

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**RESPUESTA DEL CULTIVO DE SOJA A LA APLICACIÓN DE  
SULFATO DE CALCIO A LA SIEMBRA**

Alumno: Juan Pablo Segovia

DNI: 30964612

Directora: Ing. Agr. Carmen Olmedo

Co-Director: Ing. Agr. José Marcellino

Río Cuarto – Córdoba

Junio 2009

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO.  
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN.

**Título del Trabajo Final:  
RESPUESTA DEL CULTIVO DE SOJA A LA APLICACIÓN DE  
SULFATO DE CALCIO A LA SIEMBRA**

Autor: Juan Pablo Segovia  
DNI: 30964612

Directora: Ing. Agr. Carmen Olmedo  
Co-Director: Ing. Agr. José Marcellino

Prof. Oscar Giayetto \_\_\_\_\_

Prof. Sergio González \_\_\_\_\_

Prof. Diego Ramos \_\_\_\_\_

Aprobado por Secretaría Académica: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

\_\_\_\_\_  
Secretario Académico

**DEDICATORIA**

Simplemente dedico este trabajo a mi familia, especialmente a mis padres Rubén y Silvia,  
por el invalorable esfuerzo de haberme brindado todo de su alcance para poder llegar a  
finalizar una carrera universitaria.

Como también lo dedico a mi sobrina y a mis queridos hermanos, la que ya está y a los que  
les falta graduarse les dejamos marcado el camino.

### **AGRADECIMIENTOS**

En este breve espacio quiero hacer llegar mi más profundo agradecimiento a todas aquellas personas que permitieron la realización de este trabajo. Además destacar en forma resumida a quienes me brindaron su apoyo, les expreso mi más profundo reconocimiento:

A la Universidad Nacional de Río Cuarto y en particular a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por su contribución a mi formación profesional, brindada durante los años de carrera.

Al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) Río Cuarto en especial al Ing. Agrónomo José Marcellino, por la paciencia y dedicación para que la conclusión de este trabajo final fuera posible y a todas aquellas personas que contribuyeron directa o indirectamente.

Por último, recalcar las personas más importantes en mi vida, mi familia, a quienes les dedico este trabajo, ya que ellos hicieron posible que concluya mis estudios siendo los responsables y el sostén de mi vida.

**INDICE DEL TEXTO**

RESUMEN.....	VII
SUMMARY.....	VIII
INTRODUCCIÓN .....	1
ANTECEDENTES.....	3
HIPÓTESIS.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS .....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	11
CONCLUSIONES .....	19
BIBLIOGRAFÍA CITADA .....	20
ANEXO .....	23

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Requerimientos nutricionales e índice de cosecha de nutrientes en soja.....	2
Cuadro 2: Tenores críticos de nutrientes en hojas de soja según distintos autores.....	4
Cuadro I: Distribución de precipitaciones totales/mes registradas entre 1974/2005 y de la campaña 2006/2007.....	23
Cuadro II: Densidad de plantas de los 2 tratamientos en etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	23
Cuadro III: Densidad de plantas de los 2 tratamientos en etapa fenológica R <sub>8</sub> .....	23
Cuadro IV: Número de nódulos promedios por planta de la raíz principal en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	23
Cuadro V: Número de nódulos promedios por planta de raíces laterales en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	23
Cuadro VI: Peso seco de biomasa nodular por planta en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	24
Cuadro VII: Porcentaje de efectividad de los nódulos de las raíces en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	24
Cuadro VIII: Peso de mil semillas de soja .....	24
Cuadro IX: Número de nudos promedio por planta .....	24
Cuadro X: Número de vainas promedio por nudo.....	24
Cuadro XI: Número de granos promedio por vaina.....	25
Cuadro XII: Rendimiento de grano .....	25
Cuadro XIII: Peso seco de biomasa aérea por planta .....	25

**INDICE DE FIGURAS**

Figura 1: Distribución de precipitaciones totales/mes registradas entre 1974/2005 y de la campaña 2006/2007 .....	11
Figura 2. Densidad plantas de los dos tratamientos en dos etapas fenológicas diferentes.....	11
Figura 3: Número de nódulos promedios por planta de la raíz principal en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	12
Figura 4: Número de nódulos promedios de raíces laterales en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	13
Figura 5: Peso seco de biomasa nodular por planta en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	13
Figura 6: Porcentaje de efectividad de los nódulos de las raíces de los diferentes tratamientos en la etapa fenológica R <sub>1</sub> .....	14
Figura 7: Peso de mil semillas de soja .....	14
Figura 8: Número de nudos promedio por planta .....	15
Figura 9: Número de vainas promedio por planta.....	16
Figura 10: Número de granos promedio por vaina .....	17
Figura 11: Rendimiento de grano.....	17
Figura 12: Peso seco de biomasa aérea por planta.....	18

**RESUMEN****RESPUESTA DEL CULTIVO DE SOJA A LA APLICACIÓN DE SULFATO DE CALCIO A LA SIEMBRA**

La soja presenta una elevada concentración de proteínas en las semillas, lo que la convierte en el cultivo con la mayor demanda de nitrógeno. Dado su carácter de leguminosa, puede cubrir sus requerimientos de éste nutriente a partir del aporte del nitrógeno del suelo por la mineralización de la materia orgánica y por medio de la fijación biológica de nitrógeno. El objetivo del trabajo fue evaluar la respuesta de la aplicación de Sulfato de calcio a la siembra sobre el proceso de nodulación y analizar los componentes del rendimiento. En el ensayo se utilizó el modelo de bloques completos al azar con 2 tratamientos de 3 repeticiones para cada uno, los cuales constaban de un testigo inoculado y un tratamiento inoculado más el agregado de 100 kg ha<sup>-1</sup> del fertilizante. Éste se realizó en el Campo de Docencia y Experimentación de la FAV - UNRC (CAMDOCEX). Se evaluó: densidad de plantas en R<sub>1</sub> y R<sub>8</sub>, número de nódulos de raíz principal y laterales, efectividad de nódulos, peso biomasa nodular, peso biomasa aérea, peso de 1000 semillas, número nudos por planta, número de vainas por planta, número de granos por vaina, y rendimiento. La aplicación del fertilizante no modificó el peso de 1000 semillas ni el número de granos por vainas como tampoco la densidad del cultivo en todo el ciclo, pero incrementó el rendimiento a causa de un mayor número nudos por planta y número de vainas por planta. El número de nódulos, el peso, y la efectividad también aumentaron significativamente con el tratamiento.

Palabras clave: Soja, Nitrógeno, Sulfato de calcio, Nódulos, Rendimiento.

## SUMMARY

**RESPONSE OF SOYBEAN CROP TO CALCIUM SULPHATE SUPPLY AT  
PLANTING TIME**

Soybeans has an high protein accumulation rate in seeds, so that, is the crop with the highest nitrogen demand (80 kilograms per tons in grain). Low availability of Nitrogen is an important restricted yield factor, when high production models are developed.

As all legumes, soybeans, has the possibility to satisfy requirements of nitrogen using nitrogen derived from organic mater mineralization and by means of nitrogen biological fixation.

Research objective was to evaluate calcium sulphate application at the planting time, in a no-tillage system, with a doses of 100 kilograms by hectare and it response, related with yield components, nodules numbers per plants and its capacity to nitrogen fixation.

Experiment was developed using a three repetition in a random sample design of plots. Treatments were: a) control inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*; and b) inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*, and supplied with 100 kilograms of calcium sulphate.

Plots were located at CAMPDOCEX belonging to the National University of Rio Cuarto, Province of Cordoba, Argentine Republic.

