

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero
Agrónomo

Modalidad: Práctica Profesional

DESARROLLO Y MEDICIONES DE LOS PARÁMETROS DE
CRECIMIENTO EN EL CULTIVO DE SOJA (*Glycine max (L.)
Merrill*) CON MICROORGANISMOS PGPR

Tamioso, Michela Soledad

35.472.649

Director: Dra. Carla Valeria Bruno

Co-Director: Dra. Alicia María Thuar

Tutor Externo: Ing. Agr. Daniel José Ulla

Río Cuarto-Córdoba

Diciembre 2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Título del Trabajo Final: DESARROLLO Y MEDICIONES
DE LOS PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN EL
CULTIVO DE SOJA (*Glycine max (L.) Merrill*) CON
MICROORGANISMOS PGPR

Autor: Tamioso, Michela Soledad
DNI: 35.472.649

Director: Dra. Carla Valeria Bruno
Co-Director: Dra. Alicia María Thuar

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

Dr. Javier Alberto Andrés _____

Mag. Mónica Silvina Zuza _____

Dra. Carla Valeria Bruno _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Secretario Académico

*Gracias a todos los que hicieron posible y me
acompañaron en este logro.*

ÍNDICE

RESUMEN	vii
SUMMARY	viii
INTRODUCCIÓN	
El cultivo de soja	1
Importancia económica de la soja a nivel mundial y nacional	2
Uso de microorganismos para la producción de soja	2
OBJETIVOS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	
Descripción de la institución	8
Caracterización del sitio experimental	9
Descripción de los tratamientos evaluados	10
Diseño experimental	11
Labores	11
Determinaciones realizadas	13
Modelo y análisis estadístico	14
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
Condiciones edáficas y climáticas de la campaña 2015-2016	15
Determinaciones en el estadio fenológico R2 (plena floración).	17
Determinaciones en el estadio fenológico R8 (plena madurez).	22
CONCLUSIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26
ANEXO	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Imagen satelital del campo demostrativo de la AIASC	9
Figura 2. Esquema de distribución de los tratamientos a campo en el ensayo de inoculación	11
Figura 3. Componentes del rendimiento del cultivo de soja	13
Figura 4. Precipitaciones, temperatura medias, máximas y mínimas diarias registrada en la campaña (2015-2016)	16
Figura 5. Número de nódulos en raíz principal	17
Figura 6. Número de nódulos en raíces laterales	18
Figura 7. Peso seco de nódulos en raíz principal	19
Figura 8. Peso seco de nódulos en raíces laterales	19
Figura 9. Peso seco de la raíz	20
Figura 10. Peso seco de la biomasa aérea	21
Figura 11. Plantas/m ² en R2	21
Figura 12. Número de granos	22
Figura 13. Peso de mil granos	23
Figura 14. Plantas/m ² en R8	23
Figura 15. Rendimiento	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Protección de cultivo. Aplicaciones químicas	12
Tabla 2. Propiedades físico-químicos del suelo del área experimental campaña (2015-2016)	15

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Serie BAIGORRIA	30
Anexo 2. Ficha Nidera A 5009 RG	32
Anexo 3. Análisis de la varianza	33
Anexo 4. DGC	36
Anexo 5. Medidas resumen	37

RESUMEN

El cultivo de soja en Argentina cubre en parte su alta demanda de nitrógeno a partir de la FBN mediante la inoculación con microorganismos PGPR, especialmente rizobios, incrementando su producción de una manera sustentable. El principal objetivo de este estudio fue evaluar distintos inoculantes comerciales sobre la nodulación y producción del cultivo de soja en el ensayo a campo de la AIASC durante la campaña agrícola 2015- 2016. El estudio constó de tratamientos inoculados, inoculados y con terapico de semillas, solo con terapico de semillas y un testigo absoluto. En la etapa fenológica R2 (plena floración), se evaluaron los parámetros a) fisiológicos y b) simbióticos: a) peso seco de la raíz y peso seco de la biomasa aérea por planta y b) número y peso seco de nódulos por planta, y modelo de distribución espacial. En la etapa fenológica R8 (plena madurez) se estimó rendimiento del cultivo basado en los componentes del rendimiento de soja. Los resultados no mostraron diferencia estadísticamente significativa excepto la variable componente del rendimiento: número de granos, demostrando que las cepas naturalizadas fueron más efectivas que las inoculadas, no así cuando se aplicó terapico de semillas. Sobre la base de los datos se puede concluir que la inoculación con los diferentes microorganismos afecta positivamente los parámetros simbióticos de la FBN en las raíces principales evaluados en R2; no así en las raíces laterales y en el parámetro fisiológico peso seco de la raíz. Las cepas naturalizadas no fueron efectivas y tampoco infectivas en los parámetros simbióticos de las raíces laterales en los tratamientos solo tratados con terapico de semillas y en los parámetros fisiológicos evaluados R2. Las cepas naturalizadas no afectadas por terapico de semillas fueron las encargadas de lograr los mayores rindes por encima de las cepas introducidas con inoculantes comerciales y tratadas con terapico de semillas.

Palabras claves: soja, inoculación, PGPR, FBN.

SUMMARY

Development and measurements of growth parameters of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) with microorganisms PGPR

Soybean cultivation in Argentina covers partially its high nitrogen demand of FBN through inoculation with microorganisms PGPR, especially rhizobia, increasing its production in a sustainable way. The main objective of this study was to evaluate different commercial inoculants on the nodulation and production of the soybean crop in the field trials of the AIASC during the 2015-2016 agricultural season. The study consists of treatments inoculated, inoculated and with seed therapies, only with seed therapies and an absolute control. In the phenological stage R2 (full bloom), the a) physiological and b) symbiotic parameters were evaluated a) root dry weight and the aerial biomass dry weight per plant and b) nodule number and dry weight per plant, and spatial distribution model. In the phenological stage R8 (full maturity), crop yield was estimated based on soybean yield components. The results showed no statistically significant difference except for the variable of the yield component: grain number, showing that the naturalized strains were more effective than the inoculated ones, but not when seed therapies were applied. On the basis of the data, it can be concluded that the inoculation with the different microorganisms positively affects the symbiotic parameters of the BNF in the main roots evaluated in R2; not so in the lateral roots and in the physiological parameter dry weight of the root. The naturalized strains were not neither effective nor infective in the symbiotic parameters of the lateral roots in the treatments only treated with seed therapies and in the physiological parameters evaluated R2. The naturalized strains unaffected by seed therapies were in charge of achieving the highest yields above the strains introduced with commercial inoculants and treated with seed therapies.

Keywords: soybean, inoculation, PGPR, BNF.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja

La soja *Glycine max* (L.) Merrill es una hierba dicotiledónea, del orden Fabales, familia Leguminosa o Fabáceas, subfamilia Papilionóideas. Su ciclo de vida es anual y su ciclo de crecimiento es estival. De porte erecto. Morfológicamente se la caracteriza por poseer hojas trifoliadas; folíolos oval-lanceolados, con el terminal más grande. Tiene flores de corola blanca o violácea, reunidas en racimos axilares. Su fruto es una legumbre, péndula, pluriseminada, hirsuta, solitaria o agrupadas. Provee semillas amarillentas, con hilo oscuro. Con raíces capaces de fijar nitrógeno atmosférico en nódulos radicales, asociación simbiótica que realiza con bacterias del género *Rhizobium*. La plántula tiene germinación epigea, las dos primeras hojas (eófilos) son simples y las posteriores trifolioladas (Bianco *et al.*, 2007).

Durante el ciclo ontogénico de la soja en sus cambios externos pueden diferenciarse fases vegetativas, en las que aparecen y se expanden hojas y fases reproductivas, caracterizadas por la aparición y el crecimiento de flores, frutos y semillas; además, durante gran parte de las fases reproductivas prosigue la aparición de las hojas. En cuanto a los cambios internos ocurre la diferenciación de hojas en el embrión y en el tallo principal, la diferenciación de flores y la fecundación de las mismas. La temperatura y el fotoperiodo son factores que regulan el desarrollo de las plantas actuando simultáneamente. La temperatura regula el desarrollo a lo largo de todo el ciclo, los requerimientos térmicos y las temperaturas cardinales que regulan la tasa de desarrollo difieren a lo largo de las fases de desarrollo. Con respecto al fotoperiodo la soja es una especie de días cortos con respuesta cuantitativa; este factor regula la mayor parte de los eventos reproductivos; la iniciación floral, la fructificación, y el llenado de los granos, condicionando el momento en que comienzan y finalizan las diferentes fases y la tasa con la que progresan los cambios dentro de las plantas (Kantolic *et al.*, 2003).

Los requerimientos nutricionales en kilogramos de nutriente absorbido por tonelada de grano producida son 80 kg/t de nitrógeno, 8 kg/t de fósforo, 33 kg/t de potasio y 7 kg/t de azufre (Dreccer *et al.*, 2003).

Los requerimientos de agua varían entre cultivares, a lo largo de la estación de crecimiento y entre ambientes, sufriendo estrés se muestran marcados efectos sobre los componentes del rendimiento (Cultivos Oleaginosos [2055], 2013).

La generación del rendimiento como en todos los cultivos de grano resulta de dos componentes numéricos principales: el número de granos que se establecen por la unidad de área y el peso unitario que alcanzan (Kantolic *et al.*, 2003).

Importancia económica de la soja a nivel mundial y nacional

La soja es el cultivo oleaginoso de mayor importancia mundial de origen subtropical, procedente de Oriente, del sureste del continente asiático. Actualmente la producción mundial de soja ocupa el octavo lugar luego del trigo, maíz, arroz, papa, cebada, batata y mandioca. Se la cultiva para industrializar el grano con el fin de obtener harina con alto contenido proteico y aceite con usos alimenticios (Asociación de la Cadena de la Soja Argentina, 2016). Estados Unidos, Brasil y Argentina son los principales productores y exportadores de soja respondiendo especialmente a la demanda china, quien la utiliza en su mayoría para la alimentación animal (Baggiano, 2013).

