

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO.
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA.

“Trabajo Final Presentado
para Optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

**FERTILIZACION NITROGENADA Y AZUFRADA EN ALCIRA
GIGENA EN EL CULTIVO DE SOJA (*Glycine max* L Merrill).**

Raschetti, Cristian.

28334691.

Ing.Agr.Cerioni, Guillermo.

Ing.Agr. Marcellino, José.

Río Cuarto-Córdoba.

Agosto/2009.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA**

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final: FERTILIZACION NITROGENADA Y AZUFRADA EN ALCIRA
GIGENA EN EL CULTIVO DE SOJA (Glycine max L Merrill).**

Autor: Raschetti, Cristian.

DNI: 28334691

Director: Cerioni, Guillermo.

Co-Director: Marcellino, José.

Aprobado y corregido de acuerdo con las sugerencias del Jurado Evaluador:

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

DEDICATORIAS

A mis padres Luís María y Doris; a mis hermanos, Ramiro y Julián y a mis abuelos, Julio, Nelia y Dora.

AGRADECIMIENTOS

- . A la familia que siempre creyó y estuvo en las buenas y en las malas.
- . A mis tíos Denis y Ronald que me transmitieron la pasión por el campo.
- . A Marcos, Álvaro, Gustavo, Fabricio, Alberto, Marian y Carolina, por compartir tantas horas.
- . A Hernán, Fabricio y Jota, que siempre estuvieron cuando se los necesitó.
- . A mi director y co-director de tesis que me dedicaron de su tiempo para llegar hasta acá.
- . A todas las personas que de una manera u otra formaron parte de este proyecto, y que desde su lugar aportaron algo.
- . A mi patria, por darme la oportunidad de formarme ética y profesionalmente, con calidad y gratuitamente.

ÍNDICE DE TEXTO

	Pag.
Certificado de Aprobación-----	I
Dedicatorias-----	II
Agradecimientos-----	III
Indice de texto-----	IV
Indice de figuras-----	V
Resumen-----	VI
Summary-----	VII
I Introducción y antecedentes-----	1
1.1. Hipótesis-----	6
1.2. Objetivos Generales-----	6
1.3. Objetivos Específicos-----	6
II Materiales y métodos-----	7
III Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo-----	8
IV Resultados y discusión-----	9
4.1. Número de plantas por superficie-----	9
4.2. Altura de plantas a cosecha-----	10
4.3. Vainas por planta-----	11
4.4. Granos por planta -----	13
4.5. Granos por vaina -----	15
4.6. Peso de 1000 semillas -----	16
4.7. Rendimiento -----	17
V Conclusiones -----	19
VI Bibliografía -----	20
Anexo-----	22

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura N°1: Distribución de las precipitaciones en el barbecho previo a la siembra y durante el ciclo del cultivo.-----	8
Figura N° 2: Promedio de las temperaturas mínimas, medias y máximas en el barbecho previo a la siembra y durante el ciclo del cultivo.-----	8
Figura N° 3: Número de plantas/m ² para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	9
Figura N° 4: Altura de plantas a cosecha para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	11
Figura N° 5: Número de vainas por planta para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	12
Figura N° 6: Número de granos por planta para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	13
Figura N° 7: Número de granos por vaina para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	15
Figura N° 8: Peso de 1000 semillas para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	16
Figura N° 9: Rendimiento de un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra.-----	17

RESUMEN

El ensayo se realizó en el ciclo 2005/06 en el campo “La Ramonita”, ubicado al este de la localidad de Alcira Gigena, Departamento Río Cuarto, Provincia de Córdoba (Argentina). El sitio de ensayo estaba ubicado a 33° 07' 320'' latitud Sur; 64° 20' 938'' longitud Oeste y a 488 m.s.m. El objetivo fue evaluar los efectos de la fertilización nitrogenada y azufrada sobre los componentes del rendimiento, en una variedad comercial de soja Nidera A 4005, a la cual se le aplicaron 50 kg/ha de sulfato de amonio, al momento de la siembra.

El diseño utilizado correspondió a bloques completamente aleatorizados, con tres repeticiones por cada tratamiento. La fertilización aumentó el número de vainas y granos por planta, y no disminuyó el stand de plantas. El peso de 1000 semillas no se modificó con la fertilización. La fertilización nitrogenada y azufrada incrementó el rendimiento del cultivo de soja.

Palabras claves: Soja, fertilización nitrogenada y azufrada, componentes del rendimiento.

SUMMARY

The trial was conducted in the field "La Ramonita," located east of the town of Alcira Gigena, Department of Río Cuarto, Province of Córdoba (Argentina). Plots were located at 33° 07' 320'' South latitude; 64° 20' 938'' West length, and at level of 488 meters over seas. The objective was to evaluate the effects of nitrogen and sulfur on the yield components in a variety of commercial soybean Nidera A 4005. Plots were fertilized at the planting time with 50 kg / ha of ammonium sulphate.

Statistical design was of three repetitions in a random sample distribution. Fertilizer increased de number of pods and the number of seeds by plant. Fertilizer did not affect the number of plants by hectare. Weight of 1000 seeds was not modified by fertilizer. Nitrogen and sulfur fertilizer increased de soybean yield.

Key words: soybeans, nitrogen fertilizer, sulfur fertilizer, yield components.

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Más de 95% de la producción mundial de soja se concentra en cuatro países, Argentina, Brasil, Estados Unidos y China (USDA, 2008), registrándose en nuestro país un fuerte aumento del área sembrada en los últimos dieciocho años, pasando de 4.966.600 has. en 1990 a 16.596.025 en 2007/2008. El área pampeana es donde se registró la mayor expansión del cultivo, pero también se incorporaron nuevas zonas, como el chaco salteño, en el cual el hombre avanzó sobre el monte, convirtiéndolo en zonas productivas, y zonas que eran predominantemente ganaderas, al día de hoy presentan un perfil netamente agrícola, desplazando a la actividad ganadera. Los rendimientos promedios de Argentina aumentaron de 2187 kg/ha en 1990 a 2822 kg/ha en la campaña 2007/2008, debiéndose este aumento al mejoramiento genético y a la implementación de prácticas de manejo del suelo y del cultivo (SAGPYA, 2009).

En general, la producción agrícola mundial está creciendo e intensificándose como consecuencia, principalmente, de un marcado incremento en el uso de insumos y de mejores materiales genéticos. Es de esperar que este proceso continúe en zonas de buena aptitud agrícola durante los próximos años. Esto se debe a un número de factores técnicos, sociales, y económicos que convergen para justificar esta tendencia. Entre ellos se encuentran el aumento de la demanda en cantidad y calidad de alimentos y fibra; la posible caída de barreras al comercio internacional de productos agropecuarios; el crecimiento de la oferta tecnológica y el aumento general de precios que registran los commodities (Andrade *et al.*, 2002).

El productor argentino, sobre todo el de la llanura pampeana, ha adoptado y seguirá adoptando tecnología de producción debido, entre otros motivos, a que necesita mejorar sus rendimientos para mantenerse competitivo. Esto se refleja en el fuerte incremento del consumo de fertilizantes, de agroquímicos y de cultivares mejorados, observado en el país durante la última década. Pero para ser sostenible y competitivo, no basta con tener sólo la tecnología; la ecofisiología del cultivo constituye una variable muy importante, el conocimiento de los procesos y mecanismos determinantes del crecimiento y del rendimiento de los cultivos en un ambiente determinado, es necesario para aumentar la producción de manera sostenible, ya que orienta al productor en la elección de las prácticas de manejo más apropiadas, brinda información para un manejo eficiente y adecuado de los insumos, y guía al mejorador en la selección de genotipos de mayor potencial de rendimiento y más adaptados al ambiente. Por lo tanto, la intensificación de la producción no solo consiste en aumentar el uso de insumos, sino que incluye también la profundización del conocimiento del cultivo.

