



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

Rendimiento y calidad en soja: efecto de la variedad y la fertilización en Arrecifes, provincia de Buenos Aires

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo**

Autor: Manzini, Patricio

Tutora: Inés Davèrède

Resumen

La producción de soja en Argentina es sumamente importante porque es uno de los recursos que mayores ingresos genera al país, debido a su exportación ya sea del poroto, como de sus subproductos. Más del 80% del poroto se industrializa y se exporta principalmente como aceite y harinas. En los últimos años se pudo observar una caída en los porcentajes de proteína de la soja, con consecuentes descuentos en el precio por no llegar a cumplir los requisitos de harina Hipro (base de 46,5% de proteína obtenida de la molienda de semillas limpias, secas y libres de impurezas). Este trabajo se realizó con el fin de estudiar el efecto de la fertilización con fósforo, azufre y nitrógeno sobre el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en grano de tres variedades distintas de soja. El ensayo fue realizado en la localidad de Arrecifes (Buenos Aires) durante la campaña 2017-2018. Para el mismo, se diagramó un diseño de parcelas de 15 m² divididas en 4 bloques al azar de 3 variedades de soja y 3 tratamientos. Las variedades fueron las “parcelas grandes” (15m x 3m) y los tratamientos las “parcelas chicas” (5m x 3m). Las variedades fueron: 1- Bioceres 4.11 (Bioceres Semillas) 2- Bioceres 4.51 y 3- DM 4612 (Don Mario). Los tratamientos fueron: 1-Testigo sin fertilización; 2- 35 kg ha⁻¹ P + 20 kg ha⁻¹ S en presiembra y 3- ídem 2 + 138 kg ha⁻¹ N en V3. Se realizó un análisis de la varianza entre variedades y tratamientos mediante el programa Infostat para las variables rendimiento, proteína y aceite con un error alfa = 0,1. El rendimiento promedió 3347 kg ha⁻¹, el porcentaje de proteína 34,5 % y el porcentaje de aceite 24,4%. En ningún tratamiento ni en ninguna de las variedades se observaron diferencias significativas de rendimiento. Sí se observaron diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre las variedades de Bioceres que promediaron 1,5 puntos porcentuales por encima de la variedad Don Mario (33,5%). Esta última fue la que presentó mayor porcentaje de aceite con 25,0% seguido de la variedad Bioceres 4.11 con 24,3% y de Bioceres 4.51 con 24,0% de aceite. En cuanto a los tratamientos de fertilización, solo el agregado de N aumentó el porcentaje de aceite en 0,2 puntos porcentuales respecto al promedio de los otros dos tratamientos que fue de 24,4%. No se observaron interacciones entre variedades y tratamientos para ninguna de las variables medidas. En esta campaña de muy bajas precipitaciones la única herramienta para aumentar el porcentaje de proteína fue la elección de la variedad.

Agradecimientos

En primer lugar, a mi familia, mis padres Héctor y Rosana por el apoyo incondicional durante todo el proyecto y la carrera.

A mi tutora Inés Davérède por su guía y disposición a lo largo del proyecto.

A mi primo Francisco Sellart y a Rafaela Ramos por ayudarme activamente durante la fertilización y cosecha.

A Gear S.A. por haber realizado el análisis de proteína y aceite a un presupuesto accesible y razonable.

Al equipo de agricultura de F. Sellart S.A, compuesto por el Ingeniero Agrónomo Gustavo Zapata, Roberto Sánchez, Federico Luchetti Y Martín Romero por ayudarme con la siembra y protección del cultivo.

Índice

Resumen	2
Agradecimientos	3
Introducción	5
Hipótesis.....	7
Materiales y métodos	7
Objetivos	7
Resultados y discusión	9
Conclusiones	14
Bibliografía	15
Anexos.....	17

Introducción

La soja (*Glycine max*) es una oleaginosa muy importante para nuestro país, ya sea por los ingresos que se generan por la exportación del poroto y sus subproductos (harina y aceite principalmente), como también por los valores alimenticios que ésta posee, tanto para la alimentación animal como la humana. La calidad del grano de soja para la alimentación está relacionada con su porcentaje de proteína, aceite y la ausencia de factores anti-nutricionales (Tau y Suarez, 1998). El poroto de soja contiene entre 37-41% de proteína y 18-21% de aceite (Hulse, 1996), siendo lo más importante para la alimentación el porcentaje de proteína. Hay que tener en cuenta que, por lo general, el contenido de aceite y proteína están correlacionados negativamente entre sí (Ray et al, 2006). Según la Bolsa de Cereales de Buenos Aires, la campaña 17-18 se vio afectada por una fuerte sequía en toda la República Argentina, con consecuentes pérdidas en la producción, totalizando 36 M tn, 18 millones de toneladas menos que la campaña anterior (54 M tn).

En los últimos 20 años, ha habido un progreso en el potencial de rendimiento del cultivo de soja que no estuvo acompañado por el incremento en el porcentaje de proteína (Soldini et al., 2008). Esto es un tema de preocupación en la Argentina, ya que genera pérdidas económicas importantes en las exportaciones del poroto o harina proteica. Países como China prefieren comprar una soja con 1 o 1,5% más de proteína a Brasil. El mayor problema que afronta la Argentina es que los semilleros enfocan los avances tecnológicos principalmente en el potencial de rendimiento (Soldini et al., 2008). Según un informe de Cuniberti (2018), el porcentaje de proteína de soja de esta última campaña (17-18) es el más bajo de los últimos 20 años alcanzando 34,6%, cuando el promedio de 21 años en Argentina es de 38,2.

La soja es uno de los cultivos de más exigencias en cuanto a nutrición mineral y el de mayor índice de cosecha de nutrientes, como por ejemplo el caso del N. Los elementos que más limitan la producción de soja en la Región Pampeana son nitrógeno (N), fósforo (P), azufre (S) y calcio (Ca) (Fontanetto et al., 2011), los cuales pueden ser provistos por fertilizantes químicos. Según Gutiérrez Boem (2008), se necesitan 80 kg de N, 8 kg de P, y 7 kg de S para producir una tonelada soja, mientras que el grano se lleva 60 kg de N, 5,5 kg de P y 3,2 kg de S por tonelada producida.

Si bien la soja tiene altos requerimientos de N, entre un 30 y un 70% se fija de la atmósfera a través de la simbiosis que realizan las bacterias del género *Rhizobium* que se encuentran en los nódulos de las raíces de las plantas de soja, dependiendo su cantidad y actividad del nivel de la fertilización nitrogenada del cultivo (González, 1996). Por lo tanto, resulta de vital importancia una buena inoculación de la semilla para lograr una adecuada provisión de N para el cultivo. En un ensayo que evaluó la fertilización foliar nitrogenada en estadíos reproductivos, Ferraris y Toribio (2014) concluyeron que la concentración de N y la proteína en grano no se modificó significativamente por la fertilización nitrogenada, pero aumentó de manera significativa el rendimiento.

El P es un elemento esencial para el crecimiento, desarrollo y rendimiento de la soja. La fertilización fosforada produce incrementos en el rendimiento de la soja y mejora el balance de nutrientes del suelo, incrementando la FBN. Varios estudios han demostrado que existe una respuesta en rendimiento a la aplicación de P cuando los niveles son bajos en el suelo (Diaz Zorita et al., 2004; Gutiérrez-Boem et al., 2006; García et al., 2010). Según Ferraris et al. (2012), el P es el nutriente que ha dado mayores respuestas en cuanto a rendimiento. Soldini et al. (2008) analizaron cómo respondía el porcentaje de proteína ante una aplicación de P y S y descubrieron un aumento significativo de 1,2 puntos porcentuales al aplicar 80 kg ha^{-1} SPS (7.2 kg P ha^{-1}) respecto al testigo. Davèrède y Míguez (2016) observaron una respuesta significativa de 228 kg ha^{-1} en el rendimiento a la aplicación de P, y respuestas muy variables, pero tendiendo a positivas con aumentos entre -1 punto porcentual y +1,75 puntos porcentuales de proteína en 20 sitios evaluados. Por otro lado, Martínez y Cordone (2015) observaron que los valores de proteína y ProFat tendieron a incrementarse con la aplicación de P, mientras que los valores de aceite no se modificaron.

