

DESARROLLO DE FUENTES MICROGRANULADAS PARA LA NUTRICIÓN DE SOJA. AJUSTE DE DOSIS Y USO DE PROMOTORES DE CRECIMIENTO SOURCES INNOVATION FOR SOYBEAN NUTRITION

**INTA EEA PERGAMINO
CAMPAÑA 2019/20**

Ings. Agrs. Gustavo N. Ferraris, Fernando Sánchez y Alejandro Sartori

1. INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino 2. Rizobacter Argentina SA.
ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es un nutriente esencial para los vegetales. La tendencia creciente en los rendimientos - que determina mayores niveles de extracción – junto a estrategias de producción de corto plazo, muchas veces en campos arrendados a terceros, ha provocado una permanente extracción dando como resultado los bajos niveles actuales, que se pueden determinar mediante análisis químicos en suelos pampeanos. En la actualidad, se considera que en términos globales se repone alrededor del 50 % del nutriente extraído con las cosechas. Para la nutrición de soja, en la Región Pampeana Argentina los fosfatos de calcio son las fuentes de uso prevalente, tanto el superfosfato triple (0-20-0) como el supefosfato simple (0-9-0-S12). El primero se caracteriza por su alto grado de P mientras que el segundo además aporta una cantidad significativa de azufre (S). Sin embargo, la relación de concentración entre ambos elementos (9:12) podría resultar desbalanceada, especialmente para la región núcleo pampeana. Además, de acuerdo con numerosos trabajos realizados en los últimos años, el aporte de sólo dos elementos podría resultar insuficiente.

Teniendo en cuenta que la disponibilidad de P es crítica en los primeros estadios fenológicos, no sólo la dosis sino también la localización, forma física y química del fertilizante podrían resultar relevantes. Con el objetivo de cubrir estas necesidades de corto plazo, y aportar parcialmente a la reposición de P en el suelo en el largo plazo, han surgido en los últimos años fuentes de mayor solubilidad bajo una forma física –líquidos o microgranulados- y química –polifosfatos- novedosa para este elemento, cuya eficiencia requiere ser evaluada. Además de P, otros elementos podrían limitar la producción. El S modifica la eficiencia fotosintética e interviene en la síntesis de proteína. De baja movilidad en la planta, sus carencias se manifiestan a través de una clorosis en las hojas de reciente expansión. Por este motivo las formulaciones de base “starter” suelen incluirlo junto a P. Estas formulaciones químicas suelen contener otros elementos de vital importancia como zinc (Zn) o boro (B). Estudios recientes enfatizan en la importancia de otros cationes sobre la nutrición vegetal, como es el caso de magnesio (Mg) o potasio (K). Armonizar una estrategia de fertilización que, para una región, aporte esta diversidad de elementos en forma equilibrada resulta un verdadero desafío.

Los objetivos de esta investigación fueron: 1- Evaluar la eficiencia de Microstar CMB, con o sin agregado de bacterias. 2- Comparar Microstar con un fertilizante de uso común en soja y 3- Ajustar la dosis óptima que maximiza rendimiento. Hipotetizamos que 1. Fuentes microgranuladas equiparan la respuesta de aquellas tradicionales, compensando por eficiencia el menor aporte total de nutrientes 2. El agregado de bacterias mejora el microambiente de la rizósfera, la solubilidad de nutrientes e incrementa los rendimientos y 3. Es posible identificar la dosis que optimiza rendimiento en el cultivo de soja..

Palabras clave: soja, fuentes especiales, fertilizantes “starter”, mezclas químicas, azufre, boro, cobalto, molibdeno.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2019/20, se realizaron dos experimentos en soja de primera, destinados a evaluar el impacto de diferentes tecnologías de fertilización inicial sobre la productividad del cultivo de soja. El experimento se implantó en la EEA INTA Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, Argiudol típico, familia mixta, franca, térmica, Clase I-2, IP=85 (Figura 1). La siembra se realizó el día 19 de

noviembre, con la variedad DM 49R19 RR STS, en hileras espaciadas a 0,40 m. El segundo se condujo en Wheelwright, sobre un suelo Serie Hughes, Argiudol típico, Clase I, IP=100. La siembra se realizó el 18 de noviembre, también con la variedad DM 49R19 RR STS. Los sitios registran una rotación agrícola continua con alto nivel de intensificación y rotación de cultivos. El antecesor fue maíz. Durante el ciclo se aplicaron insecticidas y fungicidas para prevenir el ataque de oruga bolillera, chinches y enfermedades. Las parcelas se mantuvieron totalmente libres de malezas y plagas. Se realizó una inoculación de base para asegurar la provisión de nitrógeno (N).



Figura 1: Crecimiento y cosecha de las parcelas experimentales de fertilización fosforada.. INTA EEA Pergamino, campaña 2019/20.