Actualmente, el cultivo de soja ocupa una amplia zona ecológica que se extiende desde los 23° (en el extremo norte del país) a los 39° de latitud sur, concentrándose principalmente en

la Región Pampeana, con cerca del 94% de la superficie sembrada y el 95% de la producción total del país. Santa Fe, Córdoba y Buenos Aires representan las provincias de dicha región con mayor producción por área sembrada y magnitud de rendimientos (SAGPYA, 2009).

El rendimiento de soja es el resultado de proceso y cambios que ocurren en las plantas desde el momento de la siembra a la cosecha. Estos cambios incluyen la generación y aparición de los órganos encargados de capturar y transportar los recursos (hojas, tallos y raíces y los que conducen a la generación de las semillas (flores y vainas) Kantolic *et al* (2003). El número de plantas es el primer componente del rendimiento y se define al comienzo del cultivo, esta variable tiene bajo impacto en el rendimiento debido a que soja tiene una alta capacidad de compensar las variaciones a través de modificaciones en el número de ramificaciones, por lo que ante eventuales problemas en la implantación, esta falencia puede ser compensada por estos mecanismos. En condiciones de buena disponibilidad hídrica o nutricional, esta característica le confiere la posibilidad de mantener la captación de radiación elevada aún ante reducciones en el stand de plantas, dando como resultado una respuesta a la densidad de tipo asintótica (Satorre *et al* 2004). Kantolic *et al* (2003) sostienen que bajo un amplio rango de condiciones agronómicas el número de plantas establecidas por unidad de superficie tiene un efecto neutro sobre el número de granos y sobre el rendimiento, ya que el cambio en la densidad es compensado por cambios en la cantidad de nudos o en la fertilidad de los mismos.

El número de vainas por planta es el resultado de los fenómenos de generación y mortandad de los frutos (Kantolic *et al*, 2003). La generación incluye la iniciación de primordios florales, su posterior desarrollo y crecimiento hasta su transformación en estructuras florales maduras, la fecundación y el cuaje. La soja, produce muchos más primordios florales de los que puede fijar; cada racimo puede tener hasta 30 flores, pero menos del 50 % llegan a producir vainas, aún bajo condiciones ambientales favorables. El aborto puede ocurrir en cualquier momento desde la iniciación floral, durante el desarrollo de primordios hasta después de la fecundación, siendo el estado previo al alargamiento de las vainas el más crítico para la supervivencia de los órganos reproductivos jóvenes. Si bien las causas del aborto no están del todo claras, se sabe que la disminución del flujo diario de fotoasimilados desde las hojas hacia los órganos reproductivos es una de las principales causas de mortandad de flores y frutos jóvenes (Kantolic *et al* 2003).

Pergolini (2005) en un estudio realizado en Vicuña Mackenna sobre soja de segunda, encontró un mayor número de vainas por metro cuadrado, en tratamientos donde se aplicó 85 kg. de N y 20 kg. de S, en comparación con un testigo sin fertilizar y otro tratamiento de 85 kg. de N; no realizando ninguna conclusión sobre cuáles pudieron ser las causantes de estas

diferencias en el número de vainas por metro cuadrado; por otra parte, Punos (2005) en ensayos realizados en la provincia de Chaco, utilizando fertilizantes nitrogenados y azufrados, reportó que el testigo, sin fertilización, tuvo hasta 10 vainas más por planta que el cultivo tratado.

Kantolic *et al* (2001), aseguran que durante el período crítico se maximiza la producción de órganos reproductivos y se define la supervivencia de los mismo, ésta es la principal válvula de ajuste del número de granos y se encuentra íntimamente asociada a la disponibilidad de asimilados, por lo cual cada vaina que se produce requiere asimilados para sobrevivir y compite por ellos con las restantes vainas. Esto permite inferir que los procesos asociados a la determinación del número de granos está mayormente limitado por fuente y no por la cantidad de destinos iniciados; en este sentido, el cultivo fertilizado posee dos ventajas comparativas con respecto al testigo, ya que se incrementa el área foliar, optimizando la captación de recursos, y como consecuencia genera mas fuentes; mientras que los nutrientes que aporta el fertilizante, son almacenados y posteriormente puestos a disponibilidad constituyendo otra fuente que contribuye al aumento del rendimiento. Satorre *et al* (2004), agregan que será diferente el impacto que tendrá sobre el rendimiento, dependiendo del momento del ciclo del cultivo en el que se produzca esta disponibilidad. Como consecuencia de la competencia por fotoasimilados entre los órganos cosechables y los órganos vegetativos, que se produce alrededor del período de floración, la cual influye sobre la supervivencia y o el grado de desarrollo floral, se acepta que es en ésta etapa en la que queda definido el número de granos a madurez. Este mismo autor afirma que la disponibilidad de nitrógeno puede regular el número de granos por m² a través de su influencia sobre la tasa de crecimiento del cultivo, vía los efectos de este sobre la intercepción y eficiencia de uso de la radiación; y la absorción de nitrógeno, a su vez, está altamente regulada por el crecimiento del cultivo. A partir de esto se concluye que para incrementar el número de granos, es necesario reducir al máximo las restricciones por fuente que puedan producirse durante el período crítico; para lograr esto, no sólo basta con ajustar las dosis de fertilizante, hay que tener en cuenta la correcta elección de variedades y el ajuste de las fechas de siembra, a fin de no dejar al cultivo expuesto a condiciones ambientales desfavorables durante el período crítico.

Según Kantolic *et al* (2003), el número de vainas tiene un alto grado de control genético. El rendimiento potencial de una variedad, no está directamente ligado a la proporción de vainas con tres lóculos que posea, ya que uno o más de los granos de la vaina pueden abortar antes de ingresar en su fase de llenado efectivo, modificando el número de granos logrado por vaina. El aborto de los granos es mucho menor que el de las vainas y, generalmente no tiene una magnitud tal que deprima significativamente el rendimiento, salvo en aquellos

casos en que los abortos se produzcan como consecuencia de ataques intensos de plagas o enfermedades

En un ensayo realizado en la localidad de San Carlos de Bolívar, Cattáneo (2006) no encontró diferencias estadísticas significativas en el peso de 1000 semillas, entre un testigo sin fertilizar y otro tratado con fertilizantes nitrogenados y azufrados. Por otro lado, Punos (2005) y Pergolini (2005), si encontraron diferencias estadísticas significativas para esta variable, presentando el cultivo tratado mayor peso de mil granos con respecto al cultivo sin tratar.

Una buena nutrición mineral es necesaria para que los cultivos alcancen un óptimo crecimiento y altos rendimientos. Los nutrientes del suelo son generalmente limitantes para la productividad de los cultivos, de modo que el conocimiento de sus requerimientos y de sus dinámicas de acumulación, son claves para acceder a altos rendimientos con un uso eficiente de insumos. Andrade *et al* (2002).

La principal fuente de nitrógeno (N) y azufre (S) para los cultivos es la materia orgánica del suelo. A través de la proteólisis y la amonificación se genera amonio, nitratos y sulfatos, que son absorbidos y asimilados por las plantas.

En general, el amonio está presente en el suelo en cantidades mucho menores que el nitrato y está ligado al complejo de intercambio catiónico. Se absorbe a través de mecanismos pasivos sin gasto de energía (Luttge *et al* citado por Andrade *et al* (2002). En la planta no necesita ser reducido y es rápidamente incorporado a aminos y amidas dado que no puede ser almacenado por ser tóxico para las células.

