



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

**“Rendimiento y calidad de soja: Efecto de la nutrición en
Lincoln, Provincia de Buenos Aires”**

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

Autor: Joaquín Gahan

Profesor Tutor: Ing. Agr. Inés Davérède, PhD

Fecha de defensa: 2019

Modalidad: Experimental

Resumen

A pesar de la progresiva expansión del cultivo de soja en la Argentina y en el mundo por su gran adaptabilidad ambiental y su alta rentabilidad, el porcentaje de proteína ha sufrido una merma progresiva por la forma de mejoramiento genético que se basa en el rendimiento exclusivamente. La disponibilidad tanto de nutrientes y de agua no afectaría solamente al rendimiento sino también impactaría positivamente en el porcentaje de proteína. Este trabajo tiene el objetivo de evaluar cómo varía el rendimiento, el porcentaje de aceite y proteína frente a la aplicación de diversos fertilizantes y dosis. Para ello, en la localidad de Lincoln, provincia de Buenos Aires, se realizó un diseño experimental en bloques completos aleatorizados (DBCA), con 4 repeticiones y 6 tratamientos, los cuales fueron desarrollados de la siguiente manera: 1: Testigo; 2: 22 kg ha⁻¹ de fósforo (P) pre siembra; 3: 22 kg ha⁻¹ de P y 13 kg ha⁻¹ de azufre (S) pre siembra; 4: 22 y 13 kg ha⁻¹ de P y S pre siembra, y 88 g ha⁻¹ de boro (B), en R1-R2; 5: 22 y 13 kg ha⁻¹ de P y S pre siembra, 88 g ha⁻¹ de B en R1-R2 y 10 kg ha⁻¹ de N en R5; 6: doble dosis de P y S (44 kg ha⁻¹ de P y 26 kg ha⁻¹ de S) pre siembra. Mediante la utilización del programa estadístico Infostat se realizaron pruebas de contrastes entre tratamientos para identificar diferencias significativas (con error alfa = 0,1). Los promedios tanto de rendimiento como proteína y aceite fueron de 4523 kg ha⁻¹, 40,3% y 22,0 %, respectivamente. En este trabajo, no se observaron aumentos en el rendimiento ni en proteína con la aplicación de los distintos nutrientes y dosis. Los valores de ambos fueron altos, indicando una provisión adecuada de nutrientes del suelo.

Palabras clave: *Glycine max* (L.), proteína, aceite, fósforo, azufre, boro, industria.

Agradecimientos

- Al Ing. Agr. Federico Lagrassa (fundador de IDAgro®) quien me brindó todas las herramientas, asesoramiento y el establecimiento para realizar la experimentación.
- A la Ing. Agr. Inés Davérède PhD, tutora de la tesis, quien estuvo a plena disposición a lo largo de todo el estudio, ayudando y aconsejándome en todo momento.
- A mi familia por brindarme la posibilidad de realizar la carrera de Ingeniería Agronómica.
- A la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agrarias de la Universidad Católica Argentina, por darme las herramientas necesarias para desarrollarme profesionalmente.
- A Bunge Argentina S.A por proveerme los fertilizantes y cubrir los costos de análisis de suelo y a la Bolsa de Comercio de Rosario por analizar el porcentaje de aceite y proteína en el grano en forma gratuita.

Índice

1. Introducción	5
2. Hipótesis	7
3. Objetivos.....	7
4. Materiales y métodos	8
4.1 Sitio experimental.....	8
4.2 Condiciones climáticas de la zona	8
4.3 Diseño Experimental.....	8
4.4 Tratamientos	9
4.5 Metodología.....	9
4.6 Análisis Estadístico.....	9
5. Resultados y discusión.....	11
5.1 Rendimiento.....	11
5.2 Proteína	12
5.3 Aceite	13
5.4 Peso de mil.....	13
5.5 Número de granos.....	14
6. Conclusiones.....	15
7. Bibliografía	16
8. Anexo.....	18

Introducción

El cultivo de soja (*Glycine max* (L.) Merr.), perteneciente a la familia de las leguminosas (Fabaceae), posee gran adaptabilidad en un amplio espectro de texturas de suelo y condiciones de temperatura, fotoperíodo y humedad. En las últimas décadas, ha adquirido gran importancia en el mercado mundial por los niveles de aceite (20%) y proteína (40%) en semilla para la producción de alimentos, considerándolo uno de los pilares en la lucha contra el hambre en el mundo (Muñoz, 2012).

En el contexto internacional, la Argentina es el tercer exportador de aceites y grasas, dependiendo centralmente de la soja (vendiendo al exterior el 70% de la producción nacional) y en menor medida del girasol (Calzada, 2016). Sin embargo, ha creado una fuerte dependencia con el mercado chino, siendo éste el segundo socio comercial después de Brasil. En contraparte, tal como lo expresa Desai (2015) en sus estudios, acuerdos comerciales han causado que la industria de la soja sufra un cambio hacia la producción primaria y han disminuido las posibilidades de Argentina para ascender en las cadenas globales de valor en diversas industrias. La calidad del producto toma un rol fundamental para mantener estables los mercados externos.

El rendimiento se encuentra relacionado en gran medida con la disponibilidad de agua en el periodo crítico, comprendido entre R4,5 y R5,5 según la escala de Fehr y Calviness (1977) (Kantolic et al. 2003). Conjuntamente, existen diversos elementos minerales que son considerados esenciales para la soja. En primer lugar, los nutrientes esenciales primarios como nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), quienes limitan en mayor medida a la planta y los secundarios como calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S), que producen limitaciones en situaciones particulares (Salvagiotti, 2013). Los micronutrientes, a pesar de tan solo constituir el 0,2% de la MS, son de gran relevancia para el cultivo. Este grupo está compuesto por hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cobre (Cu), boro (B), zinc (Zn) y cloro (Cl). Mediante posteriores estudios se determinó la importancia del cobalto (Co) y el níquel (Ni) en el proceso de fijación de N₂ (Baigorri, 1997).

El cultivo de soja obtiene el N principalmente por la fijación biológica de N atmosférico (FBN), a través de una simbiosis entre la leguminosa y los rizobios. En promedio, 50-60% de la demanda de N se satisface con la FBN y la proporción de N de la planta proveniente de la fijación disminuye con el aumento del fertilizante nitrogenado (Salvagiotti, 2008).

