

# TRATAMIENTOS DE INOCULACIÓN EN SOJA EFECTOS DE PROTECTORES BACTERIANOS SOBRE LA EFICACIA DE LA PREINOCULACIÓN Y SU COMPARACIÓN CON TRATAMIENTOS DE INOCULACIÓN A LA SIEMBRA

DESARROLLO RURAL-UNIDAD TERRITORIAL AGRÍCOLA  
INTA EEA PERGAMINO. CAMPAÑA 2012/13

Ings. Agrs. *Gustavo Ferraris y Lucrecia Couretot*

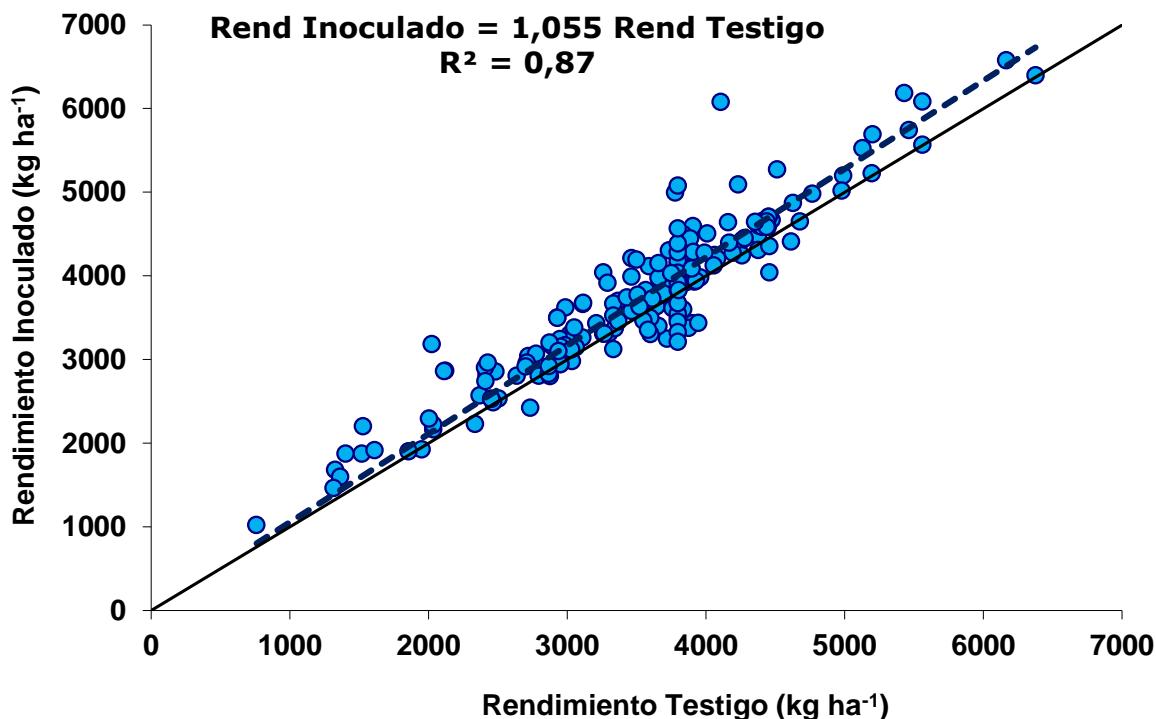
*Proyecto Regional Agrícola-CRBAN. UCT Agrícola - Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino.*

*Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino*

*[nferraris@pergamino.inta.gov.ar](mailto:nferraris@pergamino.inta.gov.ar)*

## INTRODUCCIÓN

El Nitrógeno (N) es el elemento que presenta mayor demanda por parte del cultivo de soja, y la fijación biológica del nitrógeno (FBN) atmosférico el principal medio para abastecerlo, motivo por el cual este proceso debe ser optimizado. El presente trabajo, se orienta a una validación y testeo de un inoculante presente en el mercado, en cuya formulación contiene bacterias fijadoras de N y micorrizas. Se estudia la eficiencia de tratamientos a la siembra y de preinoculación, y la mejora sobre este último por el uso de un protector bacteriano para preinoculación. Visto que la respuesta a la inoculación aumenta con la mejora del ambiente productivo y los rendimientos (Figura 1), se estudia la interacción entre inoculación y fertilización fosforada.



**Figura 1:** Relación entre rendimiento de tratamientos inoculados y testigo, según nivel de productividad. La pendiente positiva indica un aumento de 5,5 % adicional por cada punto de incremento en los rendimientos. Pergamino, Bs As, campaña 2012/13. Precipitaciones totales 495 mm. Déficit acumulado 0 mm.