Biomass evaluation, number of nodules, weight of nodules and efficiency were done at the Agronomy and Veterinary Sciences Microbiology Laboratory, of National University of Río Cuarto. Plants density (plants per meter in R<sub>1</sub> and R<sub>8</sub> stage), number of nodules in main and secondary roots, nodules efficiency, number of seeds per pods, numbers of pods per nodes and yield were evaluated.

Doses of fertilizer used, did not modify weight of 1000 seeds, neither the number of seeds per pods and the number of plants per meter. But the yield was increased because of a larger number of nodes and a larger number of pods per plant. In addition, the increased of yield had a positive correlation with the crop biomass.

Number of nodules, its weight and efficiency also had an high positive correlation with calcium sulphate addition.

Key words: soybeans, nitrogen, calcium sulphate, nodules, yield.

## INTRODUCCIÓN

La soja es el principal cultivo de grano de Argentina desde mediados de la década del '90, cuando superó la producción de trigo y maíz. Este sostenido incremento en la producción se ha basado fundamentalmente en el aumento del área sembrada en la región pampeana, desplazando al maíz y al girasol, y en regiones extrapampeanas, ya sea desplazando a otros cultivos o abriendo nuevas áreas a la producción. El rendimiento promedio nacional evolucionó a una tasa menor que el área sembrada, con ganancias anuales de  $59 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  para el período 1991-2002, aunque esta tasa se incrementó a partir de la campaña 1998 ( $106 \text{ kg ha}^{-1}\text{año}^{-1}$  en el período 1998-2002). La generación de una mayor rentabilidad en la producción de cultivos se basa en el aumento de los rendimientos que permiten incrementar los márgenes de ganancia y reducir los costos por tonelada de grano producida. En el caso de la soja, los rendimientos potenciales para las distintas zonas de producción y, por ende, a nivel país aún no han sido alcanzados. Si bien las técnicas de manejo han mejorado en los últimos años (variedades, fechas de siembra, control de malezas, cosecha, etc.), el uso de fertilizantes en este cultivo ha sido muy escaso, limitándose a aplicaciones de fertilizantes de arranque en el mejor de los casos (INPOFOS, 2005 (b)).

Por otra parte, la expansión de la soja, el monocultivo y la restringida aplicación de fertilizantes en el cultivo han generado balances negativos para los nutrientes del suelo. Estos desbalances nutricionales resultan en la degradación de la fertilidad de los suelos. La remoción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) en un cultivo de soja de  $4000 \text{ kg ha}^{-1}$  de rendimiento equivale a 260, 132, 156 y  $79 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y sulfato de amonio, respectivamente. Debe aclararse que en estas estimaciones se ha descontado un 50% del N del grano considerando que esta cantidad es aportada vía fijación simbiótica (INPOFOS, 2005 (b)).

La degradación resultante a partir de la extracción de nutrientes en los suelos afecta la productividad de la soja y de otros cultivos en el corto plazo en zonas con historia agrícola más prolongada, mientras que estos efectos se observarán a mediano plazo en áreas de menor "agriculturización" y "sojización" (INPOFOS, 2005 (b)).

En síntesis, la fertilización en soja se plantea a partir de la necesidad de mejorar los rendimientos y la rentabilidad del cultivo y los balances de nutrientes en los suelos para mantener y/o mejorar su capacidad de producción (INPOFOS, 2005 (b)).

El marcado liderazgo de la soja sobre otros cultivos en Argentina y la región del Cono Sur implica que gran parte del área cultivada anualmente se encuentra ya sea bajo monocultivo de soja o en rotaciones en las cuales otros cultivos se encuentran en una proporción muy reducida. Desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos, esta situación

genera interrogantes importantes acerca del balance del carbono (C) y, por lo tanto, de la materia orgánica (MO) y de los nutrientes en los suelos (INPOFOS, 2005 (a)).

Los cultivos tienen requerimientos específicos, los cuales deben ser satisfechos para alcanzar altos rendimientos. Radiación, agua, tasa de crecimiento y nutrición son los principales requerimientos a ser cubiertos. En el Cuadro 1 se indican los requerimientos nutricionales promedio para producir una tonelada de grano de soja, el índice de cosecha de los distintos nutrientes y, a modo de ejemplo, las necesidades totales y extracción en grano para un rendimiento de 4000 kg ha<sup>-1</sup>.

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales e índice de cosecha de nutrientes en soja.<sup>1</sup>

Nutriente	Requerimiento kg ton grano <sup>-1</sup>	Índice de cosecha del nutriente	Rendimiento de 4000 kg ha <sup>-1</sup>	
			Necesidad	Extracción
Nitrógeno	80	0.75	320	240
Fósforo	8	0.84	32	27
Potasio	33	0.59	132	78
Calcio	16	0.19	64	12
Magnesio	9	0.30	36	11
Azufre	7	0.67	28	19
	g ton grano <sup>-1</sup>		g ha <sup>-1</sup>	g ha <sup>-1</sup>
Boro	25	0.31	100	31
Cloro	237	0.47	948	446
Cobre	25	0.53	100	053
Hierro	300	0.25	1200	300
Manganeso	150	0.33	600	198
Molibdeno	5	0.85	20	17
Zinc	60	0.70	240	168

<sup>1</sup> Estimaciones promedio a partir de numerosas referencias bibliográficas (INPOFOS 2005 (c))

En general, los suelos en los que se cultiva soja en Argentina presentan deficiencias de N y P. En los últimos años, se han observado deficiencias de S y, en algunas zonas, de micronutrientes, fundamentalmente a partir de la intensificación de la agricultura (mayores rendimientos y reducción de períodos bajo pastura) (INPOFOS, 2005 (c)).

Debido al papel dominante de la soja en la agricultura se hace imprescindible conocer y manejar la nutrición del cultivo para maximizar rendimientos y resultados económicos de la empresa. El análisis de suelo es la herramienta básica y fundamental para determinar los niveles de fertilidad de cada lote y diagnosticar la necesidad de fertilización. Es importante conocer las características climáticas de la zona, del suelo y su manejo y del manejo del cultivo para definir el plan de fertilización (INPOFOS, 2005 (b)).

## ANTECEDENTES

El nitrógeno es uno de los elementos más importantes para las plantas y su disponibilidad condiciona en gran medida la productividad de los cultivos. Es indispensable para el crecimiento de todo organismo vivo. Es componente de moléculas esenciales para la vida de las plantas, condicionando la calidad de las estructuras y los procesos en los que éstas intervienen. Está presente en los ácidos nucleicos (ADN y ARN), las vitaminas y en las moléculas de almacenaje de energía. Forma parte de los aminoácidos, base de las proteínas, las que son parte constitutiva de todas las células vivas (NITRAGIN, 2006).

Si bien la soja presenta requerimientos muy elevados de N, una gran parte de este requerimiento es cubierto, vía fijación biológica de Nitrógeno (FBN), a través de la simbiosis soja - *Bradyrhizobium*. En la región pampeana se han determinado aportes de N por FBN del orden del 30-70% de las necesidades totales de N del cultivo dependiendo del nivel de fertilidad nitrogenada del suelo y las características climáticas de la estación de crecimiento (González, 1996). Por lo tanto, la inoculación de la semilla es una práctica indispensable, y de bajo costo, para lograr una adecuada provisión de N para el cultivo (INPOFOS, 2005 (a)).

Debe tenerse en cuenta que el aporte vía FBN en soja no siempre resulta en un balance positivo de N para el suelo. Un cultivo de 4000 kg ha<sup>-1</sup> de rendimiento requiere 320 kg ha<sup>-1</sup> (requerimientos que oscilan entre 60 y 80 kg N por tonelada de grano) y exporta aproximadamente 240 kg ha<sup>-1</sup> de N. Si consideramos un aporte de 50% del N total acumulado vía fijación simbiótica, es decir 160 kg ha<sup>-1</sup> de N, la extracción neta de N del suelo (suministrado por el N disponible a la siembra y/o mineralizado a partir de la fracción orgánica) sería de 80 kg ha<sup>-1</sup> de N (INPOFOS, 2005 (b)).