Los nitratos, como los sulfatos, llegan a las raíces de las plantas por flujo masal (transporte en la solución del suelo), por lo que a mayor contenido de agua en el suelo, concentración del nutriente en la solución y tasa transpiratoria de la planta, mayor es la absorción de estos aniones. La absorción se realiza contra un gradiente electroquímico, implicando por lo tanto, un gasto de energía metabólica. Una vez absorbidos, los aniones son reducidos en la raíz y/o en las hojas e incorporados en compuestos orgánicos con gasto de energía .Andrade *et al* (2002).

En cuanto al nitrógeno, dada su alta demanda (80 kg/tn de grano) (García.2007) es el elemento que en mayor magnitud restringe el logro de cultivos de soja de alta producción. Las deficiencias nitrogenadas se manifiestan por marcadas reducciones en el crecimiento y amarillamiento de las plantas con la aparición de los primeros síntomas en las hojas inferiores (hojas viejas).

La soja logra proveerse de nitrógeno a través de dos mecanismos, absorción desde el suelo y fijación biológica en simbiosis con rizobios. Entre el 25 y el 75 % de los requerimientos nitrogenados, son cubiertos a través de la fijación biológica, mecanismo que es energéticamente costoso para la planta (6-12 g de carbohidratos por cada gramo de N fijado)

por lo que es común observar estrechas relaciones entre el crecimiento del cultivo y la fijación biológica. Por lo tanto, factores que restrinjan el crecimiento limitarán la fijación biológica del N y reducirán la eficiencia de este proceso. En general, este proceso comienza 30 días después de la siembra, aumenta hasta alcanzar un máximo durante el período reproductivo e inicio del llenado de los granos y disminuye a partir del estadio R5. Los requerimientos de nitrógeno hasta 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 los granos. La ocurrencia de limitantes de índole ambiental y de nutrición química que afecten al normal desarrollo del cultivo, afectarán también la tasa de acumulación de nitrógeno, por lo que variaciones en la cantidad de nitrógeno fijado se deben a la ocurrencia de factores que afectan a este proceso, como temperaturas extremas, sequías, anaerobiosis en condiciones de excesos hídricos o compactación y presencia de altos contenidos de nitrógeno en el suelo (Fertilizar, 2005).

En los últimos años, con una agricultura más intensa, que por ende ha sido más extractiva, han comenzado a manifestarse síntomas de deficiencia azufre. Debemos recordar que este elemento disponible en el suelo para las plantas en más del 90 % deriva de la mineralización de la materia orgánica, la cual en la última centuria ha disminuido considerablemente. Al respecto, Martínez (1998), ha cuantificado esta disminución para los suelos Argiudoles típicos en 140 % en los últimos 100 años.

El azufre (S) es requerido a razón de unos 7 kg/tn de grano (Fertilizar, 2005) y se calcula, para una soja de 5000 kg/ha., un índice de cosecha del 70 % (García.2007). El metabolismo de nitrógeno y azufre están vinculados, por lo que deficiencias de azufre, disminuyen la asimilación de nitrógeno de las hojas. Los síntomas de deficiencia son similares a los de nitrógeno (hojas amarillentas) pero con la diferencia de detectarse en las hojas superiores, en formación o nuevas, y no en las hojas inferiores o viejas (Fertilizar, 2005).

Las deficiencias de azufre son cada vez más generalizadas y reiteradas en suelos con tenores de materia orgánica inferiores al 2 %, en los de textura arenosa o francas con elevada historia agrícola sin el agregado de este elemento y donde se logró optimizar el agregado de N y P. Por lo tanto se recomienda su corrección empleando fuentes azufradas directamente en el cultivo de soja o en los cultivos previos que integran las secuencias o rotaciones, dada la residualidad encontrada (Fertilizar, 2005).

La necesidad de fertilización con azufre podría determinarse según los análisis del contenido de S-SO₄ en los suelos. García (2007) recomienda el agregado de azufre en lotes con niveles extractables de S-SO₄ inferiores a 10 ppm o si se han encontrado deficiencias generalizadas en la región.

Para la región pampeana, la oferta de S del suelo, generalmente supera a la demanda por parte de los cultivos, no obstante, el aumento en los niveles de rendimiento de los cultivos y

la falta de reposición de los nutrientes exportados hacen que cada vez sea más frecuente encontrar respuestas al agregado de azufre.

1.1. HIPÓTESIS

- La aplicación de fertilizante nitrogenado y azufrado, incrementa el rendimiento del cultivo de soja en los suelos de Alcira Gigena.

1.2. OBJETIVOS GENERALES

- Evaluar los efectos de la fertilización nitrogenada y azufrada sobre los rendimientos, en una variedad comercial de soja (Nidera A4505) en Alcira Gigena.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar que componentes del rendimiento, en el cultivo de soja, presentan mayor sensibilidad a la fertilización nitrogenada y azufrada.

II. MATERIALES Y MÉTODOS.

La experiencia se llevó a cabo en el establecimiento “La Ramonita” ubicado a 12 km. al este de la localidad de Alcira Gigena, departamento Río Cuarto, provincia de Córdoba durante el ciclo agrícola 2005/2006.

El diseño experimental que se utilizó, correspondió a bloques al azar, completamente aleatorizados con tres repeticiones por cada tratamiento.

Cada parcela tuvo una superficie de 450 m² (9 m de ancho x 50 m de largo).

La variedad seleccionada para llevar a cabo dicha experiencia fue Nidera A4505, perteneciente al grupo de madurez IV, sembrada el 15/11/05 con una distancia entre hileras de 52 cm y 23 semillas por metro lineal.

La siembra se realizó con una sembradora Gerardi de 8 cuerpos, adaptada para realizar fertilización al costado de la línea de siembra.

Al momento de la siembra se dejaron tres parcelas sin fertilizar, que se utilizaron como testigo, mientras que las otras tres restantes fueron fertilizadas con sulfato de amonio Nidera® (21-00-00-24S), a razón de 50 kg/ha, aplicados al costado de la línea de siembra. Al momento de la siembra se realizó un análisis de suelo, los resultados del mismo se muestran en el anexo.

Durante el período entre la siembra y la cosecha, se tomaron los datos de precipitaciones ocurridas en el establecimiento.

A madurez de cosecha (R8) dentro de cada parcela se tomaron 5 muestras representativas de 1 m² cada una y se realizaron las siguientes determinaciones:

- Plantas/m²
- Altura de las plantas (cm).
- Vainas/Planta
- Granos/Planta.
- Granos/vaina.
- Peso de 1000 semillas.
- Rendimiento.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante ANOVA y las medias comparadas según el test de Duncan (P= 0.05), con el programa estadístico INFOSTAT.

II.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO.

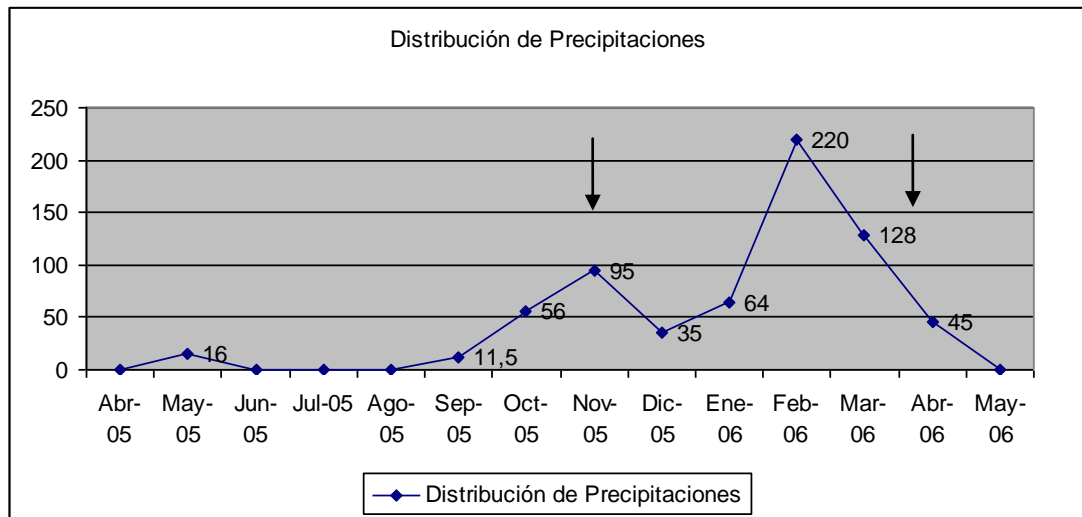


Figura N° 1: Distribución de las precipitaciones en el barbecho previo a la siembra y durante el ciclo del cultivo. Flechas indican siembra y R8.