El objetivo de este proyecto fue 1. Evaluar la respuesta al inoculante Efecthor Plus conteniendo el inoculante Crinigan para soja, en diferentes tiempos de inoculación y 2. Evaluar la interacción con la fertilización con fósforo (P), azufre (S) y zinc (Zn). Hipotetizamos que: 1. Usando los protectores adecuados, los tratamientos de preinoculación presentan similar eficacia que los realizados al momento de la siembra y 2. La fertilización de base usada como complemento de las bacterias fijadoras de nitrógeno, producen efectos aditivos sobre los rendimientos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2012/13 se realizó un experimento destinado a evaluar el impacto de tratamientos biológicos de semilla y protectores bacterianos sobre el crecimiento, la nodulación, el contenido de N estimado por Spad y la producción de Soja. El ensayo se implantó en la localidad de Pergamino, sobre un suelo Serie Pergamino, de muy buena productividad. Los tratamientos fueron aplicados en soja de primera. La siembra se realizó el día 30 de noviembre, con la variedad DM 3810 RR, en hileras espaciadas a 0,525 m. La inoculación previa se realizó el día 3 de noviembre, para los tratamientos en que correspondiera. El sitio experimental registra una rotación agrícola continua con varios cultivos de soja en la secuencia. El antecesor fue maíz. Durante el ciclo se realizaron tres aplicaciones de Glifosato, a la dosis de 3lha<sup>-1</sup> acompañadas de un coadyuvante organosiliconado. Se aplicaron insecticidas para prevenir el ataque de oruga bolillera y chinches. Las parcelas se mantuvieron totalmente libres de malezas y plagas.

El diseño del ensayo correspondió a bloques completos al azar con cuatro repeticiones y seis tratamientos dispuestos en arreglo factorial (3 x 2) siendo los factores: **1.** Tratamientos biológicos de semilla y **2.** fertilización 1. PS 0 kg ha<sup>-1</sup> y 2. 135 kg ha<sup>-1</sup> de una mezcla física de composición (12-17-0-S10 Zn1). Los detalles de los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 1. Por su parte, el análisis del suelo del sitio se presenta en la Tabla 2.

**Tabla 1:** *Tratamientos de Inoculación y fertilización fósforo-azufrada evaluados en el ensayo. Soja. Pergamino, campaña 2011/12.*

Trat	Denominación	Tratamiento	Momento de aplicación	Niveles de fertilización
T1	Testigo			PS0: Testigo sin fertilización  MESZ: 12- 17-0-S10 -Zn1
T2	Efactor Plus	Inoculante	Preinoculado 27 das	
T3	Efactor Plus	Inoculante + Polímero	Preinoculado 27 das	
T4	Efactor Plus	Inoculante Dosis Simple	Siembra	

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

Prof	pH		Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5		%		mg kg <sup>-1</sup>	ppm	kg ha <sup>-1</sup>	ppm
0-20	5,7		2,62	0,131	9,1	11,1	44,4	7,7
	Magnesio	Potasio	Calcio	Zinc	Manganeso	Cobre	Hierro	Boro
	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0-20	214	555	1240	0,47	34,4	1,55	90,6	0,44