En ambientes nuevos para soja falta difusión del uso y manejo de los inoculantes en todos los sectores involucrados. En suelos cultivados con soja previamente la respuesta se ve condicionada por altas poblaciones de rizobios en el suelo con diferente grado de eficacia, condicionantes hídricas y de fertilidad y por el uso indiferente de la tecnología (Perticari, 2006).

La FBN es más eficiente con niveles bajos de disponibilidad del nutriente en el suelo. Altos niveles de N en el suelo por acumulación durante el barbecho o por fertilización resultan en menores cantidades de N fijados vía FBN. Si bien en algunas evaluaciones, en especial en cultivos de segunda bajo siembra directa, se han observado respuestas a aplicaciones reducidas de N a la siembra, evaluaciones realizadas en el centro-norte de Buenos Aires (Scheiner *et al.*, 1999) y el sur de Santa Fe (Bodrero *et al.*, 1984) indican que si el establecimiento de la simbiosis es exitoso, la soja no responde a la fertilización nitrogenada (INPOFOS, 2005 (b)).

El rendimiento de soja, si no existen otras limitantes, es dependiente de la capacidad del cultivo de acumular N en particular por la FBN (Peticari, 2003 **(b)**).

Existen niveles críticos de P en suelo, por debajo de los cuales la soja muestra respuestas significativas a la fertilización, menores a los de otros cultivos tales como alfalfa, trigo y maíz. Esta diferencia ha sido atribuida, entre otras causas, a cambios generados en el ambiente rizosférico del cultivo y al alto costo energético de los granos de soja (aceite + proteína). La adecuada nutrición fosfatada del cultivo resulta en mayor crecimiento y desarrollo del cultivo, maduración temprana y mayor desarrollo de nódulos y, por lo tanto, una mayor tasa de fijación de N atmosférico (Díaz Zorita *et al.*, 2000, INPOFOS, 2005 (c)).

La disponibilidad original de calcio (Ca) y magnesio (Mg) de los suelos pampeanos es elevada. La intensificación de la agricultura ha resultado en la disminución de los niveles de bases y pH en algunos suelos. La disponibilidad de micronutrientes en suelos pampeanos ha sido considerada adecuada en general (Sillanpaa, 1982); sin embargo, en los últimos años se han observado respuestas y deficiencias en algunas situaciones (INPOFOS 2005 (c)).

El Mo es un nutriente de gran importancia en la simbiosis soja-Bradyrhizobium por formar parte de la enzima nitrogenasa que cataliza la reducción del N<sub>2</sub> atmosférico (INPOFOS 2005 (c)).

El análisis foliar constituye una herramienta de gran utilidad en el diagnóstico de la deficiencia de nutrientes, especialmente los “no convencionales”. El Cuadro 2 muestra niveles críticos de nutrientes en hojas de soja en floración reportados por diferentes autores. La información de EMBRAPA (1998) es orientativa para zonas de producción de soja en Brasil. Los datos de Martins (citado por Yamada, 1999) corresponden a la media de lotes de la zona de los Cerrados de Brasil con producción promedio superior a 3600 kg ha<sup>-1</sup>. Los datos de Flannery (1989) corresponden a parcelas de alto rendimiento en EE.UU. Los tenores críticos de nutrientes en hoja varían de acuerdo a la zona de producción y nivel de rendimiento objetivo, por lo tanto, es necesario desarrollar bases de datos que establezcan los tenores críticos para distintas situaciones regionales y condiciones de producción. El análisis foliar debe ser considerado como una herramienta de monitoreo, que permite saber si la nutrición del cultivo fue adecuada y si se deben planificar cambios en el sistema de manejo para próximos cultivos (INPOFOS, 2005 (c)).

Cuadro 2. Tenores críticos de nutrientes en hojas de soja según distintos autores. Muestras de hojas del primer trifolio superior maduro al inicio o plena floración (Estado R1-R2) (INPOFOS, 2005 (c)).

Nutriente	EMBRAPA (1998)	Martins (1998) 3600 kg ha <sup>-1</sup>	Flannery (1989) 7963 kg ha <sup>-1</sup>
	----- g kg <sup>-1</sup> -----		

Nitrógeno	45-55	46.4	53.3
Fósforo	2.6-5.0	2.5	3.6
Potasio	17-25	18.7	21.9
Calcio	3.6-20.0	7.9	10.2
Magnesio	2.6-10.0	3.3	3.3
Azufre	2.1-4.0	2.5	2.4
		----- mg kg <sup>-1</sup> -----	
Boro	21-55	51	46
Cobre	10-30	8	12
Hierro	51-350	100	144
Manganeso	21-100	35	30
Molibdeno	1-5	-	-
Zinc	21-50	45	48

La acidificación de los suelos agrícolas es uno de los procesos de degradación más importante a considerar. Por ello conocer la respuesta al encalado de los cultivos con diferentes productos es imprescindible para evaluar la factibilidad de la práctica. Entre las variables químicas de un suelo que están directamente relacionadas con la fertilidad del mismo se puede mencionar a la capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.) y que se refiere a la capacidad que tiene el suelo para intercambiar cationes. Es importante destacar que el Ca ocupa la mayor parte de las posiciones de cambio de las arcillas y de los coloides húmicos. En suelos donde predominan las arcillas de tipo 2:1 cerca del 80% de la C.I.C. debería estar saturada con Ca para mantener una buena estructura. Las leguminosas tienen una alta exigencia de S, en cantidades parecidas a las demandadas de fósforo, además las raíces presentan exigencias elevadas de Ca durante el proceso de infección radicular por los Rhizobia (FERTILIZANDO, 2006).

Las fertilizaciones de los cultivos con sulfato de calcio granulado tienen una serie de ventajas teniendo en cuenta que los requerimientos de azufre de los cultivos son variables de acuerdo al tipo de suelo en que crecen así como a la cantidad de biomasa acumulada por las plantas. Además de los incrementos en el rendimiento, la fertilización con sulfato de calcio puede dar lugar a los siguientes efectos favorables (Wainwright, 1984):

Aporta azufre que:

- Incremento en la concentración de proteína cruda en forrajes.
- Disminución en el valor del cociente N:S así como en la concentración de nitrato libre en los forrajes.
- Mejoramiento de la calidad harinera de los cereales.
- Incremento en el contenido de aceite en oleaginosas.
- Mayor uniformidad y calidad de hortalizas.
- Mayor vida útil en leguminosas forrajeras.
- Incremento en la resistencia al frío.

- Incremento en la tolerancia a la sequía.
- Control de ciertos patógenos del suelo.
- Aumento en la tasa de descomposición de los residuos vegetales y abono.

Aporta calcio que:

- En el suelo
  - Favorece la agregación de las partículas de suelo.
  - El  $\text{Ca}^{++}$  disponible en el suelo, disminuye la acidez.
  - Mejora la absorción de otros nutrientes por las raíces.
  - Favorece la formación de estructura en suelos compactados, lo que permite una mejor oxigenación y drenaje del agua.
  - Es esencial para los microorganismos del suelo, tanto para su desarrollo como para su actividad.
- En las plantas
  - Es un macro nutriente importante, en el metabolismo de las plantas.
  - Activa sistemas enzimáticos que controlan el crecimiento de las plantas.
  - Participa activamente en el metabolismo del nitrato.
  - Forma parte de la pared celular.
  - Contribuye a mejorar la resistencia a enfermedades.

**HIPÓTESIS:**

La aplicación de sulfato de calcio a la siembra aumenta el proceso de nodulación en el cultivo de soja y por ende lo favorece en la etapa reproductiva de llenado del grano, traduciéndose en mayor rendimiento.

