

Ripa, Lisandro

Efectos de distintos nutrientes sobre el rendimiento, peso de mil granos, número de granos y número de nódulos de soja en la localidad de Carmen de Areco

**Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria
Facultad de Ciencias Agrarias**

Este documento está disponible en la Biblioteca Digital de la Universidad Católica Argentina, repositorio institucional desarrollado por la Biblioteca Central "San Benito Abad". Su objetivo es difundir y preservar la producción intelectual de la Institución.

La Biblioteca posee la autorización del autor para su divulgación en línea.

Cómo citar el documento:

Ripa, L. 2015. Efectos de distintos nutrientes sobre el rendimiento, peso de mil granos, número de granos y número de nódulos de soja en la localidad de Carmen de Areco [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/efectos-distintos-nutrientes-rendimiento.pdf> [Fecha de consulta:.....]



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

“EFECTOS DE DISTINTOS NUTRIENTES SOBRE EL RENDIMIENTO, PESO DE MIL GRANOS, NÚMERO DE GRANOS Y NÚMERO DE NÓDULOS DE SOJA EN LA LOCALIDAD DE CARMEN DE ARECO”

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero en Producción Agropecuaria**

Autor: Lisandro Ripa

Profesor Tutor: Inés Daverede

Fecha: 24/06/2015



Resumen

En los últimos cinco años, se ha observado una pérdida de la fertilidad natural de los suelos del Noreste de la Provincia de Buenos Aires (Ferraris, G. 2009). La falta de rotación con gramíneas, combinado con una baja fertilización de reposición, fueron las causas principales de este deterioro. El objetivo de este trabajo fue evaluar los parámetros: rendimiento, peso de mil (P1000), número de granos (NG) y número nódulos sobre un cultivo de soja sometida a distintos tratamientos de fertilización en un lote de la localidad de Carmen de Areco. Para ello se realizó un diseño en bloques completos distribuidos al azar, con cuatro repeticiones y siete tratamientos, los cuales fueron: T1: Testigo; T2: **20 kg P ha⁻¹**; T3: **20 kg P ha⁻¹ + 10 kg S ha⁻¹**; T4: **T3 + Zn**; T5: **doble dosis P + S**; T6: **T3 + Nfoliar**; T7: **T5 + Nfoliar**. Posteriormente, se realizó el análisis de la varianza y se contrastaron los tratamientos para conocer el efecto de cada nutriente sobre las variables de estudio. La respuesta en rendimiento a P fue de 218 kg ha⁻¹ (T2 vs T1; p>0,045) y la respuesta a la doble dosis de P + S fue de 297 kg ha⁻¹ (T5 vs T3; p>0,009). La fertilización con P produjo un aumento del P1000 de 5g (T2 vs T1; p>0,054), mientras que la fertilización con N foliar lo aumentó en 5,4 g (T6 vs T3; p>0,03). La fertilización con doble dosis de P + S produjo un aumento de 152 en el NG. Las aplicaciones de P, Zn y doble dosis de S + P aumentaron el número de nódulos en 12, 24 y 13 nódulos, respectivamente (p< 0,05). El P aumentó el rendimiento a través de un aumento en el P1000 mientras que la doble dosis de P + S produjo un mayor rendimiento debido a un aumento del NG. El incremento del número de nódulos por la aplicación de Zn no se vio reflejado en un aumento del rendimiento. Como conclusión, se comprobó que la soja responde significativamente al agregado de P y de dosis altas de P + S.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Índice

1. Introducción	4
2. Objetivos	7
3. Materiales y Métodos	8
Siembra	9
Recuento de nódulos	10
Cosecha	10
4. Resultados y discusión	11
Rendimiento	12
Peso de 1000 (mil) Semillas	14
Numero de granos por metro cuadrado	15
Nódulos por planta	16
5. Conclusiones	18
6. Bibliografía	19
7. Anexo – Informe estadístico	23
Estadística descriptiva	24
Informe de recuento de nódulos	24
Informe de análisis de suelo	25



1. Introducción:

El cultivo de soja, *Glycine max* (L) Merr. es una especie de la familia de las leguminosas (Fabaceae) cultivada por sus semillas, de medio contenido en aceite y alto de proteína. Es nativa del norte y centro de China, procede de la especie *Glycine ussuriensis* que crece silvestre en gran parte de China y Japón. Llegó a la Argentina en 1862, sin embargo, pasaron varios años hasta que realmente se desarrolló esta oleaginosa. En 1962, se realizó la primera exportación de soja del país desde el puerto de Rosario, aunque la producción se mantuvo casi irrelevante hasta fines de la década del 80.

Ya en la década del 90, gracias a las mejoras genéticas, se introdujeron en Argentina variedades con ciclos más cortos (grupos 4 y 3) que ayudaron a que el cultivo se adaptara mejor a la principal región agrícola del país que es la pampa húmeda.

En la actualidad, el poroto de soja y sus derivados (pellets, harina, aceite.) constituyen el principal rubro de exportación de la Argentina, uno de los países productores líderes a nivel mundial. Esta expansión de la producción de soja se dio por varios procesos. El primero es una expansión de la frontera agrícola debido a un desmonte acelerado y al reemplazo de sistemas naturales y semi naturales por soja. El segundo, un incremento virtual resultante de la introducción de la “soja de segunda” lo que permite realizar dos cosechas anuales (trigo-soja) donde antes se realizaba una sola, trayendo como consecuencia un uso más intensivo del suelo (Paruelo et al. 2005). El tercer mecanismo de expansión es el reemplazo de otros cultivos (maíz, girasol, sorgo) o producciones ganaderas por soja debido a la baja rentabilidad de los mismos comparado con el cultivo de soja (Satorre 2005). En la campaña 2012-2013 se sembraron 19,5 millones de hectáreas de soja produciendo 48,3 millones de toneladas de poroto; ubicando a la Argentina, en el tercer lugar a nivel mundial detrás de USA y Brasil.

