



Ministerio de Agricultura,
Ganadería y Pesca
Argentina

**EVALUACIÓN DE CULTIVARES DE SOJA BAJO DIFERENTES
ESCENARIOS DE FERTILIZACIÓN**
SOYBEAN CULTIVARS PERFORMANCE AND FERTILIZATION SYSTEMS

**INTA EEA PERGAMINO
CAMPAÑA 2019/20**

Ings. Agrs. (MSc) Gustavo N. Ferraris y Fernando J. Mousegne

INTA EEA Pergamino. Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino

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.

El azufre (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).

Por su parte, todos los años se conducen numerosos experimentos destinados a evaluar la performance agronómica de cultivares de soja. Sin embargo, pocos estudios están dirigidos a estudiar su comportamiento diferencial ante cambios en el manejo. El presente trabajo tiene como objetivo comparar los rendimientos de cultivares de los Grupos IIIc a Vc ante diferentes combinaciones de P, S y micronutrientes. Hipotetizamos que las variedades agrupadas por longitud de ciclo o porte de la planta podrían responder diferencialmente a estrategias de construcción de fertilidad, mediante el agregado aditivo de nutrientes.

Palabras clave: soja, nutrición, interacción genotipo x manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2019/20, se realizó un experimento de campo en soja de primera, destinados a evaluar el impacto de diferentes tecnologías de fertilización 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. El espaciamiento fue de 0,40 m entre hileras. 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). El diseño del experimento fue en bloques completos al azar con dos repeticiones. El detalle de los tratamientos evaluados se describe 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.

| Genotipo | | Fertilización | | | |
|-----------|-----------------|---------------|------|-------------|------------------------------|
| Criadero | Variedad | Testigo | P 20 | P 20 + S 15 | P 20 + S 15 + Zn 1,2 + B 0,1 |
| Credenz | CZ 3.45 | X | X | X | X |
| Don Mario | DM 3312 | | | | |
| Credenz | FN 3.85 | | | | |
| Don Mario | DM 40R16 STS | | | | |
| Nidera | N 4309 RG | | | | |
| Credenz | CZ 4306 | | | | |
| Syngenta | SY 4x5 | | | | |
| Don Mario | DM 46R18 STS | | | | |
| Nidera | N 4619 STS IPRO | | | | |
| DM | DM 49R19 STS | | | | |
| Syngenta | SY 49x20 IPRO | | | | |
| Syngenta | SY 5x1 | | | | |
| Nidera | N 5028 STS | | | | |
| Nidera | N 5030 STS IPRO | | | | |

P20: Superfosfato Triple de calcio (0-20-0) 100 kg ha⁻¹
 S15: Sulfato de calcio (0-18-0) 83 kg ha⁻¹
 Zn: 1 kg ha⁻¹ agregado al suelo + 0,2 kg ha⁻¹ aplicado foliar
 B: 0,1 g ha⁻¹ de aplicación foliar

Tabla 2: Análisis de suelo al momento de la siembra, promedio de dos 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 |

La cosecha se realizó en forma mecánica, mediante una cosechadora experimental de parcelas. En el presente trabajo se describen los rendimientos, quedando para futuros avances la información de fenología, sanidad y componentes del rendimiento.

Se calculó la respuesta a P como (Rendimiento P – Rendimiento testigo) y la respuesta máxima a la fertilización como (Rendimiento máximo x variedad – Rendimiento testigo). 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 1 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 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.

