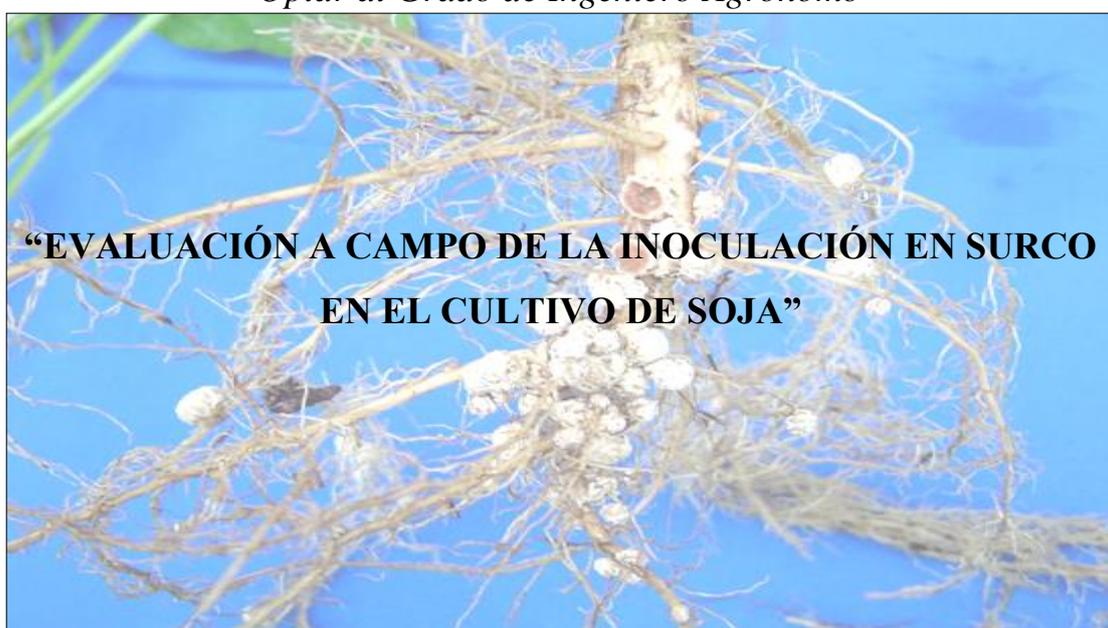




Universidad Nacional de Río Cuarto
Facultad de Agronomía y Veterinaria

Trabajo Final Presentado para
Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo



**“EVALUACIÓN A CAMPO DE LA INOCULACIÓN EN SURCO
EN EL CULTIVO DE SOJA”**

Alumno

Herrera, Félix Agustín

DNI: 26085856

Directora

Dra. Thuar, Alicia

Río Cuarto – Córdoba

Agosto de 2009

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final:

“Evaluación a Campo de la Inoculación en Surco en el Cultivo de Soja”

Autor: Herrera, Félix Agustín

DNI: 26085856

Director: Dra. Thuar, Alicia

**Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado
Evaluador:**

Fernández, Elena _____

Núñez, César. O. _____

Thuar, Alicia _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaria Académica: ____/____/____.

ÍNDICE DE TEXTO

	Pág.
CARÁTULA-----	I
CERTIFICADO DE APROBACIÓN-----	II
ÍNDICE DE TEXTO-----	III
ÍNDICE DE CUADROS-----	IV
ÍNDICE DE FIGURAS-----	V
DEDICATORIA-----	VI
AGRADECIMIENTO-----	VII
RESUMEN -----	VIII
SUMMARY -----	IX
INTRODUCCIÓN-----	1
Importancia del cultivo de soja-----	8
Antecedentes-----	10
HIPÓTESIS-----	12
OBJETIVOS-----	12
MATERIALES Y MÉTODOS -----	13
Caracterización edafoclimática -----	14
Características de la variedad-----	17
Métodos de cuantificación de la promoción del crecimiento-----	18
Determinación en quinto nudo 20 días postsiembra (V5) -----	18
Número de nódulos de la raíz principal y lateral-----	18
Determinación de peso seco de raíz mas nódulos-----	18
Determinación de peso seco de biomasa aérea-----	18
Determinación a los 65 días postsiembra (R5) -----	18
Determinación en reproductivo 101 días postsiembra (R7) -----	18
RESULTADOS Y DISCUSIÓN-----	19
Determinación a los 20 días postsiembra (V5) -----	19
Determinación a los 65 días postsiembra (R5) -----	23
Determinación a los 101 días postsiembra (R7) -----	24
CONCLUSIÓN-----	28
BIBLIOGRAFÍA-----	30
ANEXO-----	36

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Análisis físico-químico del suelo-----	16
Cuadro 2: Características de la variedad-----	17
Cuadro 3: Precipitaciones medias anuales y temperatura media anual para la serie 1970-2007-----	37
Cuadro 4: Precipitaciones mensuales (mm) para el periodo enero2006-abril 2006-----	37
Cuadro 5: Análisis de la varianza (ANOVA), de Peso seco de raíz mas nódulos y Peso seco biomasa aérea-----	38
Cuadro 6: Análisis de comparación de medias por el Test de Tukey del peso seco raíz mas nódulos -----	38
Cuadro 7: Análisis de comparación de medias por el Test de Tukey de peso seco biomasa aérea -----	40
Cuadro 8: Análisis de la varianza (ANOVA), de número de vainas por planta y número de granos por planta -----	41
Cuadro 9: Análisis de comparación de medias del número de vainas por planta por el Test de Tukey -----	41
Cuadro 10: Análisis de comparación de medias del número de granos por planta por el Test de Tukey -----	41
Cuadro 11: Análisis de la varianza (ANOVA), de rendimiento por cada tratamiento --	42
Cuadro 12: Datos por tratamiento del número de nódulos en la raíz primaria -----	43
Cuadro 13: Datos por tratamiento del número de nódulos en la raíz lateral -----	43
Cuadro 14: Datos por tratamiento del peso seco raíz más nódulos (kg) y peso seco biomasa aérea -----	44
Cuadro 15: Datos por tratamiento del número de nódulos totales, nódulos activos, nódulos inactivos y eficiencia (%) -----	44
Cuadro 16: Datos por tratamiento del número de vainas por planta y el número de granos por planta -----	44
Cuadro 17: Datos por tratamiento del peso de las 1000 semillas (kg) y el rendimiento (kg) -----	45
Cuadro 18: Análisis de comparación de medias del rendimiento por el Test Tukey y DMS-----	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del ensayo-----	13
Figura 2: Precipitaciones medias anuales y temperaturas medias anuales de serie-----	14
Figura 3: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo-----	15
Figura 4: Peso seco raíz más nódulos (kg) de todos los tratamientos-----	21
Figura 5: Peso seco biomasa aérea (kg) de cada tratamiento-----	22
Figura 6: Número de nódulos en la raíz principal por tratamiento-----	23
Figura 7: Número de nódulos en la raíz lateral-----	24
Figura 8: Efectividad de cada tratamiento-----	25
Figura 9: Número de vainas por planta de cada tratamiento-----	26
Figura 10: Número de granos por planta de cada tratamiento-----	27
Figura 11: Rendimiento por cada tratamiento-----	28
Figura 12: Subgrupos homogéneos Test Tukey del peso seco de raíz más nódulos-----	40
Figura 13: Subgrupos homogéneos Test Tukey del peso de biomasa aérea-----	40
Figura 14: Subgrupos homogéneos Test Tukey del número de vainas por planta-----	42
Figura 15: Subgrupos homogéneos Test Tukey del número de granos por planta-----	42
Figura 16: Subgrupos homogéneos Test Tukey del rendimiento por tratamiento-----	43

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: Coloración interna de nódulos de soja de diferente edad-----	2
---	---

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia, principalmente mi madre y hermanos por toda la ayuda brindada desde siempre y en los momentos difíciles, para que siga formándome profesionalmente. A mis amigos y allegados por haber estado siempre, y especialmente a mi hijo Danilo y Nancy que son la razón de mi esfuerzo.

AGRADECIMIENTO

A mis hermanos y mi madre para que siguiera adelante a pesar de las dificultades cotidianas.

A mi hijo y esposa por las dificultades que hemos pasado y perseveramos ante todo.

A mis amigos, compañeros y colegas Daniel, Gustavo, Mauricio, Hernán, por toda la ayuda brindada.

A mi directora de tesis Dra. Alicia Thuar por su dedicación y colaboración.

A Nancy por su apoyo constante.

A todas las personas que siempre las tengo presentes por su apoyo aunque pequeño que haya sido; ha sido muy importante para que llegué a cumplir un objetivo en mi vida, que es gratificante para mi y para todos aquellos que saben del esfuerzo constante que ha significado llegar hasta aquí.

A todos MUCHAS GRACIAS.

RESUMEN

La soja, un cultivo proteico por excelencia, necesita acumular grandes cantidades de nitrógeno para su normal crecimiento. Para cubrir tal demanda, además de la absorción del nutriente desde el suelo, esta y otras especies de la familia de las leguminosas han desarrollado el mecanismo de la fijación biológica de nitrógeno (FBN), a partir de la asociación con bacterias del suelo pertenecientes a la familia de las Rhizobiáceas, en el caso de la soja *Bradyrhizobium japonicum*. El cultivo obtiene entre el 30 y el 94% de sus requerimientos de nitrógeno a partir de esta simbiosis. La práctica más recomendable para lograr que la Fijación Biológica de Nitrógeno sea una fuente importante de nitrógeno para el cultivo es la inoculación de la semilla con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* incorporadas por medio de inoculantes de alta calidad. El objetivo del presente trabajo fue estudiar y evaluar el efecto benéfico de la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* por chorreado en el surco de soja en comparación con el método tradicional sobre la nodulación. Durante el transcurso del ciclo del cultivo se determinaron parámetros como el grado de infectividad de *Bradyrhizobium japonicum* en el chorreado en surco, biomasa aérea, número de nódulos en raíz principal y lateral, número de vainas/planta, número de granos/planta y rendimiento. Se encontraron diferencias significativas para los tratamientos por esta técnica en el peso seco de raíz más nódulos con un respuesta del 8%, en biomasa aérea con un 9,04% de respuesta, del 24% de respuesta en número de nódulos en la raíz principal, con un 5% de respuesta en el número de vainas por planta, del 6% en el número de granos por planta y una respuesta del 5% en rendimiento.

Palabras claves: soja, *Bradyrhizobium japonicum*, inoculación por chorreado.

SUMMARY

The soybean, a protein culture par excellence, needs to accumulate great amounts of nitrogen for its normal growth. In order to cover such demand, in addition to the absorption of the nutrient from the ground, this and other species of the family of the leguminosas they have developed the mechanism of the biological nitrogen fixation (FBN), from the association with bacteria of the ground pertaining to the family of the Rhizobiáceas, in the case of the soybean *Bradyrhizobium japonicum*. The culture obtains between the 30 and 94% of its nitrogen requirements from this symbiosis. The most recommendable practice to obtain than the Biological Nitrogen Fixation is an important nitrogen source for the culture is the inoculation of the seed with stocks of *Bradyrhizobium japonicum* incorporated by means of inoculantes of high quality. The objective of the present work was to study and to evaluate the beneficial effect of the inoculation with *Bradyrhizobium japonicum* by blasting in the furrow of soybean in comparison with the traditional method on the nodulación. During the course of the cycle of the culture parameters like the degree of infectividad were determined of *Bradyrhizobium japonicum* in the blasting one in furrow, aerial biomass, I number of nodules in main root and lateral, I number of cases/plants, I number of grains/plants and yield. Were significant differences for the treatments by this technique in the dry weight by root more nodules with an answer of 8%, in aerial biomass with a 9.04% of answer, of 24% of answer in number of nodules in the main root, with a 5% of answer in I number of cases by plant, of 6% in I number of grains by plant and an answer of 5% in yield.

Key words: soybean, *Bradyrhizobium japonicum*, inoculation by blasting.

INTRODUCCIÓN

En la campaña 2008/2009, la superficie bajo cultivo superó a la anterior en un 2,8 % con una cobertura estimada de 16.6 millones de hectáreas. Con esta cifra se alcanzará un nuevo récord histórico en la superficie implantada con esta oleaginosa. De continuar las productividades en los niveles actuales y las demás condiciones del clima en forma benigna, se puede pronosticar una producción de 47,2 millones de toneladas (SAGPYA, 2008).

En la década del 70, cuando se produjo la expansión del cultivo dada la inexistencia en nuestros suelos de *Bradyrhizobium japonicum* o *B. elkanii*, se consideró necesaria la incorporación de estas bacterias a las semillas por intermedio de la inoculación (Pacheco Basurco, 1983).

La bacteria que se utiliza para inocular soja (*Bradyrhizobium japonicum*), no es nativa de nuestra zona, por lo tanto los lotes vírgenes en soja no poseen bacterias de este tipo (Ventimiglia *et al.*, 2003b).

Estudios de evaluación de la capacidad simbiótica de cepas naturalizadas aisladas de diferentes suelos, en condiciones limitadas de nitrógeno (N), mostraron que la mayoría presenta alta capacidad de nodulación y mediana capacidad de Fijación Biológica de Nitrógeno (González *et al.*, 1997).

Este comportamiento refleja la mejora en la competitividad de las cepas de los inoculantes y la calidad de las presentes formulaciones comerciales disponibles que logran entre 10 y 100 veces mayores aportes de bacterias que los inoculantes pasados (Hungría *et al.*, 2006).

Menos del 10% del área sembrada con soja ocurre en sitios sin antecedentes del cultivo por lo que la mayoría de los suelos presentan poblaciones naturalizadas de rizobios. No obstante, abundan los estudios que muestran aumentos significativos en los rendimientos al inocular anualmente el cultivo (“reinoculación”). Por ejemplo, en Brasil se reportaron mejoras del 8% en los rendimientos de cultivos al reinocular (Hungría *et al.* 2006). Similares resultados han sido descriptos en estudios desarrollados en Argentina y en otros ambientes del cono sur (Peticari *et al.*, 2005).

Debemos recordar que el proceso de infección en soja se produce a medida que los pelos radicales se van desarrollando. La infección ocurre en los puntos de crecimiento de las raíces, cuando éste es infectado por una bacteria, otra no podrá colonizar ese mismo lugar. De allí es que adquiere gran importancia la velocidad de infección que tienen las bacterias, como así también la carga bacteriana que introduzcamos con el inoculante. Es esperable que a medida que la carga bacteriana del inoculante aumente (más concentración y/o más dosis), se dispondrá de un mayor número de bacterias para competir con las

bacterias naturalizadas en colonizar los puntos de crecimiento (Ventimiglia *et al.*, 2005 a).

La soja tiene la habilidad de asociarse en forma natural con bacterias llamadas rizobios, en particular de la especie *Bradyrhizobium japonicum*, y obtener a través de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) gran parte del N necesario para su crecimiento. La expresión de que esta asociación simbiótica es efectiva se verifica por la presencia de nuevos órganos en las raíces denominados nódulos, de color rojo en su interior por la presencia de leghemoglobina. Cuando el nódulo se deteriora por senescencia natural finaliza la FBN, cambia la coloración interna pasando a ser verde y en el estado final previo a la degradación es oscuro (Foto 1). Si la soja no tiene nódulos o estos no son eficientes (nódulos blancos, no fijadores) o senescentes (verdes y/o marrones en etapas reproductivas tempranas) puede extraer altas cantidades de N del suelo. Por esta razón, el sistema simbiótico rizobio-soja requiere que no haya limitantes por exceso o por defecto para el desarrollo normal del cultivo. Si la cantidad (ppm) de N del suelo es alta, al momento de siembra, puede inhibirse y retrasarse la formación de nódulos, disminuyendo el aporte total de la simbiosis (Peticari *et al.*, 2003 a).

