

# CALIBRACIÓN DE DOSIS DEL FERTILIZANTE MICROGRANULADO AMAUTA MICRO+ EN EL CULTIVO DE TRIGO AMAUTA MICRO+ CALIBRATION IN WHEAT

INTA EEA PERGAMINO - CAMPAÑA 2020

**Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris<sup>1</sup>, Fabio Prats<sup>2</sup> y Pablo Alles<sup>2</sup>**

1. INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino. 2. Amauta Agro SA  
[ferraris.gustavo@inta.gob.ar](mailto:ferraris.gustavo@inta.gob.ar)

## INTRODUCCIÓN

El trigo es un cultivo tradicional de la Región Pampeana Argentina, y el principal cereal de invierno que ocupa nuestra superficie agrícola. Además de su valor económico, la importancia en las rotaciones se ha incrementado hasta tornarse un participante indispensable de los sistemas agrícolas. Amplia y durable cobertura de residuos, gran capacidad de competencia con las malezas, mayor aprovechamiento del suelo y maquinaria son algunas de las razones de su auge actual. Junto con la cebada, desarrollan una estratégica capacidad de crecimiento al final de la primavera, etapa clave para el normal progreso de los cultivos de verano. Es en esta época del año donde se incuban procesos de enmalezamiento que podrían limitar la productividad futura de soja y maíz.

Fósforo (P) y Nitrógeno (N) son elementos esenciales para los cultivos de gramíneas. Con características diferentes, la eficiencia de absorción de ambos es un proceso clave que podría ser mejorado. El P reacciona fuertemente con los coloides del suelo, especialmente los cationes bivalentes (Calcio, Magnesio) y trivalentes (Hierro, Aluminio) formando uniones de estabilidad variable a causa de las tres cargas negativas del anión fosfato. Un proceso de acomplejamiento o saturación orgánica de estas cargas permitiría una menor interacción con la matriz del suelo favoreciendo la absorción por parte del cultivo.

Con el objetivo de mejorar la eficiencia de absorción de P, se han desarrollado diferentes estrategias como el uso de aditivos, o la modificación de la forma química y física de los fertilizantes. Esta última es una de las más promisorias, e incluye el diseño y utilización de formulaciones líquidas y microgranuladas.

Los objetivos de esta investigación fueron a) Comparar la eficiencia agronómica de un microgranulado, con una fuente sólida tradicional y b) Calibrar la dosis que optimiza rendimiento. Hipotetizamos que 1) Los fertilizantes microgranulados alcanzan rendimientos similares a los tradicionales, lo que redundaría en mayor eficiencia agronómica y 2) es posible identificar la dosis que optimiza rendimiento, mediante el ajuste de funciones dosis-respuesta.

**Palabras clave:** Trigo, fósforo, fuentes de eficiencia mejorada, microgranulados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante el año 2020, se condujo un experimento de campo en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Clase I-2, Argiudol típico, familia fina, illítica, térmica (USDA- Soil Taxonomy V. 2006). El día 19 de Junio se sembró la variedad Baguette 620, cultivar de ciclo intermedio.largo, alto potencial y buen comportamiento sanitario. Se evaluó alternativamente la respuesta a fertilizantes fosforados (fosfato monoamónico, 11-23-0, a la dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> en línea de siembra) y nitrogenados (urea granulada, 46-0-0, en cobertura total inmediatamente después de la siembra). Se aplicaron fungicidas en los estadios Zadoks 30 y 39, para evitar la interferencia de diferentes enfermedades por el período crítico y llenado de los granos.

Se utilizó un diseño estadístico en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 1. Por su parte, el análisis de suelo del sitio se detalla en la Tabla 2.