Respecto al S, este es un elemento fundamental para la síntesis de aminoácidos, pero no hay demasiados estudios sobre la respuesta al agregado de S al suelo en cuanto a rendimiento en soja (Diaz Zorita, 2004). El mayor problema que tenemos en nuestro país es que no existe un método de diagnóstico en el cual basar una dosis de fertilización racional para el S (Bianchini et al., 2007). Además, el S tiene mayor movilidad en el suelo que el P y puede ser absorbido por difusión y flujo masal, con lo cual se debería interpretar la respuesta de los cultivos a la fertilización fósforo azufrada en relación a la disponibilidad hídrica (Vivas et al., 2010). En 20 ensayos de fertilización azufrada realizados en el centro-sur de Santa Fe durante la campaña 2003/04, Gentiletti y Gutiérrez Boem (2004) observaron respuestas significativas en rendimiento de un 7 a un 30% más en los cultivos fertilizados que en los no fertilizados con S. Eleberg et al. (2006) evaluaron la aplicación de P y S por separado y juntos, y observaron no solo aumentos en rendimiento por el agregado de P principalmente, sino que el porcentaje de aceite aumentó con la aplicación de P y S en uno de tres sitios, mientras que el agregado de S solo aumentó el porcentaje de proteína en un sitio y en otro lo hizo conjuntamente con el P.

En cuanto a las variedades de soja en Argentina, por lo general, los productores optan por sembrar aquellas que se destacan en su potencial de rendimiento según la región en la que se encuentren, dejando de lado el porcentaje de proteína (Cuniberti et al. 2011). Esto es una tendencia que se va a mantener en nuestro país hasta que haya una bonificación económica que premie a quienes obtengan mayor porcentaje de proteína en la cosecha. Sin embargo, Cuniberti et al. (2011) observaron que existen cultivares que se destacan en el porcentaje de proteína y otros en aceite manteniendo el comportamiento durante varias campañas, y también hubo cultivares que tuvieron valores altos en ambos parámetros. Existe una relación inversa entre proteína y aceite, que a medida que tenemos mayor proteína, el porcentaje de aceite es menor y el rendimiento también, ocurriendo a la inversa en Argentina, donde se busca apuntar a

altos rendimientos, no teniendo en cuenta el porcentaje de proteína (Martínez y Cordone, 2015; Davérede y Miguez, 2016; Ray et al., 2006).

En este trabajo se evaluará la respuesta en rendimiento, sus componentes, el porcentaje de proteína y aceite en granos de tres variedades distintas de soja a la fertilización fosforada, azufrada y nitrogenada con el fin de asistir al productor a elegir las tecnologías que más impactan en la calidad además del rendimiento. Además, el hecho de que se hayan sembrado 3 variedades en el mismo sitio experimental, hace capaz de visualizar cómo se comportan éstas con distintas dosis de fertilización en un mismo ambiente. Este trabajo será muy útil para el productor cuando exista una bonificación económica por calidad en el grano de soja.

Hipótesis

- 1) La fertilización con P y S aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y disminuirá la materia grasa en granos de soja.
- 2) La fertilización nitrogenada al voleo con urea de liberación lenta en V3 aumentará el rendimiento y el porcentaje de proteína y disminuirá la materia grasa en granos de soja.
- 3) Las variedades de soja tendrán igual respuesta en rendimiento, porcentaje de proteína y aceite ante los distintos tratamientos.

Objetivos

El objetivo de este proyecto de investigación experimental es evaluar el efecto de distintos macronutrientes sobre el rendimiento y la calidad de la soja, mediante la aplicación de tres fertilizantes, y evaluar el comportamiento de tres variedades de soja distintas.

- Evaluar el efecto de la fertilización con P y S sobre el rendimiento, el porcentaje de proteína y materia grasa de los granos de soja.
- Evaluar el efecto de la fertilización con P, S y N sobre el rendimiento, el porcentaje de proteína y materia grasa de los granos de soja.
- Comparar el efecto de los distintos tratamientos sobre el rendimiento, materia grasa y porcentaje de proteína de tres variedades de soja.

Materiales y métodos

Caracterización del sitio experimental

El ensayo se llevó a cabo en el establecimiento “San Alberto”, ubicado a 30 km de la ciudad de Arrecifes, Buenos Aires. El mismo está destinado a la actividad agrícola bajo la técnica de siembra directa desde hace más de 20 años, siguiendo un plan rotacional de cultivos Soja-Trigo/Soja-Maíz, a razón de aproximadamente un 33% de cada uno cada

año, para disminuir los riesgos, conservar los suelos, hacer una rotación de principios activos y demás, y sobre todo mantener una actividad sustentable.

El suelo del campo es un Argiudol ácuico Clase II, Serie Urquiza, profundo, oscuro y con aptitud agrícola, presentando algunas depresiones que acumulan agua los años de altas precipitaciones.

Descripción del diseño experimental

Se utilizó un diseño de parcelas divididas en 4 bloques al azar de 3 variedades de soja y 3 tratamientos, totalizando 36 unidades experimentales de 15 m². Las variedades fueron las “parcelas grandes” (15m x 3m) y los tratamientos las “parcelas chicas” (5m x 3m).

Variedades:

- 1) Biosoja 4.11 (Bioceres Semillas).
- 2) Biosoja 4.51 (Bioceres Semillas).
- 3) DM 4612 (Don Mario)

Tratamientos de fertilización:

- 1) Testigo
- 2) 167 kg ha⁻¹ SPS + 100 kg ha⁻¹ SPT (35 kg P ha⁻¹ + 20 kg S ha⁻¹)
- 3) 167 kg ha⁻¹ SPS + 100 kg ha⁻¹ SPT + 300 kg ha⁻¹ N Urea granulada de liberación lenta (35 kg ha⁻¹ P + 20 kg ha⁻¹ S + 138 kg ha⁻¹ N)

El P y el S se combinaron en un solo tratamiento en base a los estudios de Davèrède y Míguez (2016) que observaron que la aplicación conjunta de estos nutrientes fue la que obtuvo mayores respuestas en rendimiento y proteína simultáneamente. En este trabajo, las dosis de ambos nutrientes son un 50% mayores a las utilizadas comúnmente por los productores de la zona.

Se realizó una pulverización terrestre el día 1/9/2017 y se aplicaron 1,3 kg ha⁻¹ de RoundUp Control Max, 0,6 L ha⁻¹ de 2,4-D al 50% y 5 g ha⁻¹ de metsulfurón, y otra el día 15/10/2017 con 1,3 kg ha⁻¹ de RoundUp Control Max, 0,8 L ha⁻¹ de 2,4-D al 50%, 120 cc ha⁻¹ de haloxifop, 100 cc ha⁻¹ de flumioxazin (Sumisoya) y 0,5 L ha⁻¹ de aceite vegetal, con el fin de mantener el lote libre de malezas tales como *Conyza bonariensis* y *C. sumatriensis* “rama negra”, maíz guacho de las espigas caídas, *Sonchus oleraceus* “cerraja” y “pastito lagunero”, entre otras.

Se fertilizó con P y S el 5/10/2017 (pre-siembra), al voleo, manualmente, utilizando guantes siguiendo las Buenas Prácticas Agrícolas, a todas las parcelas, individualmente, exceptuando los testigos. Los productos utilizados fueron Superfosfato Simple (SPS) y Superfosfato Triple de Calcio (SPT).

