

Paz, Fermín Rodrigo

Efecto de distintos nutrientes en el rendimiento y calidad de soja en el establecimiento El Combate, partido de Tapalqué, provincia de Buenos Aires

**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:

Paz, F. R. 2015. Efecto de distintos nutrientes en el rendimiento y calidad de soja en el establecimiento El Combate, partido de Tapalqué, provincia de Buenos Aires [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/efecto-distintos-nutrientes-soja-tapalque.pdf> [Fecha de consulta:.....]

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA ARGENTINA

Facultad de Ciencias Agrarias
Ingeniería en Producción Agropecuaria

“Efecto de distintos nutrientes en el rendimiento y calidad de soja en el establecimiento El Combate, partido de Tapalqué, Provincia de Buenos Aires”

Trabajo Final de Graduación para optar por el
título de:

Ingeniero en Producción Agropecuaria

Autor: Fermín Rodrigo Paz

Tutor: Ing. Agr. Inés Daverede, PhD

Resumen

La soja (*Glycine max*) es el cultivo más difundido en la República Argentina. Durante los últimos años, se ha incrementado mucho la producción, pero se ha reducido la calidad nutricional de los granos. Resulta fundamental saber la razón que radica el problema de una baja en el porcentaje de proteína, pero también lograr que la producción se mantenga para que sea una actividad sustentable. El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto de distintos nutrientes sobre rendimiento, porcentaje de aceite y proteína en la localidad de Tapalqué, provincia de Buenos Aires. Para eso se utilizaron distintos tratamientos, los cuales fueron: 1: Testigo; 2: 19,6 kg fósforo (P) ha⁻¹ presiembra; 3: 20,1 kg P ha⁻¹ y 12 kg S ha⁻¹ presiembra; 4: 20,9 kg P ha⁻¹, 12 kg azufre (S) ha⁻¹ y cinc (Zn) presiembra; 5: 40 kg P ha⁻¹ y 24 kg S ha⁻¹ presiembra; 6: 20,1 kg P ha⁻¹, 12 kg S ha⁻¹ presiembra y 25 kg nitrógeno (N) ha⁻¹ aplicado en R5; 7: 40,1 kg P ha⁻¹, 24 kg S ha⁻¹ presiembra y 25 kg N ha⁻¹ aplicado en R5. En cuanto al rendimiento, los resultados fueron variables. El S aumentó los rendimientos en 1257 kg ha⁻¹ (32,3%) con respecto al tratamiento sin S. El efecto de P y S fue también significativo, logrando aumentar el rendimiento en 1474 kg ha⁻¹ (40,1%) con respecto al tratamiento Testigo. También, el tratamiento con una doble dosis de P y S y nitrógeno foliar aumentó el rendimiento en 1521 kg ha⁻¹ (31,4%) con respecto al tratamiento sin N foliar. La variable proteína logró distintos tipos de resultados. El Zn aumentó la proteína en 0,6 puntos porcentuales. Por otro lado, la doble dosis de P y S aumentó proteína 2,6 puntos porcentuales con respecto a una simple dosis. El N foliar también aumentó la proteína 1,7 puntos porcentuales. Por último, no hubo efectos significativos de ningún tratamiento sobre el porcentaje de aceite.

Índice

1. Introducción	4
Hipótesis (de rechazo).....	6
2. Objetivos	6
2.1 Objetivo General	6
2.2 Objetivos Específicos.....	6
3. Materiales y Métodos	7
3.1 Caracterización del sitio experimental.....	7
3.2 Caracterización de los suelos del área experimental	7
3.3 Clima	8
3.3.1 Temperatura	8
3.3.2 Precipitaciones históricas y durante el ensayo.....	8
3.4 Fertilizaciones y Siembra.....	8
3.5 Descripción del diseño experimental.....	9
3.6 Cosecha del ensayo	10
3.7 Análisis Estadístico	10
4. Resultados	11
4.1 Rendimiento	12
4.2 Proteína	12
4.3 Aceite	13
5. Discusión.....	13
6. Conclusión	15

7. Bibliografía	17
8. Anexos	19
8.1 Estadística Descriptiva.....	19
8.1.1 Medidas de Resumen	19
8.1.2 Supuestos.....	20
8.1.3 Análisis de la Varianza y Contrastes	25
8.2 Lluvias Históricas de la Estancia “El Combate”	28
8.3 Unidad Cartográfica Estancia “El Combate”	28

1. Introducción

El ranking de países productores de soja se encuentra encabezado por EEUU, con 89,5, Brasil 88, y Argentina 54 Mt de producción. Por su parte, en 2013, las exportaciones de poroto rivalizarían entre EEUU y Brasil, y las de harina y de aceite de soja, como en los años anteriores, serían lideradas por la Argentina. Según el informe WAP del USDA de marzo del año 2014, la producción Argentina de soja para el ciclo 2013/14 sería de 54 Mt, con un área de 20 Mha y un rinde de 2,70 t ha⁻¹. Con este volumen, sería el tercer exportador mundial de poroto con 8 Mt, el primero de harina con 27,3 Mt y de aceite con 4,5 Mt, respectivamente (Muñoz, 2014).

Las dosis actuales de fertilizante no alcanzan para cubrir la reposición ni los rendimientos potenciales del cultivo. La soja extrae por año 60% P, 79% potasio (K) y 63% S del total extraído por los todos los cultivos extensivos. El aporte de P y S tiene un efecto muy importante sobre el rendimiento que debemos difundir según Bassi (2014). Dada la relevancia para la nutrición de las plantas y su deficiencia en muchos ambientes, varios investigadores han puesto esfuerzo en investigar el rol de la disponibilidad de P sobre las leguminosas y la FBN. Sin embargo, se ha puesto menos atención sobre K y S, que tienen un efecto directo sobre los nódulos (Divito y Sadras, 2014). En la región pampeana, hay una alta proporción de lotes con algún grado de deficiencia de P. Evaluaciones realizadas en los departamentos del sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires detectaron un 34 % de muestras con niveles menores a 15 mg kg⁻¹ de P (Galarza, 2001). En este estudio también se observaron respuestas significativas a la aplicación de S. En dos de estos cuatro sitios, los rendimientos máximos se alcanzaron con la primer dosis utilizada (7.5 kg S ha⁻¹) y en los dos restantes con la dosis máxima (15 kg S ha⁻¹; Ferraris, 2004). Dentro de los micronutrientes, con mayores deficiencias en la llanura Pampeana, se encuentra el Zn, asociado con una menor dotación natural y al cultivo reiterado del maíz (Martínez y Cordone, 2005). En los suelos moderadamente alcalinos, se observó un aumento en los rendimientos de soja a través de la aplicación de Zn (Anthony, 2012) y se destaca como el micronutriente que es dependiente del pH del suelo.