**Tabla 1:** *Tratamientos evaluados en el experimento. INTA Pergamino, Campaña 2020.*

| Trat | Fertilización                        |
|------|--------------------------------------|
| T1   | MAP 0 kg ha <sup>-1</sup>            |
| T2   | MAP 100 kg ha <sup>-1</sup>          |
| T3   | Amauta Micro+ 30 kg ha <sup>-1</sup> |
| T4   | Amauta Micro+ 35 kg ha <sup>-1</sup> |
| T5   | Amauta Micro+ 40 kg ha <sup>-1</sup> |

**Tabla 2:** *Datos de suelo al momento de la siembra*

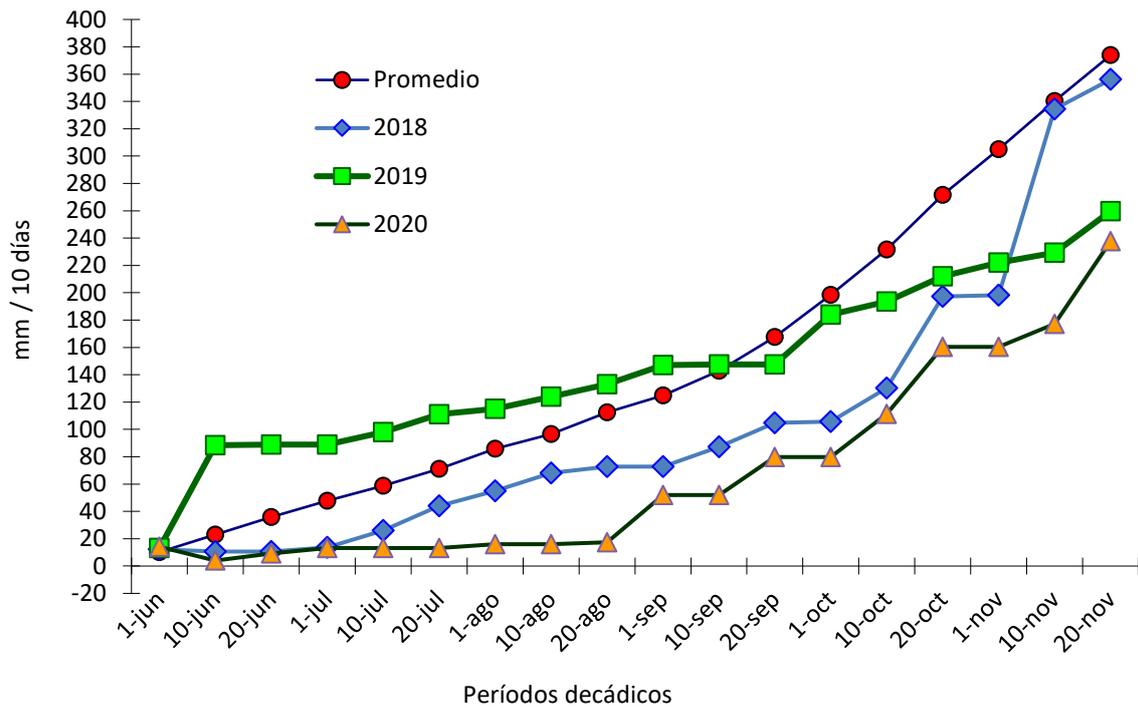
| Profundidad | pH         | Materia Orgánica | P-disp. | N-Nitratos 0-20 cm | N-Nitratos suelo 0-60 cm | S-Sulfatos suelo 0-20 cm | Zn  |
|-------------|------------|------------------|---------|--------------------|--------------------------|--------------------------|-----|
| cm          | agua 1:2,5 | %                | ppm     | ppm                | kg ha <sup>-1</sup>      | ppm                      | ppm |
| 0-20 cm     | 5,1        | 2,81             | 10,4    | 10,8               | 50,4                     | 6,2                      | 0,7 |
| 20-40 cm    |            |                  |         | 5,7                |                          |                          |     |
| 40-60 cm    |            |                  |         | 2,9                |                          |                          |     |

Se determinó la biomasa temprana en Zadoks 25 (fin de macollaje). En Z45 se cuantificó cobertura, NDVI por Green seeker, vigor, índice verde por Spad y altura de planta. La cosecha se realizó en forma mecánica, recolectando la totalidad de la parcela. Sobre una muestra de cosecha se evaluaron los componentes del rendimiento -número (NG) y peso (PG) de los granos-. Los resultados se analizaron mediante partición de varianza y análisis de correlación.