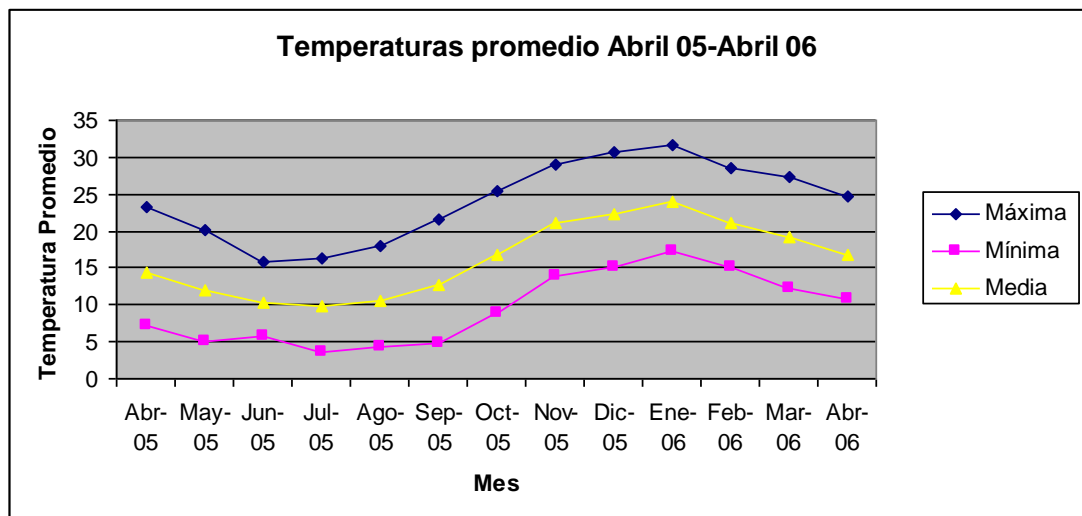


Figura N° 2: Promedio de las temperaturas mínimas, medias y máximas en el barbecho previo a la siembra y durante el ciclo del cultivo.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. NÚMERO DE PLANTAS POR SUPERFICIE

El número de plantas por metro cuadrado no tuvo diferencias estadísticas significativas ($p= 0,3803$) entre los tratamientos. En la figura N° 3 se observa la poca diferencia que hubo entre los tratamientos. El testigo tuvo 29 plantas/m², mientras que en el cultivo tratado 31 plantas/m².

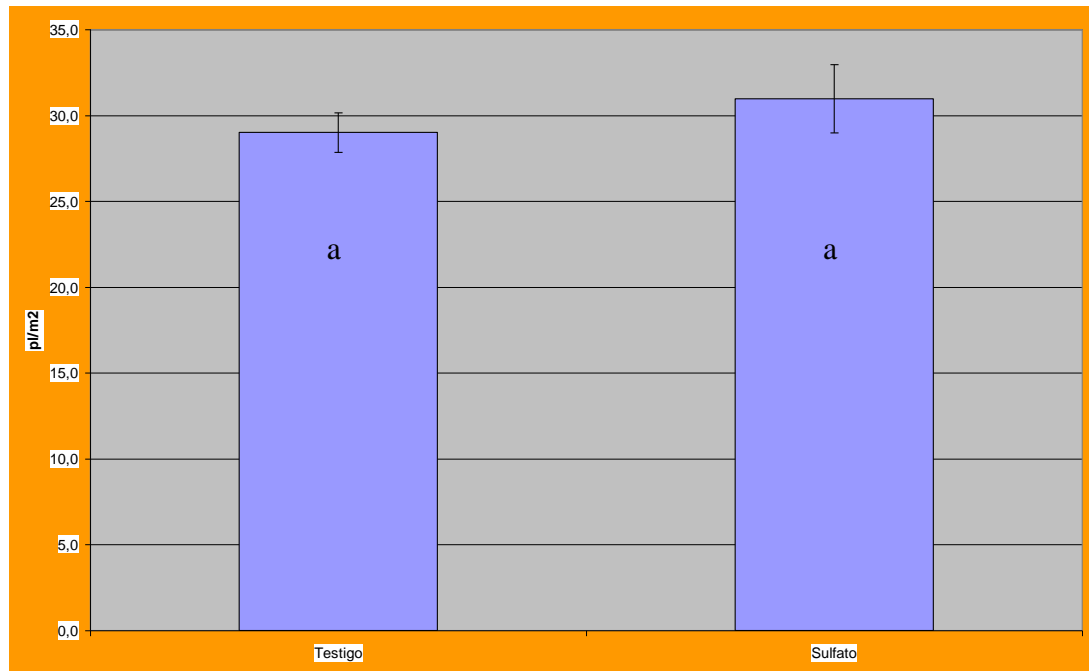


Figura N° 3: Número de plantas/m² para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras iguales indican que no se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

El número de plantas por unidad de superficie está directamente ligado, en primer lugar, con una decisión agronómica, que es la de fijar la cantidad de semillas por metro lineal que van a sembrarse, una vez tomada esta decisión, la correcta regulación de la maquinaria utilizada y una cama de siembra que brinde condiciones para que se establezca el contacto suelo-semilla son imprescindibles, entendiéndose como condiciones ideales la humedad, temperatura, oxígeno, ausencia de impedimentos físicos, insectos y enfermedades.

Al momento de la siembra, la cama presentó condiciones de humedad y temperatura adecuadas para la germinación del cultivo, al tiempo que no se registraron impedimentos físicos que pudieran dificultar la emergencia de las plántulas.

Según Satorre *et al* (2004) el cultivo de soja tiene una alta capacidad de compensar las variaciones en el número de plantas a través de modificaciones en el número de ramificaciones, por lo que ante eventuales problemas en la implantación, esta falencia puede ser compensada por estos mecanismos. En condiciones de buena disponibilidad hídrica o nutricional, esta característica le confiere la posibilidad de mantener la captación de radiación elevada aún ante reducciones en el stand de plantas, dando como resultado una respuesta a la densidad de tipo asintótica.

Al comparar los resultados de la variable plantas por unidad de superficie, este estudio mostró que no hubo diferencias entre el cultivo fertilizado y el testigo, indicando que los fertilizantes de base nitrogenada y azufrada, no tuvieron influencia en esta variable.

Rovera (2006) encontró en un estudio en la misma zona del presente una disminución en el número de plantas cuando aplicó Fosfato diamónico en la línea de siembra. Según Martínez (citado por Rovera 2006) indica que en soja no se debería poner fertilizante junto a la semilla porque no sólo afectaría a esta sino también a las bacterias del inoculante.

Kantolic *et al* (2003) sostienen que bajo un amplio rango de condiciones agronómicas el número de plantas establecidas por unidad de superficie tiene un efecto neutro sobre el número de granos y sobre el rendimiento, ya que el cambio en la densidad es compensado por cambios en la cantidad de nudos o en la fertilidad de los mismos.

3.2. ALTURA DE PLANTAS A COSECHA

La altura de las plantas a cosecha no registró diferencias estadísticas significativas ($p= 0,7389$) entre los tratamientos. En la figura N° 4 se puede observar que la diferencia de altura de las plantas entre ambos tratamientos es muy pequeña, siendo el cultivo tratado, en promedio 1,2 cm más alto que el testigo.