La soja argentina se caracteriza por su alto contenido de aceite, con valores promedio de 14 años de 22,8% y valores de proteína que se ubican en los últimos años alrededor del 39%, ambos porcentajes expresados sobre base seca (Cuniberti et al.,

2011). La calidad de la materia prima medida a través del contenido de proteína y aceite juega un rol fundamental en la incorporación de valor agregado a la producción primaria. La escasa consistencia en la respuesta del contenido de proteína sobre las diferentes dosis de fertilizante sugiere que la disminución del contenido de proteína en el grano de soja se debe abordar como una problemática más compleja en la que intervienen otras variables, tales como: el potencial de rendimiento de granos, la capacidad genética de síntesis y acumulación de proteína de los cultivares, los niveles de fósforo disponibles en el suelo y las interacciones a fin de individualizar factores responsables de la variación en la expresión del contenido de proteína (Soldini et al., 2008). La relativamente baja proteína encontrada en la producción argentina de soja en la campaña 2012/2013 habría implicado un costo extra de alrededor de USD 405 millones para el complejo oleaginoso nacional (Matteo y Calzada, 2013).

La disminución en la calidad proteica de la soja argentina puede entenderse como la consecuencia de la correlación inversa entre volumen de producción y obtención de proteína. Esto es, cuanto mayor es el volumen de poroto de soja cosechado (y, por ende, mayor la cantidad de aceite que se puede obtener de dicha cosecha), menor será la calidad nutricional del grano (BCR, 2014). El contenido de aceite se correlaciona positivamente con el rendimiento, teniendo a mayor rinde mayor contenido de aceite. Como en la generación de nuevas variedades se prioriza la alta productividad, es una característica de la soja argentina el alto contenido de aceite en relación a la proteína (Cuniberti, 2011). La caída en el contenido de N total de los suelos podría ser un factor que a lo largo de los años haya contribuido a disminuir la proteína en soja, especialmente en la zona núcleo. Según Bassi (2014), el aporte de P y S tiene un efecto positivo pero acotado sobre el porcentaje de proteína, que debe confirmarse en las próximas cosechas.

Los balances de N del sistema suelo-soja realizados en diferentes ensayos indican valores de variada magnitud pero casi siempre negativos. Se ha demostrado que la fijación biológica no satisface nunca más del 40-50% de las necesidades de la planta (Galarza, 2001). Al comenzar el llenado de granos (R5), se presentan situaciones de compromiso entre el N y los carbohidratos. Ante una importante oferta de N desde el suelo, disminuye el aporte de N fijado en los nódulos (Bassi, 2014).

Ante lo recién planteado, se propone evaluar el efecto que tiene la aplicación de distintos nutrientes y dosis sobre el rendimiento y la concentración de proteína y aceite en el grano de soja.

Hipótesis (de rechazo)

- La aplicación de P aumentará el rendimiento, aumentará la concentración de aceite y aumentará la de proteína con respecto al tratamiento testigo.
- La aplicación de S en presencia de P aumentará el rendimiento, aumentará la concentración de aceite y aumentará la de proteína con respecto a la aplicación solo de P.
- La aplicación de Zn en presencia de S y N aumentará el rendimiento, aumentará la concentración de aceite y aumentará la proteína con respecto a la aplicación de P y S sin Zn.
- La aplicación de una doble dosis de P y S aumentará el rendimiento, aumentará la concentración de aceite y aumentará la de proteína con respecto a la dosis simple de P y S.
- La aplicación tardía de N foliar aumentará el rendimiento y aumentará la concentración de aceite y proteína con respecto a la aplicación de P y S sin N foliar.
- La aplicación tardía de N foliar y una doble dosis de P y S aumentarán el rendimiento y aumentará la concentración de aceite y proteína con respecto a la aplicación de la doble dosis de P y S sin N foliar.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar los efectos de distintos nutrientes sobre el rendimiento, el % de proteína y el % de aceite en el cultivo de soja.

2.2 Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto de la fertilización pre-siembra con azufre (S), fósforo (P) y zinc (Zn) sobre el rendimiento y la concentración de proteína y aceite en el grano de soja.

- Evaluar el efecto de la duplicación de la dosis de S y P sobre el rendimiento, el % de proteína y el % de aceite en grano.
- Evaluar el efecto de una aplicación tardía de N foliar sobre el rendimiento y el porcentaje de proteína y aceite en el grano de soja.

3. Materiales y Métodos

3.1 Caracterización del sitio experimental

El proyecto experimental se llevó a cabo en el establecimiento “El Combate” ubicado en la localidad de Crotto, perteneciente al partido de Tapalqué de la provincia de Buenos Aires.

Los puntos de GPS son:

• S 36°33'2.81", W 60°18'1.16"
• S 36°33'3.16", W 60°17'59.79"
• S 36°33'2.40", W 60°17'59.41"
• S 36°33'1.89", W 60°18'0.59"

3.2 Caracterización de los suelos del área experimental

El suelo en donde se realizó el ensayo es la serie Bch 2 que es consociación entre la Serie Blanca Chica (70%) y La Delicia (30%). La serie Blanca Chica corresponde al orden de los Molisoles, Gran Grupo y Sub-Grupo Argiudol típico, de textura franca fina. Es un suelo muy oscuro, profundo, de aptitud agrícola.

Por otro lado, la serie La Delicia pertenece al orden de los Molisoles, Gran Grupo y Sub-Grupo Argiudol Petrocálcico, textura Fina, illítica. Es un suelo muy oscuro, somero, fuertemente desarrollado, su aptitud es agrícola ganadero.

Los análisis de suelo de 0-20 y de 20-40 cm arrojaron los siguientes resultados de 0-20: pH 6, Conductividad Eléctrica 0,4 Ds/m, Materia Orgánica 3.78%, Fósforo

extractable (Bray 1) 14.2 mg kg⁻¹, Azufre extractable 3.5 mg kg⁻¹, Nitratos 130 mg.kg⁻¹, Humedad 22%, CIC 13,4 meq/100g y Zn 2,2 mg kg⁻¹

En cuanto a los resultados de 20-40; Nitratos 80 mg kg⁻¹, Humedad 21% y Azufre extractable 2 mg kg⁻¹

3.3 Clima

3.3.1 Temperatura

La temperatura media del mes más cálido es de 21,4° C (enero) y la del mes más frío de 6,9° C (julio). La temperatura media anual es de 13,8° C.