En Argentina a partir de los años 70 protagonizó una fuerte expansión, que modificó profundamente la estructura de la producción agropecuaria y agroindustrial. La soja es el principal cultivo sembrado en nuestro país. La Argentina es el primer exportador mundial de aceites y de harinas de soja y el tercer exportador y productor mundial de grano, constituyendo esto la principal fuente de divisas para el país (Asociación de la Cadena de la Soja Argentina, 2016). La incorporación de superficie sembrada se dio con mayor intensidad a partir del 1996, con la introducción de la semilla genéticamente modificada resistente al glifosato asociada a la siembra directa, en la región pampeana como en la extrapampeana (Castillo, 2008). En la campaña 2014/2015 el área sembrada fue de veinte millones de hectáreas con un rendimiento promedio de 30 quintales por hectárea y una producción total de 60 millones de toneladas (Bolsa de Comercio de Rosario, 2016).

Uso de microorganismos para la producción de soja

En la actualidad la investigación acerca de microorganismos que ejercen efectos benéficos sobre el crecimiento de las plantas reviste gran interés. Estos estudios tienden a la formulación de nuevos productos biológicos que permiten mejorar el rendimiento de los cultivos, protegiendo su sanidad y minimizando el impacto ambiental que ocasiona el uso indiscriminado de agroquímicos y fertilizantes (Fabra *et al.*, 2007). El uso de inoculantes microbianos representa una alternativa adecuada como nueva tecnología tendiente a mejorar la productividad a largo plazo del sistema agropecuario y contribuyendo de manera

sustentable a la mayor demanda de alimentos como consecuencia del aumento global de la población humana (Maddonni *et al.*, 2003 a).

Las bacterias que benefician el crecimiento y desarrollo de las plantas son denominadas rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR, del inglés plant growth promotion rhizobacteria) y se definen como aquellas bacterias de vida libre de suelo, rizósfera, rizoplano, filósfera y simbióticas, que bajo ciertas condiciones son favorables para las plantas, ya sea mediante mecanismo de biocontrol o gracias a su actividad como bioestimuladores o biofertilizantes. Los diferentes mecanismos involucrados en dichos efectos pueden clasificarse en dos tipos: directos e indirectos. Dentro los primeros ocurren la generación de fitohormonas por rizobacterias o por algunos de los metabolitos producidos por estas, la fijación biológica del nitrógeno atmosférico, el uso más eficiente de fuentes de nitrógeno y la solubilización de fosfatos u otros nutrientes. La estimulación indirecta incluye una variedad de mecanismos por los cuales la bacteria inhibe la acción de fitopatógenos sobre el crecimiento y desarrollo de la planta, mediante antibiosis, producción y secreción de sideróforos, e inducción de resistencia sistémica adquirida. Ejemplos de PGPR son los géneros *Azospirillum*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* (Fabra *et al.*, 2007).

Las bacterias simbióticas, especialmente los rizobios han sido estudiados extensamente; el mecanismo primario mediante el cual estos promueven el crecimiento de las plantas es la fijación biológica del nitrógeno (FBN) (Fabra *et al.*, 2007). Esta incluye un proceso primario de infección y nodulación conducente a la formación de nódulos, estructura de la raíz donde se alojan las bacterias para efectuar la FBN a través de la nitrogenasa, enzima que cataliza la reducción del nitrógeno atmosférico (N_2) a amoníaco (NH_3) favoreciendo así el aporte de nitrógeno a las plantas (Maddonni *et al.*, 2003 b). Aunque para la planta la FBN es un proceso de elevado costo energético (Racca y Colino, 2005) este tipo de asociación es altamente benéfica para ambos miembros del par simbiótico ya que la bacteria fija N_2 y cede gran parte a la planta permitiendo su crecimiento. La planta, fija carbono por medio de la fotosíntesis y aporta gran cantidad de compuestos carbonados a la bacteria. Este tipo de simbiosis no sólo favorece significativamente al ciclo global del nitrógeno, sino que además permite mantener la fertilidad de los suelos incrementando la productividad de las plantas (Mateo-Box, 2005). Las leguminosas, como la soja, en simbiosis con el género *Rhizobium* cubren parte de sus necesidades nitrogenadas a partir de la FBN. La alta demanda de N, que es el nutriente más crítico para este cultivo es entre el 30 y el 94 % cubierta a partir de este proceso, gracias a la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum*. La producción y utilización de inoculantes para leguminosas ha evolucionado prácticamente a la par del crecimiento en la expansión del cultivo en la región (Hungria y Campo, 2004).

En los suelos de nuestro país no existían cepas de rizobios noduladores específicos de soja, mientras que en la actualidad los suelos con historia sojera, en donde se ha inoculado por años, presentan poblaciones alóctonas de rizobios que se manifiestan más competitivas y más resistentes al estrés pero menos eficientes en la FBN que las cepas introducidas mediante la técnica de inoculación en cada ciclo del cultivo, mostrándose así la importancia de inocular con cepas seleccionadas, además porque la semilla generalmente es acompañada también con fungicidas que comprometen la supervivencia de los rizobios disminuyendo su población (Ferraris *et al.*, 2016).

Sin embargo, no se puede generalizar el concepto de que todas las cepas naturalizadas en el suelo son ineficientes o han perdido atributos asociados a la fijación de nitrógeno (González, 2002).

Los valores de N fijado son bajos en los estados vegetativos hasta comienzos de floración. De allí en adelante se registra la mayor actividad. Las tasas máximas de fijación se sitúan entre los estados reproductivos R5-R6. Luego de esta etapa el proceso cae en forma abrupta. Los requerimientos de N hasta floración son cubiertos mayormente a partir de la oferta edáfica, mientras que los aportes por FBN son muy importantes durante la floración y el llenado de granos (Zapata *et al.*, 1987). Si no hay limitaciones ambientales, en numerosas experiencias se ha observado que en estados vegetativos V4-V5 las plantas cuentan con 10-12 nódulos/planta, ubicados en una mayoría en la parte superior de la raíz primaria, con un peso por planta superior a 80 (mg). En estado reproductivo R5-R6 la adecuada nodulación presenta 40-50 nódulos por planta, de los cuáles por lo menos 12 se encuentran en parte superior de la raíz primaria. El peso seco de nódulos por planta ideal ronda los 800 mg. La coloración interna de la mayoría de los nódulos es roja o rosada indicando FBN activa, en cambio los de color blanco son no fijadores. Cuando el nódulo se deteriora por senescencia natural o motivada por algún estrés y se finaliza la FBN, cambia de coloración interna y toma coloración verde por la presencia de leghemoglobina y en el estado final previo a la degradación es amarronado (Peticari, 2006). Para la soja en particular, ante condiciones no estresantes, los nódulos se ubican en la raíz primaria, mientras que en condiciones estresantes los nódulos se ubican en la raíz secundaria (Racca, 2008).

Los criterios básicos a considerar en el proceso de selección de cepas de rizobios son la capacidad para formar nódulos, (infectividad), para fijar N (efectividad), la sobrevivencia en las semillas y en el suelo, la adaptación o tolerancia a situaciones de estrés, la estabilidad genética. Garantizando así un alto suministro de N por la fijación de N₂ hacia la planta disminuyendo la extracción de N del suelo. Las cepas más eficientes son aquellas que tienen mayor cantidad de nódulos medianos y grandes, siendo rojos en su interior, ubicados en raíz

primaria y tienen rápida y prolongada fijación. En cambio, los rizobios menos eficientes tienen nódulos más pequeños, ubicados en raíces secundarias y tienden a paralizar la FBN en etapas más tempranas (anteriores a floración) presentando en esos casos nódulos de coloración verde. Los biotipos ineficientes no tienen presencia visible de leghemoglobina y son en su interior blancos desde etapas muy tempranas. Estos no realizan la FBN y son consideradas cepas parásitas (Peticari, 2006).

El establecimiento de la asociación rizobio-leguminosa y la actividad fijadora de nitrógeno de los nódulos son procesos considerablemente sensibles a todo tipo de estreses, generalmente, la simbiosis en sí es mucho más sensible a los factores ambientales, que la planta o las bacterias en forma individual (Bedmar *et al.*, 2014). Los factores ambientales (temperatura, acidez, humedad, salinidad, metales pesados y alta concentración de nitrato del suelo, entre otros) pueden disminuir el número de rizobios naturalizados o introducidos en el inoculante. Asimismo, el estrés biótico (causado por patógenos o plagas) también afecta la nodulación y condiciona la supervivencia de la planta (Camargo, 2012).

El sector productivo tiene un rol clave en la optimización de la inoculación de las leguminosas en su aplicación práctica. Se debe lograr que todas las semillas queden cubiertas con el inoculante. Debe controlarse parámetros de calidad como la concentración y fecha de vencimiento del producto. El proceso de inoculación preferiblemente debe realizarse a la sombra y a temperaturas moderadas, en lo posible inferiores a 25° C, y es conveniente efectuar la siembra lo más rápido que se pueda, en lo posible antes de las 12 horas de aplicado el producto. Cuando se le agrega agroquímicos es preferible que transcurra el menor tiempo desde la aplicación conjunta de inoculante y curasemilla a la siembra, en lo posible no más de 4 horas. En la fertilización conjunta con la siembra se debe evitar el contacto directo con las semillas inoculadas, ya que los fertilizantes al modificar el estado salino del suelo sobre el entorno de las semillas pueden provocar, dependiendo de la dosis y las condiciones de ambiente, una elevada mortandad de bacterias (Peticari, 2006).

Reducciones en 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 (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 fungicidas e insecticidas curasemillas sobre estas (Montero y Sagardoy, 2003, 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).

En los suelos con historia sojera (cepas naturalizadas) cerca del 80 % de los nódulos formados pertenece a las bacterias del suelo y un 20 % a las introducidas por el inoculante. Las cepas introducidas de *Bradyrhizobium japonicum* naturalizadas puede permanecer en el suelo más de 10 años, (se calcula en más de 30 años). Al cabo de 4 a 5 años luego de introducida, la cepa cambia tanto que es prácticamente diferente de la original. Sin embargo, el rizobio es poco móvil en el suelo y por lo tanto que se haya hecho un cultivo de soja en la campaña previa o por varios años (monocultivo) no nos asegura una nodulación temprana ya que la distribución no es homogénea y no toda la semilla estará en contacto con poblaciones de rizobios presentes en el suelo (Racca, 2008).

En más de 300 ensayos realizados y/o controlados por IMYZA y/o EEA INTA desde 1990 al 2006 en las distintas regiones cultivadas con soja, inoculando con cepas altamente eficientes y métodos de inoculación apropiados, se determinó una respuesta positiva promedio de la inoculación de 300 kg/ha, equivalentes al 11 % del rendimiento de los cultivos.

