

# EVALUACIÓN DE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS CON *BRADYRHIZOBIUM JAPONICUM* Y *AZOSPIRILLUM BRASILIENSE* EN SOJA

## EFFECTOS SOBRE LA FIJACIÓN DE NITRÓGENO Y EL RENDIMIENTO

### 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 inoculantes formulados sobre la base de *Bradyrhizobium japonicum* (*Bj*) y *Azospirillum brasilense* (*Azpb*), en comparación con testigos absolutos.

Los objetivos de este trabajo fueron 1) Cuantificar el efecto sobre el crecimiento, la nodulación y el rendimiento de inoculantes para soja, incluyendo formulaciones con *BJ*, y la combinación con el Microorganismo Promotor del Crecimiento Vegetal (PGPM) *Azpb*. Hipotetizamos que 1. Los inoculantes conteniendo *Bj* y *Azpb* incrementan los rendimientos de soja al permitir mayor fijación de N, solubilización de otros nutrientes y estímulos al crecimiento vegetal y 2. El efecto sobre el sistema es potenciado por un año de buenas precipitaciones, mejores prácticas de nutrición como la fertilización fósforo-azufrada y el uso de PGPM.

**Palabras clave:** Soja, *Bradyrhizobium japonicum*, *Azospirillum brasilense*, formulaciones, efectos aditivos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se implantó en la localidad de Wheelwright, sobre un suelo Serie Hughes, de alta productividad. Los tratamientos fueron aplicados en soja de primera. La siembra se realizó el día 26 de noviembre, con la variedad FN 3.85 RR, en hileras espaciadas a 0,525 m. 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, y una de fungicida en R4. Se utilizaron 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 al de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos consistieron en el uso de inoculantes conteniendo bacterias fijadoras de N de la especie *BJ*, y el promotor de crecimiento *Azpb*. El detalle de los tratamientos evaluados se presenta en la Tabla 1. Por su parte, el análisis del suelo del sitio se describe en la Tabla 2.

**Tabla 1:** *Tratamientos biológicos sobre semilla de Soja. Wheelwright, campaña 2012/13.*

T	Descripción
T1	Testigo
T2	<i>Bradyrhizobium japonicum (Bj)</i>
T3	<i>Bradyrhizobium japonicum (Bj)</i> + <i>Azospirillum brasiliense (Azpbr)</i>
T1	Testigo
T2	<i>Bradyrhizobium japonicum (Bj)</i>
T3	<i>Bradyrhizobium japonicum (Bj)</i> + <i>Azospirillum brasiliense (Azpbr)</i>

*Bj:* *Bradyrhizobium japonicum*

*Azpbr:* *Azospirillum brasiliense*

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

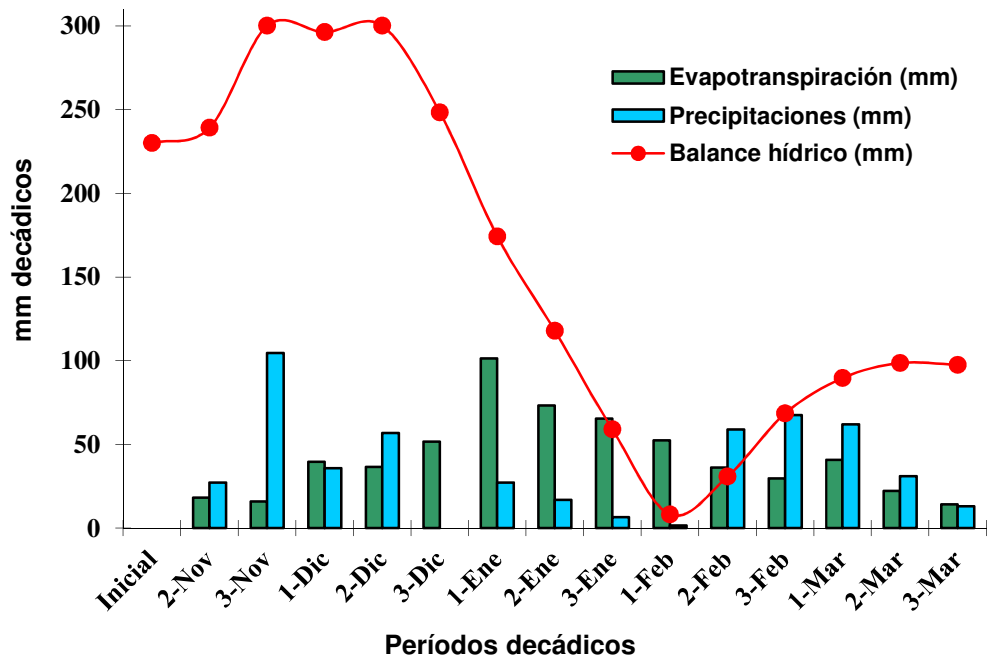
Prof	pH		Materia Orgánica	N total	Fósforo disponible	N-Nitratos (0-20) cm	N-Nitratos suelo 0-60 cm	S-Sulfatos suelo 0-20 cm
	agua 1:2,5		%		mg kg <sup>-1</sup>	ppm	kg ha <sup>-1</sup>	Ppm
0-20	5,7		3,32	0,166	9,1	26,1	100,4	8,6
	Magnesio	Potasio	Calcio	Zinc	Manganeso	Cobre	Hierro	Boro
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
0-20	220	719	1483	1,5	47,8	1,75	85,9	0,81