3.3.2 Precipitaciones históricas y durante el ensayo

El régimen hídrico del partido es subhúmedo-húmedo. La precipitación media anual de los últimos 10 años fue de 861, variando entre 1337 (2002) y 552 (2005) mm por año. El período de mayor abundancia de lluvias es el verano y por el contrario en el invierno se registran las menores precipitaciones.

Tabla 1: Lluvias en mm durante el ensayo y en Estancia El Combate de los últimos 10 años

Mes/Lluvias en mm	Lluvias durante la tesis	Lluvias Historicas Estancia El Combate
Noviembre 13/11 Siembra	71	87
Diciembre	69	89
Enero	98	99
Febrero	63	80
Marzo	20	124
Abril 24/04 Cosecha	12	63
Total	333	542

3.4 Fertilizaciones y Siembra

El ensayo se llevó a cabo en un lote que provenía de soja que en el año anterior se perdió la mayoría al presentarse tormentas que imposibilitaron la cosecha de la totalidad del lote. El año anterior, su antecesor había sido maíz y el establecimiento generalmente realiza una rotación de maíz/soja. Se realizaron labores con un una

rastra de discos para preparar la cama de siembra ya que el lote se encontraba desparejo por la huella que dejó la cosechadora al querer levantar lo poco que quedaba. El barbecho químico se realizó con una fumigación con los productos Glifosato, 2-4D y gammacihalotrina.

Primero se delimitaron las parcelas utilizando cintas métricas. Luego, se realizó la aplicación de los fertilizantes pre-siembra al voleo de los distintos tratamientos el 14/10/2013 para que el fertilizante se incorpore al suelo de manera correcta. La siembra se realizó el 13/11/2013. Esta se realizó con una sembradora Gherardi G240, esta tiene un ancho de labor de 7 m y siembra a 35 cm. La variedad utilizada fue la Don Mario 4210. También, se curó e inoculó la semilla con los productos Nitragin, el pack incluía un inoculante que contenía *Bradyrhizobium japonicum* y un fungicida curasemillas con protección de hongos de amplio espectro. El 10/02/2014, en el estadio de R5, en el comienzo de llenado de granos, se realizó una aplicación de N foliar de 25 kg N ha⁻¹. Esto se hizo a través de la aplicación de Foliarsol U en los tratamientos 6 y 7 con un rociador chico de jardín a presión (1-1.5 l) aplicando 170 ml agua + 170 ml de Foliarsol U.

Durante el ensayo, se realizaron labores de control de malezas e insectos. Se realizó una aplicación de Glifosato y Diclosulam para el control de malezas post-emergentes. A su vez, se realizó una fumigación aérea para combatir la isoca con metoxifenocida.

3.5 Descripción del diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados (DBCA) con cuatro repeticiones y 7 tratamientos. Cada unidad experimental consistió en parcelas de 3 m por 5 m. Se dejó una bordura lateral de 3m y una bordura entre los bloques de 1 m, delimitándose una superficie total de 870 m².

Tabla 2: Detalle de los tratamientos con las cantidades aplicadas de cada nutriente.

N°Trat	Tratamiento	Dosis (Kg/ha)	N (Kg/ha)	P (Kg/ha)	S (Kg/ha)	Zn (Kg/ha)	N Foliar (Kg/ha)
1	Testigo con Urea	18	8,3	0	0	0	0
2	Fertilizante P	85	9,4	19,6	0	0	0
3	Fertilizante P+S	120	8,4	20,1	12	0	0
4	Fertilizante P+S+Zn	120	14,4	20,9	12	1	0
5	Doble Dosis Fertilizante P+S	240	16,8	40,1	24	0	0
6	Fertilizante P+S + N Foliar	120	8,4	20,1	12	0	25
7	Doble Dosis Fertilizante P+S + N Foliar	240	16,8	40,1	24	0	25

3.6 Cosecha del ensayo

El 24/04/2014 se realizó la cosecha de 2m² de cada parcela. Luego, se procedió a la separación de los granos de las plantas con una trilladora experimental del INTA Castelar. Esto se realizó unos días después de la cosecha. Se pesaron todas las muestras y finalmente se separaron 500 g por tratamiento para realizar análisis de proteína y aceite.

3.7 Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron mediante el programa Infostat. Se realizó un análisis de varianza seguida de la separación entre medias utilizando el método de Contrastes. Se tomó en cuenta un p-valor menor a 0,1 para evidenciar diferencias significativas. Se realizaron siete contrastes en forma “pre-planificada” (antes de empezar el ensayo) y por lo tanto se realizaron las comparaciones aun cuando el análisis de varianza haya dado no significativo.

4. Resultados

La campaña 2013-2014 se caracterizó por presentar abundantes precipitaciones a la siembra y se pudo lograr una buena implantación del cultivo. Durante el mes de Enero las lluvias fueron tardías pero en abundancia logrando el cultivo un buen desarrollo. En la tabla 3 se tallan los promedios para cada variable y tratamiento del ensayo realizado.

Tabla 3: Promedios de las variables rendimiento, proteína y aceite para cada tratamiento.

Nro Trat	Tratamiento	Rendimiento(kg/ha)	Proteína(%)	Aceite(%)
1	TESTIGO	3669	34,5	24,3
2	F P	3887	34,7	24,4
3	F P+S	5143	34,1	24,6
4	F P+S+ZN	3917	34,7	24,5
5	D.D F P+S	4837	36,7	24,9
6	F P+S+N.F	4342	35,8	24,4
7	D.D F P+S +N.F	6359	35,1	24,4
p-valor trat		0,0126	0,0003	0,4808
p valor bloque		0,8655	0,3870	0,8783

En la tabla 4 se detallan los contrastes o comparaciones entre tratamientos con sus respectivos valores p.

Tabla 4: Contrastes de las variables rendimiento, proteína y aceite.

Contraste	Rendimiento(kg/ha)		Proteína(%)		Aceite(%)	
	Contraste	p-valor	Contraste	p-valor	Contraste	p-valor
Testigo vs F P	217	0,7319	0,2	0,5185	0,2	0,5153
F P vs F. P+S	1257	0,0602	-0,6	0,0601	0,2	0,4369
Testigo vs F. P+S	1474	0,0304	-0,4	0,1777	0,4	0,1672
F. P+S vs F. P+S+ZN	-1227	0,066	0,6	0,0725	-0,2	0,5153
F. P+S vs D.D F. P+S	-306	0,6302	2,6	0,0001	0,2	0,4509
F. P+S vs F. P+S+N.F	801	0,2166	1,7	0,0005	-0,3	0,3051
D.D F. P+S vs D.D F. P+S+N.F	1521	0,0375	-1,6	0,0009	-0,5	0,1328
p-valor analisis varianza	0,0126		0,0003		0,4808	