Con inoculante de buena calidad, una buena técnica de aplicación y el bajo costo de esta práctica siempre tiene sentido reinocular campos con historia sojera (Racca, 2008).

OBJETIVOS

Objetivo general

- Evaluar distintos inoculantes comerciales sobre la nodulación y producción del cultivo de soja en ensayos a campo.
- Integración en el ámbito profesional a través de la experiencia práctica de utilidad en la futura inserción laboral.

Objetivos específicos

- Determinar la viabilidad y el número de bacterias en diferentes inoculantes comerciales.
- Determinar el número y peso seco de nódulos de la raíz principal y de las raíces laterales en los distintos tratamientos en el estado fenológico de R2 (plena floración).
- Cuantificar el peso seco de la parte aérea y de la raíz en los distintos tratamientos en el estado fenológico de R2 (plena floración).
- Evaluar los componentes directos del rendimiento en el estado fenológico R8 (plena madurez).
- Determinación del contenido de nitrógeno en la parte aérea en el estado fenológico R2 (plena floración) y del grano en el estado fenológico R8 (plena madurez) por el método de Kjeldahl modificado.

Los objetivos específicos de determinar la viabilidad y el número de bacterias en diferentes inoculantes comerciales y determinación del contenido de nitrógeno en la parte aérea en el estado fenológico R2 (plena floración) y del grano en el estado fenológico R8 (plena madurez) por el método de Kjeldahl modificado; no han sido posible de llevarse a cabo en este trabajo debido a falta de materiales y financiamiento. Dichos objetivos fueron planteados inicialmente con la finalidad de obtener datos para un análisis más específico de los parámetros simbióticos (determinados por el peso seco y el número de nódulos en raíces principales y laterales) y profundo de los resultados productivos; aunque tal incumplimiento no impidió alcanzar los objetivos generales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción de la institución

La práctica profesional como trabajo final para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo se llevó a cabo a través de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Sur de Córdoba (AIASC), ubicada en Alberdi 1.354, Río Cuarto, Argentina con contacto: Tel. 0358-4649561, ingagronomos@aiascrc.org, www.aiascrc.org.

Sus autoridades desde este año (2017) al 2019 son como presidente Daniel Ulla y como Vicepresidente Francisco Demarchi.

En resumen, sobre su historia se puede decir que la AIASC se creó en el año 1971 como resultado de un grupo de emprendedores con la idea de representar a los técnicos de la zona, que en aquella época los ingenieros agrónomos eran muy pocos, e intentar efectuar sus matrículas realizando cursos de perfeccionamiento.

La primera sede de la AIASC fue el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Unas de las primeras actividades importante fue la realización de un Congreso de Pastoreo Rotativo.

Objetivos y Servicios:

El trabajo hacia adentro de la Asociación consiste en proyectos y actividades de formación e información para socios ingenieros agrónomos.

Por otro lado, como Asociación no exenta del medio que la rodea plantea vínculos con la Sociedad Rural de Río Cuarto, con la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), con la Secretaría de Agricultura de la provincia, con el Instituto Nacional Tecnología Agropecuaria, con el Colegio de Ingenieros Agrónomos de la provincia de Córdoba que los nuclea y con otros colegios de otras profesiones. Con la UNRC por ejemplo con los alumnos de los últimos años de la carrera de Ingeniería Agronómica, brinda la posibilidad de poder insertarlos en el medio laboral a través de becas, lugares de estudio, participación en ensayos a campo; beneficiando de esta manera a los futuros ingenieros con prácticas.

Otra actividad importante que se plantea es la difusión y la participación para lograr una mayor inserción en la sociedad de la profesión del ingeniero agrónomo y lograr que la AIASC no sea solamente un núcleo de los profesionales ingenieros, sino que incluso el productor pueda llegar a consultar, que se acerquen y participen. Por ello se llevan a cabo charlas, cursos, talleres para ingenieros agrónomos, estudiantes, productores y público en general afín a la temática sobre la cual se diserta (AIASCRC, 2017).

Caracterización del sitio experimental

El estudio se llevó a cabo durante la campaña agrícola 2015-2016 en el campo demostrativo de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Sur de Córdoba (AIASC) ubicado sobre la Ruta Nacional 36 entre la localidad Coronel Baigorria y Río Cuarto. ($32^{\circ}56'17.64''$ de latitud sur y $64^{\circ}21'29.17''$ de longitud oeste) (Google Earth Pro, 2017) (Figura 1).



Figura 1. Imagen satelital del campo demostrativo de la AIASC.

El clima de la región se trata de un clima templado con estación seca en invierno. En esta región se destacan las amplitudes térmicas elevadas considerando las máximas 45°C y mínimas -8°C absolutas observadas. El período lluvioso se extiende de octubre a marzo (580 mm), el cual representa el 80 % de las precipitaciones anuales. La evapotranspiración potencial supera los 850 mm anuales, causando la existencia de períodos con deficiencia de agua edáfica. Las heladas ocurren entre los meses de mayo y septiembre (Visor GeoINTA, 2017).

El paisaje es una planicie periserrana proximal, ondulada con limitante de erosión hídrica real; perteneciente a la región natural de la pampa loessica alta. El suelo sobre el cual se efectuó el ensayo corresponde a la serie Baigorria (Anexo 1) (Visor GeoINTA, 2017).

En el área experimental se realizó un análisis de suelo previo a la siembra (01-10-2015) en el cual se tomaron muestras de suelo de los primeros 20 centímetros de profundidad para analizar las propiedades físico-químicas del mismo midiendo los siguientes parámetros:

Nitrógeno: Extracción: Sulfato de Calcio

Método Analítico: Reducción del Cadmio (Lambert y Dubois, 1971).

Fósforo: Extracción: Extractante Bray P1 (Bray y Kurtz, 1945).

Método Analítico: Reducción del Ácido Ascórbico.

Azufre: Extracción: Fosfato de Calcio

Método Analítico: Turbidéz del Sulfato de Bario

Materia Orgánica: Método Analítico: Reducción del Dicromato de Potasio (Walkley Black, 1934).

Separación de las distintas fracciones: Método Granulométrico:

Materia Orgánica Total: Malla de 2 mm

Materia Orgánica Joven: Malla entre 2 y 0,05 mm

Materia Orgánica Vieja: Malla de 0,05 mm

Reacción de pH: pH (1:2,5 suelo/agua) (Mc Lean, 1982).

Se estimó un valor general de 1,30 (gr/cm³) de densidad aparente para realizar los cálculos.

Descripción de los tratamientos evaluados

Tratamiento 1: Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* Fitogenia, Bradyfix 200cm³/100kg de semilla y *Pseudomonas fluorescens* 250cm³/100kg de semilla.

Tratamiento 2: Testigo absoluto (sin ningún tipo de terapico de semillas y sin ningún tipo de inoculante)

Tratamiento 3: Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* Fitogenia, Bradyfix 200cm³/100kg de semilla, *Pseudomonas fluorescens* 250cm³/100kg de semilla y *Bacillus subtilis* 300cm³/100kg de semilla.

Tratamiento 4: Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* Nova, Bionova Premium + protector Nova, Bionova (adhesivos polivinílicos y derivados mono y polisacáridos) 600cm³/100 kg de semilla, tratado con terapico de semillas Nova, Options Advance (Carboxim 20% + Metil tiofanato 10% + Metalaxil 1,33%) 200cm³/100kg de semilla.

Tratamiento 5: Testigo de Nova tratado con terapico de semillas Options Advance (Carboxim 20% + Metil tiofanato 10% + Metalaxil 1,33%) 200 cm³/100kg de semilla.

Tratamiento 6: Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* Basf, Vault Rz (1X1010 UFC/ml) 75cm³/100kg de semilla, y *Bacillus subtilis* Basf, Robust (2X1010 UFC/ml) 9cm³/100kg de semilla + protector bioestimulante Basf, Extensión GE (nutrientes, vitaminas e hidratos de carbono) 58cm³/100kg de semilla, tratado con fungicida curasemilla Acronis (Metil tiofanato 45g + Pyraclostrobín 5g) 100cm³/100kg de semilla.

Tratamiento 7: Inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* Rizobacter, Bio-inductor Signum II 300cm³/100kg de semilla + coadyuvante Rizobacter, Rizo Oil M Plus (aceite vegetal, producido en base a soja) 100cm³/100kg de semilla, tratado con fungicida Rizobacter, Maxim Evolution (Fludioxonil 2,5g + Metalaxil 2,0g + Tiabendazol 15g) 100cm³/100kg de semilla.

Tratamiento 8: Testigo de Basf tratado con fungicida curasemilla Acronis (Metil tiofanato 45g + Pyraclostrobín 5g) 100cm³/100kg de semilla.

Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue de bloques al azar con tres repeticiones por cada tratamiento con submuestro, aunque los tratamientos no hayan sido aleatorizados dentro de los bloques por cuestiones operativas de la labor de siembra mecanizada (Figura 2).

T1B1R1	T2B1R3	T3B1R1	T4B1R3	T5B1R3	T6B1R2	T7B1R3	T8B1R1
T1B2R2	T2B2R2	T3B2R2	T4B2R1	T5B2R2	T6B2R1	T7B2R2	T8B2R2
T1B3R3	T2B3R1	T3B3R3	T4B3R2	T5B3R1	T6B3R3	T7B3R1	T8B3R3

Figura 2. Esquema de distribución de los tratamientos a campo en el ensayo de inoculación. Donde T son tratamientos, B bloques y R repeticiones.

La numeración de los tratamientos crecientemente en el ensayo es de norte a sur.

Las dimensiones del ensayo fueron las siguientes: la longitud de cada tratamiento fue de 200 metros; los tratamientos 2, 5 y 8 poseen 4 surcos de ancho y los restantes constan de 12 surcos cada uno de ancho, disposición de la AIASC, quedando los tratamientos testigos con 4 surcos, lo que significa 2,08 metros de ancho cada uno y los tratamientos con inoculantes con 12 surcos lo que significa 6,24 metros de ancho cada uno (los anchos se calculan con el distanciamiento entre hileras que se utilizó de 0,52 metros por la cantidad de surcos).