Durante los primeros años de cultivo, se consideraba que la soja poseía baja respuesta a la fertilización, pero la investigación con el transcurrir de los años viene demostrando que si bien presenta menor respuesta que gramíneas como maíz y trigo, en general responde a la fertilización directa (Casas, 2005). Esta respuesta se incrementó en los últimos años ya que los suelos se encuentran cada vez más frágiles



y pobres de nutrientes debido principalmente a la ausencia de rotaciones que hagan aportes voluminosos de materia orgánica.

En los suelos del Noreste de la provincia de Buenos Aires la caída abrupta en los niveles de nutrientes se explica principalmente por el modelo agrario que se implementa en la región, donde el 80% de los campos productivos se explotan bajo un sistema de arrendamiento a terceros, cuyos protagonistas principales son los llamados “pooles de siembra” que no son propietarios de la tierra y por lo general no disponen de mucho capital propio. Dentro de este modelo productivo, las 2/3 partes de la extensión agrícola son destinadas al cultivo de soja (Grosso, 2009), donde no se contempla la realización de buenas prácticas como por ejemplo, rotaciones de cultivo, reposición de niveles de nutrientes, labores anti erosivas, producción de cobertura vegetal, inversión en infraestructura, etc.

Un ejemplo claro de la problemática, resulta el estudio de García (2004), donde estimó que para las sojas que se obtienen en la actualidad, y de acuerdo con la extracción que posee el cultivo, para la campaña 2003/04 se repusieron solo el 30%, 40% y 15% del nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) exportados, respectivamente.

Andrade y col. (1996) determinaron que para un rendimiento de 4000 kg ha^{-1} se requieren 32 kg P ha^{-1} y se exportan con el grano 27 kg P ha^{-1} .

Fontanetto et al. (2006) observaron que para la zona central del país las tasas de P disponible del suelo (Bray I) decrecen 1, 2 a $1,6 \text{ mg kg}^{-1}/\text{año}$, lo que provocó que toda la zona centro-oriental presente una deficiencia generalizada de este nutriente, con valores que no superan los 10 mg kg^{-1} en la capa 0-20 cm del suelo.

El P es importante para los cultivos y en especial para la soja, porque interviene en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta, tales como respiración, síntesis y descomposición de glúcidos, síntesis de proteínas, actividad de las diastasas, etc. La disponibilidad de fósforo corresponde solo a una pequeña fracción del fosforo total contenido en el suelo, denominada fosforo soluble, la cual es absorbida por las plantas en forma de fosfatos (PO_4). Que exista una adecuada disponibilidad de P para el cultivo es fundamental para el logro de un crecimiento rápido y el desarrollo adecuado tanto en su parte aérea como radicular.



Respecto al N, la planta de soja debe acumular altas concentraciones para lograr los contenidos de proteínas que son característicos de sus granos, algunos valores promedios llegan hasta un 40% (González, 1997). Se estima que para una producción de 3000 kg de soja, se necesitarían aproximadamente 240 kg de N. Los requerimientos son cubiertos principalmente, en orden decreciente de importancia, 1- Por medio de la fijación biológica de nitrógeno (FBN), 2- Por el aporte realizado por la mineralización de la materia orgánica (MO) del suelo y 3- Por el agregado de fertilizantes. Algunos autores afirman que en sojas de altos rendimientos que requieren de una elevada disponibilidad de N, el aporte de este elemento por el suelo y la fijación biológica puede no resultar suficiente y una aplicación tardía de N puede resultar en aumentos de rendimientos (Wesley et al. 1998).

El S se encuentra formando parte de proteínas estructurales de la planta por esto es que su disponibilidad debe ser adecuada desde la germinación. La deficiencia de S en soja puede reducir la síntesis de las enzimas que forman parte del aparato fotosintético. Cabe considerar también que debido a la estrecha relación entre el metabolismo del S y del N, las deficiencias del primero afectan la asimilación y concentración de N en las hojas. En los últimos años se han observado respuestas a la fertilización azufrada en soja; principalmente en suelos degradados, con muchos años de agricultura continua y baja rotación con gramíneas. Según el análisis de resultado de varios ensayos hasta el momento realizados, podemos resumir que las respuestas a S en soja son significativas y varían entre 300 y 800 kg ha⁻¹ (Díaz Zorita, et al. 2002), algunos de ellos también han permitido determinar umbrales críticos de S-sulfatos a 0-20 cm de profundidad en pre-siembra, con valores generalmente cercanos a 10 mg kg⁻¹ S-sulfatos, por debajo de los cuales la respuesta es altamente probable.

El zinc (Zn) forma parte del grupo de los micronutrientes y su función es intervenir en el proceso de síntesis de proteínas. Si bien a lo largo de toda la región pampeana no se han detectado deficiencias de este nutriente en forma visual, es sabido que de detectarse alguna, estaría relacionado con suelos de baja fertilidad natural o muchos años de agricultura continua (Fancelli, 2006). La presencia de Zn en el suelo está estrechamente relacionada a la materia orgánica que este posea. Gambaudo et al. (2011) observaron respuestas en rendimiento de 5 hasta 10% cuando el Zn fue aplicado en forma foliar como quelato. Se cree también que una deficiencia de Zn dificulta la formación de nódulos afectando la cantidad, calidad y tamaño de los mismos debido a que el nutriente interviene en la formación de Leg hemoglobina responsable de la fijación de nitrógeno atmosférico.