El fósforo (P) es crítico para lograr un rápido crecimiento y desarrollo del cultivo. Su presencia resulta fundamental para un buen desarrollo del sistema radicular, así como el crecimiento de la biomasa aérea y una buena nodulación, generando así una íntima correlación con el N en la fijación biológica, donde actuará la bacteria *Rizobium* (Díaz Zorita, 2003). Una de las características más importantes a tener en cuenta es la cantidad de P que se exporta en la cosecha, por lo cual su incorporación por medio de la fertilización se vuelve inminente. Por cada tonelada de grano, se estima una exportación de 5 kg de P y su carencia limita los procesos biológicos, impide el eficiente aprovechamiento de recursos y se ve manifestado en el bajo crecimiento de la planta, produciendo significativas disminuciones en la producción. Debido a que la soja presenta un comportamiento muy distintivo desde el punto de vista nutricional, siendo capaz de mantener rendimientos relativamente elevados en condiciones de baja fertilidad, el P, al ser incorporado mediante fertilización, aumenta el rendimiento (Ciampitti et al. 2012). Por otra parte, el número de granos es el componente de rendimiento que más correlaciona con este último, mientras que el peso de los granos sólo correlaciona en pocas situaciones con el rendimiento (Gutiérrez Boem, 2008).

El azufre (S) está fuertemente relacionado con la fotosíntesis de la planta y su deficiencia puede reducir la síntesis enzimática. Es un nutriente poco móvil en la planta, por lo que sus limitaciones se verán manifestadas en edades tempranas observándose hojas jóvenes amarillentas o cloróticas. A su vez, el S tiene correlación con N, dificultando su asimilación y concentración en las hojas del cultivo (Galarza, 2001).

Antiguamente, en los suelos pampeanos se consideraba la existencia de una correcta disponibilidad de micronutrientes (Sillanpaa, 1982). Sin embargo, García (2004) afirma que en los últimos años se encontraron bajos niveles de B, Zn y Cu en estos suelos. El primero es altamente soluble, por lo tanto, en suelos arenosos con buen drenaje es posible encontrar deficiencias.

La disminución de los porcentajes de proteína en grano de soja a través de las últimas décadas podría deberse a factores relacionados a la capacidad genética de síntesis y acumulación proteica de los cultivares, el potencial de rendimiento y los bajos niveles de P en el suelo (Minuzzi y colab. 2007). Davèrède y Míguez (2016) observaron que la fertilización con doble dosis de P y S no solo produjo aumentos en el rendimiento, sino también en los porcentajes de proteína en grano, contribuyendo además a generar un mejor balance de estos nutrientes en el suelo. En caso de deficiencia de P y S, EleMBERG et al. (2006) determinó una disminución tanto en la calidad de la proteína (mediante la relación N:S) como en el contenido de aceite en grano.

Respecto al micronutriente B, se ha encontrado una íntima relación con el N a través de un aumento en la actividad de la nitrogenasa y reductasa en hojas y nódulos. Según Bellaloui et al. (2010), el mayor efecto se encontró luego de aplicaciones en los estadios V5 y R2, observando altas respuestas en proteína y ácido oleico frente al control sin B foliar.

En este ensayo se evaluará el efecto de la fertilización con distintos nutrientes sobre el rendimiento y la calidad del grano de soja.

Hipótesis

- La aplicación de fertilizante con P pre siembra aumentará el rendimiento, el porcentaje proteína, el número de granos, el P1000 y no aumentará el porcentaje de aceite en granos.
- La aplicación de fertilizante con P y S pre siembra aumentará el rendimiento, el porcentaje de aceite y proteína, número de granos y P1000 respecto al testigo.
- La aplicación de fertilizante con B en R1-R2 (con base de P y S presiembra) aumentará el rendimiento, el porcentaje de aceite y proteína, número de granos y P1000 respecto al tratamiento sin B y con P y S de base.
- La aplicación de N foliar en bajas dosis en R5, posterior a la aplicación de P, S y B, aumentará el rendimiento, porcentaje de aceite y proteína, número de granos y P1000 respecto al fertilizante sin N.
- La aplicación de dosis doble de fertilizante de P y S aumentará el rendimiento, el porcentaje de aceite y proteína, número de granos y P1000 respecto a la dosis simple.

Objetivos

El objetivo de este proyecto es evaluar cómo varía el rendimiento, el porcentaje de aceite y proteína, número de granos y P1000 frente a la aplicación de P, P y S, B y N foliar, así como una doble dosis de P y S.

Materiales y métodos

Sitio experimental

El ensayo se llevó a cabo en el campo experimental de IDAgro®, consultora privada en investigación y desarrollo para el agro, situado a 34°50'26.9" de latitud sur y 61°31'01.5" de latitud oeste, en la ciudad de Lincoln, partido de la Provincia de Buenos Aires. Se encuentra ubicado en el noroeste del territorio provincial, sobre la Ruta Nacional 188, a 320 km de Capital Federal. Los suelos que predominan son los Hapludoles, encontrándose preferentemente Hapludoles énticos y Hapludoles típicos en menor medida. La textura superficial y subsuperficial del suelo principal es franco arenoso, de capacidad de uso III s. Es un suelo profundo, arenoso, con escaso desarrollo, de aptitud agrícola que se encuentra en un paisaje de cordones medanosos con relieve suavemente ondulado, en posición de crestas de lomas y medias lomas de la Subregión Pampa Arenosa, algo excesivamente drenado, habiendo evolucionado sobre sedimentos eólico-arenosos, no alcalino, no salino con pendiente predominante de 1% (INTA, 2002).

En lo que respecta a las características del suelo, los resultados se muestran a continuación.

Tabla 1: Características del suelo según análisis de laboratorio.

Análisis de suelo	Clase textural	P_Bray (mg kg ⁻¹)	pH	MO (%)	CIC (meq 100g ⁻¹)	N-NO ₃ 0-60 cm (kg ha ⁻¹)	S-SO ₄ (mg kg ⁻¹)
Valor		9,5	6,1	1,97	8,6	54,75	<2,0
Clasificación	Franco-arenoso	Moderado	Levemente ácido	Muy pobre	Bajo		Bajo

Condiciones climáticas de la zona

La temperatura media anual de Lincoln es de 16°C siendo el mes de enero el más cálido (23,3°C), y el de julio el más frío (9,3°C). Las principales precipitaciones se dan en los meses de otoño y primavera con promedio anual de 997 mm (INTA, 2016). El clima es templado con una reducida amplitud térmica y el periodo de heladas promedia los 190 días, comenzando el 15 de abril hasta el 14 de octubre (UBA, 2013).

