



UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final Presentado para Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

Modalidad Trabajo Final

USO DE INOCULANTE EN BASE A ENDOMYCORRIZA EN EL
CULTIVO DE SOJA EN COMBINACIÓN CON FERTILIZACIÓN
FOSFATADA

Sgarlatta, José Emmanuel

DNI: 33180373

Director: Ing. Agr. MSc. Caminos, Teresa

Co-Director: Ing. Agr. MSc. Espósito, Gabriel Pablo

Río Cuarto – Córdoba

Mayo de 2014

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final: “USO DE INOCULANTE EN BASE A ENDOMYCORRIZA
EN EL CULTIVO DE SOJA EN COMBINACIÓN CON FERTILIZACIÓN
FOSFATADA”**

Autor: Sgarlatta, José Emmanuel

DNI: 33180373

Director: Ing. Agr. MSc. Caminos, Teresa

Co-Director: Ing. Agr. MSc. Espósito, Gabriel Pablo

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

Ing. Agr. MSc. Caminos, Teresa _____

Ing. Agr. Giayetto, Oscar _____

Dra. Thuar, Alicia María _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Med. Vet. BÉRGAMO, ENRIQUE
Secretario Académico
Facultad de Agronomía y Veterinaria

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer profundamente a mis padres Ana y José, a mi hermana Romina quienes fueron el eje fundamental durante el desarrollo de toda mi carrera. A mi novia Macarena por su apoyo incondicional e inquebrantable.

A mis amigos de toda la vida, que estuvieron presentes y fueron cómplices de este camino. A las nuevas amistades realizadas durante este periodo, que junto con el conocimiento adquirido es lo más valioso que me llevo en estos años.

A la Universidad Nacional de Rio Cuarto, que me brindó la posibilidad de formarme profesionalmente.

A los Ing Agr. Teresa Caminos, Gabriel Espósito, Guillermo Balboa, Carlos Castillo y Ricardo Balboa, que me asesoraron y acompañaron en el presente trabajo para que el mismo alcance un buen desempeño.

Devolución al Ing Agr. Oscar Giayetto y la Dra. Alicia Thuar por su labor en la corrección del trabajo de tesis.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	VIII
SUMMARY	IX
I - INTRODUCCIÓN	1
1 - Hipótesis	7
2 - Objetivos Generales	7
3 - Objetivos Específicos	7
II - MATERIALES Y MÉTODOS	8
1 - Descripción del Ensayo Experimental	8
2 - Observaciones y Mediciones	9
A - A nivel del suelo	9
B - A nivel del cultivo	9
Fenología del cultivo	9
Intercepción de la radiación.....	9
Producción de materia seca.....	9
Eficiencia del uso de la radiación	9
Rendimiento.....	10
C – Balance de Nutrientes	10
D – Análisis Costo/Beneficio	13
3 – Análisis de Datos	13
III - RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
1 - Descripción meteorológica de la campaña 2010/11 para los sitios de los ensayos	14
2 – Análisis de Suelo	15
3 – Fenología del Cultivo	16
4 – Rendimiento y Componentes Directos	17
5 – Intercepción de la Radiación	21
6 – Eficiencia del Uso de la Radiación	24

7 – Producción de Materia Seca.....	25
8 – Balance de Nutrientes	27
9 – Análisis Costo/Beneficio.....	29
IV – CONCLUSIÓN	32
V – BIBLIOGRAFÍA	33
ANEXO I.....	40
ANEXO II	41
ANEXO III.....	42
ANEXO IV	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Esquema de balance de nutrientes del suelo en cultivo de soja.....	10
Figura 2: Precipitaciones para el ciclo del cultivo en ambos sitios experimentales	14
Figura 3: Temperaturas máximas y mínimas campaña 2010/11 y normal para el área de estudio.....	15

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de suelo en La Petaca.....	16
Tabla 2. Análisis de suelo en Carolina.....	16
Tabla 3. Estadío fenológico y fecha de ocurrencia de los mismos para el cultivo de soja, La Petaca y Carolina (Córdoba)	17
Tabla 4. Rendimiento y componentes directos. La Petaca	18
Tabla 5. Rendimiento y componentes directos. Carolina	20
Tabla 6. Intercepción de la radiación. La Petaca	22
Tabla 7. Intercepción de la radiación. Carolina	23
Tabla 8. Eficiencia del uso de la radiación. La Petaca	24
Tabla 9. Eficiencia del uso de la radiación. Carolina.....	24
Tabla 10. Materia Seca. La Petaca	25
Tabla 11. Materia Seca. Carolina	26

Tabla 12. Balance nutricional "Inoculante A + 50 FDA". La Petaca.....	27
Tabla 13. Balance nutricional "Inoculante B + 50 FDA". La Petaca.....	27
Tabla 14. Balance nutricional "Inoculante A". La Petaca	27
Tabla 15. Balance nutricional "Inoculante B". La Petaca	28
Tabla 16. Balance nutricional "Inoculante B". Carolina	28
Tabla 17. Balance nutricional "Inoculante B + 50 FDA". Carolina.....	28
Tabla 18. Balance nutricional "Inoculante A + 50 FDA". Carolina.....	28
Tabla 19. Balance nutricional "Inoculante A". Carolina	29
Tabla 20. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A + 50 FDA. La Petaca	42
Tabla 21. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B + 50 FDA. La Petaca.....	42
Tabla 22. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A. La Petaca.....	42
Tabla 23. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B. La Petaca	43
Tabla 24. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B. Carolina	43
Tabla 25. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B + 50 FDA. Carolina	43
Tabla 26. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A + 50 FDA. Carolina	44
Tabla 27. Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A. Carolina.....	44
Tabla 28. Aporte de N por FBN.....	44
Tabla 29. Entrada Total de N en el ciclo del cultivo	45

RESUMEN

En los últimos 20 años, el escenario agrícola de Argentina ha experimentado profundas transformaciones estructurales, las cuales han expuesto al ambiente a diferentes amenazas. El cultivo de soja ha contribuido a esto de manera indeseada. Es por ello que el mantenimiento de la fertilidad de los suelos es el requisito más importante para el aumento de la producción agrícola. Además de la fertilización, una forma directa de hacerlo, es a través del uso de inoculantes biológicos incorporados en el tratamiento a las semillas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta a la fertilización biológica con Endomicorriza arbuscular y PGPR en la producción de biomasa y de granos, en el cultivo de soja, con y sin fertilización fosfatada y en dos ambientes con diferentes niveles de fósforo, en el Sur de la Provincia de Córdoba. Para ello se realizó un estudio en dos suelos ubicados en las cercanías de San Basilio durante la campaña 2010/2011. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones, donde en cada sitio experimental se evaluaron los siguientes tratamientos: “Inoculante A” (inoculación con *Bradyrhizobium japonicum*), “Inoculante B” (compuesto de *Bradyrhizobium japonicum*, endomicorriza arbuscular, hormonas vegetales, bacterias nitrificantes y PGPR), “Inoculante A + 50 kg ha⁻¹ Fosfato Diamónico (FDA)” e “Inoculante B + 50 Kg ha⁻¹ FDA”. Se evaluó la intercepción de la radiación en los estadíos R1, R3 y R6, se calculó la eficiencia en el uso de la radiación y la producción de materia seca durante R3 y R6, se cuantificó el rendimiento y sus componentes directos, se llevó a cabo un balance de nutrientes y un análisis costo/beneficio de la utilización del inoculante. No se pudo establecer una relación entre captura de la radiación durante el período de definición del rendimiento con un mayor número de granos, no existiendo diferencias entre tratamientos. En cuanto al rendimiento y sus componentes directos, el uso de compuestos de endomicorriza arbuscular y PGPR en combinación con la fertilización fosfatada incrementa el rendimiento de soja, dependiendo de la disponibilidad inicial de fósforo en el suelo. El balance nutricional es negativo en ambos establecimientos. La dosis de fertilizante utilizada y/o la inoculación con los diferentes microorganismos, no alcanzan a suplir los requerimientos del cultivo. Al realizar un análisis costo/beneficio se concluye que es factible, económicamente hablando, la utilización de endomicorrizas y pgpr, principalmente en suelos con bajos niveles de P disponible.

Palabras claves: Micorriza - Fósforo - Radiación – Rendimiento - Soja

SUMMARY

In the last 20 years, the agricultural scene of Argentina has experienced deep structural transformations, which have exposed to the environment to different threats. The cultivation of soybean has contributed to this in an unwanted way. Due to this fact the maintenance of the fertility of the soils is the most important requirement for the increase of the agricultural production. Apart from fertilization, a direct way of doing it, is through the use of biological inoculants incorporated as treatments of seeds. The aim of the present study was to evaluate the response to the biological fertilization with arbuscular endomycorrhiza and PGPR in biomass and grain production, in the cultivation of soybean, with and without phosphated fertilization, in two environments with different levels of phosphorus, in the South of Cordoba. A study has been made for this purpose in two soils located near San Basilio during the campaign 2010/2011. An experimental design of random blocks was used, with four repetitions, and in every experimental site, the following treatments were evaluated "Inoculant A" (inoculation by *Bradyrhizobium japonicum*), "Inoculant B" (compound of *Bradyrhizobium japonicum*, endomycorrhiza arbuscular, vegetable hormones, nitrificant bacterias and PGPR) ", "Inoculant A + 50 kg ha⁻¹ Diamonic Phosphate (DAF) " and "Inoculant B + 50 Kg ha⁻¹ DAF ". The interception of the radiation in R1, R3 and R6 stages, the efficiency of the use of the radiation and the production of dried matter during R3 and R6 were evaluated, the crop yield and its direct components were quantified, a nutritional balance and a cost/benefit analysis of the use of inoculant was performed. It was not possible to establish a relationship between the capture of radiation during the period of definition of the crop yield with a larger number of grains, and there were no differences between the two treatments. Regarding the crop yield and its direct components, the use of arbuscular endomycorrhiza compounds and PGPR in combination with the phosphated fertilization increases soybean yields, depending on the initial availability of phosphorus in the soil. Nutritional balance is negative in both experimental sites. The fertilizer dose used and/or the inoculation with different microorganisms are not enough to meet the requirements of the crop. A cost/benefit analysis it is concluded that it is feasible, economically speaking, the use of endomycorrhizas and pgpr, mainly in soils with low levels of available P.

Key Words: Mycorrhiza - Phosphorus - Radiation – Crop yield – Soybean

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años, el escenario agrícola de Argentina ha experimentado profundas transformaciones estructurales, que involucran cambios de magnitud en el paisaje y en las tecnologías de los cultivos. Desde el punto de vista ecológico, estas transformaciones han expuesto a los sistemas a amenazas, entre las que se destacan la reducción de la superficie praderizada en grandes áreas de las regiones más productivas, la reducción de la productividad de materia seca ($\text{Carbono ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$) y el empobrecimiento de los suelos (Satorre, 2003).

El cultivo de soja ha contribuido a dichas transformaciones y consecuentes amenazas, las cuales no han sido deseadas. La producción de esta oleaginosa ha crecido en forma significativa en los últimos años, avalado por la buena adaptación a las diferentes regiones agroecológicas, por el destacado desarrollo varietal, por la incorporación de alta tecnología y por los menores costos de producción en relación con otras actividades agrícola-ganaderas (Rossi, 2008).

Debido a dichas características, este cultivo es el de mayor superficie implantada en el país. Para la campaña 2012/2013, la superficie estimada a cubrir con soja sería de más de 19 millones de hectáreas, con lo cual podría superar ligeramente a la campaña predecesora y marcaría un nuevo récord (SIIA, 2012).

La soja representa el 91% de la producción de semillas de oleaginosas y el 45% del total de granos obtenidos en Argentina. De ello, el 96% se destina a la exportación como materia prima o como productos elaborados, siendo una importante fuente de ingreso de divisas al país. En la década del '90 el ingreso de divisas por el complejo de soja fue del 16% del total de las ventas externas, mientras que en el período 2002-2005 esta cifra ascendió al 21% (Bergero, 2006). Actualmente la soja aporta alrededor de 25.000 millones de dólares anuales a la economía Argentina.

A pesar de los importantes ingresos que se obtienen con esta oleaginosa, es necesario tener en cuenta los problemas que acarrea el monocultivo de la misma (o de cualquier otra especie cultivada), originando desequilibrios agro-ecológicos, tales como una mayor presión de plagas y enfermedades, cambios en la población de malezas, un mayor riesgo por contaminación con plaguicidas, y la pérdida de la capacidad productiva de los suelos (Picolotti, 2010). De acuerdo con esto, el mantenimiento de la fertilidad de los mismos es el requisito más importante para el aumento de la producción agrícola.

Es conocido que la soja es el cultivo que más altos índices de cosecha tiene entre los cultivos agrícolas y particularmente de fósforo (Berardo, 2000; Diaz Zorita *et al.*, 2000) lo que produjo las alarmantes disminuciones de los niveles de fósforo extractable del suelo que se registró en todo el país (Darwich, 1980; Tasi, 2000; Fontanetto y Keller, 2005).

En Argentina, a pesar que el consumo de fertilizantes ha aumentado considerablemente en los últimos diez años, las dosis que se utilizan actualmente no son suficientes para cubrir las necesidades del cultivo durante su ciclo. Es clave destacar que por cada 130 kg ha⁻¹ de nitrógeno extraídos del suelo sólo se reponen 40, de cada 40 kg ha⁻¹ de fósforo que se exportan, se reponen 20, y más drástica aún es la relación para el potasio, ya que cada 80 kg ha⁻¹ exportados sólo se reponen 2 (Darwich, 2004).

El 40% del área sembrada con soja recibe fertilizantes, y las dosis promedio cubren solamente un 31-32% de las necesidades para reponer las extracciones de nitrógeno, fósforo y azufre en granos, generando de esta manera importantes desbalances nutricionales (García, 2005).

El nitrógeno (N) es el elemento que presenta mayor demanda por parte del cultivo de soja. El rendimiento de esta especie se relaciona de manera positiva con la absorción de N por la planta. La soja cubre sus requerimientos de N a través de la fijación biológica del nitrógeno (FBN) atmosférico, de la absorción del N inorgánico del suelo y, eventualmente, del aportado mediante fertilizantes. Si bien durante las primeras etapas del ciclo del cultivo, el N proveniente del suelo es la principal vía de abastecimiento, poco tiempo después la FBN se convierte en la mayor fuente de provisión al sistema, motivo por el cual este proceso debe ser optimizado (Ferraris y Couretot, 2009).

Aunque la FBN alcanzaría a cubrir un 50 a 60 % de la demanda total, resulta todavía insuficiente para cubrir la demanda de N por parte del cultivo. El aporte vía FBN en soja no siempre resulta en un balance positivo de N para el suelo. Para producir un rendimiento de 4000 kg/ha, la soja debe absorber 320 kg ha⁻¹ de N de los cuales exporta aproximadamente 240 kg ha⁻¹ de N. Si se considera un aporte de 50% del N total acumulado vía fijación simbiótica, es decir 160 kg ha⁻¹ de N, la extracción neta de N del suelo (suministrado por el N disponible a la siembra y/o mineralizado a partir de la fracción orgánica) sería de 80 kg ha⁻¹ de N. De todas formas, es importante aclarar que, dichos datos son dependientes del rendimiento objetivo.

El fósforo (P) es otro de los nutrientes más demandados por el cultivo de soja. La respuesta del cultivo a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también es afectada por combinaciones entre los factores del suelo, del cultivo y del manejo del fertilizante. Entre los factores del suelo, se destacan textura, temperatura, contenido de materia orgánica, microorganismos presentes y pH; mientras que entre los del cultivo deben mencionarse los requerimientos y el nivel de rendimiento, finalmente los factores de manejo de la nutrición fosforada se asocian principalmente a la selección de la fuente a emplear, y al momento y forma de aplicar estos fertilizantes (García, 2000).

La soja se caracteriza por presentar niveles críticos de P en suelo, por debajo de los cuales se observan respuestas significativas a la fertilización, menores a los de otros cultivos tales como alfalfa, trigo y maíz. La adecuada nutrición fosfatada del cultivo resulta en mayor

crecimiento y desarrollo del cultivo, maduración temprana y mayor desarrollo de nódulos y, por lo tanto, una mayor tasa de fijación de N atmosférico (Díaz Zorita *et al.*, 2000).