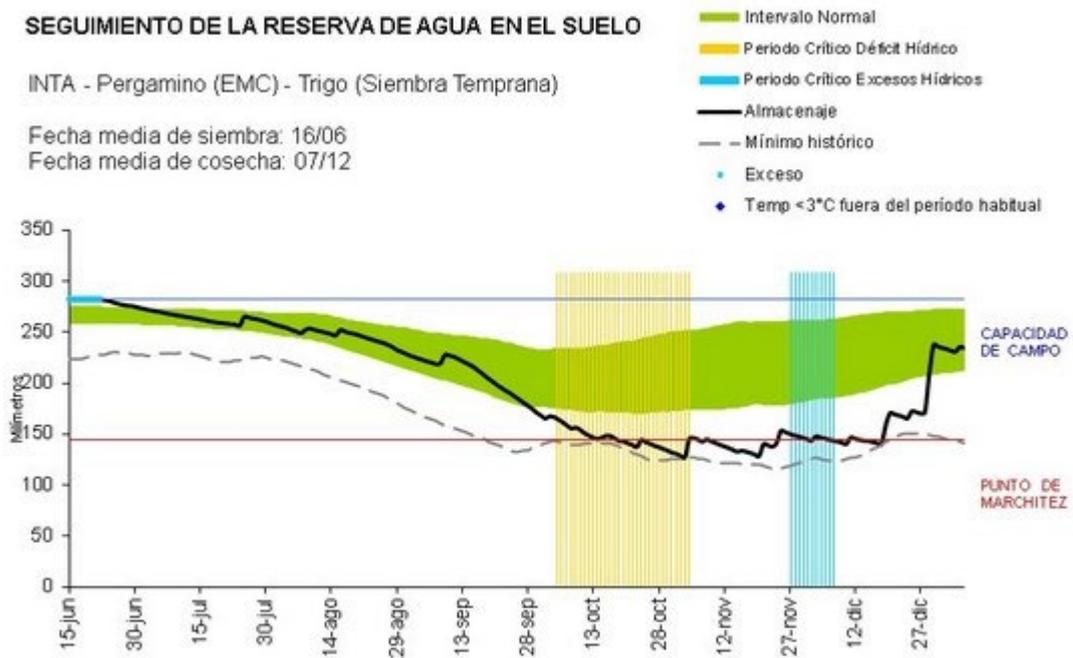
## RESULTADOS

### a) Condiciones ambientales de la campaña

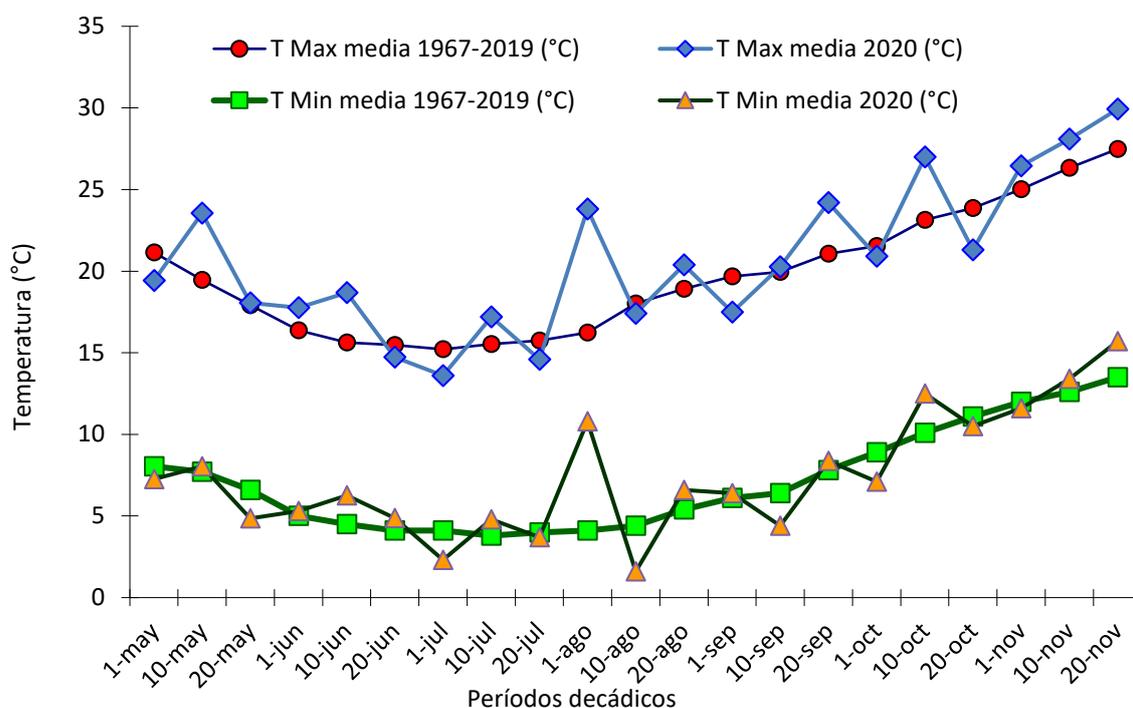
El trigo transitó un invierno con escasas precipitaciones, las cuales fueron prácticamente nulas hasta finales de Agosto, sumando a cosecha 136,2 mm por debajo de la media. Estos valores son aun inferiores a la campaña 2019, también seca (Figura 1). Las reservas de agua en el suelo se mantuvieron entre octubre y diciembre en valores cercanos al PMP, alrededor del mínimo histórico (Figura 2). En cuanto a las temperaturas, se registraron fuertes heladas en julio, agosto y septiembre (Figura 3) que dañaron los cultivos. Aun con bajas pronunciadas la temperatura media estuvo por arriba de su valor histórico, acentuando la exigencia hídrica (Figura 3).



**Figura 1:** Precipitaciones decádicas del ciclo 2020, y su comparación con las dos campañas previas y la media histórica. Trigo, EEA Pergamino. Agua útil inicial (150 cm) 103 mm. Precipitaciones totales durante el ciclo 233,7 mm.



**Figura 2:** Evolución de la disponibilidad hídrica en el suelo en un cultivo de trigo durante la campaña 2020. Nótese el nivel de almacenaje por debajo del contenido ideal, y cercano al mínimo histórico y al punto de marchite permanente (PMP). Elaborado por la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA) a partir de datos de la EEA Pergamino.



**Figura 3:** Temperaturas decádicas del ciclo 2020, comparadas al valor histórico 1967-2019. Los mínimos de julio (1ra década), agosto (2da década) y septiembre (3ra década) indican olas de frío con fuertes heladas.