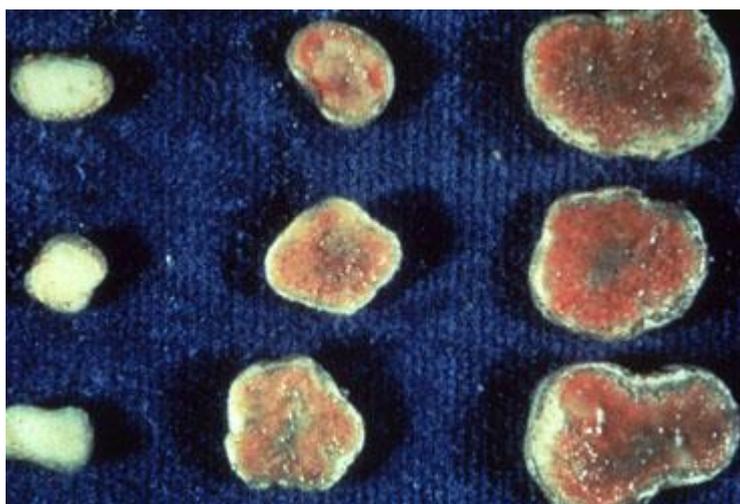


Foto 1: Coloración interna de nódulos de soja de diferente edad (jóvenes blancos no efectivos a maduros rojos efectivos).

El proceso de FBN requiere de la identificación entre sus actores: plantas (soja) y bacterias (*Bradyrhizobium japonicum*) y se logra a partir del intercambio de señales moleculares. La soja produce sustancias (flavonoides) que al ser reconocidas por los rizobios, luego de la activación de genes liberan factores de nodulación que al ser percibidos por las plantas desencadenan el inicio del proceso de nodulación. Estudios recientes han identificado y aislado muchas de las sustancias que intervienen en estos procesos de comunicación y su inclusión en los formulados de inoculantes con resultados, en algunos casos, beneficiosos sobre la producción de soja y la eficiencia en la FBN (Smith y Díaz-Zorita, 2005).

En los primeros días de desarrollo de la planta, las bacterias penetran en la raíz a

través de los pelos radicales, iniciándose la formación del nódulo, en cuyo interior las bacterias realizarán el proceso de fijación, transformando nitrógeno molecular (N_2) en amonio (NH_4), mediante el sistema enzimático de la nitrogenasa, haciendo posible su absorción por el vegetal (Ventimiglia *et al.*, 2003).

La FBN es el proceso por el cual algunas bacterias que poseen un complejo sistema enzimático, son capaces de romper la triple ligadura que une a dos átomos de N atmosférico y transformarlo en amonio, incorporándolo de esta manera al sistema productivo. Esto es más que importante, dado que el nitrógeno representa aproximadamente el 80% de los gases que contiene la atmósfera y en la medida que podamos incorporarlo al sistema de producción, podría llevarnos a ser menos dependientes de los fertilizantes químicos. La forma de incorporarlo al sistema es mediante las bacterias específicas, las cuales se pueden asociar con las raíces de las plantas leguminosas, formando una verdadera simbiosis, de la cual ambos participantes (bacteria y planta), se ven beneficiados (Ventimiglia *et al.*, 2001).

Cuando opera la FBN, el N_2 atmosférico se transforma a NH_4^+ en las células de los nódulos infectados de bacterias; de allí pasa a células no infectadas donde se transforma principalmente en ureidos, que son, a su vez, exportados hacia los tejidos vegetales. Ambas fuentes, el suelo y la FBN deben complementarse para alcanzar rendimientos máximos. Sin embargo, se reconoce que la primera fuente condiciona la magnitud de la expresión de la segunda, a través de la definición del número de nódulos y de la actividad enzimática de los mismos. En consecuencia, el aporte global por FBN para la soja es menor en suelos bien provistos de N que en aquéllos en que el nutriente es deficitario, situación que se relaciona con niveles bajos de materia orgánica, suelos arenosos o suelos sometidos a agricultura continua (González, 2002).

En condiciones ideales de expresión de la simbiosis, la nodulación comienza a visualizarse a los 3-5 días y la actividad de fijación desde los 10-15 días de emergencia. Los valores de N fijado son bajos en los estados vegetativos hasta comienzos de floración, con registros promedio 0,5-1kg de N fijado/ha/día. De ahí en adelante se registra la mayor actividad; las tasas máximas de fijación se sitúan entre los estados reproductivos R5-R6 con valores promedio de 3 y máximos de 5kg de N fijado/ha/día. Luego de esta etapa el proceso cae en forma abrupta trabajando con distintas fuentes de N (nitratos, urea y N de FBN) reconoció aportes de 600 mg de N/planta por la fijación durante el período de llenado de granos (Imsande, 1998).

La práctica más recomendable para lograr que la FBN sea una fuente importante de N para el cultivo es la inoculación de la semilla con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* incorporadas por medio de inoculantes de alta calidad. La respuesta a la inoculación es mayor cuando los lotes no cuentan con antecedentes de soja. No obstante, también se ha observado respuesta a la reinoculación en lotes con historia sojera previa (Díaz Zorita *et al.*,

2004). Los efectos en los rendimientos del cultivo fueron evidentes y esto permitió una rápida adopción de esta tecnología por parte de los productores (Peticari *et al.*, 2003 b).

Los niveles de N del suelo y aplicados en forma de fertilizante demoran la infección de la bacteria *Bradyrhizobium japonicum* y la nodulación, reduciendo la capacidad de fijar N atmosférico. Hay poca información de umbrales, pero según diversos trabajos, dosis de N mayores a 25 kg/ha o niveles de N en el suelo (0-40 cm) mayores 40 kg/ha reducen significativamente la nodulación, sin mejorar el rendimiento (Bianchini, 2005)

El proceso de FBN le insume a la planta un costo energético importante, por lo cual muchos estudios han demostrado que éste es inversamente proporcional a la oferta de N del suelo. La planta tiene la posibilidad de regular este proceso en varias etapas del mismo, por ejemplo a través del número de nódulos formados, de la síntesis y actividad de la enzima nitrogenasa y por el balance energético global de la planta (Ventimiglia *et al.*, 2003 a).

Gran parte del N requerido por la planta lo puede obtener del aire a través de la simbiosis con *Bradyrhizobium japonicum*. La eficiencia del proceso de FBN atmosférico depende de diversos factores que condicionan la adecuada formación de nódulos con las cepas seleccionadas provistas por los inoculantes. La temperatura y la humedad son factores importantes que afectan el crecimiento del rizobio, su supervivencia en el suelo y la simbiosis (Graham, 1992). La concentración de nitratos en el suelo constituye también un factor que interfiere en la normal nodulación de las leguminosas (Parker y Dowler, 1976) y sobre la FBN (González, 1994).

Los nódulos de las leguminosas producen hasta 10 veces su propio peso de N por día. Para evitar la auto inhibición necesitan eliminar el N asimilado de los nódulos haciéndolo vía transporte rápido por el xilema, que lleva el agua desde las raíces a la parte superior de la planta. En sentido contrario, por el floema los nódulos se nutren con los fotosintatos producidos en las partes verdes de la planta. Así, los nódulos de los Rhizobios actúan como simples bacteroides productores de NH_4 dejando a la planta pagar el costo de la asimilación (Racca, 2003 a).

La FBN, en condiciones normales, puede aportar entre el 25 y el 84% del N total absorbido (González *et al.*, 1997). La tasa de absorción de NO_3^- se incrementa durante la fase vegetativa y alcanza un máximo durante R1-R3. A comienzo de llenado de granos (R5), la tasa de absorción de NO_3^- es de un 50% del máximo; a esto se infiere cuando se hace referencia a que el suelo debe proveer suficiente N hasta R3-R4, mientras que luego de este momento, la FBN debe ser la principal fuente de N para el cultivo. Un buen provisionamiento de N hasta R3-R4 permitirá definir un elevado número de vainas por unidad de superficie y un índice de área foliar (IAF) adecuado para el período crítico del cultivo. Una elevada FBN durante el llenado de granos permitirá lograr un elevado peso de

los mismos, componente importante del rendimiento del cultivo de soja. De lo expuesto, se deduce que el N aportado a través de la fertilización debe ser realizado en R1-R2, dado que la planta no lo asimilará a tasas elevadas si se fertiliza durante la fase vegetativa, y además, la aplicación de N temprano puede inhibir el establecimiento del sistema simbiótico (Echeverría, 2003).

Al ser la soja una leguminosa puede cubrir sus requerimientos de N a partir del aporte del suelo por la mineralización de N orgánico y por medio de la FBN. La soja presenta una alta acumulación de proteínas en las semillas que la convierte en el cultivo con la mayor demanda de N y la menor producción de biomasa de semilla por fotoasimilado producido. Por eso, el N es el nutriente más crítico para el cultivo. Se estima que se requieren entre 70 y 80 kg de N para producir una tonelada de grano de soja. Es decir, un rendimiento promedio de aproximadamente 3000 kg/ha es equivalente a una demanda de 240 kg/ha de N. Los procesos de agriculturalización, intensificación y simplificación que han experimentado los sistemas productivos de nuestro país han llamado la atención por su impacto sobre el eje ecológico del concepto de sustentabilidad (Peticari *et al.*, 2006).

Estas propiedades edáficas son modificadas por el grado de remoción de los suelos según los sistemas de labranza empleados en la preparación de la cama de siembra para los cultivos. En condiciones de alta remoción por uso de arado de rejas o discos los niveles de nitratos, las pérdidas de humedad y la temperatura de la capa superficial de los suelos es mayor que en sistemas con menor remoción o en siembra directa (Logan *et al.*, 1991).

Es importante una formación temprana de nódulos para disminuir la extracción del N del suelo como así también tener un buen número de nódulos en el cuello de la raíz principal, ya que éstos presentan en general una mayor capacidad de fijación que los de las raíces secundarias (González *et al.*, 1997).

Abunda la información regional que muestra beneficios en los rendimientos y en la calidad de granos de soja luego de la adecuada inoculación tanto en ambientes con o sin antecedentes del cultivo. Junto con el crecimiento en el área sembrada y la incorporación de nuevas tecnologías de producción, se han desarrollado productos y prácticas de inoculación que mejoran su eficiencia. Entre éstas se encuentran: (i) formulación de terápicos de semilla compatibles, (ii) acondicionadores o protectores de inoculantes para tratamientos en condiciones ambientales adversas, (iii) aplicación anticipada de estos tratamientos y (iv) formas alternativas de uso de inoculantes tales como la inoculación en el surco de siembra. Esta última práctica permite la aplicación de los rizobios simultáneamente con la siembra en el ambiente donde germinan las semillas, reduciendo así los efectos de factores de estrés por el manipuleo, aplicación y contacto con curasemillas no compatibles. Además, es una alternativa para evitar daños mecánicos en el tegumento de semillas sensibles, tal como

ocurre con los tratamientos de semillas de maní o con semillas de soja de bajo vigor (Micucci *et al.*, 2007).

Es decir que como consecuencia el uso intensivo de los recursos promovió un paulatino y constante disminución de los niveles de fertilidad edáfica de los suelos pampeanos, esto se ve corroborado por los informes cada vez más frecuentes de deficiencias generalizadas de N y otros nutrientes como P (fósforo) y S (azufre). Como consecuencia los aportes de N esperados desde el suelo y ante la ausencia de fertilización química de Nitrógeno en cultivos de soja comerciales se puede afirmar que para nuestras condiciones de cultivo: El rendimiento de soja, si no existen otras limitantes nutricionales y lumínicas, es dependiente de la capacidad de acumular Nitrógeno que logre el cultivo en particular desde la FBN (Perticari *et al.*, 2006).

Respecto de la fertilización, es imprescindible, en un país que dedica 16 millones de hectáreas al cultivo de soja, crear conciencia de la necesidad de considerar la sustentabilidad del sistema. Aún, en aquellas zonas donde el nivel de P en el suelo se sitúa en la actualidad por encima de los niveles de respuesta, se debería considerar efectuar fertilizaciones de mantenimiento, que eviten la depresión del P del sistema ya que, una vez producida, es difícil de revertir en términos de la inversión necesaria en fertilizante. Debe, asimismo prestarse atención a la eventual deficiencia de S que, en los ambientes con las características definidas anteriormente se presentará en algún momento, en la medida que prevalezca el planteo actual de agricultura continua (González, 2007 a).

Por lo tanto, el desafío es incrementar el rendimiento del cultivo, aprovechando el recurso renovable que implica la FBN, balanceando el P y S donde corresponda, utilizando la siembra directa a conveniencia, para disminuir la temperatura del suelo donde -ésta sea un problema- y mejorar la economía del agua. Esto no solamente favorecerá el incremento de la tasa de fijación de N y el rendimiento; utilizada con consistencia, esta estrategia también protegerá al suelo de la degradación, única manera de asegurar que en la Argentina se puedan seguir cultivando soja, de manera sustentable, 16 millones de hectáreas anuales (González, 2007 a).

La intensificación agrícola registrada en las últimas décadas en Argentina y la notable expansión de la soja, produjo una paulatina y constante disminución de los niveles de fertilidad edáfica de los suelos pampeanos. Las deficiencias generalizadas de N, de P y de S fueron informadas por varios autores (Barbagelatta *et al.*, 2001; Díaz Zorita *et al.*, 2002; Fontanetto y Keller, 2005; Martínez y Cordone, 2000). Por lo expuesto, sería esperable que en un plazo relativamente corto otros nutrientes puedan surgir como limitantes para la óptima productividad de los cultivos de la región. Para la soja el cobalto (Co) y el molibdeno (Mo) son dos micronutrientes de particular importancia, debido a su participación con la fijación biológica de N que tiene lugar en las raíces de esta especie a

través de la simbiosis con bacterias fijadoras, y ambos se encuentran entre los elementos que podrían presentar deficiencias para el normal funcionamiento y alta producción del cultivo en el futuro. Existe información sobre la depresión en los rendimientos provocada por la deficiencia de estos dos microelementos (Amorim *et al.*, 2002; Ferraris *et al.*, 2005; Fontanetto y Keller, 2005; Campo y Hungría, 2002), la que para Argentina es aún preliminar y debe ser investigada con mayor precisión.

Entonces, cuáles son los principales factores limitantes para la FBN. Peticari (2005) y González (2006 a) describen los siguientes:

- Aspectos relacionados con la calidad de inoculantes y técnica de inoculación.

- Factores relacionados a las condiciones ambientales como estrés hídrico y térmico y anegamiento del suelo.

- Desbalances nutricionales entre los cuales el más frecuente en Entre Ríos es la deficiencia de P y comienzan a aparecer respuestas variables al agregado de micronutrientes como Co y Mo.

El mayor éxito en cuanto a la implementación de prácticas agrícolas sustentables vinculadas con la FBN ha sido sin lugar a dudas el desarrollo de los inoculantes para leguminosas, a base de cepas rizobianas. Los inoculantes son productos biológicos desarrollados para agregar artificialmente sobre la semilla, rizobios seleccionados por su especificidad, infectividad (capacidad de formar nódulos) y efectividad (capacidad de fijar N₂). En la década del '70, nuestros suelos carecían de cepas de *Bradyrhizobium japonicum* y fue necesaria la incorporación de estas bacterias mediante la inoculación. Los efectos en los rendimientos del cultivo fueron evidentes y esto permitió una rápida adopción de esta tecnología por parte de los productores. La reinoculación anual llevó al establecimiento en los suelos de poblaciones de rizobios naturalizadas provenientes de las cepas de los inoculantes, esto genera la competencia en la formación de los nódulos entre las cepas introducidas con el inoculante y las presentes en el suelo, ocupando estas últimas la mayor proporción de los nódulos (Peticari *et al.*, 2003 b).

