

RESPUESTA A NITRÓGENO DE NUEVOS CULTIVARES DE TRIGO

Adriana García Lamothe*

Introducción

El nitrógeno (N) es comúnmente el nutriente más limitante del rendimiento y el de mayor impacto sobre la proteína del grano. El potencial de rendimiento en trigo está asociado a la capacidad de respuesta a N y a la eficiencia del cultivo para usarlo en producir grano.

El rendimiento depende de la cantidad de granos por m² formados que resulta del producto de los siguientes componentes: espigas/m², espiguillas /espiga y granos /espiguilla. El peso de los granos, a diferencia de los componentes anteriores, es poco afectado por el N y muy dependiente de las condiciones ambientales durante el llenado del grano y es, en última instancia, el que permite se concrete el rendimiento potencial.

La respuesta a N responde a diferentes procesos que afectan uno o más componentes del rendimiento. En términos generales todos los componentes pueden beneficiarse con el agregado de N. Una disponibilidad adecuada es esencial para fomentar la producción de macollos y aumentar la proporción de los que llegan a producir espiga, puede favorecer la formación de espiguillas por espiga y el número de granos por espiguilla. Pero como en general el aumento de uno tiende a provocar la caída de otro y viceversa un mismo rendimiento se puede alcanzar por diferentes caminos, resultando difícil establecer el valor óptimo de cada componente.

Entre 1985 y 1993 se condujo en La Estanzuela una línea de investigación con el objetivo de identificar materiales aptos para sistemas de producción intensiva, dada su capacidad de respuesta a N y otros insumos. El cultivar más destacado entonces fue Estanzuela Cardenal, siendo muy significativa la interacción entre la incidencia de enfermedades y la respuesta a N.

Incidencia de Enfermedades

La respuesta a N es muy dependiente de la sanidad del cultivo y la interacción puede ser positiva o negativa según el patógeno. Las royas son favorecidas por niveles altos de N, en cambio la fusariosis es más severa cuando el cultivo tiene deficiencia de N. Pero en general, las enfermedades a hongos acortan la duración del área foliar, limitan la nutrición, y el rendimiento en grano en mayor o menor grado.

Respuesta al N agregado

En la mayoría de los trabajos conducidos en INIA bajo condiciones controladas, (genotipo de alto potencial, fecha de siembra óptima, semilla de buena calidad, control de plagas y enfermedades, etc.) el N aumentó el rendimiento en grano, pero la magnitud del efecto dependió del aporte de N del suelo y las condiciones del año.

*Ing. Agr., MSc., Fertilidad de Suelos y Nutrición de Cultivos, INIA La Estanzuela

Después de la incorporación de residuos de gramíneas o un barbecho prolongado y precipitaciones excesivas se pudo duplicar y hasta triplicar la producción de grano a través del agregado de N, la dosis promedio requerida para obtener el máximo beneficio económico (DOE) fue 180 kg/ha. En cambio cuando praderas de leguminosas precedieron al cultivo, el incremento en rendimiento varió entre 20 y 50 % y el retorno económico por unidad de N fue menor, así como la DOE promedio (26 kg N/ha), pero mayor el potencial obtenido.

En algunos años condiciones ambientales adversas tales como escasez o exceso de agua en el suelo redujeron la disponibilidad del N aplicado siendo la respuesta baja y del tipo lineal. Pero en general la respuesta fue del tipo de incrementos decrecientes, lográndose un aumento en rendimiento por unidad de N progresivamente menor al aumentar la cantidad de N aplicada, hasta que otro factor comenzaba a ser limitante y el cultivo no respondía ya al N. No fue posible establecer la naturaleza de esa restricción, pero en el caso de E. Cardenal no era genética pues el cultivar expresaba un potencial mayor en otras regiones del mundo.

