

VARIABILIDAD EN LA RESPUESTA A NUTRICION EN CULTIVARES DE TRIGO Y CEBADA CERVECERA

Gustavo N. Ferraris¹, Leandro Ortis², Luis María Arias Usandivaras³

Palabras clave: Interacción fertilización x genética, curvas de dilución, rendimiento, calidad, fósforo, nitrógeno.

Durante la campaña 2018 se condujo un experimento de campo donde se evaluó la respuesta a diferentes planteos de nutrición en nueve cultivares de trigo y uno de cebada cervecera. Se compararon dosis y momentos de aplicación de nitrógeno (N) y fósforo (P), los cuales afectaron el rendimiento y la concentración de proteína de manera diferencial entre genotipos. Respecto de N, algunos cultivares particionan mayormente a rendimiento, otros a acumular proteína en grano, mientras que un tercer grupo logró un aceptable balance rendimiento-calidad, ajustado a curvas de dilución. La mejora de la fertilización disminuyó el efecto varietal sobre la proteína, asegurando un standard de calidad. El P por su parte presentó un claro aporte a rendimiento.

INTRODUCCION

En la Región Pampeana Argentina, el trigo es el cultivo de invierno que ocupa la mayor superficie con 6,37 millones de ha y 18,7 millones de toneladas producidas durante la campaña 2017/18 (Fuente: Bolsa de Comercio de Rosario). El cultivo ha presentado un notable avance en genética, acompañado por un intensivo uso de tecnología, destacando entre los principales a la fertilización. No obstante la detección de carencias de meso y micronutrientes como azufre o zinc, nitrógeno (N) y fósforo (P) continúan siendo los principales.

En la Región Pampeana existe abundante información para la elección de cultivares de trigo según se priorice rendimiento, calidad o sanidad. Esta información es generada a través de una red oficial sistematizada por INASE (ROET, 2019), bien complementada por un importante número de experimentos regionales. Sin embargo, poco se conoce de la interacción entre genética y nivel tecnológico. Battenfield, *et al.*, (2018) demostraron que existe respuesta diferencial a la fertilización según genotipo. Esto fue señalado en la región Norte de Buenos Aires por Ferraris y Arias Usandivaras (2018). La fertilización fosforada a su vez interactúa con la respuesta a N. La deficiencia de P reduce la eficiencia de uso de N. Al afectar la absorción total del nutriente, podría reducir el rendimiento pero también la concentración de proteína en grano (Ferraris *et al.*, 2017).

El objetivo de esta investigación fue 1. Evaluar el comportamiento de diferentes cultivares de trigo pan y cebada cervecera en rendimiento y concentración de proteína como respuesta a la implementación de diferentes estrategias de fertilización con NP, y 2. Analizar la interacción fertilización x genotipo.

MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo 2018, se condujo en la EEA INTA Pergamino un experimento de campo donde se evaluó la respuesta de cultivares de trigo y cebada a niveles crecientes y secuenciales de fertilización. Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con 2 repeticiones, tratamientos en arreglo factorial completo de dos variables: Fertilización (4 niveles) y Genotipo (10 niveles) resultando el diseño en 40 tratamientos. Las fuentes utilizadas fueron superfosfato triple de calcio (SPT) (0-20-0), Urea granulada (UG)(46-0-0) y Basfoliar Top N (BFTN) (27-11-16, δ 1,25). Todos los tratamientos recibieron 20 kgS ha⁻¹ como Sulfato de Calcio.

Los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 1. Por su parte, los análisis de suelo en la Tabla 2.

Durante el ciclo se registraron detecciones de royas, en su variedad estriada y de la hoja, lo mismo que manchas foliares, todas en baja severidad. Para evitar que afectaran los rendimientos, se realizaron dos aplicaciones de fungicidas durante el ciclo, cuando la mayoría de los cultivares se encontraban en los estados de Zadoks 32

1- Manejo de cultivos INTA EEA Pergamino. Av Pte. Dr. Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

2- Asociación de Cooperativas Argentinas SCL 3- Lares SRL

* ferraris.gustavo@inta.gob.ar



Tabla 1. Cultivares y tratamientos de fertilización evaluados en el experimento. (s): aplicación de fertilizante a la siembra. (m): aplicación de fertilizante en macollaje. (hb): aplicación de fertilizante en hoja bandera.

