

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RIO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniera
Agrónoma
Modalidad: Proyecto

Título:

“Evaluación del efecto de diferentes inoculantes en el cultivo de soja”

Alumno: Natalí Vairuz

DNI: 33221306

Directora: Dra. Alicia Thuar

**Río Cuarto, Córdoba
Mayo de 2012**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: “Evaluación del efecto de diferentes inoculantes en el cultivo de soja”

Autor: Natalí Vairuz

DNI: 33221306

Director: Alicia Thuar

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias de la Comisión Evaluadora:

Prof. Dra. Malpassi Rosana _____

Prof. Dra. Bonamico Natalia _____

Prof. Dra. Thuar Alicia _____

Fecha de Presentación: ____/____/____

Secretario Académico

INDICE DE TEXTO

RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
INTRODUCCIÓN.....	1
ANTECEDENTES.....	5
HIPÓTESIS.....	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	7
MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	15
CONCLUSIONES.....	21
BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXO.....	25

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis físico químico del suelo. U.N.R.C. Córdoba.....	11
Cuadro 2. Características de la variedad LDC 4,2.....	12
Cuadro 3. Precipitaciones y temperaturas medias anuales para la serie 1981-2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	25
Cuadro 4. Precipitaciones mensuales (mm) del período diciembre 2009-abril 2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	25
Cuadro 5. Análisis de la varianza (ANAVA) de peso seco de la biomasa aérea y del peso seco de la biomasa radical.....	26
Cuadro 6. Análisis de comparación de medias por el Test de Tuckey del peso seco de la biomasa radical.....	26
Cuadro 7. Análisis de la varianza (ANAVA) de peso seco de nódulos.....	27
Cuadro 8. Análisis de comparación de medias por el Test de Tuckey del peso seco de nódulos.....	27
Cuadro 9. Análisis de la varianza (ANAVA) de número de vainas, número de granos y rendimiento por metro cuadrado, número de nudos con vainas, número de granos por vaina y peso de 1000 granos.....	29
Cuadro 10. Análisis de comparación de medias por el Test de Tuckey del número de granos por vaina.....	30

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del ensayo. Campo experimental UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	8
Figura 2: Precipitaciones y temperaturas medias anuales de la serie 1981-2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.....	9
Figura 3: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo (diciembre 2009-abril 2010), datos mensuales.....	10
Figura 4: Precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo y media de la serie 1980-2010, datos mensuales.....	15
Figura 5: Peso seco de la biomasa radical . planta ⁻¹ en cada tratamiento.....	16
Figura 6: Peso seco de la biomasa aérea . planta ⁻¹	17
Figura 7: Peso seco de nódulos . planta ⁻¹ de cada tratamiento.....	18
Figura 8: Número de vainas m ²	18
Figura 9: Número de granos . vaina ⁻¹	19
Figura 10: Rendimiento en kg . ha ⁻¹	20
Figura 11: Gráfico de medias (Test de Tuckey) de peso seco de la biomasa radical...27	
Figura 12: Gráfico de medias (Test de Tuckey) de peso seco de nódulos.....	28
Figura 13: Gráfico de medias (Test de Tuckey) de granos por vaina.....	30

RESUMEN

Evaluación del efecto de diferentes inoculantes en el cultivo de soja.

El grano de soja es una fuente proteica muy importante. Tanto las proteínas como el aceite que se obtiene de la semilla de soja tienen gran demanda debido a sus diversos usos potenciales, ya sea a nivel industrial como para la alimentación animal y humana. Tal es así, que actualmente representa el cultivo del cual el hombre obtiene la mayor cantidad de productos, con múltiples aplicaciones para su vida. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de distintos inoculantes con cepas de *Bradyrhizobium japonicum* en soja. Durante el transcurso del ciclo del cultivo se determinaron variables como peso seco de masa nodular, biomasa vegetal aérea, biomasa radical, número de vainas por planta, número de granos por vaina y rendimiento. En el peso seco de biomasa aérea por planta no se encontraron diferencias entre tratamientos. En el peso seco de biomasa radical por planta se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento 1(testigo), y el resto. El estrés hídrico ocurrido durante la etapa crítica del cultivo influyó en el proceso de fijación biológica de nitrógeno y restringió la actividad de los microorganismos que formaban parte de los inoculantes utilizados, viéndose esto reflejado en el rendimiento ya que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos.

Palabras clave: simbiosis, fijación biológica de nitrógeno, *Bradyrhizobium japonicum*, estrés hídrico.

SUMMARY

Evaluation of the effect of different inoculants in the soy crops

The soybean is a very important source of proteins. Both, the proteins and the oil obtained from the soybean have a great demand due to their potential industrial use as well as in feeding animal and human. Thus, nowadays it represents the crop from which the man obtains the major quantity of products, with multiple applications in his everyday life. The main objective of the present work is to evaluate the effect of different inoculants of *Bradyrhizobium japonicum* in soybean. During the crop cycle some variables such as nodular biomass dry weight, plant aerial biomass, root biomass, number of pods per plant, number of grains per pod and yield, were determined. In the aerial biomass per plant, differences among treatments were not found. In the root biomass dry weight per plant statistically significant differences among the treatments 1(control), and the rest were observed. The water stress occurred during the critical stage of the crop influenced in the process of biological fixation of nitrogen and restricted the activity of the microorganisms that were part of the used inoculants, meeting reflected in the production, where there were no statistically significant differences among the treatments.

Key words: symbiosis, nitrogen biological fixation, *Bradyrhizobium japonicum*, water stress.

INTRODUCCIÓN

La gran reserva de nitrógeno (N_2) es la atmósfera, en donde representa el 78% de los gases que componen el aire. Su triple ligadura es una de las más fuertes y se requiere mucha energía para romperla. Por ésto el nitrógeno atmosférico no es utilizable en forma directa por los animales y las plantas y se requiere de procesos biológicos o industriales para su conversión en formas asimilables (De Felipe, 2006).

En la naturaleza hay organismos procariontas (bacterias, actinomicetos, cianobacterias) fijadoras de N_2 que lo asimilan a través del proceso de fijación biológica de nitrógeno (FBN) convirtiendo el nitrógeno gaseoso en amonio por intermedio de la enzima nitrogenasa. La soja (*Glycine max*) como muchas leguminosas, tiene la capacidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias fijadoras de N_2 llamadas rizobios de los géneros *Bradyrhizobium* y/o *Sinorhizobium*, y obtener a través de la FBN, gran parte del N_2 que requiere para su crecimiento (Vance, 2001).

El descubrimiento de la FBN en las leguminosas se remonta al siglo XIX. Los trabajos del francés Jean Batiste Boussingault y de los alemanes Hermann Hellriegel y Hermann Wilfarth establecieron, en 1886, que la capacidad de las leguminosas de utilizar el N_2 del aire era debida a la presencia de "nudos" de la raíz inducidos por "fermentos" localizados en el suelo. Este descubrimiento fue seguido rápidamente por el aislamiento de *Rhizobium* a partir del chícharo (*Pisum sativum*) y, posteriormente, por otras bacterias fijadoras de N_2 que no se encuentran asociadas a plantas, como *Azotobacter* y *Clostridium pasteurianum* (Bacca et al., 2000).

Los rizobios son bacterias de vida libre, móviles y no forman esporas. Se alimentan de la descomposición de organismos muertos, materia orgánica o compuestos químicos secretados por las raíces de las plantas. Requieren oxígeno para vivir y son incapaces de fijar nitrógeno atmosférico cuando están en vida libre. Dentro de los nódulos radicales tienen formas irregulares, aumentan su tamaño, se alimentan de formas carbonadas sintetizadas por la planta huésped, requieren bajo nivel de oxígeno y fijan nitrógeno atmosférico que le entregan a la planta. La formación de una simbiosis efectiva es un proceso altamente específico, sin embargo, el grado de especificidad varía entre los diferentes rizobios. La planta consume 2 a 3 veces más energía para obtener 1 g de N_2 fijado que la que se necesitaría para obtener 1 g de N_2 desde el suelo en la forma de nitratos. Se calcula que en soja se necesitan 12 g de carbono por g de N_2 fijado (Fernández Canigia, 2003 a).