A modo de síntesis, a pesar de la mayor fertilidad natural de los suelos del noreste de la provincia de Buenos Aires respecto a otras zonas del país y a la menor respuesta de la soja a la fertilización comparada con otras especies, existe una serie de factores referidos a la producción de soja, tales como: el importante consumo y exportación de nutrientes, los 30 años de cultivo cada vez más intensivos y por último los rendimientos crecientes que determinan que cada vez sea más factible empezar a encontrar respuesta a la aplicación de algunos nutrientes. El P sin duda es el elemento con mayor factibilidad de encontrar respuestas en algunas zonas de producción del país, al que se le agrega ahora el S en algunas áreas de la Región Pampeana y ya se reportan algunos casos de bajas disponibilidades de micronutrientes (B, Zn y Cu).

De lo expuesto anteriormente surgen las hipótesis del experimento:

1. La fertilización con P aumenta el rendimiento, el NG y el número nódulos, mientras disminuye el P1000 del cultivo de soja.
2. La fertilización con S aumenta el rendimiento y el NG mientras que no afecta el P1000 ni la cantidad de nódulos.
3. El aporte de Zn aumenta el rendimiento, el NG y el número de nódulos pero no tiene efecto sobre el P1000.
4. La aplicación de P + S produce aumento del rendimiento, el NG, el P1000 y el número de nódulos.
5. La aplicación de doble dosis de P + S produce aumentos en el rendimiento, NG, P1000 y número de nódulos comparándolo con una base simple de P y S.
6. La aplicación de N foliaren R5 se traduce en mayor rendimiento y P1000 mientras que no afecta el NG.

2. Objetivos

1. Evaluar el efecto de la fertilización con P sobre el rendimiento, el NG, el P1000 y el número de nódulos.
2. Evaluar el efecto del S sobre el rendimiento, el NG, el P1000 y el número de nódulos.
3. Evaluar el efecto del Zn sobre el rendimiento, NG, P1000 y el número de nódulos.
4. Evaluar el efecto de la aplicación de P + S sobre el rendimiento, el NG, el P1000 y el número de nódulos.
5. Evaluar el efecto de la aplicación de doble dosis de P + S sobre el rendimiento, el NG, el P1000 y el número de nódulos.
6. Evaluar el efecto del N foliar sobre el rendimiento, NG y P1000.

3. Materiales y Métodos.

El ensayo se realizó en un lote ubicado en la localidad de Carmen de Areco, provincia de Buenos Aires, más precisamente sobre el km 133 de la Ruta Nacional 7.

Coordenadas: 34° .25'03.22" S 59° 45' 57.17" O

Figura 1, Plano del lote donde se realizó el ensayo.



El suelo corresponde a un Argiudol vértico, cuya principal limitante es la baja permeabilidad ya que presentan mayor contenido de arcilla; esto ocasiona un menor ingreso y redistribución del agua en el perfil afectando el normal abastecimiento hídrico de los cultivos. La serie a la cual pertenece es Gouin (Go), el tipo de unidad es una consociación, clasificada en capacidad de uso, IIIw, con un índice de productividad de 63,0 A. Sus componentes taxonómicos son Gouin en un 100% loma baja, siendo un suelo muy oscuro, no muy profundo, que se encuentra en un paisaje de planos altos, pobremente drenados, de pendiente 0 a 1 % y bien provisto de materia orgánica (3.9%).



Para la realización del análisis de suelo, se tomaron muestras 10 días antes de la siembra a diferentes profundidades, de 0 a 20 cm y de 20 a 40 cm, siendo los resultados del análisis:

Tabla 2. Análisis de suelos del sitio experimental (0-20 y 20-40cm). Campañas 2013-2014.

Lote	Prof.	pH	%M.O	Bray I (mgkg-1)	S-S04 (mgkg-1)	Zn (mgkg-1)	N-N03
C. de Areco	0-20	6,5	3,3	15.,4	15	1.1	13
	20-40	6,7	-	-	12	-	15

El clima del área es templado húmedo, siendo el régimen pluviométrico de tipo monzónico. La precipitación media anual es de 946 mm (EEA INTA Pergamino) y de 1000 mm (EEA INTA San Pedro). Respecto a la temperatura del aire, la media anual es de 16 °C (EEA INTA Pergamino) y de 17,6 °C. (EEA INTA San Pedro).

Siembra

El ensayo se realizó sobre un cultivo de soja. El cultivo antecesor también había sido soja. Se realizó el barbecho químico en julio de 2013 con 3 L ha⁻¹ de glifosato y 5 gha⁻¹ de metsulfurón para evitar la emergencia temprana de rama negra (*Conyza bonariensis*). La semilla utilizada fue la variedad de DM 3810. Se usó Cura semilla (Tiram 12,5% y Carbendazim 12,5%) al que también se le adicionó Inoculante Tradicional Rizobacter. El 10 de octubre de 2013 se procedió a hacer una pulverización para controlar en su mayoría gramíneas anuales en estado de encañazón y un escape de rama negra en tamaño de roseta, se utilizó 2 L Panzer gold (glifosato al 56%) + 500cc de 2,4d sal amina + 60 g de Clorimurón. El 12 de octubre después de una lluvia de 56 mm se realizó la aplicación al voleo de los tratamientos sobre la parcela (ver diseño del ensayo). El día 08 de noviembre de 2013 se procedió a sembrar bajo sistema directa, a 35 cm. de distancia entre surcos, utilizando una sembradora con sistema de dosificador a placa. (AgrometalMEGA) de 16 surcos. Se realizó un diseño en bloques completos al azar (DBCA) con 4 réplicas. Las parcelas utilizadas



fueron de 3 m de ancho por 5 m de largo, con un total de 32 parcelas. Cada unidad experimental o parcela contó con un total de 8 surcos.

Tabla 3. Estrategias de fertilización evaluadas en soja de primera. Los fertilizantes fueron aplicados al voleo 30 días pre-siembra.