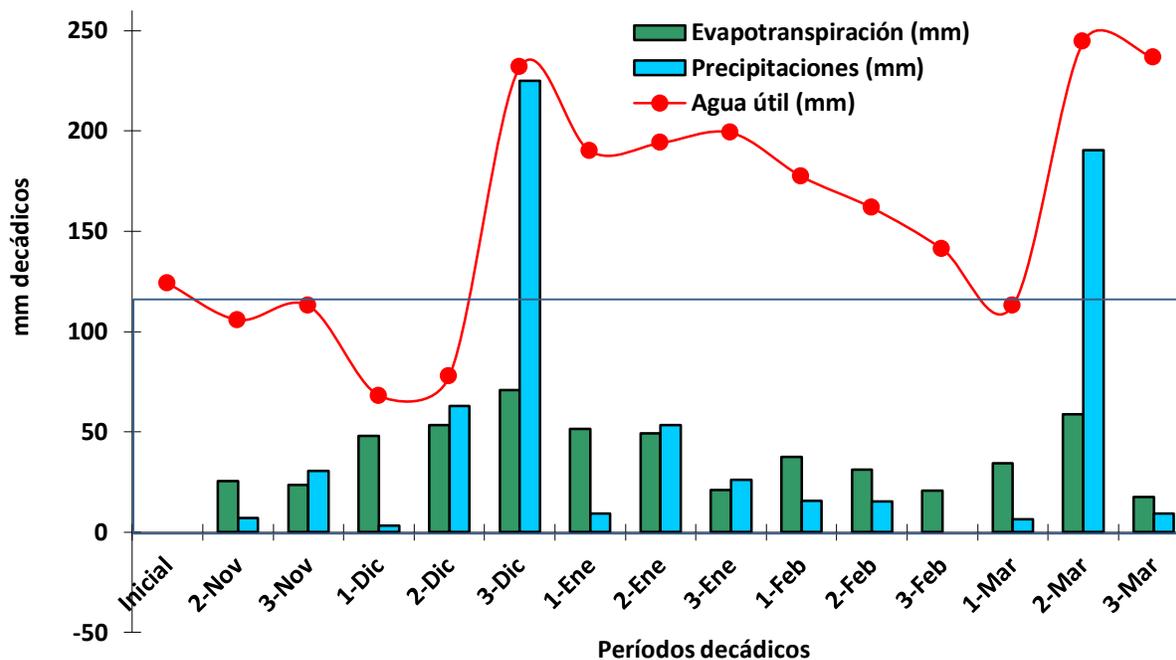


Figura 1. Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,5 m de profundidad. INTA EEA Pergamino, campaña 2019/20. Precipitaciones totales en el ciclo 631 mm. AU inicial (150 cm) 124 mm. Déficit acumulado 0 mm. El rectángulo azul indica el nivel donde AU disminuye debajo del 50%, en el cual el consumo del cultivo podría no ser el óptimo.

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: Rendimiento de variedades de soja según tratamientos de fertilización, y rendimiento y respuesta agrupada según longitud de ciclo. INTA Pergamino, campaña 2019/20.

| Tratamiento | CZ 3.45 | DM 3312 | FN 3.85 | | | | Rendimiento GIII (kg/ha) | Respuesta (kg/ha) |
|-------------|--------------|-----------|---------|------------|-----------------|-----------------|--------------------------|-------------------|
| Control | 2709 | 3304 | 4013 | | | | 3342 | |
| P | 3769 | 4225 | 5380 | | | | 4458 | 1116 |
| PS | 3988 | 4174 | 5651 | | | | 4604 | 146 |
| PS ZnB | 3883 | 5238 | 5314 | | | | 4812 | 207 |
| | 3587 | 4235 | 5089 | | | | | |
| Tratamiento | DM 40R16 | N 4309 RG | CZ 4306 | SY 4x5 | DM 46R18 | N 4619 STS lpro | Rendimiento IVc-m(kg/ha) | Respuesta (kg/ha) |
| Control | 4773 | 5980 | 5000 | 4795 | 4510 | 4861 | 4987 | |
| P | 5249 | 5512 | 6535 | 4861 | 5687 | 4781 | 5437 | 451 |
| PS | 6338 | 5132 | 5124 | 6023 | 5987 | 5205 | 5635 | 197 |
| PS ZnB | 5768 | 4762 | 6916 | 6580 | 5498 | 5390 | 5819 | 184 |
| | 5532 | 5346 | 5894 | 5565 | 5421 | 5059 | | |
| Tratamiento | DM 49R19 STS | SY 49x20 | SY 5x1 | N 5028 STS | N 5030 STS lpro | | Rendimiento IVL - Vc | Respuesta (kg/ha) |
| Control | 5029 | 4262 | 5154 | 4839 | 3487 | | 4554 | |
| P | 6126 | 4678 | 5329 | 5314 | 3421 | | 4974 | 420 |
| PS | 6140 | 5032 | 5173 | 6483 | 3171 | | 5200 | 226 |
| PS ZnB | 5855 | 5775 | 5819 | 5629 | 3545 | | 5325 | 125 |
| | 5788 | 4937 | 5369 | 5566 | 3406 | | | |

Los rendimientos alcanzaron un máximo en las variedades que abarcaron el Grupo IV (Tabla 3). Estas lograron un compromiso entre la suficiente biomasa y temprano cierre de surco, con un alto índice de cosecha. En el Grupo IIIc y IIIl la respuesta a P y Zn-B fue máxima, ya que permitió mejorar el crecimiento de las plantas, incrementando la cobertura y captura de recursos. Como tendencia central, esta fue disminuyendo en la medida que aumentaba la longitud del ciclo (Tabla 3). La respuesta a S en cambio fue más equilibrada entre ciclos.