Labores

La preparación del terreno constó en un barbecho químico, con cultivo antecesor maíz y el sistema de labranza utilizado fue siembra directa con sembradora a placa. La fecha de siembra fue el 09 de diciembre del 2015 con la variedad de soja A 5009 RG de Nidera (Nidera Semillas, 2017) (Anexo 2). En cuanto a la densidad de siembra se utilizaron 20 semillas por cada metro lineal (380.000 semillas/ha), el espaciamiento entre hilera fue de

0,525 metros. La inoculación fue al momento de la siembra. Se efectuó una fertilización con 50 kg/ha fósforo monoamónico al costado, a la siembra. La cosecha para la estimación del rendimiento fue de forma manual el día 30 de abril del 2016, la cosecha del resto del lote fue de forma mecánica.

En cuanto a la protección del cultivo se llevaron a cabo las siguientes aplicaciones (Tabla 1):

Labor	Fecha	Principio activo	Dosis
Barbecho primer golpe	8/11/2015	Glifosato	2 l/ha
		2,4 D	1,2 l/ha
		Tensioactivo	0,05 l/ha
Barbecho segundo golpe	20/11/2015	Saflufenacil	35 g/ha
		Flumioxazin	120 cm ³ /ha
		Glifosato	1,75 l/ha
		Aceite de soja	1 l/ha
Posemerge ntes	20/12/2015	Haloxifop R Metil 12,5%	1 l/ha
		S-Metolacoloro	1,25 l/ha
		Aceite mineral	1 l/ha
Control de plagas	15/1/2016	Teflubenzuron	100 cm ³ /ha
Posemerge ntes y control de plagas		Glifosato	1,7 l/ha
		Lambdacialotrina	1,5 l/ha
		Coadyuvante	0,03 l/ha

Tabla 1. Protección de cultivo. Aplicaciones químicas.

Determinaciones realizadas

El procedimiento se realizó con todas las plantas presentes en 1m^2 (1,92 m lineales sobre la línea de siembra a razón del distanciamiento entre hilera de siembra que se utilizó de 0,52 m) realizándose 3 repeticiones en los surcos centrales de cada uno de los tratamientos para evitar el efecto borde.

En la etapa fenológica R2 (plena floración) el día 01-02-2016 se muestreo para determinar:

-Parámetros fisiológicos

Peso seco de la raíz y peso seco de la biomasa aérea por planta. Las muestras se secaron en estufa a $70\text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante, indicado en (g).

-Parámetros simbióticos

Número y peso seco de nódulos por planta; modelo de distribución espacial. Los nódulos se secaron en estufa a $70\text{ }^\circ\text{C}$ hasta peso constante, indicado en (mg).

En la etapa fenológica R8 (plena madurez) el día 30-04-201 se procedió de la misma manera en la recolección de las muestras para estimar:

-Rendimiento del cultivo expresado en (kg/ha) basado en los componentes del rendimiento de soja (Kantolic *et al.*, 2003) (Figura 3).

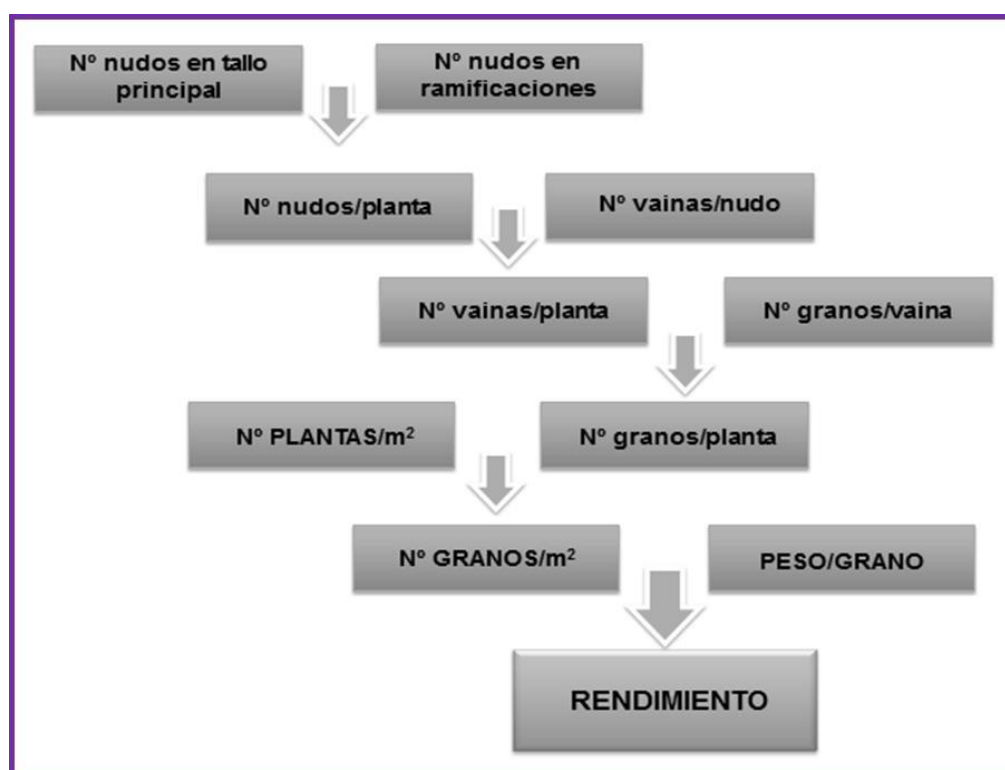


Figura 3. Componentes del rendimiento del cultivo de soja.

Modelo y análisis estadístico

Las variables determinadas se analizaron de acuerdo al siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} + \gamma_{ijk}$$

donde, μ = media general del ensayo; α_i = efecto del genotipo i ; β_j = efecto de la repetición j ; ε_{ij} = error experimental asociado a ij ; γ_{ijk} = error de muestreo asociado a ij .

Con los datos se realizó un análisis de la varianza (ANAVA) (Anexo 3) y la prueba de comparación de medias DGC (Anexo 4), con un nivel de significancia de 5% ($p=0,05$) empleando el Software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017) para dichos análisis estadísticos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Condiciones edáficas y climáticas de la campaña 2015-2016

En la tabla 2 se observan los resultados del análisis del suelo que se realizó previo a la siembra.

Identificación	Lote Soja
Profundidad (cm)	0-20
Reacción de pH	6,15
N-NO ₃ ⁻ (ppm)	8,00
N-NO ₃ ⁻ (kg/ha)	20,80
Materia Orgánica Total (%)	1,37
Materia Orgánica Joven (%)	0,138
Materia Orgánica Joven (tn/ha)	3,60
Fósforo Extractable (ppm)	15,48
S-SO ₄ ⁻² (ppm)	4,83
S-SO ₄ ⁻² (kg/ha)	12,56

Tabla 2. Propiedades físico-químicos del suelo del área experimental campaña (2015-2016).

Interpretación de los resultados:

Nitrógeno: Baja Fertilidad Actual

Materia Orgánica: Mediana Fertilidad Potencial

Fósforo: Medianamente Provisto

Azufre: Muy Poco Provisto

Reacción de pH: Ligeramente Acido

El pH óptimo del suelo para la mayoría de los cultivos es el que se encuentra entre 5,5 y 8,3 (Picone, 2014), el valor hallado en este ensayo se encuentra dentro del rango establecido.

Las propiedades físico-químicas detalladas anteriormente fueron favorables para el desarrollo del cultivo de soja en el suelo experimental.

En la figura 4 se muestran los registros climáticos, precipitaciones y temperaturas máximas, mínimas y medias diarias registradas para las campañas del cultivo de soja (2015-

2016). La temperatura media registrada fue $18,37 \pm 0,34$ °C. Las precipitaciones durante la campaña registraron 868,90 mm.

El cultivo de esta manera se desarrolló bajo condiciones climáticas favorables.

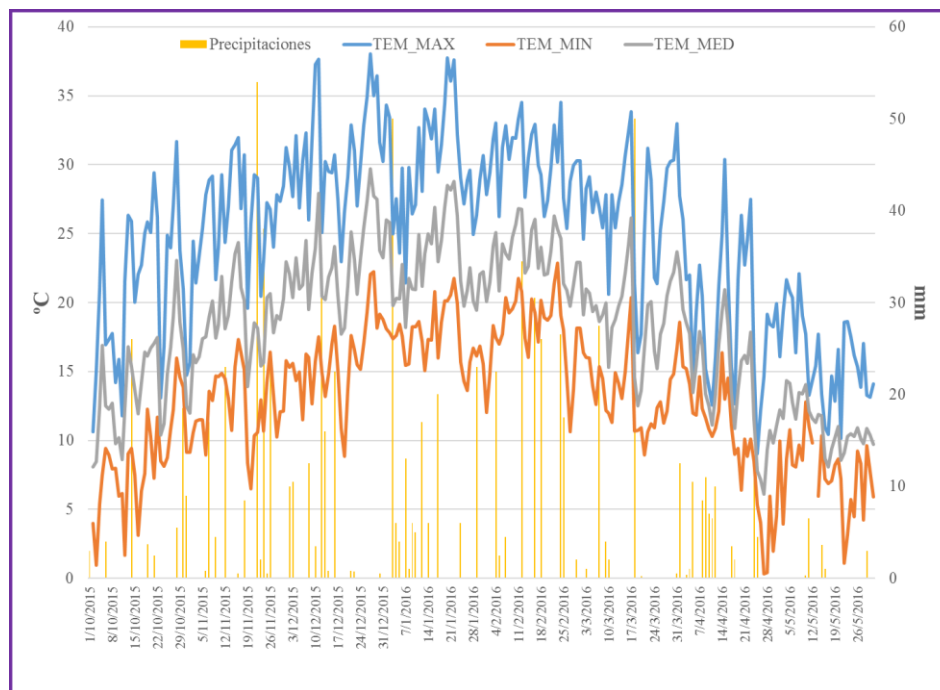


Figura 4. Precipitaciones, temperatura medias, máximas y mínimas diarias registrada en la campaña (2015-2016). Fuente: Servicios Agrometeorológicos, UNRC.

A continuación, se analizaron las variables evaluadas a través de gráficos realizados con las medidas de resumen calculadas con el Software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2017) (Anexo 5). En donde el color azul indica los tratamientos inoculados, T1 y T3; el gris, el testigo absoluto, T2; el color verde representa los tratamientos inoculados + terapico de semillas, T4, T6 y T7, y el rojo los tratados con terapico de semillas, T5 y T8.