4.1 Rendimiento

Con lo que respecta al rendimiento, hubo distintos tipos de respuesta a los tratamientos. No hubo respuesta significativa en rendimiento a la aplicación de P. La aplicación de S (Trt 3) aumentó en forma significativa el rendimiento en 1257 kg ha⁻¹ (32%) con respecto a la simple aplicación de P (Trt 2). La aplicación de P y S (Trt 3) también aumentó el rendimiento en 1474 kg ha⁻¹ (40.1%) con respecto al tratamiento testigo. La aplicación de Zn (Trt 4) disminuyó el rendimiento en forma significativa en 1227 kg ha⁻¹. En cuanto a la aplicación pre-siembra de una doble dosis de P y S (Trt 5), no hubo evidencias significativas de aumento de rendimiento con respecto a una simple dosis (Trt 3). Tampoco hubo una respuesta significativa en rendimiento a la aplicación de N foliar (NF) (Trt 5) con respecto a su aplicación sin el NF (Trt 3). Por último, hubo una respuesta significativa a la aplicación de una doble dosis de P+S+NF (Trt 7) por sobre la aplicación de una doble dosis de P+S (Trt 4) de 1521 kg ha⁻¹(31.4%).

4.2 Proteína

Con lo que respecta a la proteína, se encontraron diferentes respuestas a los tratamientos. La aplicación de P no modificó el porcentaje de proteína. La aplicación de S (Trt 3) disminuyó en forma significativa el porcentaje de proteína en 0,63 puntos porcentuales respecto al tratamiento que solo tenía P (Trt 2). La aplicación de P y S

(Trt 3) no aumentó el porcentaje de proteína en forma significativa con respecto al tratamiento testigo. La aplicación de Zn (Trt 4) generó un aumento del porcentaje de proteína de 0,60% con respecto al mismo tratamiento pero sin Zn (Trt 3). Además, la aplicación de una doble dosis de P y S (Trt 5) aumentó en forma significativa el porcentaje de proteína en 2,6% con respecto a la simple dosis (Trt 3). La aplicación de NF (Trt 5) aumentó en forma significativa el porcentaje de proteína en 1,7% puntos porcentuales con respecto al mismo tratamiento pero sin el NF (Trt 3). Por último, la aplicación de una doble dosis de P y S y NF (Trt 6) no tuvo diferencias significativas en cuanto al porcentaje de proteína, sino que hubo una disminución de 1,57 puntos porcentuales con respecto al tratamiento que llevaba solo una doble dosis de P y S (Trt 5).

4.3 Aceite

En cuanto a la variable Aceite, no hubo respuestas significativas a ninguno de los tratamientos evaluados.

5. Discusión

En cuanto al rendimiento, el efecto del P fue de 217 kg ha⁻¹ con respecto al tratamiento Testigo, pero no mostró diferencias significativas. Esto se debió a que el suelo tiene 14,2 mg kg⁻¹ de P en los primeros 20 cm. Cabe remarcar la importancia de fertilizar con este nutriente, no solo para lograr los máximos rendimientos en el tiempo, sino que para lograr un balance de nutrientes positivos (Bermúdez, 2014). En cuanto a la variable porcentaje de Proteína, no existen evidencias significativas de que éste aumente el porcentaje con respecto al tratamiento control. Según Bassi (2014), el aporte de P y S tiene un efecto positivo pero acotado sobre el contenido de proteína.

El S con presencia de P, aumentó el rendimiento significativamente un 32.3% con respecto al tratamiento sin S y presencia de P. Los niveles de S en el suelo son bajos, según los análisis de suelo estos tienen 5,5 mg kg⁻¹ dentro de los primeros 40 cm. En cuanto a la respuesta del S al porcentaje de proteína no solo no hubo respuesta, sino que ésta disminuyó en 0,6 puntos porcentuales. Probablemente, los rendimientos altos

generaron una dilución de la proteína que pudo significar una baja en el porcentaje de proteína en el grano.

El efecto del P y S con respecto al tratamiento control, fue de $1474 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (40.1%) en cuanto al rendimiento. Esto indica la importancia de la combinación de ambos nutrientes. No existieron evidencias significativas de que estos nutrientes aumenten el porcentaje de proteína en grano. Como se mencionó anteriormente estos tienen un efecto acotado sobre dicha variable.

El efecto del Zn en presencia de P y S con respecto al tratamiento sin Zn, pero con P y S, no fue significativo en cuanto al rendimiento. Cabe remarcar la importancia que tiene este oligoelemento en sistemas en donde existe una carencia, teniendo en cuenta que las necesidades de un cultivo de soja son de 60 g tn^{-1} de grano (García, 2000). La aplicación de Zn generó un aumento del porcentaje de proteína de 0,6 puntos porcentuales con respecto al mismo tratamiento pero sin Zn. Este tuvo un efecto positivo sobre dicha variable a pesar de que el suelo estaba bien provisto de Zn ($2,2 \text{ mg kg}^{-1}$). Probablemente, esto se debió a la merma en el rendimiento que causó una concentración de proteína en grano.

Tampoco hubo un efecto significativo en la aplicación de una doble dosis de fertilizante de P y S con respecto a una simple dosis. Esto se debe a que los kg ha^{-1} de P aplicados ya no están dentro del umbral para que el P tenga un efecto significativo sobre el rendimiento. La respuesta a la fertilización fosforada aumenta al disminuir el contenido de P del suelo. De acuerdo con la función ajustada, la respuesta aumenta 50 kg ha^{-1} por cada mg kg^{-1} de P por debajo de 16 mg kg^{-1} . Por encima de 16 mg kg^{-1} , la respuesta esperada es cero (Ferraris, 2002). Además estos aumentaron el porcentaje de proteína en 2,6 puntos porcentuales (7,5% de incremento) con respecto al tratamiento con una simple dosis. Esto indica que mayores cantidades de P y S pueden aumentar en forma significativa el porcentaje de proteína en los granos de soja.

En cuanto a la aplicación de NF con una simple dosis de P y S, no existieron evidencias significativas para demostrar aumentos en el rendimiento con respecto a la aplicación sin NF con una simple dosis de P y S. Sin embargo, el efecto de una doble dosis de P y S, y la aplicación de NF tuvieron respuestas significativas en

rendimiento con respecto al tratamiento sin NF y con una doble dosis. Pudo haber inconsistencias, ya que, en el tratamiento con una doble dosis se aumentó el rendimiento y en el tratamiento con una simple dosis los rendimientos no aumentaron.