En la Figura 2 se presentan los rendimientos medios según ciclo, y en la Figura 3 agrupados por tratamientos de nutrición.

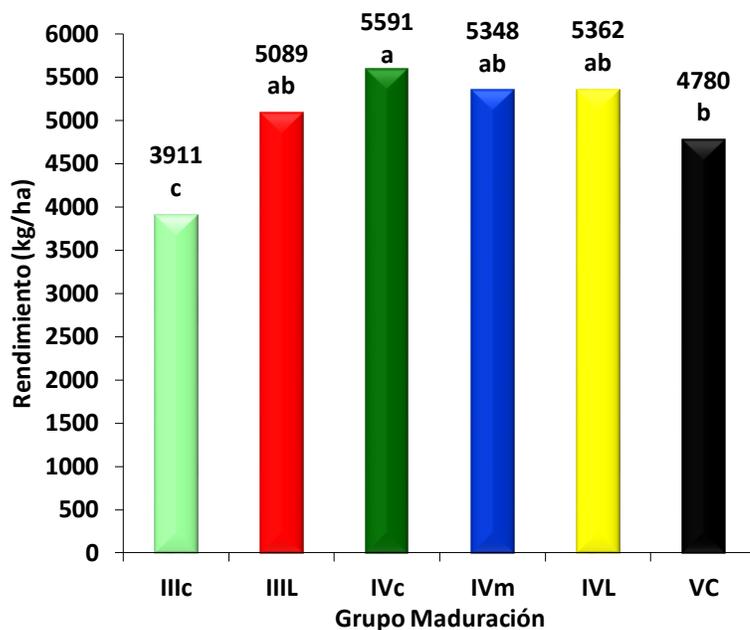


Figura 2: Rendimientos de grano según Grupo de maduración. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($LSD\alpha=0,05$). Las barras de error indican la desviación standard de la media. EEA INTA Pergamino.

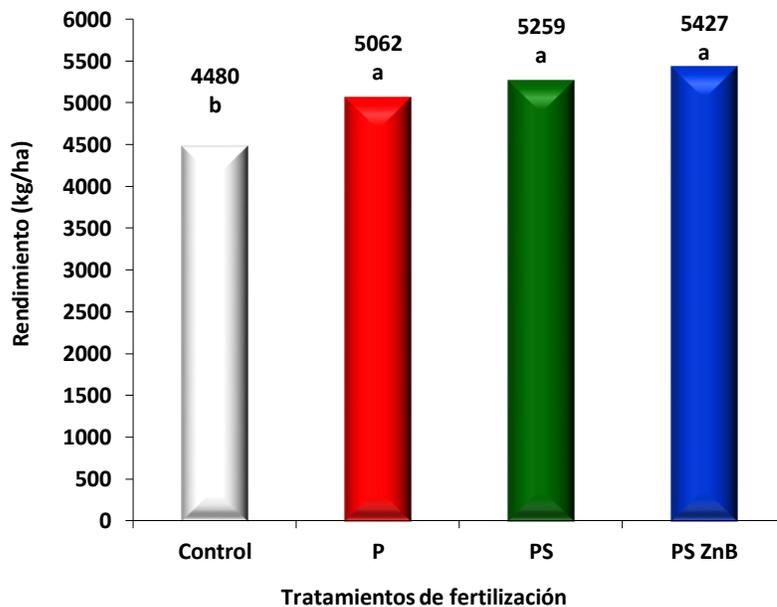


Figura 3: Rendimientos de grano según Grupo de maduración. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($LSD\alpha=0,05$). Las barras de error indican la desviación standard de la media. EEA INTA Pergamino.