Potenciales de rendimiento

El potencial de rendimiento de trigo en condiciones experimentales, con buena disponibilidad de N llegó a un techo (7 ton/ha) más bajo que el alcanzado en otras áreas productoras de trigo. Este hecho puede ser un indicador de la existencia de limitantes tecnológicas no determinadas. En consecuencia y con el fin de identificarlas, en el 2000 se retomó este tipo de investigación donde se caracteriza la respuesta a N de genotipos nuevos. Se incluyó además otras estrategias de manejo como el uso de nutrientes no tradicionales pues la intensificación de la producción puede resultar en deficiencias poco comunes, pudiendo reducir la respuesta a N y limitar la expresión del potencial genético.

Detectar interacciones positivas del N con otros nutrientes y posteriormente manipularlas permitiría incrementar el rendimiento sin aumentar costos de producción al mejorar la eficiencia de la fertilización, de otros insumos utilizados y de los costos fijos.

El **objetivo** principal de este trabajo es caracterizar la respuesta a N de materiales nuevos surgidos del programa de mejoramiento de INIA lo que permite también establecer su potencial de rendimiento, puesto que se procura optimizar el ambiente mediante un buen manejo agronómico del cultivo. A su vez el trabajo tiene el fin de identificar otras limitantes nutricionales si las hubiera posibles de corregir a través del uso de fertilizantes.

Descripción general de los experimentos

1. Respuesta a N y su interacción con enfermedades

El estudio se instaló sobre un Molisol en La Estanzuela, anteriormente con alfalfa. La siembra fue el 21 de julio pues las condiciones ambientales no lo permitieron antes. La densidad de siembra fue 300 semillas viables/m² con 15 cm entre hileras y las poblaciones obtenidas a fin de agosto oscilaron entre 150 y 250 plantas/m².

“Los resultados de investigación en densidad de siembra han mostrado que el rango óptimo de población en trigo es bastante amplio (100 a 300 pl/m²). En el 2000 se confirmó este resultado con E. Cardenal con la limitante de que no se lograron poblaciones más altas si bien se sembraron hasta 600 sv/m².”

El sitio experimental se mantuvo libre de malezas y otras plagas durante el ciclo de cultivo mediante agroquímicos (Glean, 25 g /ha pre-emergencia y a Z30, Banvel, 200 cc/ha a Z37, Karate para control de lagarta).

Los resultados de laboratorio del muestreo de suelo a la siembra figuran a continuación:

Determinación	valor
PH (H ₂ O)	5.3
MO (%)	3.6
P Bray I (ppm)	22
K meq/100g	0.9
S04 (ppm)	10
Zn (ppm)	0.6
PMN (ppm NH ₄ ⁺)	22
Nitratos a la siembra	11

Se utilizó un **diseño experimental** de parcelas divididas con 4 repeticiones. Las variables estudiadas fueron en este caso el control de enfermedades y la fertilización con N. En la parcela principal se evaluó la protección con fungicida y en las sub-parcelas los niveles de N. El rendimiento en grano se estimó a partir de la cosecha mecánica de 8 m² en parcelas de 16m². Se tuvieron parcelas con E. Cardenal, N no limitante y fungicida, intercaladas entre cultivos a modo de cultivo de referencia.

Se evaluó una línea experimental, la LE2265; INIA Churrinche , e INIA Mirlo.
Los Tratamientos de N fueron:

- 1) control sin N,
- 2) 40 kg de N/ha a la siembra,
- 3) 80 kg de N/ha (40 a la siembra + 40 al inicio del encañado) y
- 4) 120 kg de N/ha (40 a la siembra + 80 al inicio del encañado);

y se basaron en el siguiente criterio:

La dosis a la siembra para todos los tratamientos con N fue fija y se decidió considerando el nitrato en el suelo (11 ppm) y al potencial de mineralización de nitrógeno (22 ppm).

"En base a información generada en INIA por cada 5 ppm debajo de 18 ppm (0-20 cm de prof.de muestreo) es recomendable agregar 20 kg de N/ha. En este caso unos 25-30 kg de N/ha hubiese si suficiente de tener en cuenta el valor de nitrato exclusivamente, pero como el PMN era bajo y regular la preparación de la chacra se decidió aplicar una dosis más alta (40 kg de N/ha)."

En los tratamientos con niveles más altos de N el resto del nutriente se aplicó al inicio del encañado. La cantidad se decidió en base al nivel nutricional de la planta a fin de macollaje pues nitrato en el suelo en ese estado del cultivo es de limitada utilidad.

