

**TRATAMIENTOS CON QUITOSANOS EN EL CULTIVO DE SOJA
FORMULACIONES, TECNOLOGÍAS DE APLICACIÓN Y RESPUESTA AGRONÓMICA
INTA EEA PERGAMINO. CAMPAÑA 2014/15**

Ing. Agr. (MSc) Gustavo N. Ferraris

INTA EEA Pergamino.
Av Frondizi km 4,5 (B2700WAA) Pergamino
ferraris.gustavo@inta.gob.ar

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo, se orienta a la evaluación de tratamientos con agregados de quitosanos sobre semilla y por vía foliar en soja. Se evalúa su efecto como promotor de crecimiento, sobre la nodulación y el rendimiento final del cultivo. La información científica sobre efectos específicos es escasa, pero se presume de sus acciones favorables por su composición físico-química y sus propiedades biológicas.

El objetivo de esta experiencia fue evaluar el efecto aditivo de tratamientos con Quitosanos aplicados sobre semilla y por vía foliar, sobre el crecimiento, acumulación de nitrógeno y productividad del cultivo de soja en siembra directa. Hipotetizamos que 1. Es posible obtener efectos de promoción de crecimiento característicos de los tratamientos de semilla, mediante el agregado de compuestos orgánicos que producen señales como factores de crecimiento y 2. Se puede favorecer el crecimiento en etapas reproductivas mediante tratamientos foliares, capaces de prolongar la duración del área foliar al cubrir incipientes carencias nutricionales y provocar un estímulo sobre la fisiología de las plantas.

Palabras clave: Soja, quitosanos, nutrición, fisiología vegetal, nuevos desarrollos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2014/15, se condujeron dos ensayos de campo en soja de primera. El primero consistente en tratamientos de semilla en Pergamino (Bs As), sobre un suelo Serie Pergamino (Argiudol típico, IP=85,5). La variedad elegida fue Nidera A 4611 RGSTS, en hileras espaciadas a 0,525 m. La siembra se realizó el 12 de Diciembre. Durante el ciclo se realizaron tres aplicaciones de Glifosato, y una aplicación 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 experimento fue conducido con un diseño en bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Los detalles de los tratamientos evaluados se describen en la Tabla 1.

El segundo ensayo fue instalado en la localidad de La Trinidad (General Arenales), sobre un suelo Serie Rojas (Argiudol típico), Clase I, IP=0,95. La siembra se realizó el día 5 de noviembre, con la variedad Nidera 4413 RGSTS, en hileras espaciadas a 0,46 m. La semilla fue inoculada con una solución conteniendo 1×10^{10} bacterias de *B. japonicum* cepa E109 y recibió una fertilización de base con 100 kg ha⁻¹ de Superfosfato simple de calcio. Los tratamientos se describen en la Tabla 2. Por su parte, el análisis del suelo de los sitios se presenta en la Tabla 3.

Tabla 1: *Tratamientos de semilla evaluados en el experimento. Soja, Pergamino, campaña 2014/15.*

	Tratamientos biológicos	localización	Dosis
T1	Testigo		
T2	Raisan C	semilla	10 g/kg
T3	Raisan SC	semilla	4,57 g/kg
T4	Raisan CoMo	semilla	8,39 g/kg

Tabla 2: *Tratamientos foliares evaluados en el ensayo. Soja, La trinidad, campaña 2014/15.*

	Tratamientos biológicos	localización	Dosis
T1	Testigo		
T2	Raisan C	Foliar R1+R3	1400 ml/ha + 1400 ml/ha
T3	Raisan SC	Foliar R1+R3	650 ml/ha + 650 ml/ha
T4	Raisan Micro Soja	Foliar R1+R3	2500 ml/ha + 2500 ml/ha