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

Tabla 1: *Tratamientos de fertilización con fósforo, azufre y nutrientes aplicados por vía foliar en Soja. Pergamino, Campaña 2019/20.*

| | Fertilización inicial | Dosis (kg ha ⁻¹) |
|----|---------------------------|------------------------------|
| T1 | Control | 0 |
| T2 | Superfosfato simple | 100 |
| T3 | Microstar CMB | 20 |
| T4 | Microstar CMB | 30 |
| T5 | Microstar CMB + Bacterias | 20 |
| T6 | Microstar CMB + Bacterias | 30 |

Tabla 2: *Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de cuatro repeticiones. INTA EEA Pergamino.*

| Prof | pH | MO | N total | Fósforo disponible | N-Nitratos | S-Sulfatos | Zn | B |
|-----------|------------|------|---------|---------------------|---------------------|------------|---------------------|---------------------|
| | agua 1:2,5 | % | | mg kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ | ppm | mg kg ⁻¹ | mg kg ⁻¹ |
| Pergamino | 5,6 | 2,35 | 0,117 | 9,9 | 10,1 | 7,0 | 1,0 | 0,66 |
| Ww | 5,6 | 1,98 | 0,099 | 11,7 | 18,3 | 8,,5 | 0,82 | 0,73 |

En R4 se determinó el NDVI por medio del sensor Green seeker, la cobertura mediante procesamiento con software específico de imágenes digitales. Asimismo, se estimó el contenido de N mediante el medidor de clorofila Minolta Spad 502, y se calificó el vigor en función del estado general de la parcela, su uniformidad y sanidad. La recolección se realizó con una cosechadora experimental automotriz. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, N° de nudos, vainas, NG y PG. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE LA CAMPAÑA

En la Figura 2 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo así como el balance hídrico decádico, medido a través de la evolución del contenido de agua útil en suelo.

La campaña 2019/20 presentó un clima predominante seco, con dos eventos muy importante que reabastecieron al cultivo. En líneas generales no se observaron síntomas de sequía sobre el cultivo. El llenado de granos fue normal y la madurez se alcanzó de manera uniforme. La presencia de plagas fue leve, solo alcanzando el umbral crítico de tratamientos la población de chinches hacia finales de ciclo.