Aún utilizando inoculantes de excelente calidad y una técnica de inoculación esmerada, un estrés hídrico ocurrido inmediatamente después de la siembra, elimina las bacterias que aún no han iniciado el proceso de nodulación y, si éste se prolonga, promueve la autorregulación de la planta para evitar la formación de nódulos. Una vez establecido el sistema nodular, la ocurrencia de estrés hídrico durante el ciclo puede provocar, si es extremo, la abscisión de los nódulos ya formados y, si es moderado, el compromiso de la actividad de la enzima nitrogenasa, disminuyendo el rendimiento del cultivo, a través del control de la FBN, además de hacerlo por un efecto directo sobre el metabolismo de la planta (Racca, 2003 c).

El buen uso de los inoculantes procura proveer, en el ambiente rizosférico durante la aparición de las raíces, una alta carga de rizobios contribuyendo a la formación de nódulos conteniendo estas cepas con eficiente capacidad de FBN. Uno de los factores de estrés a los que se exponen las bacterias del inoculante ocurre al ser aplicadas sobre las semillas y en particular si éstas son tratadas junto con curasemillas (*i.e.* funguicidas, insecticidas, micronutrientes), práctica ampliamente difundida en los sistemas de producción de soja en el cono sur. Reducciones de hasta el 70% de las células bacterianas y en la nodulación bajo condiciones de campo se reportan sólo con 2 horas de contacto de inoculantes con algunos funguicidas. Este fenómeno también es observado cuando las semillas son tratadas con micronutrientes (en particular Co y Mo). Recientemente, en el mercado internacional se han desarrollado funguicidas compatibles con los rizobios que junto con otras prácticas de manejo (por ej. aplicación foliar de micronutrientes, siembra de semillas enriquecidas en Mo, etc.) atenuarían esta limitación (Hungría *et al.*, 2006). Un cambio de importancia en la tecnología de inoculación se logró con el desarrollo de protectores bacterianos que permiten mejorar la supervivencia de los rizobios sobre las semillas de soja inoculadas con prolongada anticipación a la siembra. Estos protectores bacterianos también han permitido reducir la mortalidad bacteriana cuando se emplean funguicidas e insecticidas curasemillas sobre estas (Montero y Sagardoy, 2003, Montero y Sagardoy, 2005).

Otra forma para atenuar el efecto deletéreo de curasemillas y estrés ambiental sobre la población de rizobios es la aplicación de tratamientos líquidos directamente en el surco de siembra. Se recomienda que la dosis de inoculación sea 6 veces superior a la usada sobre semillas y con volúmenes de aplicación de unos 50 l/ha (EMBRAPA, 2004).

Importancia del cultivo de Soja

En Argentina las primeras siembras se realizaron en 1852 pero no encontraron eco en el campo argentino de aquellos años. Hasta 1956 no se conocían en el país los aspectos básicos de la soja como cultivo. Los fracasos en la implantación hicieron que fuese considerada para esa época un cultivo poco atractivo. Sin embargo, la continuidad en algunos esfuerzos de investigación y promoción del cultivo permitió su implantación definitiva a partir de la década del 60 (INTA, 1997).

La superficie sembrada se incrementó en mayor medida a partir de los años 70 y posteriormente con la introducción en 1996 de las sojas genéticamente modificadas. En los últimos diez años se ha evidenciado en nuestro país un proceso denominado de “agriculturización”, explicado fundamentalmente por la expansión de la soja. La elección

de esta oleaginosa como principal cultivo encuentra su explicación en la aparición de un conjunto de avances tecnológicos que se difundieron rápidamente en el sector primario primario, tales como la siembra directa, el uso de glifosato y las sojas transgénicas resistentes a dicho herbicida. Este “paquete” se caracteriza por su facilidad de implementación y sus bajos costos relativos que favorecieron la instalación del contratista rural como agente en la producción primaria (Engler *et al.*, 2007).

Estos avances tecnológicos en conjunción con buenos precios internacionales, fomentó el avance de la soja en sustitución de otros cultivos y sobre tierras ganaderas menos aptas para la agricultura. De esta manera, en la última campaña en el país se sembraron 16.100.000 hectáreas con una producción de 47.600.000 tn, que convierten a Argentina en el tercer productor mundial de poroto de soja, luego de EEUU y Brasil, y primer exportador de aceite de soja y de harinas. Como consecuencia, la soja es el producto de exportación de mayor incidencia en el Producto Bruto Agropecuario del país y el mayor generador de divisas (SAGPyA, 2007).

En la actualidad, las expectativas de continuo crecimiento de la producción de los países del MERCOSUR en el complejo soja son altas y en ellos se encuentran las reservas de superficie más importantes, lo que seguramente va a incrementar el protagonismo de estos países en los próximos años. Desde la campaña 2002/03, la producción regional superó por primera vez a EEUU, lo que marca un punto de inflexión muy relevante para la región y el agronegocio sojero internacional (Rossi, 2007).

ANTECEDENTES

Desde hace más de seis años, la UEEA INTA 9 de Julio viene realizando experiencias con un sistema de inoculación diferente a los tradicionales. El mismo consiste en aplicar el inoculante líquido vehiculizado con agua, chorreado en el surco de siembra (Ventimiglia y Carta, 2002): Los resultados logrados fueron contundentes en favor del método de aplicación chorreado. Si bien todos los tratamientos lograron una muy buena infectividad (incluido el testigo), los tratamientos chorreados en el surco presentaron una nodulación más vigorosa y el rendimiento alcanzado demostró diferencias significativas a favor del chorreado en surco, por sobre la técnica tradicional de inoculado en la semilla.

Ventimiglia y Carta (2003) encontraron diferencias significativas en el rendimiento a favor del chorreado en surco con valores entre 47 kg/ha a 470 kg/ha, como mínimo y máximo. Ventimiglia y Carta (2004) conjuntamente con Nuevejulience (Jog Agro Ingeniería, 2004) desarrollaron conjuntamente con INTA 9 de Julio un sistema mecánico llamado EPID (Equipos para aplicación de inoculantes diluidos en agua) aplicable a cualquier máquina sembradora, demostraron diferencias significativas en la nodulación siendo más vigorosa la infectividad a favor del chorreado en surco.

Pailhé G, Christensen M y Zamora M (2004) demostraron diferencias significativas en la nodulación siendo más vigorosa la infectividad a favor del chorreado en surco. Los resultados obtenidos indican una tendencia al aumento del número de nódulos y de rendimiento, no obstante es conveniente seguir evaluando esta técnica y ajustando la técnica y dosis de aplicación, de forma de lograr efectividad en la inoculación y simplicidad de manejo.

De Carli y Behr (2007): demostraron diferencias significativas en un aumento de rendimiento significativo (3.2 qq/ha) a partir de la técnica de inoculación por chorreado en el surco de siembra con doble dosis.

Micucci *et al.* (2007): evaluaron el comportamiento de la técnica en diferentes regiones de Argentina (NOA, NEA, Centro de Bs. As y Sur de Bs. As), durante las campañas 2001/02 al 2004/05, considerando lotes con y sin antecedentes de soja en la rotación. En lotes con antecedentes de soja en la rotación y en tres de las cuatro zonas analizadas, los rendimientos relativos de los cultivos inoculados fueron mayores que el control sin inocular ($p < 0,005$) e independientemente del tipo de aplicación de los inoculantes. En lotes sin antecedentes de soja en la rotación, al inocular los rendimientos fueron mayores. Sólo en la zona Centro se observaron aportes positivos de la inoculación en surco de siembra sobre el resto de los tratamientos ($p < 0,005$).

Ferraris G. y Couretot L (2008) por medio del Proyecto Regional Agrícola-CERBAN (Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino), evaluaron el efecto sobre la

nodulación y el rendimiento de diferentes estrategias de inoculación – sobre semilla a la siembra, preinoculado o chorreado en surco- sin o con uso de fungicidas y/o protector. Duplicar la dosis o usar protector incrementó significativamente los rendimientos, al igual que la inoculación en el surco. Los rendimientos difirieron significativamente entre sí. Los tratamientos con uso de protector o doble dosis fueron los de mejor comportamiento. Estos, y los tratamientos de surco y Rizopack superaron significativamente al testigo. Aún con el uso de protector, para la misma dosis de inoculante y fungicida, en este ensayo el tratamiento a la siembra se comportó mejor que el preinoculado. Ventimiglia y Baudrix (2008) encontraron diferencias significativas en todas las dosis de inoculantes por chorreado de 400cc/ha, 600cc/ha y de 800cc/ha, y en la semilla de 200cc/ha, 300cc/hay de 400cc/ha. El método chorreado supero al de semilla por 175 kg ha⁻¹ (3.595 kg ha⁻¹ vs. 3.420 kg ha⁻¹).



Foto 2: Máquina sembradora con sistema de fertilizado en surco.

HIPÓTESIS

La utilización de inoculante en el surco con protector promueve el crecimiento de plantas de soja durante su ciclo.

OBJETIVO

Objetivo general:

Evaluar a campo, el efecto que produce la inoculación en surco y en semilla con *Bradyrhizobium japonicum* con protector en soja.

Objetivos específicos:

- Evaluar el efecto en el desarrollo del cultivo de soja en el estadio vegetativo y reproductivo, producido por la inoculación, en surco y la inoculación en semilla.
- Determinar el efecto en el rendimiento del cultivo de soja con inoculante, en surco con protector e inoculación en semilla con protector con *Bradyrhizobium japonicum*.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizo (Figura 1) en el campo de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado en la ruta provincial número 36, km 601, de la localidad de Las Higueras, a los 64° 30' Longitud W de G y 33° 07' Latitud Sur, a 421 m.s.n.m.

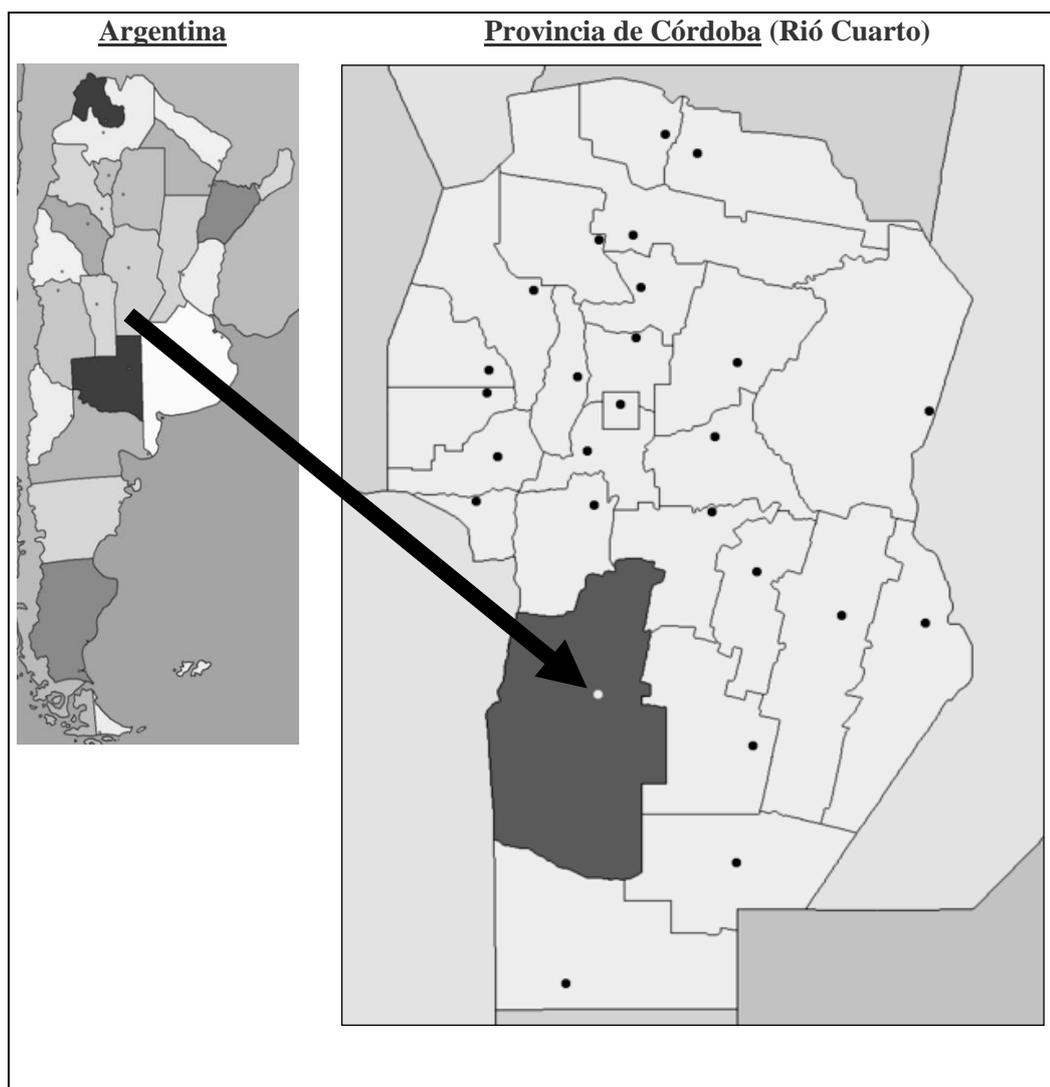


Figura 1: Ubicación geográfica del ensayo. Campo experimental UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

CARACTERIZACIÓN EDAFOCLIMÁTICA

El clima del sitio experimental, tomando como referencia de la serie datos registrados en la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante el periodo de 1970-2007, se caracteriza por tener un régimen de precipitaciones monzónico irregular (Figura 2) ¹, aproximadamente el 80% de las precipitaciones se concentra en el semestre más cálido (Octubre a Marzo).

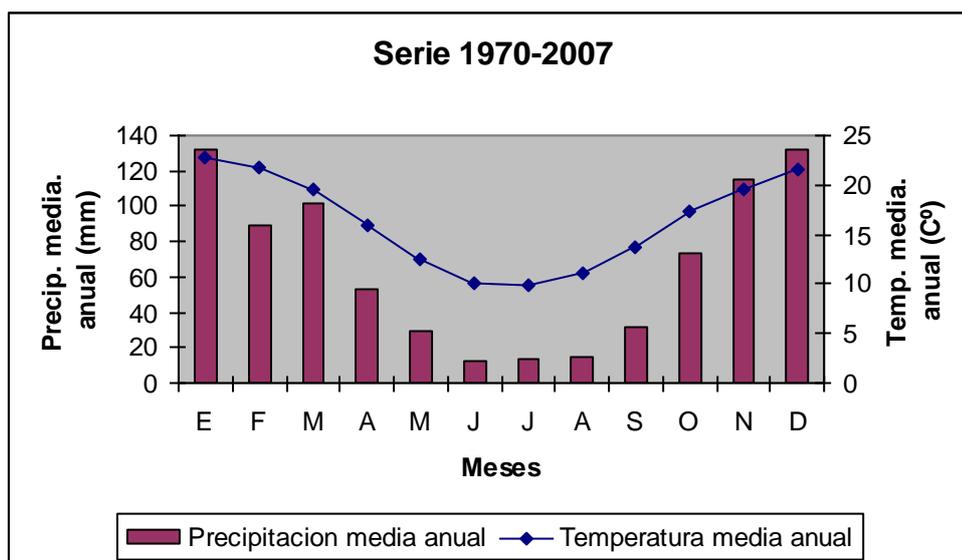


Figura 2: Precipitaciones medias anuales y temperaturas medias anuales de la serie 1970-2007. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El valor medio anual de las precipitaciones es de 796,5 mm (Figura 2), con una gran variación interanual, encontrándose años secos con precipitaciones del orden del 56% de la media y los años lluviosos que alcanzan el 150%.