Cultivares	Fertilización
DM Algarrobo	T1: SPT 100 kg ha ⁻¹ (s) UG 120 kg ha ⁻¹ (s)
Bioceres Basilio	T2: SPT 100 kg ha ⁻¹ (s) UG 120 kg ha ⁻¹ (s)
Baguette 680	UG 120 kg ha ⁻¹ (m)
SY 120	T3: SPT 100 kg ha ⁻¹ (s) UG 120 kg ha ⁻¹ (s)
ACA 602	UG 120 kg ha ⁻¹ (s)
ACA 909	BFTN 28 l ha ⁻¹ (hb)
DM Ñandubay	T4: SPT 200 kg ha ⁻¹ (s) UG 120 kg ha ⁻¹ (s)
DM Ceibo	UG 120 kg ha ⁻¹ (m)
Klein Minerva	BFTN 28 l ha ⁻¹ (hb)
Andreia	

Tabla 2. Datos de suelo al momento de la siembra

Profundidad	pH	Materia Orgánica	P-disp.	N-Nitratos 0-20 cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm	Zn	Agua Util 0-150 cm
cm	agua 1:2,5	%	ppm	ppm	kg ha ⁻¹	ppm	ppm	mm
0-20 cm	5,9	3,05	10,6	7,7	41,1	8,0	0,80	145
20-40 cm				4,6		7,8		
40-60 cm				3,5				

y 65 (Zadoks *et al.*, 1974), combinando principios activos del grupo de las estrubilurinas, triazoles y carboxamidas La cosecha se realizó en forma mecánica, mediante una cosechadora experimental de parcelas. La concentración de proteína se determinó mediante espectrometría de infrarrojo cercano (NIRS), a partir de una muestra compuesta por submuestras provenientes de ambas repeticiones. Los resultados se analizaron mediante análisis de la varianza, considerando los efectos de cultivar, fertilización y la interacción cultivar x fertilización.

RESULTADOS Y DISCUSION

A la siembra, el perfil se encontraba con un nivel de almacenaje medio, resultado de un verano seco pero un abril con frecuentes e intensas precipitaciones. Durante el invierno y las primaveras los registros fueron escasos (Figura 1), y la disponibilidad hídrica afectó los rendimientos. Se registró una helada suave la madrugada del 2-October, que no afectó las espigas en forma visible, aunque podría haberlo hecho de manera subclínica.

En la Tabla 3 se presenta el análisis estadístico para rendimiento. Se determinó efecto signi-

ficativo para rendimiento de Cultivar y Fertilización ($P < 0,0001$), pero no interacción estadística ($P > 0,10$) entre ambos factores (Tabla 3).

En las Tablas 5 y 6 se presentan los rendimientos de las diferentes combinaciones cultivar – fertilización. Las variedades Andreia, DM Ceibo, Buck Cambá, SY 120, DM Ñandubay y DM Algarrobo compartieron el grupo de mayor rendimiento, seguidos de cerca en un segundo grupo por ACA 602. Los valores de concentración de proteína fueron satisfactorios en todos los cultivares. En orden de jerarquía, se destacaron ACA 602 y Klein Minerva (13,4%) alcanzando la concentración su-

Tabla 3. Análisis de la varianza para el rendimiento de grano (kg/ha) analizando el efecto de Genotipo, Fertilización y la interacción Genotipo x Fertilización. Pergamino, campaña 2018/19.