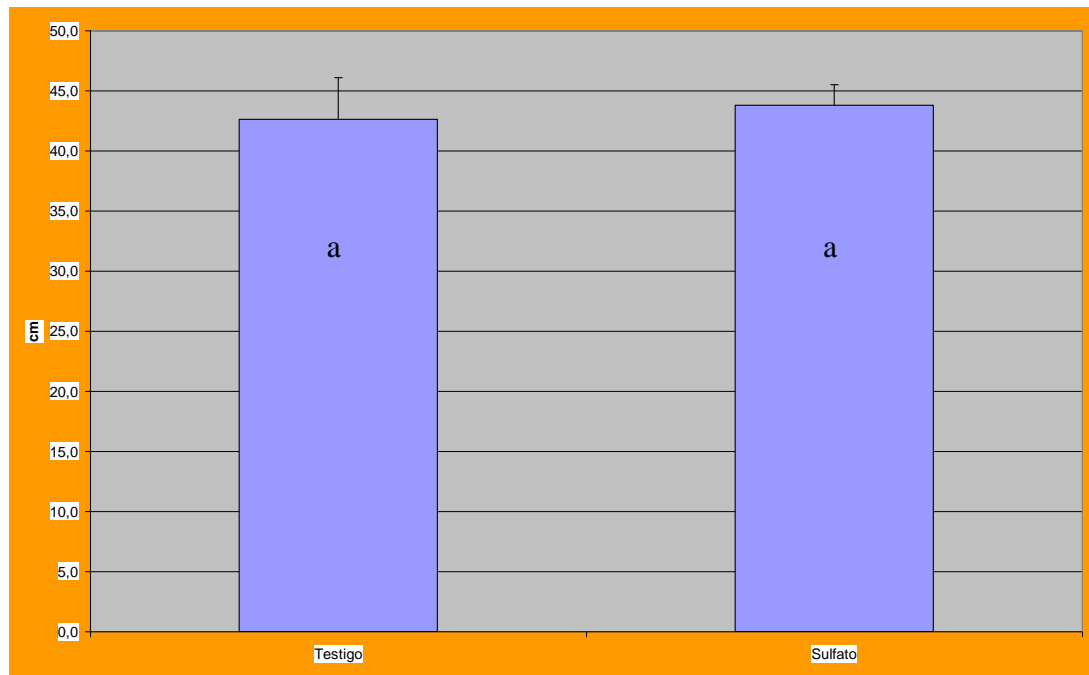


Figura N° 4: Altura de plantas a cosecha para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras iguales indican que no se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

Cattáneo (2006) encontró diferencias de altura entre plantas tratadas con fertilizantes nitrogenados y azufrados, con respecto a testigos sin fertilizar, en un ensayo llevado a cabo por la EEA INTA Bordenave, en la localidad de San Carlos de Bolívar; en tanto que Punos (2005) en ensayos realizados en la provincia de Chaco, utilizando fertilizantes nitrogenados y azufrados, reporta que el testigo midió hasta 5 cm más que el cultivo tratado.

3.3. VAINAS POR PLANTA

El número de vainas/planta registró diferencias estadísticas significativas ($p= 0,0235$) entre los tratamientos. En la figura N° 5 se puede observar la diferencia que hubo en esta variable. El cultivo fertilizado registró un número superior de vainas por planta (27,6 versus el testigo, 16,7 vainas/planta).

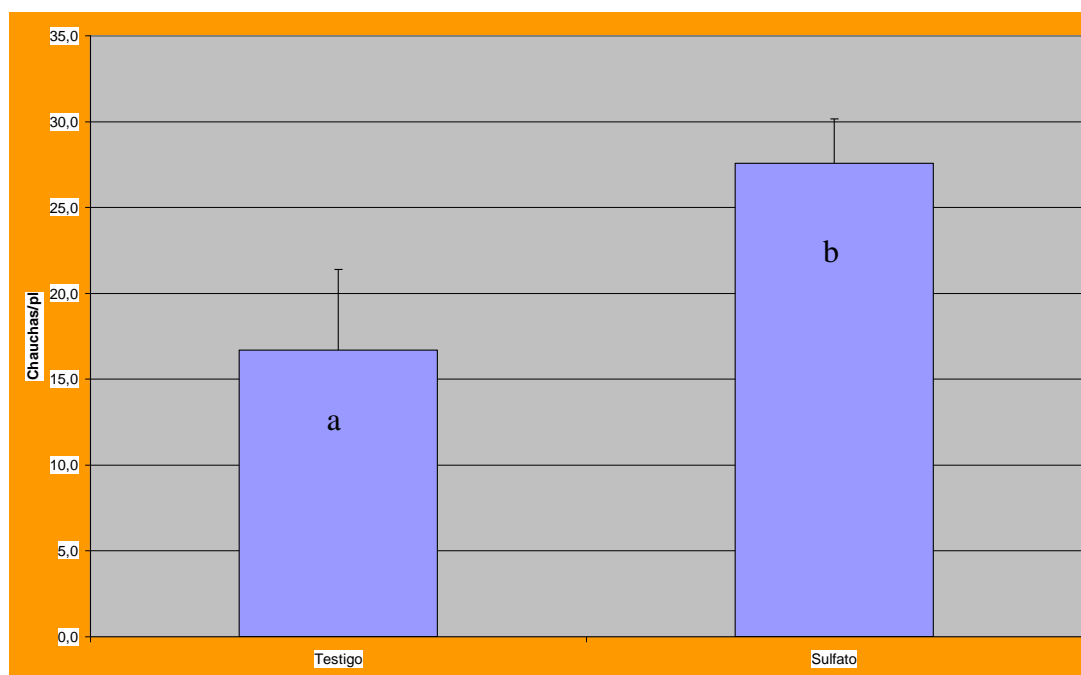


Figura N° 5: Número de vainas por planta para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras distintas indican que se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

El número de vainas por planta es el resultado de los fenómenos de generación y mortandad de los frutos. La generación incluye la iniciación de primordios florales, su posterior desarrollo y crecimiento hasta su transformación en estructuras florales maduras, la fecundación y el cuaje. La soja, produce muchos más primordios florales de los que puede fijar; cada racimo puede tener hasta 30 flores, pero menos del 50 % llegan a producir vainas, aún bajo condiciones ambientales favorables. El aborto puede ocurrir en cualquier momento desde la iniciación floral, durante el desarrollo de primordios hasta después de la fecundación, siendo el estado previo al alargamiento de las vainas el más crítico para la supervivencia de los órganos reproductivos jóvenes. Kantolic *et al* (2003).

Si bien las causas del aborto no están del todo claras, se sabe que la disminución del flujo diario de fotoasimilados desde las hojas hacia los órganos reproductivos es una de las principales causas de mortandad de flores y frutos jóvenes (Kantolic *et al* 2003), como complemento de esto, Andrade *et al* (2002) afirman que el crecimiento reproductivo de la soja es altamente demandante en nitrógeno, requiriendo 20 mg de N por cada gramo de asimilados que fluye hacia las estructuras reproductivas, por lo que se puede concluir que cuando se restringe el ritmo de fotosíntesis y la tasa de crecimiento del cultivo por deficiencias minerales, como ocurre con el testigo, aumenta el aborto de flores y la abscisión de frutos, disminuyendo el número de vainas por nudo.

Otro factor que tiene incidencia en el número final de vainas es el estrés hídrico que transitó el cultivo durante el comienzo de su etapa reproductiva, siendo un año en que las precipitaciones escasearon de manera importante.