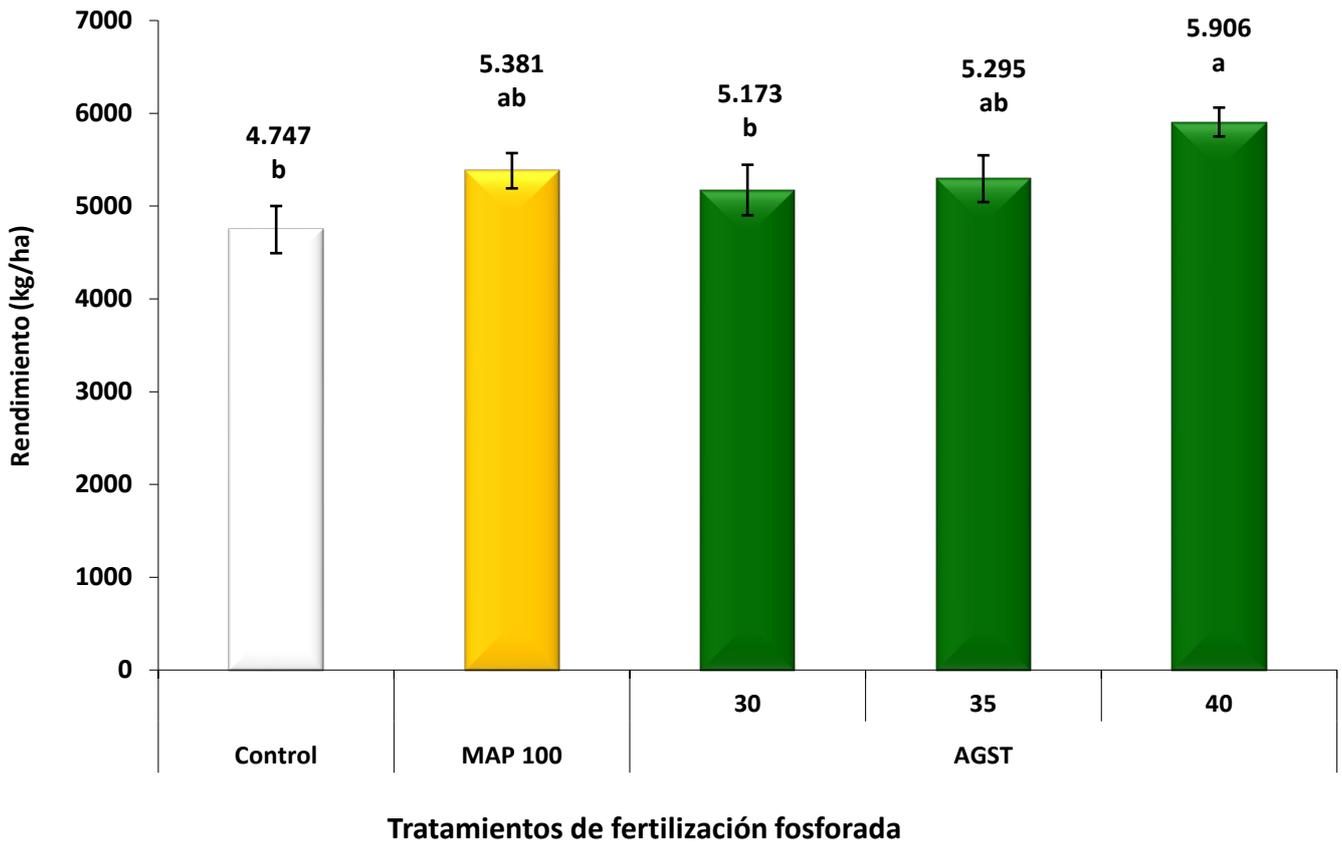
### b) Resultados de los experimentos

En la Tabla 3 se presentan datos de observaciones tomadas durante el ciclo de cultivo, y en la Figura 4 los rendimientos de grano agrupados por tratamiento.