Los rendimientos fueron máximos en el Grupo IV de maduración, con leves ventajas no estadísticas para en Grupo IV corto (Figura 2). El Grupo IIIl no estuvo lejos de los anteriores, perteneciendo al mismo grupo estadístico. El Grupo Vc alcanzó un rendimiento estadísticamente inferior a Grupo IVc, y el Grupo IIIc inferior al Vc, respectivamente. Como es habitual, la mayor parte de la respuesta a la fertilización se explica por el efecto P (582 kg ha^{-1}), secundado por la respuesta a S (197 kg ha^{-1}) y por último a micronutrientes (Zn – B), de 168 kg ha^{-1} (Figura 3).

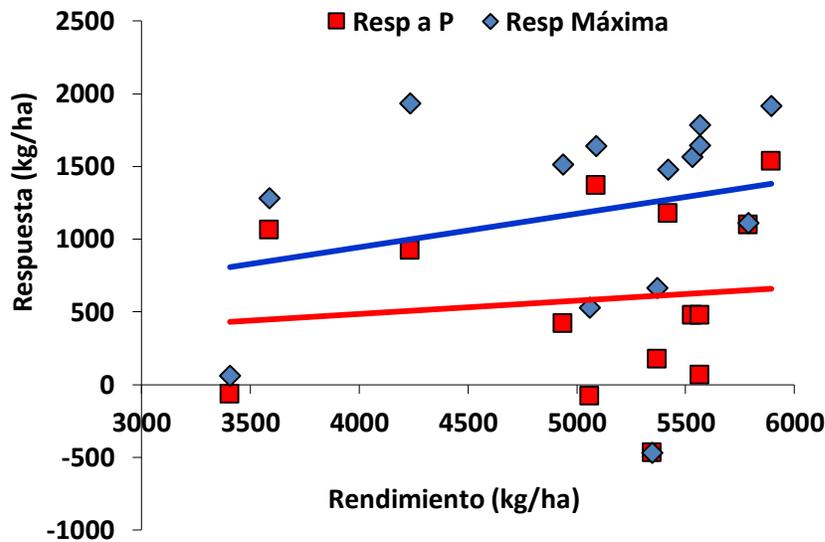


Figura 4: Relación entre respuesta a fósforo (P, cuadros rojos) o respuesta máxima a la fertilización x variedad (rombos azules) y el rendimiento medio por variedad. EEA INTA Pergamino, campaña 2019/20.

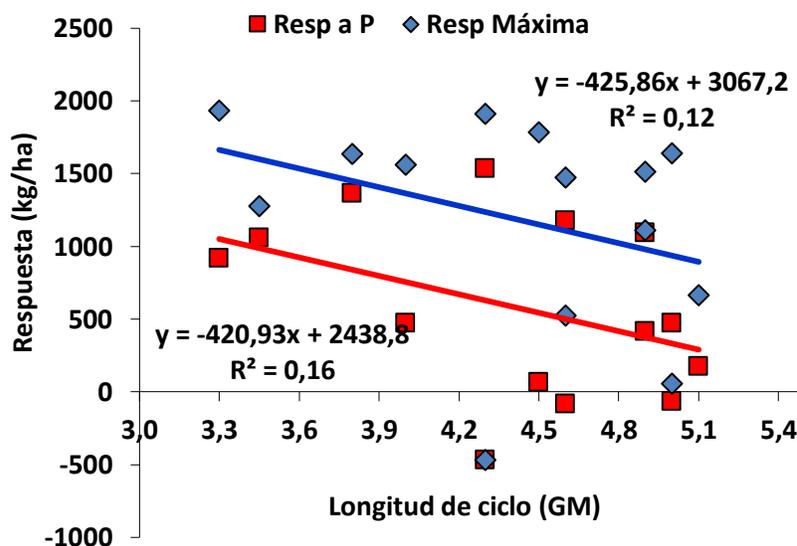


Figura 5: Relación entre respuesta a fósforo (P, cuadros rojos) o respuesta máxima a la fertilización x variedad (rombos azules) y la longitud de ciclo de las variedades ensayadas. EEA INTA Pergamino, campaña 2019/20.