Pergolini (2005) encontró en un estudio realizado en Vicuña Mackenna sobre soja de segunda, un mayor número de vainas por metro cuadrado, en tratamientos donde se aplicó 85 kg. de N y 20 kg. de S, en comparación con un testigo sin fertilizar y otro tratamiento de 85 kg. de N; aunque no realizó ninguna conclusión acerca de las causantes de estas diferencias en el número de vainas por metro cuadrado; por otra parte, Punos (2005) en ensayos realizados en la provincia de Chaco, utilizando fertilizantes nitrogenados y azufrados, reportó que el testigo, sin fertilización, tuvo hasta 10 vainas más por planta que el cultivo tratado.

3.4. GRANOS POR PLANTA

Para este componente del rendimiento si se observaron diferencias estadísticas significativas ($p= 0,0352$) al comparar los tratamientos. La figura N° 6 denota claramente la amplia diferencia que hay para la variable granos por planta. En el cultivo fertilizado se contabilizaron 64,8 granos por planta, mientras que el testigo tuvo 47,7 granos por planta, siendo la diferencia de 17,1 granos por planta, a favor del cultivo fertilizado.

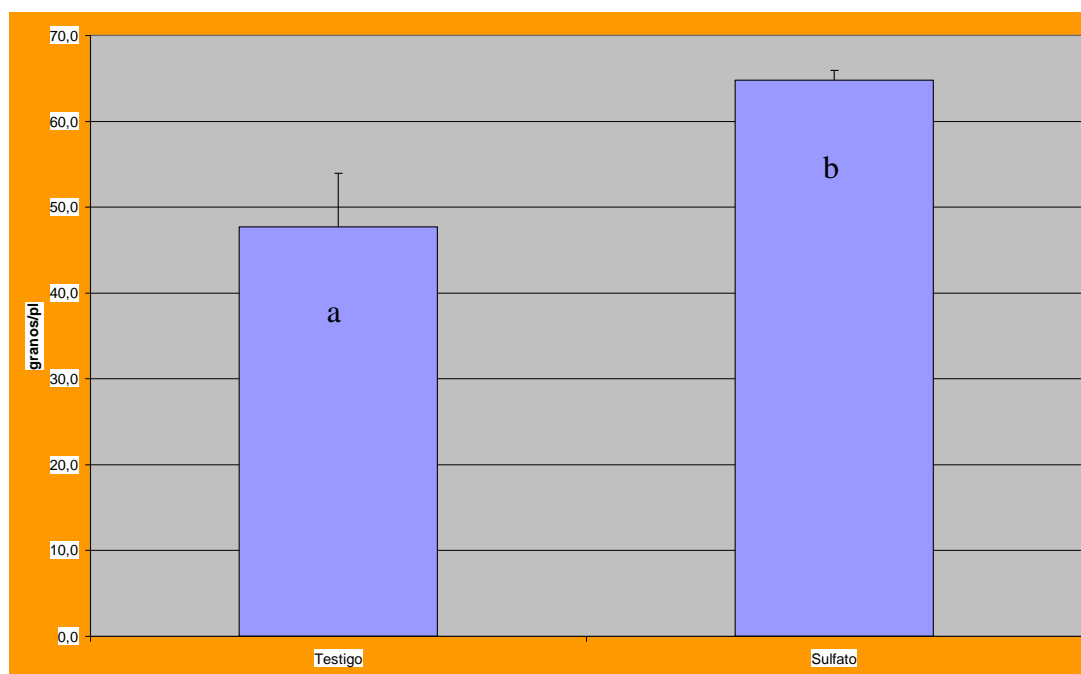


Figura N° 6: Número de granos por planta para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras distintas indican que se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

Los rendimientos de soja son altamente dependientes del número de vainas y granos que se establecen por unidad de superficie, por ello, optimizar las condiciones del cultivo durante el período en que se define el número de granos (período crítico) contribuye, en gran medida, al logro de altos rendimientos.

Según Kantolic *et al* (2001) durante el período crítico se maximiza la producción de órganos reproductivos y se define su supervivencia. Esta supervivencia, que es la principal válvula de ajuste del número de granos, está íntimamente asociada a la disponibilidad de asimilados, por lo cual cada vaina que se produce requiere asimilados para sobrevivir y compete por ellos con las restantes vainas. Surge, entonces que los procesos asociados a la determinación del número de granos está mayormente limitado por fuente y no por la cantidad de destinos iniciados, en este sentido, el cultivo fertilizado posee dos ventajas comparativas con respecto al testigo; en primer lugar, se incrementaría el área foliar, optimizando la captación de recursos, y por ende genera mas fuentes; y en segundo término, los nutrientes aportados por el fertilizante que son almacenados y posteriormente puestos a disponibilidad, también constituyen otra fuente que contribuya al aumento del rendimiento. Surge de esto que los procesos asociados a la determinación del número de granos están mayormente limitado por fuente y no por la cantidad de destinos iniciados.

Al respecto, Satorre *et al* (2004), agregan que cambios en la disponibilidad de nutrientes tendrán un distinto impacto sobre el rendimiento según el momento del ciclo en que se manifiesten. En general, se acepta que el número de granos a madurez queda definido por la tasa de crecimiento en el período alrededor de floración, en dicha etapa se da una competencia importante por fotoasimilados entre el órgano cosechable y los órganos vegetativos, que influye sobre la supervivencia o el grado de desarrollo floral. Al respecto, este mismo autor afirma que la disponibilidad de nitrógeno puede regular el número de granos por m² a través de su influencia sobre la tasa de crecimiento del cultivo, vía los efectos de este sobre la intercepción y eficiencia de uso de la radiación; y la absorción de nitrógeno, a su vez, está altamente regulada por el crecimiento del cultivo. Esta última hipótesis afirma la teoría por la cual se explica la diferencia en el número de granos que tuvo lugar en el cultivo fertilizado, respecto del testigo sin fertilizar.

Por ello, para incrementar el número de granos es necesario reducir las restricciones por fuente durante el período crítico, esto no se logra únicamente a través de técnicas de fertilización, sino que forma parte de un manejo integral del cultivo, que comienza con la elección de la fecha de siembra, en función del grupo de madurez elegido, de manera tal que el período crítico para la definición del número y peso de los granos, encuentre al cultivo en las mejores condiciones ambientales para tal fin.

Pergolini (2005), en ensayos realizados en Vicuña Mackenna, sobre soja de segunda encontró mayor número de granos por planta en un cultivo tratado con 85 kg. de N y 20 kg.

de S, respecto de un testigo sin fertilizar; por otro lado, Punos (2005) en ensayos realizados en la provincia de Chaco, utilizando fertilizantes nitrogenados y azufrados, encontró más granos por planta en un tratamiento testigo, sin fertilizar, que en un cultivo fertilizado.

3.5. GRANOS POR VAINA

El número promedio de granos por vaina no presentó diferencias estadísticas significativas ($p= 0,9863$) entre el cultivo fertilizado y el testigo.

La figura N° 7 muestra que entre ambos tratamientos, no hay diferencias en cuanto al número promedio de granos por vaina, ya que para ambos, fue de 2,5 granos por chaucha.