Se realizó el muestreo de suelo día 22/11/2017 y se obtuvieron muestras de 0-20 cm y 20-40 cm, cuyos resultados se encuentran en el anexo.

La siembra se retrasó al día 24/11/2017 debido a falta de humedad en el suelo, con una densidad de 400.000 pl ha⁻¹, para lograr 360.000 pl ha⁻¹ a cosecha. La sembradora

empleada fue una Crucianelli Pionera con un ancho de labor de 9,8 m con surcos distanciados a 35 cm. La semilla fue previamente inoculada con Rizopac liq, tres días previos a la siembra.

La fertilización nitrogenada con 300 kg ha⁻¹ de urea de liberación lenta se realizó el día 27/12/2018 en el estadio V6 al voleo de la misma forma que la aplicación de P y S, en las parcelas que llevaban el tratamiento 3.

Se realizó una pulverización terrestre de herbicidas previo al cierre del surco con 1,3 kg ha⁻¹ de RoundUp Control Max, con el fin de eliminar las malezas gramíneas. La última pulverización se realizó con Coragen (0,15 L ha⁻¹) el día 27/1/2018 para controlar el complejo de isocas, tomando como umbral de aplicación 4 isocas medidoras (*Rachiplusia nu*) por m lineal.

El día 1/2/2018, a las 18 horas, se realizó un riego por aspersión de 10 mm ha⁻¹, con el equipo de apoyo de la pulverizadora, que se dedica a proveer agua para la misma. Es un camión con un tanque de agua de una capacidad de 7.000 L.

La cosecha se realizó el día 5/4/2018 y se cosecharon 2 m² por parcela a mano con tijera de podar. Las muestras se guardaron en bolsas de arpillera y la trilla se realizó el día 13/4/2018 con una máquina trilladora del INTA Pergamino.

Una vez trillado y zarandeado, se pesó el grano para calcular el rendimiento, la humedad y el peso de 1000 semillas, utilizando una balanza calibrada, humidímetro y se corrigió el rendimiento por humedad utilizando la fórmula [(100-humedad inicial) / (100-13%)*rendimiento humedad inicial].

Luego, se armaron bolsas de medio kg para cada unidad experimental y se enviaron al laboratorio de GEAR S.A. para el análisis de proteína y aceite.

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente por el programa InfoStat, versión 2015, y se tomó un p-valor de 0,1 para las diferencias significativas.

Las precipitaciones registradas durante el ensayo (noviembre-abril) sumaron 217 mm totales desde la siembra hasta la cosecha, cuando el promedio histórico de precipitaciones para la zona en ese período es de 850 mm.

Resultados y discusión

Rendimiento

El rendimiento máximo promedió 3600 kg ha⁻¹ y fue inferior al promedio del rendimiento de la soja de primera en el establecimiento, que fue de 4000 kg ha⁻¹. Las diferencias entre tratamientos y entre variedades no fueron significativas.

La falta de diferencias significativas entre tratamientos de fertilización y variedades para el rendimiento se puede explicar por el déficit hídrico, ya que en el mes de enero llovieron solo 25 mm, momento en que el cultivo se encontraba en la primera etapa del

período crítico (R1 – R3). Por lo tanto, la limitante para el rendimiento fue el agua y no los nutrientes o el potencial de rendimiento de las variedades.

N° de Granos/m²

Las diferencias entre variedades no fueron significativas para número de granos m². La aplicación de N disminuyó el número de granos m² en 221,4 (9,35%) respecto al tratamiento de P + S que fue de 2367,9 granos m². Esta merma podría explicarse principalmente por el estrés hídrico combinado con una alta cantidad de N aportado por la urea de liberación lenta que produjeron un efecto deletéreo sobre el cuaje de granos.

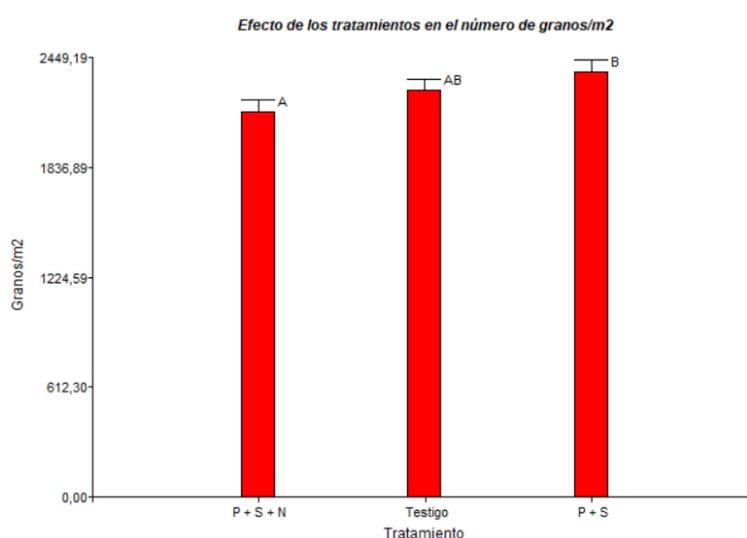


Fig 1. Efecto de los tratamientos sobre el número de granos m² en un ensayo realizado en Arrecifes en la campaña 17-18. 1-Testigo sin fertilización; 2- 35 kg ha⁻¹ P + 20 kg ha⁻¹ S en presembrado y 3- ídem 2 + 138 kg ha⁻¹ N en V3. Letras distintas reflejan diferencias significativas (p-valor = 0,1).

Hubo una correlación entre número de granos y rendimiento ($r = 0,72$; $p < 0,001$; tabla 1), indicando que el aumento de rendimiento, si bien no fue significativo, es explicado por el aumento en el número de granos m². En este ensayo el peso de mil semillas no se correlacionó con el rendimiento ($r = 0,26$; $p = 0,13$; tabla 1).

Peso de 1000 semillas

No se observó una interacción significativa entre los tratamientos de fertilización y las variedades. El efecto principal tratamiento fue significativo, así como también el de las variedades. La variedad Bioceres 4.51 promedió 138,2 g, por debajo de la Bioceres 4.11 y DM 4612 que promediaron 152,9 g (Fig 1).

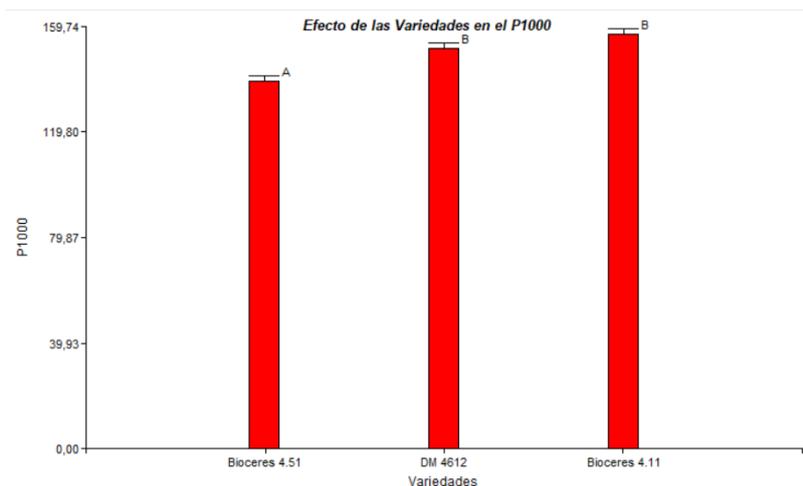


Fig. 2. Efecto de las variedades de soja en el peso de mil semillas (g) en un ensayo realizado en Arrecifes en la campaña 17-18. Letras distintas reflejan diferencias significativas (p -valor = 0,1).

