tienen un efecto relativamente pequeño en los resultados económicos. El ajuste de la demanda del cultivo y de la dosis de fertilizantes no debería ser más de 5 a 10 kg/ha. Las relaciones históricas del precio del N: Trigo están entre 2 y 12 para el periodo de 2010 a 2015.

8 En la figura 1 que se muestra abajo, la relación entre los valores del trigo y del N de la urea, y del fósforo (como P₂O₅ del DAP),

Tabla 1.

Variación de la dosis óptima económica según las relaciones de precio entre el trigo y el Nitrógeno. A Marzo, el kg de N-Urea es de US \$ 0,85-0,95 /kg.

Trigo (US\$/kg)	Nitrógeno US \$/kg		
	0,75	0,90	1,05
Dosis Óptima Económica kg/ha			
130	55	52	49
150	58	55	52
170	59	57	54

se observa que las relaciones para esta campaña se acercan bastante al promedio de la serie 2010-2015.

ELIGIENDO Y APLICANDO EL FERTILIZANTE NITROGENADO

•Determinando el fertilizante preferido

La urea, y el UAN entre los fertilizantes líquidos, es la forma de más común de uso de nitrógeno en el país, secundariamente el sulfato y el nitrato (calcáreo) de amonio son fuentes alternativas, con ventajas y desventajas.

La urea también puede usarse en solución como fertilizante foliar; aporta 20 kg por cada 100 litros y puede diluirse antes de la aplicación.

Los factores que influyen para decidir la fuente se relacionan al precio, calidad, dificultad para la aplicación, y eficiencia o recuperación del N. La logística de aprovisionamiento, almacenamiento y aplicación tiene una consideración estratégica fundamental a la hora de decidirse por el sólido o el líquido.

En promedio del 20 al 30 % del N de la urea puede perderse en comparación con menos del 5 % del nitrato o sulfato de amonio

Tabla 2.

De la figura 1 se deduce que las relaciones históricas del precio del N: Trigo están alrededor de 6 y 7, kg de trigo por kg de nutriente (Figura 2).

Trigo US \$ /t	Precio de la Urea US\$/t			
	350	390	430	470
Relación Precios N:Trigo				
130	6	7	7	8
150	5	6	6	7
170	4	5	5	6



Figura 1.

Evolución de la relación de precios entre el trigo disponible y el nutriente como fertilizante. (Fuente márgenes Agropecuarios).



según las condiciones ambientales, siendo intermedias para el caso del UAN. Las ineficiencias asociadas al uso de la urea pueden mitigarse aplicándola, en días frescos y húmedos y sobre canopia bien desarrolladas.

•Decidiendo el mejor momento para fertilizar

Las aplicaciones deberían realizarse sincronizando y adaptándolas para que coincidan con las demandas del cultivo. Por lo general, un trigo absorbe el 30% de la demanda total de N hacia el comienzo de la elongación del tallo y el 90% del total hacia la floración. Sin embargo, si la absorción temprana se reduce, la absorción que ocurre después de la floración puede compensarla.

Un buen manejo debe aportar suficiente N para lograr un adecuado macollaje a principios de la primavera, que resulte luego en una rápida absorción por el cultivo desde el comienzo de la extensión del tallo principal. El N aplicado luego de este momento rara vez se lixivia más allá del alcance de las raíces, excepto si hay altas precipitaciones en suelos de texturas muy livianas. Durante el resto del ciclo, el N se mantiene normalmente en la capa superior del suelo. La disponibilidad de

fertilizantes nitrogenados se reduce en las capas superficiales del suelo cuando éstas se secan, pero la absorción de N puede reanudarse después de una lluvia.

•Regulando la maquinaria para aplicar el fertilizante

Debe realizarse la fertilización con cuidado, ajustando el ancho de aplicación según la velocidad de los platos centrífugos y estimando el porcentaje de traslape de las aplicaciones. Estas influirán en la dosis final. No deben realizarse operaciones si hay riesgo de lluvias importantes en el corto plazo para prevenir pérdidas de eficiencia.

REVISANDO EL MANEJO RECIENTE DEL N

La historia de los cultivos previos es esencial para planificar el futuro manejo del N. La tabla de abajo (3) lista los factores a monitorear. Según se ubiquen los tildes debería ajustarse la dosis de la campaña actual. Si el suministro de N del cultivo anterior no equilibró las demandas de N del cultivo, el aporte de N del próximo cultivo se deberá ajustar en consecuencia.●

Tabla 3.

Lista de chequeo de un lote de ejemplo

Usé más o menos N del pretendido	√Menor	Igual	Mayor
Como usé el N comparado con lo indicado en la tabla 2	Menos	√ Igual	Mas
Como están hoy los precios esperados comparados con los presupuestados	Mayor	Igual	√Menor
Intensidad de verde del cultivo en Noviembre	Pálido	√Normal	Oscuro
Infestación de malezas en Noviembre		√Escasa	Mucha
Altura del cultivo y nivel de vuelco	√Bajo	√Sin vuelco	Algo
El rinde de la campaña anterior fue mayor o menor del esperado	Mayor	√Igual	Menor
El nivel de proteína fue ...	√Menor 10%	~ 11%	Más 12%
Como están los otros valores de calidad	√ Bajos	Normal	Altos
Resumen de la posición de los tildes	√		
Diferencia Probable de la dosis optima	Pequeña	Acertada	Alta