La aplicación de NF con una simple dosis de P y S aumentó el porcentaje de proteína en 1,7 puntos porcentuales con respecto al tratamiento sin una aplicación de NF con una simple dosis de P y S. Esto indica que una aplicación de nitrógeno foliar en R5 puede aumentar el porcentaje de proteína de manera significativa. Se aprovecha en una primera instancia la FBN, pero por otro lado se puede agregar N al sistema en el momento de senescencia de nódulos para aumentar el porcentaje de proteína.

Por último, una aplicación de una doble dosis de P y S y NF disminuyó la proteína en 1,6 puntos porcentuales con respecto al tratamiento sin una aplicación de NF y con una doble dosis de P y S. Esto demuestra que los últimos resultados pueden tener inconsistencias, ya que, anteriormente el tratamiento de una simple dosis con nitrógeno foliar logró un aumento del porcentaje de proteína. Y en este caso, el porcentaje de proteína se deprimió con el mismo tratamiento pero en una doble dosis.

Por el momento la fertilización foliar con N es económicamente inviable para el productor. Esto se debe a que no existe una bonificación por un aumento en proteína en grano. Por lo tanto, la fertilización de nitrógeno foliar en soja no se justifica, pero en algún futuro podría llegar a ser una solución acotada para un problema que involucra muchas variables.

Para finalizar, en cuanto a los resultados de porcentajes de aceite en grano, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos. Por lo tanto, aplicaciones de distintos nutrientes y distintas dosis no afectaron a dicha variable.

6. Conclusiones

La fertilización con P solo no tuvo efecto sobre el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto al tratamiento testigo.

En cuanto a la fertilización con S y base fosforada, su aplicación aumentó los rendimientos, bajó el porcentaje de proteína y no modificó el porcentaje de aceite con

respecto al tratamiento solo con P. En este caso, los niveles de S en el suelo eran bajos como en muchos suelos de la provincia de Buenos Aires.

La aplicación de P y S aumentó el rendimiento, pero no tuvo efecto en el porcentaje de proteína y aceite con respecto al tratamiento Testigo.

El agregado de Zn al P y S tuvo efectos negativos sobre el rendimiento, positivos sobre el porcentaje de proteína, y no varió el porcentaje de aceite con respecto al tratamiento sin Zn en presencia de P y S.

La Aplicación de una doble dosis de P y S no aumentó el rendimiento, aumentó el porcentaje de proteína y el porcentaje de aceite no varió con respecto a la dosis simple de P y S.

Por otro lado, con la aplicación de NF y una simple dosis de P y S, aumentó el rendimiento, se aumentó el porcentaje de proteína y no varió el porcentaje de aceite con respecto al tratamiento con una simple dosis de P y S pero sin NF.

Para finalizar, la aplicación de mayores concentraciones de P y S y NF aumentó el rendimiento, pero disminuyeron las concentraciones de proteína en el grano y los porcentajes de aceite se mantuvieron con respecto a una doble dosis sin NF.

Los últimos resultados no fueron consistentes, ya que, los resultados variaron según el nivel de P y S.

7. Bibliografía

- Anthony, P., G. Malzer., S. Sparrow., y M. Zhang. 2012. Soybean Yield and Quality in Relation to Soil Properties. *Agronomy Journal*, Pags. 1456-1457.
- Bassi, J. 2014. Fertilización en Soja: Calidad y Producción. Presentación Fertilizar, Págs. 2-12.
- Bermúdez, M., M.Díaz-Zorita., G.Espósito., G. Ferraris., M. Saks., F. Salvagiotti y L. Ventimiglia. 2014. Fertilización con fósforo en secuencias continuas de soja. IAH 15 Septiembre 2014. Pags 2 a 5.
- Bolsa de Comercio de Rosario. 2014. La calidad de la harina de la Soja Argentina. *Revista de la Bolsa de Comercio de Rosario*. Pags. 4-5.
- Cuniberti, M., R. Herrero ., L.Mir., O.Berra y S.Macagno. 2011. Rendimiento y Calidad Comercial e Industrial de la Soja en la Región Núcleo-Sojera. Actualización 2011. Informe de Actualización Técnica N° 21 Agosto 2011. INTA EEA Marcos Juárez, Cba. Págs. . 101 a 105.
- Cuniberti, M., R.Herrero y B.Massiero. 2011. Evolución del contenido de proteína y aceite en la región sojera Argentina . Actualización 2011. Informe de Actualización Técnica N° 21 Agosto 2011. INTAEEA Marcos Juárez, Cba, Pags. 110-113.
- Divito, G y V.Sadras. 2014. ¿Cómo afectan el fósforo, el potasio y el azufre al crecimiento de las leguminosas y la fijación biológica de nitrógeno? Un meta Análisis . *Field Crops Research*, Págs. . 161-171.
- Ferraris, G., F.Salvagiotti ., M.Prystupa y F.Gutiérrez Boem.2004.Disponibilidad de Azufre y Respuesta de la Soja de Primera a Fertilización. Actas XIX Congreso de la ciencia del suelo, Paraná.
- Galarza,C., V.Gudelj y P.Vallone.2001. Fertilización del Cultivo de Soja. Resultados de Ensayos de la Campaña 2000/2002 (Tomo 2). Información para Extensión n°69. INTA Marcos Juárez, Septiembre 2001.
- Martinez, F y G.Cordone. 2005. Fertilización en Soja con Micronutrientes. Ensayos Exploratorios 2004/2005, INTA Casilda.

- Mateo, F y J.Calzada. 2013. La caída de la proteína en soja le cuesta a Argentina 405 millones de dólares. Informativo Semanal de la Bolsa de Comercio de Rosario N° 1624, Págs. 1-5.
- Muñoz, R. 2014. Informe Quincenal del Mercado de Granos, 17 de marzo del 2014, INTA Pergamino.
- Soldini, D., L.Salines y A.Heredia. 2008. Fertilización y contenido de proteína en soja. INTA Estación Experimental Marcos Juárez.