Determinaciones en el estadio fenológico R2 (plena floración)

Número de nódulos en raíz principal: el resultado de esta variable no demuestra diferencia estadísticamente significativa, pero igualmente se puede observar en la figura 5 en promedio que todos los tratamientos inoculados mostraron mayor número de nódulos que los que no recibieron esta práctica (2,5,8). Los tratamientos 4, 6 y 7 que además de ser inoculados se les aplicó fungicida curasemilla formaron más número de nódulos que los tratamientos inoculados que no fueron tratados con fungicidas curasemillas (1 y 3). Se muestra que el tratamiento testigo absoluto (2) logro formar menor número de nódulos que todos los tratamientos inoculados evidenciándose así que las cepas naturalizadas no fueron infectivas en la raíz principal.

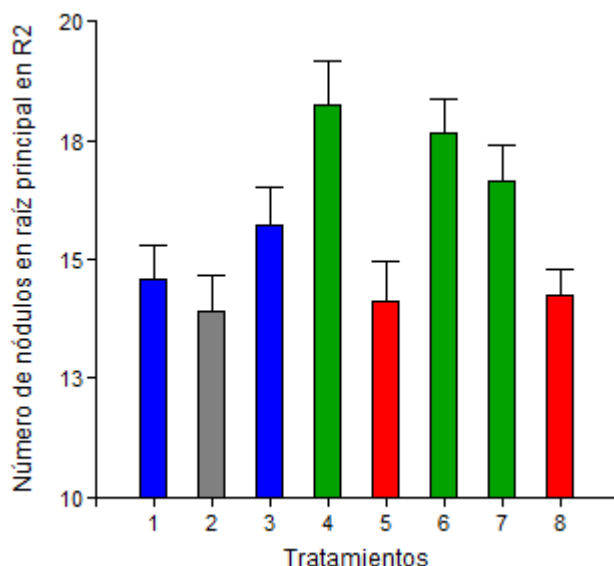


Figura 5. Número de nódulos en raíz principal.

Número de nódulos en raíces laterales: en el número de nódulos de las raíces laterales tampoco hay diferencia estadísticamente significativa, pero en este caso el resultado del tratamiento testigo muestra en la figura 6 un mayor número de nódulos con respecto a los demás. Pudiéndose decir así que las cepas naturalizadas serían infectivas en las raíces laterales, no siendo capaces de formar nódulos en la raíz principal en semillas no inoculadas. Cabe señalar que los tratamientos inoculados e inoculados y curados muestran mayor número de nódulos a excepción del T7 que los tratamientos T5 y T8 solo tratados con fungicidas curasemillas.

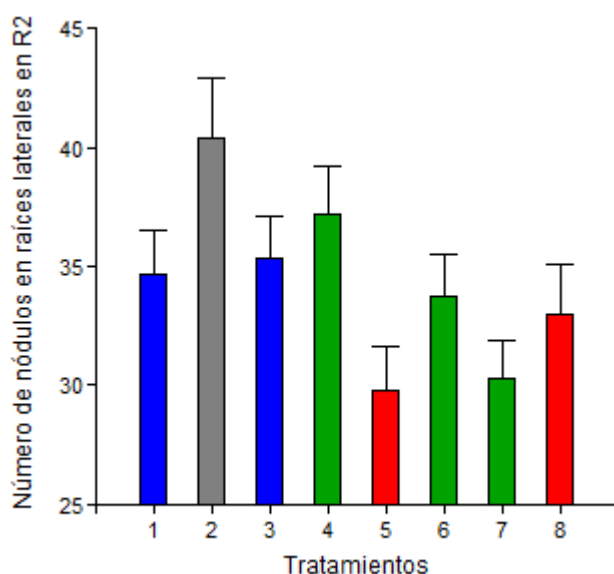


Figura 6. Número de nódulos en raíces laterales.

Peso seco de nódulos en raíz principal: no se comprueba diferencia estadísticamente significativa. Lo que se puede observar en promedio en la figura 7 que los tratamientos inoculados y curados lograron mayor peso de nódulos. En T5 y T8 las cepas naturalizadas no lograron ganar en peso de nódulos al igual que en número de nódulos en la raíz principal.

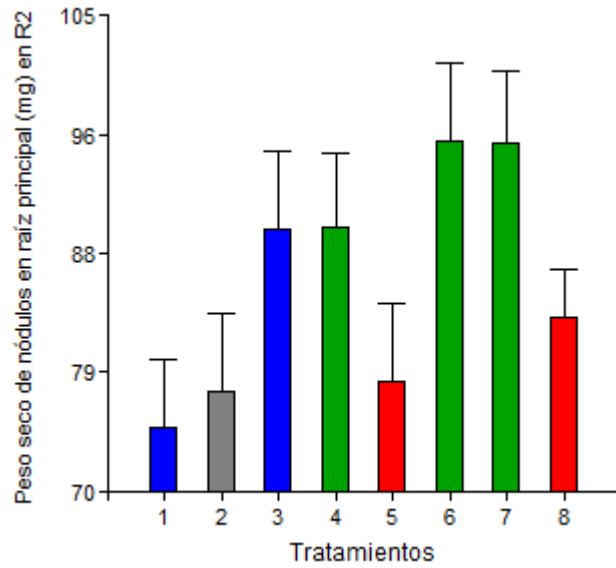


Figura 7. Peso seco de nódulos en raíz principal.

Peso seco de nódulos en raíces laterales: en esta variable no hay diferencia estadísticamente significativa. En las medias de la variable se observa en la figura 8 en el tratamiento 2 que es el testigo absoluto un mayor peso, nuevamente manifestando las cepas naturalizadas una alta eficiencia en las raíces laterales. No ocurrió lo mismo con las cepas naturalizadas en los tratamientos solo con terápico de semilla.

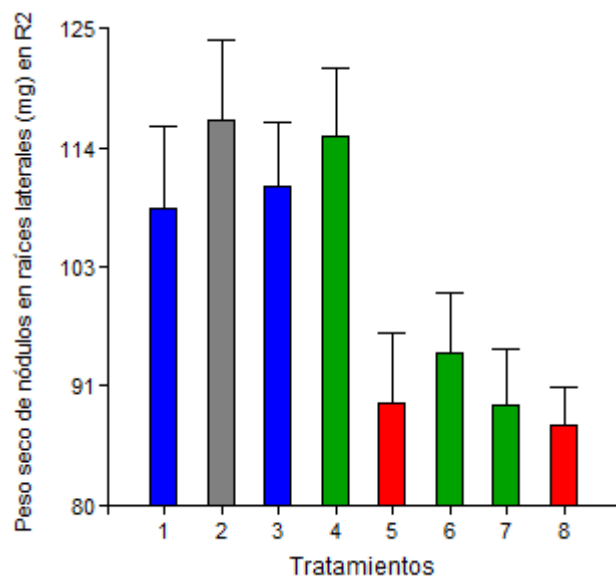


Figura 8. Peso seco de nódulos en raíces laterales.

Cabe destacar como lo cita Racca que las raíces laterales no son de mayor significancia, lo más importante es la capacidad de fijación de nódulos: a igual peso de nódulos, los de la raíz primaria fijan cerca de 10 veces más N que los situados en la raíz secundaria (Racca, 2008).

Peso seco de la raíz: no se comprueba diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos. En la figura 9 se ve que hubo diferencias entre las cepas naturalizadas con las introducidas por medio de los inoculantes, exceptuado el tratamiento 5 y 8 que sin inocular proporcionan valores bajos. Lo que se podría comentar es que el terápico de semillas utilizado afecto las cepas naturalizadas.

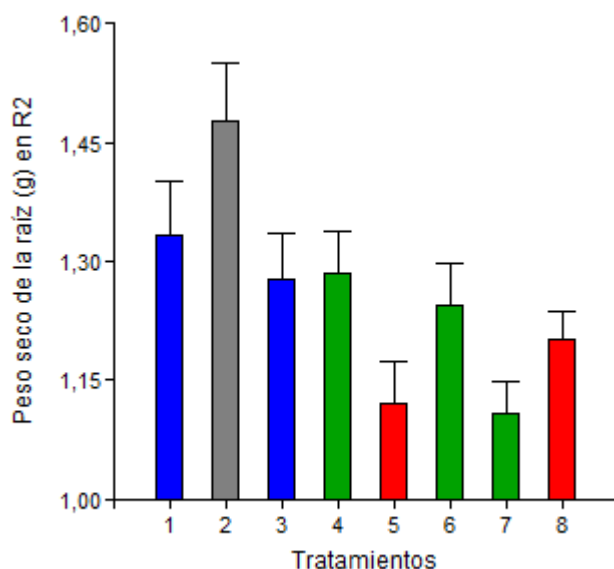


Figura 9. Peso seco de la raíz.

Peticari, 2006, explica que en compatibilidad con agroquímicos curasemillas (funguicidas e insecticidas) generalmente se menciona al principio activo como responsable del efecto nocivo sobre los rizobios, sin embargo, esto no siempre es así y se ha detectado que en la composición del formulado puede haber sustancias dañinas como por ejemplo colorantes, solventes, etc.

Peso seco de la biomasa aérea: no se evidenció diferencia estadísticamente significativa aquí. Se podría decir que la co-inoculación con *Pseudomonas fluorescens* en el tratamiento uno favoreció la producción de biomasa aérea (Figura 10).

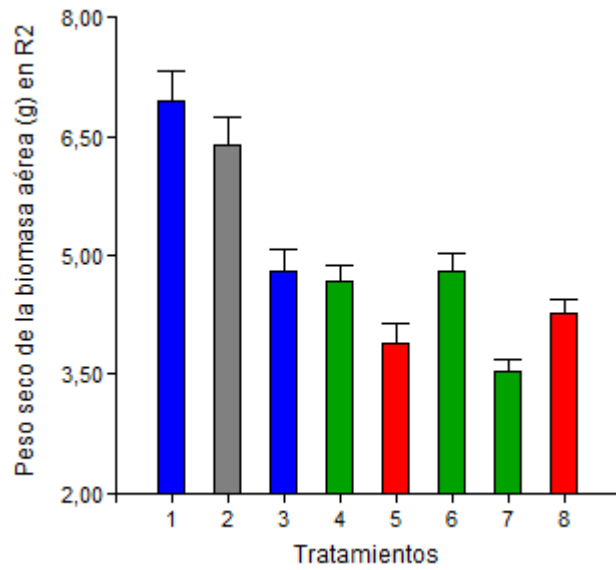


Figura 10. Peso seco de la biomasa aérea.