La fijación de N_2 presenta un gran interés económico y ecológico. En nuestro país, la producción de soja depende de los aportes de N_2 disponibles en el suelo y de la FBN originada en la simbiosis, ya que es muy bajo el consumo de fertilizantes químicos nitrogenados. De

hecho, y como ejemplo, las altas producciones de soja a nivel mundial están soportadas por este proceso a través de la aplicación de inoculantes microbianos de calidad. Se da en todos los hábitats y equilibra el ciclo biogeoquímico del nitrógeno al recuperar para la biosfera el que se pierde por desnitrificación. La fijación simbiótica en plantas tan importantes como las leguminosas, y la posibilidad de extender esta propiedad a otras especies vegetales de interés agronómico, con la consiguiente eliminación de la necesidad de usar fertilizantes nitrogenados, ha hecho de la FBN un tema de intensa investigación (Racca, 2003).

Los nódulos de soja son redondos y de crecimiento determinado. Si las plantas de soja no se encuentran noduladas dependen en forma exclusiva del N_2 presente en el suelo (Díaz Zorita, 2003). La FBN se relaciona directamente con la producción de biomasa aérea y rendimiento, es decir que cuanto mayor sea la biomasa aérea, mayor es la fotosíntesis y mayor la FBN (Fernández Canigia, 2003 b).

Durante el proceso de simbiosis las leguminosas secretan compuestos específicos (flavonoides, entre otros) que atraen a los rizobios y en respuesta a ellos los rizobios activan una serie de genes implicados en la nodulación. El sistema vascular de la planta se extiende dentro del nódulo y transporta los nutrientes hacia y desde él. La planta también expresa proteínas específicas del nódulo a las que se llama nodulinas. Entre ellas, la leghemoglobina, tiene la función de aportar O_2 a los bacteroides y de controlar los niveles del mismo (Cárdenas et al., 1995).

La leghemoglobina se localiza en el citosol de las células de la planta infectada por bacteroides y es la que confiere el típico color rojo o rosado de los nódulos funcionales. Los nódulos no fijadores generalmente son blancos en su interior. Los bacteroides dependen totalmente de la planta para obtener la energía necesaria para la fijación de nitrógeno. El primer producto estable que se obtiene de la fijación de N_2 es el amonio. La planta es responsable de la asimilación de este compuesto para formar compuestos de nitrógeno orgánico en los nódulos radicales. En el caso de soja, el amonio generado por los bacteroides es asimilado en forma de alanina y luego exportado vía xilema hacia las hojas como ureidos. Los nódulos se nutren de fotoasimilados vía floema (Fernández Canigia, 2003 a).

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, con base en 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 N_2). 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 ésto 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, ésto 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).

La combinación de factores tales como las características del huésped, temperatura y humedad ambiental, las propiedades físico-químicas del suelo y la naturaleza de la población rizobiana naturalizada determinan la adecuada formación de nódulos, la eficiencia en la fijación del nitrógeno y la productividad del cultivo (González, 1997).

El cultivo se nutre del nitrógeno aportado por la FBN y del disponible disponible en el suelo. La FBN puede aportar del 25 al 90% del nitrógeno necesario para el desarrollo del cultivo (Weber, 1966), pero ésto sólo puede concretarse cuando los factores ambientales no actúan como limitantes (González, 1997; Peticari et al, 2003; Peticari, 2005). El uso de especies capaces de nodular vigorosamente y de fijar el nitrógeno eficientemente, combinado con estrategias agronómicas simples, permiten obtener altos rendimientos y contribuir a las reservas nitrogenadas del suelo (Brockwell, 1995; Peticari et al, 2003).

Ambos (macro y microsimbionte) y el medio en que se desarrollen, condicionan el proceso de FBN, su característica, su duración y su eficiencia. En toda leguminosa, la FBN dependerá de las cepas de rizobios que formaron los nódulos, del emplazamiento nodular, del tipo de raíz en donde se ubican, de la ontogenia de la planta y de las condiciones en la que ésta crece.

La presencia o ausencia de estrés, en particular hídrico y térmico, en los primeros días de implantación de una leguminosa, condicionará las cepas de rizobios que formarán los diferentes nódulos y también la ubicación de los mismos que, a su vez, influirá en la FBN (Collino, et al., 1985). En soja las condiciones de sequía cercanas a la siembra, retardan el proceso de nodulación y favorecen la anidación de las cepas naturalizadas en detrimento de las introducidas por el inoculante (Racca, 1987). Ante la presencia de déficit hídrico, la FBN tiende a anularse. Ésto es así, pues la FBN es uno de los procesos fisiológicos más sensibles a la sequía (González, 1994; Racca, 1987).

Frente a déficit hídricos crecientes, la primera respuesta de la planta a nivel del sistema nodular, es inactivar la nitrogenasa. Si la humedad edáfica se restablece, también lo hará la FBN; pero si la sequía continúa profundizándose este período es superado y se producirá la

inactivación definitiva de la enzima con muerte y desprendimiento nodular. La planta crecerá a partir de entonces, a expensas del N₂ edáfico, sin aporte adicional de N₂ atmosférico (Racca, 1987).

La etapa en la cual se determina la mayor acumulación de nitrógeno vía fijación biológica, R1 a R5, coincide con la mayor parte de la etapa crítica para la definición de rendimiento en soja. Existe una relación directa entre el número de granos y la tasa de crecimiento del cultivo durante este periodo, y por lo tanto, modificaciones en el nivel de recursos (radiación, agua y nutrientes) disponibles durante el período crítico o en la capacidad de las plantas para capturarlos y utilizarlos, afectarán el número de granos y, consecuentemente, el rendimiento (Kantolic, 2007).

Se estima que, actualmente, la FBN es de 200 millones de toneladas por año, es decir, dos veces la producción de fertilizantes nitrogenados producidos por síntesis industrial. Una de las simbiosis más efectivas es la que se establece entre *Bradyrhizobium japonicum*-soja, donde un 70% de FBN por la bacteria es asimilada por la planta. Por lo tanto, hoy se emplea con éxito la fertilización biológica de soja con *B. japonicum* con 0% de aporte de N como fertilizante químico (Bacca et al., 2000).

En Argentina la superficie cosechada con soja (*Glycine max* L.) en la campaña 2009/10 fue de 18,63 millones de hectáreas, lo que representó un récord histórico y un incremento del 11% respecto al 2008/09. El rendimiento promedio nacional continúa siendo elevado estimándose en 29,5 qq ha⁻¹, pero por debajo del récord de 29,8 qq ha⁻¹ de 2006/07. El volumen de producción se ajustó en 55 millones de toneladas y resultaría un nuevo récord para el país (Muñoz, 2010).

La soja es la leguminosa más importante en el mundo en términos de su uso para la alimentación humana y animal siendo Argentina, junto con Brasil, China y Estados Unidos los países que concentran más del 95% de su producción mundial. En Argentina, si bien los rendimientos medios de granos no se han incrementado marcadamente durante la última década (aproximadamente 2200 kg ha⁻¹), el área cultivada se ha expandido notablemente hacia nuevas regiones de producción como así también ha aumentado su frecuencia en las rotaciones y en algunas áreas llega a constituirse en un monocultivo (Díaz Zorita, 2001).

ANTECEDENTES

La inoculación es una técnica que consiste en adicionar a la semilla o su entorno en el momento de la siembra, una determinada concentración de bacterias mediante un producto denominado inoculante. Dicho producto debe ser específico, porque la inoculación de una leguminosa debe realizarse solamente con la especie específica para esa leguminosa, no habrá nodulación si no se utiliza el inoculante correcto. También es necesario considerar el número de bacterias que debe ser alto para competir con las cepas naturalizadas del suelo. Y, por último, tienen que ser estériles, esto significa la ausencia de cualquier otro microorganismo (Fernández Canigia, 2003 a).

Los inoculantes bacterianos formulados con *Bradyrhizobium japonicum* son importantes herramientas agronómicas que aseguran la nodulación de los cultivos de soja. Estos productos biológicos han experimentado una gran transformación en los últimos 20 años, evolucionando desde los viejos inoculantes fabricados con turba no estéril hasta los actuales inoculantes líquidos estériles que han eliminado la problemática de las contaminaciones microbianas y aseguran una alta concentración de bacterias por mililitro de producto.

No obstante los avances alcanzados y las mejoras incorporadas en los diferentes productos comerciales hasta hoy, las investigaciones no habían podido mejorar sustancialmente la supervivencia bacteriana a nivel de envase y fundamentalmente la prolongación, de manera significativa, de la vida de las bacterias sobre la superficie de las semillas.