"Mediante un modelo para trigo en validación con el que se obtiene la DOE a partir del % de N en plantas a Z30, se vio que en I Mirlo para un rendimiento esperado de 5 a 6 ton/ha no era necesario N extra o a lo sumo se debía agregar 25 kg de N/ha. En I. Churrinche la DOE podía variar entre 40 y 60 kg de N/ha. Como para explorar el rendimiento potencial la dosis más alta de N debía asegurar la obtención del máximo físico se aplicó al encañado 40 u 80 kg de N/ha".

La aplicación de fungicida (Swing 1 l/ha/aplicación) fue preventiva y con el fin de controlar manchas foliares y royas. La primera se hizo al embuchado (10/10) y la segunda y última pos-floración (15/11).

Las lecturas de enfermedades en 2 fechas se resumen a continuación:

Cultivar	Manchas foliares (%)		Roya		Fusarium Índice 0 a 4 (*)	
	9/11	22/11	9/11	22/11	9/11	22/11
Fecha						
I.Churrinche sin fung	25	43	0	5MS	0	1
" con fungicida	8	10	0	0	0	1
I. Mirlo sin fung.	18	ND	30S	84S	1	3
"..con fungicida	11	16	0	2MS	1	3
LE 2265 sin fung.	22 (**)	22(**)	0	TMR1	0	1
.."con fungicida	19(**)	17(**)	0	TMR1	0	1
E. Cardenal con fung	17	22	2	5MS	2	3

Fecha de inicio de floración: I.Churrinche-1/11; I.Mirlo y E. Cardenal-25/10; LE2265-3/11.

(*) Fusarium: 0= sin ataque, 1 = ataque leve, 2 = medio, 3 = alto, 4 = muy alto

(**) Manchas aparentemente fisiológicas, no afectadas por los tratamientos con fungicida

ND= no determinada por alta incidencia de roya

Resultados

INIA Churrinche

Componentes del Rendimiento

Tratamientos	Espigas/m2		Espiguillas/Espiga		Granos por espiguilla		Peso de 1000 granos (PMG)	
	sin fung.	con fung	sin fung.	con fung	Sin fung.	Con fung	sin fung.	con fung
N=0	463	467	18.0	17.8	2.23	2.16	36.5	37.3
N=40kg/ha	451	454	18.3	18.1	2.17	2.37	35.7	37.3
N=80 kg/ha	466	472	18.5	17.7	2.24	2.34	35.7	35.8
N=120kg/ha	491	512	18.4	18.9	2.34	2.24	36.3	36.9

Rendimiento en grano y otros parámetros

Tratamientos (T)	Rendimiento Kg/ha		Proteína %		Peso Hectolítrico		Índice de cosecha (IC)	
	sin fung.	con fung	sin fung.	con fung	Sin fung.	Con fung	sin fung.	con fung
N=0	5870	6410	11.5	11.7	85.6	85.1	0.44	0.42
N=40kg/ha	6150	6510	10.8	11.8	85.5	85.5	0.43	0.43
N=80 kg/ha	5900	6940	11.8	12.0	85.2	84.2	0.42	0.42
N=120kg/ha	6100	6700	12.20	12.4	84.9	84.4	0.44	0.41
Promedio T con N	6005	6640	11.6	12.00	85.3	84.8	0.43	0.42

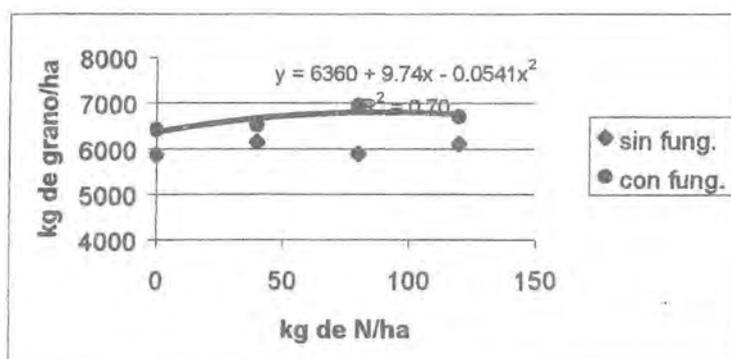


Figura 1. Respuesta a N en I. Churrinche

La ocurrencia de manchas foliares afectó significativamente el rendimiento ($P \leq 0.05$). La doble aplicación de fungicida causó un incremento promedio de 600 kg de grano/ha (11 %).