La aplicación de N aumentó significativamente el peso de mil semillas en 5,2 g respecto a los otros dos tratamientos que promediaron 147,2 g (Testigo y P + S; Fig. 2). La merma del número de granos m^2 fue compensada por el aumento del peso de mil semillas durante el llenado de granos.

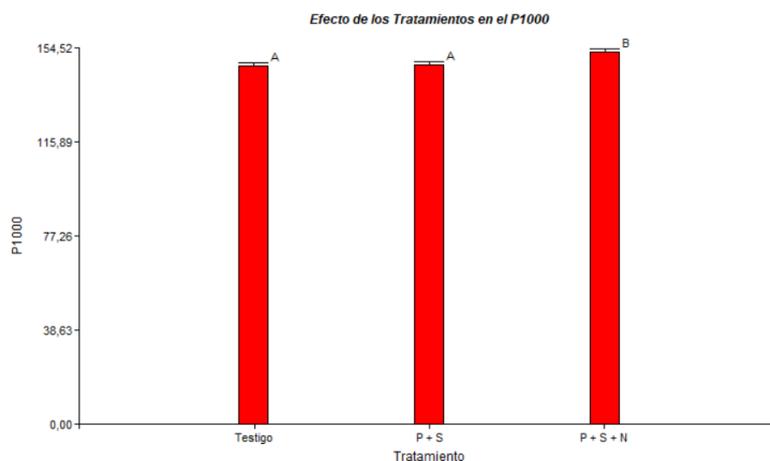


Fig. 3. Efecto de distintos tratamientos de fertilización en el peso de mil semillas de un cultivo de soja en un ensayo realizado en Arrecifes en la campaña 17-18. 1-Testigo sin fertilización; 2- $35 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P} + 20 \text{ kg ha}^{-1} \text{ S}$ en presiembra y 3- ídem 2 + $138 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ en V3. Letras distintas reflejan diferencias significativas (p -valor = 0,1).

Proteína

No se encontraron diferencias significativas entre las variedades y entre los tratamientos para el porcentaje de proteína en grano. No obstante, se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre las variedades Bioceres respecto a la variedad DM 4612. Las variedades de Bioceres promediaron 35,0% de proteína, superando en 1,5 puntos porcentuales a la variedad de Don Mario.

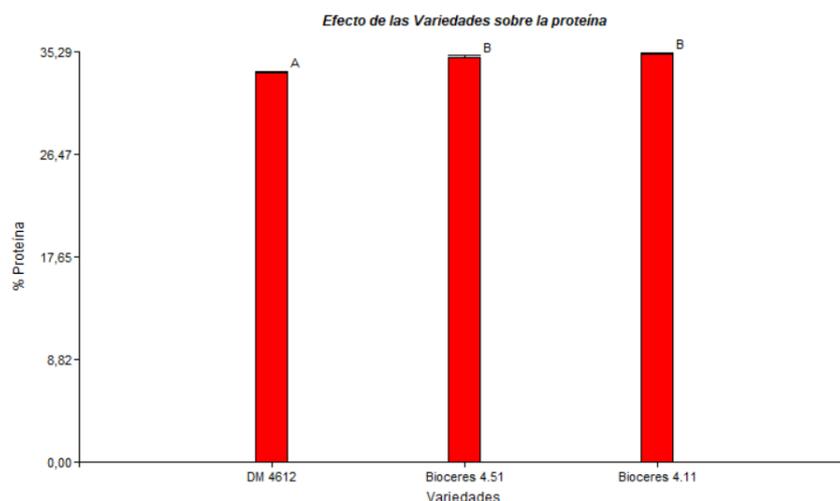


Fig. 4. Efecto de las variedades sobre el porcentaje de proteína en granos de soja en un ensayo realizado en Arrecifes en la campaña 17-18. Letras distintas reflejan diferencias significativas (p-valor = 0,1).

Aceite

Se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de aceite tanto para el efecto variedad como para el efecto tratamiento. En este caso tampoco hubo evidencias significativas de interacción entre variedades y tratamiento. La variedad DM 4612 fue la que tuvo mayor porcentaje de aceite con un promedio de 25,0%, seguida de Bioceres 4.11 con 24,3% y Bioceres 4.51 con 24,0%. El porcentaje de aceite fue inversamente proporcional al porcentaje de proteína ($r = -0,84$; $p < 0,001$; tabla 1) tal como observaron Davérède y Míguez (2016) y Ray et al. (2006).

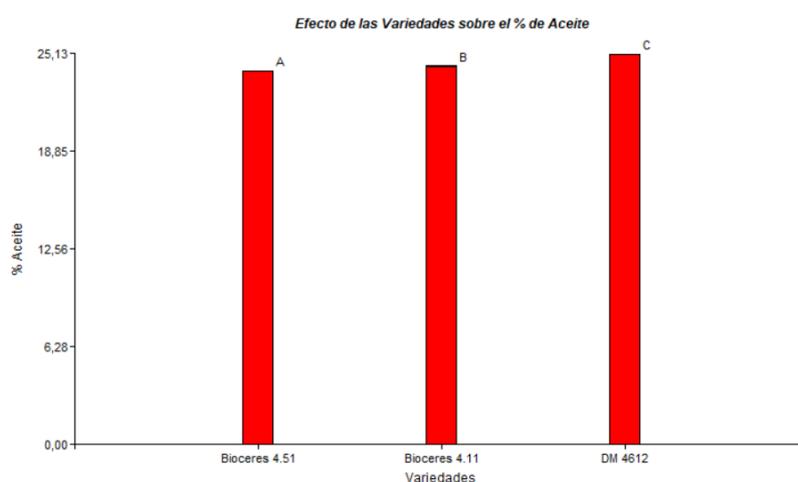


Fig. 5. Efecto de las variedades sobre el porcentaje de aceite en granos de soja en un ensayo realizado en Arrecifes en la campaña 17-18. Letras distintas reflejan diferencias significativas (p-valor = 0,1).

El agregado de N aumentó el porcentaje de aceite en 0,2 puntos porcentuales respecto a los otros dos tratamientos que promediaron 24,4%. Esto coincide con la caída en el número de granos y el aumento del peso de granos que probablemente favoreció a una mayor síntesis de aceite en el grano. En varios ensayos en los que agregaron entre 98,6 kg ha⁻¹ N y 122,4 kg ha⁻¹ N, Ray et al (2006) observaron que el agregado de N disminuyó el porcentaje de proteína y aumentó el porcentaje de aceite. Estos autores atribuyeron el aumento de porcentaje de aceite a un ahorro de energía por parte del cultivo al disminuir los carbohidratos destinados a la fijación biológica de nitrógeno.

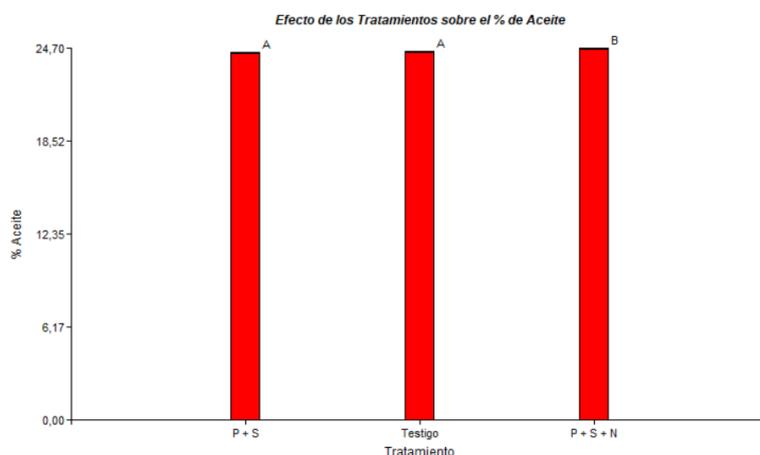


Fig.6. Efecto de distintos tratamientos de fertilización en el porcentaje de aceite de un cultivo de soja en un ensayo realizado en Arrecifes en la campaña 17-18. 1-Testigo sin fertilización; 2- 35 kg ha⁻¹ P + 20 kg ha⁻¹ S en presiembra y 3- ídem 2 + 138 kg ha⁻¹ N en V3. Letras distintas reflejan diferencias significativas (p-valor = 0,1).