El régimen térmico es mesotermal. La temperatura media anual es de 16,29 °C, la del mes más cálido (enero) es de 22,7 °C, y la del mes más frío (julio) es de 9,8 °C. La fecha media de primer helada es el 25 de mayo, con una fecha extrema del 29 de abril, y la fecha media de la última helada es el 12 de septiembre, con una fecha extrema del 4 de noviembre, siendo el periodo libre de heladas en promedio de 255,7 días, desde primer quincena de Septiembre hasta la primer quincena Mayo.

Durante el periodo experimental se analizaron las precipitaciones mensuales (mm), las que se presentan en la Figura 3. La precipitación acumulada durante el periodo enero 2006-abril 2006 fue de 408 mm.

¹ Información provista por la Cátedra de Agrometeorología y Climatología agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Córdoba. Argentina.

En la (figura 3)² se presentan las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (Enero a Abril 2006), dichos datos fueron proporcionados por la Cátedra de Agrometeorología y Climatología agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC. Córdoba. Argentina.

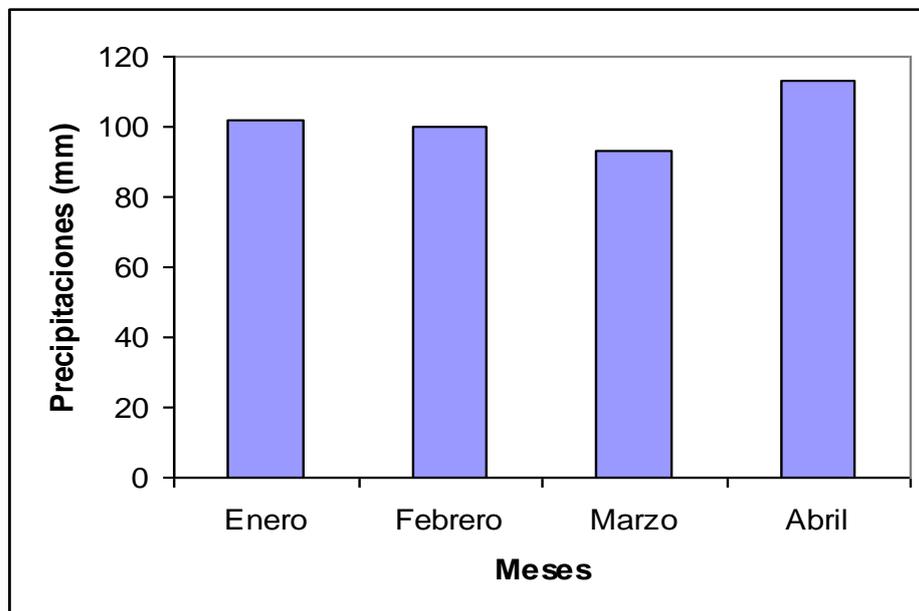


Figura 3: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (Enero 2006-Abril 2006), datos mensuales.

El suelo es un Hapludol Típico franco arenoso muy fino, los horizontes del perfil son Ap1 (0-12cm); Ap2 (12-22cm); Bw1 (23-33cm); Bw2 (33-50cm); BC (50-80cm) y Ck (+80cm), es un suelo profundo y bien drenado, de textura franco arenosa en superficie y franca en subsuelo, que no presentan impedimentos fisicoquímicos para el desarrollo de las plantas, son atributos que lo hacen agrícola. Sin embargo, presentan una capacidad de retención de la humedad algo baja, por lo que son susceptibles a estrés hídrico en épocas de seca. Son además, propensos a ser erosionados, lo que debe ser contemplado en su manejo (Atlas de Suelos de la Provincia de Córdoba)².

Previo a la siembra se realizó una caracterización inicial del suelo a través de un análisis físico-químico del mismo (Cuadro 1). Para ello se tomó una muestra compuesta de 20 submuestras de los primeros veinte centímetros de suelo, siguiendo un esquema en "M" buscando obtener una muestra homogénea y representativa. Se analizó materia orgánica (%), fósforo (ppm), pH en agua y nitrógeno de nitratos (ppm).

² -Atlas de Suelos de la Provincia de Córdoba. Capítulo 3: Los Suelos. Taxonomía de Recursos. Agencia Córdoba Ambiente SE. INTA. EAA Manfredi. Córdoba 2003.

Cuadro 1: Análisis físico-químico del suelo. Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba

VARIABLES	UNIDADES	VALORES
Materia Orgánica	%	1,10
Nitrógeno de Nitratos	(ppm)	24,00
Fósforo	(ppm)	22,50
pH (en agua 1:2,5)		6,42

Metodología utilizada:

Materia orgánica → Método Walkley-Blak.

Nitrógeno de nitratos → Reducción por cadmio.

Fósforo → Método Kurtz y Bray 1.

pH → Potenciometría 1:2,5

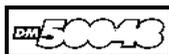
Todos los tratamientos estaban ubicados en el mismo lote, sobre rastrojo de *Amaranthus* sp. y de soja de primera campaña 2004/2005. El ensayo consta de 21 parcelas, en un diseño experimental de bloques al azar con 3 repeticiones. El número de plantas a muestrear fue de 20 en total, derivadas de 1 metro lineal.

Antes de comenzar la siembra se realizó la inoculación por chorreado en el surco y de la forma tradicional sobre la semilla de forma manual, respetando la dosis a utilizar y la cantidad de semilla a inocular en cada uno de los tratamientos.

La semilla que se utilizó fue DM 50048 del criadero Don Mario, la siembra se realizó el 3 de enero de 2006. El sistema de siembra utilizado fue el de labranza cero o siembra directa, con una densidad de 25 semillas/metro lineal a 0.52 metros entre hileras (480000 semillas ha⁻¹).

El ensayo se dispuso en parcelas de 10 metros de largo por 2.08 metros de ancho a una distancia entre hileras de 0.52 metros. En el ensayo realizado se tuvo en cuenta el análisis físico-químico del suelo para el tratamiento 7 (Semilla sin inocular y fertilizada con urea). En el cual se fertilizó con dos dosis en momentos distintos del cultivo, la primera aplicación se realizó el 10/02/2006 con 52 gr /surco/10 m de largo con 4 surcos a 0.52 m y la segunda aplicación se realizó el 15/03/2006 a igual dosis, esto equivalen aproximadamente a 46 kg ha⁻¹ de nitrógeno (100 kg ha⁻¹ de Urea).

Al ser el lote homogéneo, el ancho de la parcela correspondió al ancho total de la sembradora (diez surcos) y anulando los dos dosificadores centrales para dar con el ancho de parcela.

Características de la variedad:

Muy frondosa, apta para ambientes medios y pobres. Susceptible al vuelco en ambientes de calidad media y alta. Mayor ramificación y porte vegetativo que DM 4800 en ambientes pobres. Mejor calidad de grano que DM 4800.

Cuadro 2: Características de la variedad DM 4800³.

Características	
Ciclo	V Corto
Hábito de crecimiento	Indeterminado
Zonas de siembra más recomendadas	Bs. As., Sta Fe, Córdoba, Entre Ríos, NEA, NOA y Uruguay
Días a R8 en F.S. mediados de noviembre	116
Altura de planta (cm)	105
Respuesta a estrechar surcos	Baja
Respuesta a aumento de densidad	Baja
Peso promedio de 1000 semillas	190
Potencial de ramificación	Alta
Susceptibilidad al vuelco (1 a 10)	5
Cancro del tallo	Resistente
Phytophthora	Resistente

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1

-Semilla sin inocular y sin fertilizante (Testigo).

Tratamiento 2

-Semilla inoculada con la cepa E 109 (200cc/50kg de semilla).

Tratamiento 3

-Inoculación en surco con inoculante comercial (1litro de inoculante/ha).

Tratamiento 4

-Inoculación en surco con protector con inoculante comercial (1litro de inoculante + 500 ml de protector/ha).

Tratamiento 5

-Semilla inoculada con inoculante comercial (200cc/50kg de semilla).

Tratamiento 6

³ www.planetasoja.com/empresas/800/don-mario2/dm-50048.php. 02-05-2008

-Semilla inoculada con inoculante comercial y protector. (200cc/50kg de inoculante + protector cada 100cc de inoculante).

Tratamiento 7

-Semilla sin inocular y fertilizada con urea

Método para cuantificar la promoción de crecimiento:

Determinaciones a los 20 días en quinto nudo (V5):

- *Número de nódulos de la raíz principal y lateral:*
Se cuantificó el número de nódulos en las raíces principal y lateral, además se evaluó la infectividad de la cepa mediante los que estaban activos (rojos) y los inactivos (verdes). Los activos muestran actividad simbiótica o de fijación del nitrógeno atmosférico.
- *Determinación de peso seco de raíz más nódulos:*
Se determinó mediante secado en estufa durante 48 horas a 65°C y posterior pesado con balanza digital expresando los valores en gramos (gr).
- *Determinación de peso seco de biomasa aérea:*
Se determinó mediante secado en estufa durante 48 horas a 65°C y posterior pesado con balanza digital expresando los valores en gramos (gr).
La primera recolección en forma manual y evaluación se realizó el día 23 de enero de 2006, utilizando la misma metodología de medición, se cuantifico el número de plantas, número de nódulos totales y la eficiencia de los mismos, diferenciándolos en nódulos rojos (activos) y nódulos verde (inactivos).

Determinaciones a los 65 días al comienzo del llenado de granos (R5):

La segunda recolección en forma manual y evaluación se realizó el día 9 de marzo de 2006, utilizando la misma metodología de medición que en las determinaciones a los 20 días, se cuantifico efectividad (%).

Determinaciones a los 101 días al comienzo de madurez (R7):

La tercera recolección en forma manual y evaluación se realizo el día 14 de abril de 2006, utilizando la misma metodología de medición que en las determinaciones a los 20 días, se cuantificó el número de vainas/planta, el número de granos/ planta y el rendimiento.

Con los datos obtenidos se realizo un análisis de la varianza (ANOVA), y los promedios se compararon con el Test de Tukey ($P < 0.0005$). Como el Test de Tukey no detectaba diferencias significativas en los rendimientos lo analizamos por DMS.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La técnica implementada en esta experiencia fue desarrollada en UEEA 9 de Julio del INTA como una nueva alternativa para el proceso de inoculación. Esta nueva técnica propone aplicar el inoculante no en mezcla previa con la semilla, sino en una solución que se aplica (chorreado) mediante un dispositivo adecuado en el interior del surco, a medida que la sembradora lo va abriendo. De esta forma el inóculo es colocado en el fondo del surco, en lo posible antes que sea depositada la semilla; cuando las raicillas de soja comienzan a crecer toman contacto con una cantidad de bacterias superior respecto al método tradicional, posibilitando así una mejor infección (Ventimiglia y Carta, 2006a).

La forma habitual de realizar la inoculación es mezclar el inoculante y la semilla de diferentes maneras. Actualmente se está observando con buenos resultados, la aplicación del inoculante en la línea de siembra con algunas ventajas sobre el método tradicional. Entre ellas podemos mencionar: menor necesidad de mano de obra, menor tiempo operativo, mayor facilidad y homogeneidad en la distribución del inoculante, menor mortandad de bacterias, mayor carga bacteriana para colonizar raíces, menor desecación de bacterias y exposición de las mismas a altas temperaturas, menor daño mecánico de la semilla (Ventimiglia y Carta, 2005 b).

En conocimiento de una nueva alternativa para el proceso de inoculación, se decidió realizar un ensayo experimental con el método de "chorreado en surco" para explorar el comportamiento de la propuesta en condiciones locales

20 días postsiembra (V5):

Al inicio de la siembra la condición de humedad de la cama de siembra estaba comprometida por lo cual la emergencia no fue uniforme, y luego de la primera lluvia mejoró. Esta situación es bastante común en las siembras de segunda, debido a que la fuerte insolación provoca la desecación de los primeros centímetros de suelo en forma desuniforme, debido al rastrojo y a las condiciones de la superficie del suelo.

Peso seco de raíz más nódulos por planta:

Como se puede observar en la cuadro 6 (anexo), se encuentran diferencias estadísticamente significativas al 5%, con respecto al peso seco de raíz más nódulos.planta⁻¹. En la figura 12 (anexo) se muestra la gráfica de subgrupos homogéneos del Test de Tukey, en donde refleja las diferencias entre tratamientos del peso seco de raíz más nódulos.

En el peso seco de raíz más nódulos.planta⁻¹ (Figura 4) se observaron diferencias a favor del tratamiento 2 (Semilla inoculada con la cepa E 109), con un valor de 1,43gr, mientras el testigo arrojó 0,96gr, lo que equivale a un incremento del 48,96% (Cuadro 14-anexo). En los que se utilizó la nueva técnica por inoculación en surco (Tratamientos 3 y 4); el promedio de los tratamientos inoculados fue de 1,04gr raíz más nódulos y el promedio del testigo fue de 0,96gr, lo que equivale a un incremento del 8,33% (Cuadro 14-anexo). Esto coincide con los resultados obtenidos por Montero *et al.* (2001), quienes obtuvieron valores entre 0,65 y 0,35 gr. de materia seca radical por planta.

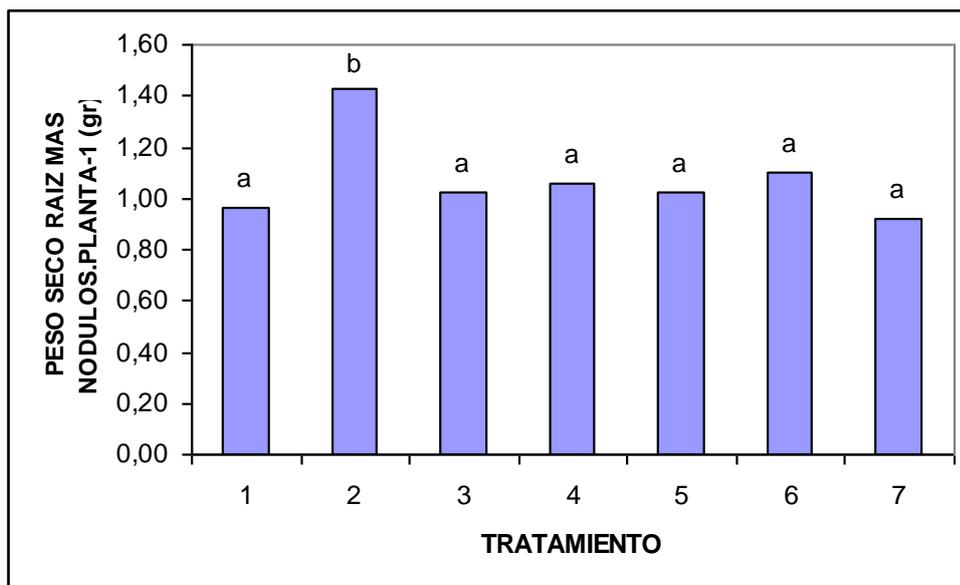


Figura 4: Peso seco raíz mas nódulos (gr) de todos los tratamientos.