Aunque no hubo respuesta a N ($P \leq 0.05$) se observó una tendencia del rendimiento a incrementar con dosis crecientes de N cuando se protegió al cultivo (fig.1). El máximo físico calculado en base a esa curva de respuesta fue 6800 kg/ha y se obtuvo con 90 kg de N/ha. Este rendimiento es similar al máximo obtenido con E. Cardenal en décadas pasadas. La dosis para el óptimo económico (DOE) se calculó en 53 kg/ha, un valor alto si se tiene en cuenta al cultivo antecesor (alfalfa) pero que reafirma la muy alta demanda en N de los materiales de alto potencial.

La concentración de **proteína** en el grano se mantuvo a un nivel aceptable especialmente cuando se cuidó la sanidad del cultivo y el N estuvo en exceso. El aumento en rendimiento puede causar una caída en la cantidad y/o calidad de la proteína del trigo pero la nutrición del cultivo juega un rol importante en este sentido. Para que se exprese la superioridad genética de un material comúnmente la disponibilidad de N debe ser adecuada al menos para optimizar su rendimiento.

También el peso de 1000 granos se vio favorecido por el tratamiento con fungicida explicando gran parte la diferencia de rendimiento entre el cultivo sin tratar y el protegido.

En esta línea, a diferencia de lo que se observó en I. Churrinche, no hubo efecto del control de enfermedades sobre el rendimiento, en cambio fue importante el efecto de la fertilización con N ($P \leq 0.05$).

LE 2265

Componentes del Rendimiento

Tratamientos	Espigas/m ²		Espiguillas/espiga		Granos por espiguilla		Peso de 1000 granos (PMG)	
	sin fung.	con fung.	sin fung.	con fung.	Sin fung.	con fung.	sin fung.	con fung.
N=0	445	502	16.6	16.5	1.93	1.82	49.4	48.8
N=40kg/ha	442	485	17.2	16.4	2.03	2.01	48.5	47.2
N=80 kg/ha	496	471	16.2	17.0	1.97	2.03	47.3	49.7
N=120kg/ha	504	490	17.1	17.0	1.89	2.04	48.2	47.8

Rendimiento en grano y otros parámetros

Tratamientos (T)	Rendimiento Kg/ha		Proteína %		Peso Hectolítico		Indice de cosecha (IC)	
	sin fung.	con fung.	sin fung.	con fung.	Sin fung.	con fung.	sin fung.	con fung.
N=0	6580	6500	11.3	11.1	78.7	80.2	0.42	0.41
N=40kg/ha	6860	6780	11.7	11.4	79.1	78.3	0.43	0.43
N=80 kg/ha	6930	7560	11.3	12.0	78.7	79.4	0.41	0.42
N=120kg/ha	7380	7770	11.7	12.0	82.2	79.3	0.41	0.42
Promedio T con N	6940	7150	11.5	11.6	79.7	79.3	0.42	0.42

La respuesta a N fue del tipo lineal (fig.2). Por cada kg de N agregado se logró un incremento de 9 kg de grano. Promediando tratamientos con y sin fungicida el rendimiento más alto se obtuvo con 120 kg de N/ha y fue 7570 kg/ha, 8 % más alto que el potencial alcanzado con E. Cardenal en 1987 y 1992. Aunque el efecto del fungicida no fue significativo con las dosis más altas de N el cultivo protegido rindió más que sin protección alcanzándose un rendimiento de 7770 kg/ha.

El mayor potencial de LE2265 respecto a I. Churrinche estuvo asociado principalmente al mayor peso del grano. El cultivar tuvo una prolongada actividad fotosintetizante permaneciendo "verde" por más tiempo. Debe tenerse presente que el rol de la disponibilidad de agua en el suelo y la temperatura del aire es muy importante en este sentido y ambas fueron muy favorables durante el llenado del grano.