Los progresos tecnológicos llevados adelante en los últimos años han permitido incrementar el conocimiento sobre los aspectos fisiológicos y morfológicos bacterianos, determinantes claves para el desarrollo de formulaciones de inoculantes a base de *Bradyrhizobium japonicum*, logrando la capacidad de enfrentar en mejores condiciones la desecación y el efecto tóxico que los terápicos de semilla producen sobre las bacterias. Esta nueva tecnología de producción de inoculantes ha sido definida como tecnología osmo-protectora (TOP), puesto que permite un mejor comportamiento de los inoculantes bacterianos frente a los diferentes estreses abióticos que deben soportar las bacterias sobre la superficie de la semilla. Por lo tanto, la tecnología TOP asegura: mayor supervivencia de las bacterias de *Bradyrhizobium japonicum* en el envase del inoculante que los métodos tradicionales, mayor

resistencia a la desecación sobre la superficie de las semillas de soja y un estado fisiológico más activo de las bacterias del inoculante (Gonzales Anta, 2009).

En ensayos realizados en la zona rural de la localidad de Monte Maíz (Córdoba) se observó que existe una tendencia positiva con la inoculación y uso de protectores bacterianos, si bien en el rendimiento final no hubieron diferencias estadísticamente significativas (Tauro y Thuar, 2011). En ensayos realizados en Balcarce, Buenos Aires, se observó que durante la etapa vegetativa la tasa de acumulación de nitrógeno es idéntica para sojas noduladas y sin nodular, es decir que las plantas crecen por el aporte de N desde el suelo (Racca y Collino, 2005). En suelos con niveles medios de rizobios naturalizados, la competencia entre los rizobios introducidos con el inoculante y los presentes naturalmente en el suelo, puede resultar de interés, especialmente si la población naturalizada es pobremente efectiva en la fijación del N₂ (Brockwell, 1995).

HIPÓTESIS

El uso de inoculantes promueve el crecimiento y rendimiento en el cultivo de soja.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes formulaciones de inoculantes en el cultivo de soja.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Evaluar el efecto de los diferentes inoculantes sobre la nodulación, producción de biomasa radical y aérea en el cultivo de soja en el estadio R1.
- Determinar el efecto de distintos inoculantes sobre el rendimiento en el cultivo de soja en el estadio R8.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental:

El ensayo se realizó durante la campaña 2009/2010, en el campo experimental de la UNRC (CAMDOCEX) ubicado sobre la Ruta Provincial N°36 Km 601 en la localidad de Río Cuarto, a los 64°30' o y 33°07' S, a 421 m.s.n.m. (Figura 1).



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

Caracterización edafoclimática:

Se tomó como referencia la serie de datos registrados en la estación meteorológica de la Universidad Nacional de Río Cuarto durante el período 1981-2010. La zona se caracteriza por tener un régimen de precipitaciones de tipo monzónico irregular, aproximadamente el 80 % de las precipitaciones se concentra en el semestre más cálido que se da entre los meses de octubre y marzo (Figura 2)¹.

¹ Información provista por la Cátedra de Agrometeorología y Climatología Agrícola. Facultad de Agronomía y Veterinaria. UNRC.

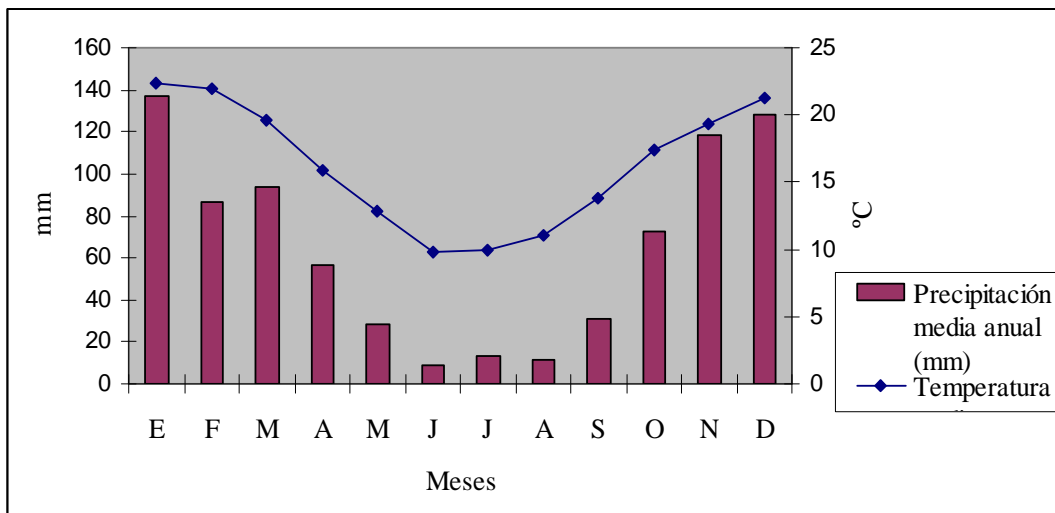


Figura 2. Precipitaciones y temperaturas medias anuales de la serie 1981-2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

El valor medio anual de las precipitaciones es de 784,5 mm, con una gran variación interanual, encontrándose años secos con precipitaciones del orden del 56% de la media y años lluviosos que alcanzan el 150% de ésta.

El régimen térmico es mesotermal. La temperatura media anual es de 16,29°C, la del mes más cálido (enero) es de 22,4 °C, y la del mes más frío (julio) es de 9,9°C. La fecha media de la primer helada es el 25 de mayo, con una fecha extrema el 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 período libre de heladas en promedio de 255,7 días, desde la primer quincena de septiembre hasta la primer quincena de mayo. La frecuencia de granizo es de 1,87 días por año.

Durante el período experimental se consideraron las precipitaciones mensuales (mm), ocurridas durante el ciclo del cultivo (Diciembre 2009 a Abril 2010) (Figura 3). La precipitación acumulada durante el período diciembre 2009- abril 2010 fue de 387 mm.¹.

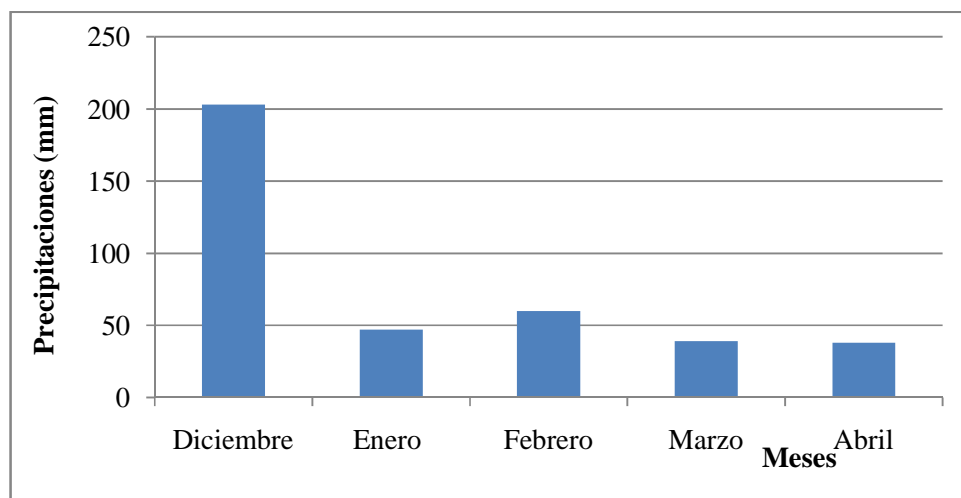


Figura 3¹. Precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo (diciembre 2009-abril 2010).

El suelo es un Haplustol típico franco arenoso fino, los horizontes del perfil son Ap1(0-12 cm), Ap2 (12-22 cm), Bw1(23-33 cm), Bw2(33-50 cm), BC(50-80 cm) y Ck (+ 80 cm), 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. Estos atributos lo hacen apto para el uso agrícola. Sin embargo, presentan una capacidad de retención de la humedad algo baja, por lo que son susceptibles al estrés hídrico en épocas de sequía. Son además, propensos a ser erosionados, lo que debe ser contemplado en su manejo².