8. Anexos

8.1 Estadística Descriptiva

8.1.1 Medidas de Resumen

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
5	Rinde(kg/ha)	4	4837,43	1088,66	3594,70	5803,53
7	Rinde(kg/ha)	3	6358,80	632,50	5905,55	7081,39
3	Rinde(kg/ha)	4	5143,49	1345,45	3606,21	6881,20
6	Rinde(kg/ha)	4	4342,42	702,85	3380,91	5007,58
4	Rinde(kg/ha)	4	3916,95	379,46	3384,44	4265,21
2	Rinde(kg/ha)	4	3886,63	471,53	3196,17	4255,88
1	Rinde(kg/ha)	4	3669,22	695,36	2645,16	4157,47

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

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
1	%Proteína	3	34,53	0,47	34,00	34,90
2	%Proteína	3	34,73	0,25	34,50	35,00
3	%Proteína	3	34,10	0,30	33,80	34,40
4	%Proteína	3	34,70	0,26	34,50	35,00
5	%Proteína	2	36,70	0,57	36,30	37,10
6	%Proteína	2	35,80	0,57	35,40	36,20
7	%Proteína	3	35,13	0,21	34,90	35,30

Medidas resumen de la variable % Proteína.-

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
1	%Aceite	3	24,27	0,35	23,90	24,60
2	%Aceite	3	24,43	0,12	24,30	24,50
3	%Aceite	3	24,63	0,15	24,50	24,80
4	%Aceite	3	24,47	0,38	24,20	24,90
5	%Aceite	2	24,85	0,07	24,80	24,90
6	%Aceite	3	24,37	0,38	24,10	24,80
7	%Aceite	3	24,40	0,26	24,20	24,70

Medidas resumen de la variable % Aceite.-

8.1.2 Supuestos

8.1.2.1 Análisis Normalidad

8.1.2.1.1 Shapiro Wilks

Mediante la prueba de Shapiro - Wilks se calcula el p-value para cada variable, para ver si se cumple con el principio de normalidad.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W	p(Unilateral D)
Rinde (kg/ha)	27	4528,18	1109,38	0,92	0,1269

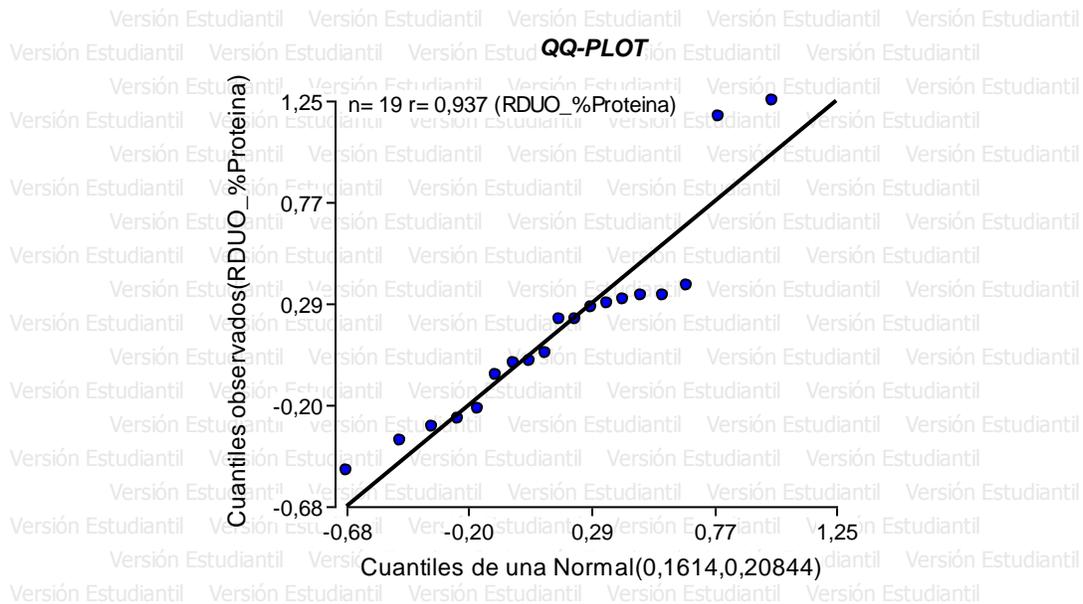
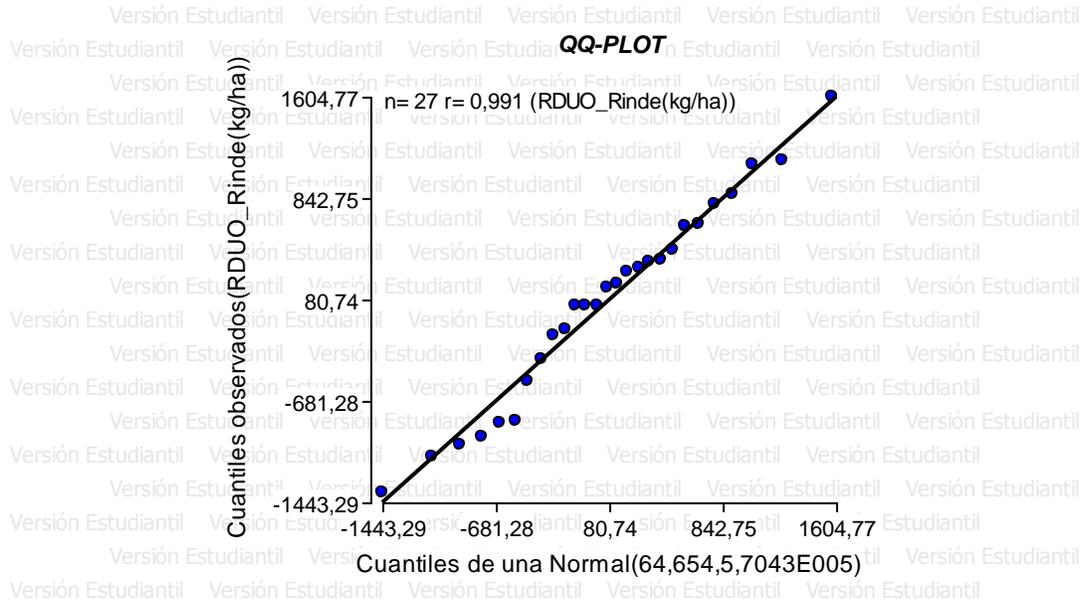
Shapiro-Wilks (modificado)

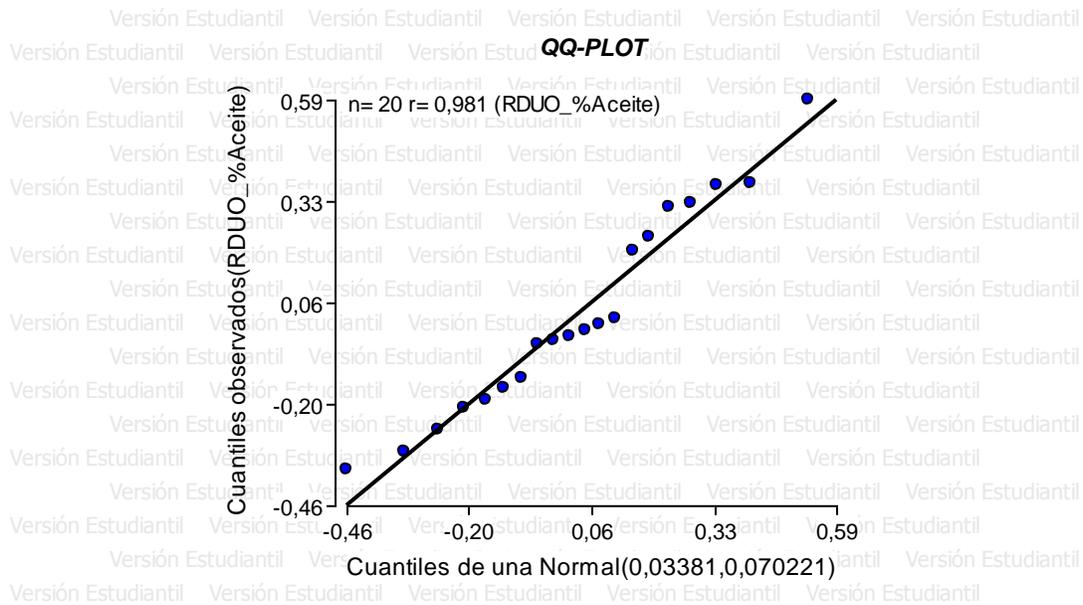
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
%Proteína	19	34,98	0,83	0,91	0,2041