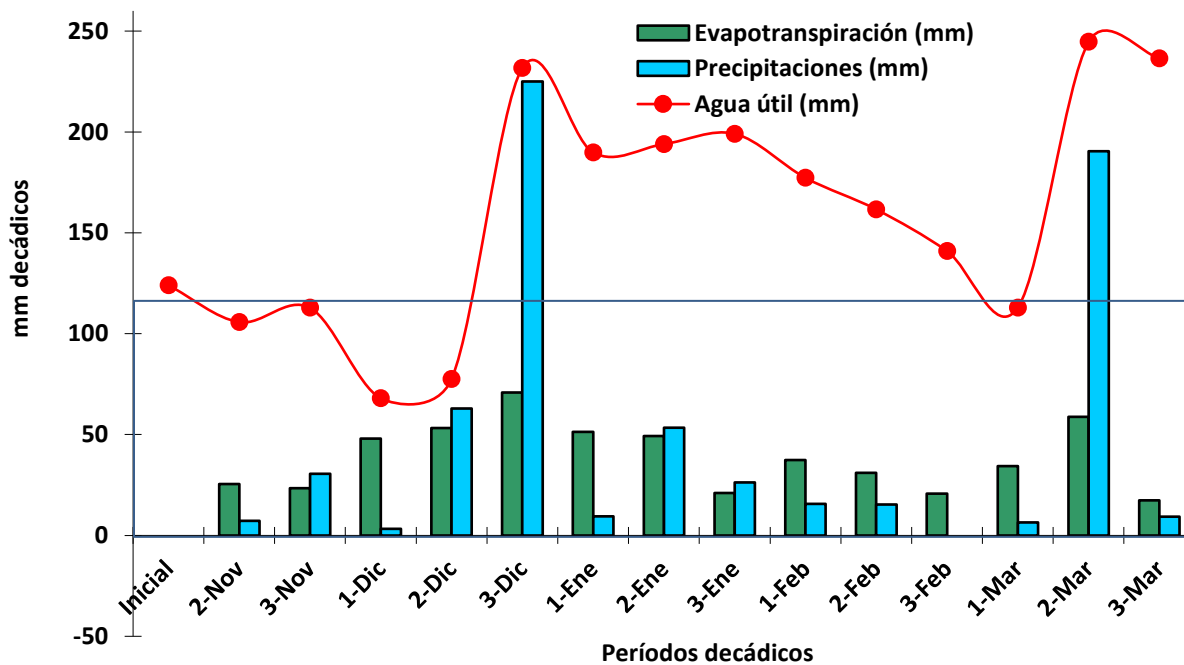


Figura 2.a

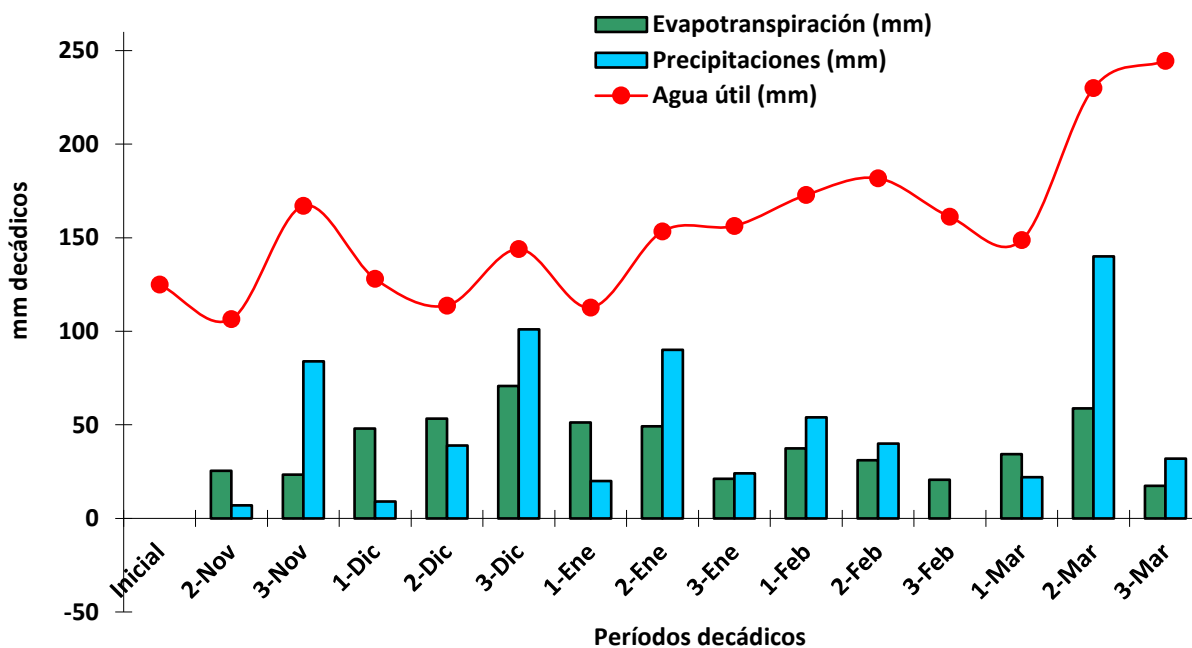


Figura 2.b

Figura 2. Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,5 m de profundidad. A) INTA EEA Pergamino, campaña 2019/20. Precipitaciones totales en el ciclo 631 mm. AU inicial (150 cm) 124 mm. Déficit acumulado 0 mm. B) Wheelwright, campaña 2019/20. Precipitaciones totales en el ciclo 662 mm. AU inicial (150 cm) 125 mm. Déficit acumulado 0 mm.

El rectángulo azul indica el nivel donde AU disminuye debajo del 50%, en el cual el consumo del cultivo podría no ser el óptimo.

RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

1. PERGAMINO

En la Tabla 3 se presenta una evaluación de nodulación, mientras que en la Tabla 4 el rendimiento, sus componentes y otras variables determinadas durante el ciclo de cultivo, para las diferentes localidades.

Tabla 3: Evaluación cuantitativa y cualitativa de nodulación. Fuentes y dosis para la fertilización de Soja. INTA Pergamino, campaña 2019/20.

| T | Tratamientos | Número Nódulos (1) | Tamaño nódulos (2) | Localización (3) | Funcionalidad (4) |
|------------|------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | Pergamino temprano | | | | |
| T1 | Control | 2 | 2 | 3 | 2 |
| T2 | SPS 100 | 3 | 2 | 2 | 3 |
| T3 | Microstar CMB 20 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| T4 | Microstar CMB 30 | 4 | 3 | 4 | 4 |
| T5 | Microstar CMB 20 + Bacterias | 3 | 4 | 3 | 4 |
| T6 | Microstar CMB 30 + Bacterias | 4 | 3 | 4 | 4 |
| R2 vs rend | | 0,42 | 0,68 | 0,41 | 0,54 |

Escala de colores: 1: rojo, 2: naranja, 3: amarillo, 4: verde claro, 5: verde oscuro.

| | | | | |
|---------|------------|-------------|----------------|-----------------|
| 1: rojo | 2: naranja | 3: amarillo | 4: verde claro | 5: verde oscuro |
|---------|------------|-------------|----------------|-----------------|

Número de nódulos: 1: nulo, 2: escaso, 3: medio, 4: alto, 5: muy alto.

Tamaño: 1: muy pequeños, 2: pequeños, 3: tamaño medio, 4: tamaño grande, 5: tamaño muy grande.

Localización: 1: totalmente en raíces secundarias, 2: mayormente en raíces secundarias, 3: distribución equitativa raíz principal: raíz secundaria, 4: mayormente en raíz primaria, 5: nódulos totalmente localizados en raíz principal.

Funcionalidad: 1: tonalidad completamente verde o marrón, 2: tonalidad mayormente verde o marrón, 3: tonalidad diversa, 4: tonalidad mayormente rojiza, 5: tonalidad rojiza en la totalidad de los nódulos.