Efecto	P=
Cultivar	<0,0001
Fertilización	<0,0002
Cultivar x fertilización	0,74
CV (%)	15,5

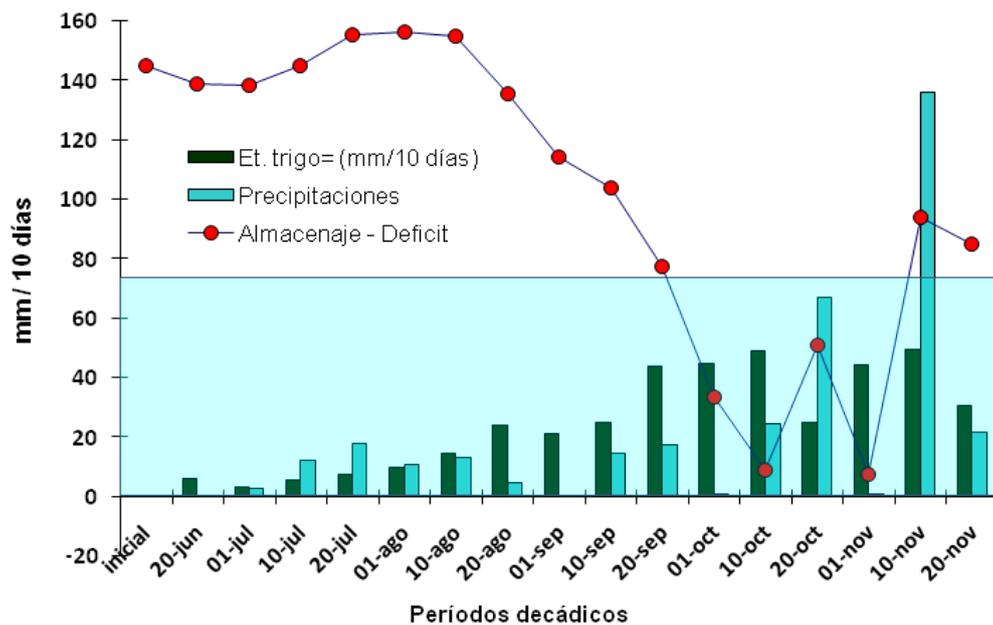


Figura 1. Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos). Cuando el almacenaje cae dentro del área celeste, la demanda del cultivo podría no ser abastecida completamente, generando un déficit de evapotranspiración. Valores acumulados cada 10 días en mm. Trigo, EEA Pergamino, año 2018. Agua útil inicial (150 cm) 145 mm. Precipitaciones totales durante el ciclo 345 mm.

perior, luego Buck Cambá (12,7 %), SY 120 (12,5 %), Bioceres Basilio (12,5 %), Baguette 680 (12,4 %) y DM Ñandubay (12,4 %). El coeficiente de variación de la concentración de proteína fue superior en T1 (7,6 %). Esto significa que ante escasa fertilización, el efecto varietal sobre la proteína se acentúa (Tabla 5). La variedad de cebada Andreia registró la proteína mínima, y la sensibilidad (CV) máxima frente a cambios en la fertilización (Tabla 5). Aquellas variedades con menor CV serían

más estables ante escasa fertilización nitrogenada o altos niveles de dilución. La variabilidad de respuesta a la fertilización entre genotipos fue reportada anteriormente por Ferraris y Arias Usandivaras (2018). Wang *et al.*, (2018) mencionan asimismo interacción entre fertilización nitrogenada y eficiencia de uso de agua, y variabilidad genética para ambos factores.

En promedio de todos los cultivares, cada mejo-

Tabla 4. Rendimiento de cultivares de trigo/cebada según tratamiento de fertilización. Pergamino, campaña 2018/19.

	Rendimientos (kg ha ⁻¹)				Promedio Variedad
	T1	T2	T3	T4	
DM Algarrobo	4087	4721	4260	5736	4701 abc
Bioceres Basilio	3183	3798	3519	6250	4187 cd
Baguette 680	2370	3620	3264	5231	3621 d
SY 120	3957	5135	4606	6058	4939 ab
ACA 602	4154	5163	4144	5106	4642 bc
ACA 909	3615	4404	3779	4846	4161 cd
DM Ñandubay	4135	5159	4389	6048	4933 ab
DM Ceibo	4351	5399	5048	5649	5112 ab
Klein Minerva	3250	3851	4034	4875	4002 cd
Andreia	4466	5317	5034	6827	5411 a
Buck Cambá	3692	6423	4192	5488	4949 ab
Promedio fertilizante	3751 d	4817 b	4206 c	5647 a	

Tabla 5. Concentración de proteína en grano de diferentes cultivares según tratamientos de fertilización. Pergamino, campaña 2018/19.

