

Caride, Santiago

Evaluación del rendimiento y calidad de los granos de soja como respuesta a diversas fertilizaciones, en el establecimiento La Flora, Casbas, Argentina

**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:

Caride, S. 2016. Evaluación del rendimiento y calidad de los granos de soja como respuesta a diversas fertilizaciones, en el establecimiento La Flora, Casbas, Argentina [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/evaluacion-granos-soja-la-flora-caride.pdf> [Fecha de consulta:.....]



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Facultad de Ciencias Agrarias

Ingeniería en Producción Agropecuaria

**“Evaluación del rendimiento y calidad de los granos de soja
como respuesta a diversas fertilizaciones, en el
establecimiento La Flora, Casbas, Argentina”**

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

Autor: Santiago Caride

Profesor Tutor: Ing. Agr. Inés Davèrède, PhD



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Resumen

El paulatino descenso de las concentraciones de proteína en soja (*Glycine max*) argentina presenta un severo problema en la comercialización de la harina de soja. El objetivo de este ensayo es evaluar el efecto de la fertilización sobre el rendimiento y la calidad del grano, medida como porcentaje de proteína y aceite. Se realizó un DBCA con 4 repeticiones en la localidad de Casbas, provincia de Buenos Aires. Los distintos tratamientos evaluados fueron: 1: Testigo; 2: 22 kg ha⁻¹ de fósforo (P) pre siembra; 3: 22 kg ha⁻¹ de P y 13,2 kg ha⁻¹ de azufre (S) pre siembra; 4: 22 y 13,2 kg ha⁻¹ de P y S pre siembra, y 87.7, 1276.8, 69.58 gr ha⁻¹, de boro (B), nitrógeno (N) y P en R1; 5: 22 y 13,2 kg ha⁻¹ de P y S pre siembra, 87.7, 1276.8, 69.58 gr ha⁻¹ de B, N y P en R1, y 10 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N) en R5; 6: 22 y 13,2 kg ha⁻¹ de P y S pre siembra, 87.7, 1276.8, 69.58 gr ha⁻¹ de B, N y P en R1, y 20 kg ha⁻¹ de nitrógeno en R5; 7: 22, 13,2, 1,3 kg ha⁻¹ de P, S y zinc (Zn) pre siembra, y 87.7, 1276.8, 69.58 gr ha⁻¹ de B, N y P en R1; 8: 44 kg ha⁻¹ de P y 26.4 kg ha⁻¹ de S pre siembra. Se realizaron contrastes entre tratamientos de interés mediante el programa Infostat, con un error alfa = 0,1 para considerar diferencias entre medidas. Para la variable rendimiento, no se encontraron resultados que difieran significativos en ninguna de la comparaciones entre tratamientos. En la evaluaciones realizadas para el porcentaje de proteína, la doble dosis de P y S produjo un aumento de 1.30 puntos porcentuales (3.39%), con respecto al tratamiento testigo. Una tendencia inversa se observó para el porcentaje de aceite, ya que en este caso la doble dosis de P y S generó una reducción de 1.34 puntos porcentuales (5.43%) al compararlo con el testigo. Ningún otro tratamiento tuvo un efecto sobre el porcentaje de aceite y proteína.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Agradecimientos:

- A los propietarios del establecimiento “La Flora”, por haberme concedido la superficie necesaria para poder realizar el ensayo.
- A mis Padres por darme la posibilidad de realizar los estudios de la carrera Ingeniería en Producción Agropecuaria.
- A mis Padres, hermanos, y a la Srta. María Macarena Varela por la ayuda brindada en las tareas realizadas durante el desarrollo del cultivo.
- A los Sres. Luis Garrahan, Carlos Cantoni, y Nicolás Madero, por la ayuda brindada en las tareas realizadas post-cosecha.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Índice:

1. Introducción.....	6
2. Hipótesis	14
3. Objetivos.....	14
4. Materiales y métodos	15
4.1 Caracterización del Sitio Experimental	15
4.2 Condiciones Agro-Climáticas Zonales	15
4.3 Historial del sitio experimental.....	15
4.4 Barbecho y siembra	15
4.5 Tratamientos.....	16
4.6 Descripción del diseño experimental	16
4.7 Fertilización.....	17
4.8 Cosecha y obtención de resultados	17
4.9 Análisis Estadístico.....	17
5. Resultados y Discusión.....	17
5.1 Caracterización de los suelos del sitio experimental.	17
5.2 Condiciones climáticas durante el ensayo	17
5.3 Rendimiento.....	18
5.4 Proteína.....	21
5.5 Materia grasa	23
6. Conclusiones.....	24
7. Bibliografía	25
8. Anexos	30
8.1 Estadísticas descriptivas	30
8.1.1 Medidas resumen	30
8.1.2 Supuestos	31
8.1.3 Análisis de la Varianza y Contrastes	35
8.2 Resultado del análisis de suelo del sitio experimental.....	39
8.3 Unidad cartográfica del lote donde se realizó el ensayo.....	39



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

8.4 Datos Agroclimáticos del Sitio Experimental	40
8.4.1 Registro Pluviométrico del Sitio Experimental	40
8.4.2 Mediaciones Agroclimáticas Diarias Durante el Ciclo del Cultivo	40



1. Introducción

La soja cultivada se conoce por diversos nombres botánicos, incluyendo “*Glycine soja*” y “*soja max*”. Sin embargo, Ricker y Morse (1948) demostraron que el nombre botánico correcto debería ser “*Glycine max*” (L.) Merrill (Gazzoni, 1995). Perteneció a la familia Fabaceae, subfamilia Papilionoideae, pero con características propias que la diferencian del resto de los integrantes de dicha familia. Se cultiva mayormente en condiciones de secano y su rendimiento está altamente relacionado con la disponibilidad de agua en el periodo crítico del cultivo (Kantolic et al., 2006). Utilizando la escala de Fehr y Caviness (1977), Kantolic et al. (2003) señalan al período crítico para la determinación de rendimiento, como el comprendido entre R4,5 y R5,5. El crecimiento de la superficie sembrada en la Argentina ha sido notorio, pasando de unos pocos miles de hectáreas en la década del 70’ (Kantolic et al., 2006) a una superficie implantada superior a los 19,7 millones de hectáreas para la campaña 2014/2015 (SIIA, 2016).

Existen 18 elementos que se consideran esenciales para la soja, pudiéndose dividir en nutrientes no minerales, nutrientes esenciales y micronutrientes. Los nutrientes no minerales son: carbono (C), hidrógeno (H), y oxígeno (O), siendo estos los principales componentes de la materia seca (MS) de las plantas. Los nutrientes esenciales, a su vez se dividen en primarios (nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) que alcanzan al 6% de la MS) y secundarios (calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S) que representan el 1,7% de la MS). Por último, los micronutrientes: hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), cobre (Cu), boro (B), zinc (Zn) y cloro (Cl), que reúnen el 0,2% de la MS. A esta lista, se le agrega el cobalto (Co) que es beneficioso para la fijación de N₂. El elemento esencial más recientemente descubierto para la soja es el níquel (Ni), requerido únicamente cuando la soja fija N₂ simbióticamente (Baigorri, 1997). La soja requiere absorber una cantidad importante de nutrientes para lograr un adecuado crecimiento y rendimiento. Presenta un comportamiento muy peculiar desde el punto de vista nutricional, ya que es capaz de mantener rendimientos relativamente elevados en condiciones de baja fertilidad (Ciampitti et al., 2012). Por otra parte, presenta requerimientos nutricionales por kg de grano producido e índices de cosecha de nutrientes mayores que los cereales. Por ejemplo, la soja exporta 80-85% y 55-60% del P y K que absorbe, mientras que el trigo y maíz exportan 70-75% y 20-25% del K absorbido (García, 2005).

El N está fuertemente ligado a la producción de los cultivos, ya que la cantidad de N acumulado en las hojas determina la intensidad del proceso fotosintético (Salvagiotti et al., 2003). La soja presenta una alta acumulación de proteínas en las semillas, lo que la convierte dentro de los cultivos habitualmente sembrados en la pampa húmeda la que mayor demanda presenta, y a su vez presenta la menor producción de biomasa de semilla por fotoasimilado producido. Es por eso que el N es el nutriente más



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

crítico para el cultivo (Perticari et al., 2003). Dada su alta demanda (80 kg tn^{-1} de grano), es el elemento que en mayor magnitud restringe el logro de los cultivos de soja de alta producción (Díaz Zorita, 2003). Las deficiencias nitrogenadas se manifiestan por marcadas reducciones en el crecimiento y amarillamiento de la planta, con la aparición de los primeros síntomas en las hojas inferiores (Díaz Zorita, 2003). En su carácter de leguminosas, la soja puede cubrir sus requerimientos de N a partir del aporte del suelo, por la mineralización de N orgánico, y por medio de la fijación biológica de nitrógeno (FBN) (Perticari et al., 2003). Así la soja, como muchas leguminosas, tiene la habilidad de asociarse en forma simbiótica con bacterias fijadoras de N_2 llamadas rizobios, de los géneros *Bradyrhizobium* y/o *Sinorhizobium* (Perticari et al., 2003). En el caso de este cultivo, es el *Bradyrhizobium japonicum* (Ferraris y Couretot, 2014) que confiere entre el 25 y el 75% de los requerimientos nitrogenados a partir de la fijación biológica (Díaz Zorita, 2003). Este proceso es energéticamente costoso para la planta (6-12 g de carbohidratos por g de N fijado), por lo que es común encontrar estrecha relación entre el crecimiento del cultivo y la fijación biológica (Díaz Zorita, 2003). Por lo tanto, los factores que restrinjan el crecimiento, limitarán la fijación biológica del N y reducirán la eficiencia de este proceso (Díaz Zorita, 2003). Los requerimientos de N hasta la floración son cubiertos mayormente a partir de la oferta edáfica, mientras que los aportes por fijación biológica son muy importantes luego de la floración y durante el llenado de granos (Díaz Zorita, 2003). La FBN es más eficiente con niveles bajos de disponibilidad del nutriente en el suelo (García, 2005). Altos niveles de N en el suelo (por acumulación durante el barbecho o por fertilización), resultan en menores cantidades de N fijados vía fijación biológica (García, 2005). Los conceptos mencionados destacan la relevancia de la FBN como fuente de N en el cultivo de soja. En consecuencia, las mejores prácticas para el manejo de este nutriente deben incluir acciones directas e indirectas que potencien la FBN. La acción directa más importante es a través de la inoculación de la semilla, mientras que las acciones indirectas incluyen aquellas prácticas de manejo del cultivo que aseguren las condiciones ambientales para el funcionamiento óptimo de los nódulos (Salvagiotti et al., 2003). Cordone y Martínez (2004) destacan que el N aplicado a la siembra reduce y retarda la nodulación, pues energéticamente es más económico para la planta tomar el N del suelo, que fijarlo simbióticamente del aire. Continuando con el mismo concepto, Scott y Aldrich (1975) informaron que una de las razones que explica la escasa respuesta al N, es que los nódulos pierden actividad cuando se aplica N en la zona de formación de los mismos antes de la siembra. Ferraris et al. (2014) evaluaron la respuesta en rendimiento a la fertilización foliar, fertilización con urea granulada y una combinación de ambos tratamientos mencionados en el norte de la provincia de Buenos Aires. No observaron diferencias significativas con el tratamiento testigo (sin tratar) en ninguno de los casos, aunque se vio una tendencia positiva en el incremento del rendimiento con las dosis más bajas de ambos fertilizantes, dado que en niveles altos se percibieron ligeros síntomas de fitotoxicidad. Por su parte, Ventimiglia y Torrens Baudrix (2015), realizaron un ensayo en el noroeste de la provincia de



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Buenos Aires, en el que se fertilizó la soja con urea de manera foliar en el estadio R4, donde tampoco percibieron aumentos significativos en el rendimiento de los tratamientos fertilizados, pero no evidenciaron un efecto fitotóxico del fertilizante sobre las plantas. A pesar de los resultados obtenidos, los autores de dicho ensayo indicaron que el incremento del rendimiento en la soja con la fertilización foliar nitrogenada se da por un doble efecto. En primer lugar, porque el N adicionado foliarmente es uno de los nutrientes que la planta absorbe con mayor rapidez. Inmediatamente después de ser incorporado por la planta, se transloca a los destinos, que en ese momento de aplicación comienzan a ser la vainas y posteriormente los granos. Una parte importante del N influye en el metabolismo de la planta, permitiendo de esta manera una continua translocación de fotoasimilados a los nódulos, principalmente azúcares. De esta manera, los nódulos que están fijando N en su máxima expresión, lo siguen haciendo por un tiempo más prolongado, y es así como se logran incrementos en el rendimiento muy superiores a la cantidad de N aplicado. En otras palabras, el N proviene mayoritariamente de la fijación biológica por la acción que ejerce al ser aplicado, manteniendo un mejor estado nutricional del cultivo. Para que esto ocurra, la mayor parte de los nódulos deberían estar activos al momento de la aplicación, si eso no ocurre, difícilmente se puedan alcanzar altos rendimientos. A modo de conclusión, se puede destacar que altas dosis de N a la siembra sólo inhiben la nodulación, sin mayores beneficios sobre el cultivo. En el caso de fallas en la nodulación y síntomas manifiestos de deficiencias de N, podría justificarse la aplicación de N durante estadios de inicio de floración del cultivo (Díaz Zorita, 2003).