Los suelos de la región pampeana presentan deficiencias de P como resultado de la baja disponibilidad nativa y/o de la baja reposición vía fertilizantes o abonos orgánicos. El P disponible en los primeros 20 cm del suelo representa la información más precisa para identificar su deficiencia y así poder optar eventualmente por una fertilización (Maddonna *et al.*, 2004). Melgar *et al.* (1995) recopilaron la información de 65 ensayos realizados en el país y encontraron un 70% de probabilidad de obtener respuestas de 300 kg ha⁻¹ o superiores en suelos con menos de 9 mg kg⁻¹ de P Bray y una probabilidad del 40% de obtener respuestas de 200 kg ha⁻¹ o superiores en suelos con 9 a 14 mg kg⁻¹ de P Bray. Ferraris y Couretot (2004), obtuvieron resultados positivos a la fertilización fosfatada con niveles de P disponible menores a 12 mg kg⁻¹, mientras que Díaz Zorita (2002) no encontraron respuesta con niveles mayores a 20 mg kg⁻¹.

Además de la nutrición de los suelos, la biología de los mismos es un área de creciente interés en la agricultura actual. La misma se centra no solamente en el estudio de los procesos dinámicos que ocurren a nivel edáfico, sino también en las posibilidades de mejorarlos. Una forma directa de hacerlo, es a través del uso de inoculantes biológicos incorporados como tratamientos de semillas, la cual es una práctica que ha incrementado su difusión en la Región Pampeana Argentina posiblemente debido a que los microorganismos incorporados han demostrado potencialidad para aumentar el rendimiento de los cultivos.

Desde hace tiempo se reconoce que la fijación biológica de nitrógeno (FBN) realiza un aporte considerable de nitrógeno. El desarrollo de productos de mayor calidad y los resultados favorables observados en ensayos de investigación posibilitaron que se incremente su uso, a la vez que despertaron interés sobre otros microorganismos como los del género *Pseudomonas* (*Pseudomonas fluorescens* por ejemplo) o endomicorrizas arbusculares. Los mismos pueden estar presentes simultáneamente con la relación simbiótica de las leguminosas y los rizobios, contribuyendo al aumento del rendimiento (Ferraris y Couretot, 2006).

Las endomicorrizas son hongos ampliamente distribuidos en el suelo, capaces de establecer asociaciones mutualistas con los vegetales. En esta simbiosis, el hongo suministra a la planta compuestos inorgánicos (sales minerales) que esta necesita para su nutrición, y la planta aporta al hongo heterótrofo los compuestos orgánicos.

En los últimos años las endomicorrizas arbusculares se han convertido en el centro de atención por su capacidad potencial para mitigar el estrés. (Smith y Read, 2008). Tienen la particularidad de mejorar la estructura del suelo debido al crecimiento del micelio y la secreción de glomalinas (Faggioli *et al.*, 2008). Dichas glomalinas son glicoproteínas que se acumulan en la pared celular de las hifas, que tiene como característica la adhesión de partículas del suelo, con materiales orgánicos que contienen Carbono. Es decir que la presencia de glomalinas, contribuye a la aglutinación del suelo, favorecen la retención de Carbono, y previene el flujo

rápido de agua dentro de los conglomerados, siendo imprescindible en la formación, productividad y sostenibilidad del suelo así como en el almacenamiento del Carbono (Grumberg *et al.*, 2012). También pueden influir en la fertilidad del suelo ya que pueden formar complejos con hierro, y entonces actuar en la remediación del suelo contaminado formando complejos con elementos potencialmente tóxicos (Gonzalez-Chavez *et al.*, 2004).

Además, las micorrizas actúan como una prolongación del sistema radicular (Peterson *et al.*, 2004), donde la planta aumenta de 100 a 1000 veces su superficie de absorción y captación de agua y nutrientes de baja movilidad como potasio (K), zinc (Zn) y especialmente P (Ruiz-Lozano, 2003). Al haber un mayor acceso a nutrientes y agua, se contribuye a generar y mantener una elevada área foliar (además de disminuir la tasa de senescencia foliar), lo que lleva, por ejemplo, a una mayor intercepción de la radiación y una mayor biomasa producida (Cárcova *et al.*, 2008; Dreccer *et al.*, 2008)

El papel de los hongos micorrícicos en la absorción de fósforo del suelo puede resumirse de la siguiente manera: las plantas con micorrizas absorben y acumulan más fósforo que las plantas sin micorrizas, especialmente si crecen en suelos de baja disponibilidad del nutriente. Puesto que el fósforo es un nutriente de baja movilidad en el suelo la raíz debe llegar a él para absorberlo. En raíces con micorrizas el incremento en la absorción de fósforo del suelo se debe a la mayor eficiencia en acceder a este nutriente y luego tomarlo. Esto se produce por un aumento en la superficie y el volumen de suelo que exploran las raíces. La longitud absorbente de la raíz crece y por consiguiente la exploración de suelo también aumenta (Faggioli *et al.*, 2008). Al incrementar el flujo de P a la raíz, de manera indirecta se mejoran otros procesos fisiológicos en los que participa este nutriente.

La proliferación e importancia agronómica de las micorrizas es más relevante en suelos deficientes de P (Covasevich *et al.*, 1995; Covacevich *et al.*, 2007). La respuesta agronómica en rendimiento podría estar asociada a suelos con baja disponibilidad de P, pero no se ha visto afectada por la dosis de fertilizante agregado (Ferraris y Couretot, 2008). Estudios realizados por Covacevich *et al.* (2005), Rubio *et al.* (2010), Fernandez *et al.* (2010) y Miranda y Harris (1994), demuestran que la colonización micorrícica en soja estuvo negativamente relacionada con el P disponible en el suelo. En suelos con altos niveles de P, no debería esperarse un aporte de los hongos micorrícicos arbusculares a la nutrición fosforada, probablemente porque el costo de mantener la simbiosis fúngica supera el beneficio de obtener P adicional (Covacevich *et al.*, 2009; Zhu *et al.*, 2005). Por el contrario, cuando los niveles de P son bajos, la asociación entre raíces y micorrizas es muy común, ya que gracias a esta simbiosis aumenta la superficie de absorción y por ende la adquisición de P (Brundrett, 2002; Mosse y Phillips, 1971). La asociación con micorrizas podría contribuir a explicar la mayor habilidad de la soja para crecer en suelos con bajo P y los bajos niveles críticos de P de este cultivo comparado con otros.

La utilización de micorrizas en sistemas productivos reales permitiría mejorar la eficiencia de uso de los nutrientes en el corto plazo, ya sean provenientes del suelo o de los fertilizantes, conjuntamente con una estrategia de fertilización que permita un aumento gradual en la disponibilidad de P en los suelos hasta llegar a niveles óptimos en el mediano plazo. El uso de estos microorganismos edáficos en la agricultura constituiría así una alternativa complementaria con la práctica de aplicación de fertilizantes minerales (Barbagelata y Melchiori, 2009).

Las *Pseudomonas* son otro amplio género bacteriano. Los efectos atribuidos a este grupo bacteriano pueden resumirse en una acción de biocontrol, la secreción de sustancias inductoras y la solubilización de nutrientes. La capacidad de ser agentes de biocontrol, se produce a través de la secreción de antibióticos, la inducción de resistencia sistémica en la planta y el agotamiento de elementos esenciales para el crecimiento de hongos y bacterias patogénicas, producida por la liberación al medio de pigmentos fluorescentes que actúan como agentes quelantes, cuando estos elementos se tornan escasos en la rizósfera. Otros efectos favorables de las *Pseudomonas*, residirían en la producción de fitohormonas como auxinas y giberelinas, y en la reducción de los niveles de etileno producidos ante situaciones de estrés moderado, especialmente estrés hídrico. Por último, se les atribuye a las *Pseudomonas* la capacidad de producir enzimas fosfatasa, ácidos orgánicos e inorgánicos, que por medio de la rotura de enlaces y la acidificación del medio, incrementarían la recuperación del fósforo nativo del suelo y la adquisición del aportado por fertilización (Ferraris, 2008). Estudios realizados por Ferraris y Couretot (2007), en maíz y suelos con bajos niveles de P, demostraron que la respuesta a *pseudomonas* fue significativa, existiendo un aumento del rendimiento en relación al testigo.

Es imprescindible destacar que los microorganismos nombrados, no actúan de manera aislada en la rizósfera, sino que entre ellos se producen múltiples interacciones. La calidad de los microorganismos que la colonizan puede ser modificada, a través del aporte de especies con capacidad para promover el crecimiento vegetal y/o antagonizar con otras especies potencialmente perjudiciales. En relación a dicha interacción, Ferraris y Couretot (2010) evaluaron la complementariedad de la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* y bacterias promotoras del crecimiento de las plantas (PGPR, en inglés: Plant Growth Promotion Rhizobacteria) a través de sus efectos sobre la FBN, la promoción del crecimiento y el rendimiento del cultivo y se estudió la interacción con otras prácticas de cultivo como la fertilización fósforo-azufrada. Concluyeron que el crecimiento de las plantas siempre alcanzó el máximo valor en tratamientos inoculados, siendo superiores a la vez en las repeticiones que fueron fertilizadas con P-S.

Además, estudios realizados por otros autores como Miranda y Miranda (2002), Ventimiglia y Torrens Baudrix (20012) y Gonzalez Fiqueni *et al.*, (2012), explican los mayores

rendimientos, mayor crecimiento y/o aumento de la biomasa seca aérea del cultivo de soja, al existir dichas interacciones entre microorganismos.

Debido a lo expuesto, y siendo una de las formas para contribuir a la sustentabilidad de los sistemas de producción agrícola, resulta necesario desarrollar prácticas tecnológicas localmente adaptadas para el manejo de los nutrientes, que faciliten y promuevan un mayor y más eficiente uso de los fertilizantes. En este sentido, el mantenimiento de la fertilidad de los suelos o la reposición de los nutrientes extraídos por las cosechas es uno de los requisitos de la sustentabilidad de los sistemas productivos, conjuntamente con la rotación de cultivos, mantenimiento de las propiedades físicas del suelo, prevención de la erosión, sustentabilidad económica y social, entre otros objetivos del mantenimiento de la producción. Teniendo en cuenta la importancia que ha cobrado en la actualidad la utilización de productos biológicos (controladores biológicos y biofertilizantes) como complementos de las actividades agrícolas, resulta fundamental ampliar el conocimiento que se tiene hasta el momento de los efectos de la inoculación ya sea con Micorrizas, Rhizobium o Pseudomonas, haciendo énfasis en la relación entre ellos, con otros microorganismos del suelo y la rizósfera.

HIPÓTESIS

El uso de compuestos de Endomycorriza arbuscular y PGPR incrementa el rendimiento de soja, dependiendo de la disponibilidad inicial de fósforo en el suelo.

OBJETIVOS

General

- Evaluar la respuesta a la fertilización biológica con Endomycorriza arbuscular y PGPR en la producción de biomasa y de granos, en el cultivo de soja, con y sin fertilización fosfatada y en dos ambientes con diferentes niveles de fósforo, en el Sur de la Provincia de Córdoba.

Específicos

- Determinar el efecto de Endomycorriza arbuscular y PGPR, sobre la radiación interceptada y su efecto posterior en la producción de biomasa.
- Analizar la relación entre la disponibilidad de P del suelo y la respuesta en rendimiento al uso combinado de compuestos de Endomycorriza arbuscular y PGPR, y la fertilización fosfatada.
- Determinar el balance de nutrientes en cada tratamiento para evaluar en qué condiciones queda el suelo luego de su implementación.
- Evaluar la diferencia de retorno económico en la utilización de Endomycorriza arbuscular y PGPR con y sin fertilización fosforada, para determinar si este tratamiento es económicamente viable.

MATERIALES Y MÉTODOS

DESCRIPCIÓN DEL ENSAYO EXPERIMENTAL

Se llevaron a cabo dos ensayos a campo, durante la campaña 2010/2011, en establecimientos Agropecuarios ubicados en el Departamento Río Cuarto (Córdoba), 22 Km al Norte (Establecimiento La Petaca: 33° 18' 49.92'' S, 64° 19' 40.74'' O; ver anexo I) y 10 Km al Este (Establecimiento Carolina: 33° 30' 10.71'' S, 64° 12' 35.82'' O; ver anexo I) de la localidad de San Basilio (Córdoba) respectivamente. Los mismos fueron seleccionados por la disponibilidad de fósforo del suelo, determinado mediante la técnica de Bray I con niveles de 30,1 mg kg⁻¹ en el primer establecimiento y de 11 mg kg⁻¹ en el segundo de ellos.

Fue implantado un cultivo de soja, los días 6 de Diciembre de 2010 en La Petaca y 8 de Diciembre de 2010 en Carolina.

En cada sitio experimental se evaluaron los siguientes tratamientos con un diseño de bloques al azar, y cuatro repeticiones (Ver Anexo II):

A: Inoculante “A” (inoculación con *Bradyrizobium japonicum*).

B: Inoculante “B” (compuesto de *Bradyrizobium japonicum*, *endomicorriza arbuscular*, *hormonas vegetales*, *bacterias nitrificantes* y PGPR) a razón de 6600 ml/1500 kg de semilla.

C: Inoculante “A” + Fertilización con 50 kg ha⁻¹ Fosfato Diamónico (FDA).

D: Inoculante “B” + 50 Kg ha⁻¹ FDA.

La dosis de fósforo que se utilizó a la siembra en el experimento, es la dosis promedio usada en Soja por los productores del Sur de la Provincia de Córdoba (50 Kg ha⁻¹ FDA), según lo relevado por De Prada y Penna (2008), lo que no significa necesariamente que sea la requerida por el cultivo.

La siembra directa se realizó con una sembradora marca Agrometal Mega TX de 16 surcos, con una distancia entre hileras de 0,525 metros y una densidad de 40 plantas m⁻², empleándose la variedad de Nidera 5009 RG. El largo de la parcela fue de 20 m y el ancho de 8,4 m (una maquinada). Los tratamientos con inoculación tuvieron una bordura de una maquinada para evitar una posible contaminación entre las parcelas.

Se realizaron controles de malezas para obtener condiciones óptimas de crecimiento del cultivo, mediante un barbecho químico con 3 l ha⁻¹ de Glifosato y 1/2 l ha⁻¹ de 2,4 D (3 meses antes de la siembra), y luego 3 l ha⁻¹ de Glifosato en pre siembra. Además se llevó a cabo la aplicación del fungicida Sphere Max (trifloxistrobin, cyproconazole, emulsionables y solventes csp), junto del coadyuvante Optimizer (éster metílico de aceite de soja 85% (p/p)), para el control de la enfermedad foliar “mancha ojo de rana” (*Cercospora sojina*) los días 21 y 23 de Febrero, en La Petaca y Carolina respectivamente. El ensayo fue cosechado el día 7 de abril del 2011.

OBSERVACIONES Y MEDICIONES

A nivel de suelo:

- Se realizó un análisis de suelo al momento de la siembra, la profundidad de muestreo fue de 40 cm. Ambos suelos son Haplustoles típicos, de textura Franco-arenosa, en los cuales se determinó: fósforo (P); materia orgánica (MO); nitrógeno de nitratos (N-NO₃); azufre de sulfatos (S-SO₄); pH; Conductividad eléctrica (CE); calcio (Ca); magnesio (Mg); potasio (K); sodio (Na); porcentaje de sodio intercambiable (PSI); zinc (Zn); hierro (Fe); cobre (Cu); manganeso (Mn); boro (B); molibdeno (Mo)

Esta medición se llevó a cabo principalmente para determinar la disponibilidad de Fósforo en el suelo, en los dos lotes de los establecimientos donde se realizaron los ensayos, La extracción de las muestras para ambos análisis a nivel del suelo, fueron realizadas mediante la utilización de un barreno. Dichas muestras estuvieron compuestas por 15 sub-muestras obtenidas a partir de un recorrido del lote en forma de X.

A nivel de cultivo:

- Fenología del cultivo:

Se determinó la ocurrencia de los estados fenológicos del cultivo según Fehr *et al.* (1971).

- Intercepción de la radiación (IR):

Se midió en los estadios fenológicos (R1, R3 y R6), utilizando el sensor lineal LI-191SA quantum. Lincoln. NE. USA conjuntamente con LI-COR LI-1400 Datalogger. En cada tratamiento y sus repeticiones se realizó una medición a cielo abierto (I_0) y tres debajo del dosel del cultivo (I) en forma transversal a las líneas de siembra.

La intercepción de la radiación se determinó según:

$$IR(\%) = \left(1 - \frac{I}{I_0}\right) * 100$$

- Producción de Materia Seca: se determinó la producción de materia seca de biomasa aérea total de soja. Para ello, en los estadios fenológicos R3 y R6, se cortaron a nivel del suelo 4 muestras de 0,25 m² por parcela (equivalente a 1,92 m lineal de surco). Se llevaron a laboratorio, allí se extrajeron alícuotas de 500 gr, y se obtuvo el peso verde y, posterior paso por estufa a 80 C, el peso seco de las muestras.