Plantas por unidad de superficie: en la figura 11 presentan más plantas por unidad de superficie aquellos tratamientos inoculados en general excepto en el caso del T1. En esta variable no se mostró diferencia estadísticamente significativa.

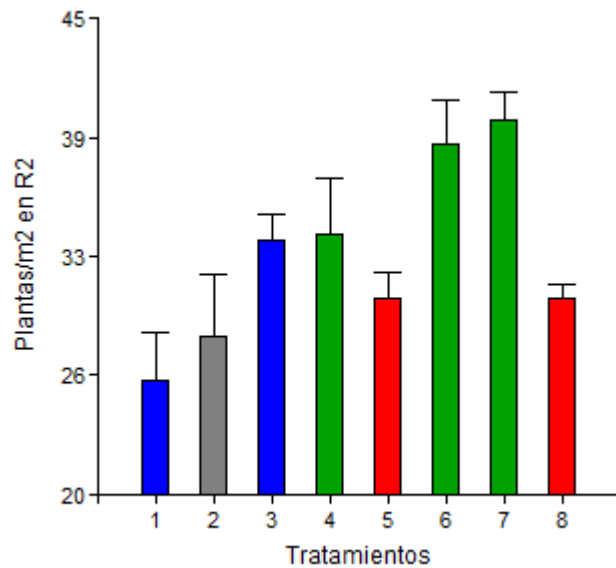


Figura 11. Plantas/m² en R2.

Determinaciones en el estadio fenológico R8 (plena madurez)

Número de granos: en la figura 12 se observa diferencias estadísticamente significativas en el tratamiento testigo en relación a los restantes tratamientos. Letras distintas indican diferencias significativas. Las cepas naturalizadas fueron más efectivas que las inoculadas, no así en donde se aplicó terapico de semillas.

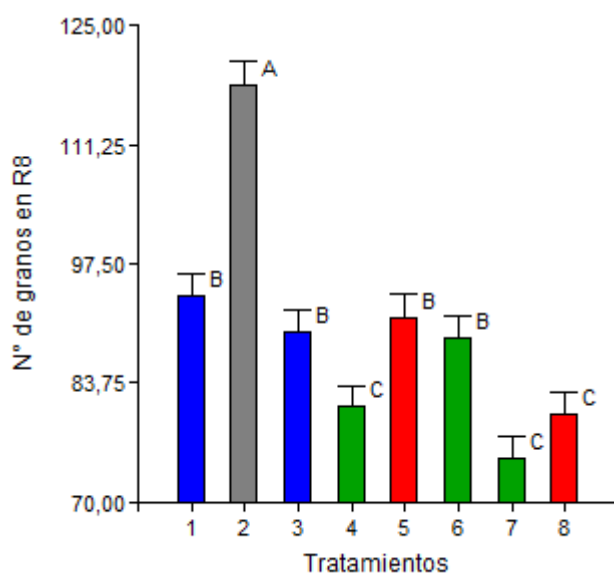


Figura 12. Número de granos.

Peso de mil granos: en esta variable evaluada no hubo diferencia estadísticamente significativa, de hecho, en la figura 13 se muestra muy contaste para todos los tratamientos debido a que es un componente más bien regulado genéticamente.

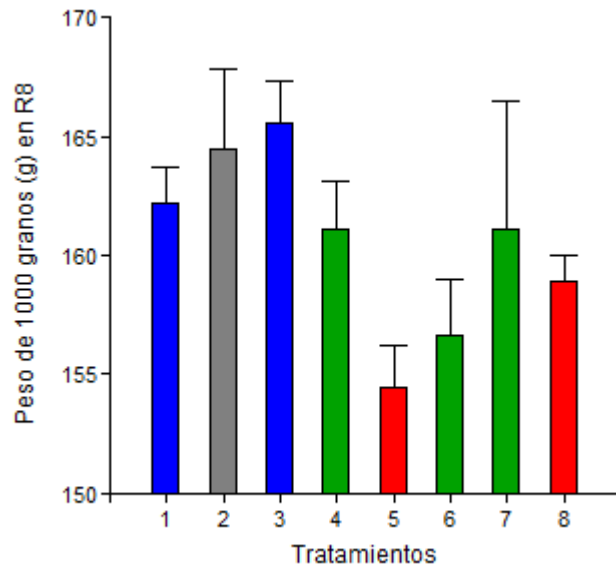


Figura 13. Peso de mil granos

Plantas por unidad de superficie: hay escasa diferencia tal que no alcanzó a ser estadísticamente significativa pero lo que es de destacar de la figura 14 que tanto en el estadio R2 y R8 el tratamiento testigo (2) logró un número de plantas bajo, pero logro alcanzar mayor rendimiento gracias a sus altos valores en los componentes de numero de grano.

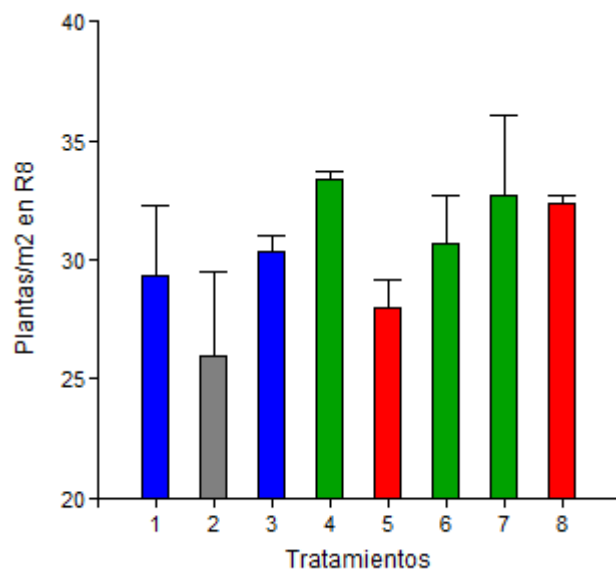


Figura 14. Plantas/m² en R8.

Rendimiento: Se determinaron diferencias en los rendimientos agrónomicamente relevantes, pero no alcanzaron la significancia estadística. El tratamiento testigo alcanzo el mayor rendimiento posicionándose por encima de los tratamientos inoculados (1 y 3) con un 11% sobre la media de estos, por encima de los inoculados y tratados con terapico de semilla (4,6 y 7), con un 17% arriba del rendimiento promedio de éstos y sobre los solo tratados con terapico de semilla (5 y 8) con un 20% superior al rinde promedio de estos últimos (Figura 15).

El lote donde se trabajó al pertenecer a un campo con historia sojera, de ensayos consecutivos puede que ocurra lo que cita Racca, 2008, que cerca del 80 % de los nódulos formados pertenece a las bacterias del suelo y un 20 % a las introducidas por el inoculante. Y por tal no se contempla el efecto de los inoculantes utilizados en los rendimientos.

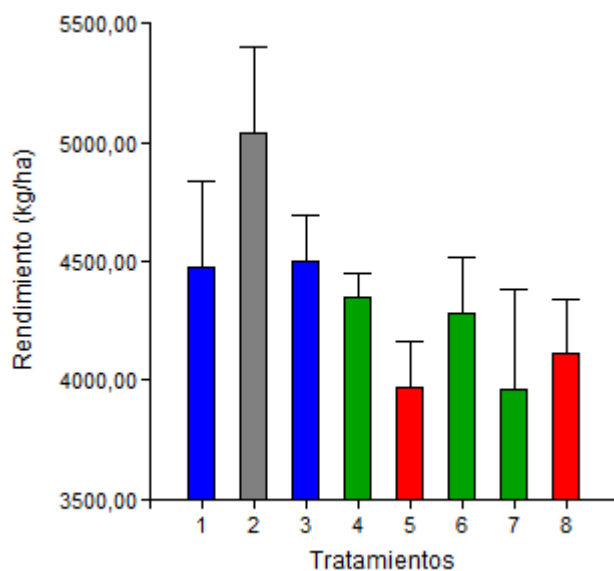


Figura 15. Rendimiento.

CONCLUSIONES

Para a campaña 2015- 2016 en el ensayo desarrollado se concluye que:

- La inoculación con los diferentes microorganismos afecta positivamente los parámetros simbióticos de la FBN en las raíces principales, evaluados en R2.

- Las cepas naturalizadas del suelo tuvieron buen comportamiento frente a las cepas introducidas en los parámetros simbióticos de la FBN en las raíces laterales y en el parámetro fisiológico peso seco de la raíz en R2.

- Las cepas naturalizadas no fueron efectivas y tampoco infectivas en los parámetros simbióticos de las raíces laterales en los tratamientos solo tratados con terapico de semillas y en los parámetros fisiológicos evaluados R2.

- Las cepas naturalizadas no afectadas por terapico de semillas fueron las encargadas de lograr el mayor rendimiento por encima de las cepas introducidas con inoculantes comerciales y tratadas con terapico de semillas.

- Esta práctica profesional permitió una integración dentro del medio laboral, adquiriendo experiencia en labores de siembra, inoculación, fertilización, monitoreo, relaciones con ingenieros agrónomos de distintas empresas y personal operario durante la realización del ensayo.

BIBLIOGRAFÍA

AIASCRC. 2017. Historia. Objetivos. Autoridades. Contacto. En: <http://www.aiascrc.org/>. Consultado: 08-2017.

Asociación de la Cadena de la Soja Argentina. 2016. Soja. En: <http://www.acsoja.org.ar/soja/>. Consultado: 15-05-2016.

BAGGIANO, M. A. 2013. Los 7 países productores de soja del mundo. En: <http://www.cartafinanciera.com/uncategorized/los-7-paises-productores-de-soja-del-mundo/>. Consultado: 15-05-2016.

BEDMAR, E., E. BUENO, D. CORREA, M. TORRES, M. DELGADO, y S. MESA. 2014. Ecology of Denitrification in Soils and Plant-Associated Bacteria. *Beneficial Plant Microbial Interactions*. p:164-182.

BIANCO, C., T. KRAUS y C. NÚÑEZ. 2007. *Botánica Agrícola*. 2^{da} ed. Ed. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.

Bolsa de Comercio Rosario. 2016. Soja. En: <http://www.bcr.com.ar/Pages/GEA/Default.aspx>. Consultado: 15-05-2016.

BRAY, R., Y L. KURTZ. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. *Soil Science* 59:9-45.