La cantidad de N disponible para generar proteína por el cultivo dependerá de la fijación biológica y de la oferta del suelo durante el llenado de grano (Kantolic et al., 2003). Murgio et al. (2007) realizaron y analizaron ensayos conjuntamente en el sudeste y noroeste de la provincia de Buenos Aires, centro-oeste de la provincia de Entre Ríos, y este de la provincia de Córdoba. Estos autores no encontraron diferencias significativas entre el porcentaje de proteína obtenido en los tratamientos con antecesores fertilizados con N, y los tratamientos con antecesores sin fertilizar. Pero sí las hubo al comparar tratamientos en los que se fertilizó con N a los antecesores y los tratamientos de monocultivo de soja. Los autores del ensayo destacaron que es probable que esta diferencia se deba a una mayor cantidad de N retenida en los residuos vegetales de cultivos anteriores, que se liberó de manera progresiva interfiriendo en menor medida sobre la fijación simbiótica de N. Este resultado difiere, al menos en parte, con los observados por Ferraris et al. (2014) en el ensayo anteriormente mencionado, realizado en el norte de la provincia de Buenos Aires, quienes no encontraron cambios en el contenido de proteína del grano en ninguno de los tratamientos analizados. Luego de dicha evaluación, los autores concluyeron que la acumulación total de proteína en grano aumentó en mayor medida a partir de altos rendimientos, más que a un elevado nivel proteico, imitando lo que sucede en los cereales como trigo o cebada. No obstante, la concentración en grano



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

fue menos sensible a los cambios en la fertilización con relación a aquellos cultivos, por lo que una mejora en la nutrición nitrogenada tendría mayor impacto en los rendimientos que en la calidad del grano. La falta de respuesta observada en dicho ensayo pudo ser causada por la fertilización directa del cultivo con N, que inhibe la FBN, compensando el aumento de la oferta de N vía la fertilización (Salvagiotti et al., 2009). Por otra parte, Wingeyer et al. (2004) evaluaron y compararon la fertilización nitrogenada foliar y la fertilización nitrogenada en suelo en el sudeste de la provincia de Buenos Aires, donde se encontró una disminución significativa en el rendimiento, comparándolo con tratamientos fertilizados con N en suelo. En este mismo ensayo, se evaluó el peso de 1000 donde no encontraron diferencias significativas.

El P es el segundo elemento limitante para la producción de cultivos luego del N. La soja requiere unos 5 kg de P para producir una tonelada de grano, cantidad que es mayormente exportada en cosecha. La adecuada disponibilidad de P es crítica para lograr un crecimiento rápido y el desarrollo adecuado del cultivo, tanto de su parte aérea, como de las raíces y de su nodulación. A su vez, contribuye a incrementar la eficiencia de fijación biológica del N atmosférico (Díaz Zorita, 2003). La acumulación de P sigue un patrón muy similar al de la materia seca, siendo menor en estadios tempranos de crecimiento, e incrementándose hacia estadios vegetativos tardíos y la mitad del período reproductivo (Ciampitti et al., 2012). Cuando la carencia de P es total o muy marcada, se manifiesta en la reducción del porte de la planta con su consecuente merma en la producción. En cambio, cuando la carencia es parcial, la planta suele tomar adecuado porte, pero al manifestarse la escasez en la etapa final de formación de frutos y semillas, se producen también bajos rendimientos (Samuell, 1977). Por su parte, Gutiérrez Boem (2008) determinó que la caída en los rendimientos producto de una deficiencia de P se debe, en general, a una disminución en el número de granos y no así al peso de los granos, que raramente es afectado. Este efecto se da en el momento en el cual se define el número de granos (entre floración y comienzo de llenado de grano). La carencia de P afecta los procesos fisiológicos de la planta, impidiendo el aprovechamiento eficiente de los recursos medio ambientales; por ejemplo, la transformación de energía lumínica en energía disponible.

La respuesta de los cultivos a la fertilización fosfatada depende del nivel de P disponible en el suelo, pero también es afectada por factores del suelo, del cultivo y del manejo del fertilizante (García, 2005). La probabilidad de respuesta y el beneficio económico son altos solamente con niveles bajos y muy bajos de P en el suelo (Ciampitti et al., 2012). La soja se caracteriza por presentar niveles críticos de P en el suelo, por debajo de los cuales se observan respuestas significativas a la fertilización, menores a los de otros cultivos tales como alfalfa, trigo y maíz. Esta diferencia ha sido atribuida, entre otras causas, a cambios generados en el ambiente rizosférico del cultivo y al alto costo energético de los granos de soja (aceite + proteína) (García, 2005). Bermudez et al. (2014) evaluaron por 3 años seguidos la respuesta de la soja a la fertilización con P a la siembra en 5 áreas de la región pampeana, donde el



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

contenido de P estuvo en un rango que varió entre 10 y 15 mg kg⁻¹ de P Bray. Para dichos ensayos, se obtuvieron respuestas equivalentes a mejoras del 17% en la producción cuando se los comparó con los tratamientos testigos (sin fertilizar con P). Dichos datos sustentan la importancia que tiene el agregado de P para alcanzar altos rendimientos del cultivo cuando los niveles extractables son inferiores a 15 mg kg⁻¹ de P Bray (Bermudez et al., 2014). Resultados similares obtuvieron Barbagelata et al. (2001) cuando analizaron la respuesta en rendimiento al agregado de P en suelos Vertisoles de Entre Ríos, que poseían un rango de P de 6,2 a 14,7 mg kg⁻¹ de P Bray. En dicho ensayo, se observó un efecto significativo de la fertilización con P en el rendimiento de los granos de soja para el análisis conjunto de los sitios evaluados, pero no se encontraron diferencias en los resultados cuando se compararon las distintas dosis de fertilizantes utilizados. Por su parte, Prieto (2014) obtuvo los mismos resultados en el sudeste de la provincia de Santa Fe, en suelos con niveles de P que variaron entre 5,3 y 11,5 mg kg⁻¹ de P Bray. Siguiendo con la misma tendencia, en un ensayo realizado en el sur de Córdoba, Espósito et al. (2009) determinaron que el nivel crítico de P por debajo del cual se encuentran respuestas en el rendimiento a la fertilización, es 18mg kg⁻¹ de P Bray. Por su parte, Boxler et al. (2014), basándose en una red de ensayos para Región CREA Sur de Santa Fe, concluyeron que para dicha zona los sitios con niveles de P Bray menores de 11-12 mg kg⁻¹ presentaron respuestas altamente probables a la aplicación de P, mientras que por arriba de 20-21 mg kg⁻¹ de P Bray, la probabilidad de respuesta disminuyó a menos del 5%.

El S es un elemento esencial para la síntesis de aminoácidos y proteínas, y es requerido a razón de unos 7 kg tn⁻¹ de grano producido. El metabolismo de N y S están altamente vinculados, por lo que deficiencias de S disminuyen la asimilación de N en las hojas. Los síntomas de carencias son similares a los de N (hojas amarillentas), pero con la diferencia que se detectan en las hojas superiores, en formación o nuevas, y no en hojas inferiores o viejas. A diferencia de lo observado en el caso del fósforo, la disminución del rendimiento producto de una deficiencia de S puede ocurrir debido a una reducción del número de granos, como también de su tamaño (Gutiérrez Boem, 2008). Ferraris et al. (2004) realizaron seis experimentos donde se evaluó la respuesta a la fertilización azufrada en soja de primera en el sur de Santa Fe y norte de Buenos Aires. En cuatro de los seis sitios experimentales, se observaron respuestas significativas a la aplicación de S. En dos de estos cuatro sitios, los rendimientos máximos se alcanzaron con la primera dosis utilizada (7.5 kg ha⁻¹), y en los dos restantes, con la dosis máxima (15 kg ha⁻¹). Por su parte, Gentiletti y Gutiérrez Boem (2004) obtuvieron resultados similares en ensayos realizados en el centro-sur de Santa Fe, donde las respuestas más frecuentes estuvieron en el rango de 230 a 520 kg ha⁻¹. En este mismo ensayo no se encontró ninguna relación entre la respuesta a la fertilización y la fuente utilizada, o el momento de aplicación del fertilizante. Siguiendo en misma línea de ensayos, Bianchini et al. (2007) realizaron evaluaciones en 15 sitios de la región pampeana principalmente en la zona centro y sur de Santa Fe, sudeste de Córdoba y norte de Buenos Aires, y en el oeste de Buenos



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Aires y este de la Pampa. En dos sitios, se encontraron respuestas estadísticamente significativas a la fertilización con S, P y combinación de ambos, cuando se los comparó con el testigo. En este ensayo también se determinó que el rendimiento relativo de la soja no estuvo correlacionado con el nivel de S-SO₄ en el suelo. A pesar de que las experimentaciones realizadas muestran una clara evidencia de la presencia de sitios deficientes en S, aún no se cuenta con un método de diagnóstico que permita predecir una deficiencia de S en el cultivo de soja. Por ahora, a los sitios deficientes se los puede identificar midiendo la respuesta del cultivo al agregado de S (Gentiletti y Gutiérrez Boem, 2004).

En general, una mejora en la oferta de nutrientes tiene mayor impacto en el crecimiento del cultivo que en la calidad del grano (Kantolic et al. 2003). Sin embargo, Murgio et al. (2007) analizaron conjuntamente los cuatro ambientes anteriormente mencionados, en donde se encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína entre tratamientos. Los cultivos de soja fertilizados con P y S, antecedidos por un cultivo de cobertura, produjeron granos con un mayor contenido de proteína. Soldini et al. (2009), en la zona de zona de Marcos Juárez, también encontraron aumentos significativos en proteína ante aplicaciones de una dosis baja de P y S (7 y 9 kg ha⁻¹, respectivamente). En el ensayo realizado por Murgio et al. (2007) mencionado anteriormente, se midió también el porcentaje de aceite en los distintos tratamientos, pero no se detectaron diferencias significativas entre tratamientos fertilizados con P y S y los tratamientos testigo. Cabe destacar que los ambientes con mayor contenido de aceite fueron los que tuvieron menor contenido de proteína. Martínez y Cordone (2015) recopilaron diversos ensayos realizados por la AER INTA Casilda para evaluar el efecto de la fertilización fosforada y azufrada en la calidad del grano de soja. Observaron que la fertilización azufrada y fósforo-azufrada generó incrementos de rendimiento de soja y también mejoras en el valor ProFat (% aceite + %proteína) de los granos cosechados, no pudiendo determinar ninguna conclusión para la variables aceite y proteína de manera individual.

El B es un micronutriente esencial para el desarrollo y crecimiento de la soja, cuyo requerimiento es de 25 g Tn⁻¹ de grano, estando fuertemente asociado a la materia orgánica de los suelos (Fontanetto et al., 2010). La soja es una planta poco exigente en B, sin embargo la falta de este nutriente en floración puede tener efectos marcadamente negativos, presentando muerte de brotes, inhibición de la floración y aborto de flores (Martínez y Cordone, 2005). La corrección de sus deficiencias traería beneficios en el número de granos cosechados (Salvagiotti, 2003). Fontanetto et al. (2010) realizaron un ensayo en la provincia de Santa Fe, en la que evaluaron el efecto del B en aplicaciones foliares sólo o combinado con N, comparándolo con un testigo. Tanto para el tratamiento de aplicación foliar de B como para la aplicación de B y N, se obtuvieron incrementos significativos en el rendimiento, siendo el tratamiento de B y N el que mayores respuestas produjo. Por lo tanto, se concluyó que el uso de B sólo o combinado con N se presenta como promisorio para incrementar los rendimientos



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

de soja. También se midió la proteína y el porcentaje de aceite en grano, no encontrándose diferencias. Por otra parte, Salvagiotti (2003) realizó ensayos en suelos representativos de los lotes agrícolas con degradación química en el sur de Santa Fe, donde encontró incrementos en el rendimiento como respuesta a la fertilización con B, que en promedio fue de 253 kg ha^{-1} (7% de incremento sobre el testigo). Esta respuesta fue de tipo lineal dentro el rango evaluado, incrementándose el rendimiento en 128 g de grano por cada 100 g de B aplicado.