Tabla 4: Materia seca en R3, cobertura e intercepción, índice verde (Green seeker), intercepción de radiación, vigor, altura de plantas, contenido de N estimado por Spad, número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Experimento con fuentes microgranuladas en soja. Pergamino, Campaña 2019/20.

| Trat. | MSeca en R3 (kg ha ⁻¹) | Green Seeker R4 | Intercepción R4 (%) | Vigor | Altura de plantas | Spad |
|------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------------------|------|
| Control | 2800 | 0,86 | 91,7 | 3,5 | 95 | 43,3 |
| SPS 100 | 3345 | 0,84 | 96,4 | 3,6 | 95 | 44,8 |
| Microstar CMB 20 | 3580 | 0,85 | 92,8 | 3,8 | 105 | 43,8 |
| Microstar CMB 30 | 3505 | 0,84 | 89,9 | 3,7 | 99 | 43,4 |
| CMB 20 + Bacterias | 3615 | 0,86 | 97,2 | 4,0 | 98 | 44,3 |
| CMB 30 + Bacterias | 3280 | 0,86 | 93,3 | 3,9 | 97 | 46,0 |
| R ² vs rend | 0,54 | 0,02 | 0,02 | 0,68 | 0,53 | 0,04 |

| Trat. | Nudos/ planta | Vainas /planta | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | NG | PG | Dif vs T1 (kg ha ⁻¹) |
|--------------------|------------------|-------------------|---------------------------------------|--------|-------|-------------------------------------|
| Control | 12,0 | 43,0 | 4054,1 | 2384,8 | 170,0 | |
| SPS 100 | 13,0 | 49,0 | 4064,3 | 2438,6 | 166,7 | 10,2 |
| Microstar CMB 20 | 14,0 | 47,0 | 4755,1 | 2971,9 | 160,0 | 701,0 |
| Microstar CMB 30 | 13,5 | 50,5 | 4632,7 | 2802,0 | 165,3 | 578,6 |
| CMB 20 + Bacterias | 14,0 | 53,0 | 4656,4 | 2686,4 | 173,3 | 602,3 |
| CMB 30 + Bacterias | 14,0 | 48,0 | 4698,5 | 2700,3 | 174,0 | 644,4 |
| R2 vs rend | 0,82 | 0,24 | | 0,84 | 0,01 | |
| P= | | | 0,04 | | | |
| CV= | | | 6,1 | | | |

R4 (vaina de máximo tamaño) de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Índice de Vigor: Según escala 1: mínimo – 5: máximo. Evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.

Intercepción: evaluado como % de la radiación máxima incidente.

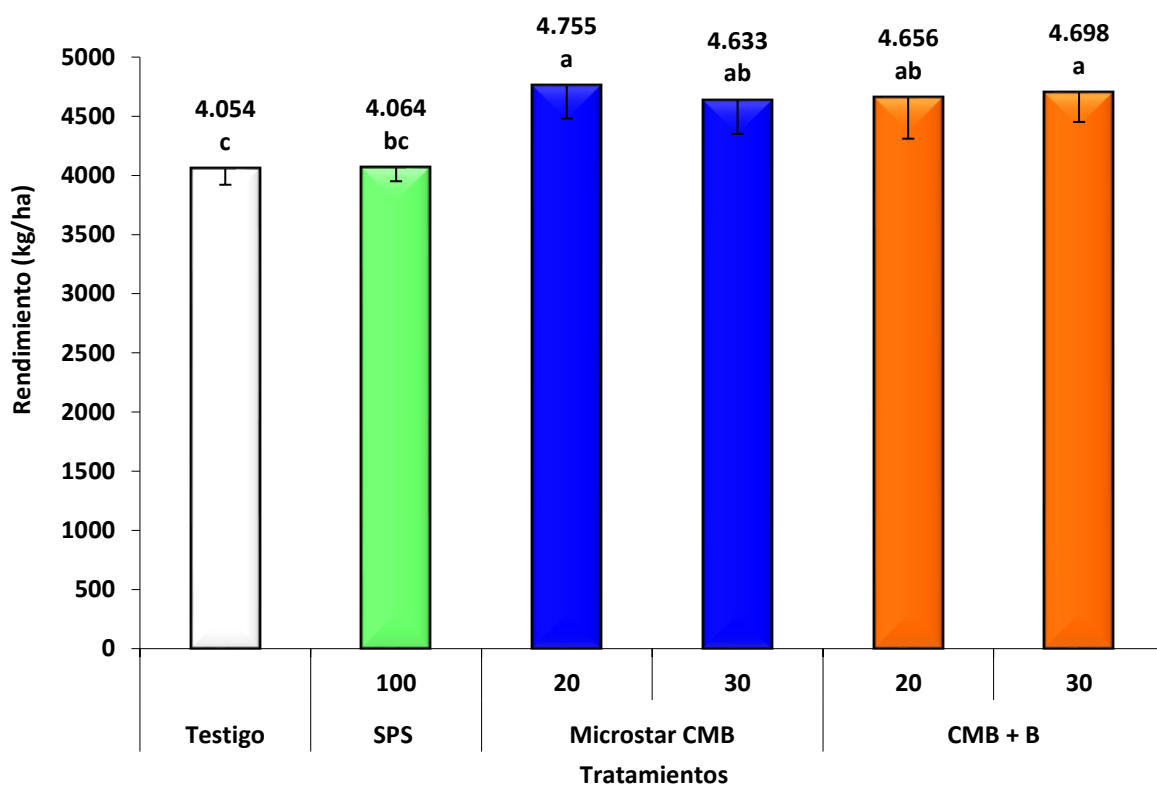


Figura 3: Rendimiento de grano según tratamientos de fertilización con fuentes que aportan fósforo, azufre, zinc, boro y bacterias en soja. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($LSD \alpha=0,05$; $dms=420 \text{ kg ha}^{-1}$). Las barras de error señalan la desviación standard de la media. INTA EEA Pergamino, campaña 2019/20.