	N	P	S	N Foliar	Zn	Fuente
Tratamiento	Nutriente, Kgha-1					
T1	8.3	0	0			Urea.
T2	9.5	20	0			MAP
T3	8.5	20	12			Micro Essential 3810
T4	14.5	21	12		1	Micro Essential Zn
T5	17	40	24			Doble D. Micro Essential 3810
T6	8.5	20	12	25		Micro Essential 3810 + Foliarsol
T7	17	40	24	25		Doble D. Micro Essential 3810 + Foliarsol

Urea, MAP y Microessentials se aplicaron al voleo en pre siembra, 30 días antes de la misma, mientras que la aplicación de Foliarsol se realizó en el estadio de R5 del cultivo con mochila pulverizadora.

Recuento de nódulos

En el estadio de R5, cuando se hizo la aplicación foliar de N, se realizó el recuento de nódulos por planta. Se extrajeron de cada parcela 2 plantas al azar por cada tratamiento. Luego se procedió a lavar las raíces y a contar los nódulos, tanto en raíz principal como secundarias.

Cosecha

El 2 de junio de 2013 se realizó la cosecha. Se cosecharon 2 m² de los surcos centrales de cada parcela en forma manual, no dejando ninguna vaina sobre el mismo. Las plantas se guardaron cuidadosamente en bolsas de polietileno para su posterior trillado con una ALMACO HP 5 en el laboratorio del INTA Castelar.

4. Resultados y discusión

Durante el ensayo, se registraron un total de 1283 mm de precipitaciones (noviembre-abril), lo que indica haber sido un año muy húmedo, superando a la media histórica ampliamente, (Figura 1).

En los meses de septiembre, octubre y noviembre del 2013, las precipitaciones fueron superiores a las históricas y permitieron que la siembra se realice con los perfiles en capacidad de campo. En el mes de diciembre, se produjo un intervalo sin lluvias de casi 25 días donde el cultivo se encontró varios días con stress térmico e hídrico, situación que se revirtió rápidamente cuando empezaron las precipitaciones nuevamente a fines de diciembre. A partir de allí hasta fines de abril las precipitaciones estuvieron muy por encima de las medias históricas. El lote donde se realizó el ensayo se trató de una loma baja, con poca pendiente y poco drenaje, lo que hizo que el cultivo se encuentre durante varios momentos encharcado. Esto último afectó principalmente la floración, y el cuajado de los granos y por ende se vio disminuido el potencial de rendimiento.

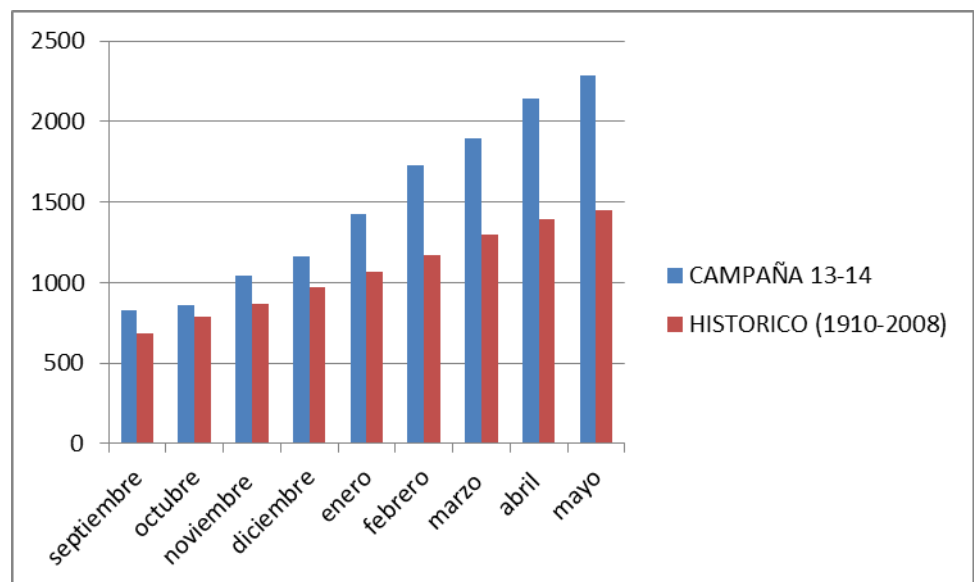


Figura 1. Registro de precipitaciones histórico vs. Campaña 2013-14. Elaboración propia en base a datos del grupo de Agrometeorología del INTA Pergamino.



Rendimiento:

El efecto de los tratamientos presentó diferencias significativas según el análisis de variancia ($p < 0,03$, valores absolutos en anexo). La diferencia entre medias se analizó mediante contrastes (tabla 4).

Tabla 4. Diferencias de rendimiento en soja entre distintos tratamientos y su valor p analizado mediante contrastes en la localidad de Carmen de Areco. T1: Testigo; T2: 20 kg P ha⁻¹; T3: 20 kg P ha⁻¹ + 10 kg S ha⁻¹; T4: T3 + 1 kg Zn ha⁻¹; T5: doble dosis P + S (PP + SS); T6: T3 + Nfoliar (25 kg N ha⁻¹); T7: T5 + Nfoliar (25 kg N ha⁻¹).

Contraste	Factor en estudio	Diferencial (kg ha ⁻¹)	p – valor
T2 vs T1	P	218	0,045
T3 vs T2	S	-181	0,091
T3 vs T1	S + P	37	0,72
T4 vs T3	Zn	21	0,83
T5 vs T3	SS + PP	297	0,009
T6 vs T3	Nfoliar	15	0,881
T7 vs T5	Nfoliar	-68	0,509

Respecto de la respuesta en rendimiento al agregado de **P** (T2 vs T1), el contraste arrojó una diferencia significativa de 218 kg ha⁻¹ ($p < 0,045$). Estos datos coinciden con los expuestos por Ferraris et al. (2009), en una red de más de 30 ensayos realizados en lotes de producción del área Noreste de la provincia de Buenos Aires, donde observaron respuestas significativas entre 150 y 600 kg ha⁻¹.