- Eficiencia del uso de la radiación: se determinó para los estadios R3 y R6, a través de la siguiente fórmula:

$$EUR = B / RFA_{int} \times E_i$$

dónde EUR= eficiencia del uso de la radiación; B = Biomasa acumulada durante el periodo R3-R6; RFA int = radiación fotosintéticamente activa interceptada; E_i = eficiencia de intercepción.

- Rendimiento: cuando el porcentaje de humedad del grano fue de 14,5 % y componentes del rendimiento (número de granos por superficie y peso de mil granos):

La cosecha fue manual, extrayéndose 4 muestras de 1,92 metros lineales (1 m²) de surco por tratamiento y repetición. La trilla se ejecutó con máquina trilladora a engranajes accionada manualmente. Se empleó una balanza de precisión para pesar las muestras. Posteriormente, se extrajo una alícuota de granos de cada parcela con el objetivo de realizar determinaciones de humedad para corregir el peso de los granos, calculando el rendimiento con un contenido de humedad de 14,5%. También se extrajo una alícuota de cada muestra para la determinación del peso de 1000 granos. Finalmente el número de granos cosechados por metro cuadrado se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$N^{\circ} \text{ GRANOS } m^{-2} = \frac{\text{Rendimiento (kg } m^{-2}) \times 1000}{\text{Peso de 1000 (kg)}}$$

Balance de Nutrientes:

Con el objetivo de determinar el posible efecto de los diferentes microorganismos en el balance nutricional del suelo, se desarrolla, en la Figura 1, un esquema de balance de nutrientes a nivel de lote, para este caso en particular.

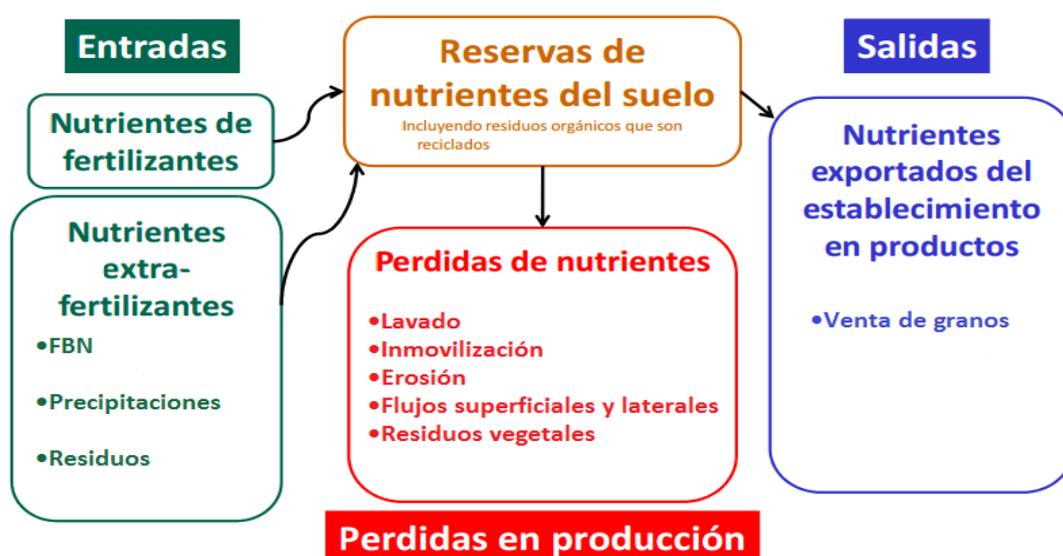


Figura 1: Esquema de balance de nutrientes del suelo en cultivo de soja.

Para determinar las “salidas” es necesario el conocimiento previo de los requerimientos nutricionales del cultivo (kg nutriente absorbido/tonelada de grano producido) y su respectivo índice de cosecha (kg de nutriente en grano/kg de nutriente absorbido) (Madonni *et al.*, 2004). A partir de dichos datos, y junto con el rendimiento alcanzado, se pueden obtener los niveles de absorción y extracción de nutrientes por parte del cultivo. Es importante tener siempre presente la diferencia semántica que existe entre las palabras, “*absorción*” y “*extracción*”. Se entiende por absorción la cantidad total de nutrientes absorbidos por el cultivo durante su ciclo de desarrollo. El término extracción, es la cantidad total de nutrientes en los órganos cosechados: en este caso los granos. La diferencia entre los términos es significativa al momento de las recomendaciones de fertilización bajo el criterio de reposición (García, 2013). Es importante destacar la variabilidad de resultados cuando las concentraciones de los nutrientes en granos se expresan con diferentes porcentajes de humedad, sin la corrección necesaria, es por ello que para este caso se toma un valor de humedad de 14,5%.

A continuación, a modo de ejemplo se detalla el procedimiento para la determinación de la absorción y extracción de Nitrógeno por el cultivo. Ver tablas completas para ambos sitios experimentales en Anexo III.

Datos:

- Requerimiento Nutriente (Ej: N): 80 kg tn⁻¹
- Índice de Cosecha (N): 0,75 %
- Humedad del Grano: 14,5 %
- Rendimiento (Ej: Tratamiento “Inoculante A + 50 FDA): 4229,49 kg ha⁻¹

$$4229,49 \text{ kg ha}^{-1} \times 80 \text{ kg tn}^{-1} / 1000 \text{ kg ha}^{-1} = 338,36 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$338 \text{ kg ha}^{-1} \times 0,855 \text{ (corrección por humedad)} = 289,29 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ABSORCIÓN}$$

$$289,29 \text{ kg ha}^{-1} \times 0,75 = 216,97 \text{ kg ha}^{-1} \text{ EXTRACCIÓN}$$

También hay que tener en cuenta las pérdidas de nutrientes que existen durante la producción del cultivo. En este caso no se tienen datos numéricos precisos sobre pérdidas por lavado, erosión, flujos superficiales y laterales, etc, pero podría estimarse que la utilización de microorganismos en algunos tratamientos, tales como pseudomonas o micorrizas, al ser solubilizadores de nutrientes reducirían la inmovilización, disminuyendo de esta forma las pérdidas y haciendo que el nutriente este más disponible para las plantas.

En cuanto a las “entradas” en el balance nutricional, se realiza una distinción entre los nutrientes aportados por fertilizantes, siendo en este caso 50 kg de FDA en dos de los cuatro tratamientos realizados, y los aportados extra fertilizantes, donde se hace referencia a FBN, residuos y precipitaciones. Para estos dos últimos no se tienen los datos necesarios para llevar adelante una estimación de los nutrientes con los que contribuyen al sistema. En cambio, si

puede realizarse para la FBN, debido a que diferentes autores coinciden en que la misma aporta entre un 30 y un 70% de los requerimientos de N del cultivo (Ferraris y Couretot, 2010). Dicha variación está determinada no solo 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 las disminuciones en la condición hídrica del cultivo (Serraj *et al.*, 1999). Para la determinación en este caso se asumió un valor del 50% para ambos sitios experimentales. Es importante aclarar que todos los tratamientos fueron inoculados con *Bradyrizobium japonicum*.

Entradas por fertilizante:

- 50 kg FDA para los tratamientos “Inoculante A + 50 kg FDA” e “Inoculante B + 50 kg FDA”
- Composición FDA: 18:46:0, es decir, 18% Nitrógeno (N) amoniacal, 46% Pentóxido de fósforo (P₂O₅), equivalente a 20% de P, y 0% de potasio.

100 kg FDA _____ 18 kg N

100 kg FDA _____ 20 kg P

50 kg FDA _____ x = 9 kg N

50 kg FDA _____ x = 10 kg P

Entradas extra fertilizante. (Ver Anexo III):

- Aporte de FBN = 50% de los requerimientos de N del cultivo.
- Todos los tratamientos se encuentran inoculados con *Bradyrizobium japonicum*.

Entradas Totales. (Ver Anexo III):

- Fósforo: de este nutriente solo existe entrada a partir de la fertilización con 50 kg/ha de fosfato di amónico en dos de los cuatro tratamientos, lo que aporta aproximadamente 10 kg ha⁻¹ de P.
- Nitrógeno: se obtiene a partir de la sumatoria de lo aportado a partir de la fertilización con FDA y lo aportado por la FBN.

Una vez determinadas las entradas y salidas de nutrientes se puede obtener la diferencia existente entre las mismas, es decir, el balance nutricional. Es importante recordar que para este caso no se tienen en cuenta las pérdidas de nutrientes en producción, ni las entradas por precipitaciones y/o residuos durante el ciclo del cultivo, debido a que no fueron cuantificadas.

Análisis Costo/Beneficio:

Se llevó a cabo este análisis con el fin de determinar la factibilidad económica de la utilización del inoculante. Para ello se consideró al tratamiento “inoculante A” como testigo, y que el aumento del rendimiento entre tratamientos es debido a la aplicación del “inoculante B”, ya sea fertilizado o no.

Se obtuvo la diferencia de rendimiento entre tratamientos, luego se la multiplicó por el precio de la soja (con descuentos de comercialización incluidos), y al resultado se le restó el costo del inoculante B, su aplicación y, en caso de ser un tratamiento fertilizado, el costo del fertilizante.

ANÁLISIS DE DATOS

La información obtenida se analizó estadísticamente mediante ANAVA y separación de medias según el test de Fisher al 5% de probabilidad, y análisis de regresión, para ello se utilizó el paquete de análisis estadísticos InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2012). (Ver anexo IV).

Diferencia de rendimiento e Intercepción de la Radiación:

- Tratamiento C vs Tratamiento A = consecuencia respuesta a Fósforo.
- Tratamiento B vs Tratamiento A = consecuencia respuesta a “Inoculante B” sin Fósforo.
- Tratamiento D vs Tratamiento B = consecuencia respuesta a Fósforo con “Inoculante B”.
- Tratamiento D vs Tratamiento C = consecuencia respuesta a “Inoculante B” con Fósforo.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción meteorológica de la campaña 2010/11 para los sitios de los ensayos.

Regionalmente el área de estudio, se caracteriza por presentar un clima templado sub húmedo, con precipitaciones que suelen exceder la evapotranspiración en los meses de primavera y otoño, y con déficit importantes en verano e invierno. La precipitación media anual normal es de 801,2 mm (disminuyendo progresivamente de este a oeste) con valores extremos mínimos de 451,1 mm en 1988 y máximos de 1995,2 mm en 1984, para la serie 1978/2008 (Seiler *et al.*, 1995).

El régimen térmico es mesotermal, la temperatura media del mes cálido (enero) es de 23°C con una máxima absoluta de 39,5 °C, la temperatura media del mes más frío (julio) es de 9,1°C con una mínima absoluta de -11,5 °C. La amplitud térmica media anual es de 13,9 °C. La fecha media de ocurrencia de la primera helada es el 25 de mayo y la de la última es el 12 de septiembre, siendo el período libre de heladas de 225 días en promedio (Seiler *et al.*, 1995). Los vientos predominantes son del sector N-NE y S-SO.

La campaña 2010/11 se caracterizó por una distribución desuniforme de las precipitaciones (Figura 2) y por la ocurrencia de eventos de gran pluviometría en pocas horas. La suma de precipitaciones para La Petaca fue de 558 mm (siendo Febrero el mes de mayor volumen con 212 mm), superando por 220 mm al valor acumulado en Carolina que fue de 338 mm (donde también Febrero fue el mes de mayores lluvias con 156 mm). En comparación con las precipitaciones normales de Rio Cuarto puede decirse q estuvieron sobre ellas durante el mes completo de Febrero en ambos sitios experimentales, y durante Enero en La Petaca, mientras que en los demás meses fueron menores o iguales.

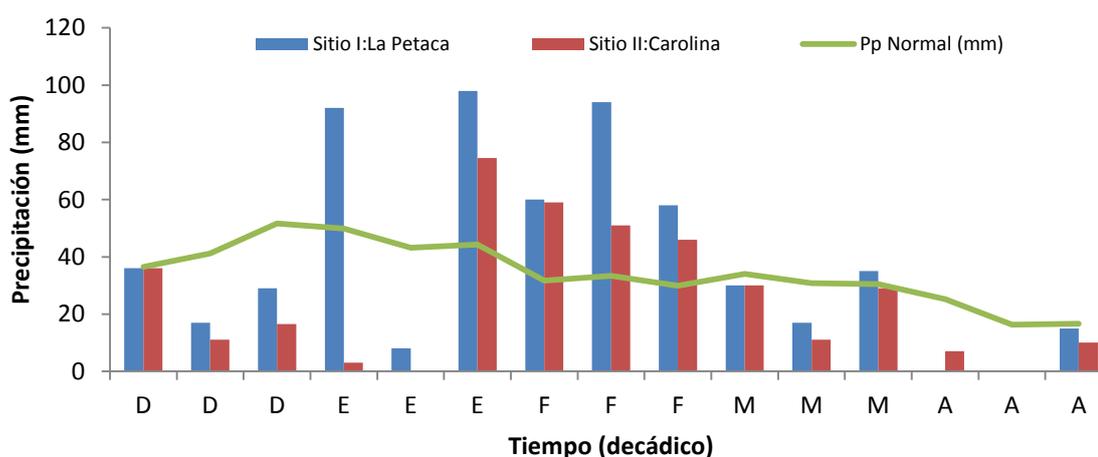


Figura 2: Precipitaciones para el ciclo del cultivo (2010/2011) en ambos sitios experimentales (La Petaca barras azules y Carolina barras rojas), y precipitación normal de Rio Cuarto (líneas verdes)

Con respecto a la evolución de las temperaturas máximas y mínimas durante el ciclo de la soja (Figura 3), se puede interpretar un comportamiento normal en relación con la serie histórica de Rio Cuarto, es decir, que la temperatura del aire no presentó efectos adversos para el crecimiento y normal desarrollo del cultivo en ambos experimentos.

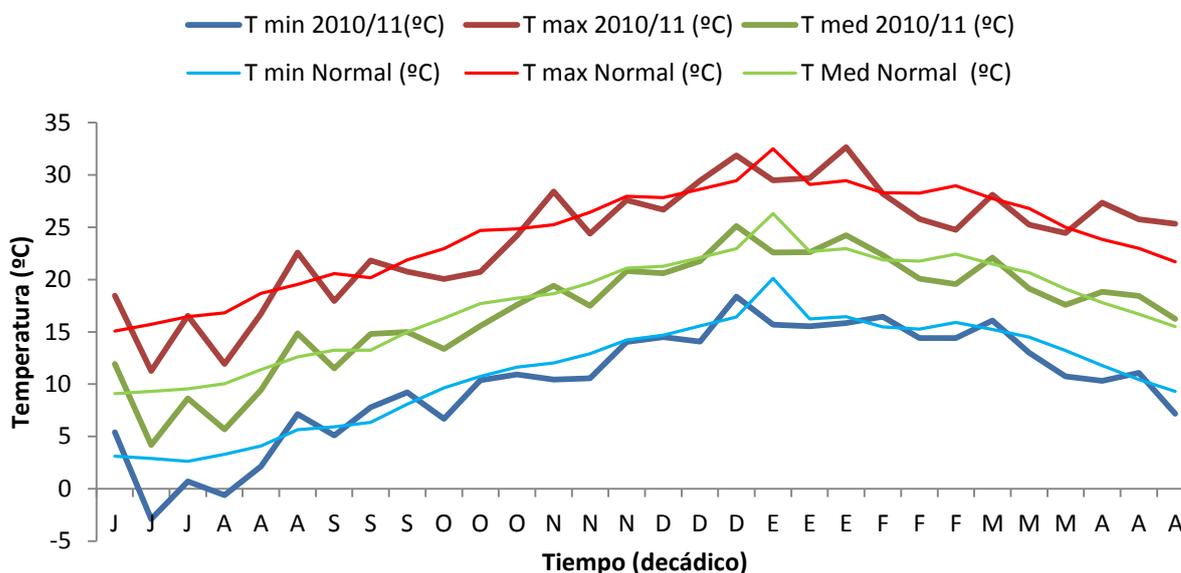


Figura 3: Temperaturas máximas, mínimas y medias campaña 2010/11 y las normales históricas para el área de Rio Cuarto.

Los registros térmicos muestran que la temperatura mínima registrada durante el ciclo fue superior a la temperatura base de la soja, que es de 6 °C (Kantolic *et al.*, 2008). Lo mismo ocurre con la temperatura media, por lo que se puede estimar que no hubo restricción para el crecimiento del cultivo. No obstante, dicha temperatura media no llegó a los valores óptimos para soja que están entre 25 – 30 °C (Kantolic *et al.*, 2008) así, el crecimiento del cultivo no tuvo limitaciones térmicas, pero tampoco llegó a su umbral máximo.

Es de estimar que el crecimiento y desarrollo del cultivo resultó normal, debido a que las condiciones de precipitaciones y temperaturas se mantuvieron dentro de los rangos adecuados para el cultivo durante todo su ciclo.