1. WHEELWRIGHT

En la Tabla 5 se presenta una evaluación de nodulación, mientras que en la Tabla 6 el rendimiento, sus componentes y otras variables determinadas durante el ciclo de cultivo, para las diferentes localidades.

Tabla 5: Evaluación cuantitativa y cualitativa de nodulación. Fuentes y dosis para la fertilización de Soja. Wheelwright, campaña 2019/20.

| T | Tratamientos | Número Nódulos (1) | Tamaño nódulos (2) | Localización (3) | Funcionalidad (4) |
|------------|------------------------------|--------------------|--------------------|------------------|-------------------|
| | Wheelwright temprano | | | | |
| T1 | Control | 3 | 3 | 4 | 4 |
| T2 | SPS 100 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| T3 | Microstar CMB 20 | 4 | 3 | 3 | 4 |
| T4 | Microstar CMB 30 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| T5 | Microstar CMB 20 + Bacterias | 4 | 4 | 3 | 4 |
| T6 | Microstar CMB 30 + Bacterias | 4 | 5 | 4 | 4 |
| R2 vs rend | | 0,27 | 0,77 | 0,01 | 0,03 |

Escala de colores: 1: rojo, 2: naranja, 3: amarillo, 4: verde claro, 5: verde oscuro.

| | | | | |
|---------|------------|-------------|----------------|-----------------|
| 1: rojo | 2: naranja | 3: amarillo | 4: verde claro | 5: verde oscuro |
|---------|------------|-------------|----------------|-----------------|

Número de nódulos: 1: nulo, 2: escaso, 3: medio, 4: alto, 5: muy alto.

Tamaño: 1: muy pequeños, 2: pequeños, 3: tamaño medio, 4: tamaño grande, 5: tamaño muy grande.

Localización: 1: totalmente en raíces secundarias, 2: mayormente en raíces secundarias, 3: distribución equitativa raíz principal: raíz secundaria, 4: mayormente en raíz primaria, 5: nódulos totalmente localizados en raíz principal.

Funcionalidad: 1: tonalidad completamente verde o marrón, 2: tonalidad mayormente verde o marrón, 3: tonalidad diversa, 4: tonalidad mayormente rojiza, 5: tonalidad rojiza en la totalidad de los nódulos.

Tabla 6: Materia seca en R3, cobertura e intercepción, índice verde (Green seeker), intercepción de radiación, vigor, altura de plantas, contenido de N estimado por Spad, número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Experimento con fuentes microgranuladas en soja. Wheelwright, Campaña 2019/20.

| Trat. | MSeca en R3 (kg ha ⁻¹) | Green Seeker R4 | Intercepción R4 (%) | Vigor | Altura de plantas | Spad |
|------------------------|------------------------------------|-----------------|---------------------|-------|-------------------|------|
| Control | 2227 | 0,78 | 92,9 | 3,5 | 90,0 | 44,3 |
| SPS 100 | 2794 | 0,79 | 97,9 | 3,0 | 86,0 | 42,9 |
| Microstar CMB 20 | 2831 | 0,80 | 95,6 | 3,8 | 95,0 | 44,5 |
| Microstar CMB 30 | 2753 | 0,80 | 98,4 | 3,4 | 88,0 | 43,6 |
| CMB 20 + Bacterias | 2865 | 0,79 | 93,7 | 3,7 | 94,0 | 42,2 |
| CMB 30 + Bacterias | 2823 | 0,80 | 98,3 | 3,4 | 92,0 | 43,4 |
| R ² vs rend | 0,63 | 0,42 | 0,54 | 0,10 | 0,05 | 0,42 |

| Trat. | Nudos/planta | Vainas/planta | Rendimiento (kg ha ⁻¹) | NG | PG | Dif vs T1 (kg ha ⁻¹) |
|--------------------|--------------|---------------|------------------------------------|--------|-------|----------------------------------|
| Control | 15,0 | 51,0 | 4999,0 | 2954,5 | 169,2 | |
| SPS 100 | 14,5 | 53,5 | 5463,8 | 3311,4 | 165,0 | 464,8 |
| Microstar CMB 20 | 16,0 | 55,0 | 5239,0 | 3156,1 | 166,0 | 240,0 |
| Microstar CMB 30 | 15,5 | 47,0 | 5594,3 | 3329,9 | 168,0 | 595,3 |
| CMB 20 + Bacterias | 17,0 | 52,0 | 5478,1 | 3330,1 | 164,5 | 479,1 |
| CMB 30 + Bacterias | 16,0 | 51,5 | 5510,8 | 3299,9 | 167,0 | 511,8 |
| R2 vs rend | 0,07 | 0,12 | | 0,96 | 0,20 | |
| P= | | | 0,42 | | | |
| CV= | | | 7,4 | | | |

R4 (vaina de máximo tamaño) de acuerdo a la escala de Fehr y Caviness, 1974.

Índice de Vigor: Según escala 1: mínimo – 5: máximo. Evalúa Sanidad, tamaño de planta y uniformidad de las parcelas.

Intercepción: evaluado cómo % de la radiación máxima incidente.