Previo a la siembra se realizó una caracterización inicial del suelo a través de un análisis físico-químico de los primeros 20 cm del perfil, siguiendo un esquema en M buscando obtener una muestra homogénea y representativa. Se analizó materia orgánica (%) por el método Walkley-Black, nitrógeno de nitratos (ppm) con el método de reducción por Cadmio, nitratos (ppm), fósforo (ppm) por el método de Kurtz y Bray , humedad (%) y pH en agua por potenciometría 1:2,5 (Cuadro 1).

También se determinó en laboratorio vigor y poder germinativo de la semilla a utilizar.²

² Atlas de suelos de la Provincia de Córdoba.

Cuadro 1. Análisis físico-químico del suelo. UNRC. Córdoba.

VARIABLES	RESULTADOS
Materia Orgánica	1,72 %
Nitrógeno de Nitratos	17,50 ppm
Nitratos	77,5 ppm
Fósforo	22,50 ppm
Humedad	15,52 %
pH en Agua (1:2,5)	6,51

Diseño experimental y tratamientos

Todos los tratamientos se ubicaron sobre rastrojo de maíz (*Zea mays*) en un mismo lote. Se utilizó un diseño completamente al azar con 6 tratamientos y cuatro repeticiones cada uno. El tamaño de las parcelas fue de 28,6 m² para cada repetición, con una distancia entre líneas de 52 cm. En los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 6 las semillas fueron tratadas con inoculantes para soja en fórmulas comerciales a dosis de marbete según los tratamientos y en todos los ensayos se aplicó fungicida en dosis de 50cc 50 Kg⁻¹ de semilla. Se realizó el método tradicional de curado de las semillas antes de comenzar la siembra en forma manual. El procedimiento de muestreo consistió en extraer, en forma manual, una muestra de 5 plantas por repetición en R1 y una muestra de 1 m² por repetición en R8.

La semilla que se utilizó fue LDC 4,2, del criadero LDC. La siembra se realizó el 10 de diciembre de 2009. El sistema de labranza que se utilizó fue siembra directa, con una densidad de 22 semillas por metro lineal, a una distancia entre hileras de 0,52 metros (423.000 semillas ha⁻¹). Se realizó un seguimiento del cultivo recorriendo el lote periódicamente y se controló malezas en V6 con el uso de glifosato al 48% en dosis de 3 litros.ha⁻¹.

Características de la variedad:

LDC 4,2 es una variedad con la capacidad de alcanzar el máximo potencial de rendimiento dentro del grupo IV corto. También se caracteriza por su excelente comportamiento en siembras de segunda (Cuadro 2).

Cuadro 2. Características de la variedad LDC 4,2.³

³ www.bioceressemillas.com.ar/web/hp/aapresid-soja-la-09101.pdf

<u>Características</u>	
Ciclo	IV Corto
Hábito de crecimiento	Indeterminado
Zonas de siembra más recomendadas	Provincia de Buenos Aires y zonas de alto potencial en Córdoba y Santa Fe.
Días desde emergencia a R8	149
Porte de planta de acuerdo a su ciclo	Medio / Alto
Potencial de ramificación	Alto
Susceptibilidad al vuelco (1 a 10)	6
Distancia entre surcos recomendada	Igual o menor a 35 cm
Peso promedio de 1000 semillas (g)	174
Comportamiento a cancro del tallo	Resistente
Comportamiento a <i>Phytophthora</i>	Resistente
Color de flor	Púrpura
Color de pubescencia	Castaña clara
Color de vaina	Castaña
Color de hilo	Negro

Los tratamientos fueron los siguientes:

Tratamiento 1

- Semilla sin inocular (Testigo)

Tratamiento 2

- Semilla inoculada con inoculante Rizoliq con una dosis de 140 cc 50 Kg⁻¹ de semilla.

Tratamiento 3

- Semilla inoculada con Experimental 1 con una dosis de 150 cc 50 Kg⁻¹ de semilla.

Tratamiento 4

- Semilla inoculada con Rizoliq TOP con una dosis de 150 cc 50 Kg⁻¹ de semilla.

Tratamiento 5

-Semilla inoculada con Experimental 3 con una dosis de 150 cc 50 Kg⁻¹ de semilla.

Tratamiento 6

-Semilla inoculada con la cepa E109 (Cepa testigo de referencia de INTA- Castelar) con una dosis de 150 cc 50 Kg⁻¹ de semilla.

Determinaciones realizadas:

A los 51 días en floración (R1):

- Peso seco de masa nodular por planta:

Se separaron los nódulos de las raíces y se llevaron a estufa durante 48 horas a 65°C, luego se determinó su peso con la utilización de una balanza digital y se expresaron los valores en gramos (g).

- Peso seco de biomasa vegetal aérea por planta:

Se determinó mediante secado en estufa durante 48 horas a 65°C y posterior pesado en balanza digital y los valores se expresaron en gramos (g).

- Peso seco de la biomasa radical por planta:

Se determinó mediante secado en estufa durante 48 horas a 65°C y posterior pesado en balanza digital y los valores se expresaron en gramos (g).

El procedimiento consistió en extraer 5 plantas en forma manual por repetición de cada tratamiento.

A los 120 días en madurez fisiológica (R8):

- Número de vainas por planta
- Número de granos por vaina
- Número de nudos con vainas
- Peso de cada muestra en gramos por m²
- Rendimiento por tratamiento en kg ha⁻¹
- Número de plantas por m².

El rendimiento final se obtuvo por trilla manual en un área de 1 m² por repetición y los resultados fueron expresados en kilogramos por hectárea.

Análisis estadístico:

Una vez obtenidos los datos de la experiencia se compararon los tratamientos entre sí, utilizando el análisis de la varianza (ANAVA) y el test de Tuckey con un nivel de significación del 5 % para comparaciones a posteriori.

-Hipótesis estadística a probar

Ho: $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = \alpha_6 = 0$ Ha: algún α_i sea $\neq 0$; $\forall i$

-Modelo estadístico

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde cada observación (Y_{ij}) está afectada por un efecto medio (μ), un efecto de tratamiento (α_i) y por el efecto de un término de error aleatorio (ε_{ij}).

Y_{ij} = Observación de la variable medida en la unidad experimental j (varía entre 1 y 4, que es el número de repeticiones) a la que se le aplicó el tratamiento i, aplicación de diferentes inoculantes (i varía entre 1 y 6).

μ = Media poblacional de la variable en estudio.

α_i = Efecto debido al tratamiento i.

ε_{ij} = Variable aleatoria debida al error entre unidades experimentales con el mismo tratamiento. (efecto no controlado- residuo u error).

μ, α_i = Parámetros del modelo

Y_{ij}, ε_{ij} = Variables dependiente y aleatoria respectivamente.

-Supuestos

En todas las variables se analizaron los supuestos de normalidad de los residuos mediante el gráfico QQPLOT, se consideró una distribución normal de los residuos cuando r superó el valor 0,95. También se realizó el test de Shapiro – Wilks y se consideró una distribución normal cuando el valor de p fue menor a 0,05.

Para evaluar la homogeneidad de las varianzas se utilizó el diagrama de dispersión. Cuando en dicho gráfico de dispersión de los residuos versus los valores predichos mostró una nube de puntos sin patrón alguno (patrón aleatorio), se concluyó sobre la existencia de homogeneidad de varianzas. También se realizó la prueba de Levene. Por otro lado, no se realizó transformación de los datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La campaña 2009/2010 se caracterizó por un inicio (diciembre) con precipitaciones por encima de la media, lo cual permitió una correcta implantación del cultivo. Luego, en los meses de enero, febrero y marzo las precipitaciones se encontraron muy por debajo de la media, originando problemas de estrés hídrico en el cultivo. La principal limitante de la zona es el agua, expresada en ETC (evapotranspiración del cultivo), se estima que la soja posee una eficiencia en el uso del agua de entre 5 y 11 kg.mm⁻¹ ha⁻¹ (Gil, 2008) por lo cual para un rendimiento de 4000 kg ha⁻¹, sin considerar otras limitantes, se necesitaría una ETC de 500 mm de agua. En esta campaña las precipitaciones en la etapa del cultivo fueron 387 mm, lo cual indica las malas condiciones de humedad. La figura 4 muestra la distribución de las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del cultivo

