



Balance nutricional en trigo: macro y micronutrientes

Alexandra DILLCHNEIDER^{1*}, Andrea FIGUERUELO^{1,2}, Daniel FUNARO¹, Fernando PORTA SIOTA^{1,2}, Donato FOSSACECA¹, Alan SANNEN¹, Valentín FOSSACECA¹, Pablo SPHAN¹, José María BUSCH¹, Walter GUILLOT GIRAUDO¹

¹EEA Anguil “Ing.Agr. Guillermo Covas”, INTA, ²Facultad de Agronomía, UNLPAM

Introducción

El cultivo de trigo es uno de los principales cereales de invierno sembrados en la región pampeana, siendo el principal destino para alimentación humana (Bono *et al.*, 2010). Este cereal es una importante fuente de proteína y carbohidratos como también, de nutrientes esenciales necesarios para una alimentación saludable a partir de microelementos como el hierro y el zinc (Bono *et al.*, 2010; Cakmak, 2008).

La disponibilidad de nutrientes en el grano depende de la capacidad del cultivo para absorberlos y trasportarlos a los granos. El nitrógeno es el principal nutriente para el crecimiento vegetal y para la formación de proteína en granos y su deficiencia, puede generar una menor absorción de otros nutrientes como azufre (Randall *et al.*, 1981), fósforo (Sadras, 2006) y zinc (Hui *et al.*, 2022). De los micronutrientes, la importancia del zinc radica en ser un nutriente esencial en la alimentación, insuficiencias de Zn generan problemas de salud en humanos como deficiencia en el crecimiento físico, en el sistema inmune y en la capacidad de aprendizaje, por ello su consumo en cereales como trigo es importante. Sin embargo, se ha reportado como deficiente en muchos suelos del mundo, generando que el contenido en la harina obtenida tenga que ser biofortificada para cumplir con los requerimientos nutricionales (Cakmak, 2008). En la región pampeana, se redujeron entre un 80 y 86% los niveles de Zn en el suelo. Considerando que el rango crítico es de 1 ppm, una superficie considerable de la región pampeana puede tener suelos con deficiencia de este nutriente (Sainz Rozas *et al.*, 2019).

En la zona agrícola-ganadera de Anguil (La Pampa), en donde el 47% de las precipitaciones ocurren durante el ciclo del cultivo de trigo (junio-diciembre), uno de los principales factores condicionantes del logro de los cultivos invernales es el agua disponible al momento de la siembra, necesitando de las precipitaciones otoñales



para la recarga del perfil. Las estrategias de nutrición se basan en hacer eficiente el uso del agua para incrementar los rendimientos y la concentración de proteína en los granos (Dillchneider *et al.*, 2017; Quiroga *et al.*, 2010). La nutrición balanceada por su parte, incrementa los rendimientos del cultivo y mejora la eficiencia de uso de nutrientes, especialmente cuando nutrientes como azufre, zinc y fósforo son deficientes en estos suelos (Alvarez *et al.*, 2022; Landriscini y Galantini, 2010).

El objetivo de este estudio fue evaluar la producción y calidad de los granos de trigo con distintas estrategias de balance nutricional.

Metodología

Durante la campaña 2023 se evaluó el comportamiento de un cultivar de trigo pan (DM Pehuén) en diferentes estrategias nutricionales.

A la siembra del ensayo el contenido de fósforo fue de 14 ppm, el contenido de Zn de 0.3 ppm en los primeros 20 cm y el contenido de nitratos de 57.6 kg ha⁻¹ en los primeros 60 cm. La siembra se efectuó el 6 de junio y la densidad de plantas logradas fue de 177 pl. m⁻². Se establecieron 10 tratamientos que se detallan en la Tabla 5. El fertilizante nitrogenado utilizado fue urea (46-0-0) aplicado al voleo en el estadio Z1.1 y el fósforo, como fosfato diamónico, incorporado a la siembra. El Zinc se aplicó de manera foliar a una dosis de 3 L/ha de Starter plus (5 % Zn + 3 % Mn + 0,5 % Cu + 0,5 % B + 4 % S) en el estadio de Z3.1. El diseño del ensayo fue en bloque completo aleatorizado, con 3 repeticiones. Cada repetición tuvo una superficie de 28 m².