Peso seco de biomasa aérea por planta:

Como se puede observar en el cuadro 7 (anexo), se encuentran diferencias estadísticamente significativas al 5%. En la figura 13 (anexo) se muestra la gráfica de subgrupos homogéneos del peso de biomasa aérea por planta.

En el peso seco de la biomasa aérea (Figura 5) se observaron diferencias a favor del tratamiento 2 y el tratamiento 6 con el resto de los tratamientos. Comparando estos valores con el testigo (5,12gr), se puede ver que el tratamiento 2 alcanzó un valor de 6,99gr lo que equivale a un incremento del 36,52% con respecto al testigo, y el tratamiento 6 tuvo 5,66gr, por lo que incrementó 10,14% (Cuadro 14-anexo), y en los que se utilizó la nueva técnica por inoculado en surco tuvieron 5,60gr, con un incremento del 9,40% (Cuadro 14-anexo). Los resultados obtenidos de materia seca aérea en estado vegetativo por Peticari *et al.* (2003) son superiores a 0,08gr.planta⁻¹, siendo estos inferiores a los resultados obtenidos en este trabajo.

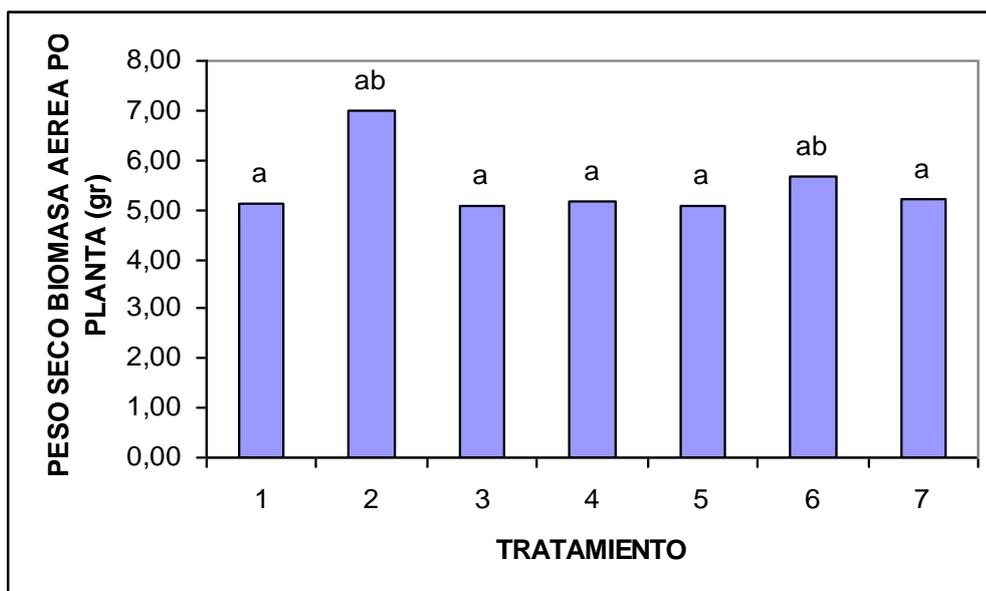


Figura 5: Peso seco biomasa aérea (kg) de cada tratamiento.

Número de nódulos en la raíz principal por planta:

En cuanto al número de nódulos de la raíz principal (Figura 6) se observaron diferencias en los tratamientos 3 (Inoculación en surco con inoculante comercial) y 4 (Inoculación en surco con protector con inoculante comercial), con una tendencia al aumento principalmente en los que se utilizó la nueva técnica por chorreado de inoculante; el promedio de los tratamientos inoculados fue de 10,7 nódulos.planta⁻¹ y el testigo de 6,7 nódulos.planta⁻¹, lo que equivale a un incremento del 24,4% (Cuadro 12-anexo).

El número de nódulos por planta registrado son coincidentes con los informados por Peticari *et al.* (2003 b) que considera que una adecuada nodulación al menos 12 nódulos en la parte superior de la raíz principal y entre 40 y 50 nódulos por planta.

El número medio de nódulos por planta osciló entre 47,7 y 17,5 lo que demuestra que existió una alta variación entre cultivares (Montero *et al.*, 2001).

Investigaciones hechas por González (2007 b), revelan que la inoculación en surco genera al menos la misma nodulación que la inoculación convencional en la semilla y, que probablemente por interacción con la dosis, que por lo general se incrementa cuando se utiliza esta técnica, en ocasiones genera un aumento en los rendimientos.

Suele darse en algunas circunstancias que las sojas que forman muchos nódulos no son las mejores, dado que esto significa un drenaje de fotoasimilados muy grande hacia el complejo fijador que no siempre, por distintas condiciones, puede ser correspondida con una mayor fijación de nitrógeno (Ventimiglia y Carta, 2002 b). Si bien, todos los tratamientos lograron una muy buena infectividad (incluido el testigo), los tratamientos chorreados en el surco presentaron una mejor nodulación.

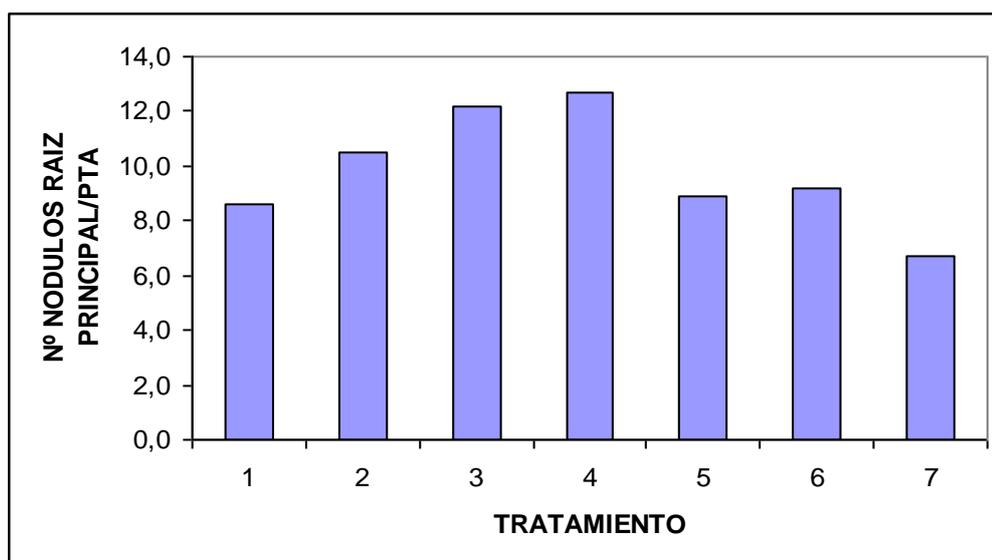


Figura 6: Número de nódulos en la raíz principal por tratamiento.

Número de nódulos en la raíz lateral por planta:

En cuanto al número de nódulos en la raíz lateral (Figura 7), no se observan diferencias a favor de los tratamientos inoculados en surco (Tratamiento 3 y 4), pero si en el tratamiento 2 (Semilla inoculada con la cepa E 109), el promedio de los tratamientos inoculados fue de 26,20 nódulos en la raíz lateral y el promedio del testigo fue de 18,80 nódulos de tamaño grande, lo que equivale a un incremento del 39,36% (Cuadro 13-anexo).

La bibliografía plantea que la nodulación en la raíz principal es una característica cualitativa que suele ser de utilidad para determinar la calidad de la nodulación y que los nódulos presentes en la raíz principal han sido formados por las cepas introducidas con el inoculante en las primeras etapas del cultivo, mientras que los de raíz secundaria son colonizados por cepas naturalizadas y son mas numerosos, de menor tamaño y con menor actividad fijadora (Papakosta, 1992; Díaz Zorita *et al.*, 1999, Fernandez Canigia, 2003)

Esto se relaciona con lo demostrado por (Ventimiglia y Carta, 2002 b) que a medida que los pelos radicales se van desarrollando, los puntos de crecimiento son los lugares donde las bacterias a través de un complejo mecanismo fisiológico y bioquímica, pueden lograr infectar las pequeñas raicillas y sentar las bases para la futura simbiosis.

Una buena inoculación, aún con inoculantes de buena calidad no siempre resulta en un aumento demostrable en la nodulación y los rendimientos. Esta falta de respuesta es común cuando el suelo cuenta con una elevada población de rizobios infectivos o cuando el N disponible no es limitante (Lupwayi *et al.*, 2000; Giller *et al.*, 1995).

Si se ha logrado una inoculación exitosa, se observa un alto número de nódulos cerca del cuello de la raíz (Peticari, 2004).

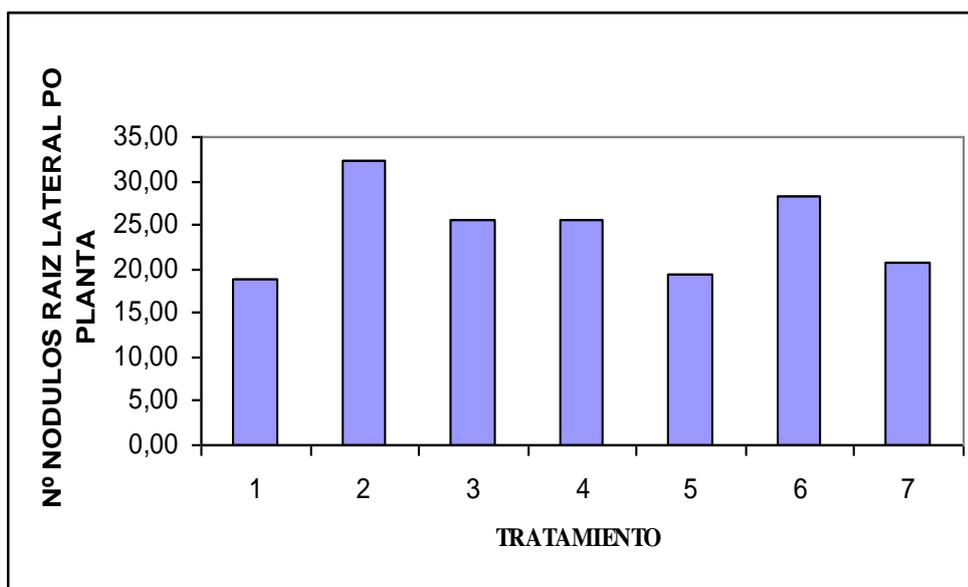


Figura 7: Número de nódulos en la raíces laterales.

65 días postsiembra (R5):

Efectividad:

La efectividad se refiere a la facultad de la bacteria para fijar el nitrógeno atmosférico. Se puede inferir a través de la relación del total nódulos activos y el total de nódulos en la planta.

Los tratamientos (Figura 8), que mostraron diferencias con respecto al testigo fueron el número 4 (Inoculación en surco con protector con inoculante comercial), el 5 (Semilla inoculada con inoculante comercial), el 6 (Semilla inoculada con protector con inoculante comercial) y el 7 (Semilla sin inocular y fertilizada con urea), con una efectividad entre el 96 al 98%, mientras que el testigo es de 94,12% (Cuadro 15-anexo).

La efectividad fue excelente para todos los tratamientos, con valores del 70- 78%, incluido el testigo, el cual fue infectado con las bacterias naturalizadas del suelo (Ventimiglia; *et al.* 2002 a).

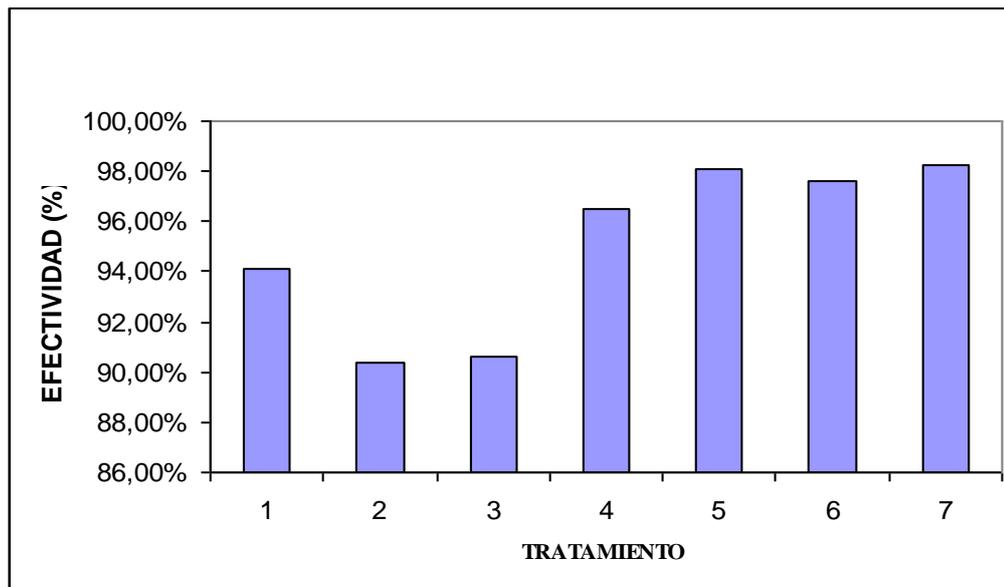


Figura 8: Efectividad de cada tratamiento.

101 días postsiembra (R7):

Número de vainas por planta:

Como se puede observar en cuadro 9 (anexo), se encuentran diferencias estadísticamente significativas al 5% para los tratamientos 3, 4, 2 y 6 en relación a los demás tratamientos inoculados (1, 7 y 5). En la figura 13 se muestra la gráfica de subgrupos homogéneos del Test Tukey comparando el número de vainas por planta y por cada tratamiento.

Como se muestra en la figura 9, se revelaron diferencias en todos los tratamientos con respecto al testigo, con un número de vainas por planta en los tratamientos inoculados de 31,4 vainas planta⁻¹, mientras que el testigo es de 20,25 vainas planta⁻¹, como resultado de lo mencionado se obtiene una diferencia del 51,11% (Cuadro 16-anexo).

El número de vainas por planta en los tratamientos por inoculación en el surco, fue de 31,4 vainas planta⁻¹, mientras que en los demás inoculados obtuvieron un valor de 29,9 vainas planta⁻¹, lo que equivale a un incremento del 5,02%.

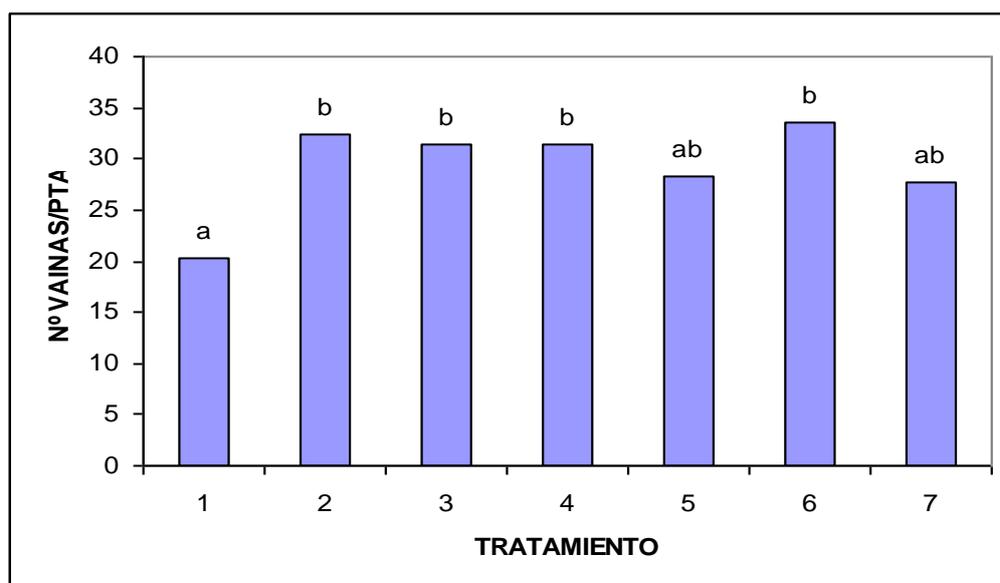


Figura 9: Número de vainas por planta de cada tratamiento.

