

RESPUESTA DIFERENCIAL A ESTRATEGIAS DE NUTRICION EN CULTIVARES DE TRIGO Y CEBADA CERVECERA

Gustavo N. Ferraris¹, Luis María Arias Usandivaras²

Palabras clave: Interacción Fertilización x Genética, rendimiento, calidad, fósforo, nitrógeno.

Durante la campaña 2017 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 modificaron dosis y momentos de aplicación de nitrógeno y fósforo, los cuales afectaron el rendimiento y la concentración de proteína de manera diferencial entre genotipos. Algunos cultivares lograron un aceptable balance rendimiento-calidad. La mejora de la fertilización disminuyó el efecto varietal sobre la proteína, asegurando un standard de calidad. Un correcto ajuste de dosis, aplicado de manera secuencial en el ciclo, pareciera la estrategia recomendable para balancear ambos factores.

INTRODUCCION

En la Región Pampeana Argentina, el trigo es el cultivo de invierno que ocupa la mayor superficie con 5,43 millones de has y 17,5 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, 2018), bien complementada por un importante número de experimentos regionales. Sin embargo, poco se conoce de la interacción entre genética y nivel tecnológico. Wang *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 Mousegne (2008). 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 2017, 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 así 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 registró presencia de diversas

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

2- Llares 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) |
| ACA 360 | T2: SPT 100 kg ha ⁻¹ (s) |
| Baguette 750 | UG 120 kg ha ⁻¹ (s) |
| SY 120 | UG 120 kg ha ⁻¹ (m) |
| Buck Saeta | T3: SPT 100 kg ha ⁻¹ (s) |
| ACA 908 | UG 120 kg ha ⁻¹ (s) |
| MS INTA 415 | BFTN 28 l ha ⁻¹ (hb) |
| DM Ceibo | T4: SPT 200 kg ha ⁻¹ (s) |
| MS INTA 615 | UG 120 kg ha ⁻¹ (s) |
| Cebada Traveller | UG 120 kg ha ⁻¹ (m) BFTN 28 l ha ⁻¹ (hb) |

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 | 5,8 | 3,14 | 21,6 | 10,3 | 59,0 | 6,1 | 1,01 | 160 |
| 20-40 cm | | | | 8,3 | | 5,5 | | |
| 40-60 cm | | | | 4,1 | | | | |

enfermedades, especialmente Royas, en su variedad estriada, de la hoja y del tallo, con incidencia y severidad variable según el cultivar. Para eliminar este efecto, se realizaron tres aplicaciones de fungicidas durante el ciclo, en los estados de Zadoks 32, 60 y 75 (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). Los resultados se analizaron mediante partición de varianza, analizando los efectos de cultivar, fertilización y la interacción cultivar x fertilización.

RESULTADOS Y DISCUSION

A la siembra, el perfil se encontraba con un buen nivel de almacenaje, a causa de un ciclo húmedo durante la campaña anterior. Luego de una salida de invierno con moderadas precipitaciones, durante la primavera los registros disminuyeron (Figura 1). Las precipitaciones fueron ajustadas, pero la reserva abundante. No se observó déficit

de evapotranspiración durante todo el ciclo (Figura 1). El cociente fototermal alcanzó niveles intermedios (Figura 2).

En la Tabla 3 se presenta el análisis estadístico para rendimiento. Los rendimientos fueron muy elevados, como consecuencia de un favorable año climático donde se destaca la excelente reserva de agua acumulada en el perfil al momento de sembrar el cultivo. Se determinó efecto significativo para rendimiento de Cultivar y Fertilización ($P < 0,0001$), pero no interacción estadística ($P > 0,10$) entre ambos factores (Tabla 3).

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 2017/18.

| Efecto | P= |
|--------------------------|---------|
| Cultivar | <0,0001 |
| Fertilización | <0,0001 |
| Cultivar x fertilización | 0,8597 |
| CV (%) | 9,81 |