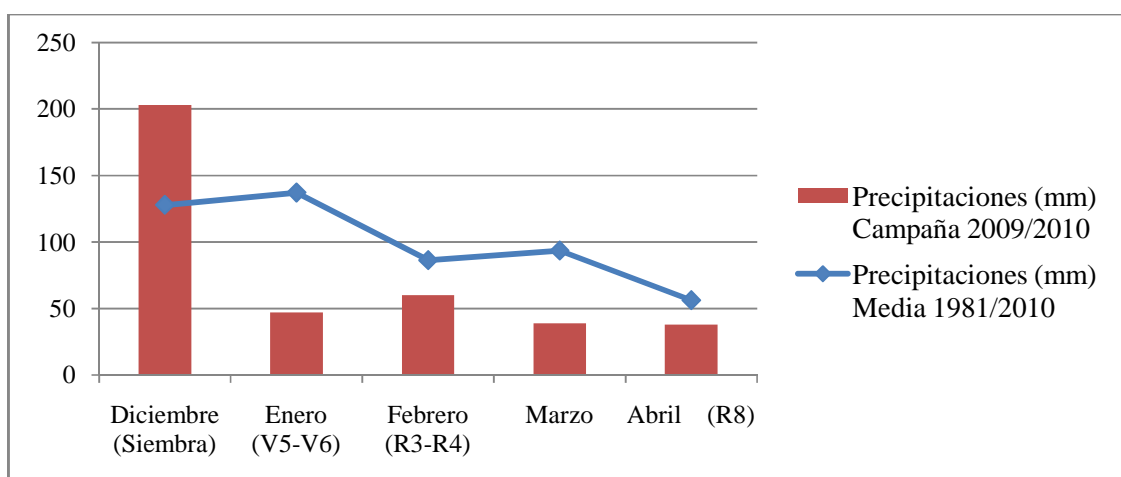


Figura 4. Precipitaciones mensuales durante el ciclo del cultivo y media de la serie 1980-2010.¹

Muestreo en R1 (50 días postsiembra)

Peso de la biomasa radical por planta:

Al analizar el peso seco de la biomasa radical se encontraron diferencias estadísticamente significativas a favor del tratamiento 1, es decir sin inoculante (Figura 5 y Cuadro 6 del Anexo). Este resultado puede explicarse por que al inicio del ciclo la fijación biológica de nitrógeno es mínima y que si la mayor biomasa se debe al nitrógeno, éste puede ser aportado desde el suelo, como indica Racca y Collino (2005). Estos autores llevaron a cabo ensayos en Balcarce, en los que determinaron que la tasa de acumulación de nitrógeno es idéntica para sojas noduladas y sin nodular durante la etapa vegetativa. Por otro lado, García y

Ferrarotto (2009) realizaron un ensayo con dos niveles para el factor inoculación y dos niveles para suministro de agua para evaluar la respuesta a la inoculación. El peso seco de raíces muestra diferencias estadísticamente significativas entre plantas inoculadas y no inoculadas en V2, posiblemente debido a que la inoculación retardó el crecimiento de la raíz durante la fase de emergencia y establecimiento de las plántulas.

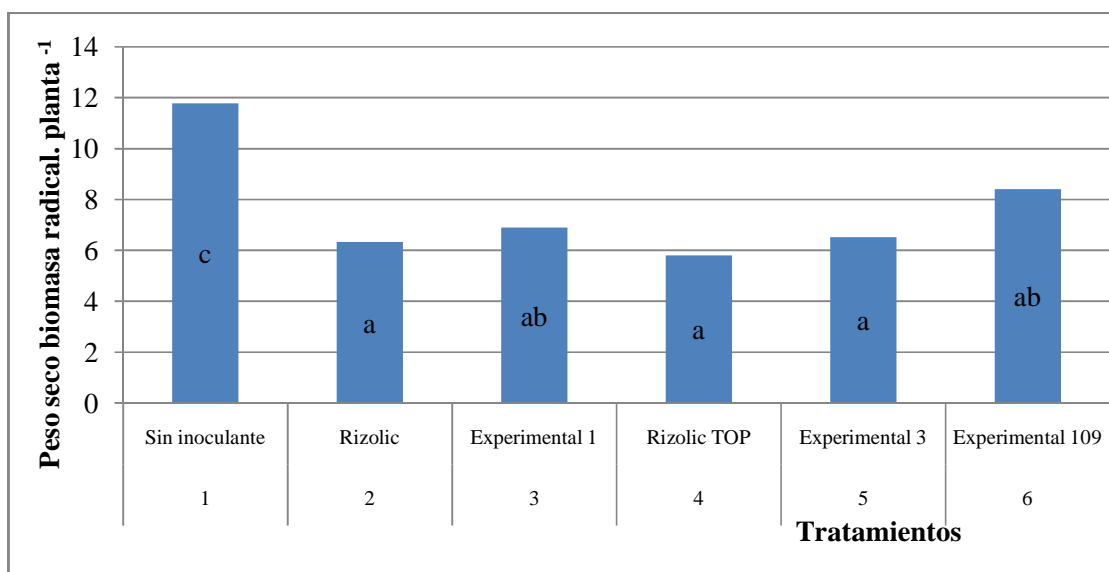


Figura 5. Peso seco biomasa radical planta⁻¹.

Peso seco de biomasa aérea por planta:

Como se puede observar en la Figura 6, el peso seco de biomasa aérea planta⁻¹ no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos (Ver Cuadro 5 Anexo). Ésto se relaciona con los datos obtenidos por García y Ferrarotto (2009) 2009), quienes evaluaron la acumulación de biomasa de las plantas en respuesta a la inoculación. Estos autores muestran que en los primeros estadios del cultivo no existen diferencias estadísticamente significativas en la biomasa aérea, ya que la acumulación de N es lenta en las primeras etapas de desarrollo del cultivo y se incrementa a partir de los 30 días después de la emergencia (coincidente aproximadamente con el inicio de la floración – R1) hasta aproximadamente la finalización del llenado del grano. Desde la emergencia hasta 30 días el aporte de la FBN es muy bajo debido a que el aparato nodular no está desarrollado y tiene baja funcionalidad. La absorción de N del cultivo depende en gran medida del aporte de N del suelo. En situaciones en las cuales los suelos presentan un bajo aporte de N, esta etapa puede ser crítica para el

establecimiento de los nódulos, ya que dicho nutriente puede no ser suficiente para desarrollar el área foliar mínima necesaria para el crecimiento inicial del cultivo y de los nódulos.

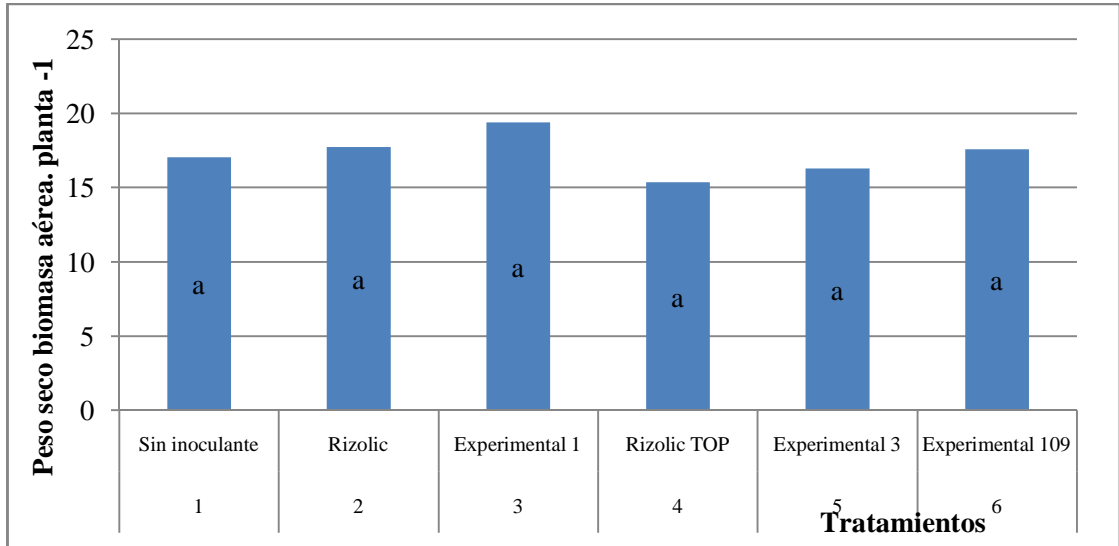


Figura 6. Peso seco biomasa aérea planta⁻¹

Peso seco de nódulos:

El peso seco de los nódulos no presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos inoculados en comparación al testigo. Resultados similares fueron obtenidos por Paytas e Iglesias (2000), quienes observaron la presencia de nódulos en los testigos de los ensayos de inoculación con *Bradyrhizobium japonicum*. En el citado trabajo se observó la presencia de *Rhizobium-Bradyrhizobium* naturalizados en lotes con historia sojera.