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
%Aceite	20	24,47	0,29	0,92	0,2531

8.1.2.1.2 Graficos QQ-Plot





8.1.2.2 Análisis de Homocedasticidad

8.1.2.2.1 Prueba de Levene

Mediante la prueba de Levene se calcula el p-value para cada variable para comprobar si se cumple con el principio de homocedasticidad.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS Rinde(kg/ha)	27	0,10	0,00	77,47

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	498096,18	6	83016,03	0,37	0,8872
Tratamiento	498096,18	6	83016,03	0,37	0,8872
Error	4445313,50	20	222265,67		
Total	4943409,68	26			

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS %Proteína	19	0,49	0,23	86,10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,99	6	0,16	1,90	0,1623
Tratamiento	0,99	6	0,16	1,90	0,1623
Error	1,04	12	0,09		
Total	2,03	18			

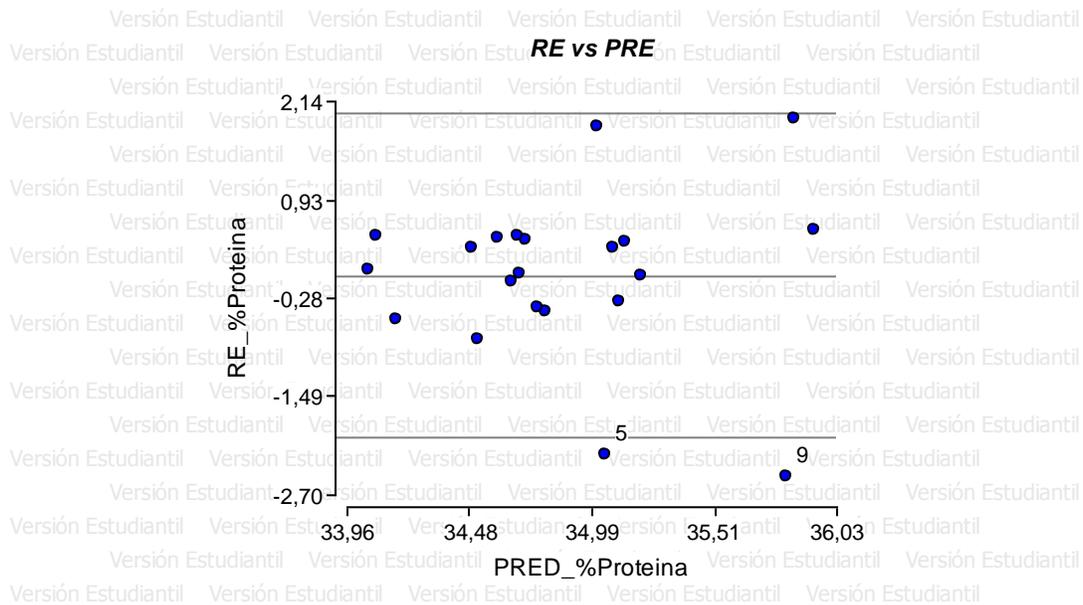
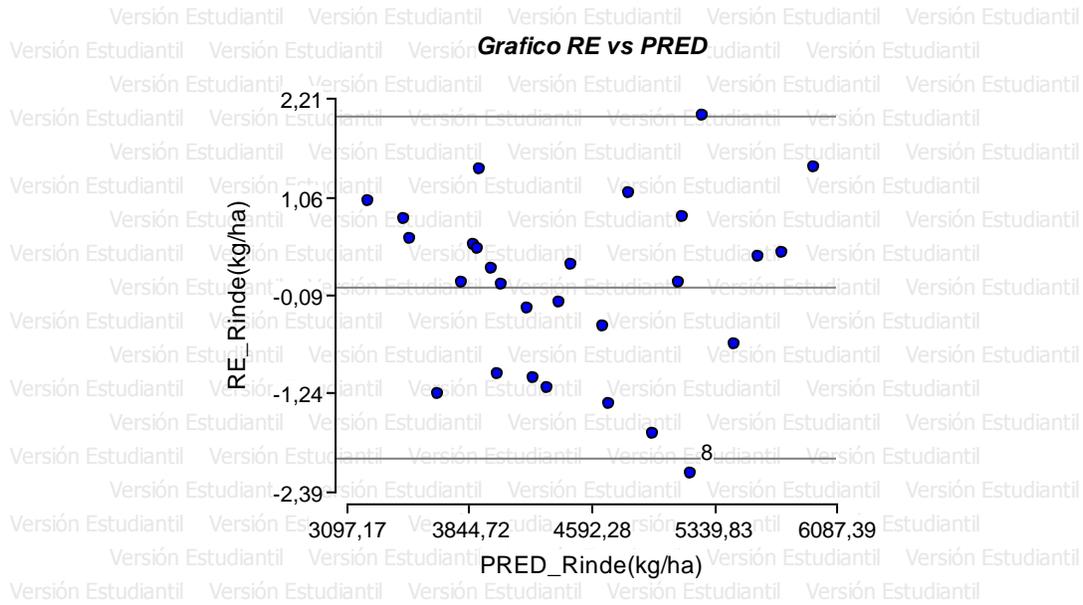
Análisis de la varianza