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 determinó la altura de las plantas, el número de vainas y los componentes del rendimiento, número (NG) y peso (PG) de los granos. Los resultados fueron analizados por partición de la varianza, comparaciones de medias y análisis de regresión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### A) 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 que luego dio paso a un prolongado período seco donde el cultivo sostuvo su producción a partir de las reservas acumuladas en la etapa anterior (Figura 1).



**Figura 1:** Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 2 m de profundidad. Wheelwright, Santa Fe, campaña 2012/13. Precipitaciones totales 508 mm. Déficit acumulado 0 mm.

**B) RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS**

Los datos de nodulación se presentan en la Tabla 3, mientras que las variables de cultivo cuantificadas en el experimento se encuentran en la Tabla 4.

**Tabla 3:** Infectividad, Nódulos x planta en raíz principal (RP) y Raíz secundaria (RS), funcionalidad determinada por coloración y tamaño de los nódulos. Tratamientos de inoculación en soja. Wheelwright, campaña 2012/13.

Tra t	Testigo	Infectividad V3	Nod en RP	Nod en RS	% Nód en RP	Color nódulo	Tamaño
T1	Testigo	100	5	20	25	rojo	M
T2	Inoculado Bj	100	15	20	60	rojo	G
T3	Inoculado Azpbr	100	5	15	40	rojo	M
T4	Testigo	100	10	5	66	rojo	M
T5	Inoculado Bj	100	15	11	65	rojo	M
T6	Inoculado Azpbr	100	20	15	70	rojo	G

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

Coloración nódulos: r: rojo, v: verde

M: nódulos medianos. G: nódulos grandes

**Tabla 4:** Densidad, altura de planta (cm), índice de vigor, cobertura, índice verde (Unidades Spad), vuelco, número de vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Tratamientos de inoculación en Soja. Wheelwright, campaña 2012/13.

Trat.	Plantas / m lineal	Altura (cm)	Vigor R4	Cobertura R4	Spad R4	Vuelco R5,5	Vainas /m <sup>2</sup>	Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	NG	PG	Dif. sobre T1 (kg ha <sup>-1</sup> )
T1	10	101	3,7	95	42,2	1	1213	4095	2426	168,8	
T2	11	96	3,7	95	43,0	1	1242	4214	2483	172,6	119
T3	11	92	3,5	96	44,2	1	1224	4310	2449	163,4	95
T1	10	97	3,7	98	44,3	1	1213	4095	2426	168,8	
T2	11	107	4,0	95	44,2	1	1242	4214	2483	172,6	119
T3	11	100	4,2	99	43,0	1	1224	4310	2449	163,4	95
Tratamientos de inoculación (P=)								0,45			
CV (%)								5,35			

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.

