

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO
FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

“Trabajo Final presentado para optar al Grado de Ingeniero Agrónomo”

EFFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN CONTINUA CON FÓSFORO
BAJO DIFERENTES SISTEMAS LABRANZA SOBRE EL
RENDIMIENTO DE SOJA

Matías Lubrina
29.217.001

Director: Guillermo Cerioni

Río Cuarto - Córdoba
Junio/2006

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**Título del Trabajo Final: EFECTOS DE LA FERTILIZACIÓN CONTINUA CON
FÓSFORO BAJO DIFERENTES SISTEMAS DE LABRANZA SOBRE EL RENDIMIENTO
DE SOJA**

**Autor: LUBRINA, MATIAS
DNI: 29.217.001**

Director: Ing. Agr. MSc Cerioni, Guillermo

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

Ing. Agr. Elena FERNANDEZ _____

Ing. Agr. Ines MORENO _____

Ing. Agr. Juan COLODRO _____

Fecha de Presentación: ____/____/____.

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

Dedicado a mi papa "Pacha", a mi mama Ana Alicia y a mis hermanas Ana Julia y Mariana, a mis abuelos, "Chiquita", "Jorge" y "Enrique" y "Meli".

Agradecimientos:

A papá y mamá por darme la posibilidad de formarme no solo académicamente sino en la vida como persona de bien. A mis hermanas por su alegría, sus consejos y compañía.

A Nicolás, Gabriel, Pablo y Juan Pablo por compartir años hermosos de mi vida.

Al Ing. Agr. Mcs. Guillermo Cerioni quien se brindo por completo no solo por este trabajo sino por cualquier inquietud. A la Dra. Elena Fernández por su colaboración permanente y desinteresada.

A Vane.

A mis tíos y primos.

A todos mis compañeros de trabajo.

A todos los amigos de mi querido Villa Huidobro.

ÍNDICE GENERAL

Certificado de aprobación	I
Dedicatoria	II
Agradecimientos	III
Índice general	IV
Índice de figuras	V
Resumen	VIII
Summary	IX
I. Introducción y Antecedentes.....	1
1.1. Hipótesis.....	5
1.2. Objetivo general.....	5
1.3. Objetivos específicos.....	5
II. Materiales y métodos.....	6
III. Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo.....	8
IV. Resultados y discusión.....	10
IV.1. Número de frutos por superficie.....	10
IV.2. Número de plantas por superficie.....	12
IV.3. Número de frutos por planta.....	14
IV.4. Peso de 100 semillas.....	15
IV.5. Número de semillas por superficie.....	17
IV.6. Número de semillas por fruto.....	18
IV.7. Rendimiento.....	20
IV.8. Relaciones entre variables.....	22
V. Conclusiones.....	24
VI. Bibliografía.....	25
VI. Anexo.....	27

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Precipitaciones totales decádicas durante la estación de crecimiento 2005/06. La Aguda. S: Siembra, R8: Madurez de cosecha.....	8
Figura N° 2. Temperaturas máximas, mínimas, media y temperatura de suelo (10 cm de profundidad) durante la estación de crecimiento 2005/06. La Aguda. S: Siembra, R8: Madurez de cosecha.....	9
Figura N°3: Número de frutos/m ² en función de diferentes sistemas de labranza.....	10
Figura N°4: Número de frutos/m ² en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	11
Figura N°5: Número de plantas/m ² en diferentes sistemas de labranza.....	13
Figura N°6: Número de plantas/m ² en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	13
Figura N°7: Número de frutos/plantas en diferentes sistemas de labranza.....	14
Figura N°8: Número de frutos/plantas en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	15
Figura N° 9: Peso de 100 semillas (gr) en diferentes sistemas de labranza.....	16
Figura N° 10: Peso 100 semillas (gr) en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	16
Figura N° 11: Numero semillas/m ² en diferentes sistemas de labranza.....	17

Figura N° 12: Número semillas/m ² en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	18
Figura N° 13: Número semillas/fruto en diferentes sistemas de labranza.....	19
Figura N° 14: Número semillas/fruto en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	19
Figura N° 15: Rendimiento (kg/ha) en diferentes sistemas de labranza.....	20
Figura N° 16: Rendimiento (kg/ha) en función de tratamientos con y sin fertilizante.....	21
Figura N° 17 Biplot (componentes principales) de las variables estudiadas.....	23