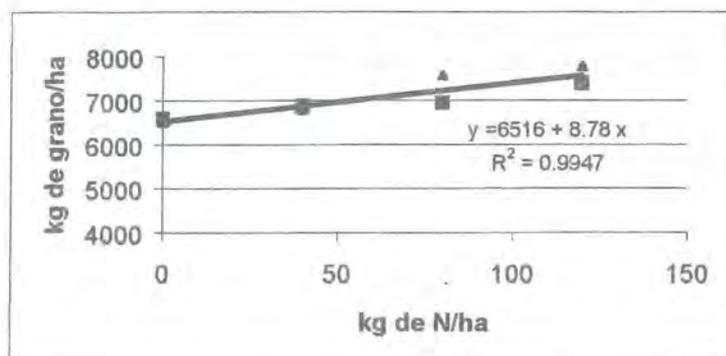


Fig. 2. Respuesta a N en LE2265

Los niveles de proteína obtenidos fueron relativamente bajos pero tendieron a mejorar con la mayor disponibilidad de N, y en promedio alcanzaron el límite de lo aceptable en la norma vigente para trigo pan (11.5%).

INIA Mirlo Componentes del Rendimiento

Tratamientos	Espigas/m ²		Espiguillas/ espiga		Granos por espiguilla		Peso de 1000 granos (PMG)	
	Sin fung.	con fung.	sin fung.	con fung.	Sin fung.	con fung.	Sin fung.	Con fung.
N=0	425	441	18.2	18.2	1.9	1.8	37.2	38.4
N=40kg/ha	448	470	18.6	18.1	1.8	1.9	38.5	37.9
N=80 kg/ha	462	487	18.5	18.2	1.9	1.8	37.6	38.5
N=120kg/ha	476	483	17.9	18.3	1.8	1.8	37.7	38.3

Rendimiento en grano y otros parámetros

Tratamientos (T)	Rendimiento Kg/ha		Proteína %		Peso Hectolítico		Índice de cosecha (IC)	
	sin fung.	con fung.	sin fung.	con fung.	Sin fung.	con fung.	Sin fung.	Con fung.
N=0	4290	5000	13.0	14.0	79.9	79.5	0.40	0.38
N=40kg/ha	4660	5070	13.2	14.5	79.2	79.6	0.40	0.38
N=80 kg/ha	4650	5120	13.9	14.7	80.4	79.2	0.41	0.40
N=120kg/ha	4590	5330	15.5	15.3	80.0	79.3	0.41	0.40
Promedio T con N	4550	5130	13.9	14.6	79.9	79.4	0.41	0.39

En I. Mirlo el control de enfermedades a hongos tuvo efecto significativo sobre el rendimiento en grano ($P \leq 0.05$). El cultivo tratado con fungicida rindió 13 % más que el no tratado (5130 vs 4546 kg/ha). El incremento fue atribuido principalmente a un mejor llenado del grano al prolongarse la duración del área foliar. A su vez este hecho favoreció la acumulación de nitrógeno en el grano.

La respuesta a N no fue estadísticamente significativa pero se observó que las parcelas fertilizadas con N tendieron a rendir más (6%) que el control sin N. Sí bien la escasa o nula respuesta podía deberse a la interferencia de otra limitante nutricional, los datos generados en un experimento adyacente a este, no confirmaron esta hipótesis.

En cambio la escasa respuesta a N y el menor potencial de rendimiento exhibido por I. Mirlo pareció atribuible a problemas sanitarios del cultivo, especialmente manchas foliares y fusarium, ya que la roya fue bien controlada por el fungicida. El ataque de fusarium fue alto en I. Mirlo y E. Cardenal en cambio fue leve en I. Churrinche y la línea experimental evaluada.