**OBJETIVO GENERAL:**

- Evaluar la respuesta de nodulación en un cultivo de soja ante la aplicación de sulfato de calcio a la siembra.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 1) Realizar evaluaciones de infectividad y efectividad de nódulos de *Bradyrhizobium* en raíces del cultivo.
- 2) Cuantificar la ubicación de los nódulos en raíz principal y secundarias.
- 3) Evaluar el rendimiento del cultivo mediante el análisis de sus componentes.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se llevó a cabo en el Campo de Docencia y Experimentación de la FAV - UNRC (CAMDOCEX), ubicado sobre la Ruta Nacional 36, km 601, Río Cuarto, provincia de Córdoba.

Las características climáticas de la zona de Río Cuarto corresponden a: un régimen de precipitaciones monzónico con un promedio anual de 700 milímetros; las máximas temperaturas se registran en el período estival (promedio 29° C) y las mínimas en el período invernal (promedio 3° C), con un período libre de heladas desde el 11 de septiembre al 11 de mayo (promedio 240 días), y extremas el 16 de abril y 29 de octubre (Cantero *et al.*, 1986).

Los registros de precipitaciones fueron cedidos por la cátedra de Agrometeorología de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto por medio de la Estación Meteorológica localizada en el campus de la Universidad.

El suelo donde se realizó el ensayo es un Hapludol típico, con un porcentaje de materia orgánica de 2.63, dato que fue cedido por la cátedra de Sistema Suelo de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto.

El cultivar utilizado fue “Nidera 5485”. La siembra se realizó el día 28 de diciembre de 2006, con una sembradora “John Deere” neumática de 9 surcos en directa sobre un rastrojo de trigo a razón de 22 plantas por metro y una distancia entre surcos de 52 cm. La semilla utilizada fue inoculada con *Rhizobium japonicum* (Nitragin). Junto con la siembra se aplicó 100 kg sulfato de calcio en la línea. Al carecer de datos o informaciones experimentales regionales se optó por esa dosis.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 2 tratamientos y 3 repeticiones. Uno de los tratamientos fue la aplicación de sulfato de calcio granulado a la siembra, con una sola dosis: 100 kg ha<sup>-1</sup> y el otro fue un testigo inoculado sin fertilizar, para comparar las diferencias. El tamaño de las parcelas fue de 9 surcos separados a 0.52 metros de distancia cada uno, con un largo de 20 metros. La dimensión total del ensayo fue de 40 metros de largo por 14 metros de ancho.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron controles de malezas. No se realizó control de insectos como así tampoco se cuantificaron las enfermedades que estuvieron presentes en el cultivo.

Las plantas muestreadas se analizaron en el laboratorio de Microbiología de la FAV – UNRC, donde se cuantificó nodulación y peso de biomasa aérea.

La cosecha se realizó manualmente el 30/04/07, y se desgranó utilizando una máquina desgranadora de parcelas marca FORTI.

Se realizaron las siguientes evaluaciones en cada tratamiento:

Para los muestreos se descartaron los surcos de bordura y se trabajó sobre los 5 surcos centrales de cada parcela.

Los muestreos se realizaron en las etapas fenológicas R<sub>1</sub>, R<sub>5</sub>- R<sub>6</sub>, y R<sub>8</sub> respectivamente.

El procedimiento consistió en extraer 5 plantas por repetición de tratamiento cuantificándose lo siguiente:

Etapa fenológica R<sub>1</sub>:

1. Densidad de plantas m<sup>-2</sup> en cada parcela.
2. Número de nódulos en raíz principal y laterales por planta.
3. Evaluación de efectividad, calculado como % entre (nódulos de coloración rojo pl<sup>-1</sup>) / (total de nódulos pl<sup>-1</sup>).

Esta determinación se realizó cortando cada nódulo de la raíz de la planta por la mitad y observando el color en su interior. El color rojo o bordó indica nódulo activo por lo tanto fijando nitrógeno, en tanto que el color blanco o amarillento indica nula fijación biológica, por lo tanto la efectividad de esos nódulos es cero o muy reducida.

4. Peso seco de biomasa nodular en gr pl<sup>-1</sup>.

Etapa fenológica R<sub>5</sub>- R<sub>6</sub>:

5. Peso seco de biomasa aérea en gr pl<sup>-1</sup>.

Esta cuantificación junto con el peso seco de biomasa nodular, se obtuvo mediante la incorporación de las plantas y nódulos en estufas a 70° C durante 48 hs. El peso seco de biomasa aérea se midió para corroborar la interacción entre biomasa aérea-rendimiento.

Etapa fenológica R<sub>8</sub>

6. Rendimiento: Se pesó el total de semillas cosechadas en cada repetición del ensayo y se lo relacionó a la superficie de las mismas. Los datos fueron expresados como kg ha<sup>-1</sup>.
7. Componentes de rendimiento en cada parcela → Peso de 1000 semillas: De cada repetición del ensayo, se tomaron tres submuestras de 100 semillas cada una, se pesaron y promediaron, expresando el valor obtenido en gramos (gr) cada 1000 semillas.

→ Número de nudos/pl

→ Número de vainas/pl

→ Número de granos/vaina

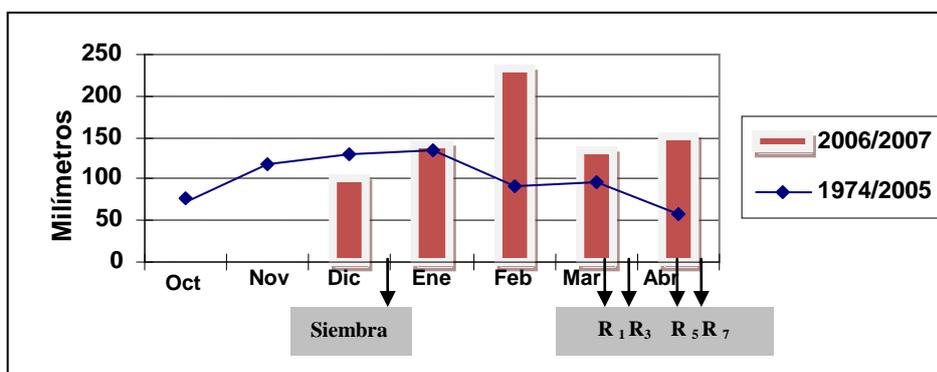
Para el cálculo de nº medio de nudos y vainas por planta se realizaron 3 submuestras de 5 plantas cada uno por cada repetición, y para el cálculo de nº medio de granos por vaina también en 3 submuestras se recogieron 30 vainas por repetición.

#### 8. Densidad de plantas/m<sup>2</sup>

Los resultados de las evaluaciones de cada parcela se compararon mediante el análisis de homogeneidad de varianza para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos.

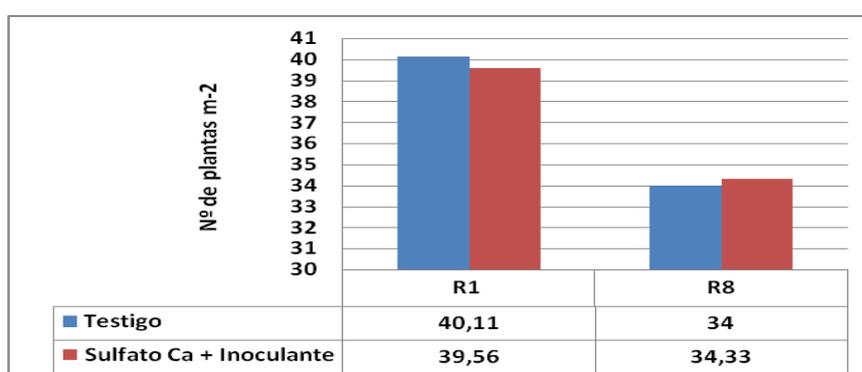
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La campaña agrícola 2006/07 se caracterizó por una alta ocurrencia de precipitaciones durante el ciclo de desarrollo del cultivo de soja superándose los 700 milímetros, lo cual permitió un normal crecimiento en el período crítico del cultivo lográndose rendimientos superiores a los 41 qq ha<sup>-1</sup> para todas las parcelas involucradas en el presente trabajo.