Número de granos por planta:

Como se puede observar en la cuadro 10 (anexo), se encuentran diferencias estadísticamente significativas al 5% entre los tratamientos 3, 4, 2 y 6, y los demás tratamientos inoculados (1, 7 y 5) en relación al número de granos. planta⁻¹. En la figura 14 se muestra la gráfica de subgrupos homogéneos del número de granos por planta.

Como se muestra en la figura 10, se hallan diferencias entre todos los tratamientos y el testigo, con 64,36 granos planta⁻¹ en los tratamientos inoculados, mientras que en testigo es de 38,9 granos planta⁻¹, como resultado de lo mencionado se obtiene una diferencia del 65,45% (Cuadro 16-anexo).

Comparando el número de granos por planta en los tratamientos 3 y 4 (Inoculación en surco) con los demás tratamientos inoculados (2, 5 y 6), se observa que la inoculación en el surco, tuvo 65,9 granos.planta⁻¹, mientras que en los demás inoculados obtuvieron un valor de 61,8 granos planta⁻¹, lo que equivale a un incremento del 6,63% (Cuadro 16-anexo).

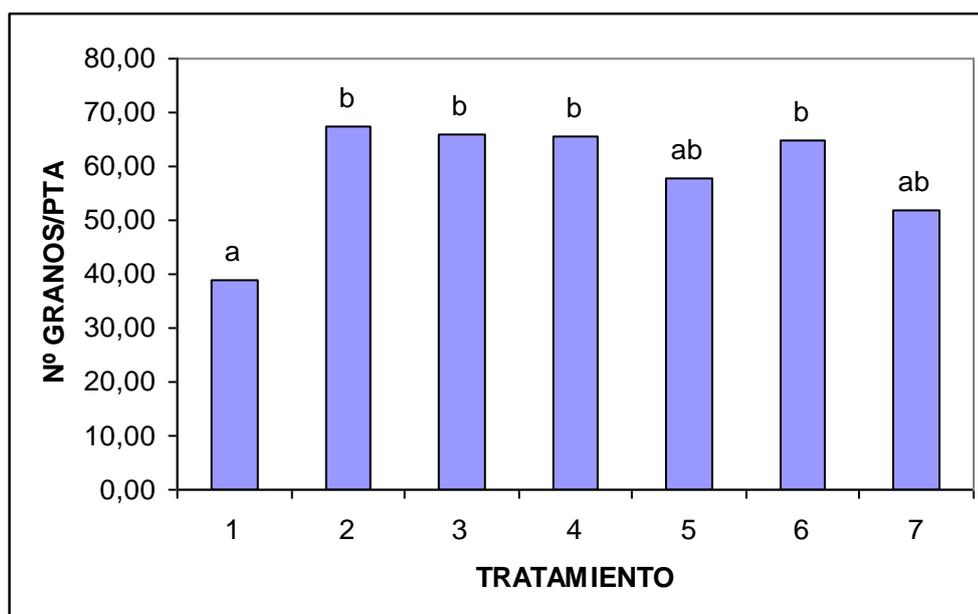


Figura 10: Numero de granos por planta de cada tratamiento.

Rendimiento:

En cuanto al rendimiento (Figura 11), no se observan diferencias por el Test de Tukey, con un $p=0,084$, que refleja una baja cantidad de datos para encontrar diferencias por el Test de Tukey (Cuadro 18-anexo).

Como el Test de Tukey no detectaba diferencias significativas lo analizamos por DMS que detectó diferencias estadísticamente significativas con un $p=0,084$, entre el tratamiento 1 y 6, entre el tratamiento 2 y 4, entre el tratamiento 4 y 6 y entre el tratamiento 7 con respecto al 6 (Cuadro 18-anexo).

El rendimiento en los tratamientos inoculados fue de $2811,7 \text{ kg ha}^{-1}$, y en el testigo de $2583,2 \text{ kg ha}^{-1}$, como resultado se obtiene una diferencia del 8,84% a favore del unoculado. En la figura 16 se muestra la gráfica de subgrupos homogéneos del rendimiento por tratamiento (Cuadro 18-anexo).

Los tratamientos que superaron al testigo (2594 kg ha^{-1}) fueron el 2 (Semilla inoculada con la cepa E 109) con un rendimiento de $2988,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ($> 15,21\%$), el 3 (Inoculación en surco con inoculante comercial) con un rendimiento de 2732 kg ha^{-1} ($> 5,32\%$), el tratamiento 5 (Semilla inoculada con inoculante comercial) con $2780,7 \text{ kg ha}^{-1}$ de rendimiento ($> 7,20\%$) y el tratamiento 6 (Semilla inoculada con protector con inoculante comercial) con un rendimiento de $3180,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ($> 22,62\%$) (Cuadro 18-anexo).

Las diferencias fueron importantes a favor de la inoculación en surco superando los 4 qq ha^{-1} y 10 qq ha^{-1} , cuando la comparamos con la inoculación en la semilla y sin inocular respectivamente (Ventimiglia y Carta, 2007).

Ventimiglia y Baudrix (2008), demostraron diferencias significativas en una experiencia en la cual aplicaban distintas dosis de inoculantes por chorreado de 400cc/ha ,

600cc/ha y de 800cc/ha, y en la semilla de 200cc ha⁻¹, 300cc ha⁻¹ y de 400cc ha⁻¹. El método chorreado supero al de semilla por 175 kg.ha⁻¹ (3.595 kg ha⁻¹ vs. 3.420 kg ha⁻¹), obteniendo una diferencia a favor del metodo de chorreado o inoculación en surco 37 kg.ha⁻¹ por encima de lo que se demuestra en este trabajo.

De Carli R.A. y Behr E. (2007): demostraron diferencias significativas en un aumento de rendimiento significativo (3.2 qq/ha) a partir de la técnica de inoculación por chorreado en el surco de siembra con doble dosis. Son resultados superiores a los demostrados en este trabajo.

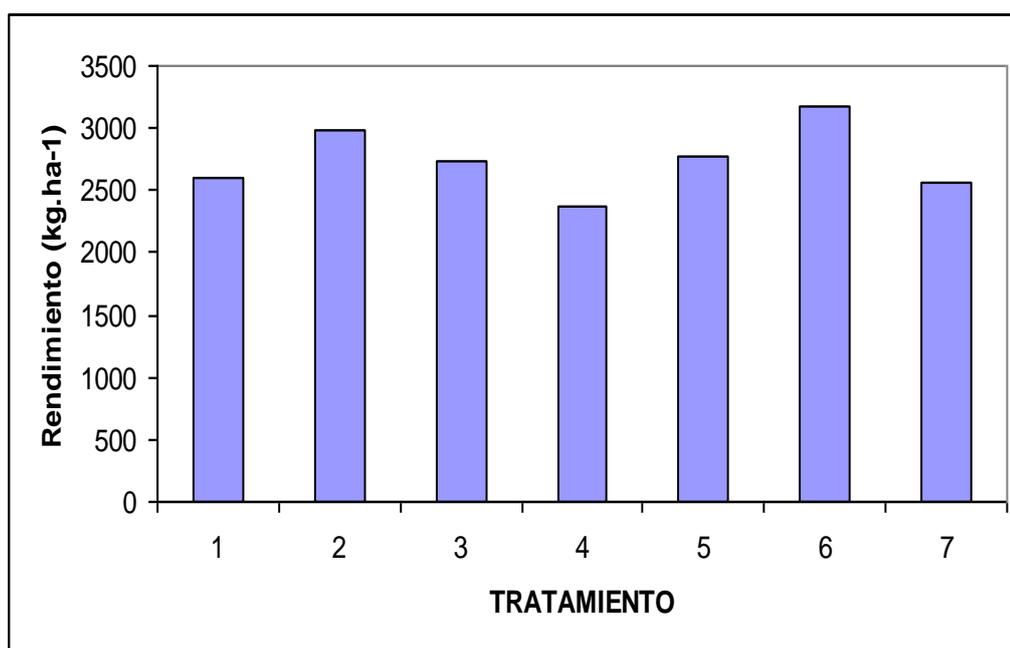


Figura 11: Rendimiento por cada tratamiento.

Ante la falta de respuesta en los rendimientos en suelos con población establecida, existe una tendencia a suspender la inoculación. Estudios han demostrado que los rizobios que se naturalizan van perdiendo eficiencia en la fijación del N₂, pero mantienen una alta capacidad para formar nódulos. Por otra parte, con incrementos mínimos del 5 al 10% en los rendimientos es una razón suficiente para inocular (Peticari *et al.*, 2003 b). Otros autores consideran que no se puede generalizar el concepto que todas las cepas naturalizadas son ineficientes o han perdido atributos asociados a la FBN. No obstante no es prudente desaconsejar la inoculación, debido a que factores ambientales adversos como sequías o inundaciones o el uso excesivo de agroquímicos pueden disminuir el número de rizobios presentes el suelo (Gonzalez, 2006 b).

CONCLUSIÓN

De los resultados obtenidos podemos concluir:

- El peso seco de raíz más nódulos planta⁻¹ en el estado V5 muestra diferencia a favor del tratamiento inoculado en semilla con cepa E109.
- El peso seco de biomasa aérea.planta⁻¹ en el estado V5 muestra diferencia a favor del tratamiento inoculado en semilla con cepa E109 y e tratamiento con inoculante comercial y protector.
- En el número de vainas planta⁻¹ en el estado R7 muestra diferencias a favor de todos los tratamientos inoculados y además el tratamiento fertilizado con Urea.
- El número de granos planta⁻¹ mostró la misma tendencia, mostrando diferencia a favor de los tratamientos inoculados y además el tratamiento fertilizado con urea.
- De la evaluación del rendimiento muestran un aumento de 138 kg ha⁻¹ en el tratamiento 3 (Inoculación en surco con inoculante comercial), a partir de la técnica de inoculación por chorreado en el surco de siembra con una dosis de 1 litro ha⁻¹.
- Algunos tratamientos de inoculación incrementaron los rendimientos. Se destacan las estrategias con uso de protectores bacterianos, y en menor medida la inoculación en surco.
- La inoculación en surco como una nueva técnica promueve el crecimiento del cultivo de soja.
- Los efectos de la inoculación en surco en el cultivo son un mayor número de nódulos en la raíz principal y lateral por planta, un incremento en la efectividad del inoculante, un mayor número de vainas y granos por planta y como resultado de todo esto un incremento en los rendimientos.

BIBLIOGRAFIA CITADA

- AMORIN, F. A; O. T. HAMAWAKI; E. H. S. REIS, M. P. SOUZA. 2002. Efeito da aplicacao de Co e Mo via foliar sobre a nodulacao na soja na presenca e ausencia de defensivos. II Congresso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. *Resumos*: 216.
- BARBAGELATA, P.A., O.P. CABIGLIA y O.F. PAPANOTTI. 2001. Efecto de la fertilización nitrogenada y azufrada en el cultivo de soja en siembra directa con riego suplementario. INTA, EEA Paraná (disponible on-line en: parana.INTA.gov.ar).
- BIANCHINI, A. 2005. Consultoria Fertilización. Planeta Soja. En: www.planetasoja.com/indexConsultorias800.php. Consultado: 02-08-2009.
- CAMPO, R.J. y M. HUNGRIA. 2002. Avaliacao de metodos de aplicacao de produtos com micronutrientes na nodulacao e no rendimento da soja. II Congresso Brasileiro de Soja. Mercosoja 2002. *Resumos*: 259.
- CANIGIA, M.V y DIAZ-ZORITA M. 1997. Fijación simbiótica de nitrógeno. La Fertilización de Cultivos y Pasturas. *Fertilizar* 8: 8-11.
- DE CARLI, R.A. y E BEHR. 2007. Inoculación por Chorreado. En: www.planetasoja.com/trabajos/listaTemas.php. Consultado: 28-04-2009.
- DÍAZ ZORITA, M. y M.V. FERNÁNDEZ CANIGIA. 1999. Patrones de nodulación de soja en relación con propiedades de suelo bajo tres sistemas de labranza. *Revista de la Facultad de Agronomía*, La Plata 104 (1): 53-60.
- DIAZ-ZORITA, M., F. GARCIA y R. MELGAR (coord.). 2002. Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. *Resultados de la red de ensayos del proyecto Fertilizar del INTA*. Campaña 200/01 y 2001/02. INTA, 43 p.
- DIAZ-ZORITA, M; R. BALIÑA y M. FERNANDEZ CANIGGIA. 2004. Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en cultivos de Soja. pp. 7-12. Campaña 2003-04. Resumen de resultados de investigación y desarrollo aplicado. Nitragin Argentina S.A.
- ECHEVERRIA, H. 2003. Fertilización nitrogenada en soja. INTA Balcarce. En: www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/soja/echeverria.htm. Consultado: 24-04-2008.
- EMBRAPA. 2004. Tecnologias de Produção de Soja - Paraná 2005. Embrapa Soja. Sistemas de produção 5, 227 p.
- ENGLER, P., G. VICENTE y R. CANCIO. 2007. La sustentabilidad a lo largo de un siglo de agricultura en Entre Ríos. En: Caviglia, O.; O. Papanotti y M.C. Sasal (Eds.). *Agricultura Sustentable en Entre Ríos*. ISBN N° 978-987-521-253-4. Ediciones INTA.. pp: 19 – 31.
- FERNÁNDEZ CANIGIA, M.V. 2003. Factores determinantes de la nodulación. 1° Ed. Bs.As. Nitragin Arg. ISBN 987-21058-0-4. 46 pp.