El Zn tiene una función esencial al intervenir junto con el Mo en la síntesis de proteína (Gambaudo et al., 2011). La deficiencia de Zn en soja produce entrenudos cortos y tallo rígidos y rectos, afectando el desarrollo de la planta (Martínez y Cordone, 2005). Boga y Ramírez (2014) realizaron doce ensayos en la región centro-norte pampeana argentina, en suelos con menos de 10 mg kg^{-1} de P Bray, y niveles de Zn menor a 1 mg kg^{-1} en ambientes de producción superiores a 3.000 kg ha^{-1} . El tratamiento fertilizado a la siembra con P, S y Zn mostró un rendimiento significativamente mayor, y mayores retornos económicos a la inversión cuando se los comparó con los tratamiento testigo, fertilizado a la siembra P y S, y fertilizado a la siembra solamente con P.

A pesar de ser la soja el principal cultivo extensivo en Argentina, se han realizado escasos experimentos a campo con micronutrientes (Gambaudo et al., 2011). Martínez y Cordone (2005) realizaron ensayos en el sureste de la provincia de Córdoba y en el sur de la provincia de Santa Fe, donde evaluaron el efecto de la fertilización foliar con Zn y B de manera independiente. En el sur de Santa Fe, observaron respuestas positivas en rendimiento para los dos nutrientes. Gambaudo et al. (2011) realizaron dos ensayos en el centro sur de Santa Fe. Uno fue en un suelo clase I y otro en suelo clase IIW, en el cual se evaluó el rendimiento para 4 tratamientos (fertilización foliar con Zn en V3, fertilización foliar con B en R3, fertilización foliar con Zn en V3 + fertilización con B en R3, y tratamiento testigo sin tratar). Para el suelo clase I, El B aplicado en R3 no produjo un incremento significativo; esto coincide con lo observado por Fontanetto et al. (2010), sobre un suelo también clase I. A su vez, en el tratamiento fertilizado con Zn y en el que se combinó la aplicación foliar de Zn y B, tampoco se encontraron incrementos significativos en el rendimiento.

En la actualidad, existe una severa problemática a nivel nacional generada por bajas en el nivel de proteína de los granos de soja. Esta situación es un tema de preocupación para la industria y para la cadena de la soja en general, ya que el país está teniendo grandes pérdidas en la exportación de harina proteica y de grano/poroto por el bajo valor de la proteína de las últimas cosechas (Cuniberti y Herrero, 2013). ACSOJA (2014) informó que en el año 2002 los niveles de proteína de los porotos de soja rondaban el 39% sobre base seca, los cuales permitían obtener harinas bien consideradas en los mercados más exigentes, como el europeo. Sin embargo, en 2013 se presentaron serios inconvenientes para colocar en el exterior las harinas argentinas



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

con un promedio de 37,4%. A su vez, destacó que la caída del contenido de proteínas en la producción de soja argentina constituye una desventaja competitiva para las exportaciones de harinas y porotos de la oleaginosa frente a la de sus competidores, Brasil y Estados Unidos, que presentan un promedio de proteína en sus harinas de 48% y 47,5%, respectivamente. Por otro lado, afirmó que esta situación afecta a uno de los rubros más importantes de la oferta local, ya que el país tiene un gran peso en el mercado internacional de las proteínas vegetales. Por su parte, Marti (2014) indicó que la problemática tiene un gran efecto en la harina, no así en el aceite. La comercialización al exterior de harina de soja del tipo Hi Pro (high protein o alta proteína) se rige por estándares internacionales que prevén la imposición de descuentos siempre que el nivel de proteína sea inferior al requerido, siendo el contenido base de 47% (Matteo y Calzada, 2013). Frente a esta situación, la Cámara de la Industria Aceitera de la República Argentina (CIARA) emitió un comunicado en mayo del 2013 en el que se indicó que los exportadores asociados a dicha organización acordaban reducir el contenido proteico base de la harina de soja que se estaba ofreciendo al exterior desde 47% a 46,5%, por considerar que la disminución de la calidad industrial del haba de la última campaña era irreversible. Esto significa que Argentina en la actualidad ofrece un producto de menor calidad, por lo tanto recibe menores precios. Asimismo, también convinieron modificar la escala de descuentos aplicables en caso de despachar harina de soja con menor proteína que la determinada como base (Matteo y Calzada, 2013). Este problema en la composición del grano deviene en crecientes esfuerzos por parte del complejo de crushing nacional para lograr una harina de soja que cumpla con los estándares de comercialización internacionales (Matteo y Calzada, 2013). ACSOJA (2014) informó que el sobre-secado de la harina y la eliminación de la adición de gomas (fosfolípidos obtenidos del desgomado acuoso del aceite de soja) realizados por la industria para aumentar la calidad de la harina trae diversos inconvenientes, como aumento de los costos de producción y reducción de la capacidad de molienda en un 20%. Por otra parte, un mayor secado implica bajar al menos 2.5% de humedad (10% vs 12,5%), tanto en la harina de soja como en los porotos de soja, dando como consecuencia una disminución de las toneladas exportadas. Estas pérdidas no solo afectan al sector industrial, sino que se trasladan al país por disminución de las primas de harina argentina, implicando de esta manera una caída importante en los ingresos por exportación. Matteo y Calzada (2013) realizaron un trabajo donde determinaron que esta problemática de la soja habría implicado en la campaña 2012/2013, un costo extra de alrededor de USD 405 millones para el complejo oleaginoso nacional.

Por medio de este proyecto de investigación experimental, se buscó encontrar posibles soluciones a este preocupante problema por medio de la fertilización con distintos nutrientes



2. Hipótesis

1. La fertilización pre siembra con fósforo aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
2. La fertilización pre siembra con fósforo y azufre aumentará el rendimiento, proteína y materia grasa en granos de soja.
3. La fertilización pre siembra con fósforo y azufre en doble dosis aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
4. La fertilización pre siembra con fósforo y azufre + la aplicación foliar con boro en R1-R2 aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
5. La fertilización pre siembra con fósforo y azufre + la fertilización foliar con boro en R1-R2 + fertilización foliar con nitrógeno en baja dosis aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
6. La fertilización pre siembra con fósforo y azufre + la fertilización foliar con boro en R1-R2 + fertilización foliar con nitrógeno en alta dosis aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
7. La fertilización pre siembra con fósforo, azufre y zinc + la fertilización foliar con boro en R1-R2 aumentará el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.

3. Objetivos

El objetivo de este trabajo de investigación experimental fue evaluar la respuesta de la soja a diversas fertilizaciones y diversas dosis de aplicación.

- Evaluar si la fertilización pre siembra con fósforo tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
- Evaluar si la fertilización pre siembra con fósforo y azufre tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
- Evaluar si la fertilización pre siembra con fósforo y azufre en dosis duplicada tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
- Evaluar si la fertilización foliar con boro en estadios reproductivos tempranos con previa aplicación de fósforo y azufre tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
- Evaluar si la fertilización foliar con boro en estadio reproductivos tempranos + la fertilización foliar con nitrógeno en baja dosis durante R5, con previa aplicación de fósforo y azufre tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.
- Evaluar si la fertilización foliar con boro en estadio reproductivos tempranos + la fertilización foliar con nitrógeno en alta dosis durante R5, con previa aplicación de fósforo y azufre tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- Evaluar si la fertilización con zinc previo a la siembra en conjunto con fósforo y azufre, más una posterior aplicación foliar de boro en estadios reproductivos tempranos tienen efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y materia grasa en granos de soja.

4. Materiales y métodos

4.1 Caracterización del Sitio Experimental

Se realizó un ensayo en el establecimiento “La Flora” ubicado a 12 km al noroeste de la localidad de Casbas, provincia de Bs As, Argentina, durante la campaña 2014/2015. El mismo se llevó a cabo sobre un suelo Hapludol éntico, perteneciente a la serie piedritas (Pas), con una capacidad de uso IIIe y una textura franco arenosa. El clima es semiárido templado de régimen térmico, con tendencia a continental (Anexo 7.3).

4.2 Condiciones Agro-Climáticas Zonales

La temperatura media anual es de 15,4 °C siendo el mes de enero el más cálido (24 °C), y el de julio el más frío (7 °C). El período de heladas promedio es de 220 días, entre el 9 de mayo y el 6 de octubre. Las principales precipitaciones se registran durante los meses de diciembre, febrero y marzo, con valores que duplican los del semestre invernal (Marini et al., 2001).

4.3 Historial del sitio experimental

El lote que se utilizó para realizar el ensayo está dedicado exclusivamente desde hace 10 años a la actividad agrícola bajo siembra directa, y tuvo como antecesor maíz destinado a silaje.

4.4 Barbecho y siembra

Previo a la siembra se realizó un barbecho químico, para la cual se realizó una aplicación de herbicidas el día 17 de julio del 2014, que consistió en 1,8 l ha⁻¹ de glifosato, 0,35 l ha⁻¹ de 2,4-D, 0,35 l ha⁻¹ de Dicamba y 5g ha⁻¹ de Metsulfuron Metil.

La siembra de la variedad DM 4670 se realizó el día 5 de noviembre con una sembradora de grano fino Crucianelli, Pionera 3120. La densidad sembrada fue 300.000 pl ha⁻¹ con una distancia entre surcos de 35 cm. Las semillas, previo a la siembra, fueron tratadas con el pack ASP que cumple la función de inoculante, protector (Triam + Carbendazim) y aditivo. El día 4 de febrero, cuando el cultivo se encontraba en el estadio de R4 se aplicó ENGEO® 247 ZC (Tiametoxam + Lambda-cihalotrina) para el control de isoca. Dicho ataque se controló en forma temprana, por lo que no llegó a producir daños significativos en el ensayo.



4.5 Tratamientos

Los tratamientos se detallan a continuación: en la tabla 1 se muestran las dosis aplicadas de cada nutriente.

1. Testigo sin fertilizar.
2. Dosis simple de P
3. Dosis simple de P y S
4. Dosis simple de P, S y B
5. Dosis simple de P, S, B y N en bajas dosis.
6. Dosis simple de P, S, B y N en altas dosis.
7. Dosis simple de P, S, Zn y B
8. Dosis doble de P y S

4.6 Descripción del diseño experimental

El diseño experimental fue en bloques completos aleatorizados (DBCA) con 4 repeticiones. Para la ubicación de los bloques se seleccionó una superficie del lote lo más homogénea posible en cuanto al relieve, que se encuentre lejos de aguadas, árboles y cabeceras. De esta manera, los resultados se encontraron los menos condicionados posible por variables ajenas al ensayo.

Las parcelas tuvieron una dimensión de 3m x 5m y no hubo bordadura entre las distintas parcelas del bloque, ya que de esta manera se evitó que la radiación solar sobre el cultivo sea despareja, asegurando la ausencia de falsos resultados determinados por esta variable. A su vez, existió una bordadura de 1m entre cada bloque y otra de 3m alrededor de los 4 bloques, por lo que las dimensiones totales de ensayo fueron de 30m x 29 m.

Tabla 1: Dosis de nutrientes aplicados por tratamiento en Casbas, prov. de Buenos Aires, en la campaña 2014-2015.

Tratamiento	P kg ha ⁻¹	S kg ha ⁻¹	N foliar kg ha ⁻¹	B g ha ⁻¹	Zn kg ha ⁻¹
1	0	0	0	0	0
2	22	0	0	0	0
3	22	13.2	0	0	0
4	22.07	13.2	1.3	87.78	0
5	22.07	13.2	11.3	87.78	0
6	22.07	13.2	21.3	87.78	0
7	22.07	13	1.3	87.78	1.3
8	44	26.4	0	0	0



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

4.7 Fertilización

Cuarenta días antes de la siembra, se aplicó al voleo superfosfato triple de Ca y superfosfato simple en forma granulada como fuentes de P y P y S, respectivamente, y MESZ como fuente de P, S y Zn. El 6 de enero, cuando el cultivo se encontraba en el estadio R1, se realizó una aplicación de B foliar como Foliarsol B en los tratamientos 4, 5, 6 y 7 con una dilución en agua de 1:10. A su vez, el día 7 de febrero se aplicaron 10 kg N ha⁻¹ N foliar en R5 en las parcelas del tratamiento 5 y 20 kg N ha⁻¹ en el tratamiento 6, como Foliarsol U con una dilución en agua de 1:3.