RESUMEN

Se evaluó el efecto de la fertilización continua con fósforo bajo diferentes sistemas de labranza en el cultivo de soja. El estudio se llevó a cabo en el establecimiento “Pozo del Carril”, perteneciente a la FAV-UNRC, ubicado en proximidades del paraje La Aguada, al oeste de la ciudad de Río Cuarto, durante el periodo 2005-2006. El suelo es un Hapludol típico franco arenoso muy fino, sobre el cual se desarrolla desde el año 1994 un Programa de investigación interdisciplinario en el que se realizan diferentes tipos de labranzas (Siembra Directa-Labranza Reducida y Labranza Mínima), con y sin adición de fertilizante Fosfatado. Se utilizó un diseño experimental que correspondió a bloques aleatorizados con un arreglo espacial en parcelas divididas con dos repeticiones por tratamiento. El rendimiento del cultivo de soja se vio incrementado por la adición de fertilizante fosforado en forma continua, impactando principalmente en los componentes del rendimiento. La LC y la SD contribuyeron a este aumento del rendimiento probablemente por el efecto que estas técnicas de labranza ejercen sobre la mineralización y disponibilidad de nutrientes en este tipo de ambientes. Se observó en el análisis de los componentes del rendimiento que existe una relación estrecha entre el rendimiento y el número y peso de frutos, el número y peso de semillas y una relación inversa entre estas 2 últimas variables y el peso de 100 semillas. Por el contrario se observó una baja relación entre el rendimiento y el número de frutos/planta y el número de semillas/fruto.

Palabras claves: fertilización fosforada, sistemas de labranza, soja.

Abstract

The effect of continuous tillage with phosphorus under different tillage systems on soybean was evaluated. The study was carried out in “Pozo Del Carril”, a research institution owned by FAV-UNRC, which is located 30 km to the West of Río Cuarto, near La Aguada. The study was carried out during the years 2005 and 2006. The soil tested is a typical sandy loam Hapludol, on which an Interdisciplinary Research Program has been developed since 1994. In this program, different tillage systems, such as non-tillage, reduced tillage and minimal tillage, are performed with and without adding phosphate fertilizers. The present study is framed within an experimental research design in which randomized blocks were used. The plots were divided through two repetitions per treatment. The soybean yield was increased as a result of the continuous addition of phosphorus fertilizers, having an effect mainly on the yield components. Conventional tillage and non-tillage systems contributed to the increase in the yield probably because of the effects that these techniques have on the mineralization and the nutrient availability in these environments. Through the analysis of the yield components it was observed that there is a close relationship between the yield and the number and weight of the fruit, the number and weight of the seeds, and an opposite relationship between the last two variables and the weight of 100 seeds. On the contrary, an insignificant relationship was observed between the yield and the number of fruit/plants and the number of seeds/fruit.

Key words: phosphorus fertilization, tillage systems, soybean

I. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las primeras plantaciones de soja en Argentina se hicieron en 1862, pero no encontraron eco en los productores agrícolas de aquellos años. Alrededor de 1925, se introdujeron nuevas semillas de soja desde Europa con el fin de difundir su cultivo, conocido en esa época entre los agrónomos como arveja peluda o soja hispida. Hacia 1956 no se conocían aún los aspectos básicos de la soja como cultivo, los fracasos en la implantación hicieron que fuese considerada, para esa época, como cultivo “tabú”. La primera vez que Argentina exportó soja fue el 5 de Julio de 1962, a través del buque “Alabama”, que partió en esa fecha llevando en su interior 6.000 toneladas con destino a Hamburgo (Alemania). Su producción se incrementó notoriamente en los años 70 hasta alcanzar en la actualidad más de 16.600.000 de hectáreas cosechadas, convirtiendo a la Argentina en el cuarto productor mundial de grano, el primer exportador mundial de aceite de soja y el segundo de harina de soja (SAGPYA, 2007). No debe sorprender, entonces, que la soja represente en la actualidad el rubro de exportación de mayor incidencia en el Producto Bruto Agropecuario del país, y el mayor generador de divisas (García, 2003).

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, 2005). En lo que a características del cultivo concierne, se debe mencionar que una correcta nutrición mineral es necesaria para que alcance un óptimo crecimiento y conjuntamente con ello altos rendimientos. Los nutrientes del suelo son, por lo general, limitantes para la productividad de los cultivos, de modo tal que el conocimiento de sus requerimientos y de sus dinámicas de acumulación es fundamental para tener acceso a rindes elevados con un uso eficiente de insumos.