Correlación entre variables

Tabla 1. Correlación entre variables.

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	P1000	N° granos/m2	Rendimiento	% Proteína	% Aceite
P1000	1,00	0,05	0,13	0,79	3,9E-03
N° granos/m2	-0,33	1,00	7,9E-07	0,07	0,01
Rendimiento	0,26	0,72	1,00	0,13	0,62
% Proteína	-0,05	0,31	0,26	1,00	1,4E-10
% Aceite	0,47	-0,42	-0,08	-0,84	1,00

Conclusiones

La falta de diferencias significativas entre tratamientos para el rendimiento puede explicarse por el efecto del déficit hídrico claramente marcado en la campaña 17-18. Sin embargo, hubo una merma en el número de granos m² en 221,4 (9,35%) por el agregado de N respecto al tratamiento con P + S que fue de 2367,9 granos m², que se compensó con el peso de mil semillas y por eso no hubo diferencias significativas en rendimiento. Las 3 variedades no presentaron diferencias significativas en rendimiento, pero sí en proteína y en aceite, que se detalla en los siguientes párrafos.

Con respecto al peso de mil semillas las variedades Bioceres 4.11 y DM 4612 superaron en 14,7 gramos a la variedad Bioceres 4.51 (138,2 gramos).

Con respecto al porcentaje de proteína, las variedades de Bioceres superaron en 1,5 puntos porcentuales a la variedad de Don Mario (33,5%), lo que se puede explicar por la genética que utilizan los semilleros.

La variedad DM 4612 presentó el mayor porcentaje de aceite, promediando 25,0%, seguido de la variedad Bioceres 4.11 con 24,3% y por último, la variedad 4,51 con 23,9%. El porcentaje de aceite fue inversamente proporcional al porcentaje de proteína.

En conclusión, se rechazaron las 3 hipótesis propuestas, ya que la fertilización fósforo azufrada no aumentó la proteína, y la nitrogenada aumentó el porcentaje de aceite, que no era lo esperado. En este trabajo se ha observado que la calidad del grano depende más de la variedad que se utilice que del tipo y dosis de fertilizante en condiciones de estrés hídrico como la campaña 17-18. Sin embargo, debemos tener en cuenta que es muy importante la fertilización para un buen desarrollo y crecimiento del cultivo.

Bibliografía

Bianchini, A.; Begnis, A. S.; Peruzzi, D.; Magnelli, M. E.; Lorenzatti, S.; Rabasa, J.; García F. O. Redes de ensayos de nutrición de cultivos de AAPRESID. En: García, F. O. y Ciampitti, I. A. (eds.), Simposio fertilidad 2007: bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos. Buenos Aires, Grancharoff Impresores, 2007, 28-31 págs.

Cuniberti, M. B.; Herrero, R.; Masiero, B. y Fuentes, F. (2011). Cultivares argentinos destacados en proteína y aceite. En: Mercosoja 2011 y 5° Congreso de la soja del MERCOSUR, I Foro de la Soja Asia-MERCOSUR.

Cuniberti, M. B.; Herrero, R. y Masiero, B. (2011), Evolución del contenido de proteína y aceite en la región sojera argentina. En: Mercosoja 2011 y 5° Congreso de la soja del MERCOSUR, I Foro de la Soja Asia-MERCOSUR.

Davérede I. C. y Míguez, F. (2016), ¿La fertilización con fósforo y azufre en soja aumenta el porcentaje de proteína en grano? En Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica.

Díaz Zorita, M. Requerimientos nutricionales del cultivo de soja. En: Díaz Zorita, M. y Duarte, G. A. (eds.), Manual Práctico para la producción de soja. Buenos Aires, Hemisferio Sur S.A., 2004, 79-89 págs.

Elemberg, E. T.; Gutiérrez Boem, F. H. y Prystupa, P. (2006), Fertilización azufrada y fosforada como determinante de la calidad de los granos de soja. En: Fertilización azufrada y fosforada como determinante de la calidad de los granos de soja. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.

Ferraris, G. N.; Couretot, L.A.; Urrutia, J. (2012), Fertilización fósforo-azufrada en soja, Estrategia de dosis, localización y momentos de aplicación, EEA Pergamino, UCT Agrícola, INTA. En: <http://inta.gob.ar/fertilizacion-fosforo-azufrada-en-soja-estrategias-de-dosis-localización-y-momentos-de-aplicacion>

Ferraris, G. N.; Toribio, M (2014), La Fertilización nitrogenada ¿puede incrementar el contenido proteico en los granos de soja?, EEA Pergamino, INTA. En: <http://inta.gob.ar/documentos/la-fertilizacion-nitrogenada-¿puede-incrementar-el-contenido-proteico-en-granos-de-soja>

Fontanetto, H.; Keller, O.; Sillón, M.; Albercht, J.; Giailevra, D.; Negro, C.; Belotti, L.; (2011), Manejo de la fertilización de la soja en regiones templadas, Información técnica cultivos de verano, EEA Rafaela, INTA, 121: 100-107. En: <http://inta.gob.ar/documentos/manejo-de-la-fertilizacion-de-la-soja-en-regiones-templadas>

García, F., M.; Boxler, J.; Minteguiaga, R.; Pozzi, L.; Firpo, I.; Ciampitti, A.; Correndo, F.; Bauschen, A. y N.; Reussi Calvo (2010). La red de nutrición de la región CREA Sur de Santa Fe. Resultados y conclusiones de los primeros años 2000-2009.

Gentiletti, A. y Gutiérrez Boem, F. H. G. (2004). Fertilización azufrada del cultivo de soja en el centro-sur de Santa Fe. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, 24, 12-14.

[http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/07FA2F5398A3F7E38525799900609B7B/\\$FILE/Gentiletti-S%20en%20soja%20en%20el%20sur%20de%20Santa%20Fe1.pdf](http://www.ipni.net/publication/ialacs.nsf/0/07FA2F5398A3F7E38525799900609B7B/$FILE/Gentiletti-S%20en%20soja%20en%20el%20sur%20de%20Santa%20Fe1.pdf)

González San Juan, M. F.; Grasso, A. A.; Bassi, J. (2013), Fertilizantes en Argentina: Análisis del consumo, Revista Fertilizar, 25. En: <http://www.manualfitosanitario.com/articulo-detalle.phd?id=560>

Gutiérrez Boem, F. H. Nutrición del cultivo. En: Satorre, E. (ed.), Producción en soja. Buenos Aires, Asoc. Argentina de Consorcios Regionales de Experimentación Agrícola, 2008, 45.53 págs.

Hulse, J.H. 1996. Soybean biodiversity and butritional quality, págs.1-13. In A. Buchanan, (eds.). Proc. of the 2nd International Soybean analysis, pp. 123-136. En: Soil and Plant Analysis Laboratory Manual. Second Edition. Jointly published by the International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA) and the National Agricultural Research Center (NARC).

Martínez, F. y Cordone, G. (2015). Impacto de la fertilización en soja sobre la calidad del grano. En Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica.

Ray, J. D.; Fritschi, B. F.; Heatherly, L. G. (2006), Large application of fertilizer N at planting affects seed protein and oil concentration and yield in the Early Soybean Production System. En

Soldini, D. O.; Salines, L. A.; Heredia, A. (2008), Fertilización y contenido de proteína en soja, EEA Marcos Juárez, INTA. En: <http://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-y-contenido-de-proteina-en-soja>

Tau, M. E. W. y Suárez J. C. (1998) Soja. En LAN Aguirrezábal y FH Andrade (eds.), Calidad de productos agrícolas, UNMDP-INTA, Balcarce, págs. 202-230.