Por otro lado, Peticari et al. (2003) informó que la reinoculación anual conduce al establecimiento en los suelos de poblaciones de rizobios naturalizadas provenientes de las cepas de los inoculantes. Ésta podría ser la probable causa de la presencia de nódulos en el testigo sin inocular del presente estudio, ya que el lote donde se llevó a cabo la experiencia tiene una historia sojera prolongada.

Lo expuesto permite sugerir que en ensayos posteriores sería recomendable realizar los correspondientes análisis de suelo que permitan determinar tanto las cepas presentes como su capacidad de formar nódulos potencialmente activos en las raíces de soja. Esta recomendación favorecería la toma de decisiones que eviten las inoculaciones cuando éstas son innecesarias.

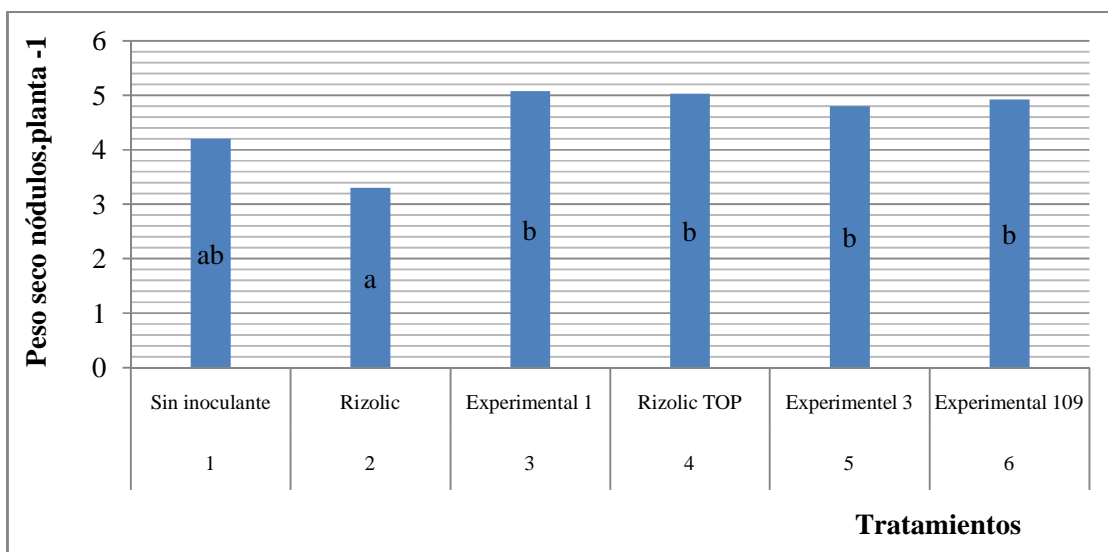


Figura 7. Peso seco nódulos.planta⁻¹.

Muestreo en R8 (120 días postsiembra)

Número de vainas.m⁻²:

La respuesta de los diferentes tratamientos aplicados en relación al número de vainas indicó que no se observaron diferencias estadísticamente significativas en esta variable debido a que el cultivo toleró un período prolongado de estrés hídrico desde el mes de enero en adelante (Figura 4), afectando en forma muy importante las etapas de definición de los componentes del rendimiento. Estos resultados se relacionan con la información obtenida de trabajos de González (1994) y Racca (1987), en los que se observó que el proceso de FBN es altamente sensible ante condiciones de estrés hídrico, afectándose así todos los componentes del rendimiento.

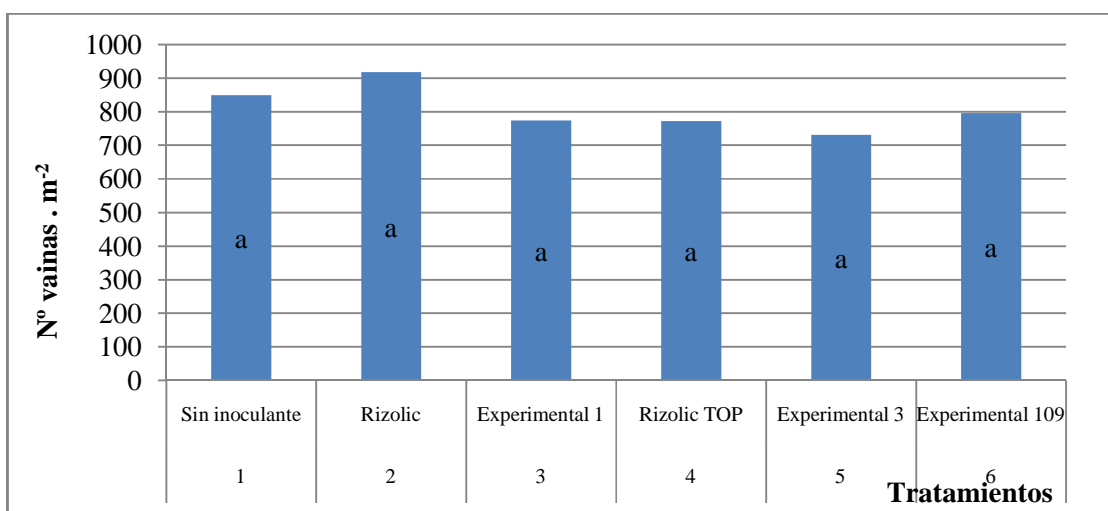


Figura 8. Número de vainas. m⁻².

Número de granos/vaina:

El número de granos por vaina presentó diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos 1 y 6, con un número de granos por vaina igual a 2,32 en el tratamiento 1 y de 2,6 en el tratamiento 6. Como resultado de lo mencionado se obtiene una diferencia del 10,76 % a favor del tratamiento 6, observándose además que todos los tratamientos inoculados superan al testigo. Por otro lado, no existe una diferencia muy amplia entre los tratamientos, esto se debe a que el componente del rendimiento granos por vaina tiene un alto control genético y en promedio resulta poco modificable ante cambios en la disponibilidad de recursos. Resultados similares fueron registrados por Tauro y Thuar (2011), quienes evaluaron la respuesta de la nodulación en soja con el uso de protectores bacterianos en la inoculación.

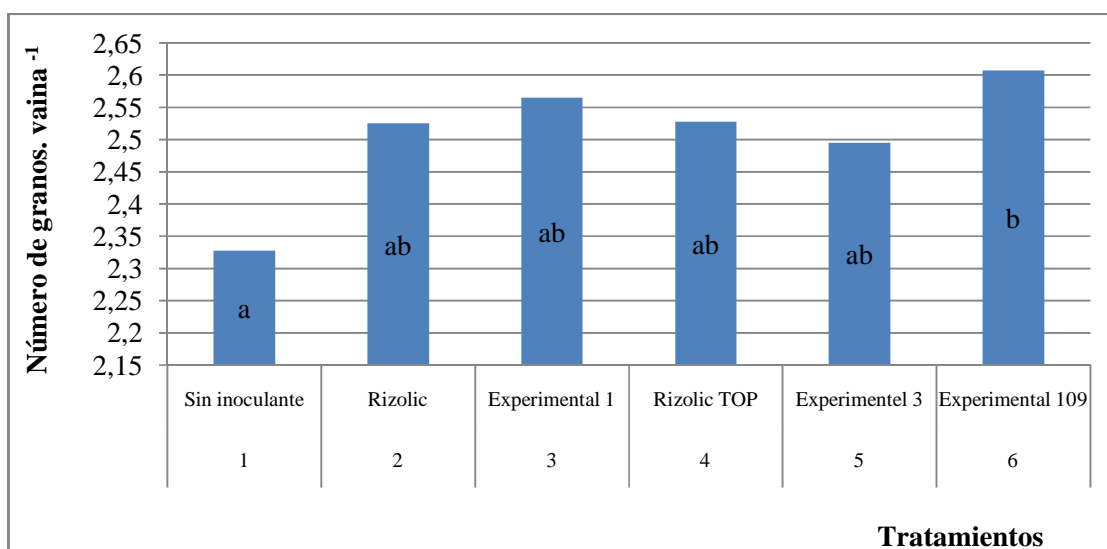


Figura 9. Número de granos vaina⁻¹.