El monocultivo de soja es una de las prácticas más extractivas, que conduce al agotamiento de los nutrientes del suelo. Se destaca no sólo el fósforo sino también otros elementos principales como potasio, azufre, magnesio, y aún nitrógeno (N). Los balances de N realizados en diferentes ensayos indican valores de variada magnitud pero casi siempre negativos ya que se ha demostrado que su fijación biológica no satisface completamente las necesidades del cultivo. La gran extracción de nutrientes sumada a la baja reposición de los mismos ha resultado en la principal causa de degradación de los suelos en conjunto con la labranza, especialmente en aquellos suelos con más frecuencia de soja en la rotación agrícola (SAGPYA, 2005).

La soja responde a un suelo fértil igual que cualquier otro cultivo y existen suficientes evidencias sobre la conveniencia económica de fertilizar soja. Cuantificando adecuadamente la oferta del suelo para una soja de alto potencial de rendimiento, la diferencia debería agregarse por fertilizantes (Marelli, 1997).

Respecto a nitrógeno (N) (Marelli, 1997), se debe considerar en primer término que según su modo de reacción con el suelo puede ser considerado como móvil ya que interacciona muy poco con la fase sólida luego de su aplicación y se mueven en forma relativamente "libre" a través del perfil en general en la dirección del movimiento del agua. Su uso muchas veces no se ha recomendado en soja debido a que este elemento produce efectos no deseados: inhibición de formación de nódulos y excesivo desarrollo vegetativo que favorece vuelco, enfermedades y hasta mayor evapotranspiración. Estos efectos se favorecen cuando el agregado de N se realiza en etapas tempranas.

Si bien la fertilización nitrogenada de soja despierta numerosas controversias, algunos investigadores (Botta *et al.*, 2002) apuestan al gran futuro de esta práctica, cuando se considere un balance de todo el sistema agrícola en el que deben entrar los cereales y las oleaginosas. La soja se caracteriza por tener una elevada removilización de nutrientes desde estructuras vegetativas al grano. Andrade *et al.* (1995) han determinado índices de cosecha de N de 65-70% llegando incluso a 75%. El objetivo de una fertilización es satisfacer los requerimientos de nutrientes del cultivo en las situaciones en las cuales el suelo no puede proveerlos en su totalidad.

Otro de los nutrientes que es de importancia para asegurar un correcto desarrollo del cultivo y que es motivo de estudio en esta investigación es el fósforo, clasificado como poco móvil. Los nutrientes "poco móviles" son aquellos que luego de aplicados reaccionan con el suelo de tal manera que se reduce la movilidad desde el sitio en el que entran en contacto con el suelo porque se producen reacciones cuyos productos presentan una solubilidad menor a la presente en el fertilizante. En general, los cultivos no captan más del 15 - 25 % del P aplicado anualmente siendo la cantidad no disponible (fijada) dependiente de la acidez y la mineralogía del suelo. La mayor disponibilidad se logra en condiciones de pH entre 6 y 7 (Botta *et al.*, 2002).

Los riesgos de pérdida de P por lavado (lixiviación) son mínimos y ocurren luego de la saturación de los sitios de fijación bajo condiciones de muy altas aplicaciones de P, tal el caso de suelos arenosos con altas aplicaciones de estiércol u otros productos ricos en P. El transporte superficial de P es factible como consecuencia de la pérdida de suelo por procesos erosivos que generen el transporte de partículas minerales finas (materia orgánica, arcillas) sobre las que se encuentren retenidos los fosfatos, condición poco frecuente en sistemas de siembra directa. En el contexto de baja movilidad de los fosfatos luego de aplicados en el suelo, la eficiencia en el uso de fertilizantes con P dependerá de su interacción con

propiedades edáficas (nivel de P en el suelo, pH, contenido y tipo de arcillas) y de la ubicación del fertilizante en relación con el sistema radical del cultivo (Díaz-Zorita y Grove, 1999).