Vivas, H. S.; Vera Candioti, N.; Albrecht, R. y Hotián, J. (2009), Fósforo y azufre sobre soja de primera en rotación con gramíneas. Región central de Santa Fe. http://rafaela.inta.gov.ar/info/miscelaneas/115/misc115_057.pdf

Vivas, H. S.; Vera Candioti, N.; Albrecht, R.; Martins, L.; Hotián, J. L. (2010), Beneficios productivos y económicos en trigo/soja por la fertilización con P y S en una rotación trigo/soja-maíz-soja, Relación con el P extractable, Cooperativa Bernardo de Irigoyen, EEA Rafaela, INTA, Revista Soja “Para mejorar la producción”, EEA Oliveros, INTA, 45: 75-80. En: <http://inta.gob.ar/documentos/beneficios-productivos-y-economicos-en-trigo-soja-por-la-fertilizacion-con-p-y-s-en-una-rotacion-trigo-soja-maiz-soja-relacion-con-el-p-extractable-l>

Anexos

Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	36	0,56	0,14	9,85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2438734,43	17	143454,97	1,35	0,2691	
Bloques	458942,14	3	152980,71	0,68	0,5955	(Variedades*Bloques)
Variedades	249468,99	2	124734,50	0,55	0,6011	(Variedades*Bloques)
Variedades*Bloques	1349090,98	6	224848,50	2,11	0,1029	
Tratamiento	32293,84	2	16146,92	0,15	0,8606	
Tratamiento*Variedades	348938,47	4	87234,62	0,82	0,5304	
Error	1919688,87	18	106649,38			
Total	4358423,30	35				

P1000

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P1000	36	0,88	0,76	3,19

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2897,21	17	170,42	7,53	<0,0001	
Bloques	280,64	3	93,55	1,80	0,2475	(Variedades*Bloques)
Variedades	1935,62	2	967,81	18,61	0,0027	(Variedades*Bloques)
Variedades*Bloques	312,01	6	52,00	2,30	0,0801	
Tratamiento	248,76	2	124,38	5,49	0,0137	
Tratamiento*Variedades	120,18	4	30,04	1,33	0,2980	
Error	407,53	18	22,64			
Total	3304,74	35				

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=7,40745

Error: 52,0016 gl: 6

Variedades	Medias	n	E.E.
Bioceres 4.51	139,17	12	2,08 A
DM 4612	151,39	12	2,08 B
Bioceres 4.11	156,68	12	2,08 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

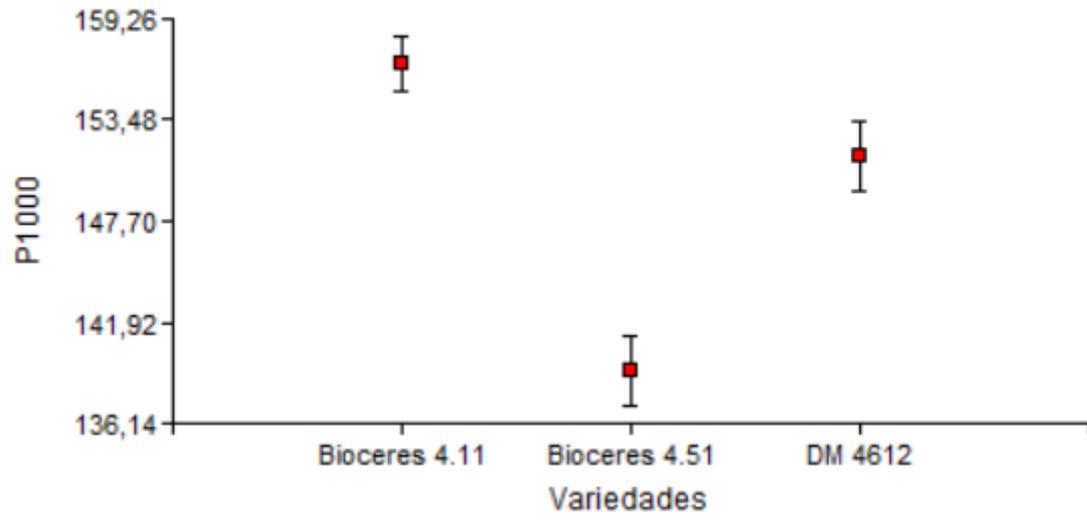
Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=4,25533

Error: 22,6405 gl: 18

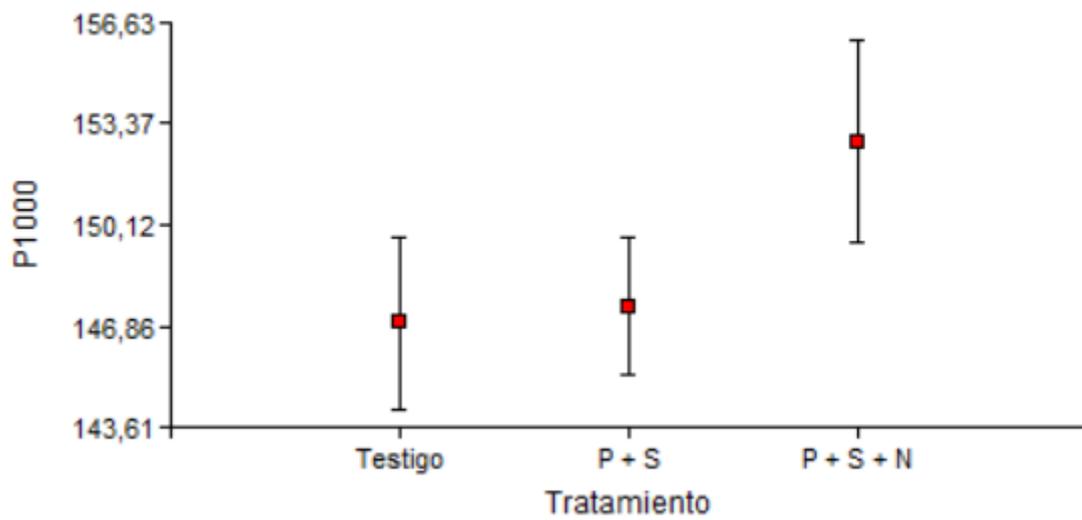
Tratamiento	Medias	n	E.E.
Testigo	146,97	12	1,37 A
P + S	147,48	12	1,37 A
P + S + N	152,78	12	1,37 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,10)

Efecto de las Variedades sobre el P1000



Efecto de los Tratamientos sobre el P1000



Granos/m²

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Nº granos/m ²	36	0,68	0,39	10,25

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	2093471,80	17	123145,40	2,30	0,0445	
Bloques	567761,90	3	189253,97	1,56	0,2932	(Variedades*Bloques)
Variedades	349026,87	2	174513,44	1,44	0,3083	(Variedades*Bloques)
Variedades*Bloques	726661,89	6	121110,31	2,26	0,0843	
Tratamiento	294372,88	2	147186,44	2,74	0,0911	
Tratamiento*Variedades	155648,27	4	38912,07	0,73	0,5859	
Error	965380,65	18	53632,26			
Total	3058852,45	35				

Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=357,47958

Error: 121110,3147 gl: 6

Variedades	Medias	n	E.E.
DM 4612	2166,13	12	100,46 A
Bioceres 4.11	2216,46	12	100,46 A
Bioceres 4.51	2395,57	12	100,46 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