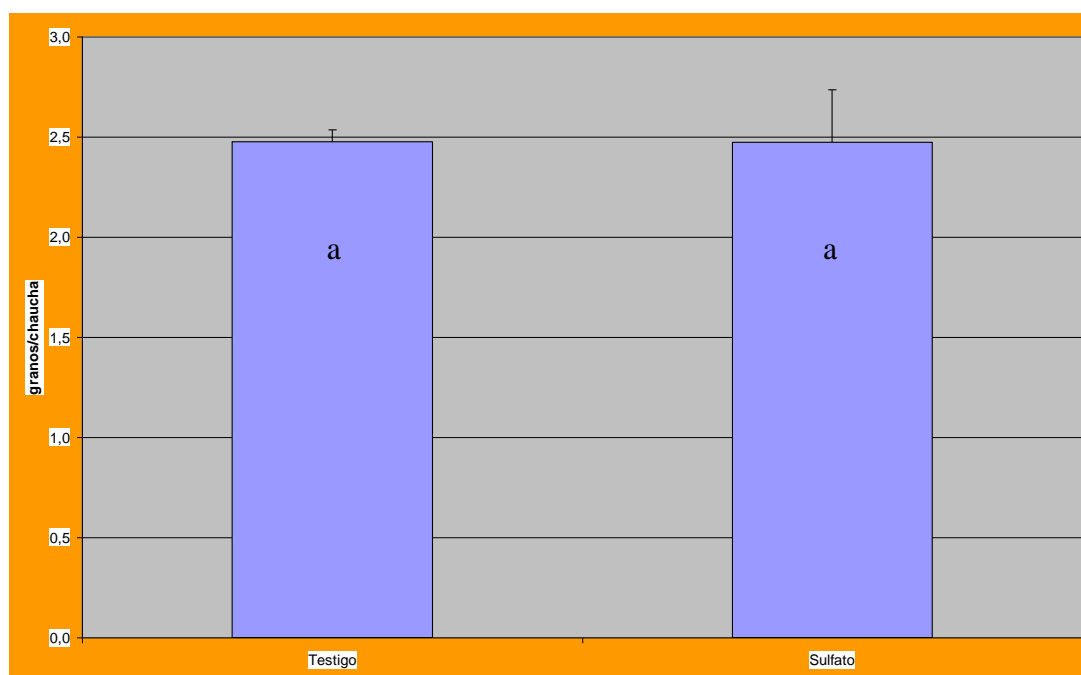


Figura N° 7: Número de granos por vaina para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras iguales indican que no se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

Según Kantolic *et al* (2003), el número de vainas tiene un alto grado de control genético. Algunos genotipos tienen una proporción de vainas con tres lóculos fértiles, mientras que en otros predominan las vainas con dos lóculos, pero esta característica no está, generalmente, asociada a su rendimiento potencial, ya que es contrabalanceada por el número total de vainas. Además, uno o más de los granos de la vaina pueden abortar antes de ingresar en su fase de llenado efectivo, modificando el número de granos logrado por vaina. El aborto de los granos es mucho menor que el de las vainas y, generalmente no tiene una magnitud tal que deprima significativamente el rendimiento, salvo cuando es consecuencia

de ataques intensos de plagas o enfermedades que directamente afecten su supervivencia. Con respecto a esto, el ensayo estuvo a lo largo de todo su ciclo protegido del ataque de plagas y enfermedades, con lo cuál no sería una complicación.

3.6. PESO DE 1000 SEMILLAS

Esta variable no mostró diferencias estadísticas significativas ($p= 0,3503$).

En la figura N° 8 puede apreciarse que la diferencia de peso de 1000 semillas, es de tan solo 3,7 gramos, siendo más pesadas las semillas correspondientes al tratamiento con fertilizantes.

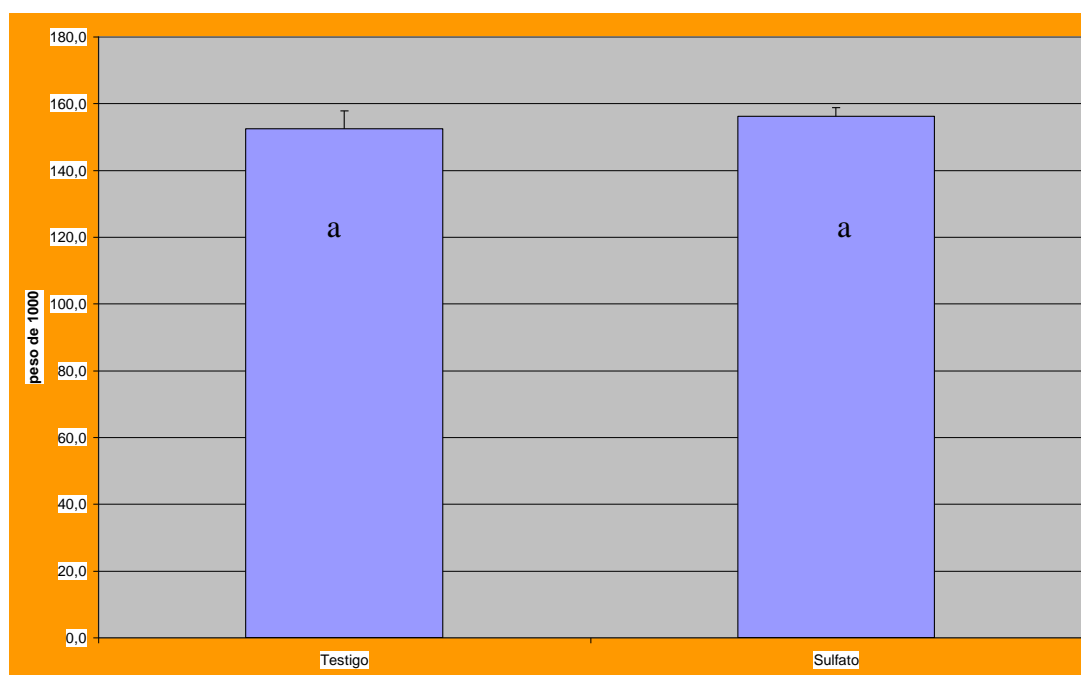


Figura N° 8: Peso de 1000 semillas para un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras iguales indican que no se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

Según Satorre *et al* (2004) el peso final del grano puede describirse como una función de su tasa de crecimiento y de la duración del período de llenado, ambos atributos están gobernados genéticamente y varían de acuerdo a las condiciones ambientales. Para ambos tratamientos, las condiciones de humedad y temperatura fueron las mismas, por lo que se puede deducir que la fertilización nitrogenada y azufrada no tuvo ningún efecto diferencial, al momento de la definición del peso de los granos, ya que el cultivo tratado es tan solo 3,7 gramos las mil semillas más pesado que el testigo (diferencia no estadística).

Cattáneo (2006) en un ensayo llevado a cabo por la EEA INTA Bordenave, en la localidad de San Carlos de Bolivar no encontró diferencias estadísticamente significativas

entre un testigo sin fertilizar y otro tratado con un fertilizantes nitrogenados y azufrados. Por otro lado, Punos (2005) y Pergolini (2005), encontraron diferencias estadísticamente significativas para esta variable, presentando el cultivo tratado mayor peso de mil granos con respecto al cultivo sin tratar.

3.7. RENDIMIENTO

En la variable rendimiento, se registraron diferencias estadísticas significativas ($p= 0,0178$) entre ambos tratamientos. En la figura N° 9 puede apreciarse la clara diferencia de rendimiento que hubo entre tratamientos. El cultivo fertilizado registró un rendimiento de 3182,6 kg/ha, en tanto que el testigo sin fertilizar rindió 2118,4 kg/ha. La diferencia de rendimiento entre ambos tratamientos fue de 1064,2 kg/ha.