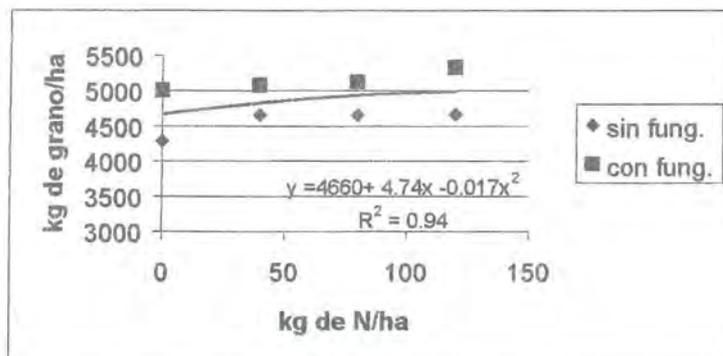


Fig.3 Respuesta a N en I. Mirlo (N.S. a $P \leq 0.05$)

El rendimiento de E. Cardenal fue similar al de I. Mirlo. El peso de mil granos fue 9 % más alto en el primero y en igual porcentaje disminuyó su concentración proteica, en tanto que para los otros parámetros medidos las diferencias no fueron significativas.

E.Cardenal

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Proteína (%)	Peso Hectolítrico	Espigas/m ²	Espiguillas/ espiga	PMG	Indice de cosecha
120 kg N/ha + fung.	5300	14	80.2	550	18.6	41.7	0.41

II. Efecto de las Fertilizaciones con N y otros nutrientes en I. Mirlo

Como se mencionara anteriormente, con el propósito de explorar posibles limitantes nutricionales que pudieran interferir con la respuesta a N y con la expresión del potencial de rendimiento se instaló un experimento en el mismo sitio experimental con:

N no limitante (120 kg/ha, fraccionado 40 kg a la siembra + 80 kg/ha a fin del encañado) y protección con fungicida (Swing, 1 l/ha por aplicación, al embuche y pos-floración), donde se evaluó con un diseño de bloques al azar y 4 repeticiones el efecto sobre el rendimiento en grano de los siguientes **tratamientos**:

1. Control (N no limitante)
2. Azufre (S) 13 kg/ha aplicado a la siembra como sulfato de calcio y Molibdeno (Mo) foliar (Phyto Molidenium, 1.3 l/ha previo a la espigazón)
3. Idem tratamiento 2 + Zinc (20 kg/ha de óxido de Zn aplicado al suelo),
4. Idem tratamiento 2 + Cloruro de potasio (KCl, 75 kg/ha) aplicado a la siembra.
5. Idem tratamiento 2 + fertilizante foliar a base de micronutrientes (Fertilon Combi, 1kg/ha pre-espigazón).

Aunque resultaba poco probable hallar respuesta a azufre con el contenido de sulfato determinado en el suelo (10 ppm), considerando la mala preparación de la sitio igualmente se evaluó una dosis baja del nutriente. El tratamiento se complementó con Mo porque el bajo pH del suelo y la cantidad de urea aplicada podían afectar la disponibilidad de este micronutriente importante en el metabolismo del N.

Se evaluó la respuesta a Zn pues su contenido en el suelo (0.6 ppm) era marginalmente deficiente y en años anteriores con niveles similares e incluso mayores se encontró respuesta al nutriente. Por otro lado, era posible que el Zn fuese insuficiente en etapas iniciales por lo que se aplicó al suelo y a la siembra del cultivo.

El nivel de Potasio (K) en el suelo era alto pero igualmente se evaluó un tratamiento con KCl para verificar si la capacidad de reposición del suelo era suficiente en etapas de muy alta demanda del cultivo.

Por último se estudio el efecto de la aplicación de micronutrientes prefloración para identificar alguna limitante que pudiese afectar la formación de granos como ser una deficiencia de Cobre o Boro.

El contenido de fósforo del suelo se consideró adecuado y no se tomó como variable.