Diseño Experimental

El ensayo experimental consistió en un diseño en bloques completos aleatorizados (DBCA), con 4 repeticiones y 6 tratamientos. Se realizó en un sitio homogéneo y se delimitaron parcelas de 5 x 3 m, dejando 1 m de distancia entre los 4 bloques, no así entre los 6 tratamientos.

Tratamientos

Tabla 2: Dosis de fertilizante aplicados en cada tratamiento durante el ensayo. Lincoln, provincia de Buenos Aires.

NºTrat.	Tratamientos	SFT kg/ha	SFS kg/ha	P kg/ha	S kg/ha	N foliar kg/ha
1	Testigo	0	60	5,4	0	0
2	P (SFT)	137	60	27,4	0	0
3	P y S (SFT+SFS)	60	170	27,4	20,4	0
4	P y S + 100 g B R1-R2	60	170	27,4	20,4	0
5	P y S + 100 g B R1-R2 + N foliar 10	60	170	27,4	20,4	10
6	Doble dosis P y S	120	280	49,4	33,6	0

Metodología

Previo a la siembra, el 20/09/2015, se realizó un barbecho químico con 1 L ha⁻¹ de Dual Gold + 3 L ha⁻¹ Roundup Full (Glifosato) al 48% + 0,100 m³ de 2,4 D. El 30/09/15, luego del armado del sitio experimental, se efectuó la primera fertilización y el 18/10/2015 se continuó con un barbecho largo con 2 L ha⁻¹ de Roundup Full (Glifosato) al 48% + 30 g ha⁻¹ de Spider + 200 cm³ ha⁻¹ de Lambdacialotrina. Posteriormente, se hicieron muestreos de suelo con 15 piques en los extremos de los bloques, en profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm (40-60 cm mediante cálculos) para luego llevarse a analizar a un laboratorio comercial.

El día 23/10/2015, se llevó a cabo la siembra con la variedad DM 3810, con una densidad de 18 pl m⁻¹, 346.140 pl ha⁻¹, a una distancia entre surcos de 52 cm. En los estadios R1-R2 y R5 se aplicaron Foliarsol B y Foliarsol U, respectivamente. El 23/02/2016 se observaron cantidades significativas de chinche verde por lo cual se continuó con la aplicación de 35 cm³ ha⁻¹ de Fighter Plus para su control. El día 05/04/2016, se cosecharon de forma manual 2 m² de cada parcela (24 en total).

Finalmente, el 12/04/2016 las muestras de plantas se llevaron a una estación experimental en la localidad de San Pedro, donde fue trillado y colocado en bolsas correctamente identificadas. Posteriormente se pesaron para calcular el rendimiento (corrigiendo los altos valores de humedad en grano y llevándolos a 13%), se calculó el peso de 1000 semillas de cada parcela contando tres grupos de 100 semillas y llevando el peso a 1000 semillas, y las muestras fueron enviadas a la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), donde se midió el porcentaje de proteína y materia grasa.

Análisis estadístico

Para estudiar los resultados se utilizó el programa estadístico InfoStat versión estudiantil 2016. Los efectos de los diferentes tratamientos se analizaron mediante ANOVA y las comparaciones entre tratamientos se evaluaron mediante el test de contrastes considerando un p-valor < 0,10 como significativo para las variables de rendimiento, proteína y aceite.

Resultados y Discusión

Las precipitaciones a lo largo de la campaña fueron abundantes, con un promedio mensual de casi 100 mm tanto en el ciclo de cultivo como en los meses invernales previos y un total acumulado de 597 mm entre los meses de octubre y marzo (Tabla 5, anexo). El valor más alto ocurrió en el mes de noviembre con 184 mm, no obstante, la cosecha se realizó la primera semana de abril, un mes donde se registraron 163 mm. Esto produjo inconvenientes en la cosecha observándose valores promedio de humedad del 21,53% al momento de la trilla.

La empresa IDAgro® cuenta con maquinaria especialmente diseñada para ensayos. Consecuencia de algunas complicaciones con la sembradora experimental neumática, se registraron 220 000 plantas ha⁻¹.

Tabla 3: Rendimiento, proteína y materia grasa promedio para cada tratamiento, con sus respectivas fertilizaciones, en la campaña 2015/2016 del cultivo de soja en Lincoln, provincia de Buenos Aires. Tratamientos aplicados: 1. Testigo sin fertilizar, 2. Dosis simple de P, 3. Dosis simple de P y S, 4. Dosis simple P y S + 88g B R1-R2, 5. Dosis simple P y S + 88g B R1-R2 + N foliar 10 kg ha⁻¹, 6. Doble dosis de P y S. Dosis simples: 22 kg P ha⁻¹ y 13 kg S ha⁻¹.

Trat.	Fertilización	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	Proteína (%)	Materia Grasa (%)	P1000 (g)	Nº granos (m2)
1	Testigo	4364	40,0	22,1	172,5	2420,7
2	P (SFT)	4332	40,2	22,0	175,6	2933,5
3	P y S (SFT+SFS)	4476	40,7	21,9	179,1	2685,9
4	P y S + 100 g B R1-R2	4892	40,6	21,8	186,3	2504,6
5	P y S + 100 g B R1-R2 + N foliar 10	4371	40,1	22,0	172,8	2576,5
6	Doble dosis P y S	4700	40,2	22,1	187,4	2129,2
Prom.		4523	40,3	22,0	178,9	2541,7

Rendimiento

En lo que respecta al rendimiento, el promedio fue de 4523 kg ha⁻¹, considerado normal para la zona. No obstante, no se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 4).

Una posible fitotoxicidad foliar mediante la aplicación de 10 kg ha⁻¹ de N generó una tendencia a una depresión de 520 kg ha⁻¹ (P=0,25). Esta tendencia a la disminución del rendimiento por fertilización foliar ha sido observada por otros autores (Parker y Boswell, 1980; Gonzalez Labrousse, 2014). En contraposición a los resultados obtenidos en este ensayo, otros autores sugieren que la aplicación de B foliar en combinación con el N ayuda a la translocación del N y como consecuencia aporta al aumento del rendimiento y la proteína (Bellaloui et al. 2010).

La aplicación de B foliar, a pesar de no alcanzar respuestas significativas en rendimiento, generó una tendencia de aumento de 415 kg ha⁻¹ (P=0,35; Tabla 4.) Mediante el análisis de suelo, donde se observaron niveles de 0,4 ppm de B extractable, podríamos descartar la posibilidad de que por valores altos no se evidencien respuestas a la aplicación. Hay estudios que demuestran aumentos en rendimiento, notándose una tendencia de incremento en el número de vainas cuajadas (Fontanetto et al. 2010).