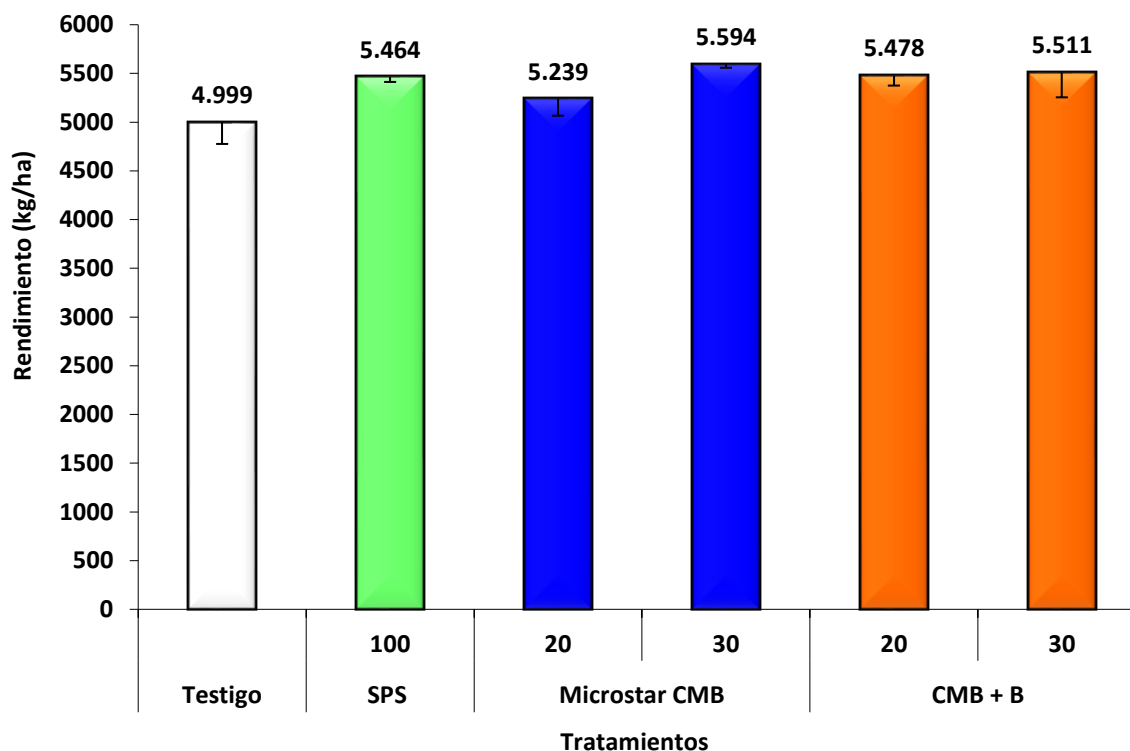


Figura 4: Rendimiento de grano según tratamientos de fertilización con fuentes que aportan fósforo, azufre, zinc, boro y bacterias en soja. Las barras de error señalan la desviación standard de la media. Wheelwright, campaña 2019/20.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La campaña 2019/20 fue ajustada en el aspecto hídrico, pero con pocos eventos de lluvia de magnitud considerable que reconstituyeron las reservas y resolvieron la campaña (Figura 1).

En **INTA Pergamino**, la productividad alcanzó una media de 4476,9 kg ha⁻¹ (Tabla 3), los cuales pueden ser considerados adecuados para la fecha de siembra y la condición ambiental.

Se determinaron diferencias significativas entre tratamientos ($P=0,04$; cv 6,1%) (Tabla 4). Se determinó un efecto significativo de la fertilización, a excepción del tratamiento con SPS. La ausencia de respuesta a este tratamiento podría estar causada por el efecto fitotóxico del fertilizante en línea, ya que aun cuando no se determinó una reducción significativa en el número de plantas, sí aconteció con la abundancia y calidad de la nodulación (Tabla 3) y la acumulación de materia seca inicial (Tabla 4). No se comprobó diferencia de rendimiento entre dosis de Microstar CMB, ni en este caso por el agregado de bacterias. La respuesta máxima vs Control se obtuvo en T4: Microstar CMB 20, alcanzando a 701 kg ha⁻¹ (Figura 3).

Las variables más sensibles a los tratamientos fueron el número y tamaño de los nódulos, así como la proporción de funcionales (Tabla 3). También demostraron un fuerte efecto de tratamiento la materia seca inicial, vigor y altura de las plantas, el contenido de N estimado por Spad, Nudos planta⁻¹, Número de vainas y NG (Tabla 4). Evaluado a través del coeficiente de determinación (r^2) las variables que en mayor medida explicaron los rendimientos fueron Número ($r^2=0,42$), Tamaño ($r^2=0,68$), y localización de nódulos ($r^2=0,41$), su funcionalidad ($r^2=0,54$), MSeca en R3 ($r^2=0,54$), Vigor ($r^2=0,68$), altura de plantas ($r^2=0,53$), Nudos/planta ($r^2=0,82$), NG ($r^2=0,85$).

En **Wheelwright**, la productividad alcanzó una media de 5380,8 kg ha⁻¹ (Tabla 5), los cuales en este caso son muy adecuados. El sitio reúne potencial, relieve plano y napa cercana a la línea de siembra.