Análisis de suelo

Para realizar adecuados diagnósticos de las necesidades de fertilización a utilizar es necesario conocer cuáles son los niveles mínimos o críticos de disponibilidad en el suelo a partir del cual un nutriente pasa a ser deficitario de la producción vegetal (Maddonni *et al.*, 2004).

El análisis de la capa superficial del suelo (0-20 cm) representa la información más precisa para identificar la deficiencia de P, la causa de bajos rendimientos y eventualmente decidir la fertilización para eliminarla como limitante de su productividad (Melgar *et al.*, 1995).

En este caso, el suelo en ambos establecimientos es un Haplustol típico, donde los muestreos realizados arrojaron valores de 20,5 y 12,1 mg kg⁻¹ de Fósforo en La Petaca y Carolina respectivamente. En este sentido, Ferraris y Couretot (2004) informaron que la fertilización fosfatada incrementa los rendimientos de soja cuando la disponibilidad de P en la capa superficial de suelo (0-20 cm) es menor a 12 mg kg⁻¹, y Díaz Zorita (2002) no encontró respuesta a la fertilización fosfatada de la soja en suelos con más de 20 mg kg⁻¹ de P en los primeros 20 cm de suelo. Por lo que es importante tener presente que los valores se encuentran cercanos al umbral superior en La Petaca, e inferior en Carolina.

En las Tablas 1 y 2 se presentan los resultados de los análisis de suelo de ambos sitios experimentales:

Tabla 1: Análisis de suelo en La Petaca

Prof cm	P mg kg ⁻¹	M.O. %	N-NO ₃ mg kg ⁻¹	S-SO ₄ mg kg ⁻¹	pH	Ca meq	Mg meq	K meq	Na meq	CIC	Zn mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
0-20	20,5	2,28	19,7	7,1	5,8	5,2	1,9	1,78	0,3	13,4	0,39	1,28
20-40	11,2	1,37	19,9	6,1	6							

Análisis realizado por Laboratorio SueloFertil, Pergamino.

Tabla 2: Análisis de suelo en Carolina

Prof cm	P mg kg ⁻¹	M.O. %	N-NO ₃ mg kg ⁻¹	S-SO ₄ mg kg ⁻¹	pH	Ca meq	Mg meq	K meq	Na meq	CIC	Zn mg kg ⁻¹	B mg kg ⁻¹
0-20	12,1	1,88	13,2	6,5	5,8	5	1,8	1,72	0,3	12,4	0,32	1,2
20-40	6,9	1,03	6,1	5,4	6							

Análisis realizado por Laboratorio SueloFertil, Pergamino.

Fenología del cultivo

En la Tabla 3 se presenta la fenología del cultivo y las fechas de ocurrencia de los diferentes estadios. En relación con la longitud del ciclo, el mismo fue de 123 días para el ensayo en La Petaca y de 121 días para el de Carolina. Cabe aclarar que no se detectaron modificaciones fenológicas entre los tratamientos analizados, ni entre los diferentes sitios experimentales (a pesar de la diferencia de precipitaciones), por lo tanto en la tabla se presentan los valores medios.

Tabla 3: Estadío fenológico y fecha de ocurrencia de los mismos para el cultivo de soja, La Petaca y Carolina (Córdoba)

Estadío Fenológico	Fecha de Ocurrencia
VE	14/12/2010
R1	16/01/2011
R4	14/02/2011
R6	12/03/2011
R8	07/04/2011

VE, R1, R4, R6 y R8, emergencia, comienzo de floración, plena fructificación, máximo tamaño de semillas y plena madurez, respectivamente, según Fehr *et al.* (1971).

La duración del ciclo y la ocurrencias de los distintos estadíos fenológicos concuerdan con lo esperado, ya que, según informa Nidera Semillas (2012) en su catálogo de semillas de soja, los días a floración y maduración de esta variedad (A 5009 RG) son de 47 y 151 días, respectivamente, sembrados en su fecha óptima de siembra (finales de Octubre, principios de Noviembre). Si bien A 5009 RG es una variedad plástica en cuanto a su fecha de implantación, es esperable que se produzca una reducción en el tiempo que tarda el cultivo para llegar a dichas etapas al atrasar la siembra.

El atraso de la FS provoca la reducción de la longitud del ciclo de los cultivares, mientras mayor es el grupo de madurez (GM) del cultivar, mayor es la reducción. La FS óptima es aquella que asegura un buen crecimiento, ubicando el periodo crítico del cultivo con la menor ocurrencia de estrés hídrico y permite la mayor disponibilidad de radiación y temperatura (Baigorri, 1997). El atraso en la FS disminuye la duración del periodo de emergencia a floración y de emergencia a madurez fisiológica, y la influencia de este atraso en la reducción del rendimiento está generado por el efecto de la temperatura, la radiación y el fotoperiodo sobre la fenología y la acumulación de materia seca (Toledo et al., 2006). En este caso, se produce un acortamiento de 14 días en el periodo de emergencia a floración y de 16 días de floración a madurez fisiológica, en total una disminución del ciclo de 30 días en comparación a lo expuesto por el semillero.

Rendimiento y componentes directos

El rendimiento de los cultivos puede ser estudiado a través de sus componentes numéricos, número de granos por unidad de superficie y peso de los mismos, llamados también componentes directos del rendimiento (Andrade y Sadras, 2002). En este estudio, ambos

componentes (número y peso de granos) fueron afectados estadísticamente en forma diferente, de acuerdo al tratamiento y al sitio experimental.

Para el caso de La Petaca, el promedio de rendimiento del ensayo fue de 4056,02 kg ha⁻¹. Se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre “inoculante A + 50 FDA” y el tratamiento “inoculante A” para la variable rendimiento de grano (p=0,0352); mientras que para la variable peso de 1000 granos hubo diferencias estadísticas significativas entre “inoculante A + 50 FDA” y los demás tratamientos (p=0,0367). No se encontraron diferencias en número de granos m⁻² y número de plantas m⁻², por lo que puede observarse que la diferencia de rendimiento entre tratamientos está dada principalmente por la variable peso de 1000 granos, a pesar de que dicha variable sea un componente de alta heredabilidad genética, y por lo tanto, menos influenciado por el ambiente (Andrade, 1995).

Al llevarse a cabo la comparación entre los diferentes tratamientos planteada anteriormente (ver “análisis de datos”), puede observarse que solamente se encuentra diferencias de rendimiento entre “inoculante A + 50 FDA” e “inoculante A” (C vs A), la cual sería consecuencia a una respuesta al fósforo entre estos tratamientos. En las demás comparaciones no se llega a una clara respuesta al inoculante o fertilizante.

Como puede observarse en la Tabla 4, el tratamiento “inoculante A + 50 FDA” arrojó los valores más altos tanto en rendimiento (4229,49 Kg ha⁻¹, con una diferencia del 7 % con “inoculante A”), y peso de 1000 granos (198,23 g), no se detectaron diferencias significativas en relación al número de granos por metro cuadrado.

Tabla 4: Rendimiento y componentes directos. La Petaca.

Tratamiento	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Nº granos m ⁻²	Peso 1000(g)	Nº plantas m ⁻²
Inoculante “A” + 50 FDA	4229,49 a	2136,81 a	198,23 a	41,00 a
Inoculante “B” + 50 FDA	4034,37 ab	2123,19 a	189,91 b	40,63 a
Inoculante “B”	4029,13 ab	2121,38 a	190,39 b	42,25 a
Inoculante “A”	3931,09 b	2056,88 a	190,81 b	41,38 a
DMS	202,28	109,28	6,43	2,53
Valor p	0,0352	0,4669	0,0367	0,6123
CV (%)	7,04	7,32	4,72	8,64

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa. CV: coeficiente de variación. FDA: fostato di amónico.

Además, debido al elevado contenido de fósforo (P) de los suelos en este sitio (ver Tabla 1), los tratamientos con inoculante en base a micorrizas (ya sean fertilizados o no), no han obtenido los rendimientos más elevados. Esto podría deberse a que la colonización micorrícica está fuertemente influenciada por la disponibilidad de P en el suelo (Covacevich *et al.*, 2007). El aporte de los hongos micorrícicos arbusculares (HMA) a la nutrición fosforada de las plantas es

evidente en suelos con deficiencia de P (Covachevich y Echeverria, 2009), pero no deberían esperarse tales beneficios bajo condiciones no limitantes, probablemente porque el costo de mantener la simbiosis fúngica supera el beneficio de obtener P adicional (Zhu *et al.*, 2005). Si este costo no es compensado por un incremento en la tasa de crecimiento derivado de una mejor nutrición fosforada, la infección puede causar la disminución en el crecimiento, convirtiéndose en no benéfico o parasitario para la planta.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo expuesto por Fernández *et al.* (2010), quienes demostraron una correlación inversa entre la colonización de HMA y el P disponible en el suelo, en soja y girasol. Con altos contenidos de P, los porcentajes de colonización se redujeron, es decir, que bajo condiciones óptimas de disponibilidad de P desaparecieron los beneficios resultantes de la asociación con HMA.

Resultados similares fueron obtenidos en trigo por Covacevich *et al.* (2005), dónde la intensidad de micorrización se asoció negativamente con el contenido de P-Bray en el suelo, y hubo menores grados de micorrización por la aplicación de P. Además expusieron que a niveles similares de P-Bray los mayores grados de micorrización se obtuvieron en situaciones en que se aplicó el P al voleo. Esto indicaría que a similares niveles de P-Bray, la colocación al voleo deprimió en menor medida el desarrollo de la colonización micorrícica en el cultivo de trigo en comparación con la aplicación en la línea. Esto podría haber tenido influencia sobre el rendimiento del tratamiento “inoculante B + 50 FDA” (donde la aplicación del fertilizante fue debajo y al costado de la línea de siembra), ya que aplicando el P al voleo se ocasiona menor contacto entre el fertilizante y las raíces (y por lo tanto con los HMA). Esta situación coincidiría con lo reportado por Miranda & Harris (1994) quienes han demostrado un efecto depresor del P del suelo sobre el crecimiento de las hifas.

Para el caso de Carolina, el promedio de rendimiento del ensayo fue de 3278,17 kg ha⁻¹, casi 778 kg ha⁻¹ menos que en La Petaca. Esto responde principalmente a la menor cantidad de lluvias precipitadas en Carolina durante todo el ciclo del cultivo, con una diferencia de 220 mm en relación con el otro sitio experimental (ver Figura 1).

Como puede observarse en la Tabla 5, se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para la variable rendimiento ($p=0,0003$), en donde los tratamientos con inoculantes en base a micorrizas arbusculares obtuvieron los valores más elevados (3489,19 y 3298,84 kg/ha para “inoculante B” e “inoculante B + 50 FDA”, con una diferencia del primero de ellos de 5,8 y 12,9% con los tratamientos “inoculante A + 50 FDA” e “inoculante A”, respectivamente). Similares interpretaciones pueden realizarse con la variable peso de 1000 granos, en donde se encontraron diferencias estadísticas significativas ($p=0,0001$) para el tratamiento “inoculante B” en relación a los tres restantes, dónde se alcanzó una diferencia del 8,1% con el “inoculante A” que fue el tratamiento de menor valor. En cuanto al número de granos por m², no fueron detectadas diferencias estadísticamente significativas. Los

tratamientos “inoculante B” e “inoculante A + 50 FDA” obtuvieron los valores más elevados, mientras que “inoculante A” tuvo el menor registro con 1884,02 granos m⁻², con una diferencia del 5,8% con el primero de ellos, el cual es el tratamiento de mayor valor (1994,82 granos m⁻²). Por lo que puede observarse en este sitio experimental que las diferencias de rendimiento responden a los dos componentes directos del mismo.

Tabla 5: Rendimiento y componentes directos. Carolina.

Tratamiento	Rendimiento (Kg ha ⁻¹)	Nº granos m ⁻²	Peso 1000 (g)	Nº plantas m ⁻²
Inoculante “B”	3489,19 a	1987,65 a	175,55 a	39,31 a
Inoculante “B” + 50 FDA	3298,84 ab	1982,40 a	166,42 b	39,50 a
Inoculante “A” + 50 FDA	3286,25 b	1994,82 a	164,98 b	40,25 a
Inoculante “A”	3038,40 c	1884,02 a	161,26 b	37,63 a
DMS	190,98	99,08	5,88	2,49
Valor p	0,0003	0,0932	0,0001	0,2038
CV (%)	8,23	7,13	4,97	9

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa. CV: coeficiente de variación. FDA: fosfato di amónico.

Además, al realizar el análisis comparativo entre tratamientos, se detectaron diferencias de rendimiento entre “Inoculante A + 50 FDA” e “Inoculante A” (C vs A), evidenciándose de esta forma una posible respuesta al fósforo entre ambos tratamientos. También existieron diferencias entre “Inoculante B” e “Inoculante A” (B vs A), podría ser consecuencia a una respuesta al inoculante “B” sin fósforo. La comparación entre los demás tratamientos no arrojó diferencias que comprueben una respuesta al fertilizante o inoculante.

Estos resultados concuerdan con lo esperado en suelos con bajo contenido de fósforo como lo es el de Carolina (ver Tabla 2). Esto podría deberse a que la adaptación más común que poseen las plantas para incrementar la adquisición de P es la asociación simbiótica entre las raíces y los hongos micorrícicos arbusculares (Brundrett, 2002). De esta manera, las plantas aumentan la superficie de absorción de sus raíces, dado el gran volumen de suelo que es explorado por las hifas de estos hongos (Mosse y Phillips, 1971). Según Fernandez *et al.* (2010), los HMA incrementan el diámetro medio radical, debido a la mejora en la absorción de P. Este aumento del diámetro radical podría estar compensado por una mayor longitud de hifas, las cuales facilitan el acceso a una mayor cantidad de P del suelo.

Los datos obtenidos coinciden además con lo expuesto por Rubio *et al.* (2010), quienes encontraron que la colonización micorrícica en soja está negativamente relacionada con el P disponible en el suelo, mediante funciones lineal-plateau. Las funciones obtenidas indican que el valor umbral de P disponible en el suelo para la micorrización (valor a partir del cual la colonización se mantiene estable) en soja es de 12.6 mg P kg suelo⁻¹. Es por eso que, en suelos

más pobres en P, como es el de este sitio experimental, la asociación con microorganismos (micorrizas y pseudomonas) podría contribuir a explicar la mayor habilidad de la soja para crecer en suelos con bajo P y los bajos niveles críticos de P de este cultivo comparado con otros.

Es importante tener en cuenta también, que las micorrizas interactúan con otros microorganismos del suelo que benefician el crecimiento de la soja, como los rizobios y las pseudomonas. Miranda y Miranda (2002) exponen que los rizobios, en presencia de micorrizas, pueden favorecer aún más el crecimiento de la soja.

Lo expuesto por Ventimiglia y Torrens Baudrix (2012) podría explicar los mayores rendimientos obtenidos por los tratamientos en los cuales se utilizó el inoculante “B” en Carolina. Ellos demostraron que la aplicación de *Bradhyrizobium*, acompañada por promotores de crecimiento (pseudomonas y *azospirillum*), alcanzaron los valores de rendimiento máximo. Esto es posible, quizás porque los promotores, pueden provocar un mayor desarrollo radical, principalmente en los primeros estadios del cultivo, lo que permitiría que las bacterias específicas de la fijación biológica del nitrógeno (*Bradhyrizobium japonicum*), encuentren una mayor cantidad de puntos de crecimiento radicales, y de esta manera podrían lograr una mayor infección de la raíz de la soja.

Los beneficios de la inoculación con microorganismos, como micorrizas y pseudomonas, no son potestad del cultivo de soja, sino que resultados similares a los del presente trabajo fueron obtenidos en otros cultivos. Tal es el caso de Grümberg *et al.* (2010), quienes encontraron una correlación positiva y significativa entre la abundancia de glomalina (glicoproteína producida por los HMA, que protege a las hifas durante el transporte de nutrientes desde la planta hasta el extremo de la hifa, y desde el suelo hasta la planta) y el rendimiento del cultivo de maíz. Además, Ferraris y Couretot (2007) demostraron en maíz y en suelos con bajo P, que la respuesta a pseudomonas fue significativa ($p=0,016$), dónde, en promedio, los tratamientos inoculados con pseudomonas incrementaron su rendimiento en 965 kg ha^{-1} , en relación al testigo. Además, es importante tener en cuenta que tanto HMA como Pseudomonas u otros PGPR, juegan un rol fundamental en la nutrición mineral de las plantas, en la adquisición de elementos esenciales, fundamentalmente los de lenta movilidad, como P. La respuesta del cultivo de soja a dichos microorganismos, puede tener una gran utilidad agronómica en la disminución del requerimiento crítico de P en el suelo.