Del total de P absorbido, la soja exporta a cosecha un 80-85% con el grano. Por ejemplo, la exportación de P de una soja que rinde 3000 kg ha⁻¹ es de unos 20 kg ha⁻¹ de P. Hace años que en la región pampeana la soja se cultiva prácticamente sin fertilización fosforada, o con dosis que no compensan la exportación de P en el grano. Como las vías de reposición naturales de P al suelo son irrelevantes, la falta de fertilización ha provocado una caída en la disponibilidad de P edáfico que ha sido documentada por varios investigadores en los últimos veinte años. Como la disponibilidad inicial de P en muchas zonas de la región era de media a alta, esta extracción se pudo sostener sin mayores consecuencias para la producción y los rendimientos. Pero en la actualidad son cada vez más frecuentes los casos en que la disponibilidad de P ha caído por debajo del mínimo necesario para cubrir los requerimientos del cultivo (Gutierrez Boem y Scheiner, 2000)

Generalmente, se usa el valor de 10 ppm de fósforo extractable como umbral crítico para decidir la fertilización en soja (Melgar, 1995). En un análisis de 65 ensayos de fertilización con P realizado por Melgar en 1998 detectó incrementos de 355, 214, y 34 kg ha⁻¹ cuando se fertilizó la soja en suelos con niveles inferiores a 9 ppm, de 10 a 14 ppm y mayores de 15 ppm, respectivamente. Casi todas esas experiencias fueron en labranza convencional por lo que en siembra directa pueden darse resultados algo mayores y el nivel crítico puede considerarse en 15 ppm.

La forma de colocación del fertilizante en el suelo tiene gran importancia en la eficiencia de uso de este nutriente. Según Fariña Nuñez (1997) si se aplica el fósforo en un volumen restringido del suelo, la disponibilidad de este nutriente para el área considerada se incrementa en forma inversamente proporcional al volumen tratado. Los ensayos de este autor, conducidos en dos años, mostraron incrementos de rendimiento diferentes según la forma de aplicación (incorporado en la línea de la semilla, al voleo en presiembra, junto con la semilla pero en menor dosis).

Por otro lado estos mismos autores aseguran que el rendimiento del cultivo de soja, como el de otros cultivos, se puede descomponer en número de granos y peso individual de los granos. La caída en los rendimientos, producto de una deficiencia de P, se debe en general a una disminución en el número de granos. El peso de los granos, por el contrario, raramente es afectado. El número de granos del cultivo de soja se determina durante la formación de las vainas, esto es, entre floración y el comienzo del llenado de los granos. Para poder maximizar el rendimiento, es importante que durante esta etapa el cultivo pueda hacer un uso eficiente de los recursos del ambiente disponibles, como por ejemplo la radiación solar. Lograr una buena cobertura es importante para que el cultivo pueda capturar toda la

radiación incidente. Para ello debe haber desarrollado un área foliar tal que le permita cubrir bien el suelo. Una buena cobertura a floración va a depender, entre otros factores, de la disponibilidad de P del suelo. Una vez capturada la radiación incidente, esta energía es transformada en biomasa. La eficiencia de esta conversión (kg de materia seca acumulada por unidad de energía capturada) puede variar debido al estado nutricional del cultivo. Incluso, cuando la deficiencia fosforada no es tan severa como para disminuir en forma importante la formación del área foliar, la eficiencia con que el cultivo hace uso de la radiación capturada puede ser afectada.

La proporción de la materia seca acumulada por el cultivo que se cosecha en los granos es lo que se conoce con el nombre de índice de cosecha. Esta característica se ha mostrado poco sensible a las variaciones en la disponibilidad de P. En síntesis, una deficiencia fosforada en soja puede provocar una caída en los rendimientos por su efecto sobre la formación del área foliar y, por lo tanto sobre la cantidad de radiación capturada, y también por su efecto sobre la eficiencia de conversión de esta radiación en materia seca. La suma de estos efectos provoca un menor crecimiento entre floración y comienzo de llenado de los granos, un menor número de granos y, por lo tanto, un menor rendimiento (Botta *et al.*, 2002).

Inicialmente la expansión del cultivo se realizó con sistemas de labranza convencionales, que dejaban el suelo descubierto y refinado, esto aceleró la degradación física y química de los suelos e incrementó las pérdidas por erosión. Posteriormente fueron apareciendo técnicas conservacionistas (labranza mínima, bajo cubierta, y siembra directa) que están reemplazando a las tradicionales con buenos resultados aún en áreas con alta susceptibilidad a la erosión y /o degradación (Marelli, 1997).

Estas nuevas técnicas de labranza están muy difundidas y ampliamente adoptadas por los productores, ya que la soja se adapta muy bien a estas nuevos sistemas de labranza.

1.1. HIPÓTESIS

- ❖ La fertilización continua con fósforo en Hapludoles típicos, franco arenosos muy finos como los de la Estación Experimental Pozo del Carril (La Aguada), incrementa el rendimiento del cultivo de soja en diferentes sistemas de labranza.