Rendimiento (kg. ha⁻¹):

El rendimiento, no mostró diferencias estadísticamente significativas entre el testigo y los demás tratamientos (Figura 10). Estos resultados se pueden explicar si se tiene en cuenta que durante el desarrollo del cultivo, principalmente en las etapas reproductivas, donde se define la mayor tasa de nodulación y el rendimiento, el cultivo soportó un período importante de estrés hídrico (Figura 4). Estos datos coinciden con información proveniente de Kantolic (2007), quien observó que la etapa en la cual se determina la mayor acumulación de nitrógeno vía fijación biológica, R1 a R5, coincide con la mayor parte de la etapa crítica para la definición de

rendimiento en soja. Por otro lado, Collino et al. (1985) observó que a partir de R5 los granos se convierten en el principal destino del carbono y nutrientes dentro de la planta y, por lo tanto, los nódulos pasan a ser un destino secundario. Las tasas de FBN van decayendo en este periodo y podrían llegar a limitar el aporte de N al cultivo. Dicha variación está determinada no sólo por los diferentes contenidos de N mineral (que antagoniza con la FBN), sino también con el hecho de que la soja en Argentina se cultiva en secano y el proceso de FBN es altamente sensible a pequeñas disminuciones en la condición hídrica del cultivo. Por lo tanto, las prácticas de manejo del cultivo que favorezcan la captación y acumulación de agua en el perfil del suelo, indirectamente favorecerán la nutrición nitrogenada del cultivo.

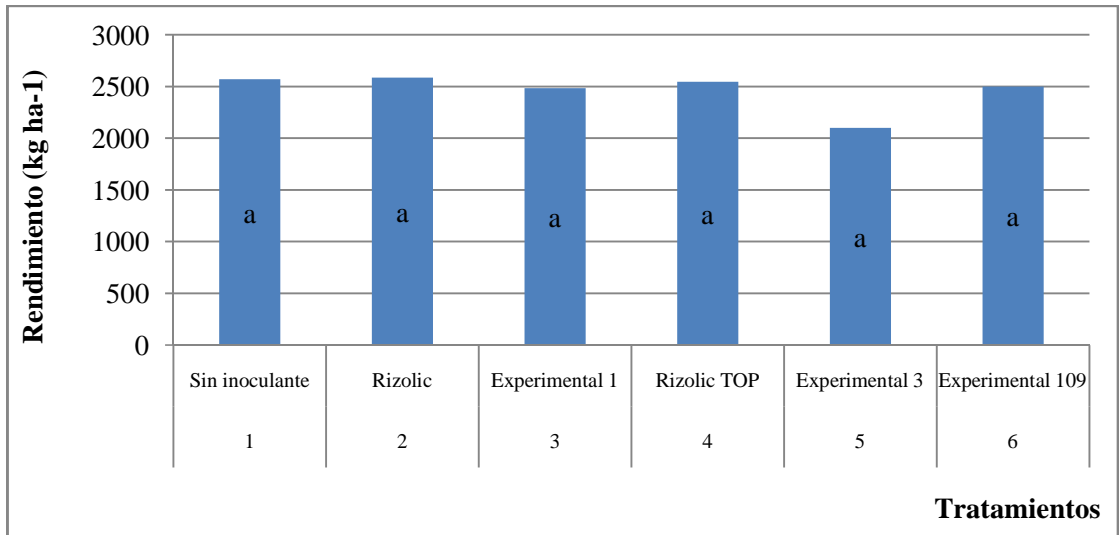


Figura 10. Rendimiento (kg ha⁻¹)

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en la presente experiencia donde se comparó el efecto de cinco inoculantes distintos ante un testigo sin inocular permiten concluir que no existen diferencias estadísticamente significativas en el peso seco de biomasa aérea por planta, peso seco de los nódulos y rendimiento. No obstante, para las variables peso seco de biomasa radical y el número de granos por vainas se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas respecto al testigo. Para el peso seco de biomasa radical las diferencias fueron a favor de éste y para número de vainas la diferencia fue entre el testigo y el Experimental 109, a favor de éste último.

BIBLIOGRAFÍA

BACCA, B, L. SOTO URZUA y M. PARDO RUIZ. 2000. Fijación Biológica de Nitrógeno. *Elementos*. Vol. VII. (38): 43.

BROCKWELL, J, BOTTOMLEY, P. Y THIES, J.E. 1995. Manipulation of rhizobia microflora for improving legume productivity and soil fertility. Manipulación de microflora rizobiana para mejorar la productividad de la legumbre y fertilidad de suelo. *Plant and Soil* (174): 143-180.

CARDENAS L., J. DOMINGUEZ, C. QUINTO, I. LOPEZ-LARA, B. LUGTENBERG, H. SPAINK, G. RADEMAKER, J. HAVERKAMP, y J. THOMAS-OATES (1995). Isolation, chemical structures and biological activity of the lipo-chitin oligosaccharide nodulation signals from Rhizobium. El aislamiento, la estructura química y actividad biológica de las señales de nodulación quitina lipo-polisacárido de Rhizobium. *Planta de MOI. Biol.* (29): 453-464.

COLLINO, D.; R.W. RACCA, A. AVILA y C. BUTTO, 1985. Efectos del ambiente sobre los mecanismos de FBN en cultivos. En: Biología del suelo. Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos. Editorial de la Facultad de Agronomía-UBA. pp: 28

DE FELIPE, M. R. 2006. Fijación de Nitrógeno: Fundamentos y Aplicaciones. Editorial SEFIN. Universidad de Granada, Madrid.

DIAZ ZORITA, M. 2001. Fertilización en soja. EEA INTA. General Villegas. Boletín técnico N°37.

DIAZ ZORITA, M. 2003. Soja: Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo. Congreso Mundo Soja. Buenos Aires. Argentina.

FERNÁNDEZ CANIGIA, M.V. 2003 a. Factores determinantes de la nodulación. 1º Ed. Bs.As. Nitragin Arg. ISBN 987-21058-0-4.

FERNANDEZ CANIGIA, M.V. 2003 b. Factores determinantes de la nodulación. Departamento de Investigación y Desarrollo Nitragin Argentina S.A. 46 pp.

GARCÍA, H., M. FERRAROTTO 2009. Efecto del déficit hídrico sobre la acumulación de biomasa y nitrógeno en soja (*Glycine max (L.) Merr.*) inoculada con *Bradyrhizobium japonicum*. *Rev. Fac. Agron. (UCV)*. VOL II. 35:1

GIL, R.C.2008. La eficiencia en el uso del agua en el sistema agrícola. Instituto de suelos INTA Castelar. En: www.donmario.com.ar. Consultado 20/03/2011.

GONZALEZ, N. 1994. Efectos del ambiente sobre los mecanismos de FBN en cultivos. En: *Biología del suelo. Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos*. Editorial de la Facultad de Agronomía-UBA. pp: 28-30

GONZÁLEZ, N. 1997. Fijación Biológica del Nitrógeno (FBN) en soja. Cómo elegir el mejor inoculante comercial. En: [www.fertilizando.com/articulos/Fijación Biológica del Nitrógeno](http://www.fertilizando.com/articulos/Fijación_Biológica_del_Nitrógeno). Consultado: 20/10/2011.

GONZALES ANTA G. 2009. Engormix.com 2010. Inoculante Bacteriano Producido con Tecnología Osmo Protectora. En: http://www.engormix.com/inoculante_bacteriano_producido_con_s_articulos_2642_AGR.htm. Consultado: 10/10/2010.

JARSÚN, B., J. GORGAS, E. ZÁMORA, H. BOSNERO, E. LOVERA, A. RAVELO, J. TASSILE. *Atlas de suelos de la Provincia de Córdoba*. Capítulo 3: Los Suelos. Taxonomía de Recursos. Agencia Córdoba Ambiente SE. INTA. EAA Manfredi. Córdoba 2003.

KANTOLIC, A.G. 2007. Ecofisiología del cultivo de soja. Bases para el manejo y para el aumento del rendimiento potencial. Cátedra de cultivos industriales, departamento de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires.