Intercepción de la radiación

En las Tablas 6 y 7 se presentan los porcentajes de intercepción de la radiación para dos estadios fenológicos del cultivo: R1 y R3. No se presentan los datos de intercepción para R6 ya que los valores son del 100% para los dos sitios experimentales.

Para el caso de La Petaca (Tabla 6) no se encontraron diferencias estadísticas significativas en R1, pero si lo hubo en R3 ($p= 0,0001$). En todos los tratamientos se logró interceptar más del 95% de la radiación fotosintéticamente activa incidente. Las diferencias halladas no son de gran consideración, ya que sólo son del 1% (teniendo en cuenta los números absolutos). En este estadio, los tratamientos “inoculante A” e “inoculante B” capturaron el 100% de la radiación incidente.

Tabla 6: Intercepción de la radiación. La Petaca.

Tratamiento	IR R1 (%)	IR R3 (%)
Inoculante “A” + 50 FDA	0,87 a	0,99 b
Inoculante “B” + 50 FDA	0,85 a	0,99 c
Inoculante “B”	0,85 a	1,00 ab
Inoculante “A”	0,85 a	1,00 a
DMS	0,03886	0,00251
Valor p	0,7022	0,0001
CV (%)	6,42	0,36

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación. FDA: fosfato di amónico. IR: Intercepción de la radiación.

En cambio, en Carolina (Tabla 7), se encontraron diferencias estadísticas significativas en R1 ($p= 0,0154$), dónde los tratamientos fertilizados con 50 kg ha^{-1} de FDA fueron los que obtuvieron los valores más elevados, teniendo en promedio un 6% más de intercepción que los dos tratamientos restantes. En R3 también se encontraron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento “inoculante B + 50 FDA” (siendo el valor más bajo) y los tres restantes ($p= 0,0001$), pero al igual que lo ocurrido en La Petaca, no son de gran consideración. Dichas diferencias obtenidas en R1 podrían ser consecuencia del mejor crecimiento inicial del cultivo como resultado de los tratamientos de fertilización con FDA, poniendo de manifiesto de esta manera, el efecto arrancador sobre esos tratamientos.

Tabla 7: Intercepción de la radiación. Carolina.

Tratamiento	IR R1 (%)	IR R3 (%)
Inoculante “B”	0,54 c	0,97 a
Inoculante “B” + 50 FDA	0,61 a	0,93 b
Inoculante “A” + 50 FDA	0,60 ab	0,97 a
Inoculante “A”	0,55 bc	0,97 a
DMS	0,0497	0,01456
Valor p	0,0154	0,0001
CV (%)	12,24	2,14

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación. FDA: fosfato di amónico. IR: Intercepción de la radiación.

Al llevar a cabo la comparación entre tratamientos, sólo se encuentran pequeñas diferencias entre los tratamientos “Inoculante B + 50 FDA” e “Inoculante B” (D vs B) (en La Petaca en R3 y en Carolina en R1), lo que sería consecuencia de la respuesta a fósforo con inoculante B.

La cantidad de radiación interceptada acumulada por un cultivo está determinada por la expansión y senescencia del área foliar. Las deficiencias de agua, nitrógeno o fósforo alteran la dinámica de expansión y senescencia del área foliar verde y, por lo tanto, afectan la fracción de radiación interceptada por el cultivo. En muchas ocasiones, la disponibilidad de nutrientes es tal que el IAF alcanzado supera al crítico (Dreccer *et al.*, 2008). La disponibilidad de agua y nutrientes afectan el proceso de senescencia foliar, es decir, que una baja provisión de dichos recursos acelera la tasa de senescencia. Dicha disponibilidad, afecta tanto la generación como el mantenimiento del área foliar, modificando de esta manera la intercepción de la radiación y la biomasa producida (Cárcova *et al.* 2008). De esta manera podría explicarse la diferencia de intercepción de la radiación existente entre los dos sitios experimentales, siendo mayor en La Petaca, donde precipitaron 220 mm más de agua y posee un suelo más rico desde el punto de vista nutricional, principalmente P, MO y N-NO₃, pero no podría afirmarse que dichas diferencias son debidas a la utilización de algún inoculante en particular.

Es importante aclarar, que los problemas nutricionales del cultivo son menores si se llevan a cabo siembras durante el mes de Diciembre, debido a que, en comparación a siembras tempranas, ha continuado el proceso de mineralización de nutrientes y por ende podrían estar más disponibles para la planta.

Eficiencia del uso de la radiación

Se determinó la eficiencia del uso de la radiación (cantidad de materia seca producida, por unidad de radiación fotosintéticamente activa interceptada), entre las etapas fenológicas R3 y R6, para ambos sitios experimentales.

En la Tabla 8, puede observarse que en La Petaca se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p= 0,0307$), dónde el tratamiento “Inoculante B” arrojó los valores más elevados ($1,16 \text{ g MJ}^{-1}$), con una diferencia del 46,8% con “Inoculante B + 50 FDA” y del 65,7% con el tratamiento “Inoculante A”.

Tabla 8: Eficiencia del uso de la radiación. La Petaca.

Tratamiento	EUR (g MJ^{-1})
Inoculante “A” + 50 FDA	1,11 ab
Inoculante “B” + 50 FDA	0,79 bc
Inoculante “B”	1,16 a
Inoculante “A”	0,70 c
DMS	0,33487
Valor p	0,0307
CV (%)	22,19

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación. FDA: fosfato di amónico. EUR: Eficiencia del uso de la radiación.

En el caso del sitio experimental Carolina (Tabla 9), que no se detectaron diferencias estadísticamente significativas. De todas formas, el tratamiento que obtuvo los valores más elevados fue la combinación “Inoculante B + 50 kg FDA”.

Tabla 9: Eficiencia del uso de la radiación. Carolina.

Tratamiento	EUR (g MJ^{-1})
Inoculante “B”	0,86 ab
Inoculante “B” + 50 FDA	1,13 a
Inoculante “A” + 50 FDA	0,65 b
Inoculante “A”	1,02 ab
DMS	0,38891
Valor p	0,0930
CV (%)	26,54

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa.

CV: coeficiente de variación. FDA: fosfato di amónico. EUR: Eficiencia del uso de la radiación.

Los datos expresados para ambos sitios experimentales son adecuados, ya que son similares con los expuestos por Sinclair y Muchow (1999), quienes convierten las estimaciones de eficiencia del uso de la radiación (EUR) realizadas por otros autores a una unidad común (biomasa aérea por unidad de radiación solar interceptada), obteniendo valores máximos y estimados de 0,86 gr MJ⁻¹, tanto en Australia como en Estados Unidos.

Dentro de una misma especie, la EUR es relativamente constante, pudiendo existir cambios a lo largo del desarrollo fenológico del cultivo. Además puede verse modificada por factores como temperatura y agua. Severas limitaciones hídricas disminuyen la EUR en la medida que afectan la fotosíntesis foliar (Cárcova *et al.*, 2008). En nuestro país, se realizaron mediciones de EUR en un periodo de estrés hídrico, obteniendo valores promedio de 0,93 g MJ⁻¹, con valores mínimos y máximos de 0,48 g MJ⁻¹ y 1,47 g MJ⁻¹ respectivamente (Vaiman *et al.*, 2009). Cabe aclarar que, si bien en el presente trabajo existe una diferencia de 220 mm precipitados entre ambos sitios experimentales, es posible que no se registrara un estrés hídrico en el cultivo del sitio donde hubo menores lluvias, o al menos no tan marcado como lo expresado por Vaiman *et al* (2009), debido a que las precipitaciones durante la etapa de medición fueron abundantes.

Producción de materia seca

En la tabla 10 se presenta la producción de materia seca en los estadíos R3 y R6, para el caso de La Petaca. Allí se observaron diferencias estadísticas significativas entre el tratamiento “inoculante A + 50 FDA” e “inoculante B”, para el estadío R3 (p=0,0276). En cuanto a lo obtenido en R6, puede decirse que la diferencia existió entre el tratamiento “inoculante A + 50 FDA” y el “inoculante B”, pero que la misma no es estadísticamente significativa.

Tabla 10: Materia Seca. La Petaca.

Tratamiento	MS R3 (g ¼ m⁻²)	MS R6 (g ¼ m⁻²)
Inoculante “A” + 50 FDA	19,00 a	26,61 a
Inoculante “B” + 50 FDA	18,31 b	25,21 a
Inoculante “B”	17,91 b	24,79 a
Inoculante “A”	18,47 ab	25,49 a
DMS	0,65577	1,81
Valor p	0,0276	0,2003
CV (%)	2,23	4,43

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa. CV: coeficiente de variación. FDA: fostato di amónico. G: gramos

Como puede observarse, en los tratamientos en los que se utilizaron inoculantes en base a micorrizas (inoculante “B”) dieron los datos más pobres. Esto podría haberse esperado en La Petaca, ya que, como se mencionó con anterioridad, el aporte de los hongos micorrícicos arbusculares no es evidente en suelos con buena disponibilidad de fósforo. Pero estos resultados no coinciden con lo expuesto por Miranda y Miranda (2002), quienes encontraron que en un suelo fertilizado y/o con elevados niveles de fósforo, donde se podría esperar una menor eficiencia de las micorrizas, su participación en el crecimiento de la planta de soja aún puede observarse. Comprobaron que en suelos con contenidos de 26 mg kg⁻¹ de P, el crecimiento era un 20% mayor en la presencia de hongos micorrícicos arbusculares, donde la materia seca pasó de 4,70 a 5,78 gramos por maceta, dado que este trabajo se realizó en condiciones de invernáculo utilizando diferentes suelos. Incluso obtuvieron valores más elevados de materia seca en presencia de micorrizas, a medida que aumentaron la dosis de fertilización con fósforo.

Para el caso del sitio experimental Carolina (Tabla 11), no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas para ninguno de los tratamientos en todos los estadios evaluados. González Fiqueni *et al.* (2011), obtuvieron resultados que contrastan con los obtenidos en el presente trabajo. Demostraron que la biomasa seca aérea en el estadio R5-R6 se incrementó significativamente ($p < 0.05$) en un 25% cuando se co-inoculó *Pseudomonas fluorescens* y *Bradyrhizobium japonicum*, en un cultivo de soja implantado en Azul (Bs As). Es importante aclarar que no se presentan los niveles de fósforo en suelo de la localidad mencionada con anterioridad.

Miranda y Miranda (2002) exponen que la dependencia micorrícica de la soja es generalmente alta, llegando a alcanzar aproximadamente un 80%, es decir, que un alto porcentaje del crecimiento de la soja puede depender de la asociación de este cultivo con micorrizas arbusculares.

Tabla 11: Materia Seca. Carolina.

Tratamiento	MS R3 (g ¼ m⁻²)	MS R6 (g ¼ m⁻²)
Inoculante “B”	20,31 a	24,66 a
Inoculante “B” + 50 FDA	20,73 a	24,22 a
Inoculante “A” + 50 FDA	20,90 a	24,89 a
Inoculante “A”	21,65 a	24,21 a
DMS	1,87333	0,99687
Valor p	0,4724	0,3754
CV (%)	5,6	2,54

En columnas, letras distintas indican diferencias significativas al 5% de probabilidad según test de LSD Fisher (Infostat, 2004). DMS: diferencia mínima significativa. CV: coeficiente de variación. FDA: fostato di amónico. G: gramos

Balance de Nutrientes

Es la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que se pierden de un sistema definido en el espacio y en el tiempo. En general, los balances de nutrientes en sistemas agrícolas se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en períodos anuales.

A continuación se exponen las tablas de balance nutricional para los cuatro tratamientos, y para ambos sitios experimentales.

La Petaca:

Tabla 12: Balance nutricional "Inoculante A + 50 FDA". La Petaca.

Tratamiento "Inoculante A + 50 FDA"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	153,645	289,29	-63,325
Fósforo	10	28,93	-18,93
Potasio	-	119,33	-119,33
Azufre	-	25,31	-25,31
Magnesio	-	32,54	-32,54
Calcio	-	57,86	-57,86

Tabla 13: Balance nutricional "Inoculante B + 50 FDA". La Petaca

Tratamiento "Inoculante B + 50 FDA"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	146,975	275,95	-128,975
Fósforo	10	27,59	-17,59
Potasio	-	113,83	-113,83
Azufre	-	24,14	-24,14
Magnesio	-	31,04	-31,04
Calcio	-	55,19	-55,19

Tabla 14: Balance nutricional "Inoculante A". La Petaca.

Tratamiento "Inoculante A"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	143,44	268,88	-125,44
Fósforo	-	26,88	-26,88
Potasio	-	110,91	-110,91
Azufre	-	23,53	-23,53
Magnesio	-	30,25	-30,25
Calcio	-	53,77	-53,77

Tabla 15: Balance nutricional "Inoculante B". La Petaca.

Tratamiento "Inoculante B"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	146,795	275,59	-128,795
Fósforo	-	27,56	-27,56
Potasio	-	113,68	-113,68
Azufre	-	24,11	-24,11
Magnesio	-	31	-31
Calcio	-	55,12	-55,12

Carolina:

Tabla 16: Balance nutricional "Inoculante B". Carolina

Tratamiento "Inoculante B"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	150,83	238,66	-87,83
Fósforo	-	23,86	-23,86
Potasio	-	98,45	-98,45
Azufre	-	20,88	-20,88
Magnesio	-	26,85	-26,85
Calcio	-	47,73	-47,73

Tabla 17: Balance nutricional "Inoculante B + 50 FDA". Carolina

Tratamiento "Inoculante B + 50 FDA"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	121,82	225,64	-103,82
Fósforo	10	22,56	-12,56
Potasio	-	93,07	-93,07
Azufre	-	23,09	-23,09
Magnesio	-	25,38	-25,38
Calcio	-	45,13	-45,13

Tabla 18: Balance nutricional "Inoculante A + 50 FDA". Carolina.

Tratamiento "Inoculante A + 50 FDA"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	121,39	224,78	-103,39
Fósforo	10	22,47	-12,47
Potasio	-	92,72	-92,72
Azufre	-	19,67	-19,67
Magnesio	-	25,28	-25,28
Calcio	-	44,96	-44,96

Tabla 19: Balance nutricional "Inoculante A". Carolina.

Tratamiento "Inoculante A"			
Nutriente	Entrada (kg ha ⁻¹)	Salida (kg ha ⁻¹)	Balance (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	112,915	207,83	-94,915
Fósforo	-	20,78	-20,78
Potasio	-	85,73	-85,73
Azufre	-	18,18	-18,18
Magnesio	-	23,38	-23,38
Calcio	-	41,56	-41,56

En las tablas 12 a 19, puede observarse claramente que el balance nutricional para ambos sitios experimentales es negativo, obviamente como consecuencia de que las salidas de nutrientes son mayores que las entradas. Esto es debido al criterio de fertilización que se utilizó en este ensayo. Uno de los errores fue que no se llevó a cabo una fertilización por reposición, la cual hubiese aportado todos los nutrientes requeridos por el cultivo para un determinado rendimiento objetivo. Además hay que tener en cuenta que solo se fertilizó con FDA en dos tratamientos, el cual únicamente aporta fósforo y nitrógeno, dejando al descubierto los requerimientos de los demás nutrientes. Este trabajo utilizó el criterio de dosis modal empleada en el sur de Córdoba (De Prada y Penna, 2008), lo cual evidencia que en la mayoría de los establecimientos agropecuarios de esta zona se está provocando un marcado deterioro de la fertilidad química de los suelos.

Es importante aclarar también, que la inoculación con los diferentes microorganismos no alcanzan a suplir las necesidades de la soja. Si bien *Bradyrhizobium japonicum*, pseudomonas, micorrizas, etc, aportan un porcentaje de las necesidades de nutrientes o pueden llegar a aumentar la disponibilidad de los mismos, por si solos no son suficientes, sino que deberían utilizarse como complemento de otras técnicas de fertilización.

Análisis Costo/Beneficio

Dadas las pequeñas diferencias en rendimiento de granos entre los tratamientos, es necesario llevar a cabo un análisis costo/beneficio para poder afirmar o no la conveniencia de la utilización de alguno de ellos. Para ello, se realizó la comparación del tratamiento "Inoculante A" con los tratamientos en los cuales se utilizó el "Inoculante B", ya sean fertilizados o no.