CAMARGO, D. 2012. *Efecto de la inoculación con rizobios en el crecimiento de Phaseolus vulgaris L.* Tesis de grado. Universidad del Táchira. Venezuela.

CASTILLO, P. R. 2008. *Expansión regional del cultivo de soja en Argentina*. Centro Interdisciplinario de Estudios Agrarios. Facultad de Ciencias Económicas. Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina.

Cultivos Oleaginosos [2055]. 2013. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina.

DI RIENZO J.A., F. CASANOVES, M. G. BALZARINI, L. GONZALEZ, M. TABLADA, C. W. ROBLEDO. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.

DRECCER, M. F., R. A. RUIZ, G. A. MADDONNI, E. H. SATORRE. 2003. *Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano*. En: Producción de

Granos Bases funcionales para su manejo. 1^{ra} Edición. Ed. Facultad Agronomía Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Cap.9. p: 482.

EMBRAPA. 2004. Tecnologías de Producao de Soja - Paraná 2005. Embrapa Soja. Sistemas de producao. p: 5, 227.

FABRA, A., T. TAURIAN, J. ANGELINI. 2007. *Los Rizobios: taxonomía, actividad promotora del crecimiento vegetal y mecanismos de infección en leguminosas*. En: De la Biología de Suelo a la Agricultura 1^{ra} Edición. Ed. Universidad Nacional de Río Cuarto, Río Cuarto, Argentina. Cap.5. p: 83 y 84.

FERRARIS, G. N., G. GONZÁLEZ ANTA, M. DÍAZ-ZORITA. 2016. Aportes actuales y futuros de tratamientos biológicos sobre la nutrición nitrogenada y producción de soja en el cono sur. En: <http://www.agro.uba.ar/noticias/files/u1/mercosoja/zoritaetal.pdf>. Consultado: 20-05-2016.

GONZÁLEZ, N. 2002. Algunos elementos de juicio para interpretar el fenómeno de la nodulación en soja. Publicación de las Jornadas de Cosecha Gruesa. INTA CIAM, Mar del Plata. p:4.

Google Earth Pro, 2017. Consultado: 08-2017.

HUNGRIA, M., R.J. CAMPO. 2004. Economical and environmental benefits of inoculation and biological nitrogen fixation with the soybean: situation in South America. In: Moscardi et al (eds), VII World Soybean Resarch Conference, Foz do Iguassu (PR, Brazil), Proceedings 488-498.

HUNGRIA, M., R.J. CAMPO, I.C. MENDES, P.H. GRAHAM. 2006. Contribution of biological nitrogen fixation to the nitrogen nutriton of grain crops in the tropics: the success of soybean (*Glycine max* L. Merrill) 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), 43-93.

KANTOLIC A. G., P. I. GIMÉNEZ, E. B. DE LA FUENTE. 2003. *Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja*. En: Producción de Granos Bases funcionales para su manejo. 1^{ra} Edición. Ed. Facultad Agronomía Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Cap.9. p: 167,168, 181 y 182.

LAMBERT, R., y R. DUBOIS. 1971. Spectrophotometric determination of nitrate in the presence of chloride. *International Journal of Analytical Chemistry* 43:955-957.

MADDONNI, G. A., R. A. RUIZ, P. VILARIÑO, I. GARCÍA DE SALOMONE. 2003 a. En: Producción de Granos Bases funcionales para su manejo. *Fertilización en los cultivos para granos*. 1^{ra} Edición. Ed. Facultad Agronomía Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Cap.19. p: 545 y 546.

MADDONNI, G. A., P. VILARIÑO, I. GARCÍA DE SALOMONE. 2003 b. En: Producción de Granos Bases funcionales para su manejo. *Dinámica de los nutrientes en el sistema suelo planta*. 1^{ra} Edición. Ed. Facultad Agronomía Universidad de Buenos Aires, Buenos Aires, Argentina. Cap.17. p: 464.

MATEO- BOX, J. 2005. *Prontuario de agricultura*, Madrid, Mundi Prensa. p:940.

MC LEAN, E. 1982. Soil pH and lime requirement. In *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Second Edition*. Page AL (ed) American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Publisher. Madison. Wisconsin, USA.

MONTERO, F.A., 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., 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.

Nidera Semillas. 2017. Semillas. Soja. Variedades. En: http://www.niderasemillas.com.ar/soja_interna.aspx?id=74#detalles. Consultado: 10-2017.

PERTICARI, A. 2006. IMYZA-INTA Proyecto Inocular. En:
<http://especiales.lanacion.com.ar/destacados/08/inoculacion/nota5.asp>
<http://www.lanacion.com.ar/832441-especial-inoculacion>. Consultado: 11-2017.

PICONE, L. 2014. El ambiente físico-químico del suelo relacionado con la fertilidad. Capítulo 1. Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos. (Echeverría, H., y García, F.). INTA ediciones. (Segunda Edición). Buenos Aires. Argentina. ISBN: 978-987-521-565-8. pp:31-51.

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

RACCA, R. W. 2008. Inoculación en soja: una herramienta fundamental para maximizar la productividad. INTA – IFIVE.

Visor GeoINTA. 2017. Suelos de Córdoba. En:
http://wms.geointa.inta.gob.ar/files_manfredi/clases_regiones/9_Pampa_Loessica_Alta.pdf y
http://wms.geointa.inta.gob.ar/files_manfredi/series/Serie%20BAIGORRIA.pdf.
Consultado: 10-1017.

WALKLEY, A. y I.A. BLACK. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.

ZAPATA, F., S. DANSO, S. HARDARSON, M. FRIED. 1987. Time course of nitrogen fixation in field-grown soybean using ¹⁵ nitrogen-methodology. Agron. J. 79: 173176.

ANEXOS

Anexo 1.

Serie BAIGORRIA

Símbolo: Bag

Haplustol udorthéntico franca gruesa, mixta, térmica

Índice de Productividad: 50

Capacidad de uso: IIIsc

Los suelos que corresponden a esta Serie son algo excesivamente drenados desarrollados a partir de sedimentos eólicos muy homogéneos de textura franco arenosa a arena franca fina en lomas suavemente onduladas en las proximidades de la localidad homónima. Presenta un horizonte A o capa arable de 25 cm de profundidad con estructura en bloques moderados a débiles, textura franco arenosa. Sigue en profundidad una transición (AC) que se extiende hasta 40 cm con estructura masiva tendencia a bloques. Continúa hacia abajo el material originario del suelo, con material calcáreo a 90 cm de profundidad. Los suelos de la Serie Baigorria presentan limitaciones moderadas derivadas esencialmente de su capacidad de retención de humedad y susceptibilidad a la erosión eólica y en menor medida climáticas generales para toda la región.

Descripción del perfil típico:

El perfil típico de esta Serie fue descrito a 4,2 Km al SO de la localidad de Coronel Baigorria, departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba.

A 0-25 cm; color en húmedo pardo grisáceo muy oscuro a pardo oscuro (10YR3/2,5); franco a franco arenoso; estructura en bloques subangulares medios moderados a débiles; friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; pH 6,7; raíces muy abundantes; límite inferior claro suave.

AC 25-40 cm; color en húmedo pardo amarillento oscuro (10YR3/4); franco arenoso a franco; masivo tendencia a bloques; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; pH 7; raíces comunes; límite inferior gradual suave.

C 40-92 cm; color en húmedo pardo a pardo oscuro (7,5YR4/4); franco arenoso; masivo; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; pH 7,4; vestigios de raíces; límite inferior abrupto, ondulado.

Ck 92 cm a +; color en húmedo pardo (7,5YR4,5/4); franco arenoso; masivo; muy friable en húmedo; no plástico; no adhesivo; pH 8,6; moderada a violenta reacción al CIH en la masa del suelo.

Datos analíticos Serie BAIGORRIA

Situación: Latitud: 32°52'34" S Longitud: 64°23'34" O Altitud: 583 m.s.n.m.

Horizonte	A	AC	C	C _k	
Profundidad de la muestra (cm)	0-25	25-40	40-92	92 a +	
Materia Orgánica (%)	2,06	0,86			
Carbono Orgánico (%)	1,2	0,5			
Nitrógeno total (%)	0,08				
Relación C/N	12,5				
Arcilla, <2 μ (%)	9,0	7,8	5,1	4,0	
Limo, 2-50 μ (%)	51,9	51,7	50,2	50,9	
Arena muy fina, 50-100 μ (%)	38,0	38,3	43,5	35,7	
Arena fina, 100-250 μ (%)	3,2	3,3	2,1	7,8	
Arena media, 250-500 μ (%)	0,1	0,0	0,0	0,0	
Arena gruesa, 500-1000 μ (%)	0,4	0,1	0,0	0,1	
Arena muy gruesa, 1-2 mm (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	
Carbonatos, CaCO ₃ (%)	0,0	0,0	0,0	3,8	
Equivalente de humedad (%)	15,2	12,7	12,4	6,6	
pH en pasta	6,4	6,8	7,2	8,4	
pH en agua (1:2,5)	6,7	7,0	7,4	8,6	
Cationes de intercambio, meq/100 gr:	Ca ⁺⁺	8,2	8,5	8,8	
	Mg ⁺⁺	1,2	0,9	1,7	
	Na ⁺	0,3	0,2	0,2	0,2
	K ⁺	2,1	1,8	1,4	0,9
H ⁺ de cambio (meq/100 gr)	1,4	1,1	0,7		
Sodio de intercambio, % (PSI)	2,3	1,6	1,6	2,5	
Suma de bases, meq/100 gr (S)	11,8	11,4	12,1		
Capacidad de intercambio catiónico, meq/100 gr (T)	13,2	12,5	12,8	7,9	
Saturación con bases, % (S/T)	89,4	91,2	94,5		

Anexo 2.

Ficha Nidera A 5009 RG

- Máxima capacidad compensatoria en ambientes heterogéneos
- Amplio período de llenado
- Excelente comportamiento a grano verde

Características

Grupo de madurez: V Corto

Días a floración (R1): 47

Días a maduración (R8): 151

Color de pubescencia: Castaño

Color de flor: Blanca

Peso de 1.000 granos (gr): 200 *

Comportamiento al vuelco: Moderado

Altura de planta (cm): 100

Hábito de crecimiento: Indeterminado

Plantas/m² a cosecha (siembras 1era a 52 cm): 26

Tipo de planta: Compacta ramificada

*Valor de referencia, el peso por mil puede variar en función de las condiciones durante el llenado de granos.