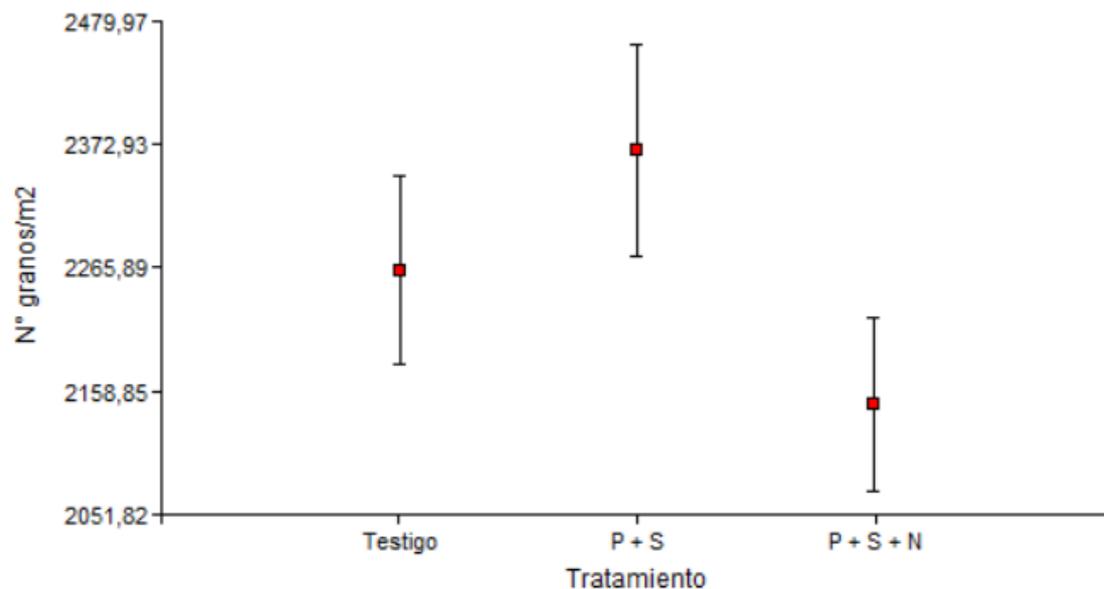
Test:Tukey Alfa=0,10 DMS=207,11105

Error: 53632,2583 gl: 18

Tratamiento	Medias	n	E.E.
P + S + N	2146,55	12	66,85 A
Testigo	2263,68	12	66,85 A B
P + S	2367,93	12	66,85 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Efecto de los Tratamientos sobre el Nº de granos/m²



% Proteína

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Proteína	36	0,76	0,53	1,77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	21,13	17	1,24	3,33	0,0076	
Bloques	0,58	3	0,19	0,97	0,4679	(Variedades*Bloques)
Variedades	17,71	2	8,85	44,21	0,0003	(Variedades*Bloques)
Variedades*Bloques	1,20	6	0,20	0,54	0,7738	
Tratamiento	1,17	2	0,59	1,57	0,2359	
Tratamiento*Variedades	0,47	4	0,12	0,31	0,8662	
Error	6,72	18	0,37			
Total	27,85	35				

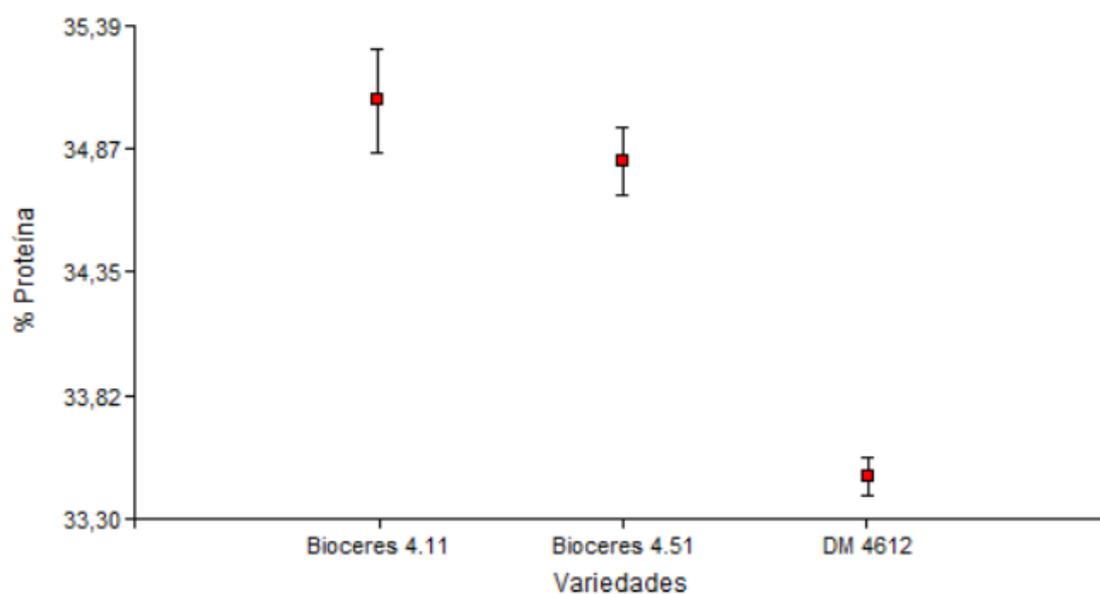
Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,45970

Error: 0,2003 gl: 6

Variedades	Medias	n	E.E.
DM 4612	33,48	12	0,13 A
Bioceres 4.51	34,82	12	0,13 B
Bioceres 4.11	35,08	12	0,13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

Efecto de las Variedades sobre el % de Proteína



% Aceite

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Aceite	36	0,88	0,76	1,01

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	(Error)
Modelo.	7,87	17	0,46	7,62	<0,0001	
Bloques	0,05	3	0,02	0,72	0,5743	(Variedades*Bloques)
Variedades	7,03	2	3,51	167,17	<0,0001	(Variedades*Bloques)
Variedades*Bloques	0,13	6	0,02	0,35	0,9030	
Tratamiento	0,54	2	0,27	4,42	0,0274	
Tratamiento*Variedades	0,14	4	0,03	0,56	0,6944	
Error	1,09	18	0,06			
Total	8,97	35				

Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,14892

Error: 0,0210 gl: 6

Variedades	Medias	n	E.E.	
Bioceres 4.51	23,98	12	0,04	A
Bioceres 4.11	24,31	12	0,04	B
DM 4612	25,03	12	0,04	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