Tabla 4: Comparación de rendimiento utilizando contrastes entre tratamientos.

Contraste	Rendimiento kg ha ⁻¹	P-valor
T2 vs T1	-31	0,94
T3 vs T2	144	0,74
T4 vs T3	415	0,35
T5 vs T4	-520	0,25
T3 vs T1	113	0,80
T6 vs T1	337	0,45
T6 vs T3	224	0,61

Por consiguiente, al correlacionar rendimiento con el número de granos m⁻², se observó una clara asociación positiva con un $r=0,87$. El rango de rendimiento y número de granos abarcó desde 3396 kg ha⁻¹ con 1784 granos m⁻² a 5397 kg ha⁻¹ con 3230 granos m⁻².

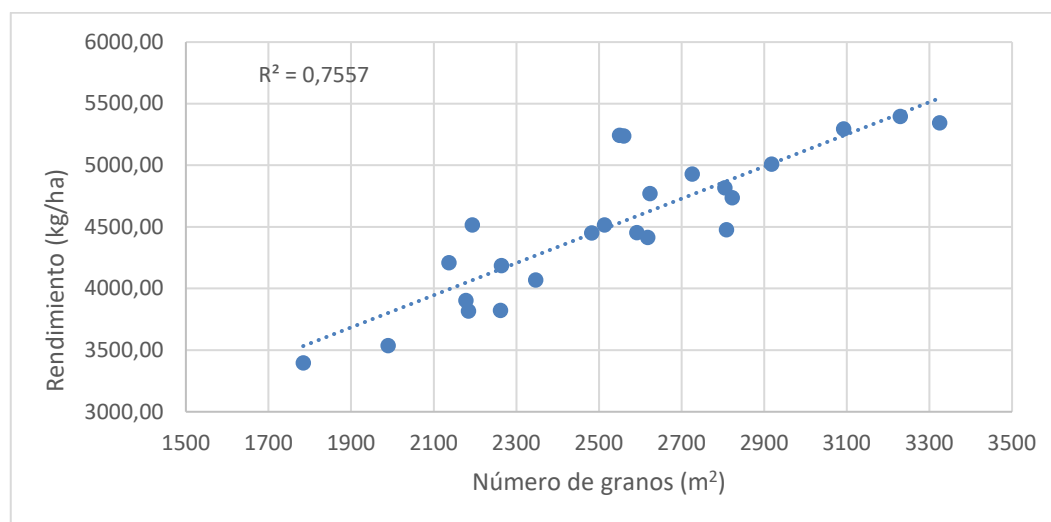


Fig. 1: Relación entre rendimiento (kg ha⁻¹) y número de granos (m²) en un cultivo de soja con distintas fertilizaciones, en la campaña 2015/2016 en Lincoln, provincia de Buenos Aires.

Proteína

Los distintos tratamientos de fertilización no afectaron el porcentaje de proteína (Tabla 12, anexo). Sin embargo, los niveles fueron altos en todos los casos con un promedio de 40,3% (Tabla 3), en línea con lo hallado por Rahman et al. (2011) sobre la relación entre rendimiento y calidad de grano, la cual encontró estos valores elevados de proteína a densidades menores. Esto es coherente con la situación de la campaña, logrando menor cantidad de plantas ha⁻¹ de lo proyectado (220 000 plantas ha⁻¹). Por otra parte, ahondando en su relación con el P1000, al igual que con rendimiento, no se han encontrado tendencias marcadas que condicionen a la proteína. A su vez, correlacionándola con el número de granos m⁻², se observó una asociación negativa con un $r=-0,64$ (Fig. 2) pudiendo así suponer una dilución de la proteína a medida que aumentan los granos m⁻².

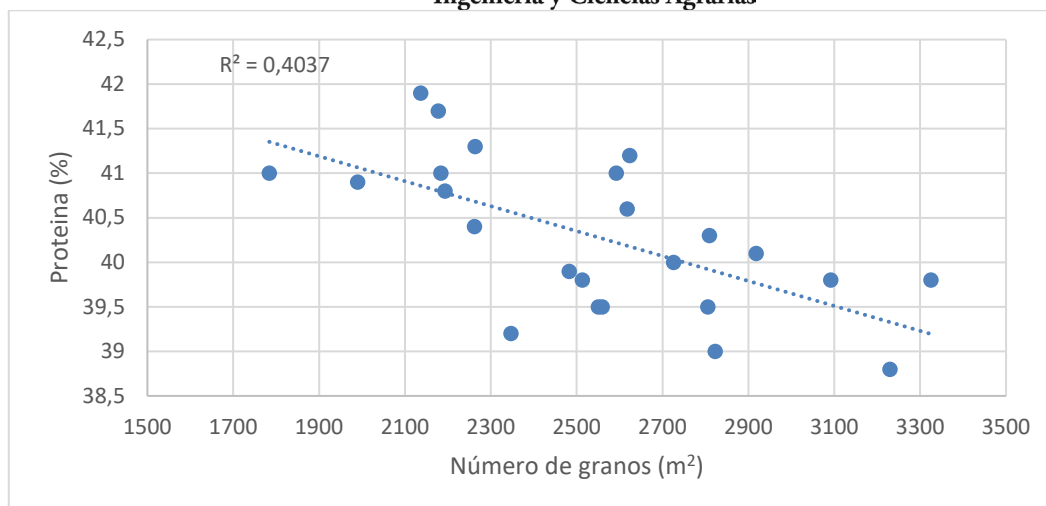


Fig. 2: Relación entre proteína (%) y número de granos (m²) en el cultivo de soja con distintas fertilizaciones, en la campaña 2015/2016 en Lincoln, provincia de Buenos Aires.

Aceite

Con respecto a los valores de aceite, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 13, anexo). Los datos obtenidos en este ensayo coinciden con el estudio realizado por Torresel (2016) durante la campaña 2014/15 donde no fue significativo el aumento en porcentaje de aceite al aplicar N, P, B y Zn. El promedio fue de 22% y, en contraposición con lo ocurrido con la proteína, hubo una leve tendencia de aumento del aceite respecto al número de granos m⁻² (Fig. 12, anexo).