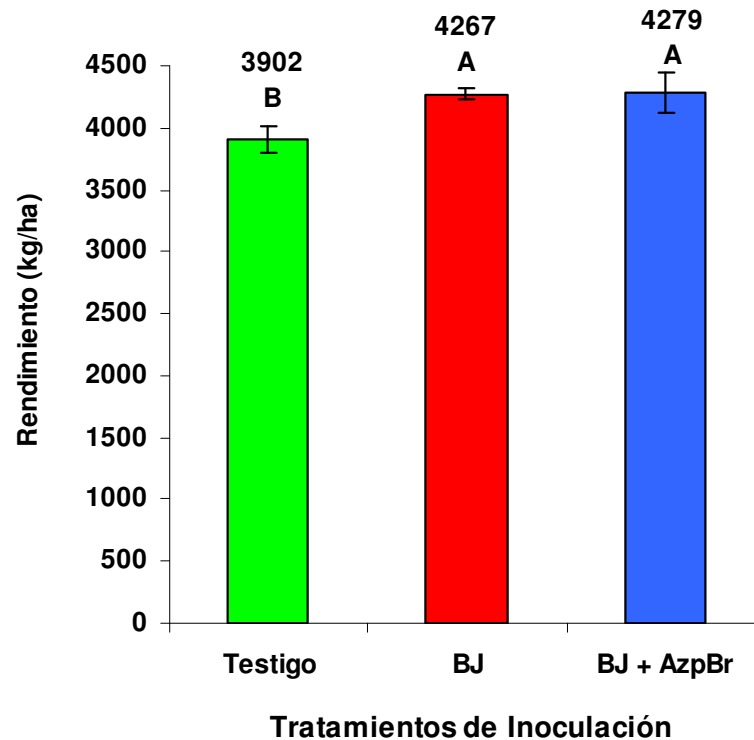


Figura 2.a. Pergamino 2011/12

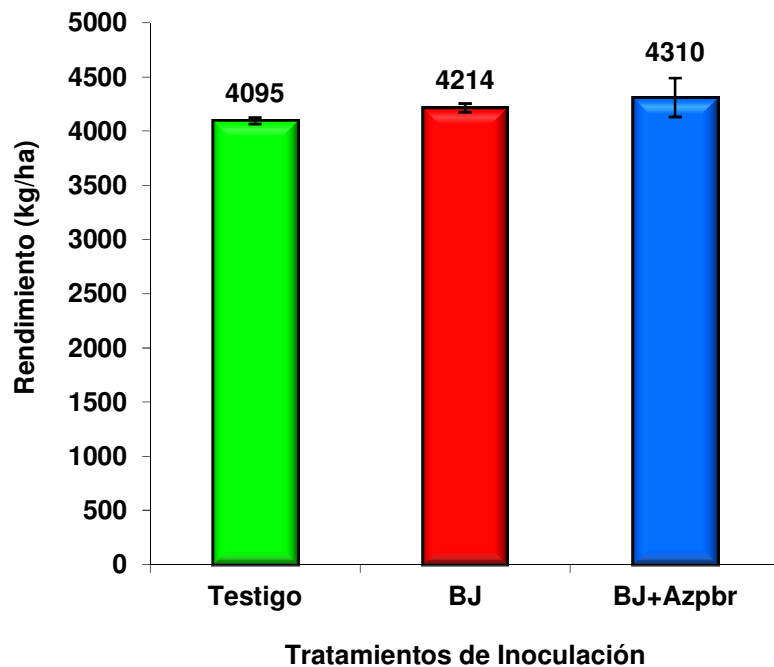


Figura 2.b. Wheelwright 2012/13

**Figura 2:** Rendimiento de grano como resultado de tratamientos de inoculación sobre semilla de soja. a) Pergamino, campaña 2011/12. b) Wheelwright, campaña 2012/13. Letras distintas sobre las columnas representan diferencias significativas entre tratamientos ( $\alpha=0,05$ ). Las líneas de error indican la desviación standard de la media.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

\* Las condiciones ambientales fueron favorables para la expresión de los tratamientos evaluados, permitiendo obtener una alta productividad de soja. La media de rendimiento del ensayo alcanzó a  $3839 \text{ kg ha}^{-1}$ .

\* Durante la campaña 2012/13, se confirmó la tendencia agronómica observada durante la campaña anterior, que jerarquiza en primer lugar el efecto de B<sub>j</sub> como el microorganismo de mayor importancia, seguido por Azpbr con un impacto moderado. Los efectos de tratamientos de inoculación fueron significativos durante 2011/12 ( $P=0,06$ ;  $cv=5,1\%$ )(Figura 2.a) y no alcanzaron la significancia estadística en 2012/13 ( $P=0,45$ ;  $cv=5,35\%$ )(Figura 2.b).

\*Las diferencias de rendimiento por la inoculación con B<sub>j</sub> alcanzaron a  $119 \text{ kg ha}^{-1}$ , siendo de  $214 \text{ kg ha}^{-1}$  cuando se integraron B<sub>j</sub> y Azpbr. Estas diferencias se explican a partir de cambios positivos en el número de vainas y NG.

\* La respuesta a los microorganismos evaluados se mostró estable aun bajo condiciones ambientales muy contrastantes, lo cual muestra a la práctica como confiable ante una gran variedad de ambientes productivos.

\*Analizados globalmente, los resultados de dos campañas de ensayos permiten aceptar la hipótesis propuesta, que sugiere incrementos en la fijación de N y el rendimiento como resultado de la inoculación con B<sub>j</sub>, aun bajo condiciones ambientales contrastantes. La tendencia positiva se mantuvo en Azpbr, aunque con menor magnitud que en B<sub>j</sub>.