Datos (al 11/02/2014):

Cotización Dólar: 7,81

Costo Inoculante "B": 10 US\$ dosis ha⁻¹

Cotización Soja: 2762 \$ Tn⁻¹

Costo FDA: 650 US\$ Tn⁻¹ (se utilizaron 50 kg ha⁻¹)

Descuentos al momento de la comercialización: por flete, comisión y otros: \$250

- Inoculante “A” vs Inoculante “B” en La Petaca

Aumento de rendimiento de “B” en comparación con “A”:

$$4,02913 \text{ tn ha}^{-1} - 3,93109 \text{ tn ha}^{-1} = 0,098 \text{ tn ha}^{-1}$$

$$2762 \text{ \$ ha}^{-1} - \$250 = 2512 \text{ \$ ha}^{-1} \quad 2512 \text{ \$ ha}^{-1} / 7,81 = 321,64 \text{ US\$}$$

$$0,098 \text{ Tn ha}^{-1} \times 321,64 \text{ US\$} = 31,52 \text{ US\$}$$

$$31,52 \text{ US\$} - 10 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ dosis} = 21,52 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ GANANCIA}$$

- Inoculante “A” vs Inoculante “B” en Carolina

Aumento de rendimiento de “B” en comparación con “A”:

$$3,48919 \text{ tn ha}^{-1} - 3,0384 \text{ tn ha}^{-1} = 0,4508 \text{ tn ha}^{-1}$$

$$2762 \text{ \$ ha}^{-1} - \$250 = 2512 \text{ \$ ha}^{-1} \quad 2512 \text{ \$ ha}^{-1} / 7,81 = 321,64 \text{ US\$}$$

$$0,4508 \text{ Tn ha}^{-1} \times 321,64 \text{ US\$} = 144,99 \text{ US\$}$$

$$144,99 \text{ US\$} - 10 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ dosis} = 134,99 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ GANANCIA}$$

- Inoculante “A” vs Inoculante “B + 50 FDA” en La Petaca

Aumento de rendimiento de “B + 50 FDA” en comparación con “A”:

$$4,03437 \text{ tn ha}^{-1} - 3,93109 \text{ tn ha}^{-1} = 0,1032 \text{ tn ha}^{-1}$$

$$2762 \text{ \$ ha}^{-1} - \$250 = 2512 \text{ \$ ha}^{-1} \quad 2512 \text{ \$ ha}^{-1} / 7,81 = 321,64 \text{ US\$}$$

$$0,1032 \text{ Tn ha}^{-1} \times 321,64 \text{ US\$} = 33,219 \text{ US\$}$$

$$1000 \text{ kg FDA} = 650 \text{ US\$}$$

$$50 \text{ kg FDA} = x = 32,50 \text{ US\$}$$

$$33,219 \text{ US\$} - 10 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ dosis} - 32,5 \text{ US\$} = -9,281 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ PERDIDA}$$

- Inoculante “A” vs Inoculante “B + 50 FDA” en Carolina

Aumento de rendimiento de “B + 50 FDA” en comparación con “A”:

$$3,29884 \text{ tn ha}^{-1} - 3,03840 \text{ tn ha}^{-1} = 0,26044 \text{ tn ha}^{-1}$$

$$2762 \text{ \$ ha}^{-1} - \$250 = 2512 \text{ \$ ha}^{-1} \quad 2512 \text{ \$ ha}^{-1} / 7,81 = 321,64 \text{ US\$}$$

$$0,26044 \text{ Tn ha}^{-1} \times 321,64 \text{ US\$} = 83,768 \text{ US\$}$$

$$1000 \text{ kg FDA} = 650 \text{ US\$}$$

$$50 \text{ kg FDA} = x = 32,50 \text{ US\$}$$

$$83,768 \text{ US\$} - 10 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ dosis} - 32,5 \text{ US\$} = 41,268 \text{ US\$ ha}^{-1} \text{ GANANCIA}$$

Para llevar a cabo el análisis costo/beneficio, se parte de la premisa que el aumento del rendimiento entre tratamientos es producido por la utilización del “inoculante B”. Para el caso de Carolina puede observarse que en ambas comparaciones se obtiene un resultado positivo, una ganancia al utilizar el inoculante “B”, es decir, que en suelos con bajos niveles de fósforo podría justificarse su utilización. En cambio, en La Petaca, suelos con alta cantidad de fósforo disponible, solo se obtiene una ganancia cuando no se lleva a cabo la fertilización fosforada, debido a que el aumento del rendimiento no llega a cubrir el costo del FDA. Además, puede observarse claramente la mayor ganancia al utilizar el inoculante en suelos con déficit de fósforo.

CONCLUSIÓN

Los resultados encontrados permiten concluir que, bajo las condiciones de la campaña 2010/2011, el uso de compuestos de endomycorriza arbuscular y PGPR incrementa el rendimiento de soja, dependiendo de la disponibilidad inicial de fósforo en el suelo. Es decir, cuando el sitio experimental posee un bajo contenido de fósforo en el suelo (Carolina), el uso de dichos microorganismos tiene impacto en el rendimiento, no observándose esta respuesta en sitios con alto contenido de fósforo (La Petaca). El mayor rendimiento de La Petaca con respecto a Carolina pudo deberse a la mayor cantidad de precipitaciones recibidas en este sitio, además de poseer un suelo más fértil.

No se pudo establecer una relación entre captura de la radiación durante el período de definición del rendimiento con un mayor número de granos, no existiendo diferencias entre tratamientos, fertilizados y/o inoculados.

No se pudo determinar un efecto directo entre la utilización de endomycorriza arbuscular y PGPR con la producción de biomasa en ninguno de los sitios experimentales, no habiendo diferencias entre los tratamientos.

El balance nutricional es negativo en ambos establecimientos. La dosis de fertilizante utilizada y/o la inoculación con los diferentes microorganismos, no alcanzan a suplir los requerimientos del cultivo.

Al realizar un análisis costo/beneficio se concluye que es factible, económicamente hablando, la utilización de endomicorrizas y pgpr, principalmente en suelos con bajos niveles de P disponible.

Se propone continuar con este tipo de evaluaciones en situaciones con niveles de P más bajos que los ensayados en este trabajo.

El uso de microorganismos que actúan favoreciendo la adquisición de nutrientes del suelo podría ser una estrategia válida para alcanzar condiciones de suficiencia nutricional, mientras se implementan esquemas de fertilización que permitan aumentar la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo. Estas prácticas son una tecnología interesante para lograr respuestas en el cultivo de soja en el marco de un manejo productivo sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F. H. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 41: 1- 12.
- ANDRADE, F. y V. O. SADRAS. 2002. Bases ecofisiológicas para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja. Estación Experimental Agropecuaria Balcarce (INTA). Facultad de Ciencias Agrarias (Universidad Nacional de Mar del Plata). p: 450
- BAIGORRI, H.E.J. (Coord.). 1997. Ecofisiología del cultivo. En: Giorda, L.M.; Baigorri, H.E.J (Eds.) *El cultivo de la soja en Argentina*. Buenos Aires: Ediciones INTA-SAGPyA. Cap. 2. pp. 29-50.
- BARBAGELATA P.A. y R. J. M. MELCHIORI. 2009. Evaluación de la respuesta del cultivo de Trigo a la inoculación con micorrizas ante dos niveles de fertilización fosfatada. En: http://www.inta.gov.ar/parana/info/biblioteca/publicaciones/ActTec/ActTec_N001_16.pdf
- BERARDO A. 2000. Dinámica del fósforo en el sistema suelo-planta: eficiencia, residualidad y manejo de la fertilización. INPOFOS. Jornada de actualización técnica para profesionales. Pág. 4-10.
- BERGERO P. 2006. La cadena de la soja Argentina, una de las más competitivas. 3° Congreso de Soja del Mercosur. Rosario – Santa Fe, Argentina. p: 69-72.
- BRUNDRETT, M. C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. *New Phytol* 154: 275-304.
- CÁRCOVA J., L. G. ABELEDO y M. LÓPEZ PEREIRA. 2008. Análisis de la generación del rendimiento: crecimiento, partición y componentes. En: R. Satorre, R. Benech Arnold, G. Slafer, E. De la Fuente, D. Miralles, M. Otegui y R. Savin (autores). *Producción de granos, bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p: 75 - 83.
- COVASEVIC, F., H. ECHEVERRÍA e Y. ANDREOLI. 1995. Micorrización vesículo-arbuscular espontánea en trigo en función de la disponibilidad de fósforo. *Ciencia del Suelo* 13:47-51.

- COVACEVICH F., H. R. SAINZ ROZAS, P. A. BARBIERI y H. E. ECHEVERRÍA. 2005. Formas de colocación de fósforo sobre el crecimiento y la micorrización espontánea del cultivo de trigo. En: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000100005&script=sci_arttext. Consultado: Diciembre 2012
- COVACEVICH, F., H. E. ECHEVERRIA y L. A. N. AGUIRREZABAL. 2007. Soil available phosphorus status determines indigenous mycorrhizal colonization of field and glasshouse-grown spring wheat from Argentina. *Appl Soil Ecol* 35: 1-9.
- COVACEVICH, F. y H. E. ECHEVERRIA. 2009. Mycorrhizal occurrence and responsiveness of tall fescue and wheatgrass are affected by the source of phosphorus fertilizer and fungal inoculation. *J. Plant Interact* 4: 101-112.
- DARWICH N. 1980. Niveles de fósforo asimilable en los suelos pampeanos. *Actas IX Reunión Argentina de la Ciencia del Suelo*. Paraná, Entre Ríos.
- DARWICH N. 2004. *Balance de nutrientes en suelos cultivados*. En: *Manual de fertilidad de Suelos y uso de Fertilizantes*. Bs As, Argentina. 3^{ra} ed. Cap. 1. p: 15.
- DE PRADA J. D, J. A. PENNA. 2008. *Percepción económica de los productores agropecuarios de los problemas en el sur de Córdoba, Argentina*. Ed. INTA. Bs As, Argentina. p: 42-43.
- DI RIENZO J. A., F. CASANOVES, M. BALZARINI, L. GONZALES, M. TABLADA y C. ROBLEDO. 2012. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- DÍAZ ZORITA M. 2002. La fertilización de soja y trigo/soja en la región pampeana: Red del proyecto fertilizar INTA. *Actas de la Jornada de actualización para profesionales "Fertilidad 2002"*, INPOFOS. Cono Sur, Rosario, Argentina. p: 37-42.
- DÍAZ ZORITA M., G. GROSSO, M. FERNANDEZ CANIGGIA y G. DUARTE. 2000. Efectos de la ubicación de un fertilizante nitrógeno-fosfatado sobre la nodulación y la producción de soja en siembra directa en la región de la Pampa Arenosa, Argentina. *Ciencia del Suelo* 17(2):62-65.

- DRECCER M. F., R. A. RUIZ, G. A. MADDONI y E. H. SATORRE. 2008. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de granos. En: R. Satorre, R. Benech Arnold, G. Slafer, E. De la Fuente, D. Miralles, M. Otegui y R. Savin (autores). *Producción de granos, bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p: 486 - 490.
- FAGGIOLI, V., G. FREYTES y C. GALARZA. 2008. Las micorrizas en trigo y su relación con la absorción de fósforo del suelo. En: http://www.inta.gov.ar/MJUAREZ/info/documentos/Suelos/tr_micrr08res.htm. Consultado: Diciembre 2012.
- FEHR, W., C. CAVINESS, D. BURMOOD y J. PENNINGTON. 1971. Stage of development descriptions for soybeans, glycine max (L.) Merrill. *Crop Science*. Vol 11: 929-931.
- FERNÁNDEZ M.C., F. H. GUITIERREZ BOEM y G. RUBIO. 2010. Colonización por micorrizas y disponibilidad de fósforo: respuesta en soja y girasol. 22º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario – Santa Fe, Argentina.
- FERRARIS G. 2008. Inoculación con microorganismos con efecto promotor de crecimiento (PGPM) en Trigo. Conocimientos actuales y experiencias realizadas en la Región Pampeana Argentina. En: <http://www.inta.gov.ar/Pergamino/info/documentos/ext09/Microorganismos%20PGPM%20en%20trigo.pdf>. Consultado: Diciembre 2012.
- FERRARIS, G. y L. COURETOT. 2004. Fertilización fosforada en soja. Diagnóstico y tecnología de aplicación. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, EEA INTA Pergamino, IX (26): 46-49.
- FERRARIS G. y L. COURETOT. 2006. Evaluación de la inoculación con *Pseudomonas* en Maíz bajo diferentes ambientes de fertilidad. En: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/ext06/Pseudomonas_en_maiz.pdf. Consultado: Diciembre 2010.
- FERRARIS, G. y L. COURETOT. 2007. Inoculación con promotores de crecimiento y uso de diferentes dosis de fertilizante fosforado en maíz en ambientes con baja disponibilidad de fósforo en el suelo. En: <http://elsitioagricola.com.pablesky.arvixevps.com/articulos/ferraris/InoculacionconPromotoresdeCrecimientoenMaiz.pdf> Consultado: Diciembre 2010.

- FERRARIS, G. y L. COURETOT. 2008. Evaluación de la inoculación con Micorrizas en Maíz bajo diferentes ambientes de fertilidad. En: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/ext06/Micorrizas_en_maiz.pdf. Consultado: Diciembre 2012.
- FERRARIS G., L. COURETOT. 2009. Inoculantes en Soja y su interacción con otras prácticas de manejo. En: http://www.inta.gov.ar/Pergamino/info/documentos/ext10/Inoculaci%C3%B3n%20y%20practicass_manejo_Opt_C_2009.pdf. Consultado: Diciembre 2012.
- FERRARIS G., L. COURETOT. 2010. Fijación de Nitrógeno y promoción del crecimiento por el uso de microorganismos en Soja. En: http://www.inta.gov.ar/pergamino/info/documentos/ext10/Bradyrhizobium_y_PGPM_Soja%20Nt_publicación2009.pdf. Consultado: Diciembre 2012.
- FONTANETTO H. Y O. KELLER. 2005. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización en soja. A.A.P.R.E.S.I.D. FERTILIDAD y FERTILIZACION en Siembra Directa: 58 - 79. Diciembre 2005.
- GARCÍA F. O. 2000. Soja: Nutrición del Cultivo y Fertilización en la Región Pampeana Argentina. En: <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ZvmrPH5JzBYJ:www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/beagle%3FOpenAgent%26d%3DB3FE19DCEA0A84CF8525799C0058ED53%26f%3DPSSojaIASept00.doc+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ar>. Consultado: Diciembre 2010.
- GARCÍA F.O. 2005. La Nutrición de los Cultivos y la Nutrición de los Suelos. En: <http://www.fertilizando.com/articulos/La%20Nutricion%20de%20Cultivos%20y%20Suelos.asp> Consultado: Diciembre 2010.
- GARCÍA F.O. 2013. Cálculo de requerimientos nutricionales. En: <http://lacs.ipni.net/article/LACS-1024>. Consultado: Marzo 2014.
- GONZALEZ-CHAVEZ, M. C., R. CARRILLO-GONZALEZ, S. F. WRIGHT y K. A. NICHOLS. 2004. The role of glomalin, a protein produced by arbuscular mycorrhizal fungi, in sequestering potentially toxic elements. Environmental Pollution 130:317–323.