- FERRARIS, G; L. COURETOT y J. PONSÁ. 2005. Utilización de molibdeno, cobalto, boro y otros nutrientes. *Agromercado, SOJA*. 107: 16-18.
- FERRARIS G. y L. COURETOT. 2008. Estrategias de Inoculación en Soja. En: www.elsitioagricola.com/articulos/ferraris/EstrategiasdeInoculacionSoja.asp. Consultado: 24-04-2008.
- FONTANETTO, H. y O. KELLER 2005. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización en soja. *A.A.P.R.E.S.I.D. FERTILIDAD y FERTILIZACION en Siembra Directa*. Diciembre. 58-79.
- GILLER, K.E. y G. CADISH. 1995. Future benefits from biological nitrogen fixation: An ecological approach to agriculture. *Plant and Soil*. 174: 255-277.
- GRAHAM, P. H. 1992. Stress tolerance in Rhizobium and Bradyrhizobium, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian Journal of Microbiology*. 38: 475-484.
- GONZÁLEZ, N. 1994. *Dinámica de la fijación de nitrógeno en soja, en suelos con alta fertilidad nitrogenada*. Tesis M. Sc. Curso de Postgrado en Producción Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias-UN Mar del Plata. 60 p.
- GONZÁLEZ, N.; PERTICARI, A.; STEGMAN, B. y E. RODRIGUEZ CÁCERES.,1997. Nutrición nitrogenada. En: Giorda L.M.y Baigorri, H.E.J. (Eds.). *El cultivo de la soja en Argentina*. INTA, Centro Regional Córdoba. EEA Marcos Juárez-EEA Manfredi. Coordinación Subprograma Soja. p: 187-198.
- GONZÁLEZ, N. 2002. *Fijación biológica del nitrógeno en soja. Cómo elegir el mejor inoculante comercial*. Cuadernillo n° 70. En www.agromercado.com.ar/nuevoagromercado/Cuadernillo.asp. Consultado: 24-04-2008.
- GONZÁLEZ, N. 2006. Fijación de nitrógeno en soja. Situación actual y perspectivas en la Argentina. Mercosoja 2006. *Conferencias*: 10-13.
- GONZÁLEZ, N. 2006 b. Fijación de nitrógeno en soja. 3° Congreso de Soja del Mercosur , Workshop de Fijación Biológica de Nitrógeno. Rosario. p.335.
- GONZÁLEZ, N. 2007 a. Fijación de Nitrógeno en Soja. Inoculantes: Situación actual y perspectivas en la Argentina. En: www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/agric/oleag/soja/cap9REBIOS.htm. Consultado: 24-04-2008.
- GONZALEZ, N. 2007 b. Fijación de Nitrógeno en Soja Inoculantes. VI Encuentro sobre Fijacion Biologica de Nitrogeno. De la Biologia del Suelo a la Agricultura, 9: 161-169.
- HUNGRIA, M., R.J. CAMPO, I.C.MENDES y P.H.GRAHAM. 2006. Contribution of biological nitrogen fixation to the nitrogen nutrition of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) in South America. En: Singh, R.P., N.Shankar y P.K. Jaiwal (eds), *Nitrogen nutrition in plant productivity*. Studium Press, LLCC, Houston (TX, USA), p: 43-93.

- IMSANDE, 1998. Fertilizando.com. Impacto de la Fijación Biológica de Nitrógeno en la Producción de Soja. En: www.fertilizando.com/articulos/ImpactoFijacionBiologicaNitrogenoenProducciondeSoja.asp. Consultado: 23-07-2008.
- INTA, 1997. Informe de coyuntura del mercado de granos. *Area de estudios economicos y sociales*. N° 161/1997.
- LOGAN, T.J., R. Lal y W.A. Dick. 1991. Tillage systems and soil properties in North America. *Soil & Tillage Research*. 20: 241-270.
- LUPWAYI, N.Z.; P.E. OLSEN, E.S. SANDE, H.H. KEYSER, M.M. COLLINS, P.W. SINGLETON y W.A. RICE. 2000. Inoculants quality and its evaluation. *Field Crops Research*, 65: 259-270.
- MC. DERMOTT y T. GRAHAM 1989. Bradyrhizobium japonicum inoculant mobility, nodule occupancy, and acetylene reduction in the soybean root system. *Applied and Environmental Microbiology* 55: 2493-2498.
- MARTINEZ, F. y G. CORDONE. 2000. Avances en el manejo de azufre: novedades en respuesta y diagnóstico en trigo, soja y maíz. INPOFOS Cono Sur, Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2000", p: 28-30.
- MICUCCI, F.; BALIÑA, R.; FERNANDEZ CANIGGIA, M y, M DIAZ-ZORITA. 2007. Inoculación en el surco de siembra de soja. VI Reunión Nacional Científico Técnica de Biología del Suelo. VI Encuentro Sobre Fijación Biológica de Nitrógeno. Río Cuarto, Córdoba, Argentina.
- MONTERO, FA., KM FILIPPI, SAGARDOY, MA. 2001. Nodulación y Nutrición Nitrogenada en Sojas Convencionales y Resistentes a Glifosato Inoculadas con *Bradyrhizobium japonicum*. *Ciencia del Suelo*: 19 (2): 159-162
- MONTERO, F.A. y M.A. SAGARDOY. 2003. Supervivencia de *Bradyrhizobium japonicum* sobre semilla de soja tratada sin fungicida, inoculante líquido y protector. IV Reunión Nacional Científico Técnica de Biología de Suelo-IV Encuentro de Fijación Biológica de Nitrógeno Las Termas de Río Hondo. Santiago del Estero. Argentina.
- MONTERO, F.A. y M.A. SAGARDOY. 2005. Resultados del uso de un protector bacteriano sobre la nodulación de plantas de soja tratadas con inoculante líquido, insecticidas, fungicida y micronutrientes. V Reunión Nacional Científico Técnica de Biología de suelo-V Encuentro sobre Fijación Biológica de Nitrógeno. San salvador de Jujuy. Jujuy. Argentina.
- PACHECO BASURCO, J.C. 1983. Nota sobre inoculantes – Junín. Inoculación. En: www.fyo.com/foro/message_vista.asp. Consultado: 03-08-2009.
- PAILHE, G., M. CHISTENSEN y M. ZAMORA. 2004. Inoculación de soja en la línea de siembra. www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?id1=16342&idSec=26&publi=. 28-04-2009.

- PAPAKOSTA, D.K. 1992. Effect of inoculant rate on nodulation and various agronomic traits of soybean. *Journal Agronomy & Crop Science*. 168: 238-242.
- PARNELL SA. 2006. Corredora de cereales. En: www.parnell.com.ar/index.aspxopcion=soja. Consultado: 02-08-2009.
- PARKER, M. B. y C. C. DOWLER. 1976. Effects of nitrogen with trifluralin and vernolate on soybeans. *Weed Science*: 24: 131-133.
- PERTICARI, A.; N ARIAS, y J.J. DE BATTISTA. 2003 a. Inoculación en nuevos ambientes productivos. Cuadernillo N° 78. En: www.agromercado.com.ar/nuevo_agromercado/Cuadernillo.asp. Consultado: 02-05-2008.
- PERTICARI; A.N.; H. BAIGORRI; J.J. DE BATISTA; M. MONTECCHIA; J.C. PACHECO BURSACO; A. SIMONELLA; S. TORESANI; L. VENTIMIGLIA y R. VICENTE. 2003 b. Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja. *El libro de la soja*. Buenos Aires. Servicios y Marketing Agropecuario, Cap. 7. pp.69-76.
- PERTICARI, A.N. 2004. Fertilizando.com. Impacto de la Fijación Biológica de Nitrógeno en la Producción de Soja. En: www.fertilizando.com/articulos/ImpactoFijacionBiologicaNitrogenoenProducciondeSoja.asp . Consultado: 04-08-2009.
- PERTICARI, A. 2005. Inoculación de calidad para un máximo aprovechamiento de la Fijación Biológica de Nitrógeno. Congreso Mundo Soja 2005. *Actas del Congreso*. p: 121-126.
- PERTICARI, A. y C. PICCINETTI. 2006. La Nación. Suplemento campo. La inoculación siempre vale la pena. En: www.lanacion.com.ar/Archivo/nota.aspnota. Consultado: 2-05-2008.
- PLANETA SOJA. 2008. Características de la variedad. En: www.planetasoja.com/empresas800/donmario2/dm-50048.php. Consultado: 02-05-2008.
- RACCA, R. 2003 a. Inoculación en soja: una herramienta fundamental para maximizar la productividad. En: www.elsitioagricola.com/articulos/racca/InoculacionCB3enSoja.asp. Consultado: 01-05-2008.
- RACCA, R. 2003 b. Inoculación en soja. Cuadernillo n° 78. En: www.agromercado.com.ar/nuevo_agromercado/Cuadernillo.asp. Consultado: 02-05-2008.
- RACCA, R. W. 2003 c. Algunos conceptos sobre la fijación de nitrógeno en los cultivos. IV Reunión Científico Técnica de Biología de Suelo. IV Encuentro de Fijación Biológica de Nitrógeno. Termas de Río Hondo. S.E. Argentina.
- ROSSI R. 2007. Calidad intrínseca de la producción granarífera Caso soja. 7° Curso de Agricultura de Precisión y 2ª Expo de Máquinas Precisas. INTA EEA Manfredi. 17 al 19 de julio.

- SAGPYA. 2007. Estimaciones agrícolas de la Provincia de Entre Ríos y Total País. 1986 – 2006. En: www.sagpya.gov.ar. Consultado: 04-07-2009.
- SAGPYA. 2008. Estimaciones Agrícolas. Oleaginosas. Soja. En: www.sagpya.mecon.gov.ar/new/0-0/nuevositio/agricultura/otros/estimaciones/pdfmensual/abril-2008pdf. Consultado: 23-04-2008.
- SMITH, S. y M. DIAZ-ZORITA. 2005. Nuevas tecnologías para mejorar el crecimiento de soja y sus rendimientos en grano. Congreso Mundo Soja, Buenos Aires (Argentina). *Actas*. p: 127:133.
- VENTIMIGLIA L, H. CARTA y S RILLO. 2001. Soja: Mejorando el rendimiento con estimulación. Resultados de experiencias en Cosecha Gruesa. Campaña 1999/2000. INTA 9 de Julio. p: 114-121.
- VENTIMIGLIA L. y H. CARTA 2002 a. EXPERIMENTACION EN CAMPO DE PRODUCTORES - RESULTADOS DE EXPERIENCIAS CAMPAÑA 2002/03 - INTA - Centro Regional Buenos Aires Norte - Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. UEESA INTA9 de Julio, p: 116-12.
- VENTIMIGLIA L. y H. CARTA 2002. Inoculación en soja: un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno. Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias campaña 2002/ 03. Centro Regional Bs. As. Norte. INTA EEA Pergamino. UEESA INTA9 de Julio, p: 116-12.
- VENTIMIGLIA L. y H. CARTA 2003. Inoculación en Soja: un nuevo sistema que permite la captura de nitrógeno. En: www.potafos.org/ppiweb/ltams.nsf/webindex/82D620BFC4CDB289032570A4004F. Consultado: 28-04-2009.
- VENTIMIGLIA, M; H. CARTA; S. RILLO y P. RICHMOND. 2003 a. Experimentación en campos de productores. Resultados campaña 2002/2003. Efecto del nitrógeno mineral sobre la nodulación y el rendimiento de soja. UEE. Adaptativa 9 de Julio: p: 115-120.
- VENTIMIGLIA, M. y H. CARTA. 2003b. INTA Proyecto Regional Agrícola. Soja. Resultados de experiencias 2004/2005. Inoculación en soja: Un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno. UEE. 9 de Julio. En: www.inta.gov.ar/Pergamino/info/documentos/Soja_SdeAreco_2005.pdf. Consultado: 22-08-2008.
- VENTIMIGLIA L. y H. CARTA 2004. Inoculación en Soja: un nuevo sistema que permite la captura de nitrógeno. www.potafos.org/ppiweb/ltams.nsf/webindex/82D620BFC4CDB289032570A4004F. Consultado: 28-04-2009.
- VENTIMIGLIA, M. y H. CARTA. 2005a. Fertilidad y Fertilización. Planeta Soja. Inoculación en soja: ¿Dosis simple o dosis doble de inoculante? En: www.planetasoja.com/trabajos/trabajos800.php?. Consultado: 22-04-2008.

- VENTIMIGLIA, M. y H. CARTA. 2005 b. Inoculación en soja: un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno. *Agromercado*. 245: 26-31.
- VENTIMIGLIA L. y H. CARTA 2006. Inoculación en soja: un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno. Experimentación en campo de productores. Resultados de experiencias campaña 2005/06. Centro Regional Bs. As. Norte. INTA EEA Pergamino. UEESA INTA 9 de Julio. p: 116–125.
- VENTIMIGLIA L. y H. CARTA 2007. Inoculación en soja: un nuevo sistema que permite mejorar la captura de nitrógeno. En: www.engormix.com/inoculacion_soja_nuevo_sistema_s_articulos_1601_AGR.htm. Consultado: 04-08-2009.
- VENTIMIGLIA L. y BAUDRIX T. L. (2008). Métodos de Inoculación de Soja. Cuadernillo Clásico Soja 2008. *Revista Agromercado*. p: 18-20.
- ZHANG, F. y D.L. SMITH. 2002. Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. Cap. 13: 286.

ANEXO

Cuadro 3: Precipitaciones medias anuales y temperatura media anual para la serie 1970-2007. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Meses/Año	Precipitacion. media. anual.	Temperatura. Media. anual
ENERO	132.2	22.7
FEBRERO	88.8	21.7
MARZO	101.8	19.6
ABRIL	52.8	15.9
MAYO	29.2	12.4
JUNIO	11.9	10
JULIO	13.8	9.8
AGOSTO	14.6	11
SEPTIEMBRE	31.1	13.8
OCTUBRE	73.5	17.4
NOVIEMBRE	115	19.6
DICIEMBRE	131.8	21.6
Suma	796.5	Promedio: 16,29°C

Cuadro 4: Precipitaciones mensuales (mm) para el periodo enero2006-abril 2006. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

MESES	PRECIPITACIONES
ENERO	102 mm
FEBRERO	100 mm
MARZO	93 mm
ABRIL	113 mm
Suma	408 mm

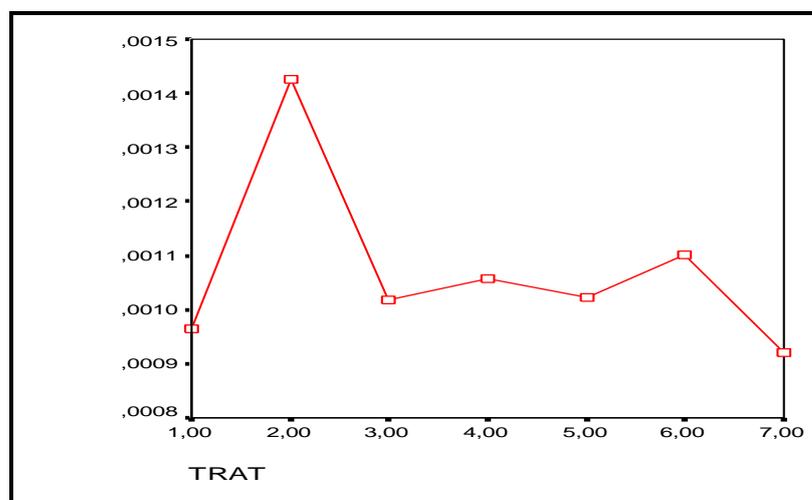
Cuadro 5: Análisis de la varianza (ANOVA), de Peso seco de raíz mas nódulos y Peso seco biomasa aérea.

Variable		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Peso seco raíz mas nódulos	Inter.-grupos	,000	6	,000	7,229	0,0005
	Intra-grupos	,000	133	,000		
	Total	,000	139			
Peso seco biomasa aérea	Inter.-grupos	,000	6	,000	4,670	0,0005
	Intra-grupos	,000	133	,000		
	Total	,000	139			

Cuadro 6: Análisis de comparación de medias por el Test de Tukey del peso seco raíz más nódulos, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,0005$ Test de Tukey).