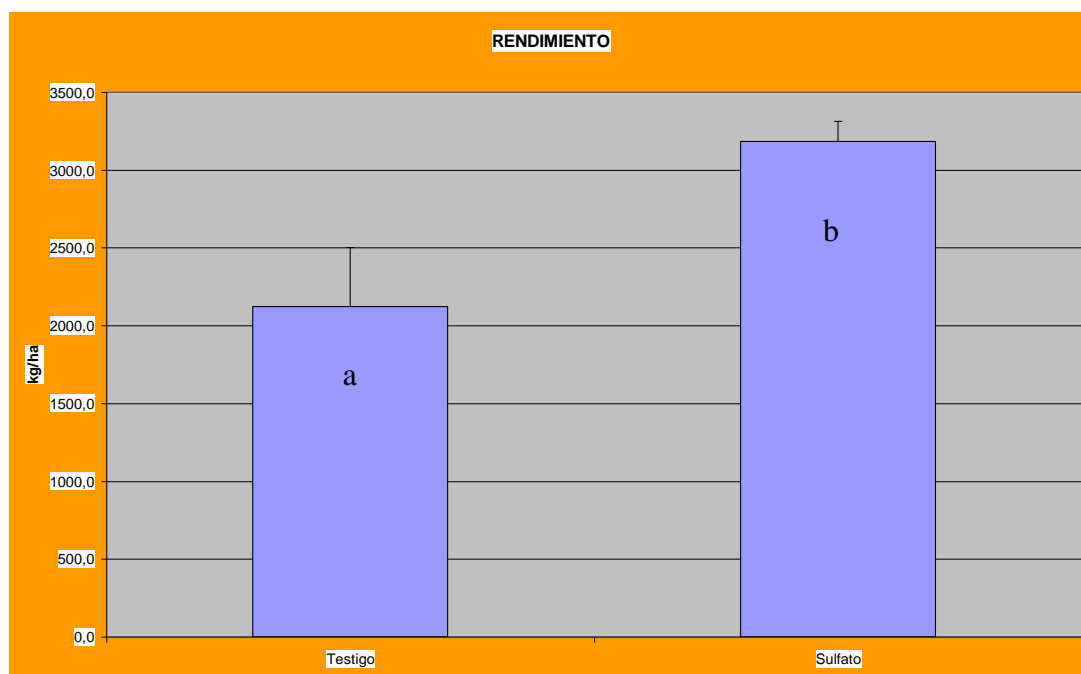


Figura N° 9: Rendimiento kg/ha de un testigo sin fertilizar y un cultivo fertilizado con 50 kg/ha de Sulfato de amonio al momento de la siembra. Letras distintas indican que se registran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos según el test de Duncan.

El rendimiento es, sin dudas, la resultante final de diferencias importantes que tienen lugar entre ambos tratamientos para variables tan sensibles en la definición del mismo, como son el número de granos por planta (componente directo del rendimiento) y el número de vainas por planta (componente indirecto del rendimiento). Según Kantolic *et al* (2003), el número de granos por planta, es el componente que mejor explica las variaciones del rendimiento, de este modo, comprender la generación del número granos por metro

cuadrado, permite identificar con cierta precisión cuáles serían las acciones más efectivas para lograr mejoras del rendimiento, a pesar de que exista una proporción no predecible de cambios asociados con el peso de mil semillas.

Estos resultados son similares a los observados por Pergolini (2005), en ensayos realizados en Vicuña Mackenna, sobre soja de segunda, el encontró diferencias de hasta 840 kg/ha. a favor de un cultivo tratado con 85 kg de N y 20 kg. de S, con respecto de un cultivo testigo sin fertilizar, mientras que Cattáneo (2006) en un ensayo llevado a cabo por la EEA INTA Bordenave, en la localidad de San Carlos de Bolívar, registró diferencias de apenas 200 kg/ha. para cultivos tratados con fertilizantes que contenían N y S.

IV. CONCLUSIONES

La aplicación de fertilizante nitrogenado y azufrado, incrementó el rendimiento del cultivo de soja en los suelos de Alcira Gigena.

Este incremento se debió a aumentos en el número de vainas y granos por planta, respecto al testigo sin fertilizar.

La aplicación de 50 kg/ha de sulfato de amonio al costado de la línea de siembra no produjo efectos fitotóxicos que reduzcan el stand de plantas.

La altura de plantas, el peso de 1000 semillas y el número de granos por vaina no se modificaron con el agregado de fertilizante.

Sería importante continuar estos estudios que permitan obtener mayores rendimientos junto con demás prácticas que tiendan a una agricultura sustentable.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRADE, F. y V. SADRAS 2002. Bases para el manejo del maíz, el girasol, y la soja. Ed. INTA, Bs. Aires.
- CATTANEO, C. 2006. Evaluación de los fertilizantes foliares (Poliquelato D: Zn, Mo, Fe, Co, S, N, B y Cu y Poliquelato B: Zn, Mo, Fe, Co, S y N) en un cultivo de soja (*Glycine max*).
En:<http://www.inta.gov.ar/bordenave/contactos/autores/lauric/fertilizantes.pdf>
Consultado: 10-11-2008.
- GARCÍA, F. 2007. Actualización P, S y otros, in: Jornada de actualización técnica de soja “Soja y Ambiente, la estrategia que más rinde”, Vicuña Mackenna.
- FERTILIZAR. 2005. Requerimientos nutricionales del cultivo de soja. www.fertilizar.org.ar.
Consultado: 12/07/07.
- FERTILIZAR. 2005. Manejo de la fertilización de la soja. www.fertilizar.org.ar. Consultado: 12/07/07.
- KANTOLIC, A.G. and G.A. SLAFER . 2001. Photoperiod sensitivity after flowering and seed number determination in indeterminate soybean cultivars. *Field Crops Res.* 72:109-118.
- KANTOLIC, A. P. GIMENEZ y E. de la FUENTE. 2003. Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en soja. En: Satorre, E. R, Vence Arnold. G, Slafer. E, de la Fuente. D, Miralles. M, Oteguiy R, Savin. Producción de granos, Bases funcionales para su manejo. 9:167-201. ed: Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- MARTINEZ, F. 1998. Evolución del contenido de materia orgánica de los suelos en Argentina, in: Seminario técnico “Fertilización azufrada en soja, maíz y trigo” INTA, Casilda.
- PERGOLINI, S 2005. Efecto de la fertilización con N y S sobre el crecimiento y rendimiento del doble cultivo trigo/soja. En: [http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/571f5b3b14dfbf1d032570d5006e39a1/\\$FILE/Pergolini-1%20NS%20doble%20cultivo%20trigo-soja-C%3%B3rdo.pdf](http://www.ppi-ppic.org/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/571f5b3b14dfbf1d032570d5006e39a1/$FILE/Pergolini-1%20NS%20doble%20cultivo%20trigo-soja-C%3%B3rdo.pdf) Consultado: 10-11-2008.
- PUNOS, L.M. 2005. Relación entre el nivel de nodulación y la fertilización nitrogenada en soja. En: <http://www.unne.edu.ar/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-051.pdf>
Consultado: 10-11-2008.
- ROVERA. M. A. 2006. Rendimiento del cultivo de soja con fertilización azufrada y fosfatada. TFG. FAV –UNRC. 20 p.

- SAGPYA. 2009. Dispersión geográfica del área sembrada promedio en las últimas cinco campañas. www.sagpya.mecon.gov.ar. Consultado: 04/01/09
- SATORRE, E. R, VENCE ARNOLD. G, SLAFER. E, DE LA FUENTE. D, MIRALLES. M, OTEGUIY R, SAVIN.2004. Producción de granos, Bases funcionales para su manejo. ed: Facultad de Agronomía Universidad Nacional de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.
- USDA. 2008. Aumento de la población mundial, impacto sobre la producción y productividad de los cultivos. www.fas.usda.gov/icd/stconf/event4/MPineiro.pdf. Consultado: 04/01/09

ANEXO:

Análisis de suelo

Fecha de análisis	08/11/2005	
Localidad	Gigena	
Prof. de muestreo	0 - 20 cm.	
Lote	5	
Materia Orgánica	%	1,5
Nitrógeno de nitratos	ppm	8,85
Nitratos	ppm	39,2
Fósforo	ppm	12,5
ph (en agua)		7,1
Humedad	%	11
Sulfatos	ppm	18
PEA	1.2 tn/m ³
Metodologías:		
Materia Orgánica	Metodo Walkey - Black	
N - Nitratos	Reducción por cadmio	
Fósforos	Método de Bray y Kurtz	
pH	Potenciometría 1:2,5	
Sulfatos	Turbidimetría	