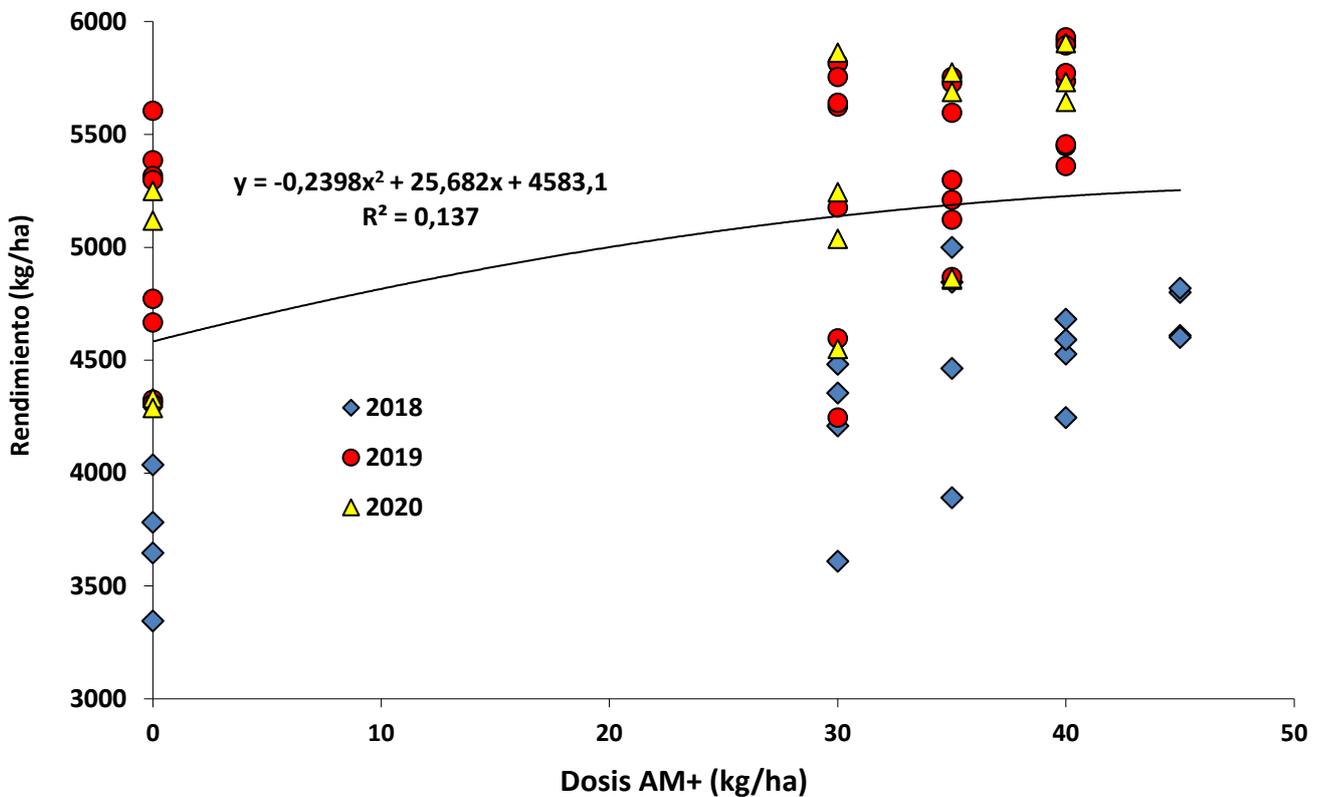
**Tabla 3:** Parámetros morfológicos del cultivo: Stand inicial de plantas, materia seca en macollaje (Z25), cobertura e interceptación, vigor, NDVI por Green seeker, lecturas de intensidad de verde en unidades Spad, vigor, altura de plantas (Z65), componentes y rendimiento de grano. **Evaluación de fuentes fosforadas en Trigo.** Pergamino, año 2020.