Tabla 3: *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 ⁻¹	ppm	kg ha ⁻¹	ppm
Perg 0-20	5,5		3,28	0,164	17,9	14,0	56,0	11,4
La Trin 0-20	5,5		3,28	0,164	17,9	14,0	56,0	11,4
	Calcio	Magnesio	Potasio	Zinc	Manganeso	Cobre	Hierro	Boro
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
0-20	1397	201	493	0,78	51,8	1,37	96,8	0,42
0-20	1397	201	493	0,78	51,8	1,37	96,8	0,42

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 sensor Green seeker, 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 las Figuras 1 se presentan las precipitaciones determinadas en el sitio experimental y la evapotranspiración del cultivo, así como el balance hídrico decádico. La campaña se desarrolló bajo condiciones ambientales muy favorables, con precipitaciones abundantes y temperaturas moderadas. El balance hídrico no evidenció déficit en ningún estado fenológico (Figuras 1 y 2).

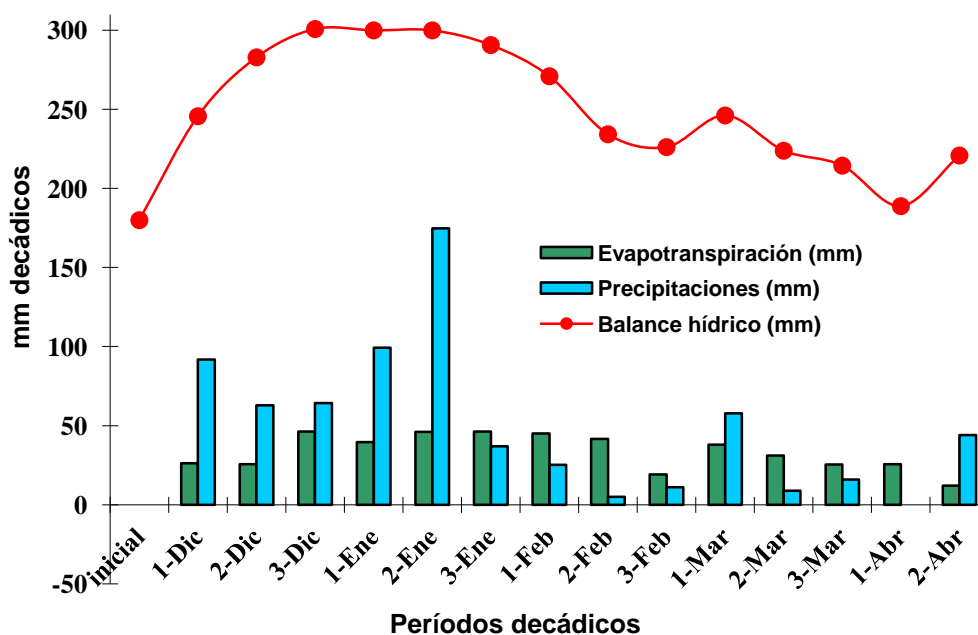


Figura 1: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,4 m de profundidad. Pergamino, campaña 2013/14. Precipitaciones totales en el ciclo 698,1 mm. AU inicial (160 cm) 180 mm. Déficit acumulado 0 mm.