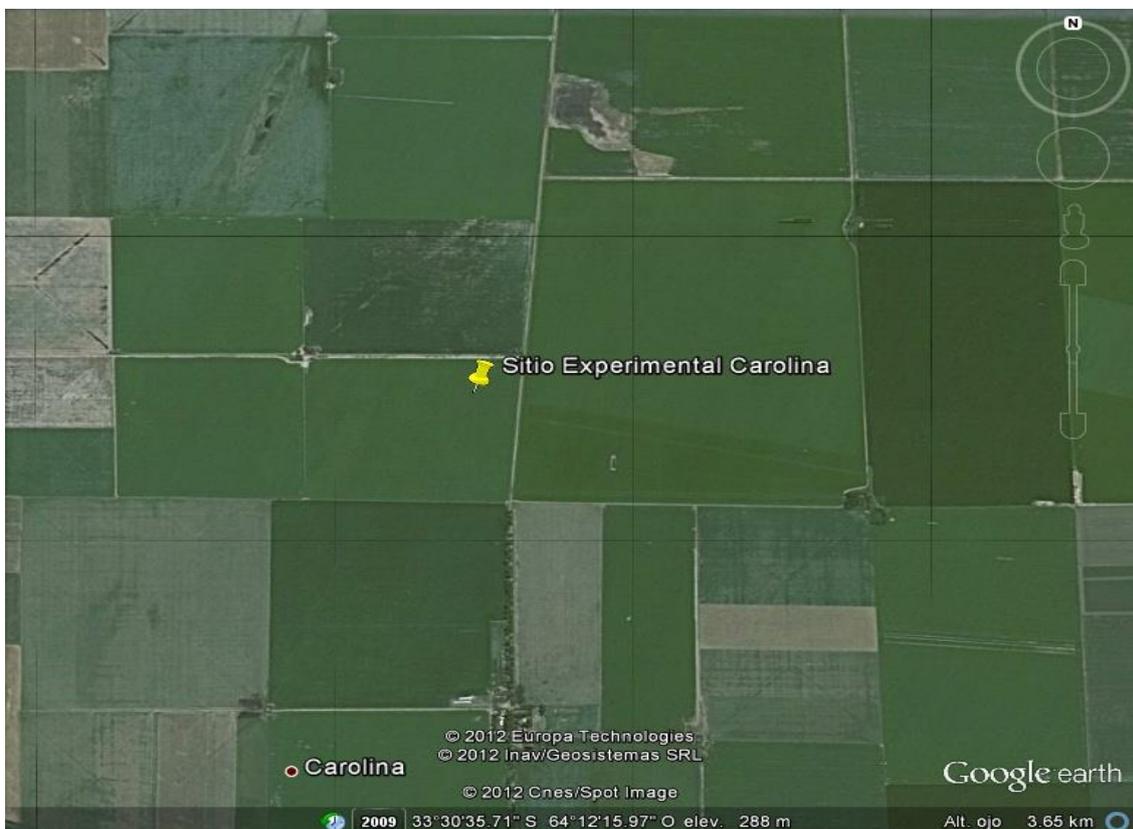
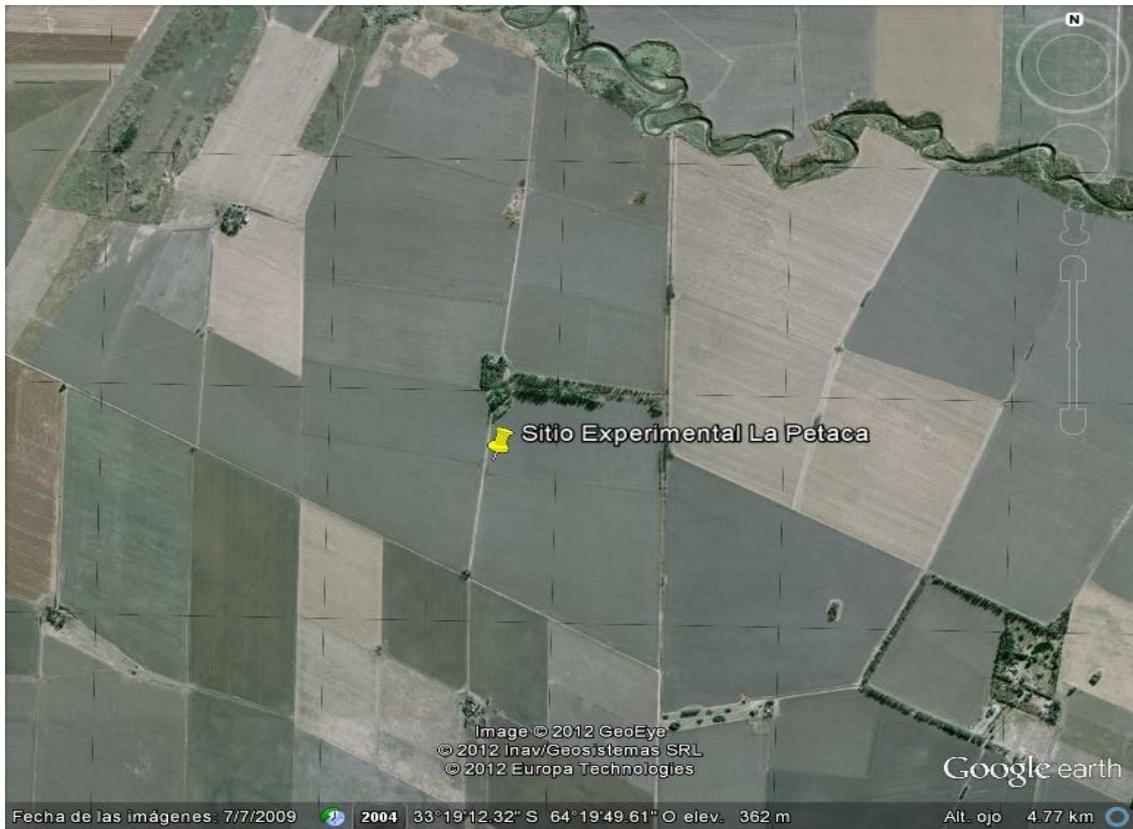
- GONZÁLEZ FIQUENI M. F., S. DURMAN, E MORETTI, I. PUEYO, M. VACCA y T. BOSCO. 2011. Co-inoculación en soja: efectos sobre nodulación, crecimiento y rendimiento. En: http://www.acsoja.org.ar/images/cms/contenidos/298_b.pdf
- GRÜMBERG B., C. CONFORTO, A. ROVEA, M. BOXLER, G. MARCH, C. LUNA, J. MERILES y S. VARGAS GIL. 2010. La glomalina y su relación con la productividad del cultivo de maíz. 22° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario – Santa Fe, Argentina.
- GRÜMBERG B., C. CONFORTO, C. PÉREZ BRANDÁN, A. ROVEA, M. BOXLER, S. RODRÍGUEZ GRASTORF, J. MINTEGUIAGA, C. LUNA, J. MERILES y S. VARGAS GIL. 2012. La fertilización inorgánica y los hongos micorrícicos en el cultivo de maíz. 23° Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Mar del Plata – Buenos Aires, Argentina.
- KANTOLIC, A., P. GIMENEZ y E. DE LA FUENTE. 2008. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y la calidad en soja. En: R. Satorre, R. Benech Arnold, G. Slafer, E. De la Fuente, D. Miralles, M. Otegui y R. Savin (autores). *Producción de granos, bases funcionales para su manejo*. Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p: 171-178.
- MADDONNI, G., RUIZ R., VILARIÑO P. e I. GARCIA DE SALAMONTE. 2004. Fertilización en los cultivos para grano. En: Satorre, E. H.; R. L. Benech Arnold; G. A. Slafer; E. B. de la Fuente; D. J. Miralles; M. E. Otegui y R. Savin. (autores). *Producción de granos. Bases funcionales para su manejo*. Facultad Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina. p: 501-557.
- MELGAR, R., E. FRUTOS, M.L. GALETTO y H. VIVAS. 1995. *El análisis de los suelos como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada*. Compendio de trabajos presentados en 1er Congreso Nacional de Soja y 2da. Reunión Nacional de Oleaginosas. Pergamino, octubre de 1995. Tomo I. Pp. 167-174.
- MIRANDA, J.C.C. y P.J. HARRIS. 1994. The effect of soil phosphorus on the external mycelium growth of arbuscular mycorrhizal fungi during the early stages of mycorrhiza formation. *Plant Soil* 166:271-280.
- MIRANDA J. C. C. y L. N. MIRANDA. 2002. Importancia de las micorrizas arbusculares para el cultivo de soja en la región del Cerrado. Comunicado técnico. Planaltina DF, Brasil.

- MOSSE, B. y J. M. PHILLIPS. 1971. The influence of phosphate and other nutrients on the development of vesicular-arbuscular mycorrhiza in culture. J. Gen. Microbiol. 1971: 157-166.
- NIDERA SEMILLAS. 2012. Soja. En: http://www.niderasemillas.com.ar/NideraSemillas/soja_detalle.aspx?id=74. Consultado: Diciembre 2012.
- PETERSON R.L., H.B. MASSICOTTE y L.H. MELVILLE . 2004. Arbuscular mycorrhizas. En: Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. NRC-CNRC. Research Press.Otawa. Canada. Chap.3: 57-79.
- PICOLOTTI R. 2010. El monocultivo de soja está aniquilando al bosque nativo. En: <http://www.ambiente.gov.ar/?idarticulo=5320>. Consultado: Diciembre 2012.
- ROSSI R. L. 2008. ¿Hacia dónde vamos en soja: rendimiento, calidad o ambos? 16º Congreso de Aapresid. Rosario – Santa Fe, Argentina. p: 229.
- RUBIO G., M.C. FERNÁNDEZ y F.H. GUTIERREZ BOEM. 2010. Micorrización Natural de cultivos de Soja, Girasol y Maíz en la Región Pampeana. 22º Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario – Santa Fe, Argentina. p: 132.
- RUIZ-LOZANO J. M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress, new perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13: 309-317.
- SATORRE E. H. 2003. *El cultivo de soja y la sustentabilidad de la agricultura argentina y sus empresas*. En: El libro de la soja. Bs As, Argentina. 1ª Edición. Cap. 1. p: 23-24.
- SEILER, R., R. FABRICIUS, V. ROTONDO y M. VINOCUR. 1995. *Agroclimatología de Río Cuarto -1974/1993*. Volumen I. UNRC. p: 4.
- SERRAJ, R., SINCLAIR, T., PURCELL, L., 1999. Symbiotic N₂ fixation response to drought. J. Exp. Bot. 50, 143-155.
- SIIA – SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA. 2021. Informes de estimaciones semanales. En: http://www.siiia.gov.ar/informes/Estimaciones_Agricolas/Semanal/121213_Informe%20de%20Estimaciones%20Semanal%20-%20al%2013-Dic-2012.pdf. Consultado: Diciembre 2012.

- SINCLAIR, T. R. and R. C. MUCHOW. 1999. Radiation use efficiency. *Adv. Agron.* 65:215-265.
- SMITH S. E. y D. J. READ. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*, 3rd edn. Pp. 145-187. Academic Press Ltd, London, UK.
- TASI H. 2000. Aptitud de uso y estado de degradación de suelos vertisoles y vérticos de la provincia de Entre Ríos. *Rev. Facultad de Agronomía (UBA)*, 20 (1):1-6.
- TOLEDO R., MOYA G. y RUBIOLO, O. 2008. Comportamiento de variedades de soja según fecha de siembra, Capilla de los Remedios, Córdoba. Argentina. 3 p. Disponible en: <http://www.buscagro.com/www.buscagro.com/biblioteca/Ruben-Toledo/Fecha-de-siembra-soja-Cordoba.pdf> . Consultado: Diciembre 2013
- VAIMAN N., J. H. ELIZALDE, V. H. LALLANA y A. B. BRIZUELA. 2009. Eficiencia del uso del agua y de la radiación en un periodo de estrés hídrico en soja. En: http://www.fca.uner.edu.ar/academicas/deptos/catedras/WEBFV_2010/FVpdf/Resumen_expandido_%20Vaiman.pdf. Consultado: Septiembre 2013.
- VENTIMIGLIA L. y L. TORRENS BAUDRIX. 2012. Sosis de inoculante y complementación de *bradhyrizobim* con promotores de crecimiento (pgpr), en soja. En: <http://inta.gob.ar/documentos/dosis-de-inoculante-y-complementacion-de-bradhyrizobim-con-promotores-de-crecimiento-pgpr-en-soja/>. Consultado: Diciembre 2012.
- ZHU, J., S.M KAEPLER y J. P. LYNCH. 2005. Topsoil foraging and phosphorus acquisition efficiency in maize (*Zea mays*). *Funct Plant Biol* 32: 749-762.

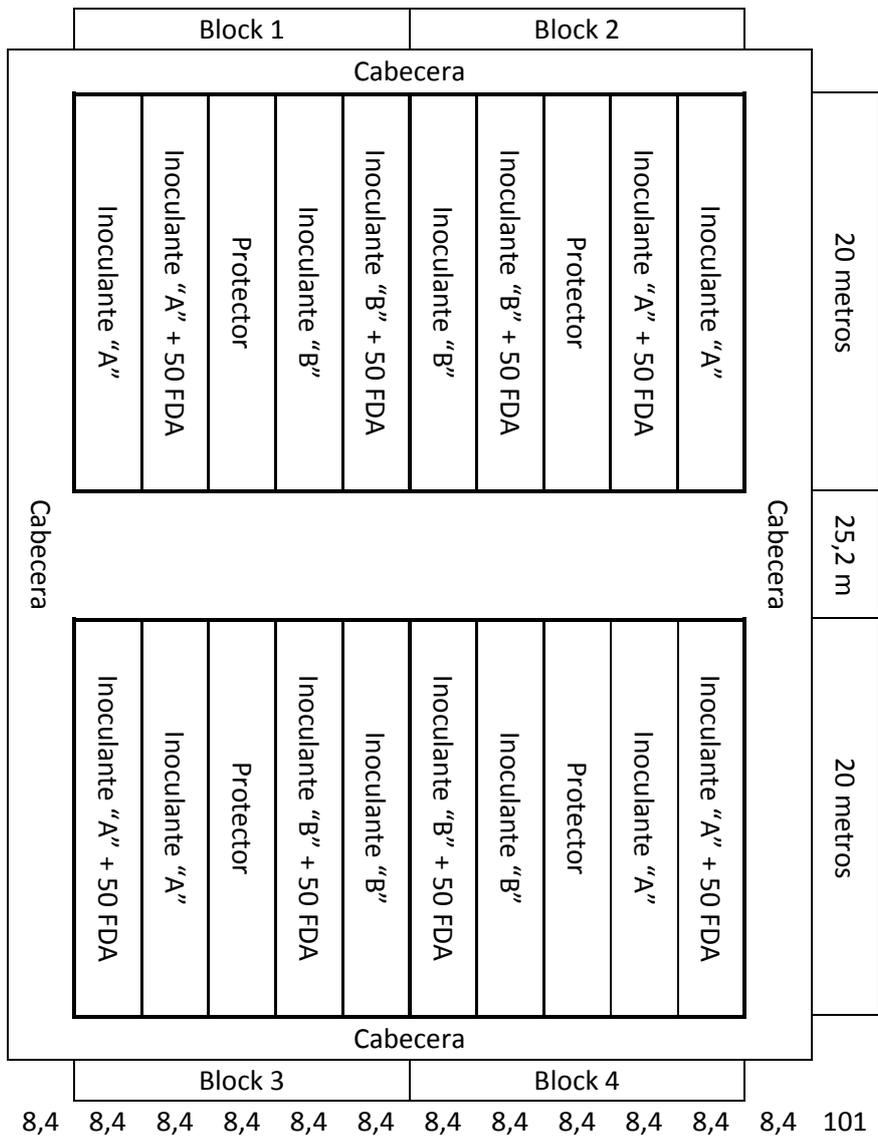
ANEXO I

Ubicación de los sitios experimentales



ANEXO II

Croquis del ensayo



ANEXO III

Salida de nutrientes:

La Petaca:

Tabla 20: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A + 50 FDA.

Tratamiento "Inoculante A + 50 FDA"				
Rendimiento = 4229,49 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	289,29	216,97
Fósforo	8	0,84	28,93	24,3
Potasio	33	0,59	119,33	70,41
Azufre	7	0,67	25,31	16,96
Magnesio	9	0,30	32,54	9,76
Calcio	16	0,19	57,86	10,99

Tabla 21: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B + 50 FDA.

Tratamiento "Inoculante B + 50 FDA"				
Rendimiento = 4034,37 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	275,95	206,96
Fósforo	8	0,84	27,59	23,18
Potasio	33	0,59	113,83	67,16
Azufre	7	0,67	24,14	16,17
Magnesio	9	0,30	31,04	9,31
Calcio	16	0,19	55,19	10,48

Tabla 22: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A.

Tratamiento "Inoculante A "				
Rendimiento = 3931,09 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	268,88	201,66
Fósforo	8	0,84	26,88	22,58
Potasio	33	0,59	110,91	65,44
Azufre	7	0,67	23,53	15,76
Magnesio	9	0,30	30,25	9,07
Calcio	16	0,19	53,77	10,21

Tabla 23: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B

Tratamiento "Inoculante B "				
Rendimiento = 4029,13 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	275,59	206,69
Fósforo	8	0,84	27,56	23,15
Potasio	33	0,59	113,68	67,07
Azufre	7	0,67	24,11	16,15
Magnesio	9	0,30	31	9,3
Calcio	16	0,19	55,12	10,47

Carolina:

Tabla 24: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B.

Tratamiento "Inoculante B"				
Rendimiento = 3489,19 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	238,66	178,99
Fósforo	8	0,84	23,86	20,05
Potasio	33	0,59	98,45	58,08
Azufre	7	0,67	20,88	13,99
Magnesio	9	0,30	26,85	8,05
Calcio	16	0,19	47,73	9,07

Tabla 25: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante B + 50 FDA.

Tratamiento "Inoculante B + 50 FDA"				
Rendimiento = 3298,84 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	225,64	169,23
Fósforo	8	0,84	22,56	18,95
Potasio	33	0,59	93,07	54,91
Azufre	7	0,67	23,09	15,47
Magnesio	9	0,30	25,38	7,61
Calcio	16	0,19	45,13	8,57

Tabla 26: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A + 50 FDA.