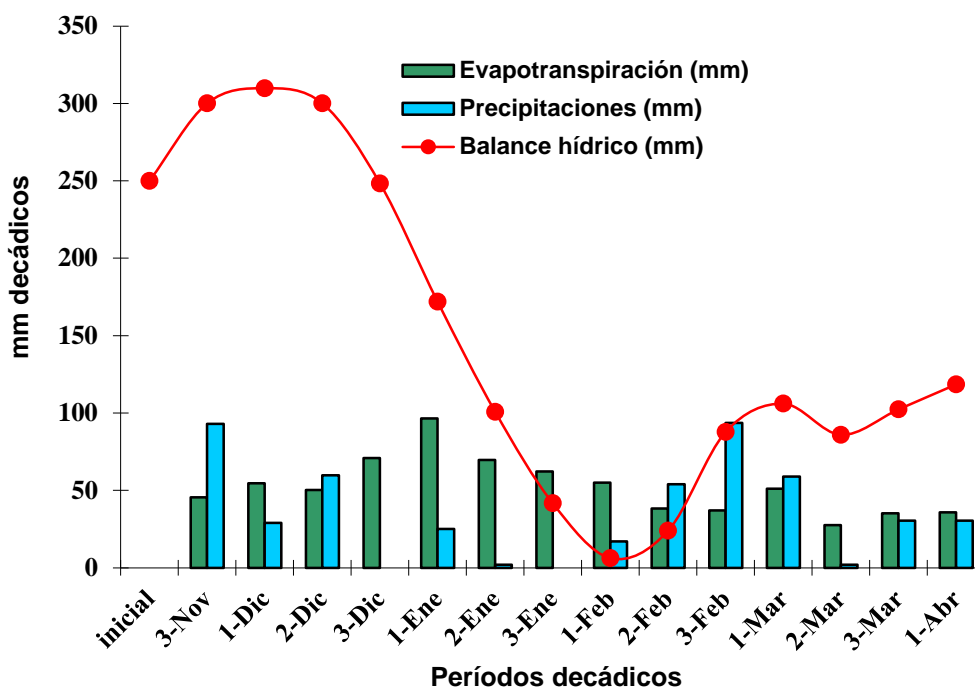
Se recontaron plantas, y en el estado V3 se realizó una evaluación de infectividad, considerando infectivas aquellas plantas con más de tres nódulos activos y morfológicamente normales. En R4 se cuantificó el número de nódulos efectivos en raíz principal (RP) y raíz secundaria

(RS), sobre cinco plantas de cada parcela. Posteriormente, se pesaron los nódulos y se determinó la distribución entre RP y RS. Cualitativamente, se evaluó su funcionalidad a través del color y su tamaño. En el mismo estado, se realizó una estimación indirecta del contenido de N por medio del medidor de clorofila Minolta Spad 502, la cobertura mediante procesamiento con software específico de imágenes digitales, y el vigor a través de un índice cuantitativo de calidad del cultivo. La recolección se realizó con una cosechadora experimental automotriz. Sobre una muestra de cosecha se determinaron los componentes del rendimiento, 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 1 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. La campaña 2012/13 se caracterizó por la ocurrencia de dos etapas contrastantes: una primavera sumamente húmeda para dar paso a un prolongado período seco donde el cultivo sostuvo su producción a partir de la reservas acumuladas en la etapa anterior (Figura 2).



**Figura 2:** Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 2 m de profundidad. Pergamino, Bs As, campaña 2012/13. Precipitaciones totales 495 mm. Déficit acumulado 0 mm.

### RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

En la Tabla 3 se presenta la evaluación de nodulación en el cultivo, y en la Tabla 4, el rendimiento, sus componentes y otras variables asociadas.

**Tabla 3:** Infectividad, Nódulos x planta en raíz principal (RP) y Raíz secundaria (RS), funcionalidad determinada por coloración y tamaño de los nódulos. Para cada variable, en una misma dosis de fertilizante, se destaca en negrita el mejor tratamiento. Inoculación y fertilización fósforo-azufrada en Soja. Pergamino, campaña 2012/13.

Trat.	Fertilización	Infectividad V3	Nod en RP	Nod en RS	% Nód en RP	Color nódulo	Tamaño
T1	PS 0	90	3	7	30	rojo-verde	M
T2		100	8	<b>20</b>	33	rojo	M
T3		100	<b>20</b>	4	<b>70</b>	rojo	<b>G</b>
T4		100	12	4	60	rojo	M
T1	MESZ 135 kg	90	5	<b>15</b>	40	rojo-verde	M
T2		100	<b>17</b>	5	70	rojo	MG
T3		100	<b>17</b>	4	<b>80</b>	rojo	<b>G</b>
T4		100	15	<b>15</b>	60	rojo	<b>G</b>
<b>R2 vs rendimiento</b>			<b>0,58</b>	<b>0,02</b>	<b>0,52</b>		