Resultados

Tratamiento	Rendimiento Kg/ha	Proteína (%)	Peso Hectolítrico	Espigas/m ²	Espiguillas/espiga	PMG	Indice de cosecha
1	5330 a	15.3	79.3	485	18.3	38.3	0.40
2	5200 a	15.5	78.7	515	18.9	38.7	0.40
3	5370 a	15.2	78.4	470	18.8	38.5	0.40
4	4980 a	15.5	78.5	540	18.4	38.7	0.38
5	5290 a	15.3	78.7	470	18.6	38.4	0.37

MDS= 516 kg/ha (P ≤0.05)

No hubo diferencia significativa en rendimiento en grano entre los tratamientos evaluados por lo que se concluyó que en el caso de I. Mirlo no fueron otras restricciones nutricionales las que limitaron la respuesta a N y el potencial de rendimiento.

Tampoco los parámetros de calidad como el peso hectolítrico o la proteína se vieron afectados por los tratamientos de fertilización. La alta acumulación de N en el grano se atribuyó a que la disponibilidad del nutriente fue mayor que los requerimientos del cultivo.

III. Respuesta a N en I. Gorrión

El objetivo del experimento fue, además de caracterizar la respuesta a N de este nuevo cultivar de ciclo largo, establecer la estrategia de fertilización óptima para maximizar el rendimiento en grano y mantener la calidad panadera.

Descripción general del experimento

El trabajo se instaló en La Estanzuela en una chacra sembrada con cero laboreo el 24 de mayo sobre pradera de 3 años. Se fertilizó con 65 kg de urea/ha a la siembra. La población obtenida fue de unas 140 pl/m². El experimento se mantuvo libre de malezas mediante la aplicación de Ally al inicio del macollaje (29/6) y Glean a fin del macollaje (7/9). Se aplicó fungicida (SWING, 1 l/ha) el 6/10 al detectarse manchas en hojas basales previo a la aparición de la hoja bandera.

Los datos del análisis del suelo figuran a continuación:

Determinación	Valor
pH (H ₂ O)	5.2
MO (%)	3.4
P Bray I (ppm)	11
K meq/100g	0.7
S04 (ppm)	2
Zn (ppm)	0.6
PMN (mg/kg N-NH ₄)	22
Nitratos al Inicio del macollaje (Z ₂₂)	13

Tratamientos

Combinación factorial (4x4) de:

- Niveles de N al inicio del macollaje (Z₂₂): 0 -30 - 60 y 90 kg de N/ha
- Niveles de N al inicio del encañado (Z₃₁): 0-30-60 y 90 kg de N/ha

Se evaluó un total 16 tratamientos en bloques al azar y 3 repeticiones. El rendimiento se estimó en base a la cosecha mecánica de 8 m² por parcela en parcelas de 16 m².

Resultados

Tratamientos	Dosis de N (kg/ha)	Rendimiento Kg/ha	Proteína (%)	Peso Hectolítrico	Espigas/m ²	Espiguillas/Espiga	PMG	Indice de cosecha
Control	0	4530	10.9	83	547	20.2	34.9	0.35
N Z ₂₂	30	5090	11.1	83	532	20.1	34.5	0.34
	60	4790	10.5	82	607	19.2	34.3	0.34
	90	5243	11.2	83	516	19.9	34.1	0.35
N a Z ₃₀	30	4880	11.1	83	551	20.4	35.0	0.34
	60	5470	10.9	83	522	19.7	36.0	0.35
	90	5680	11.9	83	642	19.7	35.5	0.34

Curva de Respuesta a N a Z₂₂: $Y = 4640 + 6.13x$; $R^2 = 0.56$

Curva de Respuesta a N a Z₃₀: $Y = 4530 + 13.5x$; $R^2 = 0.97$

La respuesta a la fertilización con N a Z₂₂ fue significativa sólo al 10 % de probabilidad, en cambio la respuesta al N a Z₃₁ fue muy significativa ($P \leq 0.01$).

En términos de incremento en grano por unidad de N aplicado la fertilización al encañado fue 100 % más eficiente que al inicio del macollaje (13.5 vs 6.1 kg grano/kg N). El resultado es atribuible al régimen de lluvias durante el macollaje.

Entre 0 a 90 kg de N/ha la respuesta fue del tipo lineal. Los rendimientos más altos se obtuvieron con tratamientos de 120 kg de N/ha o más, con parte del N agregado a Z₂₂ (60-90 kg/ha) y el resto a Z₃₁. El máximo valor se obtuvo con 180 kg de N/ha pero no difirió del obtenido con 150 kg/ha (6200 kg/ha vs. 6000kg/ha). La respuesta en rendimiento estuvo relacionada al aumento en el peso de los granos.