Perfil sanitario

Cancro del tallo: Resistente

Phytophthora sojae: Tolerante

Mancha ojo de rana: Moderadamente susceptible

Anexo 3.

Análisis de la varianza

Número de nódulos en raíz principal en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° de nódulos en RP en R2	780	0,05	0,03	48,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2184,73	9	242,75	4,13	<0,0001	
Tratamiento	2010,50	7	287,21	2,74	0,2929	(Bloque)
Bloque	209,31	2	104,66	1,78	0,1691	
Error	45230,21	770	58,74			
Total	47414,94	779				

Número de nódulos en raíces laterales en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° de nódulos en RL en R2	780	0,07	0,06	54,20

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	21105,02	9	2345,00	6,85	<0,0001	
Tratamiento	7990,82	7	1141,55	0,18	0,9660	(Bloque)
Bloque	13012,57	2	6506,28	19,00	<0,0001	
Error	263613,30	770	342,35			
Total	284718,32	779				

Peso seco de nódulos en raíz principal (mg) en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P.Seco de nódulos en RP (m..	780	0,02	0,01	62,06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	47389,56	9	5265,51	1,83	0,0592	
Tratamiento	46737,30	7	6676,76	17,79	0,0542	(Bloque)
Bloque	750,58	2	375,29	0,13	0,8776	
Error	2212740,50	770	2873,69			
Total	2260130,06	779				

Peso seco de nódulos en raíces laterales (mg) en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P.Seco de nódulos en RL(mg..	780	0,06	0,05	59,07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	177276,28	9	19697,36	5,57	<0,0001	
Tratamiento	100137,92	7	14305,42	0,37	0,8645	(Bloque)
Bloque	77134,12	2	38567,06	10,90	<0,0001	
Error	2725258,31	770	3539,30			
Total	2902534,60	779				

Peso seco de la raíz (g) en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso seco de la raíz (g) e..	780	0,05	0,04	42,87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	11,21	9	1,25	4,35	<0,0001	
Tratamiento	9,05	7	1,29	1,28	0,5060	(Bloque)
Bloque	2,02	2	1,01	3,53	0,0297	
Error	220,24	770	0,29			
Total	231,45	779				

Peso seco de la biomasa aérea (g) en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P.Seco de la biomasa aérea..	780	0,17	0,16	50,42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	950,58	9	105,62	17,95	<0,0001	
Tratamiento	845,20	7	120,74	2,69	0,2976	(Bloque)
Bloque	89,76	2	44,88	7,63	0,0005	
Error	4529,69	770	5,88			
Total	5480,27	779				

Plantas/m2 en R2

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas/m2 en R2	24	0,75	0,58	10,89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	514,58	9	57,18	4,56	0,0058	
Tratamiento	469,33	7	67,05	2,96	0,2754	(Bloque)
Bloque	45,25	2	22,63	1,81	0,2006	
Error	175,42	14	12,53			
Total	690,00	23				

Número de granos en R8

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° de granos en R8	728	0,06	0,05	51,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	101361,37	9	11262,37	5,39	<0,0001	
Tratamiento	100581,54	7	14368,79	24,25	0,0402	(Bloque)
Bloque	1185,23	2	592,62	0,28	0,7530	
Error	1499126,83	718	2087,92			
Total	1600488,20	727				

Peso de 1000 granos (g) en R8

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso de 1000 granos (g) en..	72	0,18	0,06	5,17

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	908,33	9	100,93	1,47	0,1809	
Tratamiento	888,89	7	126,98	13,06	0,0729	(Bloque)
Bloque	19,44	2	9,72	0,14	0,8686	
Error	4269,44	62	68,86			
Total	5177,78	71				

Plantas/m2 en R8

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas/m2 en R8	24	0,43	0,06	12,70

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	153,67	9	17,07	1,15	0,3924	
Tratamiento	131,33	7	18,76	1,68	0,4229	(Bloque)
Bloque	22,33	2	11,17	0,75	0,4892	
Error	207,67	14	14,83			
Total	361,33	23				

Rendimiento (kg/ha)

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg/ha	24	0,42	0,05	11,79

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2703902,56	9	300433,62	1,15	0,3939	
Tratamiento	2573274,78	7	367610,68	5,63	0,1591	(Bloque)
Bloque	130627,78	2	65313,89	0,25	0,7825	
Error	3662729,56	14	261623,54			
Total	6366632,11	23				

Anexo 4.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° de granos en R8	728	0,06	0,05	51,43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	101361,37	9	11262,37	5,39	<0,0001	
Tratamiento	100581,54	7	14368,79	24,25	0,0402	(Bloque)
Bloque	1185,23	2	592,62	0,28	0,7530	
Error	1499126,83	718	2087,92			
Total	1600488,20	727				

Test:DGC Alfa=0,05 PCALT=7,3748

Error: 592,6171 gl: 2

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
2	117,97	78	2,76	A
1	93,70	88	2,60	B
5	91,30	84	2,66	B
3	89,69	91	2,55	B
6	88,93	92	2,54	B
4	81,01	100	2,43	C
8	80,14	97	2,47	C
7	75,12	98	2,46	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Anexo 5.

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	Media	E.E.
1	N° de nódulos en RP en R2	14,58	0,72
1	N° de nódulos en RL en R2	34,71	1,82
1	P.Seco de nódulos en RP (m..	74,74	4,95
1	P.Seco de nódulos en RL(mg..	108,05	7,60
1	Peso seco de la raíz (g) e..	1,33	0,07
1	P.Seco de la biomasa aérea..	6,94	0,39
1	Plantas/m2 en R2	26,00	2,52
1	N° de granos en R8	93,81	5,58
1	Peso de 1000 granos (g) en..	162,22	1,47
1	Plantas/m2 en R8	29,33	2,91
1	Rendimiento kg/ha	4472,11	368,17
2	N° de nódulos en RP en R2	13,89	0,77
2	N° de nódulos en RL en R2	40,41	2,46
2	P.Seco de nódulos en RP (m..	77,36	5,73
2	P.Seco de nódulos en RL(mg..	116,26	7,69
2	Peso seco de la raíz (g) e..	1,48	0,07
2	P.Seco de la biomasa aérea..	6,38	0,36
2	Plantas/m2 en R2	28,33	3,18
2	N° de granos en R8	117,74	6,56
2	Peso de 1000 granos (g) en..	164,44	3,38
2	Plantas/m2 en R8	26,00	3,51
2	Rendimiento kg/ha	5035,60	366,09
3	N° de nódulos en RP en R2	15,71	0,82
3	N° de nódulos en RL en R2	35,35	1,72
3	P.Seco de nódulos en RP (m..	89,21	5,75
3	P.Seco de nódulos en RL(mg..	110,10	6,07
3	Peso seco de la raíz (g) e..	1,28	0,06
3	P.Seco de la biomasa aérea..	4,81	0,26
3	Plantas/m2 en R2	33,33	1,33
3	N° de granos en R8	89,69	4,33
3	Peso de 1000 granos (g) en..	165,56	1,76
3	Plantas/m2 en R8	30,33	0,67
3	Rendimiento kg/ha	4504,18	192,69
4	N° de nódulos en RP en R2	18,22	0,92
4	N° de nódulos en RL en R2	37,17	2,02
4	P.Seco de nódulos en RP (m..	89,37	5,46
4	P.Seco de nódulos en RL(mg..	114,84	6,40
4	Peso seco de la raíz (g) e..	1,28	0,05
4	P.Seco de la biomasa aérea..	4,67	0,21
4	Plantas/m2 en R2	33,67	2,96
4	N° de granos en R8	81,03	3,89
4	Peso de 1000 granos (g) en..	161,11	2,00
4	Plantas/m2 en R8	33,33	0,33
4	Rendimiento kg/ha	4350,88	96,27
5	N° de nódulos en RP en R2	14,10	0,84
5	N° de nódulos en RL en R2	29,77	1,91
5	P.Seco de nódulos en RP (m..	78,05	5,76
5	P.Seco de nódulos en RL(mg..	89,71	6,62
5	Peso seco de la raíz (g) e..	1,12	0,05
5	P.Seco de la biomasa aérea..	3,89	0,24
5	Plantas/m2 en R2	30,33	1,33
5	N° de granos en R8	91,23	5,79
5	Peso de 1000 granos (g) en..	154,44	1,76
5	Plantas/m2 en R8	28,00	1,15
5	Rendimiento kg/ha	3970,74	193,67
6	N° de nódulos en RP en R2	17,64	0,73

6	N° de nódulos en RL en R2	33,76	1,74
6	P.Seco de nódulos en RP (m..	95,73	5,69
6	P.Seco de nódulos en RL(mg..	94,45	5,55
6	Peso seco de la raíz (g) e..	1,24	0,05
6	P.Seco de la biomasa aérea..	4,80	0,21
6	Plantas/m2 en R2	38,33	2,33
6	N° de granos en R8	89,00	4,23
6	Peso de 1000 granos (g) en..	156,67	2,36
6	Plantas/m2 en R8	30,67	2,03
6	Rendimiento kg/ha	4278,62	241,69
7	N° de nódulos en RP en R2	16,64	0,74
7	N° de nódulos en RL en R2	30,28	1,61
7	P.Seco de nódulos en RP (m..	95,54	5,41
7	P.Seco de nódulos en RL(mg..	89,46	5,20
7	Peso seco de la raíz (g) e..	1,11	0,04
7	P.Seco de la biomasa aérea..	3,54	0,16
7	Plantas/m2 en R2	39,67	1,45
7	N° de granos en R8	74,98	3,95
7	Peso de 1000 granos (g) en..	161,11	5,39
7	Plantas/m2 en R8	32,67	3,38
7	Rendimiento kg/ha	3966,33	414,54
8	N° de nódulos en RP en R2	14,24	0,55
8	N° de nódulos en RL en R2	32,99	2,13
8	P.Seco de nódulos en RP (m..	82,86	3,42
8	P.Seco de nódulos en RL(mg..	87,52	3,68
8	Peso seco de la raíz (g) e..	1,20	0,04
8	P.Seco de la biomasa aérea..	4,26	0,18
8	Plantas/m2 en R2	30,33	0,67
8	N° de granos en R8	80,12	4,24
8	Peso de 1000 granos (g) en..	158,89	1,11
8	Plantas/m2 en R8	32,33	0,33
8	Rendimiento kg/ha	4117,06	220,23