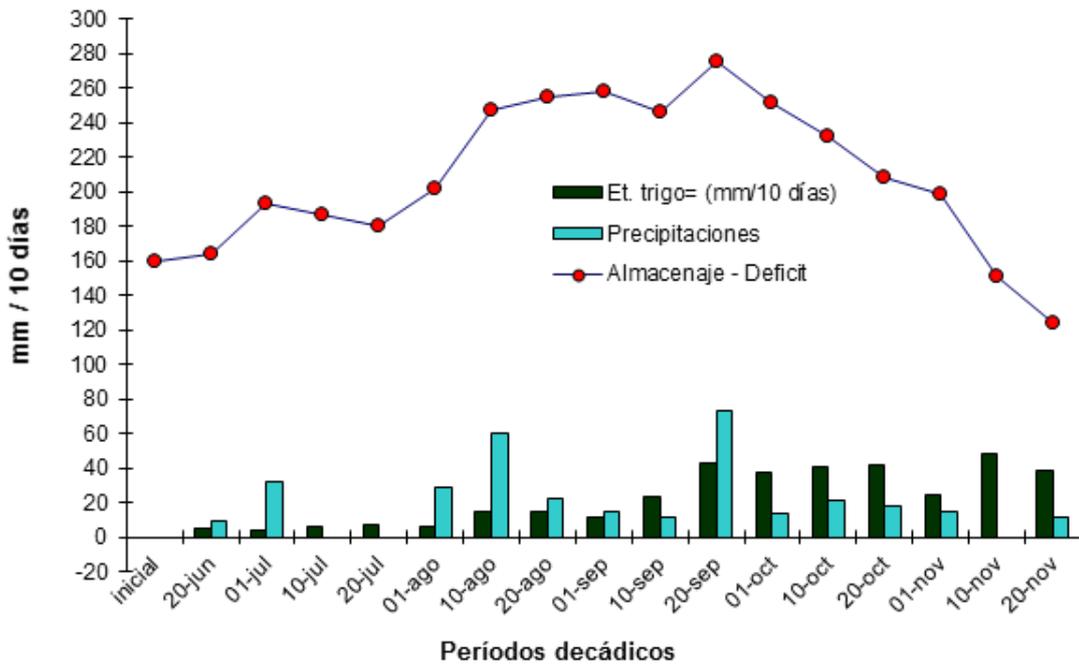


Figura 1. Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico, expresados como lámina de agua útil (valores positivos) o déficit de evapotranspiración (valores negativos). Cuando el almacenaje cae dentro del área celeste, la demanda del cultivo podría no ser abastecida completamente, generando un déficit de evapotranspiración. Valores acumulados cada 10 días en mm. Trigo, EEA Pergamino, año 2017. Agua útil inicial (150 cm) 160 mm. Precipitaciones totales durante el ciclo 333,1 mm.