Peso de mil (g)

En el caso del peso de mil (g), se observó una tendencia a una diferencia significativa entre T6 (P y S + 100 g B R1-R2 + N foliar alta dosis R5) y T1 (Testigo) con un aumento de 14,9 g (P = 0,08). Por otra parte, hubo una disminución de 13,5 g (P = 0,11) entre T5 y T4 donde la diferencia se encuentra en el agregado de N foliar a baja dosis (Tabla 14, anexo). Anteriormente se expresó la posibilidad de una fitotoxicidad, sin embargo, al correlacionar rendimiento y peso de mil no se encontraron tendencias representativas.

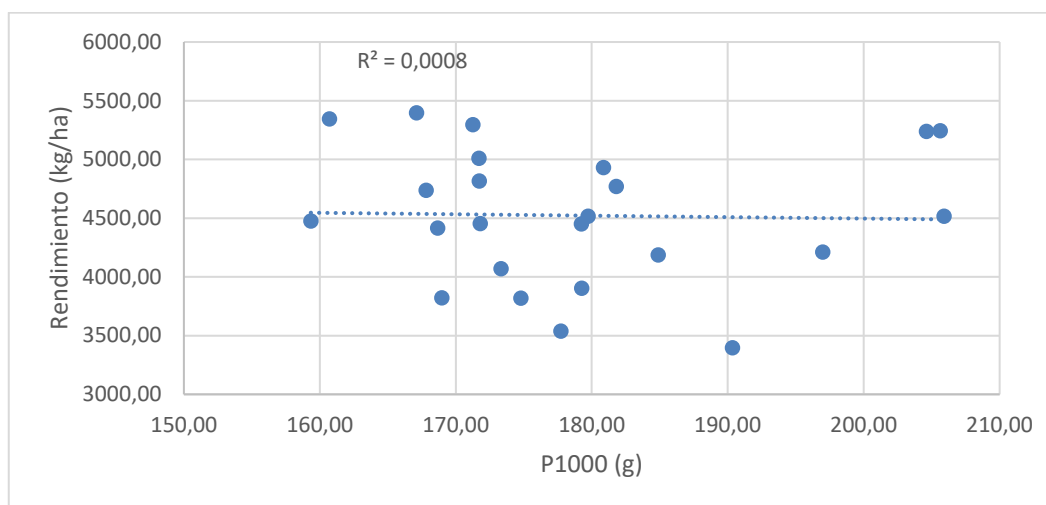


Fig. 3: Relación entre rendimiento (kg ha⁻¹) y P1000 (g) en cultivo de soja con distintas fertilizaciones, en la campaña 2015/2016 en Lincoln, provincia de Buenos Aires.

Número de granos m⁻²

A pesar de haber encontrado aumentos o disminuciones al correlacionar el número de granos m⁻² con rendimiento, proteína y aceite, al contrastarlo con los distintos tratamientos del ensayo, no se manifestaron diferencias significativas (Tabla 15, anexo).

Conclusiones

En la campaña 2015/2016 en la localidad de Lincoln, provincia de Buenos Aires, distintas estrategias de fertilización con P, P y S, B y N foliar, así como una doble dosis de P y S no fueron herramientas exitosas para aumentar el rendimiento (ni sus componentes) y el porcentaje de proteína en soja. Tampoco modificaron el porcentaje de aceite en granos ni el PROFAT. El número de granos m⁻² se asoció positivamente con el rendimiento y negativamente con el porcentaje de proteína.

Bibliografía

- Baigorri, H.E.; Echeverria, H.; Fontanetto, H.; Galarza, C.; Gambaudo, S.; Garcia, F.; Melgar, R. 1997. Fertilidad y fertilización. En: Baigorri, E.J. (ed.) El cultivo de soja en Argentina. INTA, Centro Regional Córdoba, EEA Marcos Juárez – EEA Manfredi, Coordinación subprograma soja, pág. 203-212.
- Bellaloui, N.; Reddy, K.N.; Gillen, A. M.; Abel, C.A. 2010. Nitrogen metabolism and seed composition as influenced by foliar boron application in soybean. En: Jian Feng M. (ed.) Plant and Soil. Experiment Station Road, Stoneville, USA, pág. 143-153.
- Calzada, J. 2016. Aceites y grasas: Argentina es el 7° productor mundial y 3° país exportador. Informativo Semanal. Bolsa de Comercio de Rosario, Santa Fe. 1746: 2-5.
- Ciampitti, I.A.; Garcia, F.O.; Bianchini, A. 2012. La nutrición del cultivo de soja. En: Baigorri, H.E.; Salado, L.R. (ed.) El cultivo de soja en Argentina. Vicente Lopez, Agroeditorial, pág. 189-214.
- Davèrède, I.C. y F. H. Míguez. 2016. ¿La fertilización con fósforo y azufre en soja aumenta el porcentaje de proteína en grano? Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, pag 12.
- Desai, A. 2015. "El Crecimiento de China y su Vinculaciones con la Industria de Soja en la Argentina / Chinese Growth and its Connections with the Argentinian Soy Industry". Independent Study Project (ISP) Collection, Paper 2116, pág 33-36.
- Díaz Zorita, M. 2003. Soja: criterios para el manejo de la fertilización del cultivo. En: Storre, E. (ed.) El libro de la soja. Buenos Aires, servicios y marketing agropecuario, pág. 79- 91.
- Elemberg, T; Gutiérrez Boem, F; Prystupa, P. 2006. Fertilización azufrada y fosforada como determinante de la calidad de los granos de soja. XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Salta, septiembre.
- Fontanetto H.; Keller O.; Albrecht, J. 2009. Efecto de la fertilización con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja. Publicación Miscelánea N° 115.
- Fontanetto, H; Keller, O; Albrecht, J. 2010. Efecto de la fertilización foliar con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja. Informaciones Agronómicas, N° 47: 19-2.
- Garcia F.O. 2004. Soja: Criterios para la fertilización del cultivo. Acassuso, Buenos Aires.
- Galarza C. 2001. Fertilización del Cultivo de Soja. Resultados de Ensayos de la Campaña 2000/2002 (Tomo 2). Información para Extensión n°69. INTA Marcos Juárez.
- Gonzalez Labrousse, M. 2014. Efectos de distintos nutrientes sobre el rendimiento y calidad de soja en Daireaux, Provincia de Buenos Aires. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.
- Gutiérrez Boem, F. 2008. Nutrición del cultivo. En Satorre, E. (ed.) Producción de soja. Buenos Aires, Asoc. Argentina de consorcios regionales de experimentación agrícola, pág. 45- 55.
- Kantolic, A.G. 2003. Bases funcionales de la determinación del rendimiento y manejo del cultivo de soja. En: Satorre, E. (ed.) El libro de la soja. Buenos Aires, servicios y marketing agropecuario, pág. 28- 38.
- Minuzzi, A., Mora, F., Sedrez Range, M.A., De Lucca e Braccini, A. y Scapim, C.A. 2007. Características fisiológicas, contenido de aceite y proteína en genotipos de soja, evaluadas en diferentes sitios y épocas de cosecha, Brasil. Agricultura Técnica (Chile) 67(4):353-361
- Muñoz R. 2012. Economía y mercado de la soja. En: Baigorri, E.J., El cultivo de soja en Argentina. Vicente López, Agroeditorial, pág 51-72.