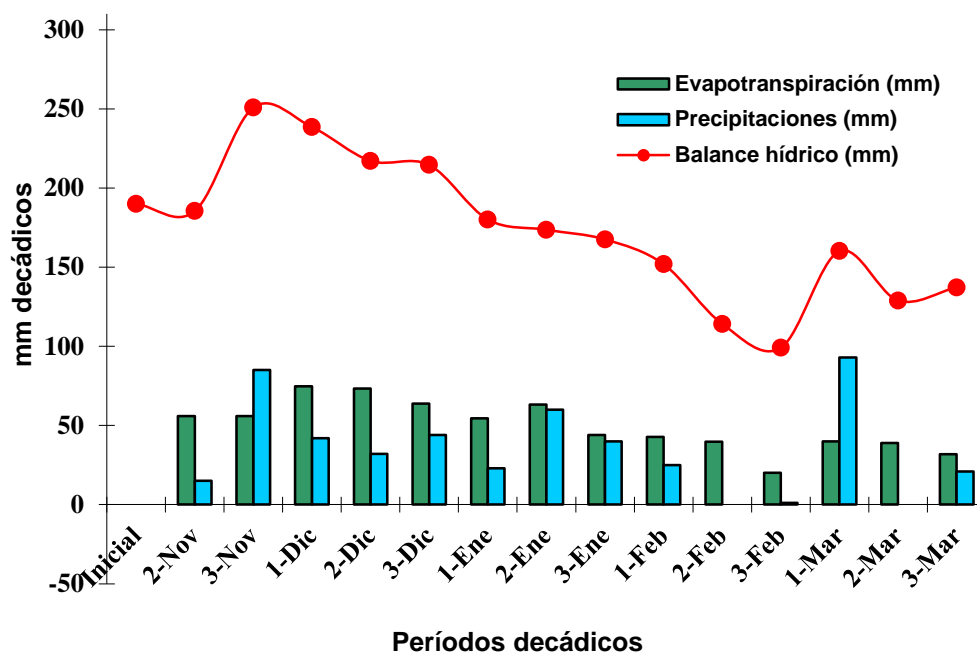


Figura 2: Precipitaciones, evapotranspiración y balance hídrico decádico considerando 1,6 m de profundidad. La Trinidad, campaña 2014/15. Precipitaciones totales en el ciclo 481,0 mm. AU inicial (160 cm) 180 mm. Déficit acumulado 0 mm.

B) RESULTADOS DE LOS EXPERIMENTOS

B.1. ENSAYO PERGAMINO. TRATAMIENTOS DE SEMILLA.

Una caracterización de la nodulación se presenta en la Tabla 4, mientras que las variables de cultivo cuantificadas en el experimento y los componentes del rendimiento se encuentran en la Tabla 5 y Figura 3.

Tabla 4: Infektividad, Nódulos x planta en raíz principal (NRP) y raíz secundaria (NRS), proporcionalidad en RP, funcionalidad determinada por coloración y tamaño de los nódulos. Tratamientos de semilla con algas, *Bradyrhizobium*, *Azospirillum* y *Pseudomonas*. Pergamino, campaña 2014/15.

Trat	Tratamientos	Infektividad V3	NRP	NRS	Tamaño	%RP
T1	Testigo	100	10	8	GG	70
T2	Raisan C (semilla)	100	20	5	GG	80
T3	Raisan SC (semilla)	100	19	4	G	80
T4	Raisan CoMo (semilla)	100	22	>20	GG	75
R ² vs rendimiento			0,68	0,87		0,38

V3: Estado de 3 hojas expandidas. Nódulos rojos indica funcionales
M: nódulos medianos. G: nódulos grandes, GG: nódulos muy grandes.

Tabla 5: Densidad, vigor, índice verde (Green seeker), número de nudos y vainas, rendimiento de grano, componentes y respuesta sobre el testigo. Tratamientos de semilla con algas, Bradyrhizobium, Azospirillum y Pseudomonas. Pergamino, campaña 2014/15.

Trat.	Plantas / m ²	Vigor (1-5)	Green Seeker R4	Nudos/planta	Vainas /planta	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	NG	PG	Dif. sobre T1 (kg ha ⁻¹)	Dif. % con testigo
T1	19,5	3,7	0,858	16,0	67	3857,9	2278,3	169,3	0,0	
T2	30,0	3,6	0,855	18,0	74	4106,1	2420,1	169,7	248,2	6.43%
T3	23,0	3,8	0,860	16,5	69	4443,3	2598,4	171,0	585,4	14.26%
T4	19,5	3,7	0,860	18,0	57	4407,8	2597,9	169,7	549,9	12.38%
R2 vs rend	0,0	0,29	0,47	0,15	0,14		1,00	0,51		
P=						0,41				
Cv (%)						8,8				

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.