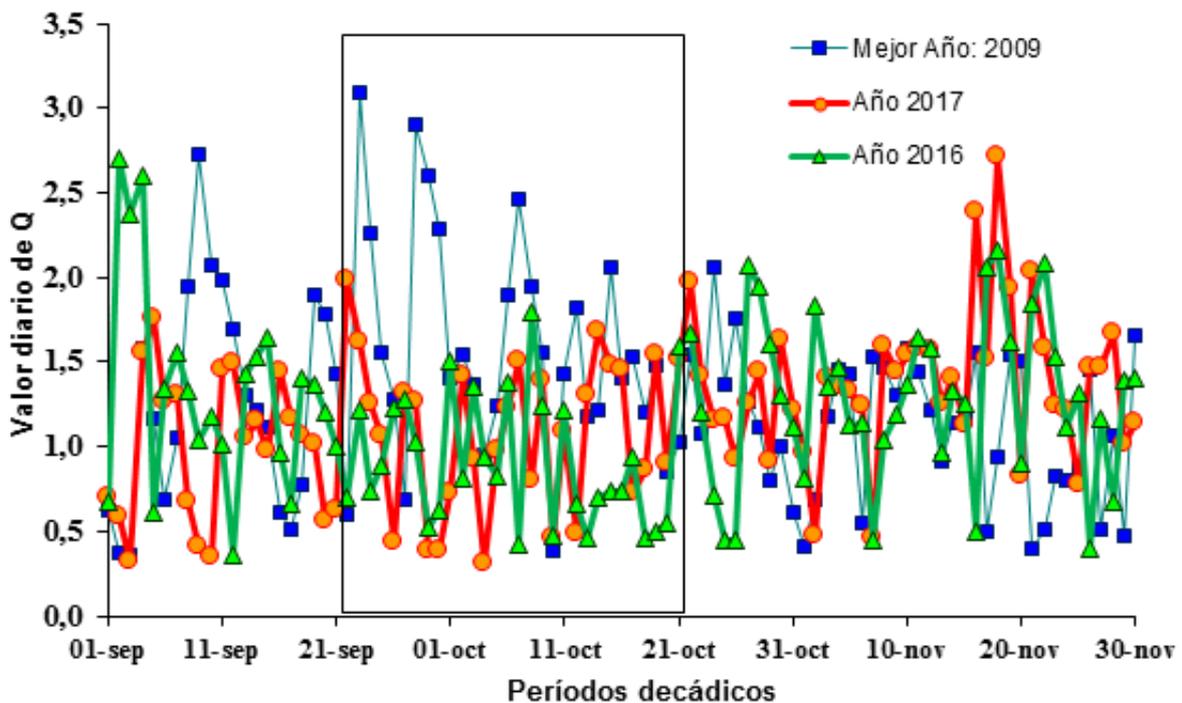


Figura 2. Cociente fototermal (Q) en el período comprendido entre el 1-septiembre y 30-noviembre de 2017, y su comparación con el año anterior y el mejor año de la última década. Datos estación meteorológica INTA Pergamino. Año 2017.

En las Tablas 5 y 6 se presentan los rendimientos de las diferentes combinaciones cultivar – fertilización. Dos variedades, Buck SY 120 y DM Ceibo compartieron el mayor rendimiento, seguidos de cerca por Baguette 750, ACA 360 y DM Algarrobo. En cuanto a la concentración de proteína, ACA 908 alcanzó el valor máximo seguida por ACA 360. Ambas presentaron escasa variabilidad entre tratamientos de fertilización (CV 2,2 %)(Tabla 5), mostrando una amplia estabilidad. ACA 360 evidenció un buen equilibrio entre rendimiento (puesto 5) y proteína (puesto 2). Otras en cambio se destacaron sólo en rendimiento, como Baguette 750: puesto 3 en rendimiento, puesto 10 en calidad, con una elevada sensibilidad a manejo (coeficiente de variación). En cambio, algunas variedades sobresalieron únicamente en calidad. Este es el caso de ACA 908, puesto 1 en proteína siendo muy superior al resto y estable frente al manejo, puesto 9 en rendimiento. La cebada cervicera cv Traveller expresó un rendimiento intermedio y proteína inferior al trigo. Como tendencia central, las variedades de mayor contenido proteico fueron menos afectadas por el manejo, presentando bajos coeficientes de variación entre diferentes tratamientos de fertilización (Tabla 5). Por otra parte, la variabilidad en rendimiento y concentración de proteína entre variedades fue superior en el tratamiento de baja fertilización, y tendió a uniformar cuando la nutrición mejoró. La variabilidad de respuesta a la fertilización entre genotipos fue reportada anteriormente por Ferraris y Mosegne (2008). Wang *et al.*, (2016) mencionan asimismo interacción entre fertilización nitrogenada y efi-

ciencia de uso de agua, y variabilidad genética para ambos factores.

Respecto de los tratamientos de fertilización, se visualizó un comportamiento muy interesante. El rendimiento medio fue muy elevado para el tratamiento base (T1), considerando la escasa fertilización recibida (Tabla 1) y la moderada fertilidad del sitio (Tabla 2). El tratamiento T2, que consideró refertilización, incrementó la productividad en forma significativa (Tabla 4), alcanzando 608 kg ha⁻¹ de rendimiento y 0,8 % de proteína adicionales (Tabla 5). La aplicación tardía de N (T3) impactó en rendimiento incrementándolo en 319,6 kg ha⁻¹, pero no en la calidad (Tabla 5). Finalmente, el tratamiento completo (T4) evidencia una fuerte interacción positiva NxP sobre rendimiento y calidad. El diferencial sobre T1 alcanzó a 1088,1 kg ha⁻¹ y 0,9 % de proteína. Se sugiere que no sólo el N, sino también el P causaron 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 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. Por otra parte, los CV entre variedades fueron máximos con baja fertilización (T1: CV= 8,8 y 7,9 % para trigo sólo y trigo + cebada, respectivamente) expresando al máximo el efecto varietal (Tabla 5). El incremento en los niveles de fertilización tendió a disminuir la variabilidad entre cultivares, especialmente cuando se realizaron aplicaciones en macollaje.