La respuesta al agregado de **S** (T3 vs T2) fue significativamente negativa en -181 kg ha⁻¹ ($p < 0,091$). No se encontraron referencias de autores que coincidieran con este resultado, pero Cicore et al. (2004), en Balcarce sobre un Argiudol típico con 6,9



mg S kg⁻¹ suelo (0-60 cm), no detectaron respuesta significativa a la aplicación de 15 kg S ha⁻¹. Otros autores difieren como Vivas, et al (2009), que detectaron aumentos significativos que van desde los 240 hasta 350kg ha⁻¹.

La respuesta al agregado de una dosis simple de P + S (T3 vs T1), no arrojó diferencias significativa (p>0,1). Boga y Ramirez (2014), con la misma dosis aplicada de P y S obtuvieron un diferencial de rendimiento de 193kg ha⁻¹.

La doble dosis de P +S (T5 vs T3), arrojó diferencias muy significativas (p valor <0,009) con un diferencial de rendimiento de 297 kg ha⁻¹. Ensayos realizados por Fertilizar Asociación Civil (2014) con dosis altas de P y S alcanzaron aumentos de hasta 420 kg ha⁻¹.

Respecto de la respuesta en el rendimiento al factor Zn (T4 vs. T3), el contraste no arrojó diferencias significativas (p>0,1). En disidencia con este último resultado, Boga y Ramírez (2014) obtuvieron una respuesta significativa al agregado de Zn de 355kg ha⁻¹. Otros autores también obtuvieron resultados favorables. Por ejemplo, González Montaner y Di Napoli (1997) encontraron respuestas significativas a Zn en 3 de 13 sitios en las Rosas (Santa Fe), y Carta et al. (2001) determinaron incrementos significativos en un ensayo de 9 de Julio (Bs As). Melgar et al. (2001), trabajando en 14 sitios del N de Bs As y Sur de Santa Fe, observaron incrementos estadísticamente significativos en el 36 % de los casos estudiados.

La respuesta al N foliar se evaluó mediante dos contrastes; el primero con una base simple de P + S (T6 vs T3), y el segundo con base doble de S + P (T7 vs T5). Ambos contrastes no arrojaron diferencias significativas a la aplicación tardía de N. Coincidiendo con esto, Wingeyer et al. (2005), fertilizaron a la soja con 2 dosis diferentes (20 kg N ha⁻¹ y 40 kg N ha⁻¹) y no obtuvieron respuestas significativas en rendimiento.



Peso de Mil (P1000)

El efecto del tratamiento no presentó diferencias significativas según el análisis de variancia ($p > 0,1$; Valores absolutos en anexo). La diferencia entre medias se analizó mediante contrastes (tabla 5).

Tabla 5. Diferencias de P1000 entre distintos tratamientos y su valor p analizado mediante contrastes en la localidad de Carmen de Areco. T1: Testigo; T2: 20 kg P ha⁻¹; T3: 20 kg P ha⁻¹ + 10 kg S ha⁻¹; T4: T3 + 1 kg Zn ha⁻¹; T5: doble dosis P + S (PP + SS); T6: T3 + Nfoliar (25 kg N ha⁻¹); T7: T5 + Nfoliar (25 kg N ha⁻¹).

Contraste	Factor en estudio	Diferencial (g)	p – valor
T2 vs T1	P	5	0,054
T3 vs T2	S	-3,5	0,153
T3 vs T1	S + P	1,34	0,577
T4 vs T3	Zn	-0,12	0,96
T5 vs T3	SS + PP	1,3	0,597
T6 vs T3	Nfoliar	5,4	0,03
T7 vs T5	Nfoliar	-0,03	0,989

Respecto del efecto del P sobre el P1000 (T2vsT1), el contraste arrojó una diferencia significativa de 5g ($p < 0,05$) Contrariamente, Gutiérrez Boem et al. (2002), no encontraron variaciones en el P1000 al agregado de P ($p > 0,05$). Además mencionan que la caída en los rendimientos producto de una deficiencia de P, se debe en general a una disminución en el NG y que el P1000 raramente se ve afectado.

Los contrastes para el factor S (T3 vs T2); S + P (T3 vs T1); Zn (T4 vs T3) y doble dosis de P + S (T6 vs. T3) no arrojaron variaciones significativas en el P1000 ($p > 0,1$).



Respecto al N foliar, se realizaron dos contrastes. El primero, con base de S+P (T7 vs T3), arrojó un diferencial significativo de 5,4 g ($p < 0,03$). Este resultado disiente de lo expuesto tanto por Wingeyer et al. (2005) como Fontanetto et al. (2009), quienes compararon distintas dosis aplicadas de N foliar en estadio reproductivo y el P1000 en la mayoría de los casos no se modificó o lo hizo negativamente. El segundo contraste, con base doble de S + P no obtuvo diferencias significativas ($p > 0,1$).

Número de granos (NG)

El efecto del tratamiento no presentó diferencias significativas según el análisis de variancia ($p > 0,1$; valores absolutos en anexo). La diferencia entre medias se analizó mediante contrastes (tabla 6).

Tabla 6. Diferencias de NG entre distintos tratamientos y su valor p analizado mediante contrastes en la localidad de Carmen de Areco. T1: Testigo; T2: 20 kg P ha⁻¹; T3: 20 kg P ha⁻¹ + 10 kg S ha⁻¹; T4: T3 + 1 kg Zn ha⁻¹; T5: doble dosis P + S (PP + SS); T6: T3 + Nfoliar (25 kg N ha⁻¹); T7: T5 + Nfoliar (25 kg N ha⁻¹).