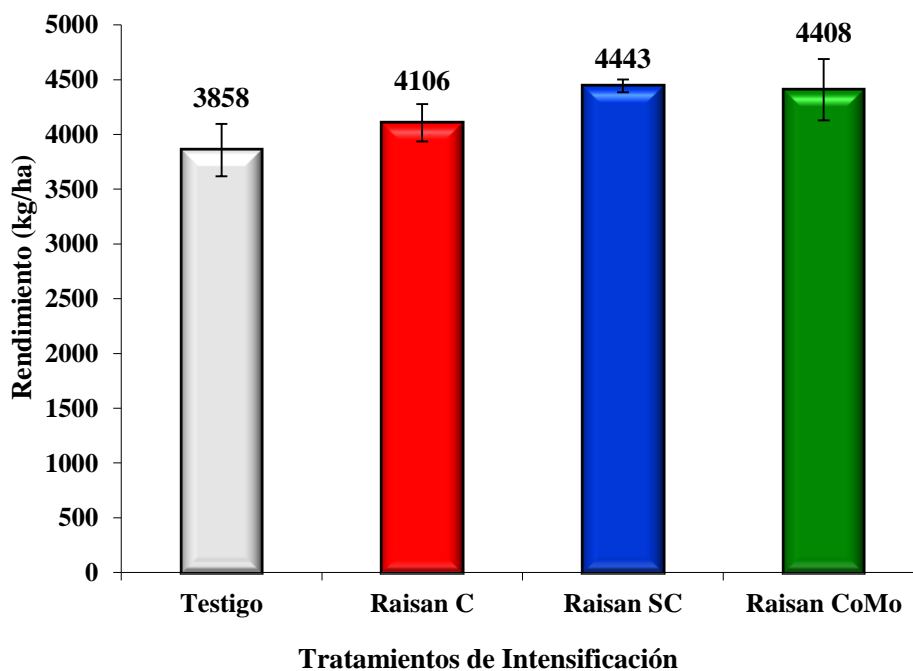


Figura 3: Rendimiento de grano de soja como resultado de tratamientos de semilla con quitosanos en Soja. Pergamino, campaña 2014/15. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

B.2. ENSAYO LA TRINIDAD. TRATAMIENTOS FOLIARES

En la Tabla 6 se presenta el rendimiento, sus componentes y otras variables determinadas durante el ciclo de cultivo, mientras que en la Figura 4 se presentan los rendimientos con su significancia estadística.

Tabla 6: Índice verde por Green seeker, altura de planta, número de nudos y vainas por planta, altura de planta con síntomas de Septoria en R3, defoliación a madurez fisiológica, rendimiento y sus componentes numéricos. Respuesta a la aplicación foliar de Quitosanos en Soja. La Trinidad, General Arenales, campaña 2014/15.

T	Tratamientos	Green seeker	Altura (cm)	Nudos planta ⁻¹	Vainas Planta ⁻¹	Altura Septoria R3	Defoliación R7	NG	PG	Rend (kg/ha)
T1	Testigo	0,86	115	19	75	30	65	2978	187,3	5580
T2	Raisan C (foliar)	0,86	118	19	74	35	75	3396	163,3	5546
T3	Raisan SC (foliar)	0,86	116	20	80	35	70	3159	178,0	5622
T4	Raisan Micro Soja (f)	0,88	117	18	62	35	72	3276	177,3	5809
R2 vs rendimiento		0,11	0,66	0,00	0,05	1,00	0,81	1,00	0,89	
P=										0,80
CV (%)										6,3