La respuesta a P no presentó una relación robusta con rendimiento (Figura 4). Lo mismo sucedió con la respuesta máxima, aunque esta mostró una mayor pendiente. Esto se podría explicar por la participación de S y micronutrientes, los cuales poseen mayor movilidad en el suelo y por lo tanto son más dependiente de la demanda, respecto de P (Figura 4). En cambio, la respuesta máxima a la fertilización y la respuesta a P guardaron una relación inversa con la longitud de ciclo (Figura 5), probablemente a causa de la mayor limitación de biomasa y respuesta a crecimiento de los ciclos cortos, aunque esta relación fue de bajo ajuste.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Un experimento que combinó variedades de diferentes ciclos con estrategias de fertilización, permitió jerarquizar en orden de importancia a P, S y los microelementos Zn y B por su efecto positivo sobre los rendimientos de soja. La respuesta a P y Zn-B presentó mayor relación con la longitud de ciclo en comparación con S, cuyo comportamiento fue más estable.

La identificación de variables de cultivo que, sumado a los análisis de suelo, expliquen la respuesta a la fertilización en soja significan una contribución relevante al ajuste de modelos de recomendación más específicos y robustos a los utilizados actualmente.

LITERATURA CONSULTADA

Antonangelo, J. A., Firmano, R. F., Alleoni, L. R. F., Oliveira, A., & Zhang, H. (2019). Soybean Yield Response to Phosphorus Fertilization in an Oxisol under Long-Term No-Till Management. *Soil Science Society of America Journal*, 83(1), 173-180.

Dimkpa, C. O., Singh, U., Bindraban, P. S., Adisa, I. O., Elmer, W. H., Gardea-Torresdey, J. L., & White, J. C. (2019). Addition-omission of zinc, copper, and boron nano and bulk oxide particles demonstrate element and size-specific response of soybean to micronutrients exposure. *Science of The Total Environment*, 665, 606-616.

Fryer, M. S., Slaton, N. A., Roberts, T. L., & Ross, W. J. (2019). Validation of Soil-Test-Based Phosphorus and Potassium Fertilizer Recommendations for Irrigated Soybean. *Soil Science Society of America Journal*, 83(3), 825-837.

Grassini, P., Specht, J. E., Tollenaar, M., Ciampitti, I., & Cassman, K. G. (2015). High-yield maize-soybean cropping systems in the US Corn Belt. In *Crop physiology* (pp. 17-41). Academic Press.

Grassini, P., Torrión, J. A., Yang, H. S., Rees, J., Andersen, D., Cassman, K. G., & Specht, J. E. (2015). Soybean yield gaps and water productivity in the western US Corn Belt. *Field Crops Research*, 179, 150-163.

Hansel, F., Diaz, D., Rosa, A., & Moorberg, C. (2019). Phosphorus fertilizer placement and rate affect soybean root growth and nutrient uptake in soil with high fertility. *Agronomy Science and Biotechnology*, 5(1), 62-62.

Nogueira Martins, R., Magalhaes Valente, D. S., Fim Rosas, J. T., Souza Santos, F., Lima Dos Santos, F. F., Nascimento, M., & Campana Nascimento, A. C. (2020). Site-specific Nutrient Management Zones in Soybean Field Using Multivariate Analysis: An Approach Based on Variable Rate Fertilization. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(5), 687-700.

Quinn, D., & Steinke, K. (2019). Comparing High-and Low-Input Management on Soybean Yield and Profitability in Michigan. *Crop, Forage & Turfgrass Management*, 5(1), 1-8.

Ravi, S., Jadhav, R. L., Ravi, M. V., & Naik, A. (2019). Effect of Sulphur and Boron Nutrition on Chemical Properties of Soil after Harvest of Soybean. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 8(4), 485-489.

Ravi, S., Narayana Rao, K., Ravi, M. V., Veeresh, H., Dodamani, B. M., & Swamy, M. (2020). Effect of nutrient management approaches on seed yield and nutrient uptake of soybean-sorghum based cropping system. *IJCS*, 8(1), 2762-2766.

Rosa, A. T., Ruiz Diaz, D. A., & Hansel, F. D. (2020). Phosphorus fertilizer optimization is affected by soybean varieties and placement strategy. *Journal of Plant Nutrition*, 1-14.

Zanon, A. J., Streck, N. A., & Grassini, P. (2016). Climate and management factors influence soybean yield potential in a subtropical environment. *Agronomy Journal*, 108(4), 1447-1454.