Las diferencias de rendimiento no alcanzaron la significancia estadística ($P=0,42$; $cv\ 7,4\%$)(Tabla 6), pero marcan tendencias que es propicio analizar. Entre los tratamientos fertilizados con SPS o Microstar, no se visualizaron diferencias marcadas. En contraposición con el sitio anterior, el incremento de 20 a 30 $kg\ ha^{-1}$ de Microstar CMB impactó en los rendimientos. La adición de bacterias promotoras de crecimiento mejoró la productividad, especialmente a la dosis más baja de Microstar CMB (T5 vs T3)(Figura 4). La respuesta máxima vs Control se obtuvo en T4: Microstar CMB 30, alcanzando a 595,3 $kg\ ha^{-1}$.

Las variables más sensibles a los tratamientos fueron el número y tamaño de los nódulos (Tabla 5). Entre las de crecimiento, se vieron favorecidas la acumulación de Materia seca, Nudos planta⁻¹ y NG (Tabla 6). Evaluado a través del coeficiente de determinación (r^2) las variables que en mayor medida explicaron los rendimientos fueron Tamaño de nódulos ($r^2=0,77$), MSeca en R3 ($r^2=0,63$), Spad ($r^2=0,42$), NDVI ($r^2=0,42$), Intercepción ($r^2=0,54$) y NG ($r^2=0,85$)

Los resultados del presente experimento permiten concluir sobre los efectos positivos de novedosas estrategias de fertilización en soja. Ambos experimentos presentaron resultados divergentes. Mientras en Pergamino, un sitio con rendimientos medios, la dosis de Microstar CMB 20 $kg\ ha^{-1}$ permitió alcanzar los rendimientos máximos, en Wheelwright con un potencial más alto se determinó mayor respuesta a dosis y al agregado de bacterias. Por otra parte, la nutrición balanceada y las características físico-químicas de la fuente parecieran primar sobre la cantidad de P agregado, haciendo competitiva a la mezcla química con respecto a SPS.

LITERATURA CONSULTADA

- * Akhtar, M., Yaqub, M., Naeem, A., Ashraf, M., & Hernandez, V. E. (2016). Improving phosphorus uptake and wheat productivity by phosphoric acid application in alkaline calcareous soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(11), 3701-3707.
- * Allan, G. G., Freepons, D. E., & Crews, G. M. (1989). U.S. Patent No. 4,832,728. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
- * Barbagelata, P. 2011. Fertilización fosfatada para trigo y maíz en siembra directa: Diagnóstico de fertilidad y estrategias de fertilización. *Actas Simposio Fertilidad 2011. IPNI-Fertilizar AC.* pp. 90-97.
- * Barraco, M., M Díaz Zorita, W. Miranda y C. 2015. Contribución de la fertilización con nitrógeno, fósforo y azufre a la productividad de maíz en la Pampa Arenosa pp116-119. *Simposio Fertilidad 2015 "Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro"*. IPNI – Fertilizar Asociación Civil. 252pp.
- * Bermudez, M. 2011. Cómo llevar a la práctica en gran escala el manejo sitio-específico de N y P. *Simposio Fertilidad 2011. Rosario-Santa Fé, Argentina.* p: 47-54
- * Bianchini, A. 2003. Localización de fósforo en siembra directa. *Simposio "El fósforo en la agricultura argentina"*. IPNI Cono Sur. pp. 79-82.
- * Bray, R and Kurtz, L.1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci* 59: 39 - 45.
- * Chien, S. H., Prochnow, L. I., & Cantarella, H. (2009). Recent developments of fertilizer production and use to improve nutrient efficiency and minimize environmental impacts. *Advances in Agronomy*, 102, 267-322.
- * Ciampitti I. y F. García. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios: Cereales, Oleaginosos e Industriales. *Informaciones Agronómicas No. 33. Archivo Agronómico No. 11.* pp. 1-4. IPNI Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires.
- *Codling, E. E. (2019). Effects of phosphorus amended low phosphorus soil on soybean (*Glycine max L.*) and wheat (*Triticum aestivum L.*) yield and phosphorus uptake. *Journal of Plant Nutrition*, 1-9.
- *Crista, F., Boldea, M., Radulov, I., Crista, L., Lato, A., Dragomir, C., ... & Lato, I. (2014). Changing the quality of maize grain after applying micro-granular fertilizers. *Research Journal of Agricultural Science*, 46(1), 166-171.
- * Crista, F., Boldea, M., RADULOV, I., LATO, A., CRISTA, L., DRAGOMIR, C., ... & Okros, A. (2014). The impact of chemical fertilization on maize yield. *Research Journal of Agricultural Science*, 46(1), 172-177.
- * Edwards, C. L., & Ruiz Diaz, D. (2016). Evaluation of Phosphorus Source and Chelate Application as Starter Fertilizer in Corn. *Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports*, 2(6), 4.
- * Ferraris, G. 2008. Fertilización de la Soja. pp 261-278. En: R. Melgar y M. Díaz Zorita (eds). *Fertilización de cultivos y pasturas. 2da edición ampliada y actualizada.* 569 pp.