Tratamiento "Inoculante A + 50 FDA"				
Rendimiento = 3286,25 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg tn ⁻¹)	Extracción (kg tn ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	224,78	168,58
Fósforo	8	0,84	22,47	18,88
Potasio	33	0,59	92,72	54,71
Azufre	7	0,67	19,67	13,18
Magnesio	9	0,30	25,28	7,58
Calcio	16	0,19	44,96	8,54

Tabla 27: Absorción y Extracción de Nutrientes. Inoculante A.

Tratamiento "Inoculante A"				
Rendimiento = 3038,40 kg ha ⁻¹			Humedad = 14,5 %	
Nutriente	Requerimiento (kg tn ⁻¹)	IC (%)	Absorción (kg ha ⁻¹)	Extracción (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	80	0,75	207,83	155,87
Fósforo	8	0,84	20,78	17,46
Potasio	33	0,59	85,73	50,58
Azufre	7	0,67	18,18	12,18
Magnesio	9	0,30	23,38	7,01
Calcio	16	0,19	41,56	7,89

Entrada de Nutrientes:

Tabla 28: Aporte de N por FBN.

Sitio Experimental	Tratamiento	Absorción de N (kg ha ⁻¹)	N aportado por FBN (kg ha ⁻¹)
La Petaca	Inoculante A + 50 FDA	289,29	144,645
	Inoculante B + 50 FDA	275,95	137,975
	Inoculante A	268,88	134,44
	Inoculante B	275,59	137,795
Carolina	Inoculante A + 50 FDA	224,78	112,39
	Inoculante B + 50 FDA	225,64	112,82
	Inoculante A	207,83	103,915
	Inoculante B	238,66	141,83

Tabla 29: Entrada Total de N en el ciclo del cultivo.

Sitio Experimental	Tratamiento	N aportado por FDA (kg ha ⁻¹)	N aportado por FBN (kg ha ⁻¹)	Entrada Total de N (kg ha ⁻¹)
La Petaca	Inoculante A + 50 FDA	9	144,645	153,645
	Inoculante B + 50 FDA	9	137,975	146,975
	Inoculante A	0	134,44	134,44
	Inoculante B	0	137,795	137,795
Carolina	Inoculante A + 50 FDA	9	112,39	121,39
	Inoculante B + 50 FDA	9	112,82	121,82
	Inoculante A	0	103,915	103,915
	Inoculante B	0	141,83	141,83

ANEXO IV

La Petaca

Rendimiento (kg/ha)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend Kg/ha	64	0.27	0.19	7.04

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1718580.00	6	286430.00	3.51	0.0051
Tratamiento	750254.15	3	250084.72	3.06	0.0352
Bloque	968325.84	3	322775.28	3.95	0.0125
Error	4653243.18	57	81635.85		
Total	6371823.18	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=202.28348

Error: 81635.8453 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Inoc. "A"+50 FDA	4229.49	16	71.43 A
Inoc. "B"+50 FDA	4034.37	16	71.43 A B
Inoculante "B"	4029.13	16	71.43 A B
Inoculante "A"	3931.09	16	71.43 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=202.28348

Error: 81635.8453 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.
I	4194.76	16	71.43 A
II	4143.53	16	71.43 A
IV	4006.20	16	71.43 A B
III	3879.58	16	71.43 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Peso 1000 granos (g)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000 (g)	64	0.16	0.07	4.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	874.11	6	145.69	1.77	0.1219
Tratamiento	748.41	3	249.47	3.03	0.0367
Bloque	125.71	3	41.90	0.51	0.6778
Error	4694.61	57	82.36		
Total	5568.72	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.42514

Error: 82.3616 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Inoc. "A"+50 FDA	198.23	16	2.27 A
Inoculante "A"	190.81	16	2.27 B
Inoculante "B"	190.39	16	2.27 B
Inoc. "B"+50 FDA	189.91	16	2.27 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=6.42514

Error: 82.3616 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	193.62	16	2.27	A
I	193.39	16	2.27	A
III	192.24	16	2.27	A
II	190.08	16	2.27	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

N° granos/m2

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° granos/m2	64	0.22	0.14	7.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	382906.50	6	63817.75	2.68	0.0232
Tratamiento	61499.38	3	20499.79	0.86	0.4669
Bloque	321407.13	3	107135.71	4.50	0.0067
Error	1357933.25	57	23823.39		
Total	1740839.75	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=109.27524

Error: 23823.3904 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Inoc. "A"+50 FDA	2136.81	16	38.59	A
Inoc. "B"+50 FDA	2123.19	16	38.59	A
Inoculante "B"	2121.38	16	38.59	A
Inoculante "A"	2056.88	16	38.59	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=109.27524

Error: 23823.3904 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	2183.75	16	38.59	A
I	2173.38	16	38.59	A
IV	2062.81	16	38.59	B
III	2018.31	16	38.59	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Plantas/m²

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pl/m2	64	0.05	0.00	8.64

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	35.63	6	5.94	0.47	0.8305
Tratamiento	23.25	3	7.75	0.61	0.6123
Bloque	12.38	3	4.13	0.32	0.8081
Error	726.13	57	12.74		
Total	761.75	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.52690

Error: 12.7390 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Inoculante "B"	42.25	16	0.89	A
Inoculante "A"	41.38	16	0.89	A
Inoc. "A"+50 FDA	41.00	16	0.89	A
Inoc. "B"+50 FDA	40.63	16	0.89	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.52690

Error: 12.7390 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	41.94	16	0.89	A
II	41.50	16	0.89	A
I	41.00	16	0.89	A
III	40.81	16	0.89	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Intercepción de la Radiación en R1

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR R1	64	0.17	0.08	6.42

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	6	0.01	1.91	0.0945
Tratamiento	4.3E-03	3	1.4E-03	0.47	0.7022
Bloque	0.03	3	0.01	3.35	0.0251
Error	0.17	57	3.0E-03		
Total	0.21	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03886

Error: 0.0030 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Inoc. "A"+50 FDA	0.87	16	0.01	A
Inoculante "A"	0.85	16	0.01	A
Inoculante "B"	0.85	16	0.01	A
Inoc. "B"+50 FDA	0.85	16	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.03886

Error: 0.0030 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	0.89	16	0.01	A
I	0.86	16	0.01	A B
II	0.84	16	0.01	B
III	0.83	16	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Intercepción de la Radiación en R3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR R3	64	0.48	0.42	0.36

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6.6E-04	6	1.1E-04	8.71	<0.0001
Tratamiento	5.9E-04	3	2.0E-04	15.79	<0.0001
Bloque	6.1E-05	3	2.0E-05	1.63	0.1914
Error	7.1E-04	57	1.3E-05		
Total	1.4E-03	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00251

Error: 0.0000 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Inoculante "A"	1.00	16	8.9E-04	A	
Inoculante "B"	1.00	16	8.9E-04	A	B
Inoc. "A"+50 FDA	0.99	16	8.9E-04		B
Inoc. "B"+50 FDA	0.99	16	8.9E-04		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.00251

Error: 0.0000 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	1.00	16	8.9E-04	A
III	0.99	16	8.9E-04	A
I	0.99	16	8.9E-04	A
II	0.99	16	8.9E-04	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Materia Seca en R3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS R3	16	0.63	0.38	2.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.52	6	0.42	2.50	0.1047
Tratamiento	2.47	3	0.82	4.89	0.0276
Bloque	0.05	3	0.02	0.11	0.9536
Error	1.51	9	0.17		
Total	4.03	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.65577

Error: 0.1681 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Inoc. "A"+50 FDA	19.00	4	0.20	A	
Inoculante "A"	18.47	4	0.20	A	B
Inoc. "B"+50 FDA	18.31	4	0.20		B
Inoculante "B"	17.91	4	0.20		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.65577

Error: 0.1681 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	18.51	4	0.20	A
III	18.43	4	0.20	A
II	18.41	4	0.20	A
I	18.35	4	0.20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Materia Seca en R6

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS R6	16	0.50	0.17	4.43

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	11.59	6	1.93	1.51	0.2767
Tratamiento	7.27	3	2.42	1.90	0.2003
Bloque	4.32	3	1.44	1.13	0.3890
Error	11.49	9	1.28		
Total	23.08	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.80774

Error: 1.2772 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Inoc. "A"+50 FDA	26.61	4	0.57	A	
Inoculante "A"	25.49	4	0.57	A	B
Inoc. "B"+50 FDA	25.21	4	0.57	A	B
Inoculante "B"	24.79	4	0.57		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.80774

Error: 1.2772 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.	
III	26.41	4	0.57	A
II	25.39	4	0.57	A
IV	25.15	4	0.57	A
I	25.14	4	0.57	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Eficiencia del uso de la radiación

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EUR	16	0,67	0,45	22,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,79	6	0,13	3,02	0,0667
Tratamiento	0,62	3	0,21	4,70	0,0307
Bloque	0,18	3	0,06	1,33	0,3231
Error	0,39	9	0,04		
Total	1,19	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,33487

Error: 0,0438 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
Inoculante "B"	1,16	4	0,10	A		
Inoc. "A" +50 FDA	1,11	4	0,10	A	B	
Inoc. "B" +50 FDA	0,79	4	0,10		B	C
Inoculante "A"	0,70	4	0,10			C

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,33487

Error: 0,0438 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	1,04	4	0,10	A
II	1,03	4	0,10	A
IV	0,92	4	0,10	A
III	0,78	4	0,10	A

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

Carolina

Rendimiento (Kg/ha)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rend Kg/ha	64	0.31	0.24	8.23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1849069.60	6	308178.27	4.24	0.0014
Tratamiento	1640171.66	3	546723.89	7.51	0.0003
Bloque	208897.95	3	69632.65	0.96	0.4194
Error	4147761.69	57	72767.75		
Total	5996831.29	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=190.98068

Error: 72767.7489 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.			
Inoculante "B"	3489.19	16	67.44	A		
Inoc. "B"+50 FDA	3298.84	16	67.44	A	B	
Inoc. "A"+50 FDA	3286.25	16	67.44		B	
Inoculante "A"	3038.40	16	67.44			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=190.98068

Error: 72767.7489 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	3350.08	16	67.44	A
III	3307.78	16	67.44	A
I	3257.86	16	67.44	A
II	3196.96	16	67.44	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Peso 1000 granos (g)**Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Peso 1000 (g)	64	0.37	0.30	4.97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2313.20	6	385.53	5.59	0.0001
Tratamiento	1768.35	3	589.45	8.55	0.0001
Bloque	544.85	3	181.62	2.63	0.0585
Error	3930.55	57	68.96		
Total	6243.74	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.87907*Error: 68.9569 gl: 57*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Inoculante "B"	175.55	16	2.08	A
Inoc. "B"+50 FDA	166.42	16	2.08	B
Inoc. "A"+50 FDA	164.98	16	2.08	B
Inoculante "A"	161.26	16	2.08	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)***Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=5.87907***Error: 68.9569 gl: 57*

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	169.68	16	2.08	A
IV	168.88	16	2.08	A
III	167.46	16	2.08	A B
II	162.19	16	2.08	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)***N° granos/m2****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° granos/m2	64	0.13	0.04	7.13

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	167496.95	6	27916.16	1.43	0.2210
Tratamiento	131714.35	3	43904.78	2.24	0.0932
Bloque	35782.60	3	11927.53	0.61	0.6119
Error	1116436.30	57	19586.60		
Total	1283933.25	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=99.08308*Error: 19586.6017 gl: 57*

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Inoc. "A"+50 FDA	1994.82	16	34.99	A
Inoculante "B"	1987.65	16	34.99	A
Inoc. "B"+50 FDA	1982.40	16	34.99	A B
Inoculante "A"	1884.02	16	34.99	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=99.08308

Error: 19586.6017 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.
IV	1983.19	16	34.99 A
III	1972.32	16	34.99 A
II	1971.31	16	34.99 A
I	1922.07	16	34.99 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Plantas/m2

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Plantas/m2	64	0.11	0.02	9.00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	87.34	6	14.56	1.17	0.3339
Tratamiento	58.92	3	19.64	1.58	0.2038
Bloque	28.42	3	9.47	0.76	0.5195
Error	707.77	57	12.42		
Total	795.11	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.49475

Error: 12.4169 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Inoc. "A"+50 FDA	40.25	16	0.88 A
Inoc. "B"+50 FDA	39.50	16	0.88 A B
Inoculante "B"	39.31	16	0.88 A B
Inoculante "A"	37.63	16	0.88 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=2.49475

Error: 12.4169 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.
I	40.13	16	0.88 A
III	39.25	16	0.88 A
IV	39.06	16	0.88 A
II	38.25	16	0.88 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Intercepción de la Radiación en R1

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR R1	64	0.21	0.13	12.24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.08	6	0.01	2.54	0.0301
Tratamiento	0.06	3	0.02	3.77	0.0154
Bloque	0.02	3	0.01	1.31	0.2812
Error	0.28	57	4.9E-03		
Total	0.36	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04970

Error: 0.0049 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Inoc. "B"+50 FDA	0.61	16	0.02	A	
Inoc. "A"+50 FDA	0.60	16	0.02	A	B
Inoculante "A"	0.55	16	0.02		B C
Inoculante "B"	0.54	16	0.02		C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.04970**

Error: 0.0049 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
III	0.60	16	0.02	A
II	0.58	16	0.02	A
I	0.56	16	0.02	A
IV	0.55	16	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)**Intercepción de la Radiación en R3****Análisis de la varianza**

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
IR R3	64	0.57	0.52	2.14

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.03	6	0.01	12.49	<0.0001
Tratamiento	0.02	3	0.01	16.95	<0.0001
Bloque	0.01	3	3.4E-03	8.03	0.0001
Error	0.02	57	4.2E-04		
Total	0.06	63			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01456

Error: 0.0004 gl: 57

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Inoculante "A"	0.97	16	0.01	A
Inoc. "A"+50 FDA	0.97	16	0.01	A
Inoculante "B"	0.97	16	0.01	A
Inoc. "B"+50 FDA	0.93	16	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)**Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.01456**

Error: 0.0004 gl: 57

Bloque	Medias	n	E.E.	
IV	0.97	16	0.01	A
II	0.97	16	0.01	A
III	0.96	16	0.01	A
I	0.94	16	0.01	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Materia Seca en R3

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS R3	16	0.25	0.00	5.60

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.19	6	0.70	0.51	0.7877
Tratamiento	3.76	3	1.25	0.91	0.4724
Bloque	0.43	3	0.14	0.11	0.9547
Error	12.34	9	1.37		
Total	16.54	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.87333

Error: 1.3716 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Inoculante "A"	21.65	4	0.59 A
Inoc. "A"+50 FDA	20.90	4	0.59 A
Inoc. "B"+50 FDA	20.73	4	0.59 A
Inoculante "B"	20.31	4	0.59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=1.87333

Error: 1.3716 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.
IV	21.09	4	0.59 A
I	21.01	4	0.59 A
III	20.80	4	0.59 A
II	20.68	4	0.59 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Materia Seca en R6

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS R6	16	0.29	0.00	2.54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.46	6	0.24	0.62	0.7084
Tratamiento	1.36	3	0.45	1.17	0.3754
Bloque	0.10	3	0.03	0.08	0.9675
Error	3.50	9	0.39		
Total	4.95	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.99687

Error: 0.3884 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Inoc. "A"+50 FDA	24.89	4	0.31 A
Inoculante "B"	24.66	4	0.31 A
Inoc. "B"+50 FDA	24.22	4	0.31 A
Inoculante "A"	24.21	4	0.31 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p<= 0.05)

Test:LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.99687

Error: 0.3884 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.	
II	24.62	4	0.31	A
IV	24.48	4	0.31	A
I	24.47	4	0.31	A
III	24.40	4	0.31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$)

Eficiencia del uso de la radiación

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
EUR	16	0,51	0,18	26,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,55	6	0,09	1,54	0,2694
Tratamiento	0,52	3	0,17	2,92	0,0930
Bloque	0,03	3	0,01	0,16	0,9209
Error	0,53	9	0,06		
Total	1,08	15			

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,38891

Error: 0,0591 gl: 9

Tratamiento	Medias	n	E.E.		
Inoc. "B" +50 FDA	1,13	4	0,12	A	
Inoculante "A"	1,02	4	0,12	A	B
Inoculante "B"	0,86	4	0,12	A	B
Inoc. "A" +50 FDA	0,65	4	0,12		B

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

Test:LSD Fisher Alfa=0,05 DMS=0,38891

Error: 0,0591 gl: 9

Bloque	Medias	n	E.E.	
I	0,95	4	0,12	A
III	0,94	4	0,12	A
IV	0,92	4	0,12	A
II	0,85	4	0,12	A

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