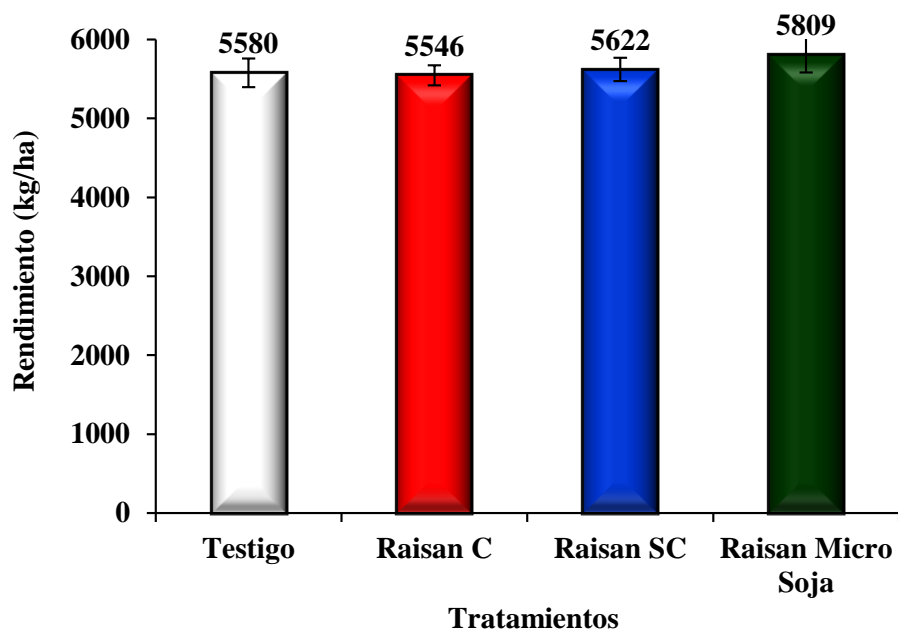


Figura 4: Rendimiento de grano según tratamientos de nutrición foliar quitosanos en Soja. Las barras de error indican la desviación standard de la media.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

ENSAYO TRATAMIENTOS DE SEMILLA.

* Las condiciones ambientales fueron muy propicias para el crecimiento del cultivo, determinando rendimientos elevadísimos para fechas de diciembre, que superaron aun a las de noviembre. El promedio del ensayo arrojó un rendimiento de 4203,8 kg ha⁻¹, con un rango de 3857,9 a 4443,3 kg ha⁻¹.

* Entre los tratamientos evaluados, se destacó en T3-suspensión concentrada-, y T4 - enriquecido en CoMo-, destacando la presencia de este nutriente y su importancia sobre el proceso de fijación biológica de N (FBN) en leguminosas, especialmente cuando crecen en suelos que sufren procesos de acidificación (pH 5,5 Tabla 3). La respuesta a tribuible a estos tratamientos alcanzaron a 585,4 y 549,9 kg ha⁻¹, respectivamente (Tabla 5).

* Las variables de mayor impacto y asociación con los rendimientos fueron NG (R²=1,00), NRS (R²=0,87), NRP (R²=0,68), PG (R²=0,51), Índice verde por Green Seeker (R²=0,47) N° nudos/planta (R²=0,86), PG (R²=0,57), y vainas/planta (R²=0,34)(Tabla 4).

* Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis que sugiere incrementos significativos en los rendimientos por la aplicación de tratamientos biológicos. En este experimento, se identificó además al tratamiento foliar como la alternativa de mayor impacto sobre la productividad del cultivo de soja.

ENSAYO TRATAMIENTOS FOLIARES

* La productividad de este segundo sitio fue superior, alcanzando una media de rendimiento de 5369 kg kg ha⁻¹, con un mínimo de 5546 y un máximo de 5809 kg ha⁻¹.

* El diferencial de rendimiento en este experimento inferior en comparación con los tratamientos sobre semilla evaluados en Pergamino. El tratamiento de mayor producción fue Raisan Micro Soja (Tabla 6 y Figura 4). La buena calidad ambiental del sitio y la ausencia de estrés reducen la probabilidad de respuesta a las aplicaciones complementarias de nutrientes. Es probable que la buena performance de Raisan Micro Soja se explique a partir de las crecientes deficiencias de microelementos como Zinc, Boro y Manganeso que comienzan a visualizarse en la región.