Contraste	Factor en estudio	Diferencial(número)	p – valor
T2 vs T1	P	79	0,266
T3 vs T2	S	-69	0,328
T3vs T1	S + P	9,9	0,888
T4 vs T3	Zn	14	0,841
T5 vs T3	SS + PP	162	0,03
T6 vs T3	Nfoliar	-46	0,512
T7 vs T5	Nfoliar	-36	0,612



Para NG, el análisis de contraste arrojó diferencias significativas solamente para doble dosis P + S ($p < 0,03$). El diferencial fue de 162 granos por m^2 . Referido a esto, Gutiérrez Boem et al (2002) determinaron que en más del 90% de los casos, los incrementos en el rendimiento se explican por variaciones en el NG.

Para el resto de los factores; P, S, P + S, Zn y N foliar los contrastes no resultaron significativos ($p > 0,1$).

Nódulos.

El efecto del tratamiento presentó diferencias significativas según el análisis de variancia ($p < 0,001$, valores absolutos en anexo). La diferencia entre medias se analizó mediante contrastes (tabla 7).

Tabla 7. Diferencias de número nódulos por planta entre distintos tratamientos y su valor p analizado mediante contrastes en la localidad de Carmen de Areco. T1: Testigo; T2: 20 kg P ha^{-1} ; T3: 20 kg P ha^{-1} + 10 kg S ha^{-1} ; T4: T3 + 1 kg Zn ha^{-1} ; T5: doble dosis P + S (PP + SS).

Contraste	Factor en estudio	Diferencial	p – valor
T2 vs T1	P	12	0,011
T3 vs T2	S	-2,5	0,57
T3vs T1	S + P	9,8	0,037
T4 vs T3	Zn	24	0,0001
T5 vs T3	SS + PP	13	0,008

Respecto de la respuesta en el número de nódulos al agregado de **P** (T2 vs T1), el contraste arrojó una diferencia significativa de 12 nódulos. Estos datos coinciden con los expuestos por Salvagiotti et al. (2008) quienes afirman que el número, volumen y peso seco de los nódulos puede incrementarse al controlar las deficiencias de P.

Para el factor **S** sobre el número de nódulos (T3 vs T2), el contraste arrojó una diferencia mínima no significativa ($p > 0,1$). Gerster y Novello (2003), demostraron



que los tratamientos que incluían S en soja presentaron la mayor cantidad de nódulos en raíz principal.

La respuesta al agregado de una dosis simple de **P + S** (T3 vs T1) fue significativa y promedió 10 nódulos ($p < 0,03$). Coincidiendo con esto, Gerster et al. (2002), concluyeron que los tratamientos que incluían **P + S** en forma combinada presentaron la mayor cantidad de nódulos en raíz principal.

Respecto al Zn (T4 vs T3), el contraste arrojó el mayor diferencial de todos; El T4 formó 24 nódulos más que el T3. La respuesta fue muy significativa ($p < 0,001$). Si bien la disponibilidad en el suelo se ubicaba por encima de los valores considerados como umbrales de respuesta ($1,1 \text{ mgkg}^{-1}$), se observó claramente un efecto positivo del Zn sobre la nodulación. No se encontraron referencias de otros autores que ratifiquen estos resultados, sin embargo Zimer y Mendel en 1999 ya decían que la fijación biológica de N se veía potenciada por nutrientes tales como Fe, Zn y Mo que son esenciales para la formación de la enzima nitrogenasa.

La doble dosis **P + S** (T5 vs T3), produjo un aumento de 13 nódulos ($p < 0,008$). Gerster et al. (2002), confirman que existe una tendencia lineal y positiva del **P** y **S** sobre la nodulación.



5. Conclusiones.

- La fertilización con P produjo un aumento significativo del rendimiento, así como también del P1000, mientras que no registró diferencias en el NG. El número de nódulos por planta también incrementó debido al P.
- El factor S produjo un efecto significativo de disminución del rendimiento. No se registraron respuestas significativas sobre NG y P1000 como así tampoco sobre el número de nódulos. La nula respuesta del S sobre las variables analizadas podría deberse a que los niveles en el suelo de este nutriente (15 mg kg^{-1}) eran suficientes para cubrir los requerimientos del cultivo. Las referencias bibliográficas ubican umbrales críticos de S-sulfatos a 0-20 cm en valores cercanos a 10 mg kg^{-1} S-sulfatos, por debajo de los cuales la respuesta es altamente probable.
- La aplicación de una dosis simple de P + S no produjo efectos significativos sobre el rendimiento, el P1000, ni el NG pero sí favoreció el número de nódulos.
- Respecto al factor Zn, se comprobó el efecto positivo y significativo sobre el número de nódulos pero no se registraron diferencias significativas para rendimiento, P1000 y NG.
- El tratamiento con doble dosis de P + S produjo el efecto más significativo sobre el rendimiento. El diferencial de 297 kg ha^{-1} es superior que los valores de referencia obtenidos por otros autores para la dosis aplicada (40 kg P ha^{-1} ; 24 kg S ha^{-1}), que se ubican en el orden de los 200 a 250 kg ha^{-1} (Fontanetto et al. 2009). El NG fue la variable que se incrementó para permitir el mayor rendimiento, mientras que el



P1000 no sufrió modificación. El número de nódulos aumentó con la doble dosis de P + S.

- El N foliar incrementó el P1000 en uno de los dos tratamientos que lo contenían.