4.8 Cosecha y obtención de resultados

La cosecha se realizó el día 25 de abril. Se seleccionaron los 2 m² más representativos de cada parcela, donde posteriormente se realizó el corte de plantas enteras de soja con tijeras de podar. La trilla de las plantas se realizó en la estación experimental agropecuaria (EEA) INTA Castelar, donde también se llevó a cabo la medición de la humedad promedio de los granos de cada bloque. En uno de los laboratorios de la facultad de Ciencias Agrarias de la Pontificia Universidad Católica Argentina (UCA), por medio de la utilización de una balanza de alta precisión se calculó el peso de 1000 granos (P 1000) de las 32 parcelas, y a su vez se seleccionaron tres bloques del ensayo, y de cada uno se tomaron muestras de 500 g de los tratamientos. Las muestras fueron enviadas a la Bolsa de Comercio de Rosario (BCR), donde por medio de la utilización del método NIR (Near Infrared Reflectance Spectroscopy) se midió el porcentaje de proteína y materia grasa en base seca.

4.9 Análisis Estadístico

Los resultados se analizaron mediante el programa Infostat. Se realizó un análisis de varianza seguido de la comparación entre medias utilizando el método de Contrastes. Para evidenciar diferencias estadísticamente significativas, se tomó un alfa = 0,1.

5. Resultados y Discusión

5.1 Caracterización de los suelos del sitio experimental.

El P-Bray en el lugar del ensayo promedió 13 mg kg⁻¹, los N-NO₃ medidos de 0 a 60 cm promediaron 19.7 kg ha⁻¹, los S-SO₄ promediaron 4.8 mg kg⁻¹, mientras que el Zn resultó tener un nivel de 0,7 kg ha⁻¹. A su vez, el suelo presentó un nivel de materia orgánica de 1.69 % y un pH de 6.4 (Anexo 7.2).

5.2 Condiciones climáticas durante el ensayo

Las condiciones de temperatura y precipitaciones tanto previo a la siembra así como en la primera etapa del cultivo fueron muy buenas desde el punto de vista agronómico, lo que permitió una óptima emergencia y desarrollo inicial del cultivo. Durante el mes de enero, las precipitaciones se redujeron y las temperaturas fueron levemente mayores al promedio zonal para esta fecha, de todas formas estas condiciones no afectaron el normal desarrollo del cultivo, por último durante los meses de enero y febrero las precipitaciones incrementaron en comparación a enero y



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

las temperaturas medias fueron similares al promedio local, esto permitió un normal cuaje y desarrollo de los granos (Anexo 7.4).

5.3 Rendimiento

Como se puede observar en la tabla 2, el promedio general de ensayo fue de 3.960 kg ha⁻¹. Este valor es ampliamente superior al rinde promedio obtenido en esta zona para esta campaña, que fue de 2.624 kg ha⁻¹ (SIIA, 2016), y a su vez también fue superior al promedio general de la Argentina, que fue de 3.176 kg ha⁻¹ (SIIA, 2016).

Tabla 2: Rendimiento, proteína y materia grasa promedio para cada tratamiento aplicado al voleo presiembra (P y S), R1 (B) o R5 (N foliar) en la campaña 2014/2015 del cultivo de soja en Casbas, provincia de Buenos Aires, Argentina. Tratamientos: 1. Testigo sin fertilizar. 2. Dosis simple de P, 3. Dosis simple de P y S, 4. Dosis simple de P, S y B, 5. Dosis simple de P, S, B y N en bajas dosis, 6. Dosis simple de P, S, B y N en altas dosis, 7. Dosis simple de P, S, Zn y B, 8. Dosis doble de P y S. P y S dosis simple: 22 y 13.5 kg ha⁻¹, respectivamente; B: 100g ha⁻¹; Zn: 1.3 kg ha⁻¹.

Tratamiento	Rendimiento kg ha⁻¹	Proteína %	Materia grasa %
1	4050	37.1	24.7
2	3986	38	23.9
3	3918	38.1	24.3
4	3923	38.5	23.6
5	3804	38.1	23.9
6	3972	38	23.8
7	4139	38.3	23.7
8	3890	38.4	23.3
Promedio	3960	38.1	23.9
P-Valor	0.9976	0.5938	0.6128



No se encontraron diferencias significativas entre los distintos tratamientos para rendimiento (Tabla 3).

Tabla N° 3: Evaluación de los contrastes entre los distintos tratamiento para la variable rendimiento. Tratamientos: 1. Testigo sin fertilizar. 2. Dosis simple de P, 3. Dosis simple de P y S, 4. Dosis simple de P, S y B, 5. Dosis simple de P, S, B y N en bajas dosis, 6. Dosis simple de P, S, B y N en altas dosis, 7. Dosis simple de P, S, Zn y B, 8. Dosis doble de P y S. P y S dosis simple: 22 y 13.5 kg ha⁻¹, respectivamente; B: 100g ha⁻¹; Zn: 1.3 kg ha⁻¹.

Contrastes	Diferencia kg ha ⁻¹	P-Valor
T1 vs T2	64	0.8885
T2 vs T3	68	0.8809
T3 vs T4	-5	0.9917
T4 vs T5	119	0.7943
T5 vs T6	119	0.7125
T3 vs T7	-221	0.6287
T3 vs T8	28	0.9512
T1 vs T8	160	0.7257

Los resultados obtenidos en este ensayo concuerdan con los obtenidos por Arias y De Battista (2015) que, en un ensayo realizado en la localidad de Escriña, provincia de Entre Ríos, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento a la aplicación de 20 kg ha⁻¹ de P en comparación con el testigo. A su vez, los resultados también se asimilan a los obtenidos por Soldini et al. (2009), ya que estos no encontraron respuesta a la aplicación de P y S ya sea en dosis simple como en dosis doble, y a los obtenido por Bianchini et al. (2007), aunque en este caso no se midió la aplicación de doble dosis.

En cuanto a la fertilización con N, los resultados del presente ensayo coinciden con los obtenidos por Ferraris et al. (2014) dado que en los ensayos realizados, no encontraron diferencias significativas a la fertilización foliar en R5 ya sea con dosis simple (10 kg ha⁻¹) como en dosis doble (20 kg ha⁻¹).

Para resultados obtenidos en los tratamientos en los que se los fertilizó con micronutrientes, tanto Zn como B, se observó la misma tendencia que la obtenida por (Gambaudo et al, 2011; Martínez y Cordone, 2005), ya que estos autores no encontraron respuestas significativas en rendimiento a la fertilización con Zn y B ya sea de manera conjunta como en forma independiente.

En contraposición a lo mencionado recientemente, los resultados de este ensayo se contraponen a los obtenidos por Quevedo Camacho, (2005) que en un ensayo



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

realizado en la localidad de Aguais, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, donde se fertilizó con 3 niveles de P (6.5, 13 y 19,5 kg ha⁻¹) y donde los dos primeros niveles analizados obtuvieron diferencias significativas con respecto al testigo (sin fertilizar), y a su vez la mayor dosis, obtuvo diferencias aún mayores. Por otro lado, tampoco se asemejan a estudios realizados por Barbagelata et al. (2001); Bermudez et al. (2014); Boxler et al. (2014); Espósito et al. (2009); Prieto (2014), que en todos los ensayos encontraron aumentos significativos en el rendimiento del cultivo de soja como respuesta a la fertilización fosforada.

En cuanto a la respuesta a la fertilización con S, Ferraris et al. (2004); Gentiletti y Gutiérrez Boem. (2004), encontraron incrementos significativos en el rendimiento, por los que se contraponen a los resultados analizados en este ensayo para esta variable. A su vez, Ferraris et al. (2002) también encontraron incrementos, pero fertilizando con S y P en forma conjunta.

Continuando con la misma tendencia de resultados, pero en este caso para la variable N, los resultados obtenidos en este trabajo también difieren con los obtenidos por Lamond y Wesly, (2001), que en 1994 y 1995 evaluaron en 4 sitios de producción bajo riego del estado de Kansas, EE.UU., la respuesta en rendimiento de soja a la fertilización foliar con N en R3 en 2 dosis. Dichos autores obtuvieron como resultado incrementos en el rendimiento del cultivo como respuesta a la fertilización, aunque no encontraron respuestas entre las distintas fuentes utilizadas (UREA, Urea – Nitrato de amonio (UAN), Nitrato de amonio (AN) y UREA + Triamida N (n-butil) tiosfosfórica (NBPT)), así como tampoco entre las dosis bajas (22.4 kg N ha⁻¹) y altas (44.8 kg N ha⁻¹).

Para el caso del efecto del B sobre el rendimiento, los resultados obtenidos por Salvagiotti (2003) y Fontanetto et al. (2010), difieren con los analizados en este ensayo, ya que en aquellos, se observaron incrementos significativos en el rendimiento, como respuesta a la aplicación de B. A su vez, Fontanetto et al. (2010) encontraron la mayor respuesta al B cuando se lo aplicó en forma conjunta con N.

Por último, analizando los resultados obtenidos en los tratamientos en los que se aplicó Zn, éstos no concuerdan con los obtenidos por Boga y Ramírez (2014), ya que el tratamiento fertilizado a la siembra con P, S y Zn, mostró un rendimiento significativamente mayor cuando se lo comparó con el tratamiento testigo (sin fertilizar), fertilizado a la siembra con P y S, y fertilizado a la siembra solamente con P.



5.4 Proteína

Como se muestra en la tabla 2, el porcentaje promedio de proteína de los granos fue 38.1%. Este valor es superior al porcentaje que se percibió para esta campaña en la región núcleo sojera, que fue 36,1% (INTA Marco Juárez, 2015).

Tal como se puede observar en la tabla 4, se encontraron incrementos estadísticamente significativos en el porcentaje de proteína del tratamiento 8, en el que se fertilizó a la siembra con dosis doble de P y S, con respecto al tratamiento testigo. A su vez, también se puede ver una tendencia positiva en el porcentaje de proteína del tratamiento 2 en el que se fertilizó con dosis simple de P y S, aunque esta tendencia no llegó a ser estadísticamente significativa ($P=0,18$).

Tabla N° 4: Evaluación de los contrastes entre los distintos tratamiento para la variable proteína. Tratamientos: 1. Testigo sin fertilizar. 2. Dosis simple de P, 3. Dosis simple de P y S, 4. Dosis simple de P, S y B, 5. Dosis simple de P, S, B y N en bajas dosis, 6. Dosis simple de P, S, B y N en altas dosis, 7. Dosis simple de P, S, Zn y B, 8. Dosis doble de P y S. P y S dosis simple: 22 y 13.5 kg ha⁻¹, respectivamente; B: 100g ha⁻¹; Zn: 1.3 kg ha⁻¹.

Contrastes	Diferencia % de proteína	P-Valor
T1 vs T2	-0.9	0.1832
T2 vs T3	-0.1	0.8834
T3 vs T4	-0.4	0.626
T4 vs T5	0.4	0.5922
T5 vs T6	0.1	0.8834
T3 vs T8	-0.2	0.8069
T3 vs T8	-0.3	0.6925
T1 vs T8	-1.3	0.0705

Las respuestas en proteína a la fertilización fosforada concuerdan con los obtenidos por Mahmoodi et al. (2013), ya que estos autores, en un ensayo realizado en la provincia de Mazandarán, Irán, no encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteína entre el tratamiento testigo y el fertilizado con 30 kg ha⁻¹ de P.

A su vez las respuestas en proteína observadas en este ensayo son similares a las observadas por Rehm (2005) en 3 sitios del estado de Minnesota, EE. UU, donde no se encontraron aumentos significativos en el porcentaje de proteína, ante la fertilización con 56 kg ha⁻¹ de S. Por otro lado, los resultados obtenidos por Murgio et al. (2007) coinciden parcialmente con los obtenidos en este ensayo, ya que estos autores encontraron incrementos significativos en el porcentaje de proteína frente a



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

una fertilización fósforo-azufrada, mientras que en el presente ensayo se vio una tendencia alcista pero que no llegó a ser significativa.

En cuanto al efecto de la fertilización nitrogenada sobre el porcentaje de proteína, Ferraris et al. (2014) obtuvieron resultados similares ya que no encontraron incrementos significativos en el nivel de proteína frente a la fertilización foliar tanto para dosis simple (10 kg ha^{-1}), como para dosis doble (20 kg ha^{-1}). Similares resultados fueron observados por Wood et al. (1991) en 7 sitios del estado de Alabama, EE.UU. durante dos años seguidos. Estos autores concluyeron que los resultados obtenidos en los numerosos ensayos realizados, indican que la fertilización con N no sería un medio eficaz de alterar las concentraciones de proteína.

A su vez, los resultados percibidos por Fontanetto et al. (2010), concuerdan con los de este ensayo, tanto para los tratamientos en los que se evaluó el efecto del N, como en los que se evaluó el efecto del B, ya que no encontraron incrementos en el nivel de proteína como respuesta a la aplicación de estos dos minerales, ya sea en forma conjunta o separada.