MUÑOZ, R. 2010. Informe Quincenal INTA Pergamino. N°320. En: *Calidad industrial de soja en la Región Núcleo. Campaña 2009-10. Soja, actualización 2010. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez – Proyecto Regional_ Producción Agrícola Sustentable*. Ediciones INTA. pp:125.

PAYTAS, M., M. IGLESIAS. Comportamiento de cepas naturalizadas de *Rhizobium-Bradyrhizobium* en distintos suelos del Noreste de la Provincia de Santa Fe en el cultivo de soja. Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Cs. Agrarias - UNNE. Corrientes - Argentina.

PERTICARI, A.; N. ARIAS; H. BAIGORRI; J.J. DE BATTISTA; M. MONTECCHIA; J.C. PACHECO BASURCO; A. SIMONELLA; S. TORESANI; L. VENTIMIGLIA Y R. VICENTINI. 2003. Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja. Capítulo 7. El libro de la soja. Ed. SEMA. pp. 69-76.

PERTICARI, A. 2005. Inoculación de calidad para un máximo aprovechamiento de la FBN. Congreso Mundo Soja. Buenos Aires. p. 121-126.

RACCA, R.W. 1987. Efectos del ambiente sobre los mecanismos de FBN en cultivos. En: *Biología del suelo. Transformaciones de la materia orgánica, usos y biodiversidad de los organismos edáficos*. Editorial de la Facultad de Agronomía-UBA. pp: 28-29

RACCA, R.W. Y COLLINO, D.J. 2005. Bases fisiológicas para el manejo de la fijación biológica del nitrógeno en soja. Congreso Mundo Soja. Buenos Aires. p. 111-120.

TAURO R.Y THUAR,A. 2011. Efecto de los protectores bacterianos sobre la nodulación en soja. Trabajo final de grado. Fac. de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. 23 p.

VANCE, CP 2001. La fijación simbiótica de nitrógeno y fósforo de adquisición. Nutrición de las plantas en un mundo de disminución de los recursos renovables. pp . 390-397.

WEBER, C.R. 1966. Nodulation and nonodulation soybean isolines. En: Comportamiento de cepas naturalizadas de Rhizobium-Bradyrhizobium en distintos suelos del Noreste de la Provincia de Santa Fe en el cultivo de soja. Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Ciencias Agrarias- UNNE. En: www.unne.edu.ar/Web/cyt/cyt/2002/05-Agrarias/A-041.pdf. Consultado: 22/09/11.

ANEXO

Cuadro 3. Precipitaciones medias anuales y temperatura media anual para la serie 1981-2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Mes	Temperatura media anual(°C)	Precipitación media anual (mm)
Enero	22,4	137,1
Febrero	22	86,3
Marzo	19,6	93,5
Abril	15,9	56,3
Mayo	12,9	28,4
Junio	9,8	9,2
Julio	9,9	13,7
Agosto	11,1	11,1
Septiembre	13,8	30,6
Octubre	17,4	72,1
Noviembre	19,4	118,4
Diciembre	21,3	127,8
Total	Promedio=16,29	784,5

Cuadro 4. Precipitaciones mensuales (mm) para el periodo diciembre 2009-abril 2010. UNRC. Río Cuarto. Córdoba.

Mes	Precipitaciones(mm)
Diciembre	203
Enero	47
Febrero	60
Marzo	39
Abril	38
Total	387

En las siguientes tablas se muestran, además de los resultados, los valores p y coeficientes de variación que no fueron incluidos en el texto. El valor de R² indica cuál es el porcentaje de la variable que es explicada por el modelo aplicado. El CV (coeficiente de variación) mide la precisión del experimento.

Cuadro 5. Análisis de la varianza (ANAVA) de peso seco biomasa aérea y peso seco biomasa radical.

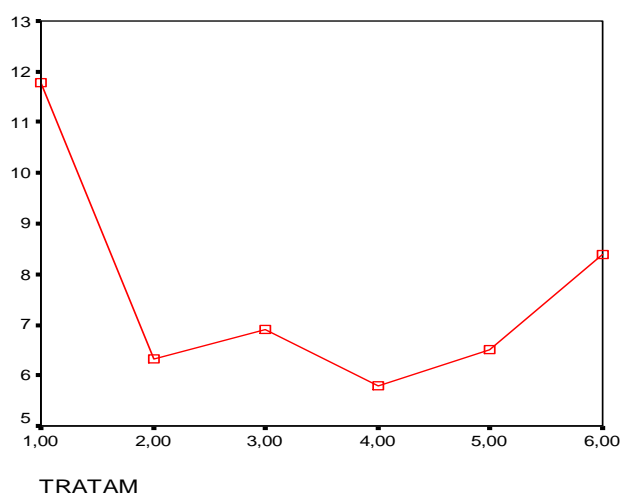
Variable		gl	CV	p
Peso seco biomasa aérea	Tratamientos	5	24,152	0,5
	Error	114		
	Total	119		
Peso seco biomasa radical	Tratamientos	5	1,699	0,141
	Error	114		
	Total	119		

Cuadro 6. Comparación de medias del peso seco de biomasa radical.

Tratamientos	N	Peso seco biomasa radical por planta (g.pl ⁻¹)
4	20	5,805 a
2	20	6,335 a
5	20	6,515 a
3	20	6,895 ab
6	20	8.40 ab
1	20	11.78 c

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Figura 11. Gráfico de medias de peso seco de biomasa radical.



Cuadro 7. Análisis de la varianza (ANAVA) de peso seco de nódulos.

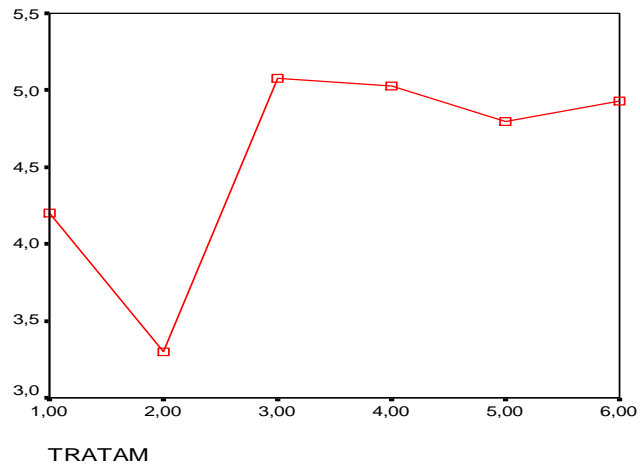
Variable		gl	CV	p
Peso seco de nódulos	Tratamientos	5	6,464	0,001
	Error	18		
	Total	23		

Cuadro 8. Análisis de comparación de medias por el Test de Tuckey del peso seco de nódulos.

Tratamiento	N	Peso seco de nódulos por planta (g.pl ⁻¹)
2	4	3,3 a
1	4	4,2 ab
5	4	4,8 b
6	4	4,925 b
4	4	5,025 b
3	4	5,075 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Figura 12. Gráfico de medias de peso seco de nódulos.



Cuadro 9. Análisis de la varianza (ANAVA) de número de vainas.m⁻², número de granos.m⁻², rendimiento en grano.m⁻², número de nudos con vainas. m⁻², número de granos.vaina⁻¹ y peso de 1000 granos.

Variable		gl	CV	p
N° vainas.m ⁻²	Tratamientos	5	0,858	0,528
	Error	18		
	Total	23		
N° granos.m ⁻²	Tratamientos	5	0,726	0,613
	Error	18		
	Total	23		
Rendimiento g.m ⁻²	Tratamientos	5	0,569	0,723
	Error	18		
	Total	23		
N° nudos con vainas.m ⁻²	Tratamientos	5	0,113	0,988
	Error	18		
	Total	23		
N° granos.vaina ⁻¹	Tratamientos	5	3,204	0,03
	Error	18		
	Total	23		
Peso 1000 granos	Tratamientos	5	5,356	0,003
	Error	18		
	Total	23		

Cuadro 10. Análisis de comparación de medias por el Test de Tuckey del número de granos por vaina.

Tratamiento	N	Número de granos por vaina.
1	4	2,3275 a
5	4	2,495 ab
2	4	2,525 ab
4	4	2,5275 ab
3	4	2,565 ab
6	4	2,6075 b

Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

Figura 13. Gráfico de medias para número de granos por vaina.