**Figura 1:** Distribución de precipitaciones totales/mes registradas entre 1974/2005 y de la campaña 2006/2007.

Como puede observarse en la figura 2, no hubo diferencias entre la parcela tratada y el testigo con respecto a densidad de plantas del cultivo tanto en la etapa fenológica R<sub>1</sub> como en R<sub>8</sub>, momentos en que se cuantificó esta variable. Esta disminución luego de R<sub>1</sub> estuvo ligado a la incidencia de la Podredumbre húmeda del tallo *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary, que según Windauer (2003), es una enfermedad de alto poder destructivo que ocasiona la muerte de plantas cuando se dan las condiciones propicias para su desarrollo, y en donde el cultivo se vuelve muy susceptible entre R<sub>1</sub> y R<sub>4</sub> debido a la alta humedad reinante entre esas etapas fenológicas.



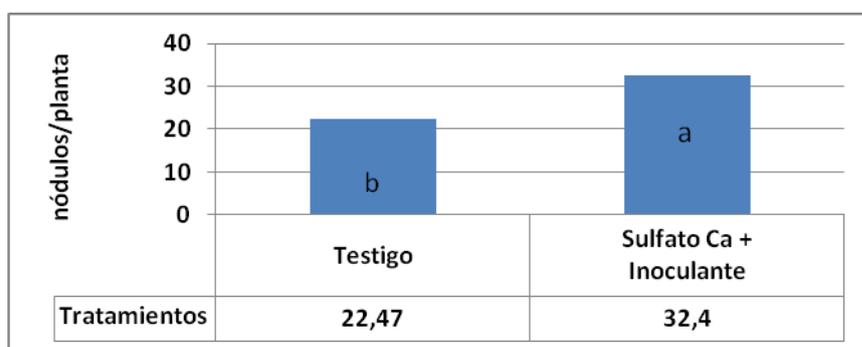
**Figura 2:** Densidad plantas de los 2 tratamientos en 2 etapas fenológicas diferentes.

En la práctica de inoculación, las cepas provenientes del inoculante se desarrollan alrededor de la radícula. Si bien los rizobios son bacterias móviles, su desplazamiento es

limitado y depende del agua alojada en los microporos, por lo que se genera una zona rica en rizobios introducidos alrededor de la radícula. La nodulación que se produce en esa etapa, en una raíz madura se verá en el cuello de la raíz (raíz principal y primeros centímetros de las laterales). A medida que la raíz crece, la zona de los pelos absorbentes se aleja del núcleo de alta carga rizobiana en el suelo. En síntesis, en la zona del cuello de la raíz (raíz principal y primer parte de las laterales) predominan las cepas introducidas más eficientes con respecto a la FBN, y en las raíces laterales, alejadas de la principal, cepas naturalizadas menos eficientes. (NITRAGIN, 2006).

Las leguminosas tienen una alta exigencia de S, en cantidades parecidas a las demandadas de fósforo, además las raíces presentan exigencias elevadas de Ca durante el proceso de infección radicular por los Rhizobia, (González y Gambaudo, 2002).

En el laboratorio se cuantificó el número de nódulos tanto de la raíz principal como de las laterales de las plantas muestreadas encontrándose diferencia estadística entre estas variables.

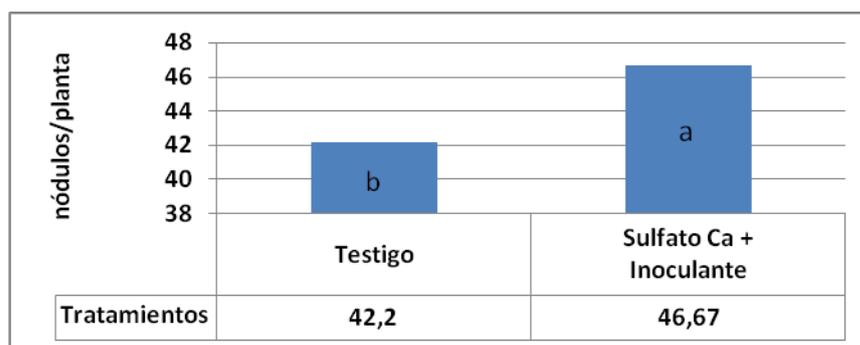


Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas

**Figura 3:** Número de nódulos promedios por planta de la raíz principal en la etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Los nódulos ubicados en la raíz principal son medianos y grandes, teniendo una rápida y prolongada fijación del nitrógeno atmosférico (desde V<sub>2</sub> - V<sub>3</sub> hasta R<sub>6</sub>), en cambio los rizobios de escasa fijación tienen nódulos pequeños ubicados en raíces secundarias y tienden a paralizar este proceso en etapas más tempranas (floración), (Perticari, 2003 (a)).

La mayor proporción (figura 3 y 4) en el aumento de nódulos en raíz principal (44,1%) que en las raíces laterales (10,6%) de las parcelas tratadas con respecto al testigo pudo deberse a que con el agregado de sulfato de calcio fue mayor el proceso de infección a la radícula de las plántulas.

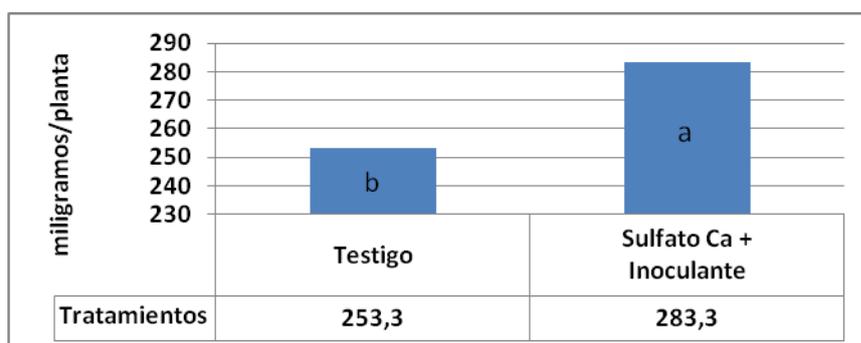


Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 4:** Número de nódulos promedios por planta de raíces laterales en la etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Según Peticari (2003 (a)), las máximas tasas de fijación se producen en los estados reproductivos R<sub>5</sub> y R<sub>6</sub> con valores promedios de 3 y máximos de 5kg de N fijado ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>. En este estado el peso seco óptimo de nódulos por planta ronda los 800mg y el peso individual de nódulo de 7 a 9 mg.

A continuación (figura 5) se muestra el peso seco de nódulos de las raíces en la etapa de floración del cultivo siendo estadísticamente mayor la biomasa nodular del tratamiento con sulfato de calcio.