	Proteína (%)				Promedio Variedad	CV (%)
	T1	T2	T3	T4		
DM Algarrobo	11,4	12,7	11,8	11,8	11,9	4,3
Bioceres Basilio	12,1	12,9	12,4	12,7	12,5	3,0
Baguette 680	12,0	12,8	12,4	12,3	12,4	2,6
SY 120	12,4	12,8	12,1	12,8	12,5	2,7
ACA 602	12,9	13,4	13,6	13,7	13,4	2,7
ACA 909	11,8	12,3	12,4	12,7	12,3	3,3
DM Ñandubay	12,0	12,4	12,5	12,6	12,4	2,0
DM Ceibo	10,7	11,3	10,9	11,3	11,0	2,6
Klein Minerva	13,6	14,1	13,0	13,1	13,4	3,7
Andreia	10,4	11,8	11,0	11,1	11,1	5,2
Buck Cambá	12,4	12,0	13,2	13,0	12,7	4,3
Promedio fert	12,0	12,6	12,3	12,5		
CV (%)	7,6	6,1	6,8	6,3		

ra en la fertilización significó un salto significativo en los rendimientos. El rendimiento medio del tratamiento base estuvo muy por debajo del potencial de la genética y el sitio (Tabla 4). Fue muy destacado el incremento para el tratamiento T2, que consideró refertilización con N60, incrementando la productividad en 1066 kg ha⁻¹ de rendimiento (Tabla 4) y 0,6 % de proteína (Tabla 5). Esto significa una eficiencia de 17,7 kg grano : kgN⁻¹. La aplicación tardía de N (T3) impactó en rendimien-

to subiéndolo en 455 kg ha⁻¹ y 0,3 % en proteína (Tabla 5). Finalmente, el tratamiento completo (T4) evidencia una fuerte interacción positiva NxP sobre rendimiento y calidad. El diferencial sobre T1 alcanzó a 1896 kg ha⁻¹ y 0,5 % de proteína. Se sugiere que no sólo el N, sino principalmente también el P originaría este comportamiento. Duplicar la aplicación de P habría incrementado la eficiencia agronómica de uso de N (EaUN), determinada a través del incremento de rendimiento por unidad