Tabla 4. Rendimiento de cultivares de trigo/cebada según tratamiento de fertilización. Pergamino, campaña 2017/18.

| | Rendimientos (kg ha ⁻¹) | | | | Promedio Variedad |
|----------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|-----------------|-------------------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | |
| DM Algarrobo | 5882,4 | 6544,1 | 6205,9 | 7088,2 | 6430,1 BC |
| ACA 360 | 6060,5 | 6264,5 | 6613,0 | 6802,0 | 6435,0 BC |
| Baguette 750 | 5897,5 | 6226,5 | 7092,0 | 6537,0 | 6438,3 BC |
| SY 120 | 6330,4 | 7338,2 | 6518,4 | 8102,9 | 7072,5 A |
| Buck Saeta | 5926,5 | 6187,5 | 5702,2 | 7022,1 | 6209,6 CD |
| ACA 908 | 5352,9 | 5161,8 | 5187,5 | 6161,8 | 5466,0 E |
| MS INTA 415 | 5834,6 | 6591,9 | 5944,9 | 7018,4 | 6347,4 C |
| DM Ceibo | 6301,5 | 7143,4 | 6507,4 | 8000,0 | 6988,1 AB |
| MS INTA 615 | 4683,8 | 6106,6 | 5125,0 | 5650,7 | 5391,5 E |
| Cebada Traveller | 5162,0 | 5952,5 | 5731,5 | 5930,0 | 5694,0 DE |
| Promedio fert | 5743,2 C | 6351,7 B | 6062,8 BC | 6831,3 A | |

Tabla 5. Concentración de proteína en grano de diferentes cultivares según tratamientos de fertilización. Pergamino, campaña 2017/18.

| | Proteína (%) | | | | Promedio Variedad | CV (%) |
|-----------------------|--------------|------|------|------|-------------------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | T4 | | |
| DM Algarrobo | 9,6 | 10,4 | 9,5 | 10,8 | 10,1 | 4,0 |
| ACA 360 | 11,1 | 10,6 | 11,1 | 11,8 | 11,1 | 2,2 |
| Baguette 750 | 8,8 | 10,6 | 8,7 | 9,8 | 9,5 | 8,2 |
| SY 120 | 10,1 | 10,9 | 9,7 | 10,1 | 10,2 | 2,4 |
| Buck Saeta | 9,6 | 11,2 | 9,6 | 11,2 | 10,4 | 7,9 |
| ACA 908 | 11,6 | 12,4 | 11,4 | 12,4 | 12,0 | 2,2 |
| MS INTA 415 | 10,2 | 10,9 | 9,9 | 11,3 | 10,6 | 3,9 |
| DM Ceibo | 9,2 | 10,6 | 9,5 | 10,8 | 10,0 | 5,8 |
| MS INTA 615 | 9,4 | 9,9 | 9,0 | 10,1 | 9,6 | 2,4 |
| Cebada Traveller | 9,2 | 9,4 | 10 | 9,9 | 9,6 | 2,0 |
| Promedio fert | 10,0 | 10,8 | 9,8 | 10,9 | | |
| Promedio (con cebcer) | 9,9 | 10,7 | 9,8 | 10,8 | | |
| CV (%) (sin cebada) | 8,8 | 3,7 | 8,1 | 6,6 | | |
| CV (%) (con cebada) | 7,9 | 5,8 | 7,2 | 7,0 | | |

CONCLUSIONES

La información presentada evidencia el avance tecnológico del cultivo en la región, alcanzando niveles de productividad muy destacados con una alta eficiencia en el uso de los recursos. Los sistemas actuales se muestran limitados en NP, demostrando interacción positiva ante un uso balanceado. Resultaron estratégicas las dosis pero también el momento de aplicación, con un fuerte impacto de la refertilización en macollaje (T2). Un correcto ajuste de dosis de NP, aplicado de manera secuenciada durante ciclo, pareciera la estrategia recomendable para balancear rendimiento y calidad.

La mejora de la fertilización disminuyó el efecto varietal sobre la proteína, asegurando un standard de calidad. Los cultivares mostraron cambios en los niveles de partición, priorizando rendimiento o calidad según la variedad considerada. El estudio de la interacción cultivar x fertilización resulta agrónomicamente relevante, para elegir una combinación de genética y nivel de insumos adecuados, en función del resultado esperado.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Laboratorio de Biotecnología del Criadero de semillas de ACA, Asociación de Cooperativas Argentinas, y al Ing Agr (MSc) Leandro Ortis 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. y Mousegne F. (eds.). 2008. Efecto de diferentes estrategias de fertilización sobre el rendimiento y la calidad de perfiles de genotipo de trigo pan en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. Campaña 2006/07 y 2007/08. Trigo. Resultados de Unidades Demostrativas. Proyecto Regional Agrícola. pp 61-72.

Ferraris, G.N, M. Toribio, R. Falconi y F. Moriones. 2017. Estrategias de fertilización: efectos sobre rendimientos, 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. 2018. Red oficial de ensayos territoriales de Trigo. INASE. Disponible on line: https://www.inase.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=102&Itemid=91.

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. <<