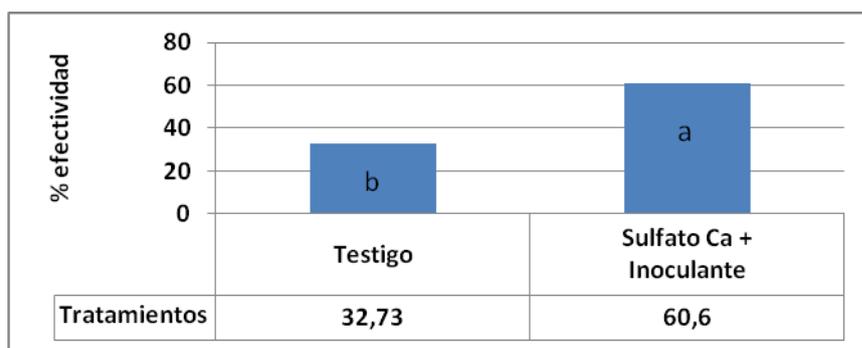


Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 5:** Peso seco de biomasa nodular por planta en la etapa fenológica R<sub>1</sub>

Una adecuada nodulación presenta 40 – 50 nódulos por planta, de los cuales 12 se encuentran en la parte superior de la raíz principal y de tamaño mediano a grande (4 – 6 mm de diámetro). En todos los casos, la coloración interna de la mayoría de los nódulos es roja o rosada, (Peticari, 2003 (a)).

Se observa en la figura siguiente que la efectividad de los nódulos de las raíces de las plantas tratadas con sulfato de calcio a la siembra fue estadísticamente mayor al testigo. Por lo tanto el agregado de este fertilizante tuvo un efecto positivo en la nodulación de las raíces del cultivo, obteniéndose una mayor eficiencia de fijación del nitrógeno atmosférico cuantificada por la coloración rosada interna de los nódulos.



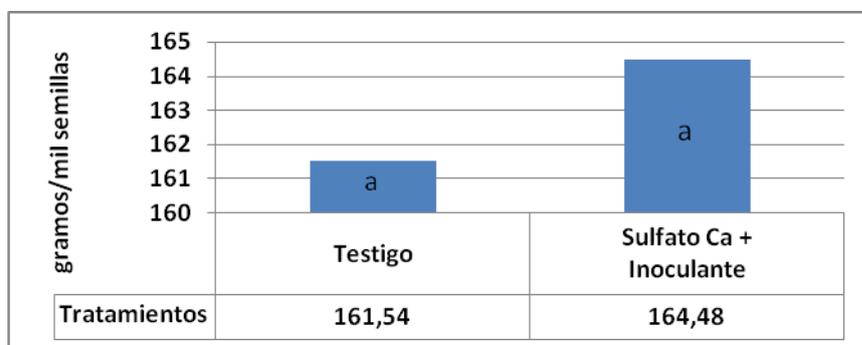
Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 6:** Porcentaje de efectividad de los nódulos de las raíces de los diferentes tratamientos en la etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Puesto que el rendimiento del cultivo de soja es un atributo sumamente complejo, en principio puede entenderse como el producto de dos componentes principales: el número de granos por unidad de superficie y el peso de los granos. Si bien existen compensaciones entre estos componentes, sobre todo a nivel genotípico y en respuesta a factores ambientales y de manejo, guardan una cierta independencia que permite suponer que un aumento en cualquiera de los dos, puede producir un aumento en el rendimiento. Sin embargo, en un rango amplio de condiciones agronómicas, el número de granos por unidad de superficie, es el componente que mejor explica las variaciones del rendimiento, (Kantolic, 2003 (b)).

El peso de los granos de soja puede variar en un rango amplio, entre 80 y más de 400 mg. Dentro de las variedades de soja que se cultivan tradicionalmente y para la mayor parte de las condiciones ambientales, el peso individual de los granos suele variar entre 140 y 220 mg, (Kantolic *et al.*, 2003 (a)).

El peso de mil semillas (figura 7) fue superior en el tratamiento de sulfato de calcio. Sin embargo, puede verse que las diferencias no son significativas, probablemente a que esta variable no se vió limitada por el nivel de azufre en el suelo, o bien a que no se dieron condiciones ambientales adversas en los últimos estadios reproductivos (Fig.1), que hicieran más marcada estas diferencias.

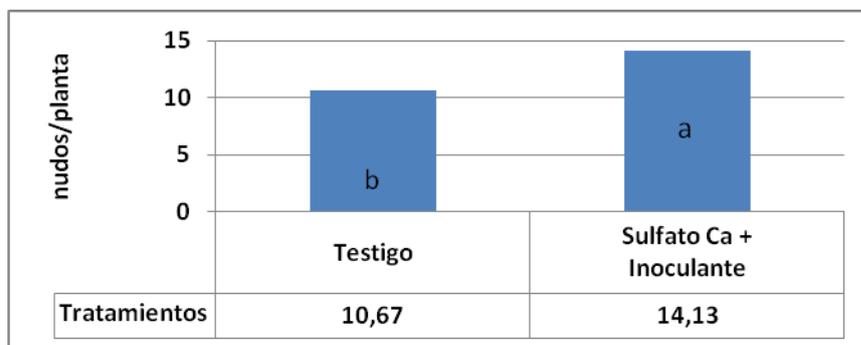


Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 7:** Peso de mil semillas de soja.

El número de granos por unidad de superficie, es un componente complejo que incluye la generación y el establecimiento de diferentes órganos de la planta y puede subdividirse, a su vez en cuatro subcomponentes: el número de plantas por unidad de área del cultivo, el número de nudos que se establece en cada planta, el número de vainas por nudo y el número de granos por vaina, (Kantolic, A. 2003 (b)).

El número de nudos/planta depende del número de plantas emergidas por unidad de área, cuántos nudos aparecen en el tallo principal en cada una de ellas, cuántas ramificaciones poseen y cuántos nudos tienen esas ramificaciones. En un amplio rango de condiciones y dependiendo del genotipo (potencial de ramificación), el número de plantas establecidas por unidad de superficie tiene bajo efecto sobre el número de granos y el rendimiento, ya que una densidad menor de plantas es compensada por un número mayor de nudos en las ramificaciones o por un aumento en la fertilidad de cada nudo (Ramseur *et al.*, 1984).



Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

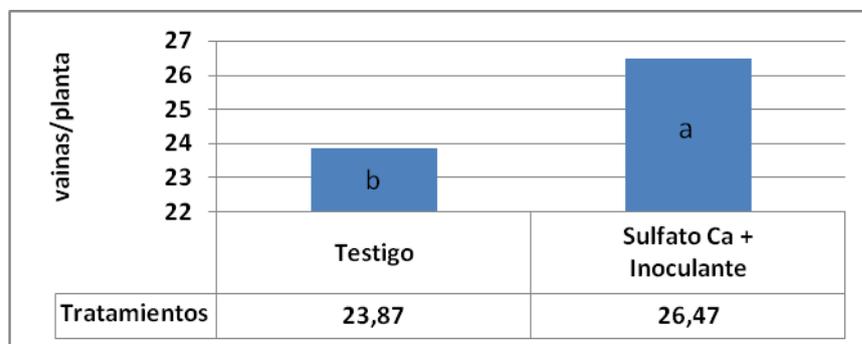
**Figura 8:** Número de nudos promedios por planta.

Como puede observarse en la figura 2, en donde no hubo diferencia de densidad de plantas entre los tratamientos, y este mayor número de nudos (figura 8) en el tratamiento con sulfato de calcio podría atribuirse a una mayor ramificación de las plantas en las parcelas tratadas con sulfato de calcio a la siembra, porque según (Kantolic, A 2003 (b)); el número de nudos en el tallo principal es poco afectado por la disponibilidad de recursos, y depende directamente de la cantidad de nudos que se diferencian en el tallo principal durante la etapa vegetativa. En cambio el número de nudos de las ramificaciones está asociado a las condiciones fotoperiódicas antes y después de floración y, por lo tanto, se reduce a medida que las condiciones fotoperiódicas se vuelven más inductivas. Además el crecimiento y supervivencia de estos nudos están, condicionados por la tasa de crecimiento del cultivo, o sea que ante deficiencias nutricionales o hídricas, el número de nudos en las ramas se resiente fuertemente, mientras que el número de nudos en el tallo principal no se modifica.