Tabla 1: Tratamientos de fertilización

ID	Descripción
T1	0 kg N + 0 kg P
T1-B	0 kg N + 0 kg P + Zn
T2	0 kg N + 20kg P
T2-B	0 kg N + 20kg P + Zn
T3	60 kg N + 20kg P



T3-B	60 kg N + 20kg P + Zn
T4	120 kg N + 20kg P
T4-B	120 kg N + 20kg P + Zn
T5	180 kg N + 20kg P
T5-B	180 kg N + 20kg P + Zn

Determinaciones:

Se realizaron cortes de biomasa en cuatro momentos del ciclo del cultivo (macollaje Z2.1, elongación Z3.1, floración Z6.0 y madurez fisiológica Z9.0). De cada momento se determinó el peso seco de la biomasa total. En Z6.0 y Z9.0 se pesaron y contabilizaron las espigas logradas. La trilla se realizó mediante trilladora experimental estática, se calculó el rendimiento, sus componentes (número y peso de grano) y el contenido de proteína en grano (NIRS).

Resultados

El rendimiento varió entre 1610 y 2375 kg ha⁻¹ (Figura 1). No se encontraron diferencia significativa en rendimiento entre los tratamientos de dosis sucesivas de N, pero se observaron diferencias significativas con el agregado de Zinc (Zn) foliar. En la Fig. 1. se observa que ante el agregado de Zn al tratamiento sin N y ni P el rendimiento mostró una tendencia positiva, pero al incrementar el contenido de N y de P, la respuesta al agregado de Zn disminuyó un 14%. El contenido de proteína varió de 11.1 a 16 %, aumentando a mayores dosis de N (Figura 2). El agregado de Zn afectó el contenido de proteína en los tratamientos T4 y T5, disminuyendo 1.7 y 2.3 % para el tratamiento T4B y T5B, respectivamente. Con menores dosis de N, el agregado de Zn incremento 2.3 y 2.6 % el contenido de proteína (tratamientos T1B y T2B, respectivamente).

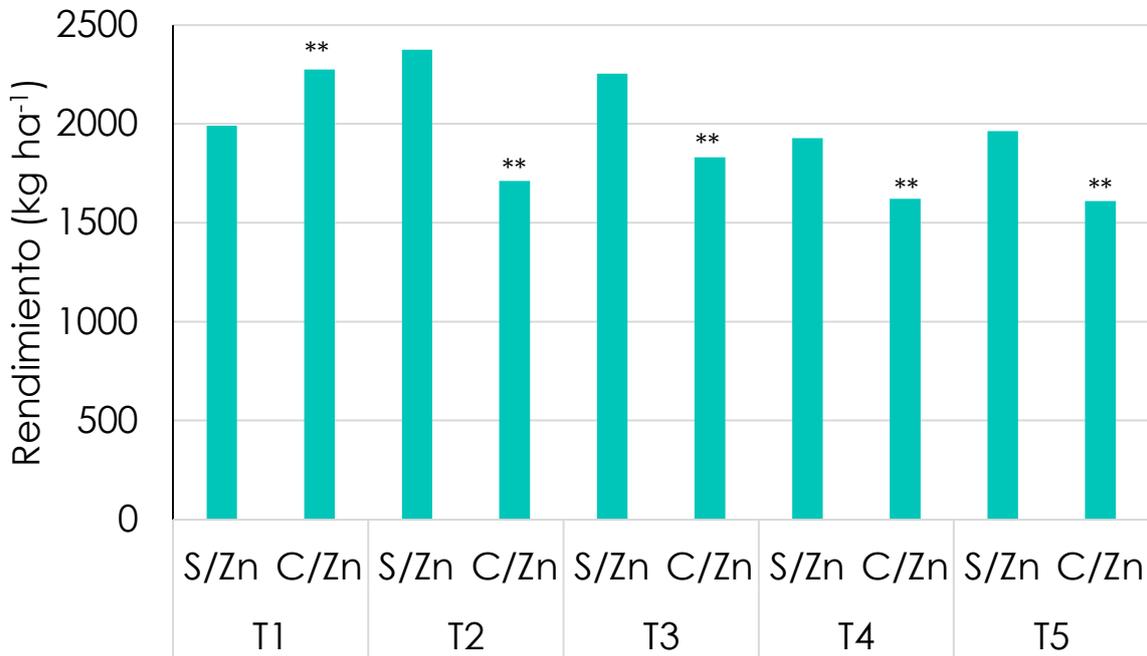


Figura 1: Rendimiento en grano para cada tratamiento de fertilización. Los (**) indican diferencia significativa entre tratamiento con (C/Zn) y sin zinc (S/Zn) ($p=0.10$).