- Rahman, M., Hossain, M., Anwar, P. and Juraimi, A.S. 2011. Plant Density Influence on Yield and Nutritional Quality of Soybean Seed. Asian Journal of Plant Sciences, vol. 10, N° 2, p. 125.
- Salvagiotti F. 2013. ¿Cómo podemos aumentar los rendimientos de soja? La visión desde la nutrición. Simposio de Fertilidad, Rosario, pág. 45-50.
- Salvagiotti, F.; Cassman, Kenneth G.; Specht, James E.; Walters, Daniel T.; Weiss, Albert; and Dobermann, Achim R. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Agronomy & Horticulture. Faculty Publications. 133
- Sillanpaa M. 1982. Micronutrients and the nutrient status of soils: A global study. FAO Soils Bull. 48. FAO, Organización de Naciones Unidas, Roma, Italia.
- Soldini, D.O.; Salines, L.A.; Heredia, A. 2008. Fertilización y contenido de proteína en soja. INTA EEA Marcos Juárez.
- Parker, M. B., & Boswell, F. C. 1980. Foliage injury, nutrient intake, and yield of soybeans as influenced by foliar fertilization. Agronomy Journal, 72(1), 110-113.
- Torresel, S. 2016. Fertilización en soja: rendimiento y calidad en La Querencia, Pehuajó, Provincia de Bs. As. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.

Anexo

Tabla 5: Precipitaciones previas y durante la campaña 2015-2016 en Lincoln, provincia de Buenos Aires.

Precipitaciones Lincoln		
	2015	2016
Enero	240	97
Febrero	52	114
Marzo	93	18
Abril	127	163
Mayo	175	16
Junio	80	
Julio	94	
Agosto	100	
Septiembre	30	
Octubre	113	
Noviembre	184	
Diciembre	71	
Total	1359	408

Análisis de la varianza y contraste

Tabla 6: Rendimiento

Rendimiento

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento	24	0,27	0,00	13,57

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2067937,89	8	258492,24	0,69	0,6979
Bloque	1051292,36	3	350430,79	0,93	0,4503
Tratamiento	1016645,52	5	203329,10	0,54	0,7434
Error	5650077,22	15	376671,81		
Total	7718015,10	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-31,48	433,98	1981,67	1	1981,67	0,01	0,9431
Contraste2	144,14	433,98	41554,12	1	41554,12	0,11	0,7444
Contraste3	415,18	433,98	344748,86	1	344748,86	0,92	0,3539
Contraste4	-520,18	433,98	541164,06	1	541164,06	1,44	0,2493
Contraste5	112,67	433,98	25386,80	1	25386,80	0,07	0,7987
Contraste6	336,50	433,98	226457,77	1	226457,77	0,60	0,4502
Contraste7	223,83	433,98	100199,74	1	100199,74	0,27	0,6135
Total			1016645,52	5	203329,10	0,54	0,7434

Coefficientes de los contrastes

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

Tabla 7: Proteína

Proteína

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína	24	0,41	0,10	2,00

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	6,84	8	0,86	1,31	0,3091
Bloque	5,06	3	1,69	2,59	0,0917
Tratamiento	1,79	5	0,36	0,55	0,7370
Error	9,77	15	0,65		
Total	16,62	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Contraste1		0,20	0,57	0,08	1	0,08	0,12	0,7309
Contraste2		0,55	0,57	0,61	1	0,61	0,93	0,3506
Contraste3		-0,13	0,57	0,03	1	0,03	0,05	0,8296
Contraste4		-0,50	0,57	0,50	1	0,50	0,77	0,3949
Contraste5		0,75	0,57	1,13	1	1,13	1,73	0,2086
Contraste6		0,20	0,57	0,08	1	0,08	0,12	0,7309
Contraste7		-0,55	0,57	0,61	1	0,61	0,93	0,3506
Total			1,79	5	0,36	0,55		0,7370

Coefficientes de los contrastes

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

Tabla 8: Aceite

Aceite

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Aceite	24	0,19	0,00	1,54

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0,40	8	0,05	0,44	0,8808
Bloque	0,15	3	0,05	0,43	0,7342
Tratamiento	0,25	5	0,05	0,44	0,8136
Error	1,70	15	0,11		
Total	2,10	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-0,07	0,24	0,01	1	0,01	0,10	0,7573
Contraste2	-0,10	0,24	0,02	1	0,02	0,18	0,6807
Contraste3	-0,10	0,24	0,02	1	0,02	0,18	0,6807
Contraste4	0,18	0,24	0,06	1	0,06	0,54	0,4740
Contraste5	-0,18	0,24	0,06	1	0,06	0,54	0,4740
Contraste6	0,02	0,24	1,2E-03	1	1,2E-03	0,01	0,9178
Contraste7	0,20	0,24	0,08	1	0,08	0,70	0,4145
Total			0,25	5	0,05	0,44	0,8136

Coefficientes de los contrastes

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

Tabla 9: Peso de mil

P1000

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
P1000	24	0,52	0,27	6,34

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2124,40	8	265,55	2,07	0,1074
Bloque	1258,09	3	419,36	3,26	0,0510
Tratamiento	866,31	5	173,26	1,35	0,2979
Error	1927,77	15	128,52		
Total	4052,17	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	3,08	8,02	18,91	1	18,91	0,15	0,7067
Contraste2	3,47	8,02	24,15	1	24,15	0,19	0,6708
Contraste3	7,23	8,02	104,62	1	104,62	0,81	0,3812
Contraste4	-13,53	8,02	366,12	1	366,12	2,85	0,1121
Contraste5	6,55	8,02	85,80	1	85,80	0,67	0,4267
Contraste6	14,90	8,02	444,02	1	444,02	3,45	0,0828
Contraste7	8,35	8,02	139,45	1	139,45	1,09	0,3141
Total			866,31	5	173,26	1,35	0,2979