El número de vainas por nudo depende de cuantas inflorescencias se desarrollan en cada nudo y cuántas vainas se establecen en cada inflorescencia. Pueden encontrarse entre 1 y 20 vainas por nudo, existiendo alta variabilidad entre los nudos de la planta, entre genotipos y ante cambios en las condiciones ambientales, (Board *et al.*, 1999).

Toda condición ambiental que favorezca el ritmo de fotosíntesis y la tasa de crecimiento del cultivo, conducirá a maximizar el número de vainas por nudo, (Kantolic, A 2003 (b)).

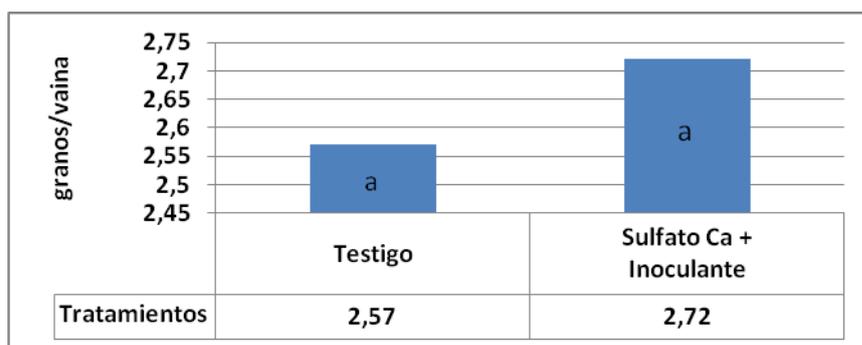
Por lo tanto el mayor número de vainas por nudos (figura 9) en los tratamientos con sulfato de calcio fue estadísticamente mayor al testigo, producto de una mayor disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo y mejor absorción de los mismos por parte de las raíces (Wainwright, 1984), de las parcelas tratadas.



Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 9:** Número de vainas promedio por planta.

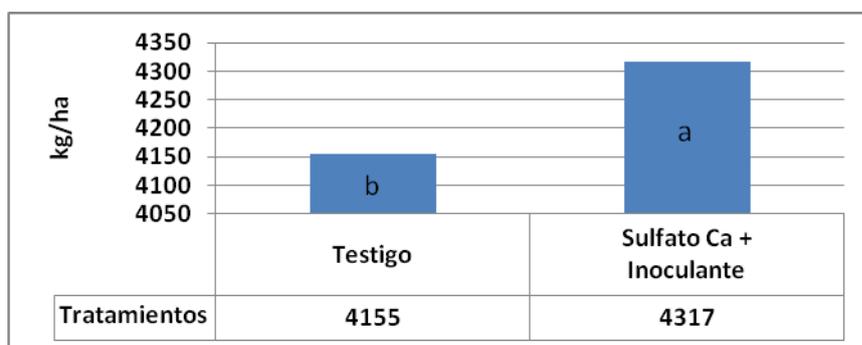
El número de granos por vaina, tiene un alto grado de control genético. Una vaina puede contener entre 1 y 4 granos, raramente 5. Algunos genotipos tienen una alta proporción de vainas con tres lóculos fértiles, mientras que en otros predominan las vainas con dos lóculos. El aborto de los granos es mucho menor que el de las vainas y, generalmente, no tiene una magnitud tal que deprima significativamente el rendimiento, salvo cuando es consecuencia de ataques intensos de plagas o enfermedades que directamente afecten su supervivencia, (Kantolic *et al.*, 2003 (a)). En consecuencia de lo anterior y observando la figura 10, se aprecia que el tratamiento con sulfato de calcio no registró diferencias estadísticas para el número de granos por vainas con respecto al testigo.



Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 10:** Número de granos por vaina en los diferentes tratamientos.

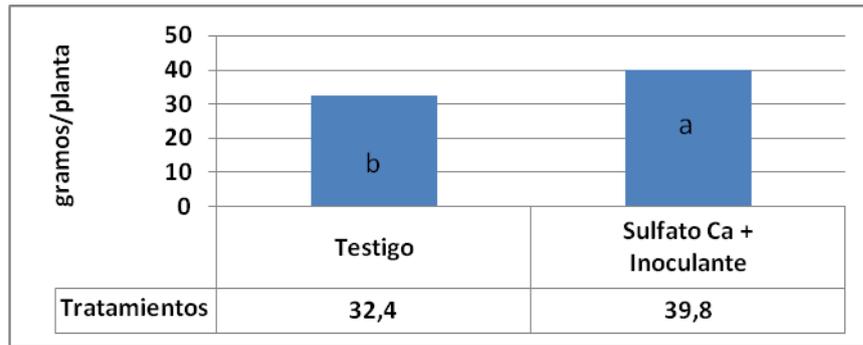
Las variaciones en el número de granos por superficie, provocadas por variaciones ambientales en general están asociadas con cambios en el rendimiento. Contrariamente, la relación entre el peso de los granos y el rendimiento no es tan robusta, (Kantolic *et al.*, 2003 (a)).



Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 11:** Rendimiento de grano en  $\text{kg ha}^{-1}$ .

El mayor rendimiento (figura 11) obtenido en el tratamiento con sulfato de calcio es debido principalmente a aumentos de estructuras reproductivas respecto al testigo. El valor promedio obtenido fue de 14.13 número de nudos  $\text{planta}^{-1}$  de las parcelas tratadas en comparación con los 10.67 número de nudos  $\text{planta}^{-1}$  de las parcelas testigo. Mientras que el valor promedio del número de vainas  $\text{planta}^{-1}$  fue de 26.47 vainas  $\text{planta}^{-1}$  de las parcelas tratadas y 23.87 vainas  $\text{planta}^{-1}$  de las parcelas testigo. Ambos factores fueron causales del aumento del número de semillas por unidad de superficie en las parcelas tratadas ( $2471 \text{ semillas m}^{-2}$ ) con respecto al testigo ( $2085 \text{ semillas m}^{-2}$ ).



Letras distintas en la figura indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

**Figura 12:** Peso seco de biomasa aérea por planta.

La figura anterior nos da la pauta para afirmar la relación directa entre la biomasa aérea acumulada en todo el ciclo del cultivo hasta  $R_6$ , momento en que se cuantificó esta variable, y el rendimiento en grano del mismo. Esta mayor biomasa aérea en el tratamiento con sulfato de calcio estaría ligado a la mayor disponibilidad de nutrientes en la solución del suelo y mejor absorción por parte de las raíces (Wainwright, 1984) que tuvieron esas parcelas tratadas con respecto al testigo sin fertilizar.

## CONCLUSIONES

La aplicación de sulfato de calcio a la siembra aumentó el proceso de nodulación en el cultivo.

El aumento en la cantidad de nódulos en raíces de parcelas fertilizadas e inoculadas como así su peso y la efectividad de los mismos, junto con la biomasa aérea acumulada hasta R<sub>6</sub> que experimentaron con respecto al testigo, contribuyó positivamente en un mayor rendimiento en grano.

El mayor rendimiento de las parcelas tratadas con respecto al testigo sin fertilizar estuvo afectado directamente por el incremento del número de nudos/planta y el número de vainas/planta. No se encontró diferencia entre el peso de semillas, el número de granos por vainas y la densidad de plantas entre tratamientos.

Para seguir confirmando las relaciones obtenidas de esta campaña en otros ambientes, se evidencia la necesidad de continuar con estos trabajos.

**BIBLIOGRAFÍA CITADA**

BOARD, J.E.; M.S. KANG y B.G. HARVILLE, 1999. Path analysis of the yield formation process for lated-planted soybean. *Agron. J.* 91:128-135.

BODRERO M., R. MARTIGNONE y L. MACOR. 1984. Efecto de la fertilización nitrogenada en soja. *Ciencia del Suelo* 2:212-214.