* Las variables de mayor impacto y asociación con los rendimientos fueron NG (R²=1,00), Altura de plantas con síntomas de Septoria en R3 (R²=1,00), PG (R²=0,89), nivel de defoliación en R7 (R²=0,81) y altura final de planta (cm) (R²=0,66)(Tabla 4).

* Los resultados obtenidos permiten aceptar la hipótesis que sugiere incrementos significativos en los rendimientos por la aplicación de tratamientos con nuevas moléculas que estimulan diversos procesos fisiológicos de las plantas. A la luz de los resultados obtenidos, los tratamientos de semilla con formulaciones concentradas y CoMo resultaron los más exitosos, a través de mejoras en la nodulación que redundaron en un superior índice verde por Green Seeker y NG. En el caso de los tratamientos foliares, se destaca el impacto de la formulación Micro Soja, que al cubrir carencias nutricionales crecientes permitió una mayor duración del área foliar aumentando el NG y PG.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

* BENINTENDE, S.; UHRICH, W.; HERRERA, M.; GANGE, F.; STERREN, M.; BENINTENDE, M. (2010). Comparación entre coinoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y *Azospirillum brasilense* e inoculación simple con *Bradyrhizobium japonicum* en la nodulación, crecimiento y acumulación de N en el cultivo de soja. *Agriscientia* 27: 71-77.

* González, N. 2006. Fijación de nitrógeno en soja. 3° Congreso de Soja del Mercosur, Workshop de Fijación Biológica de nitrógeno. Rosario. p.335.

* González, N. 2004. Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) en soja. Cómo elegir el mejor inoculante comercial. [www.fertilizando.com/articulos/Fijación Biológica del Nitrógeno](http://www.fertilizando.com/articulos/Fijación%20Biológica%20del%20Nitrógeno).

- * Harman, G. E. 2001. Microbial tools to improve crop performance and profitability and to control plant diseases. Pages 4-1-4-14 in: Int. Sympos. Biol. Control Plant Dis. New Century-Mode Action Application Technol.
- * Howell, C. R 2002. Cotton seedling preemergence damping-off incited by *Rhizopusoryzae* and *Pythium* spp. and its biological control with *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 92:177-180.
- * Howell, C. R., Hanson, L. E., Stipanovic, R.D., and Puckhaber, L. S. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology* 90:248-252.
- * Hungría, M. 2006. A importância da fixação biológica do nitrogênio na cultura da soja: uma historia de sucesso na América do sul. 3º Congreso de Soja del Mercosur, Workshop de Fijación Biológica de nitrógeno. Rosario. p.336 - 338.
- * Perticari, A.; Arias, N.; Baigorri, H.; De Battista, J.J.; Montecchia, M.; Pacheco Basurco, J.C.; Simonella, A.; Toresani, S.; Ventimiglia, L. y Vicente, R.2003. Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja. En: El libro de la soja. Buenos Aires. Servicios y Marketing Agropecuario, p.69-76.
- * PIETRARELLI, L.; ZAMAR, J.; LEGUÍA, H.; ALESSANDRIA, E.; SÁNCHEZ, J.; ARBORNO, H.; LUQUE, S. (2008). Efectos de diferentes prácticas de manejo en la nodulación y en el rendimiento del cultivo de soja. *Agriscientia* 25: 81-87.
- * RACCA, R. (2003). Algunos conceptos sobre la fijación biológica del nitrógeno en cultivos. IV Reunión Nacional Científico Técnica de Biología de Suelo y IV Encuentro de Fijación Biológica del Nitrógeno. Termas de Río Hondo, Santiago del Estero.
- * SALVAGIOTTI, F. (2009). Manejo de soja de alta producción. En: Resumen XVII Congreso AAPRESID”, La Era del Ecoprogreso”. Rosario, Argentina. 79-85.
- * Toresani, S., M. Bodrero y J.M. Enrico. 2007. Comportamiento de inoculantes para soja en la zona sur de la Provincia de Santa Fe, Argentina. *Revista de Investigaciones de la Facultad de Ciencias Agrarias*. Año 2007, Número XI.