V3: Estado de 3 hojas expandidas. Nódulos rojos indica funcionales

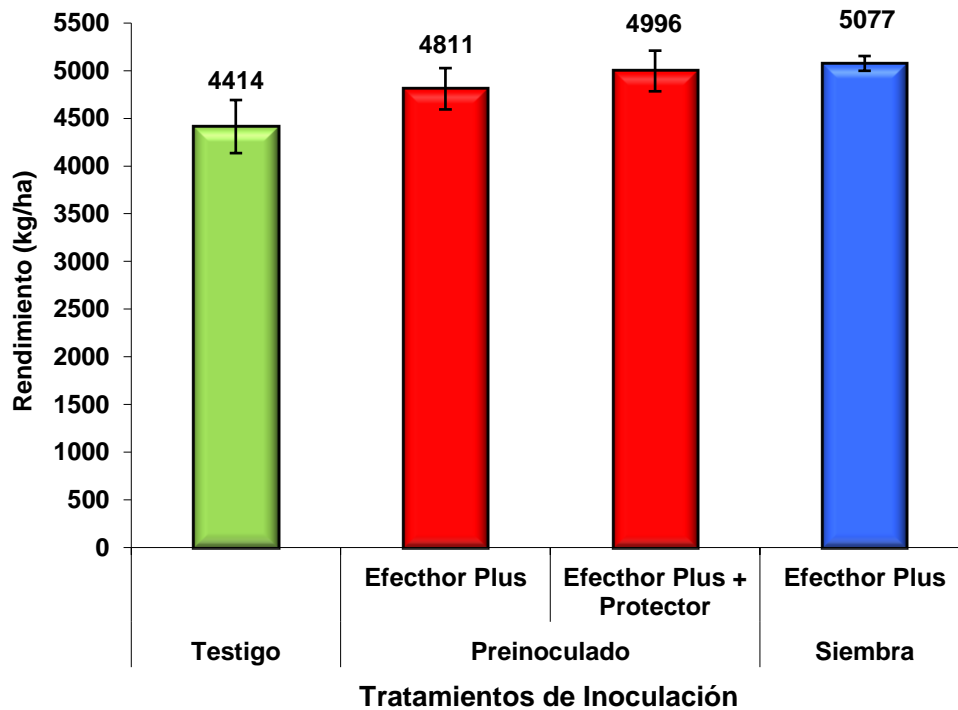
M: nódulos medianos. G: nódulos grandes

**Tabla 4:** Densidad, altura de planta (cm), Índice de Vigor, altura (cm), Cobertura, Índice verde (Unidades Spad), vuelco, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Para cada variable, en una misma dosis de fertilizante, se destaca en negrita el mejor tratamiento. Inoculación y fertilización fósforo-azufrada en Soja. Pergamino, campaña 2012/13.

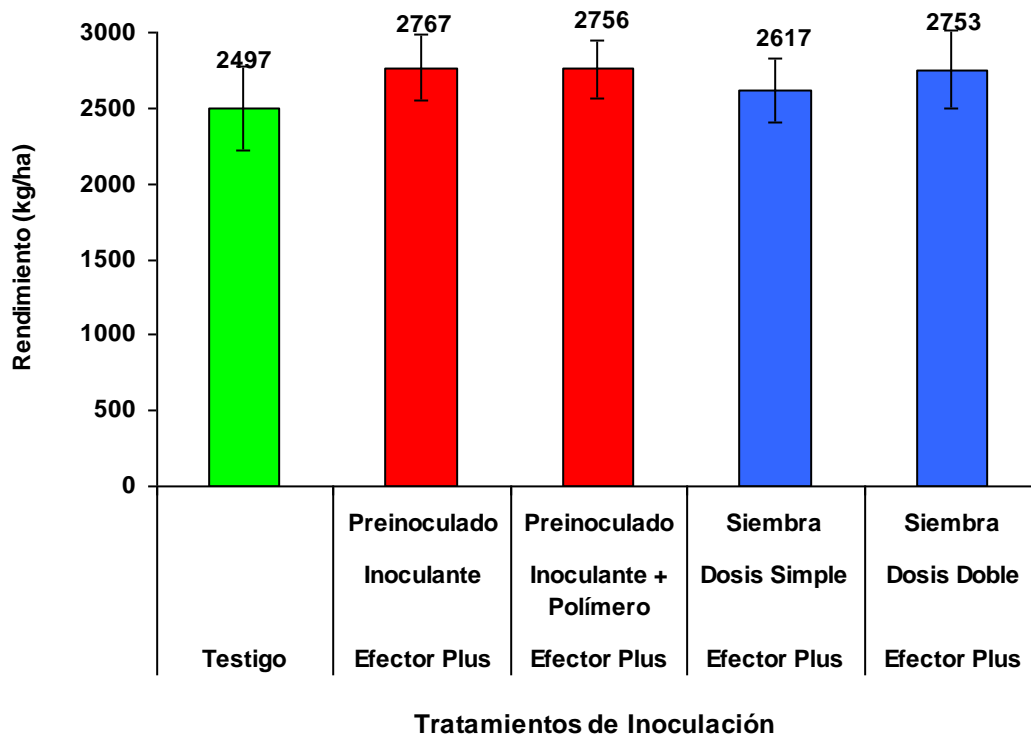
Trat.	Fertilización	Plantas m <sup>-2</sup>	Altura (cm)	Vigor R4	Cobertura R4	Spad R4	Vuelco R5,5	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	NG	PG	Dif. sobre T1 (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	PS 0	26,0	60	3,0	94	<b>44,0</b>	1	<b>4010</b>	2213	181,2	
T2		28,6	<b>76</b>	3,6	<b>97</b>	42,7	1	<b>5057</b>	2512	<b>186,0</b>	1047
T3		28,6	73	<b>3,7</b>	96	43,3	1	<b>4672</b>	2737	184,8	662
T4		<b>30,5</b>	75	3,6	94	43,7	1	<b>5078</b>	<b>2742</b>	185,2	1068
T1	MESZ 135 kg	27,1	72	3,0	93	42,6	1	<b>4818</b>	2659	181,2	
T2		31,4	<b>75</b>	3,4	<b>97</b>	43,0	1	<b>4935</b>	2659	186,2	117
T3		31,0	74	3,3	92	<b>44,2</b>	1	<b>4951</b>	2667	185,0	133
T4		<b>34,3</b>	<b>75</b>	<b>3,7</b>	95	43,9	1	<b>5076</b>	<b>2700</b>	<b>188,0</b>	258
<b>R2 vs rendimiento</b>		<b>0,49</b>	<b>0,78</b>	<b>0,44</b>	<b>0,01</b>	<b>0,01</b>			<b>0,98</b>	<b>0,42</b>	
<b>Tratamientos de inoculación (P=)</b>								<b>0,23</b>			
<b>Fertilización PS (P=)</b>								<b>0,31</b>			
<b>Interacción Pre-inoculación * Fertilización PS (P=)</b>								<b>0,49</b>			
<b>CV (%)</b>								<b>9,1</b>			