Continuando con el análisis de los resultados obtenidos para la variable proteína, los resultados obtenidos por Soldini et al. (2009) se contraponen en forma parcial, ya que si bien, por un lado, los autores no encontraron diferencias significativas en los tratamientos en los que se la aplicó P y S en dosis simple ($9,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P y $5,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de S), tal cual como se vio en este ensayo, por otro encontraron una disminución significativa en los tratamientos en los que se los fertilizó con dosis doble ($18,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de P y $10,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de S). Resultados parecidos a los de Soldini (2009) fueron observados por Mahmoodi et al. (2013), que encontraron incrementos significativos en el porcentaje de proteína como respuesta a la fertilización con P y S en forma simple (30 kg ha^{-1} de P y 20 kg ha^{-1} de S), pero no encontraron respuestas en los tratamientos en los que se los fertilizó con dosis doble (30 kg ha^{-1} de P y 20 kg ha^{-1} de S).

En cuanto a la fertilización foliar, los resultados observados en este ensayo no coinciden con los obtenidos por Lamond y Wesley (2001), ya que en un 50 % de los casos analizados, se encontraron incrementos de los niveles de proteína a la aplicación de N en R3, tanto para dosis simple (22 kg N ha^{-1} , respuestas de 417 kg ha^{-1}), como doble (44 kg N ha^{-1} , respuestas de 834 kg ha^{-1}).



5.5 Materia grasa

Tal como se muestra en la tabla 2, el porcentaje promedio de aceite en los granos de soja fue 23.9%. Este valor fue exactamente el mismo que el porcentaje promedio obtenido en la zona núcleo sojera para esta campaña (INTA Marcos Juárez, 2015).

Los valores expresados en la tabla 5 muestran con claridad que, al igual que lo sucedido para la variable proteína, solamente se encontraron diferencias estadísticamente significativas al comparar el tratamiento 1 con el 8, donde se percibieron disminuciones en el nivel de aceite en los granos de las parcelas que se fertilizaron con doble dosis de P y S, con respecto al testigo sin fertiliza

Tabla N° 5: Evaluación de los contrastes entre los distintos tratamiento para la variable materia grasa. Tratamientos: 1. Testigo sin fertilizar. 2. Dosis simple de P, 3. Dosis simple de P y S, 4. Dosis simple de P, S y B, 5. Dosis simple de P, S, B y N en bajas dosis, 6. Dosis simple de P, S, B y N en altas dosis, 7. Dosis simple de P, S, Zn y B, 8. Dosis doble de P y S. P y S dosis simple: 22 y 13.5 kg ha⁻¹, respectivamente; B: 100g ha⁻¹; Zn: 1.3 kg ha⁻¹.

Contrastes	Diferencia % Mat. Grasa	P-Valor
T1 vs T2	0.8	0.2412
T2 vs T3	-0.4	0.5191
T3 vs T4	0.7	0.3255
T4 vs T5	-0.3	0.6435
T5 vs T6	0.1	0.8301
T3 vs T8	0.2	0.4013
T3 vs T8	1	0.1607
T1 vs T8	1.4	0.0595

Los datos obtenidos para esta variable coinciden con los obtenidos por Murgio et al. (2007), quienes no encontraron incrementos en el porcentaje de aceite como respuesta a la fertilización fósforo-azufrada, aunque estos autores no evaluaron el efecto de una dosis doble. Analizando el efecto del S de manera independiente, los resultados coinciden con los que obtuvo Rehm (2005), ya que este último tampoco encontró respuestas significativas a la fertilización con este elemento, en dosis simple.

Para el caso de la aplicación de N, los valores observados en este ensayo se asemejan a los obtenidos tanto por Lamond y Wesly (2001), como por Macák y Candráková (2013), ya que no encontraron respuestas en el porcentaje de aceite a la aplicación de N.

Para el caso del B, tal como se observó para la variable proteína, Fontanetto et al. (2010) no encontraron incrementos en el porcentaje de aceite frente a la fertilización foliar, ya sea sólo o en forma conjunta con N.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

En contraposición a lo mencionado en el párrafo anterior, Mahmoodiet al (2013) no encontraron incrementos significativos en el porcentaje de aceite con una dosis simple de P (30 kg ha^{-1}) y S (20 kg^{-1}), pero sí sucedió con la dosis doble (60 kg ha^{-1} de P y 40 kg ha^{-1} de S). A su vez, los resultados de este ensayo tampoco coinciden con los observados por Soldini et al. (2009). Si bien en el ensayo realizado por estos autores no se evidenciaron incrementos con dosis simple, tampoco se encontraron diferencias con dosis doble como sí sucedió en esta investigación.

Por otro lado, el efecto de la fertilización nitrogenada foliar sobre el porcentaje de aceite en grano observado en nuestro ensayo, no se asemeja a lo observado por Ray et al. (2006), ya que en una red de ensayos realizada durante 3 años seguidos en distintos tipos de suelo de EE. UU., y con distintos cultivares de soja, encontraron un incremento significativo del porcentaje de aceite de 2,7% como respuesta a la fertilización nitrogenada.

6. Conclusiones

La aplicación de P de manera individual no tuvo efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto al testigo.

La aplicación de P y S no tuvo efecto en el rendimiento, incrementó el porcentaje de proteína y redujo el de aceite, con respecto al testigo.

La aplicación de P y S no tuvo efectos en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto a la aplicación de P de manera individual.

El agregado de B a la aplicación de P y S no tuvo efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto a la aplicación de P y S.

La aplicación de P, S, B y N foliar en dosis simples, no tuvo efectos en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto a la aplicación de P, S y B.

La aplicación de P, S, B y N foliar en dosis dobles, no tuvo efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto a la aplicación de P, S, B, y N en dosis simples.

La aplicación de Zn en conjunto con P y S, no tuvo efecto en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite con respecto a la aplicación de P y S.

La aplicación de P y S en doble dosis no tuvo efectos en el rendimiento, porcentaje de proteína y aceite, con respecto a la aplicación con dosis simples.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

7. Bibliografía

- ACSOJA. 2014. Los bajos niveles de proteína restan competitividad. Revisado el 20 de agosto de 2015 en <http://www.acsoja.org.ar/>
- Arias, N; De Battista J.J. Respuesta a la fertilización en soja. Estación experimental INTA Concepción Del Uruguay. Revisado el 23 de enero de 2016 <http://inta.gob.ar/documentos/>
- Baigorri, H.E; Echeverria, H; Fontanetto, H; Galarza, C; Gambaudo, S; Garcia, F; Melgar, R. 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, 1997, pág. 203-212
- Barbajelata, P.A; Melchiori, R.J.M; Paporotti, O.P. (2001), fertilización fosfatada del cultivo de Soja en suelos Vertisoles de la provincia de Entre Ríos, Informaciones Agronómicas del Cono Sur, No.11: 1-3
- Bermúdez, M; Diaz Zorita, M; Esposito, G; Ferraris, G; Gerster, G; Saks, M; Salvagiotti, F; Ventimiglia, L. (2104), Fertilización fósforo en secuencias continuas de soja, Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, No.15:2-
- Bianchini, A; Begnis, A.S; Peruzzi, D; Magnelli, M. E; Lorenzatti, S; Rabasa, S; Garcia, F. (2007), Fertilización fosforada y azufrada en soja de primera, bases para el manejo de la nutrición de los cultivos y los suelos. Pág. 29-30
- Boxler, M; García, F.O; Corredo, A.A; Gallo, S; Pozzi, R; Salinas, M; Reussi Calvo, N; Brardo, A (2014), resultados de la Campaña 2013/14: Soja de Primera y Soja de Segunda. Red de Ensayos en Nutrición de Cultivos Región CREA Sur de Santa Fe. Revisado el 28 de julio de 2015 en <http://research.ipni.net/>
- Boga, L; Ramírez, H. (2104), efecto de la fertilización con Fósforo, Azufre y Zinc en el cultivo de soja en la región pampeana norte de argentina, Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, No.16: 17-20
- Calzada, J; Matteo, F. (2013), La menor proteína en soja le cuesta a Argentina 405 millones de dólares. Informativo semanal de la bolsa de comercio de Rosario, No.1722: 4-7



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- Ciampitti, I.A; Garcia, F.O; Bianchini, A. La nutrición del cultivo de soja. En: Baigorri, H.E; Salado, L.R (ed.) El cultivo de soja en Argentina. Vicente Lopez, Agroeditorial, 2012, pág. 189-214
- Cordone, G; Martinez, F. (2004). El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno. Informaciones agronómicas, No 24: 1-4
- Cuniberti, M; Herrero, R. Caída en la proteína de la soja en la Argentina. Estación experimental INTA Marcos Juárez. Revisado el 13 de Agosto de 2015 en <http://inta.gob.ar/documentos/>
- Díaz Zorita, M. 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, 2003, pág. 79- 91
- Espósito, G.P; Catillo, C.A; Balboa, G.R; Balboa; R.G. (2009); Nivel crítico de fósforo y azufre en suelos del sur de Córdoba para el cultivo de soja, Informaciones agronómicas del cono sur, No.43. Pág. 16-18.
- Ferraris, G. N; Gutiérrez Boem, F; Echeverría, H. (2002); Respuesta a la Fertilización en el Cultivo de Soja de Primera, revista idia XXI, No. 2: 52-58
- Ferraris, G. N; Couretot, L. A. (2014). Respuesta de la soja a la inoculación con *Bradyrhizobium japonicum* en lotes con antecedentes de soja previa. Estación experimental INTA Pergamino. Revisado el 7 de agosto en <http://www.agrositio.com/>
- Ferraris, G. N; Toribio, M. (2014). La fertilización nitrogenada ¿puede incrementar el contenido proteico en los granos de soja? Estación experimental INTA pergamino. Revisado el 13 de agosto de 2015 en <http://inta.gob.ar/documentos/>
- Ferraris, G.N; Salvagiotti, F; Prystupa, P; Gutiérrez Boem, F.H. (2004), disponibilidad de azufre y respuesta de la soja de primera a la fertilización, Informaciones agronómicas de Hispanoamérica, No.43. Pág. 17-20.
- Fontanetto, H; Keller, O; Albrecht, J. (2010), Efecto de la fertilización foliar con boro y nitrógeno sobre el cultivo de soja, informaciones agronómicas, No.47: 19-22



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- Gambaudo, S; Racca Madoery, M.S; Fontanetto, H. (2011), respuesta al agregado de micronutrientes en el cultivo de soja en suelos de diferente aptitud agrícola; Informaciones agronómicas de Hispanoamérica, No.3: 1-4
- García, F.O. (2005), criterios para la fertilización del cultivo, Informaciones agronómicas, No.27: 9-14
- Gazzoni, D.L. Botánica. En: Empresa nacional de investigaciones agropecuarias-centro nacional de investigación sobre la soja (ed.) El cultivo de la soja en los trópicos. Londrina, colección FAO, 1995, pág. 1-13
- Gentilietti, A; Gutiérrez Boem, F.H. (2004), fertilización azufrada del cultivo de soja en el centro-sur de Santa Fe, Informaciones agronómicas, No.24: 16-24
- Gutiérrez Boem, F. Nutrición del cultivo. En Satorre, E. (ed.) Producción de soja. Buenos Aires, Asoc. Argentina de consorcios regionales de experimentación agrícola, 2008. Pág. 45- 55
- INTA. Marcos Juarez. 2005. Soja: rendimiento y calidad de la última campaña. Revisado el 23 de Enero de 2015 en <http://intainforma.inta.gov.ar/>
- Kantolic, A.G. 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, 2003, pág. 28- 38
- Kantolic, A.G; E. de la Fuente y P. Giménez 2006. Soja en cultivos industriales. 1ra edición. Ed: E. de la Fuente et al., Buenos Aires. 95-141.
- Lamond, R.E; Wesley, T. L. (2001), In-season Fertilization for High Yield Soybean Production, Better Crops. 2 (86): 6-7
- Macák, M; Candráková, E. (2013), The effect of fertilization on yield components and quality parameters of soybeans [(Glycine max (L.) Merr.] sedes, Journal of Central European Agriculture. 14 (3): 379-389
- Mahmoodi, B; Mosavi, A. A; Daliri, M. S; Namdari. M. (2013), The evaluation of different values of phosphorus and sulfur application in yield, yield components and seed quality characteristics of soybean (Glycine Max L.), Advances in Environmental Biology. 7(1): 170-176