En base a la curva de respuesta a N ajustada para dosis de 0 a 180 kg/ha (figura 4) se calculó la DOE en 166 kg de N/ha. El máximo físico se tomó como el rendimiento obtenido con 180 kg de N/ha para evitar una extrapolación (6200 kg/ha).

En el mismo sitio experimental no se detectó respuesta significativa a otros nutrientes (azufre, K, micronutrientes), pero el potencial de rendimiento pudo estar limitado en parte por problemas sanitarios ya que el fungicida no controló 100 % las manchas foliares y el ataque de fusarium afectó hasta un 10 % de los granos producidos. El contenido de fósforo en los tejidos vegetales estuvo en el límite del valor crítico citado por otros autores.

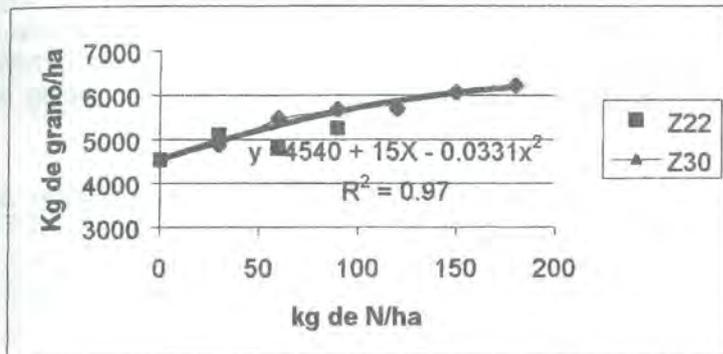


Fig. 4. Respuesta a N en I. Gorrión (LE2245)

Teniendo en cuenta que el cultivo previo fue una pradera de 3 años y a su vez que se fertilizó con N a la siembra (30 kg/ha) puede sorprender la magnitud de la respuesta a N.

El aporte de N del suelo depende de la cantidad y calidad de residuos que deja el cultivo anterior. En este caso aunque se trataba de una pradera ésta estaba engramillada lo que explicaría el bajo PMN (22ppm) y los resultados obtenidos. Por otro lado la SD puede requerir mayor cantidad de fertilizante que el LC sobretodo si las condiciones para el crecimiento del cultivo son buenas y el potencial de rendimiento es alto como en este caso.

La concentración de proteína en el grano fue relativamente baja pero tendió a aumentar con dosis crecientes de N. La aplicación de N al encañado resultó en promedio más beneficiosa que al inicio del macollaje, resultado consistente con el de años anteriores (1998 y 1999). No obstante, en más de la mitad de los tratamientos la proteína no alcanzó al 11.5 %, aparentemente porque sólo las dosis más altas de N satisficieron los requerimientos del cultivo. Los resultados experimentales de los últimos años sugieren que con cero labranza la disponibilidad de N durante el llenado de grano está más comprometida que bajo laboreo convencional lo que resulta en grano con menor concentración proteica si no se ajusta la fertilización.

Comentarios finales

Los dos nuevos cultivares de INIA, Churrinche de ciclo intermedio y Gorrión de ciclo largo demostraron un alto potencial de rendimiento lo que los hace aptos para sistemas de producción intensivos basados en el uso de altas dosis de N. Fue destacado a su vez el comportamiento (rendimiento y sanidad) de la línea experimental LE2265.

Con un cultivo de alto potencial y un buen manejo agronómico del mismo la fertilización con N es una práctica económicamente rentable.

El diagnóstico foliar a Z30 utilizado para definir la dosis de N a aplicar resultó útil aunque con la limitante ya conocida de poder predecir el rendimiento futuro, problema que disminuye cuanto mayor es la cantidad de variables de manejo que se controlan y si es conocido el potencial genético del cultivar.

En los materiales evaluados si la fertilización con N es adecuada la concentración de proteína del grano alcanza valores aceptables.