6. Bibliografía.

- Albrecht, R; H. S. Vivas; H. Fontanetto y J. L. Hotián 2000. Residualidad del fósforo y del azufre en Soja sobre dos secuencias de cultivos. Campaña 1999-2000. INTA EEA Rafaela. Información Técnica Cultivos de Verano. Publicación Miscelánea N° 93.
- Andriulo, A.; J. Galantini; F. Abrego y F. Martínez. 1996. Exportación y balance edáfico de nutrientes después de ochenta años de agricultura continúa. En: 13° Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Aguas de Lindoia, Sao Paulo, Brasil.
- Berardo A; F. Grattone 2000. Fertilización fosfatada requerida para alcanzar niveles objetivo de P-Bray en un Argiudol. Actas XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Comisión III- Trabajo número 8.
- Blanchet R.; Bouniois, A. determinate soybeans to fertilizing irrigation in soils. IV Conferencia Mundial en Soja 740-745.
- Bodrero M.; F. Nacayama; R. Martignone (1989). Experiencias argentinas sobre la fertilización en soja. IV Conferencia Mundial en Soja: 621-627.
- Cordone, G. y G. Martínez. 2001. Efecto de la aplicación de distintas dosis de nitrógeno y azufre sobre el rendimiento del doble cultivo trigo-soja. Para mejorar la producción 18. SOJA. EEA Oliveros INTA.
- Darwich N. 1990. Fertilizantes: nuevo balance de requerimientos. En: Seminario juicio a nuestra agricultura. Hacia el Desarrollo de una Agricultura Sostenible. INTA, 14-15 Noviembre 1990. Editorial Hemisferio Sur SA., Buenos Aires, Argentina. 1-10.
- Darst, B. C. 1986. Crop yield response to phosphorus. En "Phosphorus for Agriculture: A situation analysis". Potash and Phosphate Institute, Athens, Georgia, USA.
- 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.
- Fancelli, A. 2006. Micronutrientes en la fisiología de los cultivos. En: Vazquez, M (Ed.). Micronutrientes en la agricultura. AACs:11-28



- Ferraris, G. y L. Couretot. 2004. Evaluación de dos fertilizantes foliares con agregados orgánicos en soja de primera. Soja. Informe del Proyecto Regional Agrícola, campaña 2003/04.
- Ferraris G.; F. Salvagiotti; P. Prystupa y F. Gutiérrez Boem 2004. Disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización. Actas CD XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos. AACCS.
- 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.
- Fontanetto H. y O.Keller 2006a. Consideraciones sobre el manejo de la fertilización de la soja. INTA, Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información Técnica de cultivos de verano. Campaña 2006. Publicación Miscelánea N° 106: 45-79.
- Fontanetto H. y O. Keller 2006b. Fertilización fosfatada en el centro de Santa Fé. Informaciones Agronómicas N° 39.
- Galarza C.; G. Vicentey P. Vallo (2002). Soja: Resultados de Ensayos de la Campaña 2000/2002 (Tomo 2). Información para Extensión n°69. INTA Marcos Juárez. Septiembre 2001.
- García F. O. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la Región Pampeana. Revista Informaciones Agronómicas del Cono Sur 9: 1-3. INFOFOS, Buenos Aires.
- García F.O. 2002. Manejo de la fertilidad de suelos y fertilización de cultivos para altos rendimientos en la región pampeana argentina. En: www.ipni.net/lasc
- García F.O. 2007. Requerimientos nutricionales del cultivo: Respuestas a la fertilización. In E. Satorre (ed.). Producción de trigo. 1a. edición. AACREA. Buenos Aires, Argentina. pp. 37-42.
- García F.O. 2009. Eficiencia de uso de nutrientes y mejores prácticas de manejo para la nutrición de cultivos de grano. Simposio Fertilidad 2009. IPNI Cono sur y Fertilizar.
- García F.O. e I. Ciampitti. 2007. Requerimientos nutricionales y balances de nutrientes. Agromercado Temático. Año 27. Junio 2007: 2-6. Buenos Aires, Argentina.
- García F.O. e I. Ciampitti. 2009. Capítulo 3: La nutrición del cultivo de soja. En: Manual del cultivo de soja. García F.O., H. Baigorri e I.A. Ciampitti (Eds.) IPNI Cono Sur. 200 pp.
- Gerster G. 2000. Fertilización azufrada en trigo/soja. Para mejorar la producción 15. SOJA. EEA Oliveros INTA.
- Gutiérrez Boem, F.; J. Scheiner; L. Martín y R. Lavado. 2002. Respuesta del cultivo de soja a la fertilización fosforada y nitrogenada. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del suelo: 16-19.



- Martínez, F. y G. Cordone. 1998. Resultados de fertilización azufrada en soja. Para mejorar la producción 8. SOJA. Campaña 1997/98. EEA Oliveros INTA.
- Melgar E. 2005. "Cambios recientes en la dinámica de nutrientes en Agroecosistemas de Argentina". Revista Agromercado pag 27-29.
- Vázquez, M. 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. Informaciones agronómicas del Cono Sur. Edición especial sobre el simposio "Enfoque sistémico de la fertilización fosforada", XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 16: 3-7.
- Vivas, H. S.; R. Albrecht; J. L. Hotián y L. Gastaldi. 2006. Residualidad del fósforo y del azufre. Estrategia de fertilización en una secuencia de cultivos. INTA, EEA Rafaela. Publicación Miscelánea N° 106. 121-134 pp.
- Vivas, H. S.; R. Albrecht; N. Vera Candiotti y J. L. Hotián. 2008. Fertilización combinada de fósforo y azufre en una secuencia de cultivos. Región central de Santa Fe. INTA EEA Rafaela. Información Técnica Cultivos de Verano. Publicación Miscelánea N° 112. p 108-119.
- Wingeyer, A.; H. Echeverría y H. Sainz Rozas 2004. Fertilización nitrogenada en soja de primera bajo condiciones hídricas variables. Actas CD, XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Páginas de internet:

www.fertilizando.com/articulos/FertilizacionSecuenciaTrigoSoja.asp. Mayo 2014

www.fertilizando.com/articulos/EfectoResiduaSojaFertilizantesLiquidos.asp. Octubre 2014.

www.fertilizando.com/articulos/FertilizacionFoliarenSoja.asp. Junio 2014.

www.fertilizando.com/articulos/NitrogenpplicationtoSoybean20at20EarlyReproductive.asp

www.fertilizando.com/articulos/InformeEnsayosSoja2005-06fertilizantesfosfatados.asp. Abril 2014.

www.fertilizando.com/articulos/FuentesdeAzufreenelCultivodeSoja.asp Abril 2014.

www.fertilizando.com/articulos/EfectosFertilizacionRendimientoSojaAntecesorCebada.asp



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

www.bibliotecadigital.uca.edu.ar/greenstone/evaluacion-inoculante-promotor-soja.