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- Matteo, F; Calzada, J. La caída de la proteína en soja le cuesta a Argentina 405 millones de dólares, informativo semanal de la bolsa de comercio de Rosario, No. 1639: 4-7
- Marini, M; F. Vergara, M; Krüger, H. (2007), Determinación del uso de la tierra en el partido de Guamini (Argentina) mediante un estudio multitemporal con imágenes Landsat. Revista de Teledetección, No. 27: 80-88.
- Marti, P. 2014. Baja proteína en la soja, una dificultad comercial. Revisado el 18 de agosto de 2015 en <http://www.lagaceta.com.ar/>
- Martínez, F; Cordone, G. (2005), fertilización es soja con micronutrientes, estación experimental INTA Casilda. Revisado el 24 de agosto de 2015 en <http://www.profertilnutrientes.com.ar/>
- Martínez, F; Cordone, G. (2015), Impacto de la fertilización en soja sobre la calidad del grano, Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica, No.18: 17-21
- Murgio, M; Barbieri, P; Barbagelata, P; Barraco, M; Soldini, D; Salines, L; Gudelj, V. (2007). Contenido de proteína del grano de soja como respuesta a distintas estrategias de fertilización y rotación. Estación experimenta INTA Marcos Juárez, Balcarce, Paraná, General Villegas. Revisado el 23 de agosto de 2015 en <http://inta.gob.ar/documentos/>
- Perticari, A; Arias, N; Baigorri, H.E; De Batista, J.J; Letti, L; Montecchia, M; Pacheco Basurco, J.C; Simonella, A; Toresani, S; Ventimiglia, L; Viccentini, R. Inoculación y fijación biológica de nitrógeno en el cultivo de soja. En: Satorre, E (ed.) El libro de la soja. Buenos Aires, servicios y marketing agropecuario, 2003, pág. 67- 78
- Prieto, G.M; Bodrero, M; Lamas, M.C; Macor, L. (2014). Fertilización fosfatada del cultivo de soja: Experiencias en el sudeste de Santa Fe. Estación experimenta INTA Pergamino. Revisado el 22 de Julio de 2105 en <http://lacs.ipni.net/>
- Quevedo Camacho, J.C. (2005), Fertilización con fósforo y con potasio en soja en la Zona Norte-Integrada de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, Informaciones Agronómicas, No. 22: 19-22



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

- Rehm, G. (2005), Evaluation of Sulfur Fertilization for Improved Protein in Soybean, International plant nutrition institute (IPNI). Revisado el 18 de octubre de 2015 en <http://research.ipni.net/>
- Ray, J. D; Fritsch, F. B; Heatherly, L.G. (2006) Large applications of fertilizer N at planting affects seed protein and oil, concentration and yield in the Early Soybean Production System, Field Crops Research, 99: 67-74
- Salvagiotti, F; Capurro, J; Enrico, J.M. (2009), manejo de la nutrición nitrogenada en soja, Para mejor la producción - INTA EEA Oliveros, No. 42: 45-51
- Salvagiotti, F. (2003), respuesta a la fertilización con boro en soja en el sur de Santa Fe, estación experimental INTA Oliveros. Revisado el 24 de agosto de 2015 en <http://inta.gob.ar/documentos/>
- Samuell, H. Técnicas de cultivo, fertilización. En: Samuell, H (ed.) Soja, información técnica para su mejor conocimiento y cultivo. Buenos Aires, hemisferio sur, 2ª Edición, 1977. pág. 76-89
- SIIA. 2016. Sistema integrado de información agropecuaria. Ministerio de agricultura ganadería y pesca de la nación. Revisado el 12 de Diciembre del 2016 en <http://www.siaa.gov.ar/>
- Soldini, D.O; Salines; L.A; Heredia, A. (2009), fertilización y contenido de proteína de soja. Estación experimental INTA Marcos Juárez. Revisado el 15 de Agosto de 2015 en <http://agrolluvia.com/>
- Scott, W. O; Aldrich, S.R. Los fertilizantes de la soja. En: Scott, W.O; Aldrich, S.R (ed.) Producción moderna de soja. Buenos Aires, hemisferio sur, 1975. Pág. 66-99
- Ventimiglia, L.A; Torrens Baudrix, L. (2005). Soja: urea foliar. Curva de respuesta y momento de aplicación. Estación experimental INTA Pergamino. Revisado el 27 de agosto de 2015 en <http://inta.gob.ar/documentos>
- Wingeyer, A; Echeverria, H; Sainz Rozas, H. (2004). Aplicación foliar de nitrógeno y azufre en el cultivo de soja en el sudeste bonaerense. Estación experimental INTA Balcarce. Revisado el 23 de agosto de 2015 en <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210349.pdf>



8. Anexos

8.1 Estadísticas descriptivas

8.1.1 Medidas resumen

Tabla de medias resumen de la variable Rendimiento (kg ha^{-1})

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
1	Rendimiento kg ha^{-1}	4	4050.27	275.55	3782.00	4328.56
2	Rendimiento kg ha^{-1}	4	3986.41	356.10	3578.11	4438.80
3	Rendimiento kg ha^{-1}	4	3918.22	848.20	2748.67	4557.24
4	Rendimiento kg ha^{-1}	4	3922.94	719.12	2877.83	4468.53
5	Rendimiento kg ha^{-1}	4	3804.18	484.24	3244.67	4380.40
6	Rendimiento kg ha^{-1}	4	3972.18	500.25	3255.49	4380.72
7	Rendimiento kg ha^{-1}	4	4138.86	937.05	2887.44	5011.67
8	Rendimiento kg ha^{-1}	4	3890.39	666.59	3277.78	4768.37

Tabla de medias resumen de la variable Proteína (%)

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
1	Proteína %	3	37.10	0.44	36.80	37.60
2	Proteína %	3	38.03	1.15	36.90	39.20
3	Proteína %	3	38.13	0.38	37.70	38.40
4	Proteína %	3	38.47	0.92	37.40	39.00
5	Proteína %	3	38.10	0.98	37.00	38.90
6	Proteína %	3	38.00	1.00	37.00	39.00
7	Proteína %	3	38.30	0.70	37.80	39.10
8	Proteína %	3	38.40	0.66	37.80	39.10



Tabla de medidadas resumen de la variable Materia Grasa (%)

Medidas resumen

Tratamiento	Variable	n	Media	D.E.	Mín	Máx
1	Materia Grasa ‰	3	24.67	0.38	24.40	25.10
2	Materia Grasa ‰	3	23.87	1.19	22.50	24.70
3	Materia Grasa ‰	3	24.30	0.10	24.20	24.40
4	Materia Grasa ‰	3	23.63	0.76	23.10	24.50
5	Materia Grasa ‰	3	23.94	0.70	23.40	24.73
6	Materia Grasa ‰	3	23.80	0.92	23.00	24.80
7	Materia Grasa ‰	3	23.73	0.40	23.30	24.10
8	Materia Grasa ‰	3	23.33	1.24	21.90	24.10

8.1.2 Supuestos

8.1.2.1 Análisis Normalidad

8.1.2.1.1 Shapiro Wilks

Por medio de la prueba de Shapiro Wilks se calcula el P- valor para cada variable, lo que permite determinar si cumple con el principio de normalidad.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Rendimiento kg ha ⁻¹	32	0.00	560.51	0.94	0.1923

Shapiro-Wilks (modificado)

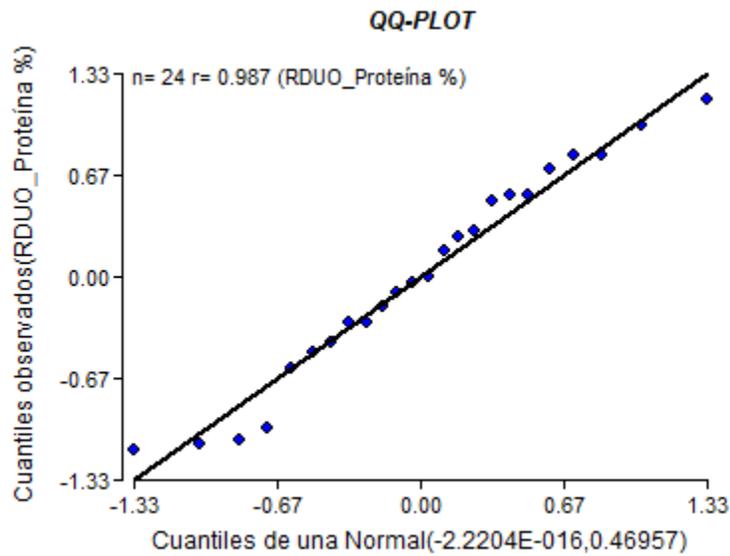
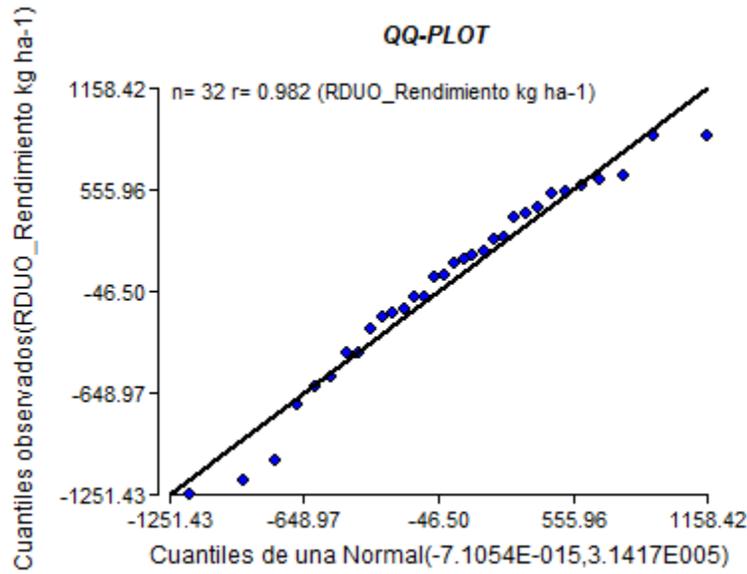
Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Proteína ‰	24	0.00	0.69	0.93	0.2265

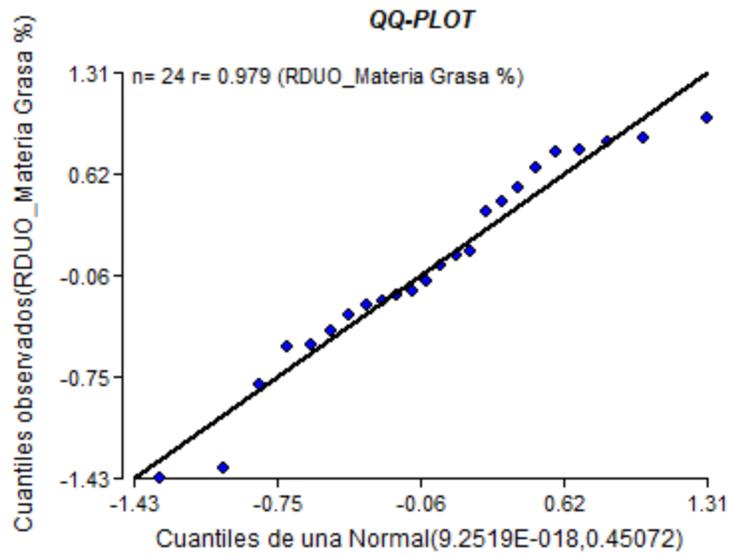
Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
RDUO Materia Grasa ‰	24	0.00	0.67	0.93	0.2308



8.1.2.1.2 QQ-Plot





8.1.2.2 Análisis Homcedasticidad

8.1.2.2.1 Prueba de Levene

Por medio de la prueba de Levene se calcula el P- valor para cada variable, lo que permite determinar si cumple con el principio de homocedasticidad.