Coeficientes de los contrastes

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

Tabla 10: Número de granos

N° granos

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
N° granos	24	0,34	0,00	15,23

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1173249,93	8	146656,24	0,98	0,4885
Bloque	1099727,93	3	366575,98	2,45	0,1041
Tratamiento	73522,00	5	14704,40	0,10	0,9910
Error	2248899,73	15	149926,65		
Total	3422149,66	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-53,93	273,79	5817,97	1	5817,97	0,04	0,8465
Contraste2	38,79	273,79	3009,33	1	3009,33	0,02	0,8892
Contraste3	134,43	273,79	36144,19	1	36144,19	0,24	0,6305
Contraste4	-124,62	273,79	31057,80	1	31057,80	0,21	0,6555
Contraste5	-15,15	273,79	458,74	1	458,74	3,1E-03	0,9566
Contraste6	-31,82	273,79	2025,34	1	2025,34	0,01	0,9090
Contraste7	-16,68	273,79	556,28	1	556,28	3,7E-03	0,9522
Total			73522,00	5	14704,40	0,10	0,9910

Coeficientes de los contrastes

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

Tabla 11: PROFAT

PROFAT

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
PROFAT	24	0,48	0,20	0,96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4,89	8	0,61	1,73	0,1724
Bloque	3,94	3	1,31	3,71	0,0355
Tratamiento	0,95	5	0,19	0,54	0,7442
Error	5,31	15	0,35		
Total	10,20	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
Contraste1		0,13	0,42	0,03	1	0,03	0,09	0,7705
Contraste2		0,45	0,42	0,41	1	0,41	1,14	0,3017
Contraste3		-0,23	0,42	0,10	1	0,10	0,29	0,6006
Contraste4		-0,33	0,42	0,21	1	0,21	0,60	0,4518
Contraste5		0,58	0,42	0,66	1	0,66	1,87	0,1918
Contraste6		0,23	0,42	0,10	1	0,10	0,29	0,6006
Contraste7		-0,35	0,42	0,25	1	0,25	0,69	0,4185
Total			0,95	5	0,19	0,54		0,7442

Coefficientes de los contrastes

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

Tabla 12: Comparación de proteína utilizando contrastes entre tratamientos.

Contraste	Proteína (%)	P-valor
T2 vs T1	0,20	0,73
T3 vs T2	0,55	0,35
T4 vs T3	-0,13	0,83
T5 vs T4	-0,50	0,39
T3 vs T1	0,75	0,21
T6 vs T1	0,20	0,73
T6 vs T3	-0,55	0,35

Tabla 13: Comparación de aceite utilizando contrastes entre tratamientos.

Contraste	Aceite (%)	P-valor
T2 vs T1	-0,07	0,76
T3 vs T2	-0,10	0,68
T4 vs T3	-0,10	0,68
T5 vs T4	0,18	0,47
T3 vs T1	-0,18	0,47
T6 vs T1	0,02	0,92
T6 vs T3	0,20	0,41

Tabla 14: Comparación de P1000 utilizando contrastes entre tratamientos.

Contraste	P1000 (g)	P-valor
T2 vs T1	3,08	0,71

T3 vs T2	3,47	0,67
T4 vs T3	7,23	0,38
T5 vs T4	-13,53	0,11
T3 vs T1	6,55	0,43
T6 vs T1	14,90	0,08
T6 vs T3	8,35	0,30

Tabla 15: Comparación de número de granos (m²) utilizando contrastes entre tratamientos.

Contraste	Nº de granos	P-valor
T2 vs T1	-53,93	0,85
T3 vs T2	38,79	0,89
T4 vs T3	134,43	0,63
T5 vs T4	-124,62	0,66
T3 vs T1	-15,15	0,96
T6 vs T1	-31,82	0,91
T6 vs T3	-16,68	0,95

Tabla 16: Comparación de PROFAT utilizando contrastes entre tratamientos.

Contraste	PROFAT (%)	P-valor
T2 vs T1	0,13	0,77
T3 vs T2	0,45	0,30
T4 vs T3	-0,23	0,60
T5 vs T4	-0,33	0,45
T3 vs T1	0,58	0,19
T6 vs T1	0,23	0,42
T6 vs T3	-0,35	0,74

Gráficos Q-Q Plot

Fig. 4: Rendimiento

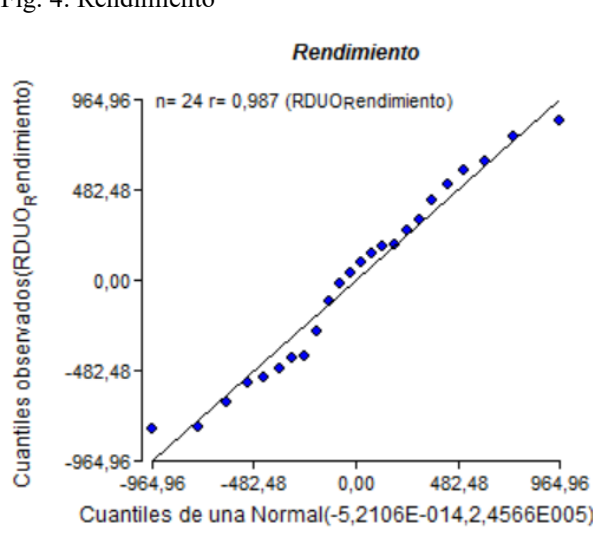


Fig. 5: Proteína

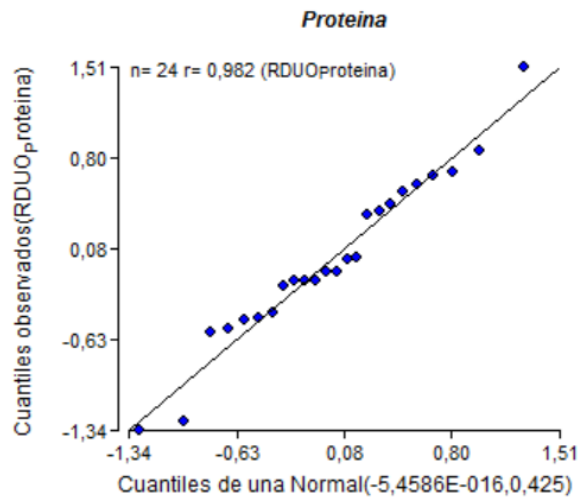
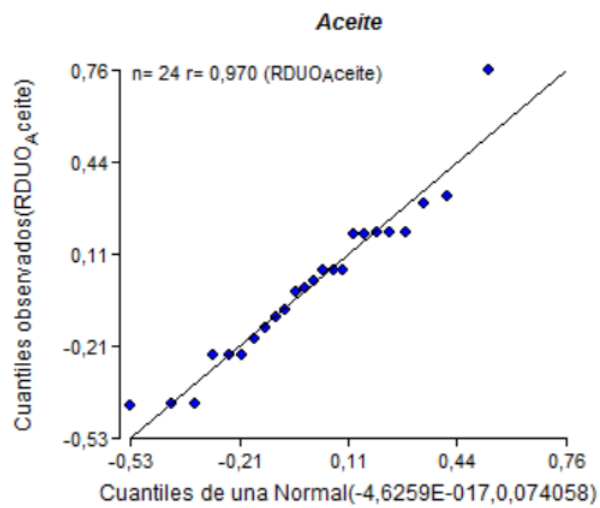