|            | T  | Tratamientos                         | Plantas m <sup>-2</sup> | Materia seca (kg ha <sup>-1</sup> ) | Vigor Z65 (1-5)   | Cobertura e Intercep Z45 | NDVI GS 45               |
|------------|----|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| Trigo      | T1 | Control                              | 243                     | 495                                 | 3,0               | 82,3                     | 0,45                     |
|            | T2 | MAP 100 kg ha <sup>-1</sup>          | 238                     | 555                                 | 3,8               | 90,3                     | 0,51                     |
|            | T3 | Amauta Micro+ 30 kg ha <sup>-1</sup> | 244                     | 690                                 | 3,7               | 91,8                     | 0,54                     |
|            | T4 | Amauta Micro+ 35 kg ha <sup>-1</sup> | 243                     | 660                                 | 3,8               | 90,5                     | 0,52                     |
|            | T5 | Amauta Micro+ 40 kg ha <sup>-1</sup> | 249                     | 645                                 | 4,0               | 96,7                     | 0,53                     |
| R2 vs Rend |    |                                      | 0,23                    | 0,27                                | 0,81              | 0,88                     | 0,49                     |
|            | T  | Tratamientos                         | Spad Z45                | Altura planta cm                    | NG m <sup>2</sup> | PG                       | Rend kg ha <sup>-1</sup> |
| Trigo      | T1 | Control                              | 51,1                    | 80                                  | 13112,9           | 36,2                     | 4746,9                   |
|            | T2 | MAP 100 kg ha <sup>-1</sup>          | 50,5                    | 85                                  | 15031,4           | 35,8                     | 5381,3                   |
|            | T3 | Amauta Micro+ 30 kg ha <sup>-1</sup> | 49,8                    | 85                                  | 14573,1           | 35,5                     | 5173,4                   |
|            | T4 | Amauta Micro+ 35 kg ha <sup>-1</sup> | 50,3                    | 84                                  | 14709,2           | 36,0                     | 5295,3                   |
|            | T5 | Amauta Micro+ 40 kg ha <sup>-1</sup> | 50,2                    | 85                                  | 16451,1           | 35,9                     | 5905,9                   |
| R2 vs Rend |    |                                      | 0,28                    | 0,59                                | 0,99              | 0,08                     |                          |
| P=         |    |                                      |                         |                                     |                   |                          | 0,03                     |
| CV=        |    |                                      |                         |                                     |                   |                          | 8,1                      |

**Índice de Vigor:** 1 mínimo 5-máximo. Considera crecimiento, uniformidad, sanidad y aspecto general del cultivo en la parcela evaluada. **NDVI:** Índice verde normalizado, medido por Green seeker.



**Figura 4:** Producción media de grano de trigo según tratamientos de fertilización fosforada, comparando fuentes y formas de aplicación. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0,05$ ,  $dms = 664 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Las barras de error indican la desviación standard de la media. INTA Pergamino, año 2020.



**Figura 5:** Relación entre rendimiento y dosis de Amata Micro+. Campañas 2018, 2019 y 2020.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los rendimientos alcanzaron a  $5300,6 \text{ kg ha}^{-1}$ , los cuales son aceptables dadas las condiciones ambientales muy restrictivas. La Eficiencia media de uso del agua (EUA) es de  $22,7 \text{ kg trigo mm}^{-1}$  de lluvia en el ciclo, los cuales están por arriba de la media de la especie.

El sitio registró una pobre dotación inicial de P (Tabla 2), lo cual favorece la respuesta positiva a la fertilización, y permite evaluar tecnologías. Las diferencias de rendimiento entre los tratamientos fueron estadísticamente significativas ( $P < 0,05$ ). El salto cuantitativo más importante se obtuvo con la dosis de AM+ de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 4). En el nivel de 30 y  $35 \text{ kg ha}^{-1}$  los rendimientos fueron similares a la fuente tradicional. El rango de incremento por AM+ osciló entre  $426,5$  y  $1159 \text{ kg ha}^{-1}$ , mientras que en MAP fue de  $634,4 \text{ kg ha}^{-1}$ , respectivamente.

Las variables más sensibles a los tratamientos fueron materia seca temprana, vigor, intercepción, NDVI, altura de plantas y NG (Tabla 3). Mientras tanto, la mayor correlación se determinó con la calificación subjetiva del vigor ( $r^2=0,81$ ), cobertura e intercepción ( $r^2=0,88$ ), NDVI ( $r^2=0,49$ ), altura de plantas ( $r^2=0,59$ ) y NG ( $r^2=0,99$ ) (Tabla 3).

Con datos de tres campañas, se ajustó una función cuadrática entre rendimiento y dosis de AM+ (Figura 5). De acuerdo con la ecuación ajustada, se obtuvieron en promedio  $16,3 \text{ kg trigo : kg AM+}$ . El “plateau” se alcanzaría con la dosis de  $40 \text{ kg ha}^{-1}$  (Figura 5).