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa =.05	
			1	2
HSD de Tukey(a)	7 a	20	,0009	
	1 a	20	,0010	
	3 a	20	,0010	
	5 a	20	,0010	
	4 a	20	,0011	
	6 a	20	,0011	
	2 b	20		,0014
	Sig.		,383	1,000

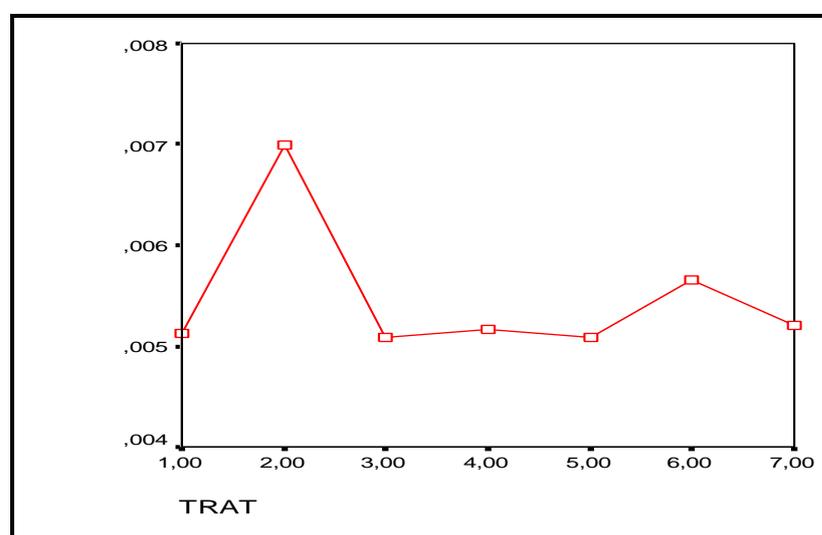
Figura 12: Gráfica de subgrupos homogéneos Test Tukey del peso seco de raíz más nódulos.



Cuadro 7: Análisis de comparación de medias por el Test de Tukey de peso seco biomasa aérea, las letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,0005$ Test de Tukey).

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05	
			1	2
HSD de Tukey(a)	5 a	20	,0051	
	3 a	20	,0051	
	1 a	20	,0051	
	4 a	20	,0052	
	7 a	20	,0052	
	6 ab	20	,0057	,0057
	2 ab	20		,0070
	Sig.		,876	,062

Figura 13: Gráfica de subgrupos homogéneos Test Tukey del peso de biomasa aérea.



Cuadro 8: Análisis de la varianza (ANOVA), de número de vainas por planta y número de granos por planta.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
N° vainas/pta	Inter-grupos	2460,671	6	410,112	4,141	,001
	Intra-grupos	13171,500	133	99,034		
	Total	15632,171	139			
N° grano/pta	Inter-grupos	13135,386	6	2189,231	5,354	,000
	Intra-grupos	54385,900	133	408,917		
	Total	67521,286	139			

Cuadro 9: Análisis de comparación de medias del número de vainas por planta por el Test de Tukey, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,0005$ Test de Tukey).

	Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = .05	
			1	2
HSD de Tukey(a)	1 a	20	20,2500	
	7 ab	20	27,7000	27,7000
	5 ab	20	28,3000	28,3000
	3 b	20		31,3500
	4 b	20		31,5000
	2 b	20		32,6000
	6 b	20		33,5000
	Sig.			,148

Cuadro 10: Análisis de comparación de medias del número de granos por planta por el Test de Tukey, letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,0005$ Test de Tukey).

	Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = .05	
			1	2
HSD de Tukey(a)	1 a	20	38,9000	
	7 ab	20	51,8000	51,8000
	5 ab	20	57,8000	57,8000
	6 b	20		64,8500
	4 b	20		65,7000
	3 b	20		66,0000
	2 b	20		67,4500
	Sig.			,055

Figura 14: Grafica de subgrupos homogéneos del número de vainas por planta

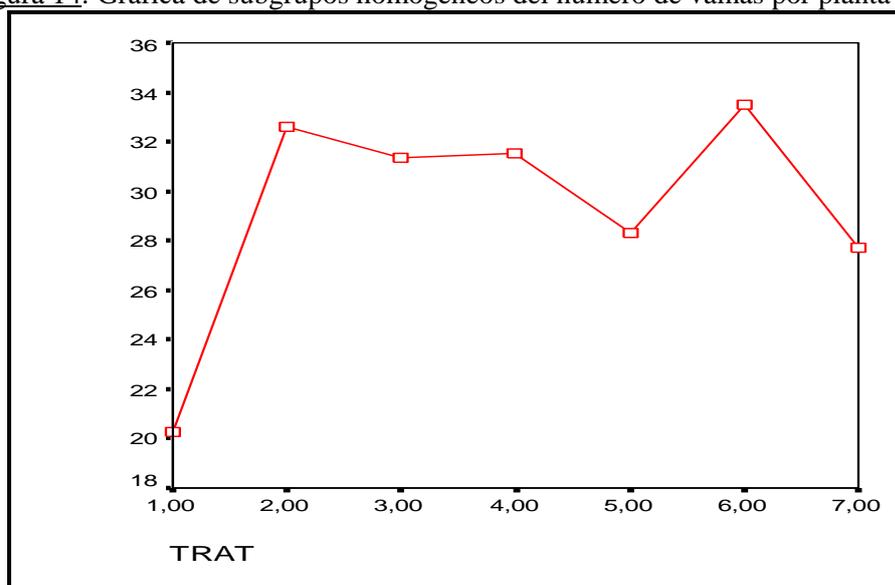
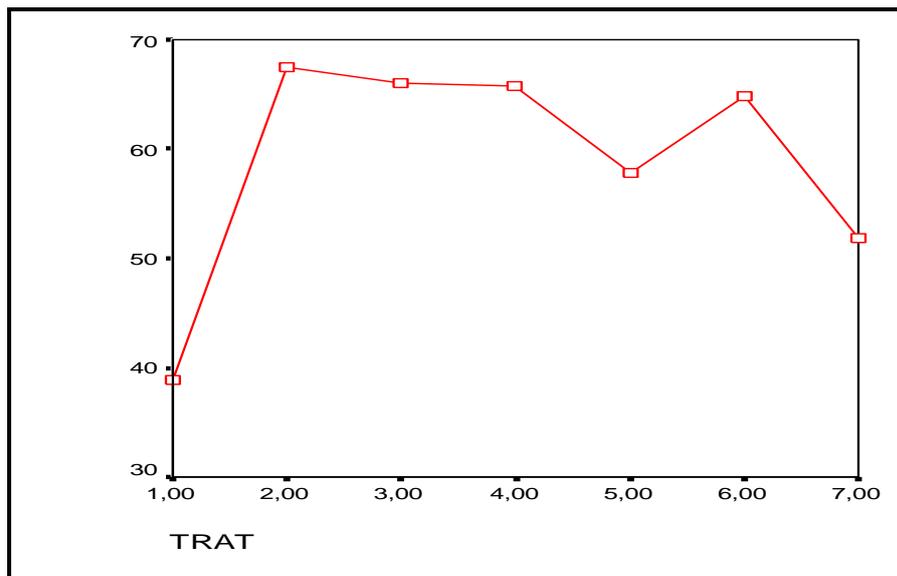


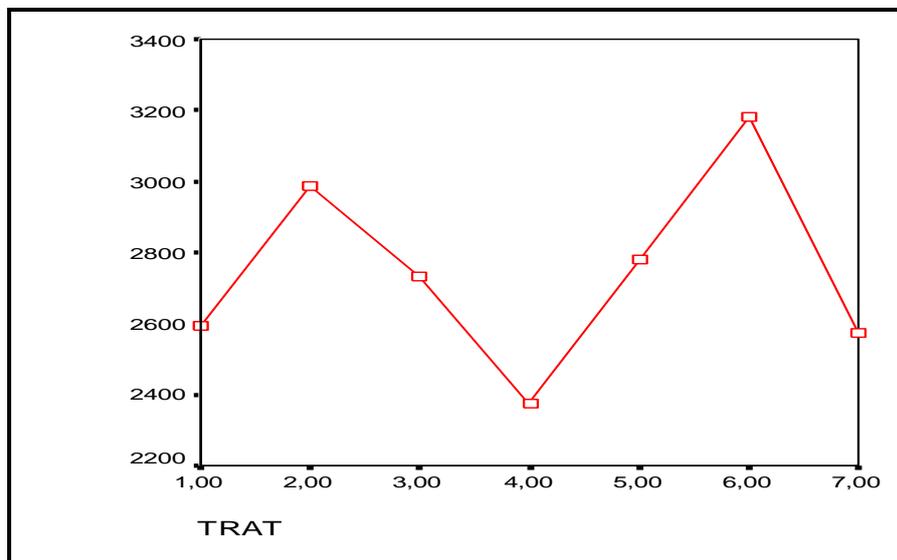
Figura 14: Gráfica de subgrupos homogéneos del numero de granos por planta.



Cuadro 11: Análisis de la varianza de rendimiento por cada tratamiento.

Rendimiento	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1317409,619	6	219568,270	2,395	0,084
Intra-grupos	1283529,333	14	91680,667		
Total	2600938,952	20			

Figura 16: Gráfica de subgrupos homogéneos del rendimiento por tratamiento.



Cuadro 12: Número de nódulos en la raíz primaria, por tratamiento.

Tratamiento	Nº Nódulos Raíz Principal
1	10,6
2	10,5
3	12,2
4	12,7
5	8,9
6	9,2
7	6,7
Inoculado	10,7
Testigo	6,7
% Dif.	24,4%

Cuadro 13: Número de nódulos en la raíz lateral, por tratamiento.

Tratamiento	Nº Nódulos Raíz Lateral
1	18,80
2	32,20
3	25,60
4	25,70
5	19,35
6	28,15
7	20,70
Inoculado	26,20
Testigo	18,80
% Dif.	39,36%

Cuadro 14: Peso seco raíz más nódulos y peso seco biomasa aérea (gr), por tratamiento.

Tratamiento	Peso seco raíz más nodulos (kg)	Peso seco biomasa aérea
1	0,96	5,12
2	1,43	6,99
3	1,02	5,09
4	1,06	5,16
5	1,02	5,09
6	1,10	5,66
7	0,92	5,20
Inoculado	1,07	5,60
Testigo	0,96	5,12
% Dif.	11,46%	9,40%

Cuadro 15: Número de nódulos totales, nódulos activos, nódulos inactivos y eficiencia (%), por tratamiento.

Tratamiento	Nº de nódulos	Nódulos Activos	Nódulos Inactivos	Eficiencia (%)
1	51	35	3	94,12
2	39,6	37	2,6	90,37
3	51,2	46,8	4,4	90,58
4	37,6	40,6	1,4	96,51
5	37	35,8	1,2	98,00
6	45,4	44,2	1,2	97,64
7	64,2	63	1,2	98,00
Inoculado	42,2	41	2,2	0,94
Testigo	51	35	3	0,94
% Dif.	-17,25%	17,14%	-26,66%	0

Cuadro 16: Número de vainas por planta y el número de granos por planta, por tratamiento.

Tratamiento	Nº vainas/pta	Nº granos/pta
1	20,25	38,90
2	32,42	67,45
3	31,35	66,00
4	31,50	65,70
5	28,30	57,80
6	33,50	64,85
7	27,70	51,80
Inoculado	31,41	64,36
Testigo	20,25	38,9
% Dif.	5,02%	65,45%

Cuadro 17: Rendimiento (kg.ha⁻¹), por tratamiento.

Tratamiento	Rendimiento (Kg.ha-1)
1	2594
2	2988,7
3	2732
4	2376,3
5	2780,7
6	3180,7
7	2572,3
Inoculado	2811,7
Testigo	2583,2
Dif %	8,84%

Cuadro 18: Análisis de comparación de medias del rendimiento por el Test de Tukey,

letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,0005$ Test de Tukey).

Variable dependiente: RENDIMIENTO

	(I) TRAT	(J) TRAT	Diferencia de medias (I-J)	Error típico	Sig.	
HSD de Tukey	1,00	2,00	-394,6667	247,22549	,687	
		3,00	-138,0000	247,22549	,997	
		4,00	217,6667	247,22549	,970	
		5,00	-186,6667	247,22549	,986	
		6,00	-586,6667	247,22549	,278	
		7,00	21,6667	247,22549	1,000	
	2,00	1,00	3,00	394,6667	247,22549	,687
			4,00	256,6667	247,22549	,936
			5,00	612,3333	247,22549	,239
			6,00	208,0000	247,22549	,976
			7,00	-192,0000	247,22549	,984
			7,00	416,3333	247,22549	,636
	3,00	1,00	2,00	138,0000	247,22549	,997
			2,00	-256,6667	247,22549	,936
			4,00	355,6667	247,22549	,774
			5,00	-48,6667	247,22549	1,000
			6,00	-448,6667	247,22549	,560
			7,00	159,6667	247,22549	,994
	4,00	1,00	2,00	-217,6667	247,22549	,970
			2,00	-612,3333	247,22549	,239
			3,00	-355,6667	247,22549	,774
			5,00	-404,3333	247,22549	,664
			6,00	-804,3333	247,22549	,066
			7,00	-196,0000	247,22549	,982
	5,00	1,00	2,00	186,6667	247,22549	,986
			2,00	-208,0000	247,22549	,976
			3,00	48,6667	247,22549	1,000
			4,00	404,3333	247,22549	,664
			6,00	-400,0000	247,22549	,674
			7,00	208,3333	247,22549	,976
	6,00	1,00	2,00	586,6667	247,22549	,278
			2,00	192,0000	247,22549	,984
			3,00	448,6667	247,22549	,560
			4,00	804,3333	247,22549	,066
			5,00	400,0000	247,22549	,674
			7,00	608,3333	247,22549	,244
	7,00	1,00	2,00	-21,6667	247,22549	1,000
			2,00	-416,3333	247,22549	,636
			3,00	-159,6667	247,22549	,994
			4,00	196,0000	247,22549	,982
			5,00	-208,3333	247,22549	,976
			6,00	-608,3333	247,22549	,244

DMS	1,00	2,00	-394,6667	247,22549	,133
		3,00	-138,0000	247,22549	,586
		4,00	217,6667	247,22549	,393
		5,00	-186,6667	247,22549	,463
		6,00	-586,6667(*)	247,22549	,033
		7,00	21,6667	247,22549	,931
	2,00	1,00	394,6667	247,22549	,133
		3,00	256,6667	247,22549	,317
		4,00	612,3333(*)	247,22549	,027
		5,00	208,0000	247,22549	,414
		6,00	-192,0000	247,22549	,450
		7,00	416,3333	247,22549	,114
	3,00	1,00	138,0000	247,22549	,586
		2,00	-256,6667	247,22549	,317
		4,00	355,6667	247,22549	,172
		5,00	-48,6667	247,22549	,847
		6,00	-448,6667	247,22549	,091
		7,00	159,6667	247,22549	,529
	4,00	1,00	-217,6667	247,22549	,393
		2,00	-612,3333(*)	247,22549	,027
		3,00	-355,6667	247,22549	,172
		5,00	-404,3333	247,22549	,124
		6,00	-804,3333(*)	247,22549	,006
		7,00	-196,0000	247,22549	,441
	5,00	1,00	186,6667	247,22549	,463
		2,00	-208,0000	247,22549	,414
		3,00	48,6667	247,22549	,847
		4,00	404,3333	247,22549	,124
		6,00	-400,0000	247,22549	,128
		7,00	208,3333	247,22549	,414
	6,00	1,00	586,6667(*)	247,22549	,033
		2,00	192,0000	247,22549	,450
		3,00	448,6667	247,22549	,091
		4,00	804,3333(*)	247,22549	,006
		5,00	400,0000	247,22549	,128
		7,00	608,3333(*)	247,22549	,027
	7,00	1,00	-21,6667	247,22549	,931
		2,00	-416,3333	247,22549	,114
		3,00	-159,6667	247,22549	,529
		4,00	196,0000	247,22549	,441
		5,00	-208,3333	247,22549	,414
		6,00	-608,3333(*)	247,22549	,027

* La diferencia entre las medias es significativa al nivel .05.