Noviembre 2014.

www.e-mosaic.com.ar. Web comercial de Mosaic Argentina. Octubre 2014.

www.microessentials.com/#fusion-process. Web de Mosaic. Octubre 2014.

www.anterior.inta.gov.ar/suelos/cartas/3560/CdeAreco/des_unidades.htm.

Noviembre 2014.

www.agrolluvia.com/Requerimientos-Nutricionales-del-Cultivo-de-Soja.pdf.

Septiembre 2014.

www.ipni.net/ppiweb/file/evaluacioninoculantessoja01-02-devani.pdf. Marzo 2014.



7. Anexo

Estadística descriptiva.

Para cada variable en estudio se detalla a continuación la media, el desvío estándar, coeficiente de variabilidad, el mínimo y el máximo, por tratamiento.

Tabla 8. Medidas resumen de la variable Rendimiento (Kg/ha).-

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
1	RENDIMIENTO	4	2839,72	200,72	2584,04	3045,3
2	RENDIMIENTO	4	3058,07	158,29	2947,59	3288,33
3	RENDIMIENTO	4	2876,67	153,19	2737,79	3080,02
4	RENDIMIENTO	4	2897,75	212,8	2633,64	3129,61
5	RENDIMIENTO	4	3173,63	233,53	2871,71	3432,16
6	RENDIMIENTO	4	2892,04	301,76	2693,16	3334,95
7	RENDIMIENTO	4	3105,19	364	2613,8	3407,36

Tabla 9. Medidas resumen de la variable P1000 (g).-

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
1	P1000	4	166,23	2,09	163,67	168,43
2	P1000	4	171,11	1,92	168,63	173,32
3	P1000	4	167,58	6,32	158,71	173,66
4	P1000	4	167,46	3,38	163,67	170,45
5	P1000	4	168,85	0,7	168,34	169,88
6	P1000	4	172,98	1,06	171,45	173,77
7	P1000	4	168,82	4,43	164,67	173,59



Tabla 10. Medidas resumen de la variable NG (n).-

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
1	NG	4	1708,3	117,92	1544,28	1808,05
2	NG	4	1787,56	97,86	1700,66	1920,3
3	NG	4	1718,11	102,53	1576,52	1819,27
4	NG	4	1732,16	150,95	1545,11	1912,15
5	NG	4	1879,91	144,18	1690,43	2036,27
6	NG	4	1672,01	175,67	1549,84	1926,38
7	NG	4	1844,34	260,18	1505,73	2069,21

Tabla 11. Medidas resumen de la variable número nódulos (n).-

TRATAMIENTO	Variable	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
1	N nódulos	4	39,75	5,85	33	47
2	N nódulos	4	52	6,58	45	59
3	N nódulos	4	49,5	10,85	39	64
4	N nódulos	4	73,25	7,63	64	82
5	N nódulos	4	62,25	5,12	57	68
6	N nódulos	4	57	5,66	49	61
7	N nódulos	4	65	2,94	62	68



Informe de recuento de nódulos en R5.

Tabla 12. Detalle de recuento de nódulos por planta (raíz principal + secundarias).

Tratamiento	n° nodulos x planta				n
	bloque1	bloque2	bloque 3	bloque 4	
1	38	41	47	33	8
2	45	59	56	48	8
3	64	44	51	39	8
4	71	82	76	64	8
5	57	68	59	65	8
6	49	61	61	57	8
7	63	68	67	62	8

Informe de Análisis de suelo. (Laboratorio Tecno agro S.R.L)

Prof. (cm): 0-20

Establecimiento: La Candelaria – Lote ensayo

PH en agua (1:2,5 p/p) ---Levemente ácido 6.5

Conductividad eléctrica en extracto de saturación dS/mNo salino 0.2

Carbono orgánico %6.4

Materia orgánica %alto3.3

Fósforo extractable (Bray 1)mg kg⁻¹Moderado 15.4



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Calcio extractable (AcNH₄ 1N)(meq/100g) 6.19

Magnesio extractable (AcNH₄ 1N)(meq/100g)1.24

Potasio extractable (AcNH₄ 1N) (meq/100g)

1.26 Sodio extractable (AcNH₄ 1N)(meq/100g) 0.12

Porcentaje de saturación cálcica (%) Bien provisto 73.7

Porcentaje de saturación magnésica (%) Bien provisto 14.8

Porcentaje de saturación potásica (%) Bien provisto 15.0

Capacidad de intercambio catiónico (meq/100g) Bajo 8.4

Porcentaje de sodio intercambiable (%) Bajo 1.4

Nitratos (mg kg⁻¹) 13 N-Nitratos (mg kg⁻¹) 2.9

Humedad gravimétrica (%)29

Azufre extractable (mg kg⁻¹) medio 15

Zinc extractable (mg kg⁻¹) medio 1.1

Prof (cm): 20-40

Nitratos (mg kg⁻¹) 68

N-Nitratos

(mg kg⁻¹) 15.0

Humedad gravimétrica (%) 35

Azufre extractable (mg kg⁻¹) 13 medio.