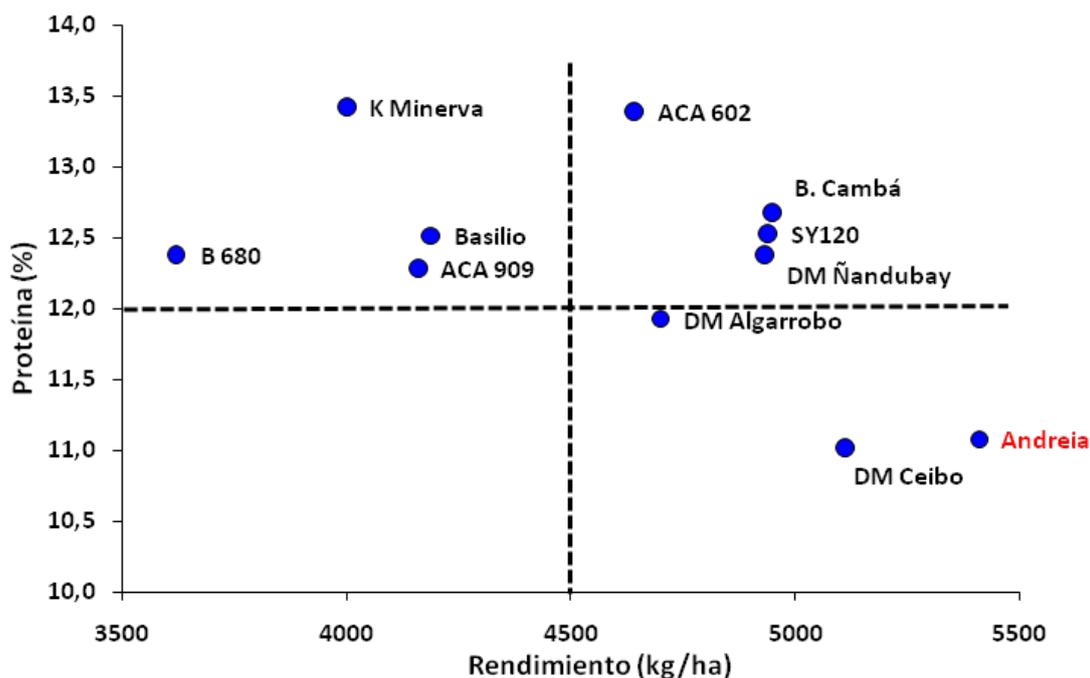


Figura 2. Relación entre concentración de proteína (%) y rendimiento (kg ha⁻¹), promedio de 4 tratamientos de fertilización. EEA Pergamino, año 2018/19.

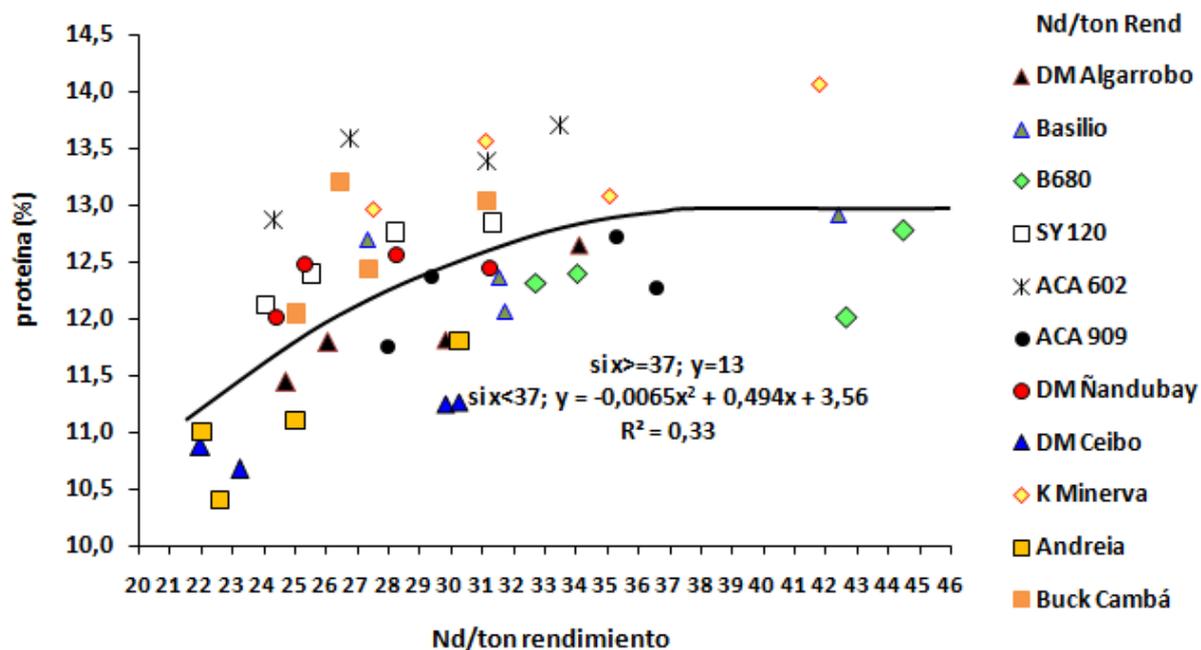


Figura 3. Relación entre concentración de proteína (%) y Nitrógeno disponible por tonelada de rendimiento co-sechado ($Nd \text{ ton}^{-1}$), promedio de 4 tratamientos de fertilización. Cada punto es promedio de dos repeticiones. EEA Pergamino, año 2018/19.

adicional de N aplicado. Esto fue mencionado por Ferraris *et al.*, (2017), sobre un experimento de larga duración consistente en diferentes aplicaciones de P prolongadas a través del tiempo.