- * Ferraris, G. 2010. Dosis y localización de fuentes fosforadas en trigo en el norte, centro y oeste de Buenos Aires. Campañas 2008, 2009 y 2010. En: Jornada de Cultivos de Invierno INTA-AIANBA 2010. 7 pp.
- * Ferraris, G. 2016. Evaluación de una fuente líquida fósforo-azufrada en trigo: Caracterización de su comportamiento agronómico. Informe de resultados. 7 pp.
- * Ferraris, G., F. Mousegne, et al. 2008. Efecto aditivo del agregado de diferentes nutrientes en maíz en el norte, centro y oeste de la provincia de Buenos Aires. En: IV Jornada de Maíz INTA EEA Pergamino-AIANBA. 14 pp.
- * Ferraris, GN., M. Toribio, R. Falconi, y L. Couretot. 2015. Efectos de diferentes estrategias de fertilización sobre los rendimientos, el balance de nutrientes y su disponibilidad en los suelos en el largo plazo pp137-142. Simposio Fertilidad 2015 “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. IPNI – Fertilizar Asociación Civil. 252pp.
- * Ferraris, GN. 2017. Estrategias de nutrición con fosforada en trigo: Alternativas al enfoque tradicional. Campaña 2016 Informe técnico de la EEA INTA EEA Pergamino. 7 pp.
- * Fulford, A. M., Culman, S. W., Mullen, R. W., Dygert, C. E., LaBarge, G. A., Lentz, E. M., & Watters, H. D. (2016). Corn and Soybean Response to Phosphorus and Potassium Fertilization in Ohio. *Better Crops with Plant Food*, 100(2), 7-9.
- * Gluhic, D. (2012). The use of starter fertilizers in fertilization of field crops. *Glasnik Zaštite Bilja*, 35(3), 35-35.
- * Gregoret, M.C., M. Díaz Zorita, J. Dardanelli, y R. Bongiovanni. 2011. Regional model for site-specific corn nitrogen fertilization rainfed in Haplustolls of the central pampas, Argentina. *Precision Agriculture*. 12(6):831-849.
- * Gutierrez Boem F., F. Garcia, y M. Boxler. 2010 ¿Qué tan distintos son los niveles críticos de fósforo disponible para soja, maíz y trigo? En: Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Fertilidad de Suelos y Nutrición Vegetal. Rosario, Santa Fe.
- * Gutierrez, Boem F.H. y G. Thomas. 1998. Phosphorus nutrition affects wheat response to water deficit. *Agronomy Journal* 90: 166-171.
- * Hnatowich, Garry Lawrence, et al. Methods and compositions for increasing the amounts of phosphorus available for plant uptake from soils. U.S. Patent Application No 16/004,575, 11 Oct. 2018.
- * Kaiser, D. E., Mallarino, A. P., & Bermudez, M. 2005. Corn grain yield, early growth, and early nutrient uptake as affected by broadcast and in-furrow starter fertilization. *Agronomy journal*, 97(2), 620-626.
- * Luikham, E., Kumar, K., & Mariam Anal, P. S. (2018). Influence of phosphorus on yield and quality of promising varieties of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill] under rainfed condition. *Agricultural Science Digest*, 38(1).
- * Miele, S., Bargiacchi, E., Capuzzi, L., & Russo, E. 2005. Micro-granular composition with a combined fertilizing and phyto-protective action. U.S. Patent Application No. 10/496,474.
- * Moreira, A., Moraes, L. A. C., Moretti, L. G., & Aquino, G. S. (2018). Phosphorus, Potassium and Sulfur Interactions in Soybean Plants on a Typic Hapludox. *Communications in soil science and plant analysis*, 49(4), 405-415.
- * Naville, R., C. Cerliani, G. Balboa, G. Martinez Bologna, y G. Espósito. 2015. Dosis y momento de aplicación de fósforo por zonas de manejo en maíces tardíos del sur de Córdoba pp159-164. Simposio Fertilidad 2015 “Nutriendo los suelos para las generaciones del futuro”. IPNI – Fertilizar Asociación Civil. 252pp.
- * Randall, G. W., & Hoelt, R. G. 1988. Placement methods for improved efficiency of P and K fertilizers: A review. *Journal of Production Agriculture*, 1(1), 70-79.
- * Rehm, G. W., & Lamb, J. A. 2009. Corn response to fluid fertilizers placed near the seed at planting. *Soil Science Society of America Journal*, 73(4), 1427-1434.
- * Roth, G. W., Beegle, D. B., & Antle, M. E. 2003. Evaluation of starter fertilizers for corn on soils testing high for phosphorus. *Communications in soil science and plant analysis*, 34(9-10), 1381-1392.
- * Roth, G. W., Beegle, D. B., Heinbaugh, S. M., & Antle, M. E. 2006. Starter fertilizers for corn on soils testing high in phosphorus in the northeastern USA. *Agronomy journal*, 98(4), 1121-1127.
- * Sainz Rosas, H., H.E. Echeverría, y H. Angelini, 2012. Fósforo disponible en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana argentina. *RIA Volumen 38- N°1*. pp 33-39.
- * Vázquez, M. 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. *Informaciones agronómicas del Cono Sur. Edición especial sobre el simposio “Enfoque sistémico de la fertilización fosforada”, XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Puerto Madryn- Chubut, Argentina. 16: 3-7.*
- * Weiss, M.; Baret, F.; Smith, G.J.; Jonckheere, I. and Coppin, P. 2004. Review of methods for in situ leaf area index determination, part II: Estimation of LAI, errors and sampling. *Agric. and For. Met.*, 121: 37-53.