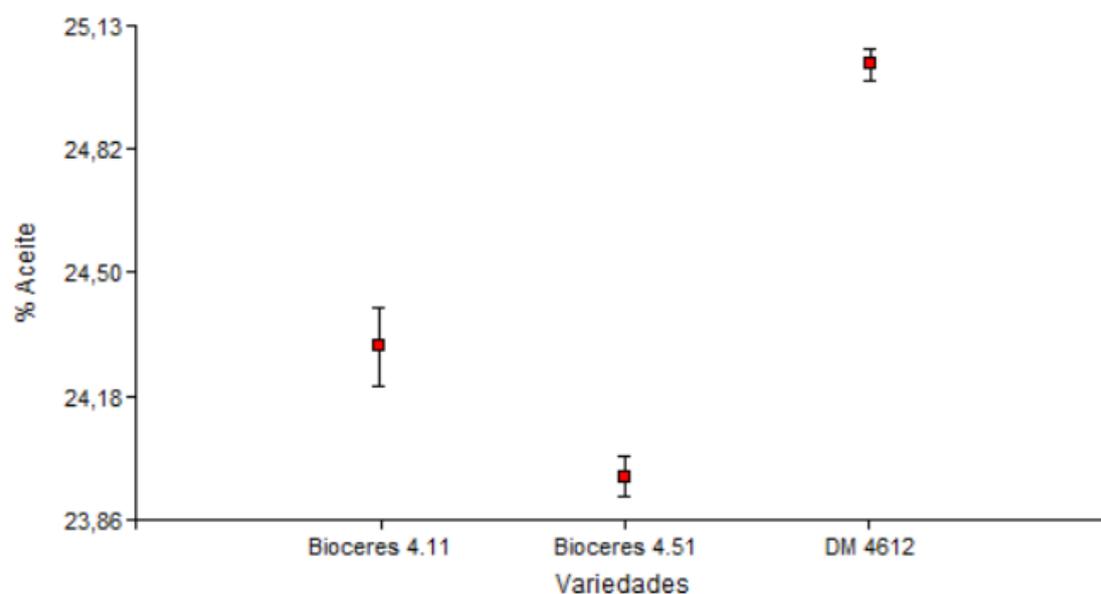
Test: Tukey Alfa=0,10 DMS=0,22041

Error: 0,0607 gl: 18

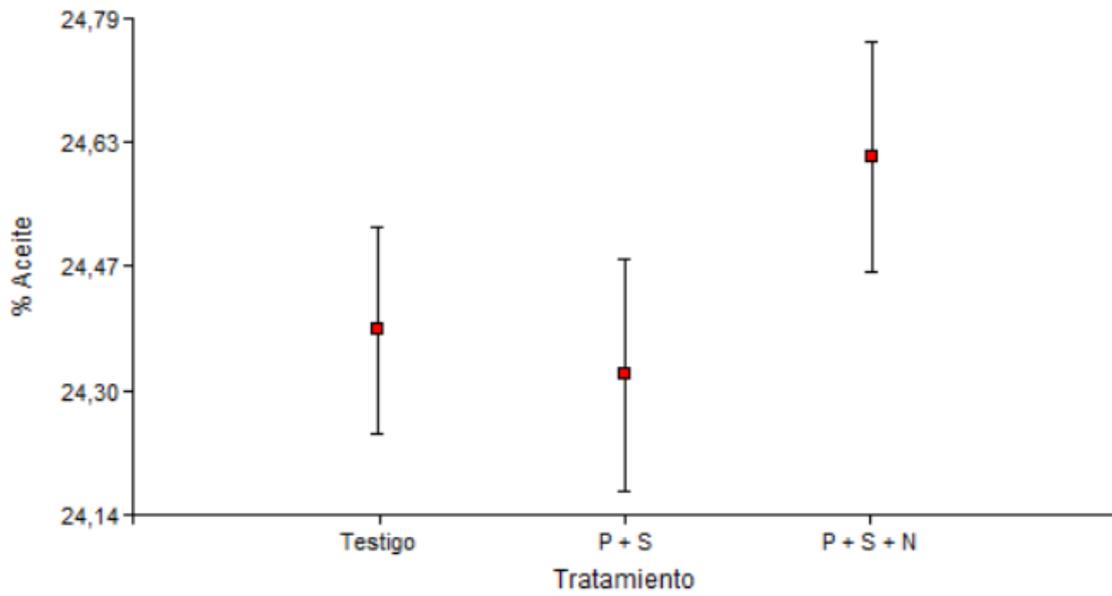
Tratamiento	Medias	n	E.E.	
P + S	24,33	12	0,07	A
Testigo	24,38	12	0,07	A
P + S + N	24,61	12	0,07	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,10$)

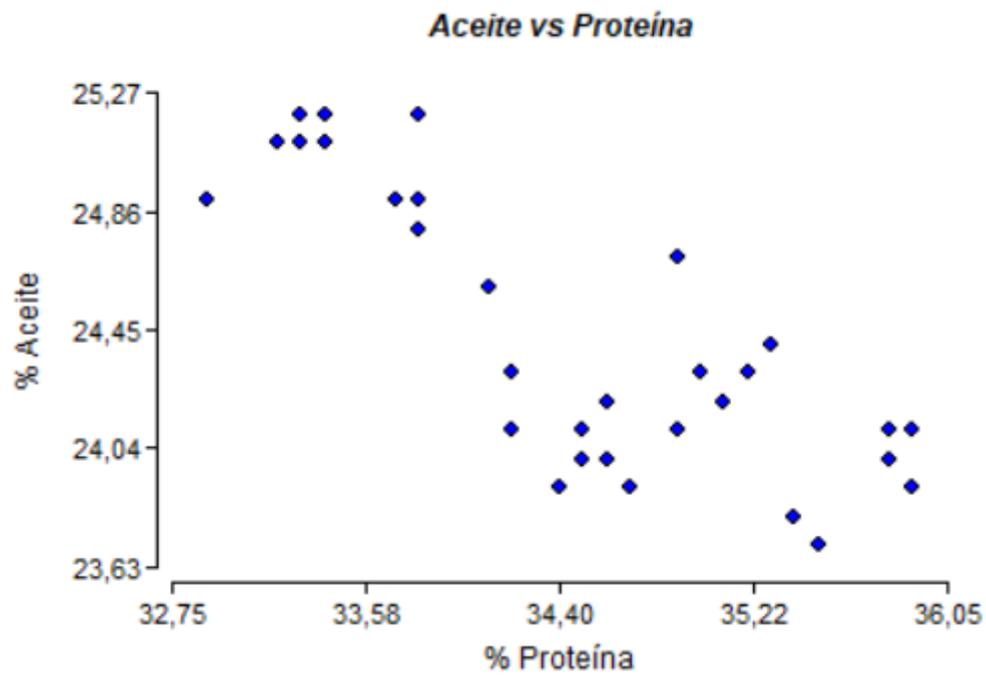
Efecto de las Variedades sobre el % de Aceite



Efecto de los tratamientos sobre el % de Aceite



Aceite vs Proteína



Análisis de suelo

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS				
Determinación	Metodología	Resultados	Interpretación	
Carbono Orgánico (CO)	Walkley y Black	2,18 %	Moderado	
Materia Orgánica (MO)	Cálculo	3,76 %	Moderado	
Nitrógeno Total (Nt)	Kjeldahl	%		
Nitrógeno de nitratos (N-NO ₃)	Diazotación con SNEDD	13,6 ppm 0-20 cm 5,1 ppm 20-40 c ppm	Moderado	
Nitratos (NO ₃)	Cálculo	60,2 ppm 0-20 cm 22,593 ppm 20-40 c ppm	Moderado	
Fósforo disponible (P)	Bray I	8,9 ppm	Baja	
Azufre de Sulfatos (S-SO ₄)	Turbidimetría	ppm 0-20 cm ppm 20-40 cm		
Reacción del Suelo (pH)	Relación Suelo:Agua 1:2,5	5,4	Fuertemente ácido Defi	
Cond. Eléctrica (CE)	Relación Suelo:Agua 1:2,5	0,079 ds/m	No Salino	
Capacidad de Interc. Catiónico (CIC)	Acetato de Amonio 1N. Titulometría	17,8 cmolc/kg	Moderado	
Cationes de Intercambio	Calcio (Ca)	Acetato de Amonio 1N. A.A.	8,67 cmolc/kg Ca	Bajo
	Sat. de Ca	Cálculo	75,2 %	Bueno
	Magnesio	Acetato de Amonio 1N. A.A.	1,37 cmolc/kg Mg	Moderado
	Sat. de Mg	Cálculo	11,9 %	Bueno
	Potasio (K)	Acetato de Amonio 1N. F.LL.	1,2 cmolc/kg K	Moderado
	Sat. de K	Cálculo	10,4 %	Bueno
	Sodio (Na)	Acetato de Amonio 1N. F.LL.	0,29 cmolc/kg Na	
	P.S.I.	Cálculo	1,6 %	Normal
Humedad	Gravimetría	23,10 % 0-20 cm		
		25,80 % 20-40 cm		
Cinc (Zn)	Extracción con DTPA - Espectrofotometría A.A.	ppm		
Manganeso (Mn)		ppm		
Cobre (Cu)		ppm		
Hierro (Fe)		ppm		
Boro (B)		Acetato de Amonio. Azometina	ppm	