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg ha ⁻¹	32	0.03	0.00	16.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	292913.46	7	41844.78	0.10	0.9976
Tratamiento	292913.46	7	41844.78	0.10	0.9976
Error	9739302.73	24	405804.28		
Total	10032216.19	31			



Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia Grasa %	24	0.25	0.00	3.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.54	7	0.51	0.78	0.6128
Tratamiento	3.54	7	0.51	0.78	0.6128
Error	10.37	16	0.65		
Total	13.91	23			

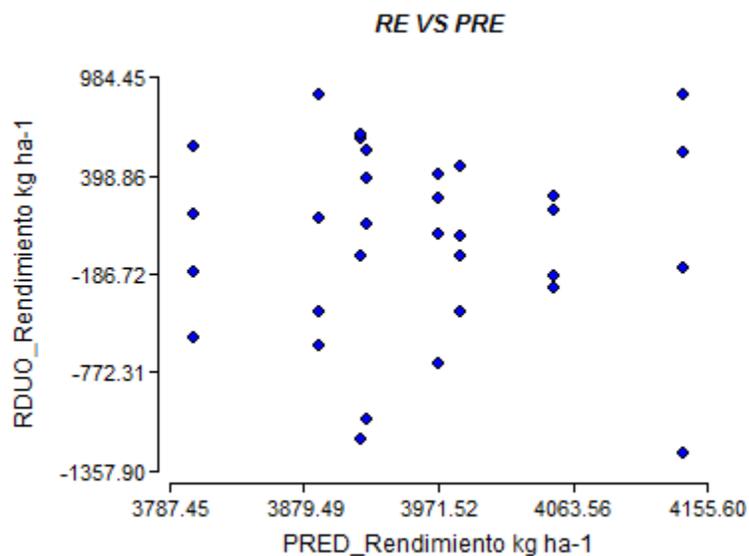
Análisis de la varianza

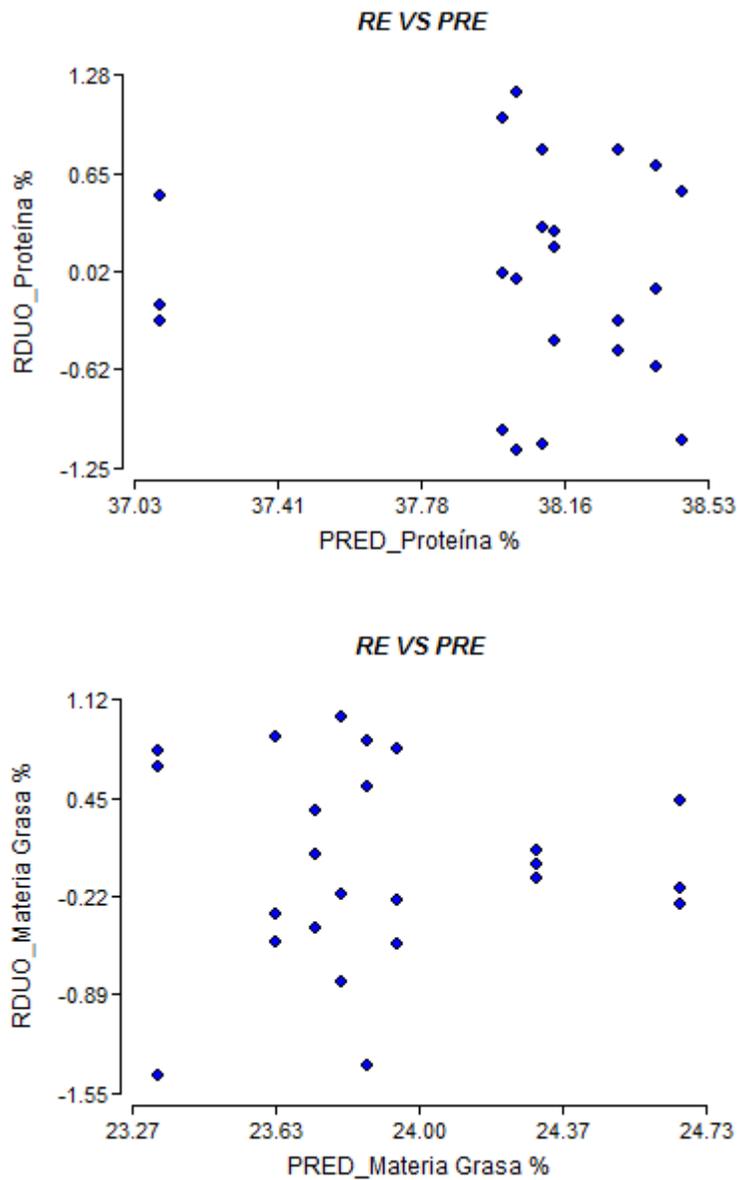
Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína %	24	0.26	0.00	2.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.81	7	0.54	0.81	0.5938
Tratamiento	3.81	7	0.54	0.81	0.5938
Error	10.80	16	0.68		
Total	14.61	23			

7.1.2.2 Gráficos de Dispersión





8.1.3 Análisis de la Varianza y Contrastes

Para cada variable se realizó el análisis de la varianza calculándose el P-Valor, para determinar si había diferencias entre los promedios de los distintos tratamientos.

A su vez, se evaluaron los resultados de los contrastes indicados para determinar si las diferencias entre dos tratamientos fueron estadísticamente significativas.



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Análisis de la varianza y contraste para la variable Rendimiento kg ha⁻¹

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Rendimiento kg ha ⁻¹	32	0.03	0.00	16.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	292913.46	7	41844.78	0.10	0.9976
Tratamiento	292913.46	7	41844.78	0.10	0.9976
Error	9739302.73	24	405804.28		
Total	10032216.19	31			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor
Contraste1	-63.85	450.45	8154.89	1	8154.89	0.02	0.8885
Contraste2	-68.19	450.45	9299.27	1	9299.27	0.02	0.8809
Contraste3	4.71	450.45	44.42	1	44.42	1.1E-04	0.9917
Contraste4	-118.75	450.45	28203.81	1	28203.81	0.07	0.7943
Contraste5	167.99	450.45	56444.14	1	56444.14	0.14	0.7125
Contraste6	220.64	450.45	97366.00	1	97366.00	0.24	0.6287
Contraste7	-27.83	450.45	1549.39	1	1549.39	3.8E-03	0.9512
Contraste8	-159.88	450.45	51120.95	1	51120.95	0.13	0.7257
Total			292913.46	7	41844.78	0.10	0.9976

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8
1	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
2	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	-1.00	-1.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Análisis de la varianza y contraste para la variable Proteína (%)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Proteína %	24	0.26	0.00	2.16

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.81	7	0.54	0.81	0.5938
Tratamiento	3.81	7	0.54	0.81	0.5938
Error	10.80	16	0.68		
Total	14.61	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
	Contraste1	0.93	0.67	1.31	1	1.31	1.94	0.1832
	Contraste2	0.10	0.67	0.02	1	0.02	0.02	0.8834
	Contraste3	0.33	0.67	0.17	1	0.17	0.25	0.6260
	Contraste4	-0.37	0.67	0.20	1	0.20	0.30	0.5922
	Contraste5	-0.10	0.67	0.02	1	0.02	0.02	0.8834
	Contraste6	0.17	0.67	0.04	1	0.04	0.06	0.8069
	Contraste7	0.27	0.67	0.11	1	0.11	0.16	0.6962
	Contraste8	1.30	0.67	2.53	1	2.53	3.76	0.0705
Total				3.81	7	0.54	0.81	0.5938

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8
1	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
2	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	-1.00	-1.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Análisis de la varianza y contraste para la variable Materia Grasa (%)

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Materia Grasa %	24	0.25	0.00	3.37

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	3.54	7	0.51	0.78	0.6128
Tratamiento	3.54	7	0.51	0.78	0.6128
Error	10.37	16	0.65		
Total	13.91	23			

Contrastes

Tratamiento	Contraste	E.E.	SC	gl	CM	F	p-valor	
	Contraste1	-0.80	0.66	0.96	1	0.96	1.48	0.2412
	Contraste2	0.43	0.66	0.28	1	0.28	0.43	0.5191
	Contraste3	-0.67	0.66	0.67	1	0.67	1.03	0.3255
	Contraste4	0.31	0.66	0.14	1	0.14	0.22	0.6435
	Contraste5	-0.14	0.66	0.03	1	0.03	0.05	0.8301
	Contraste6	-0.57	0.66	0.48	1	0.48	0.74	0.4013
	Contraste7	-0.97	0.66	1.40	1	1.40	2.16	0.1607
	Contraste8	-1.33	0.66	2.67	1	2.67	4.12	0.0595
	Total		3.54	7	0.51	0.78	0.6128	

Coefficientes de los contrastes

Tratamiento	Ct.1	Ct.2	Ct.3	Ct.4	Ct.5	Ct.6	Ct.7	Ct.8
1	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.00
2	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	-1.00	-1.00	0.00
4	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	1.00	-1.00	0.00	0.00	0.00
6	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
8	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00



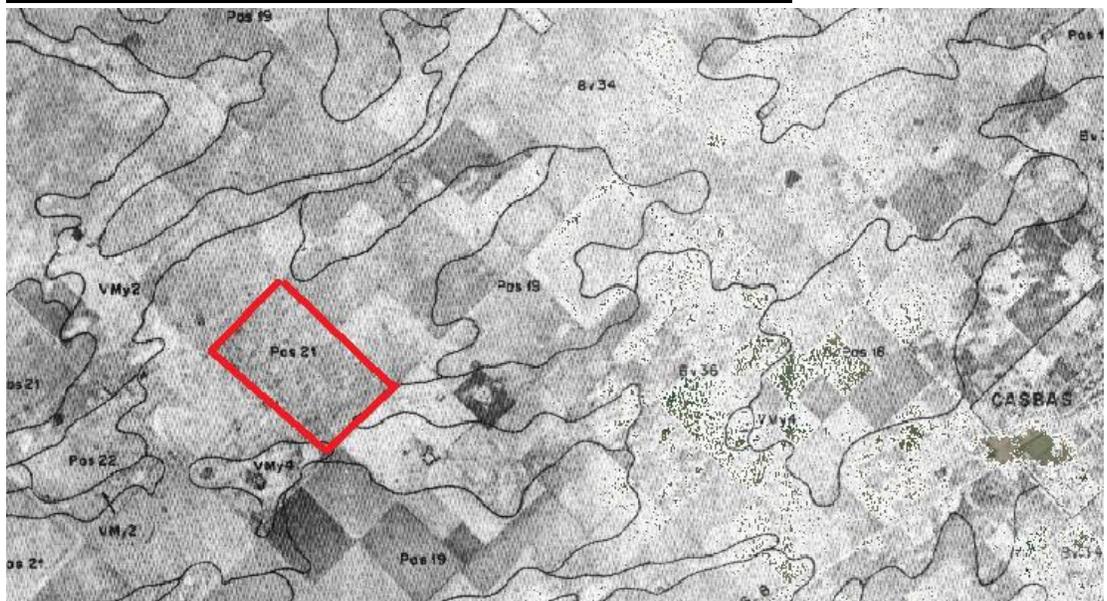
UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

8.2 Resultado del análisis de suelo del sitio experimental

PH	6,4
P Bray (mg kg ⁻¹)	13,3
Nitratos (NO ₃) 0-20 cm (mg kg ⁻¹)	42
N-NO ₃ 0-20 cm (mg kg ⁻¹)	9,2
Nitratos (NO ₃) 20-40 cm (mg kg ⁻¹)	32
N-NO ₃ 20-40 cm (mg kg ⁻¹)	7
N-NO ₃ 0-60 cm (mg kg ⁻¹)	19,7
S extractable 0-20 cm (mg kg ⁻¹)	3,3
S extractable 20-40 cm (mg kg ⁻¹)	1,5
Zn extractable (mg kg ⁻¹)	0,7
<hr/>	
Calcio (Ca) (meq 100 g ⁻¹)	5,2
Magnesio(Mg) (meq 100 g ⁻¹)	1,77
Potasio (K) (meq 100 g ⁻¹)	1,48
sodio(Na) (meq 100 g ⁻¹)	0,66
CIC (meq 100g ⁻¹)	8,2
MO (%)	1,69
CO (%)	0,98

8.3 Unidad cartográfica del lote donde se realizó el ensayo





UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

8.4 Datos Agroclimáticos del Sitio Experimental

8.4.1 Registro Pluviométrico del Sitio Experimental

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
2008	143.6	64	100.8	2	16.6	38.8	12.6	28.4	29	94.2	29.4	84.8	644.2
2009	10	85.2	39.4	24.8	45	1	27	0.8	85.8	21	60	53.2	453.2
2010	52.42	166.6	165.9	15	50.4	12.2	0	7.8	106	54.4	16.8	78.8	726.32
2011	106	5.4	69.8	101	21.2	11.2	13.2	19	4.2	46.4	139	14.6	551
2012	67	132.4	198.6	33	102.8	0.8	0	114.5	61	186.7	128.7	237.1	1262.6
2013	29.8	23.7	96.6	66.8	29.9	0.5	59.5	2.7	56	49.9	85.7	14.8	515.9
2104	68.5	58	62	235	35.4	14.6	57.2	47	52.2	92.4	84.2	35.2	841.7
2015	59.8	96	16.6	103.2	33	2.8	13.2	35.6	42.6	90.8	52.2	136	681.8

8.4.2 Mediaciones Agroclimáticas Diarias Durante el Ciclo del Cultivo

Noviembre.