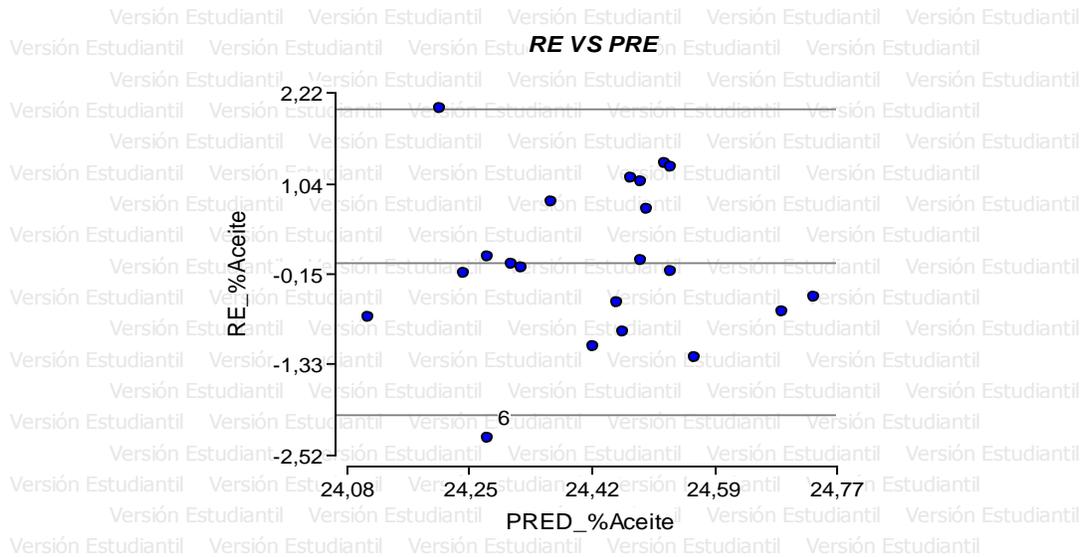
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RABS %Aceite	20	0,57	0,37	60,32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,27	6	0,05	2,83	0,0546
Tratamiento	0,27	6	0,05	2,83	0,0546
Error	0,21	13	0,02		
Total	0,48	19			

8.1.2.2.2 Gráficos de Dispersión





8.1.3 Análisis de la Varianza y Contrastes

Para cada variable se realiza el análisis de la varianza calculándose el p-value que indicara si al menos uno de los promedios de los distintos tratamientos difiere con el del otro. Además, se muestran los resultados de los distintos contrastes realizados para saber si las comparaciones entre 2 tratamientos resultan significativas para los 3 distintos tipo de variables.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rinde (kg/ha)	27	0,59	0,37	19,50

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	18747491,82	9	2083054,65	2,67	0,0387
Tratamiento	18180540,97	6	3030090,16	3,89	0,0126
Bloque	566950,84	3	188983,61	0,24	0,8655
Error	13251043,95	17	779473,17		
Total	31998535,76	26			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
	Contraste1	217,41 624,29	94532,04	1	94532,04	0,12	0,7319
	Contraste2	1256,86 624,29	3159411,72	1	3159411,72	4,05	0,0602
	Contraste3	1474,27 624,29	4346949,96	1	4346949,96	5,58	0,0304
	Contraste4	1226,54 624,29	3008788,48	1	3008788,48	3,86	0,0660
	Contraste5	-306,06 624,29	187340,55	1	187340,55 0,24		0,6302
	Contraste6	801,07 624,29	1283433,50	1	1283433,50	1,65	0,2166
	Contraste7	-1521,37 674,31	3967811,64	1	3967811,64	5,09	0,0375
Total			18180540,97	6	3030090,16	3,89	0,0126

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7
5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00
3	0,00	1,00	1,00	1,00	-1,00	1,00	0,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00
2	1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	-1,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Análisis de la varianza y contrastes de la variable Rendimiento (Kg/ha).-

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Proteína	19	0,89	0,80	1,05

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	10,95	8	1,37	10,22	0,0006
Tratamiento	10,67	6	1,78	13,27	0,0003
Bloque	0,28	2	0,14	1,05	0,3870
Error	1,34	10	0,13		
Total	12,29	18			

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	0,20	0,30	0,06	1	0,06	0,45	0,5185
Contraste2	-0,63	0,30	0,60	1	0,60	4,49	0,0601
Contraste3	-0,43	0,30	0,28	1	0,28	2,10	0,1777
Contraste4	0,60	0,30	0,54	1	0,54	4,03	0,0725
Contraste5	2,60	0,33	8,11	1	8,11	60,54	<0,0001
Contraste6	1,70	0,33	3,47	1	3,47	25,88	0,0005
Contraste7	-1,57	0,33	2,95	1	2,95	21,98	0,0009
Total			10,67	6	1,78	13,27	0,0003

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7
1	-1,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Análisis de la varianza y contrastes de la variable Rendimiento % Proteína.-

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Aceite	20	0,36	0,00	1,24

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,57	8	0,07	0,77	0,6365
Tratamiento	0,54	6	0,09	0,98	0,4808
Bloque	0,02	2	0,01	0,13	0,8783
Error	1,01	11	0,09		
Total	1,58	19			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	0,17	0,25	0,04	1	0,04	0,45	0,5153
Contraste2	0,20	0,25	0,06	1	0,06	0,65	0,4369
Contraste3	0,37	0,25	0,20	1	0,20	2,19	0,1672
Contraste4	-0,17	0,25	0,04	1	0,04	0,45	0,5153
Contraste5	0,22	0,28	0,06	1	0,06	0,61	0,4509
Contraste6	-0,27	0,25	0,11	1	0,11	1,16	0,3051
Contraste7	-0,45	0,28	0,24	1	0,24	2,64	0,1328
Total			0,54	6	0,09	0,98	0,4808

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7
1	-1,00	0,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	1,00	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3	0,00	1,00	1,00	-1,00	-1,00	-1,00	0,00
4	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00
5	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	-1,00
6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00

Análisis de la varianza y contrastes de la variable Rendimiento % Aceite.-

8.2 Lluvias Históricas de la Estancia “El Combate”

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	TOTAL
2002	64	35	418	30,5	82	3	70	123	62	182	174	93	1337
2003	43	88	181	173	54	0	11	112	44	81	167	180	1134
2004	47	38	33	148	19	36	103	82	15	70	36	139	766
2005	43	76	105	0	0	20	44	103	0	69,5	55	36	552
2006	277,5	122	55	57	0	53	16	0	47	128	86	107	949
2007	76	75	210	77	19	0	0	0	144	99	33	47	780
2008	10	150	28	33	40	30	47	38	25	94	27	32	554
2009	26	48	23	39	73	8	27	0	62	72	125	165	668
2010	88	96	117	45	72	45	45	20	117	28	58	0	731
2011	242	43	0	61	33	85	30	0	47	29	100	5	675
2012	170	105	195	32	184	0	0	195	91	85	95	172	1324
PROMEDIO	99	80	124	63	52	25	36	61	59	85	87	89	861

8.3 Unidad Cartográfica Estancia “El Combate”