Las variedades podrían ordenarse de acuerdo a su tendencia a privilegiar rendimiento o la acumulación de proteína. El primer grupo lo representa en su máxima expresión la cebada y variedades como DM Ceibo, mientras que el comportamiento opuesto correspondería a Klein Minerva, y en menor medida Baguette 680, ACA 909 o Bioceres Basilio (Figura 2). Por su parte, ACA 602, Buck Cambá, SY 120 y DM Ñandubay presentaron un comportamiento equilibrado, propio de las variedades con alta sensibilidad a manejo de la fertilización en rendimiento y calidad.

La concentración de proteína respondió a la relación Nd/ton rendimiento, ajustando a una función cuadrática – plateau (Figura 3). De acuerdo con la ecuación ajustada, si esta relación toma un valor igual o superior a 37, la concentración de proteína alcanzó un 13 %. En cambio, si la relación alcanzó un valor inferior a 37, la proteína disminuyó en forma cuadrática pero siempre en valores satisfactorios (Figura 3). Ciertas variedades muestran una mayor partición a proteína y se posicionan sobre la curva de tendencia i.e. ACA 602, Klein Minerva. Otras presentan tendencia a la dilución, siempre por debajo de la función general i.e. Cebada Andreia, DM Ceibo. Finalmente, otras se alinean con buen ajuste a la curva de dilución siendo las más sensibles a manejo, como SY 120, DM Algarrobo,

Buck Cambá o DM Ñandubay (Figura 3).

CONCLUSIONES

Se determinaron rendimientos acotados, propios de un año con restricciones hídricas. Sin embargo, esto permitió una buena acumulación de N y proteína en grano.

Los sistemas actuales se muestran limitados en NP, mostrando una considerable respuesta al incremento de dosis pero posiblemente también al momento de aplicación. Un correcto ajuste de dosis de NP, aplicado de manera secuenciada durante ciclo, pareciera la estrategia recomendable para balancear rendimiento y calidad.

La concentración de proteína ajustó a una función de dilución, permitiendo construir un modelo general. Por su parte, los cultivares evidenciaron cambios en los niveles de partición, priorizando rendimiento o calidad, y diferentes grados de ajuste a la función de dilución general. El experimento demuestra que es posible elegir variedades con buen comportamiento en rendimiento y concentración de proteína, pero estas son las más sensibles a un manejo ajustado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean al Lic Mauro Meier del Laboratorio de Biotecnología y a Pablo Pérez del grupo de Investigación y Desarrollo de Trigo, del Criadero de semillas de ACA, Asociación de Cooperativas Argentinas, por los análisis de proteína realizados.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

Battenfield, S. D., Guzmán, C., Gaynor, R. C., Singh, R. P., Peña, R. J., Dreisigacker, S., ... & Poland, J. A. (2016). Genomic selection for processing and end-use quality traits in the CIMMYT spring bread wheat breeding program. *The plant genome*, 9(2).

Ferraris, G. N., & Arias Usandivaras, L. M. 2018. Respuesta diferencial a estrategias de nutrición en cultivares de trigo y cebada cervecera. *Revista de Tecnología Agropecuaria*. INTA EEA Pergamino. Vol 10, N°36

Ferraris, G.N, M. Toribio, R. Falconi y F. Moriones. 2017. Estrategias de fertilización: efectos sobre rendi-

mientos, balance de nutrientes y fertilidad de los suelos. *ACTAS Resumen de Talleres. XXIV Congreso AAPRESID 2017. "Kairos"* . Rosario, 1 a 4 de Agosto de 2017.

ROET. 2019. Red oficial de ensayos territoriales de Trigo. INASE. Disponible on line: <https://www.argentina.gob.ar/inase/red-de-ensayos-comparativos-de-variedades-de-trigo/campana-20182019>.

Wang, L., Palta, J. A., Chen, W., Chen, Y., & Deng, X. 2018. Nitrogen fertilization improved water-use efficiency of winter wheat through increasing water use during vegetative rather than grain filling. *Agricultural Water Management*, 197, 41-53. <<



DECARGAR ARTÍCULO