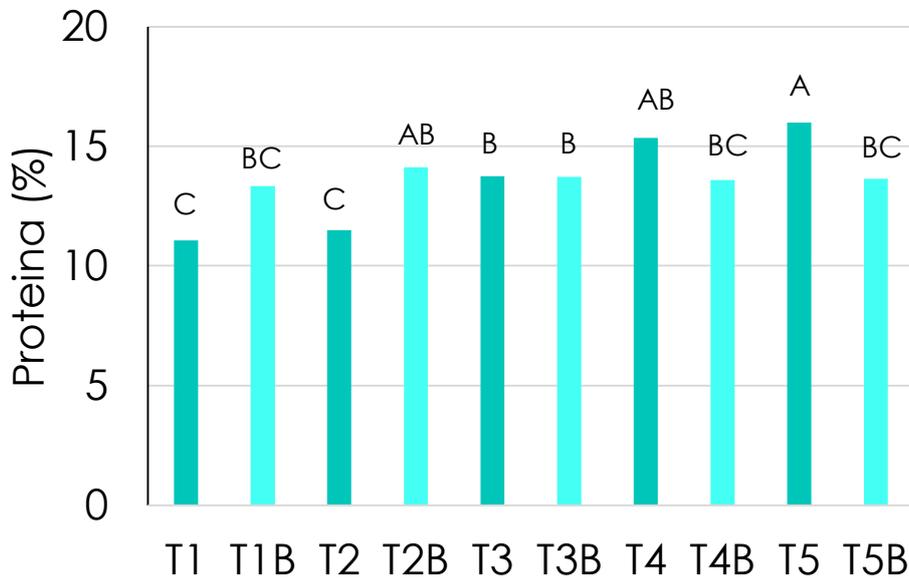


Figura 2: Contenido de proteína para cada tratamiento de fertilización. Las letras indican diferencia significativa entre tratamientos ($p=0.05$)

Considerando los componentes que forman el rendimiento, el número de granos tuvo una correlación positiva con el rendimiento por la formación de mayor cantidad de



granos por espigas, y negativamente se correlacionó con la cantidad de espigas formadas y con el contenido de proteína en grano (Tabla 2).

Tabla 2: Análisis de correlación entre las variables de rendimiento, número de granos (NG), peso de mil granos (PMG), número de espigas (NºEsp), número de granos por espiga (NG.Esp) y proteína.

	Rendimiento	NG	PMG	NºEsp	NG.Esp	proteína
Rendimiento	1.00	0.00	0.07	0.74	<0.00001	0.02
NG	0.98	1.00	0.48	0.88	<0.00001	0.06
PMG	0.34	0.14	1.00	0.42	0.28	0.01
NºEsp	-0.06	-0.03	-0.15	1.00	0.0011	0.03
NG.Esp	0.83	0.83	0.20	-0.57	1.00	0.0035
Proteína	-0.42	-0.35	-0.45	0.39	-0.52	1.00

Discusión

En esta campaña 2023, el contenido de agua útil a la siembra limitó el crecimiento del cultivo afectando negativamente el rendimiento en un 45% respecto del promedio para la región 9 (3564 kg ha⁻¹, promedio de los últimos 5 años). Las escasas precipitaciones ocurridas en los meses de mayo y junio limitaron la correcta incorporación del fertilizante nitrogenado, resultando en la ausencia de respuesta significativa en el incremento de rendimiento. La incorporación de micronutrientes como fue el caso del Zn, tuvo efectos favorables cuando el cultivo no estuvo fertilizado con N y P, incrementando el rinde en 284 kg ha⁻¹. El Zn está involucrado en muchos procesos fisiológicos como el metabolismo de proteínas, la expresión de genes, la integridad y funcionalidad de las membranas y en la detoxificación de especies reactivas de oxígeno que se incrementan cuando las plantas están en una situación de estrés (Cakmak, 2000; Peck y Mcdonald, 2010). Por ello, ante un estrés hídrico y nutricional, el aporte de Zn tuvo efectos positivos en el rendimiento. Así mismo el fósforo genera efectos negativos en la disponibilidad y absorción de Zn (Alloway, 2008; Hui *et al.*, 2022), este efecto se observó en los tratamientos con el agregado de P cuyo el rendimiento se afectó en 662 kg ha⁻¹ y con el agregado de N y P, el rendimiento se redujo en 361 kg ha⁻¹. El agregado de nutrientes favorece el crecimiento vegetativo del cultivo, por ende, el consumo de agua del cultivo es mayor, dejando menos cantidad de agua disponible al momento de definir el



rendimiento. Por otro lado, si bien la presencia de fertilizantes nitrogenados genera un efecto positivo en la disponibilidad de Zn en el suelo (Alloway, 2008), la respuesta observada fue negativa. La información disponible sobre el efecto negativo del Zn con el agregado de N en condiciones de deficiencia hídrica es escasa. De los componentes del rendimiento, el número de granos por espiga resultó el más afectado ante el agregado de Zn. Este componente se correlacionó positivamente con el número de granos y por ende con el rendimiento.