Fig. 6: Aceite



Gráficos de dispersión

Fig. 7: Rendimiento

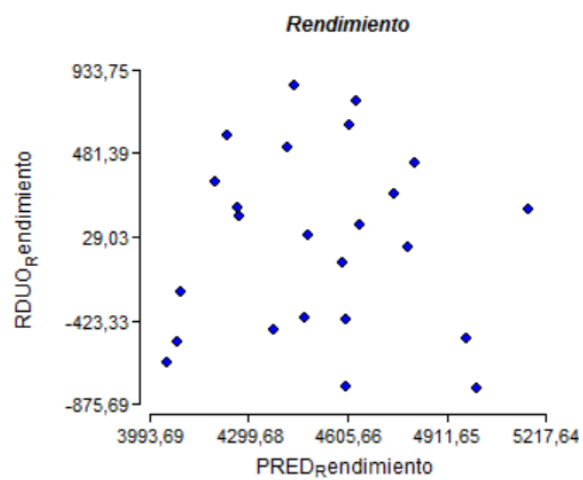


Fig. 8: Proteína

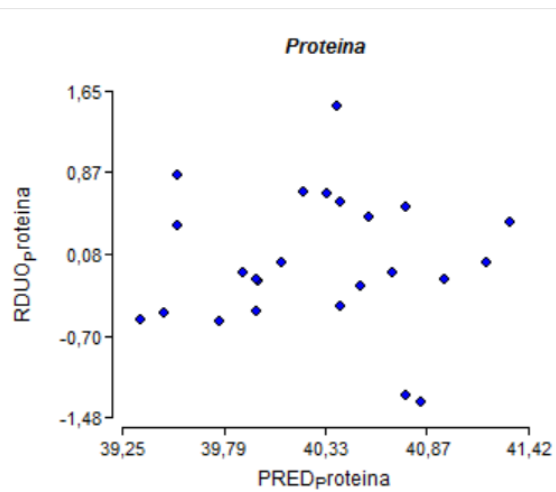


Fig. 9: Aceite

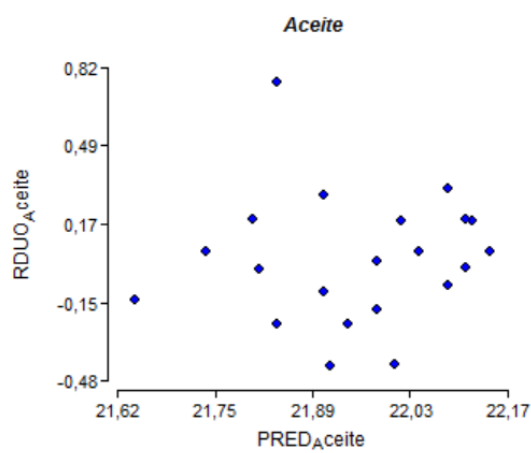


Fig. 10: Relación entre proteína (%) y P1000 (g).

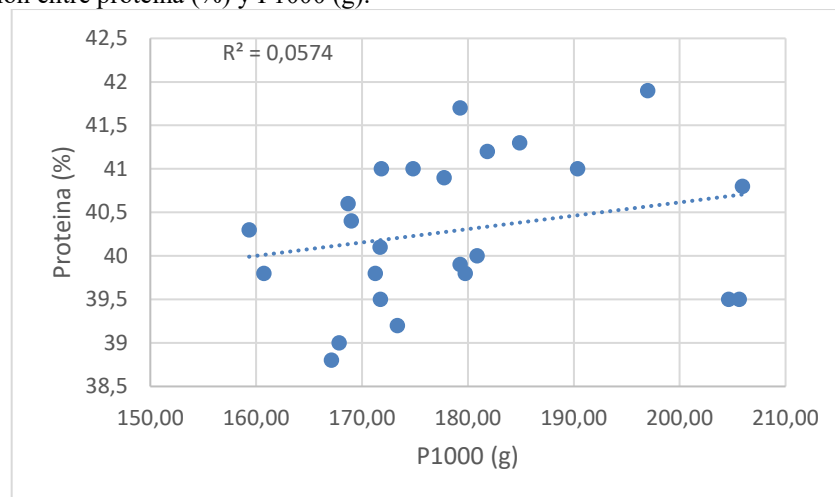


Fig. 11: Relación entre aceite (%) y P1000 (g).

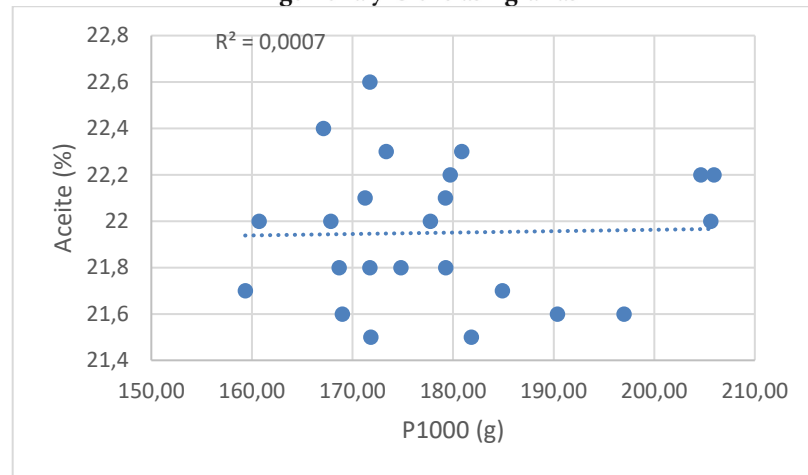


Fig. 12: Relación entre aceite (%) y número de granos m^{-2} .