Desde hace tiempo se conoce la importancia de P y N en los sistemas productivos de trigo. Las dificultades para la solubilización, movilidad e incorporación de nutrientes en suelo seco y con escasas lluvias incrementa la importancia de adoptar medidas que mitiguen la fijación del nutriente a los coloides. Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis propuesta, determinando incrementos en todo el rango de dosis observado.



Fotografía 1: Vista aérea del experimento. INTA Pergamino, Argentina.



**Fotografía 2: Frente del experimento, durante la toma de muestras para determinar componentes del rendimiento. INTA Pergamino, Argentina.**

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA**

- \* Abid, M., Shao, Y., Liu, S., Wang, F., Gao, J., Jiang, D., ... & Dai, T. (2017). Pre-drought priming sustains grain development under post-anthesis drought stress by regulating the growth hormones in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Planta*, 1-16.
- \* Cakman, I. 2011. Impacts of Mineral Nutrition on Growth of Crop Plants. pp 7-12. En: Actas del Simposio Fertilidad 2011. "La Nutrición del cultivo integrada al Sistema de Producción". IPNI Cono Sur-Fertilizar Asociación Civil. 269 pp.
- \* Dona, W. G., King, T., & Schoenau, J. J. (2019, March). Response of black bean, lentil and chick pea to starter nitrogen and phosphorus fertilizers. In *Soils and Crops Workshop*.
- \* Gomez-Coronado, F., Poblaciones, M. J., Almeida, A. S., & Cakmak, I. (2017). Combined zinc and nitrogen fertilization in different bread wheat genotypes grown under mediterranean conditions. *Cereal Research Communications*, 45(1), 154-165.
- \* Grant, C. A., & Flaten, D. N. (2019). 4R Management of Phosphorus Fertilizer in the Northern Great Plains. *Journal of Environmental Quality*.
- \* Hopkins, B. G. (2019). Phosphorus use in high yield cropping systems. *Better crops with plant food*, 103, 46-9.
- \* Magney, T. S., Eitel, J. U., & Vierling, L. A. (2017). Mapping wheat nitrogen uptake from RapidEye vegetation indices. *Precision Agriculture*, 18(4), 429-451.
- \* Ova, E. A., Kutman, U. B., Ozturk, L., & Cakmak, I. (2015). High phosphorus supply reduced zinc concentration of wheat in native soil but not in autoclaved soil or nutrient solution. *Plant and soil*, 393(1-2), 147-162.
- \* Scheid López, A. 2006. Micronutrientes: La experiencia brasilera. Filosofía de aplicación y eficiencia agronómica. pp. 29-78. En: M Vázquez (ed). *Micronutrientes en la agricultura*. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Buenos Aires, Argentina. 207pp.
- \* Verardi, J., dos Santos, N. T., Alves, A., Rafain, E. F., & da Rosa, D. P. (2016, September). Nova fonte de fósforo na agricultura: validação no solo e na máquina. In *6º Mostra de Iniciação Científica, Tecnológica e de Inovação*.
- Watts-Williams, S. J., Turney, T. W., Patti, A. F., & Cavagnaro, T. R. (2014). Uptake of zinc and phosphorus by plants is affected by zinc fertiliser material and arbuscular mycorrhizas. *Plant and soil*, 376(1-2), 165-175.

- \* Wang, S., Li, M., Liu, K., Tian, X., Li, S., Chen, Y., & Jia, Z. (2017). Effects of Zn, macronutrients, and their interactions through foliar applications on winter wheat grain nutritional quality. *PloS one*, 12(7), e0181276.
- \* Zhang, W., Liu, D., Li, C., Cui, Z., Chen, X., Russell, Y., & Zou, C. (2015). Zinc accumulation and remobilization in winter wheat as affected by phosphorus application. *Field Crops Research*, 184, 155-161.
- \* Zhu, Y. G., Smith, S. E., & Smith, F. A. (2001). Zinc (Zn)-phosphorus (P) interactions in two cultivars of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) differing in P uptake efficiency. *Annals of Botany*, 88(5), 941-945.