DIA	TEMP MED °C	TEMP MAX °C	TEMP MIN °C	PREC MM	VEL VIE MIN KM/HA	VEL VIE MAX KM/HA	DIR DOM
5	17.3	25.9	7.3	0	11.7	41.8	NNE
6	19.6	28.3	10.8	0	7.2	40.2	N
7	18.1	22.4	11.4	0	8.9	53.1	SW
8	17.4	23.6	10.2	0	6.1	40.2	SW
9	19.7	29.1	9.8	0	4.7	33.8	SW
10	18.9	25.1	13.7	1	1.9	25.7	E
11	18.5	27.2	12.1	0.2	3.2	54.7	W
12	17.5	23.7	9.6	0	3.1	30.6	SSE
13	18.9	27.9	9.2	0	12.4	37	NNW
14	22.2	31.3	14.1	0	10.1	37	N
15	22.4	31.1	12.8	0	4.5	24.1	SSW
16	22.5	31	13.2	0	4.3	25.7	ENE
17	26.3	35.8	17.5	0	18	53.1	NNE
18	25.1	34.6	15.2	16	18.7	56.3	NNE
19	18.4	24.2	13.4	0.8	6.4	38.6	WSW
20	17.2	23.6	9.6	0	2.6	22.5	ESE
21	15.2	18.5	13.4	4.8	3.5	22.5	ESE
22	18.1	25.4	10	0.2	5.1	27.4	WNW
23	22.8	32.3	14	11.6	14	61.2	N
24	18.3	23.5	12	0	9.2	43.5	SW
25	18.9	27.1	9.6	0	3.2	24.1	N
26	19.3	30.4	12.6	5.2	6.1	33.8	NNW
27	21.6	30.5	11.2	2.4	7.1	35.4	NNE
28	23.2	30.9	16.5	3.8	13	46.7	NNE
29	17.6	22.8	12.7	20	10.8	49.9	SSW
30	14.6	19.8	9.2	0	8.5	38.6	S
VAL. MEDIOS	37.7	27.2	12.0	66	7.9	38.4	N



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Diciembre.

DIA	TEMP MED °C	TEMP MAX °C	TEMP MIN °C	PREC MM	VEL VIE MIN KM/HA	VEL VIE MAX KM/HA	DIR DOM
1	14.9	23.8	5.9	0	1.4	24.1	SSW
2	17.9	26	10.8	0	1.1	19.3	E
3	23.5	35.2	10.7	0	5.6	35.4	NNW
4	25.6	34.1	13.6	0	11.6	40.2	NNE
5	25.9	32.9	18.7	0	18.2	53.1	NNE
6	24.9	34.3	17.3	2	12.1	62.8	NE
7	21.2	28.2	15.8	12.6	7.4	40.2	W
8	23.5	31.9	14.2	0	5.5	38.6	N
9	23.8	32.4	17	0	7.2	40.2	N
10	18.8	24.5	13.4	0	8.5	43.5	SSE
11	18	23.7	12.6	0	11.1	37	N
12	21.1	29.8	10.7	2.4	6	35.4	NNW
13	22.2	29.6	15.3	0.2	4.5	24.1	SSE
14	20.3	28.6	9.8	0	4.8	29	ENE
15	17.3	19.7	15.1	4.8	6.4	35.4	NE
16	21.1	29.7	13.1	0.2	3.9	25.7	NNW
17	22.7	31	15.3	0	5.6	29	ENE
18	24.4	35.3	11.7	0	8.9	38.6	WNW
19	27.1	34.9	19.3	0.2	12.9	46.7	NW
20	19.8	25.1	15.5	0	5.8	40.2	SW
21	17.1	22.4	10.4	0	6.6	37	SW
22	14.4	21.8	5.8	0	4.8	33.8	SW
23	20.7	30.3	7.8	0	19.2	51.5	N
24	23.7	31.6	15.7	0	21.9	54.7	N
25	25.8	34.6	15.6	0	13.5	37	NNE
26	25.2	32.5	17.5	8.2	9.3	59.5	NNE
27	25.3	33.4	16.6	0	4	33.8	NW
28	26.3	35.2	16.2	0	5	27.4	N
29	23.4	28.9	16.6	0	6.6	57.9	N
30	23.1	31.1	14.7	0	6	41.8	SW
31	20.6	29.1	15.6	4.6	6.6	51.5	SW
VAL. MEDIOS	42.6	29.7	13.8	35.2	8.1	39.5	N



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Enero.

DIA	TEMP MED °C	TEMP MAX °C	TEMP MIN °C	PREC MM	VEL VIE MIN KM/HA	VEL VIE MAX KM/HA	DIR DOM
1	16.7	20.7	12.5	0	15.6	54.7	SW
2	17.2	25.6	6.3	0	3.2	35.4	SW
3	19.8	28.1	10.9	0	11.4	51.5	SW
4	18.1	28.3	6.6	0	5.3	29	ENE
5	25.4	37	16.6	35	17.9	77.2	N
6	23.4	29.4	18.6	0.8	4.8	35.4	SW
7	22.5	31.4	12	0	2.4	32.2	NNW
8	24.3	32.1	16.7	0	7.2	27.4	NNE
9	24.8	31.3	18.3	0	6	35.4	S
10	22.8	31.4	12.5	0	6.8	29	N
11	22.7	31.2	13.7	0	6.1	35.4	WSW
12	23.4	32.2	14.2	0	7.7	40.2	SE
13	20.9	26.8	16.6	0	12.9	41.8	NNE
14	23.3	33.7	15.6	0	10.1	41.8	NNE
15	19	26.6	11.4	0	11.9	40.2	NE
16	24.9	34.7	18.7	0	10.1	41.8	NNE
17	20.5	27.9	14.1	0	6.1	32.2	SE
18	23.3	31.3	15.5	0	12.2	38.6	N
19	20.3	24.2	13.8	8	11.3	46.7	SSE
20	16.8	24.9	8.7	0	2.4	19.3	SSE
21	19.6	27.9	10.2	0	7.7	53.1	NNE
22	23	30.1	16.2	0	15.4	48.3	NE
23	23.9	31.8	15.2	0	4.3	24.1	NNE
24	26.7	34.1	18.6	0	10.3	35.4	NNE
25	26.5	33.8	21.1	2.8	2.6	24.1	NE
26	23.4	26.2	20.7	13.2	6.9	45.1	ESE
27	24.7	31.8	17.4	0	3.4	22.5	SW
28	21.3	27.7	17	0	9.3	32.2	SE
29	18.9	26.9	10.3	0	2.7	24.1	ENE
30	20.3	28.1	11.1	0	10	35.4	NE
31	23.1	31.9	15.3	0	13.7	40.2	NE
VAL. MEDIOS	22.0	29.6	14.4	59.8	8.3	37.7	NE



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Febrero.

DIA	TEMP MED °C	TEMP MAX °C	TEMP MIN °C	PREC MM	VEL VIE MIN KM/HA	VEL VIE MAX KM/HA	DIR DOM
1	24.6	32.9	18.2	0	8.9	40.2	NE
2	25.6	32.6	18.2	0	2.1	30.6	NE
3	23.9	32.1	18.8	1.4	6.1	37	ENE
4	23.2	29.8	18.5	30.6	4.8	43.5	NNE
5	24.1	32.8	16.1	6.8	2.9	22.5	NNE
6	26.1	33.4	19.6	0	5.6	30.6	NNE
7	25.8	32.8	19.4	0	1.6	19.3	NE
8	23.5	29.2	17.6	1	7.4	35.4	W
9	19.2	24.6	12.1	0	3.2	29	SW
10	19.3	27.7	10.1	0	8	41.8	WNW
11	22.9	33.3	10.7	0	13.2	48.3	NNW
12	20.9	25.6	12.3	0	9.2	37	SSW
13	17.3	24.3	8.9	0	2.3	19.3	ENE
14	20.3	27.1	12.1	0	8.5	40.2	ENE
15	22.4	29.2	17.2	0	7.1	32.2	ENE
16	22.5	30.7	14.8	0	3.5	27.4	NE
17	23.5	30.1	17.4	8.6	3.1	22.5	NE
18	19.2	22.8	14.7	1	10.6	41.8	SSW
19	15.8	22.2	8.9	0	3.7	24.1	SSW
20	15.6	23.5	6.7	0	1.3	22.5	ESE
21	16.3	24.6	8.1	0	7.9	32.2	NNE
22	20.8	30.8	10.4	0	7.4	29	NNE
23	24.5	33.7	14.8	0	6	27.4	N
24	25.4	35.1	17.4	40.4	9.3	93.3	NNE
25	17.3	21.3	13.6	4.4	13.2	54.7	SSE
26	16.5	22.6	13.2	1.8	0.8	30.6	S
27	19.6	26.9	13.2	0	2.6	22.5	SW
28	18.7	25.2	11.1	0	6.8	32.2	NNE
VAL. MEDIOS	36.8	28.5	14.1	96	6.0	34.5	NNE



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Marzo.

DIA	TEMP MED °C	TEMP MAX °C	TEMP MIN °C	PREC MM	VEL VIE MIN KM/HA	VEL VIE MAX KM/HA	DIR DOM
1	18.4	22.4	14.1	0	6	25.7	NNE
2	23.6	33.1	15	0.2	8.7	29	NNW
3	23.8	30.3	17.9	0	2.4	27.4	W
4	21.8	29.8	15.1	0.2	0.5	14.5	E
5	22.3	30.8	14.6	0	5.3	29	NNE
6	24.2	32.3	16.4	0	10.1	40.2	NNE
7	26.7	34.4	19.3	0	14.3	37	NNE
8	27.2	34.2	20.9	0	5.5	32.2	NNE
9	24.2	30.9	17.7	0	5.3	29	NE
10	24	32.6	16.1	0	5.1	29	NNE
11	25.2	33.8	16.3	0	7.6	35.4	NNE
12	26.5	33.4	19.3	0	14.5	38.6	NNE
13	22.8	27.5	19.6	4.2	4.5	25.7	N
14	19.5	26.2	15	0	4	25.7	SSE
15	18.3	27.7	10.3	0	4.7	32.2	NNE
16	23.3	31.7	15	0	12.9	41.8	NNE
17	25.1	31.2	19.9	0	5.1	29	NE
18	26.1	34.2	19.3	0	9.5	38.6	NNE
19	25.6	32.9	18.4	0	10	35.4	NNE
20	20.1	26.4	11.7	5.6	8.5	53.1	SSW
21	13.3	19.6	6.8	0	5.8	29	SW
22	13.7	21.3	5.3	0	0.5	25.7	SE
23	16.1	24.5	8	0	1.1	25.7	N
24	16.6	22.5	12.4	4.8	0.5	14.5	SE
25	15.1	21.2	9.6	0.2	1.1	20.9	SSE
26	13.3	21.3	4.4	0	0	6.4	WNW
27	15.1	24.4	5.9	0	1.8	22.5	N
28	19.4	28.7	11.2	0	7.2	35.4	N
29	21.3	30.7	12.8	0	1.3	17.7	N
30	16.8	19.8	11.6	1.2	0	0	---
31	15.7	26.2	5.2	0.2	0	0	---
VAL. MEDIOS	36.9	28.3	13.7	16.6	5.3	27.3	NNE



UCA

Facultad de Ciencias Agrarias

Abril.

DIA	TEMP MED °C	TEMP MAX °C	TEMP MIN °C	PREC MM	VEL VIE MIN KM/HA	VEL VIE MAX KM/HA	DIR DOM
1	20.1	31.7	9.2	0	10.6	48.3	NW
2	22.7	33.1	13.8	0	8.9	38.6	N
3	20.4	27.8	14.1	0	7.6	30.6	SW
4	16.6	24.6	7.2	0	2.9	20.9	ESE
5	15.9	21.1	11.6	0	0.5	17.7	SSE
6	12.8	20.3	4.2	0	0	0	---
7	16.4	24.7	8.9	0	0	0	---
8	18.4	26	13	0	0	0	---
9	19.4	29.7	10.1	0	0	0	---
10	19.9	26.7	16	0	0	0	---
11	17.8	24.8	13.2	0	0	0	---
12	20.2	28.8	12.3	0	0	0	---
13	18.6	21.6	17	24	1.8	48.3	NE
14	19.2	25.5	15	0.2	1.4	19.3	SE
15	14.6	16.6	12.8	0	13	40.2	SE
16	15.3	17.1	13.7	29.6	15.9	48.3	ENE
17	11.1	15	6.8	0.4	13.5	59.5	W
18	15.1	25.7	5.8	0	10.5	35.4	WNW
19	15.6	21.8	9.1	0	8.9	38.6	WSW
20	12.1	19.6	7.4	0	4.2	25.7	WSW
21	11.5	21.9	2.6	2.6	0.6	20.9	W
22	13.8	24.2	5.4	0	7.4	32.2	S
23	17	27.6	8.9	0	10.8	35.4	N
24	18.6	27.8	11.2	0	6.6	24.1	N
25	18.6	29.3	10.2	0	6.1	35.4	N
VAL. MEDIOS	28.0	24.5	10.4	56.8	5.2	24.8	N