CANTERO A.; E. BRICCHI; V. BECERRA; J. CISNEROS Y H. GIL, Noviembre 1986. Zonificación y Descripción de las Tierras del Departamento Río Cuarto (Córdoba). Características generales del Departamento Río Cuarto. 2: 5-7.

DÍAZ ZORITA M., G. GROSSO, M. FERNANDEZ CANIGGIA y G. DUARTE. 2000. Efectos de la ubicación de un fertilizante nitrógeno-fosfatado sobre la nodulación y la producción de soja en siembra directa en la región de la Pampa Arenosa, Argentina. *Ciencia del Suelo* 17(2):62-65.

EMBRAPA-CNPSoja. 1998. Recomendacoes tecnicas para a cultura da soja na regio central do Brasil 1998/99. EMBRAPA-CNP Soja. 182 pág.

FERTILIZANDO 2006 Encalado en Soja - Experiencias en Restitución de Calcio, Magnesio y Azufre.

En: [www.fertilizando.org/Biblioteca de fertilidad y fertilizantes en español](http://www.fertilizando.org/Biblioteca%20de%20fertilidad%20y%20fertilizantes%20en%20espa%F1ol).

FLANNERY R. 1989. The use of maximum yield research technology in soybean production. *In* R. Munson (ed.). The physiology, biochemistry, nutrition and bioengineering of soybeans: Implications for future management. PPI/PPIC. pág. 160-174.

GONZÁLEZ, B.; GAMBAUDO, S. 2002. Experiencias en restitución de Calcio, Magnesio y Azufre. Convenio ENCALAR.

En: [www.fertilizando.com](http://www.fertilizando.com) Consultado el 11/04/09

GONZÁLEZ N. 1996. Fijación de nitrógeno. *En* Curso de Actualización "Dinámica de nutrientes en suelos agrícolas". EEA INTA Balcarce.

INPOFOS - 2005 (a) Soja: Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo. Fernando O. García. *Informaciones agronómicas* No.27 - Presentado en el Congreso Mundo Soja 2005 organizado por SEMA. Buenos Aires.

En: [www.inpofos.org](http://www.inpofos.org) Consultado: 20-12-2006.

INPOFOS 2005 **(b)** Soja: Criterios para la fertilización del cultivo. Fernando O. García.

En: [www.inpofos.org](http://www.inpofos.org) Consultado: 20-12-2006

INPOFOS 2005 **(c)** Soja: Nutrición del Cultivo y Fertilización en la Región Pampeana Argentina. Fernando O. García

En: [www.inpofos.org](http://www.inpofos.org) Consultado: 20-12-2006.

KANTOLIC, A.G.; P.I. GIMÉNEZ y E.B. DE LA FUENTE, 2003 **(a)**. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En: SATORRE, E. *et al.* Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 783 p.

KANTOLIC, A.G. 2003 **(b)**. Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja. En: SATORRE, E. *et al.* El libro de la soja - 2003. Ed. CREA-AAPRESID. Buenos Aires. 264 p.

NITRAGIN 2006 Manual de nodulación. Lic. (M.Sc.) María Virginia Fernández Canigia

En: [www.nitragin.com.ar](http://www.nitragin.com.ar) Consultado: 20-12-2006.

PETICARI, A. 2003 **(a)**. Bases funcionales de la determinación de rendimiento y manejo del cultivo de soja. En: SATORRE, E. *et al.* El libro de la soja - 2003. Ed. CREA-AAPRESID. Buenos Aires. 264 p.

PERTICARI, A **(b)** Octubre 2003. Boletín informativo del INTA.

PERTICARI, A 2006. Diapositivas empleadas en Megamuestra INTA EXPONE 2006. Patagonia-Argentina.

RAMSEUR, E.L.; S.U. WALLACE y V.L. QUINSBERRY. 1984. Distribution pattern of yield components in "Braxton" soybeans. *Agron. J.* 76:581-584

SCHEINER J., F. GUTIÉRREZ Boem y R. LAVADO. 1999. Experiencias de fertilización de soja en el centro-norte de Buenos Aires. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acaassuso, Buenos Aires. 39 pág.

SILLANPAA M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. FAO Soils Bull. 48. FAO, Organización de Naciones Unidas, Roma, Italia.

YAMADA T. 1999. Adubacao balanceada da soja. En Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilización de Soja". INPOFOS Cono Sur. Acassuso, Buenos Aires. 39 pág.

WAINWRIGHT, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Adv. Agron. 37: 349-396.

WINDAUER, L. B.; A. GIL; A. C. GUGLIELMINI y R.L. BENECH-ARNOLD; (2003). Bases para el control y manejo de enfermedades en cultivos para granos. En: SATORRE, E. *et al.* Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires. 783 p.

## ANEXO

Cuadro N° I: Distribución de precipitaciones totales/mes registradas entre 1974/2005 y de la campaña 2006/2007

Campaña	Oct.	Nov.	Dic.	Enero	Feb.	Marzo	Abril
2006/2007	0	0	102	141	232	134	151
1974/2005	73,2	117,1	129,7	134,8	91,8	96,9	56,6

Fuente: Estación Meteorológica UNRC.

Cuadro II: Densidad plantas de los 2 tratamientos en etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Tratamiento	Densidad de plantas/m <sup>2</sup>
Testigo	40.11
Sulfato de Ca + Inoculante	39.56
CV	7.37

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro III: Densidad plantas de los 2 tratamientos en etapa fenológica R<sub>8</sub>.

Tratamiento	Densidad de plantas/m <sup>2</sup>
Testigo	34
Sulfato de Ca + Inoculante	34.33
CV	8.02

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro IV: Número de nódulos promedios por planta de la raíz principal en la etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Tratamiento	Número de nódulos
Testigo	22.47 b
Sulfato de Ca + Inoculante	32.40 a
CV	45.7

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro V: Número de nódulos promedios por planta en raíces laterales en la etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Tratamiento	Número de nódulos
Testigo	42.2 b
Sulfato de Ca + Inoculante	46.67 a
CV	34.71

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro VI: Peso seco de biomasa nodular por planta en la etapa fenológica R<sub>1</sub>

Tratamiento	Peso seco en mg.
Testigo	253.3 b
Sulfato de Ca + Inoculante	283.3 a
CV	23.2

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro VII: Porcentaje de efectividad de los nódulos de las raíces en la etapa fenológica R<sub>1</sub>.

Tratamiento	% de efectividad
Testigo	32.73 b
Sulfato de Ca + Inoculante	60.60 a
CV	18.01

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro VIII: Peso de mil semillas.

Tratamiento	Peso de mil semillas (gr)
Testigo	161.54 a
Sulfato de Ca + Inoculante	164.48 a
CV	4.23

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro IX: Número de nudos promedios por planta.

Tratamiento	Número de nudos
Testigo	10.67 b
Sulfato de Ca + Inoculante	14.13 a
CV	15.98

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro X: Número de vainas promedios por planta.

Tratamiento	Número de vainas
Testigo	23.87 b
Sulfato de Ca + Inoculante	26.47 a
CV	18.25

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro XI: Número de granos por vaina.

Tratamiento	Número de granos
Testigo	2.57 a
Sulfato de Ca + Inoculante	2.72 a
CV	8.25

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro XII: Rendimiento de grano en kg ha<sup>-1</sup>.

Tratamiento	Rendimiento
Testigo	4155 b
Sulfato de Ca + Inoculante	4317 a
CV	3.26

Letras distintas el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.

Cuadro XIII: Peso seco de biomasa aérea por planta.

Tratamiento	Peso biomasa aérea en gr
Testigo	32.4 b
Sulfato de Ca + Inoculante	39.8 a
CV	13.3

Letras distintas en el cuadro indican diferencias significativas con el test de homogeneidad de varianzas.