V3: Estado de 3 hojas expandidas, R4 (vaina de máximo tamaño) y R5,5 (granos a mitad de llenado) 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. Vuelco: Según escala 1: todas las plantas erectas – 5: todas las plantas volcadas.



**Figura 3:** Rendimiento de grano de soja como resultado de tratamientos biológicos, promedio de dos niveles de fertilización con fósforo, azufre y zinc. Pergamino, campaña 2012/13. Las líneas de error indican la desviación standard de la media.



**Figura 4:** Rendimiento de grano de soja como resultado de tratamientos de inoculación, promedio de dos niveles de fertilización fósforo-azufrada. Pergamino, campaña 2011/12. Las líneas de error indican la desviación standard de la media.

## **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

\* Las condiciones ambientales fueron favorables para la obtención de rendimientos adecuados, gracias a las reservas hídricas acumuladas durante la primavera.

\* Los tratamientos de inoculación incrementaron el número de nódulos en RP y RS, y aumentaron la proporción en RP sin diferencias marcadas entre estrategias. En algunos tratamientos mejoraron el tamaño de los nódulos y su viabilidad (Tabla 3). La correlación entre rendimiento y calidad de nodulación fue moderada y positiva (Tabla 3).

\* NG, PG, Altura, densidad y vigor de plantas mostraron una correlación elevada y significativa con los rendimientos (Tabla 4).

\* Los efectos de tratamientos de inoculación, fertilización y su interacción no fueron significativos ( $P > 0,10$ ), aun con un coeficiente de variación relativamente bajo (9,1 %, Tabla 4). Un reducido número de tratamientos disminuye los Grados de Libertad (GL), aumentando la diferencia mínima significativa (DMS) a un valor superior a la respuesta agronómica esperable.

\* Sin embargo, esto no impidió visualizar una tendencia positiva por la inoculación con las bacterias contenidas en el inoculante. En este experimento, la respuesta fue más acentuada sin fertilizante (rango 662-1068 kg ha<sup>-1</sup>) vs con fertilizante (117 258 kg ha<sup>-1</sup>). En promedio de dos niveles de fertilización, la respuesta se mostró independiente del momento de inoculación (anticipado o siembra) y del uso de protector bacteriano, aunque este aportó una ligera mejora (Figura 3). Un comportamiento similar se verificó en un experimento de la campaña 2011/12, bajo condiciones climáticas contrastantes (Figura 4).

\* Los resultados obtenidos en las dos últimas campañas evidencian una adecuada aptitud del inoculante para la realización de tratamientos anticipados, permitiendo obtener similar nodulación y rendimiento que los tratamientos a la siembra. En general, este comportamiento se verificó aun sin el uso del polímero de protección, aunque durante la segunda campaña mejoró levemente los rendimientos.