1.2. OBJETIVO GENERAL

- ❖ Evaluar el rendimiento del cultivo de soja y sus componentes ante la adición continua de Fósforo y bajo distintos sistemas de labranza.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Determinar la respuesta del cultivo de soja ante la aplicación de fertilizante fosforado en función de tres sistemas de labranza diferentes.
- ❖ Evaluar componentes directos del rendimiento: número de plantas y frutos por superficie, número de frutos por planta, número de semillas por superficie, número de semillas por frutos y peso de 100 semillas en función de tratamientos con y sin fertilizante y ante diferentes sistemas de labranza.
- ❖ Cuantificar la relación entre los componentes del rendimiento.

II. MATERIALES Y METODOS

La siguiente experiencia se llevó a cabo en la Estación Experimental Pozo del Carril, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado en cercanías del paraje “La Aguada”.

Las características del relieve obedecen a un complejo moderadamente ondulado que determina un conjunto de lomadas. En cuanto al suelo de esta unidad experimental podemos decir que pertenece a un Hapludol típico, franco arenoso muy fino cuyas características se describen el Anexo I.

Es de importancia citar que este trabajo estuvo enmarcado en un programa de investigación, que comenzó su desarrollo en el año 1994, y tuvo como objetivo desarrollar alternativas tecnológicas posibles que conduzcan a una producción sustentable. La propuesta es sobre un sistema de agricultura continua con la siguiente rotación de cultivos:

- Campaña 1994/95 maíz.
- Campaña 1995/96 maíz.
- Campaña 1996/97 girasol
- Campaña 1997/98 maíz.
- Campaña 1998/99 girasol
- Campaña 1999/2000 maíz
- Campaña 2000/01 girasol.
- Campaña 2001/02 maíz
- Campaña 2002/03, maíz.
- Campaña 2003/04, soja.
- Campaña 2004/05, maíz.
- Campaña 2005/06, soja.

El diseño experimental utilizado correspondió a bloques aleatorizados con un arreglo espacial en parcelas divididas, siendo el factor principal la labranza y el factor secundario la fertilización fosforada. Se realizaron dos repeticiones espaciales por tratamiento.

El valor inicial de P en el suelo al inicio del programa, en el año 1994, era de 7 ppm. (Esposito 2007), llegando al año 2006 con valores de 19.3 ppm (+- 3.37 ppm) para las franjas fertilizadas y 6.3 ppm (+- 0.47 ppm) para las franjas no fertilizadas.

La variedad seleccionada para llevar a cabo la siembra fue Don Mario 4800, la cual fue sembrada el 09/12/05, realizando en ese mismo momento la fertilización con fosfato monoamónico (FMA) en una dosis de 50 Kg ha⁻¹.

Desde el comienzo del ensayo y en todas las campañas se aplicaron los siguientes niveles de fertilizante:

- ❖ En maíz y girasol de 80 a 100 kg/ha de fosfato diamónico (FDA) y urea 100-140 kg ha⁻¹ en maíz y 80-100 kg ha⁻¹ en girasol.
- ❖ En soja se utilizó FMA 50 kg ha⁻¹.

El modelo de siembra empleado fue a 70 centímetro entre hileras y 25 semillas por metro.

Cabe mencionar que una vez lograda la correcta implantación del cultivo se llevo a cabo una aplicación de glifosato (10/01/06) y endosufan (25/01/06), logrando de esta manera mantenerlo libre de malezas y plagas. A partir de aquí manifestó un desarrollo normal llegando a cosecha el 11/04/06 con un buen stand de plantas.

A cosecha se realizaron las siguientes evaluaciones:

- 1- Número de Frutos por m², se realizó en 5 muestras de 1 m² cada una.
- 2- Número de plantas, mediante recuento de 5 muestras de 1 m² cada una.
- 3- Número de frutos por planta. Sobre 5 muestras de 1 m² cada una.
- 4- Peso de frutos por superficie. se realizó en 5 muestras de 1 m² cada una
- 5- Peso de 100 granos, tomando 5 muestras de 200 granos cada una.
- 6- Número de semillas por superficie se realizó en 5 muestras de 1 m² cada una
- 7- Número semillas/fruto. Se determinó a partir de las muestras indicadas anteriormente.
- 8- Rendimiento (kg/ha). Se determinó a partir de las muestras indicadas anteriormente.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante ANOVA, herramienta estadística que permite hacer un análisis de la varianza, para comparar si un conjunto de datos numéricos son significativamente distinto a los valores de otro o mas conjunto de datos y las medias comparadas según el test de Duncan (P= 0.05), atreves del cual se buscan diferencias significativas entre las medias de las variables con el programa estadístico INFOSTAT.

III. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO

A continuación se presenta información meteorológica de la estación experimental, brindada por la cátedra de climatología de la U.N.R.C. Los datos corresponden al periodo comprendido entre noviembre del 2005 abril del 2006.

En la figura N° 1 se muestra las precipitaciones totales decádicas para la estación de crecimiento del cultivo. El mes previo a la siembra se manifiesta con lluvias del orden de los 120, mm definiendo esto una condición óptima para la implantación del cultivo. Por otra parte y a excepción de la 3° década de diciembre, 3° de enero y la 2° de febrero; durante el ciclo del cultivo hubo condiciones hídricas favorables. Las precipitaciones totales acumuladas para el período noviembre-abril fueron de 573 mm.

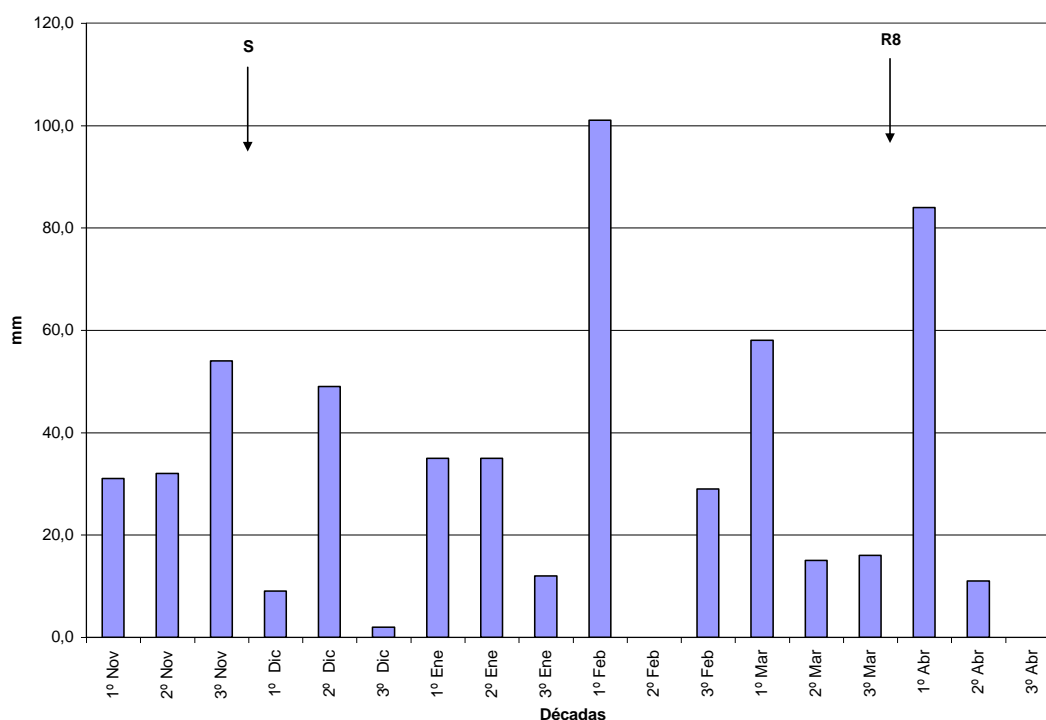


Figura N° 1. Precipitaciones totales decádicas durante la estación de crecimiento 2005/06. La Aguda. S: Siembra, R8: Madurez de cosecha.

La figura N° 2 muestra la evolución de las temperaturas máximas, mínima, media y del suelo (10 cm. de profundidad), durante la estación de crecimiento del cultivo. En general se observan temperaturas adecuadas para el desarrollo del cultivo. El mes de enero fue el más cálido de todo el ciclo, en el mismo se registraron las temperaturas máximas y mínimas más elevadas y por ende también la temperatura media más alta, siendo el primer decádico

de enero y el tercero los más cálidos de todo el ciclo, donde las temperaturas máximas promedio alcanzaron los 33,2° C y la temperatura media promedio los 25° C. A partir de mediados de marzo la temperatura media comienza a disminuir, hasta ubicarse en la 3° década de abril por debajo de los valores óptimos (< 18° C).

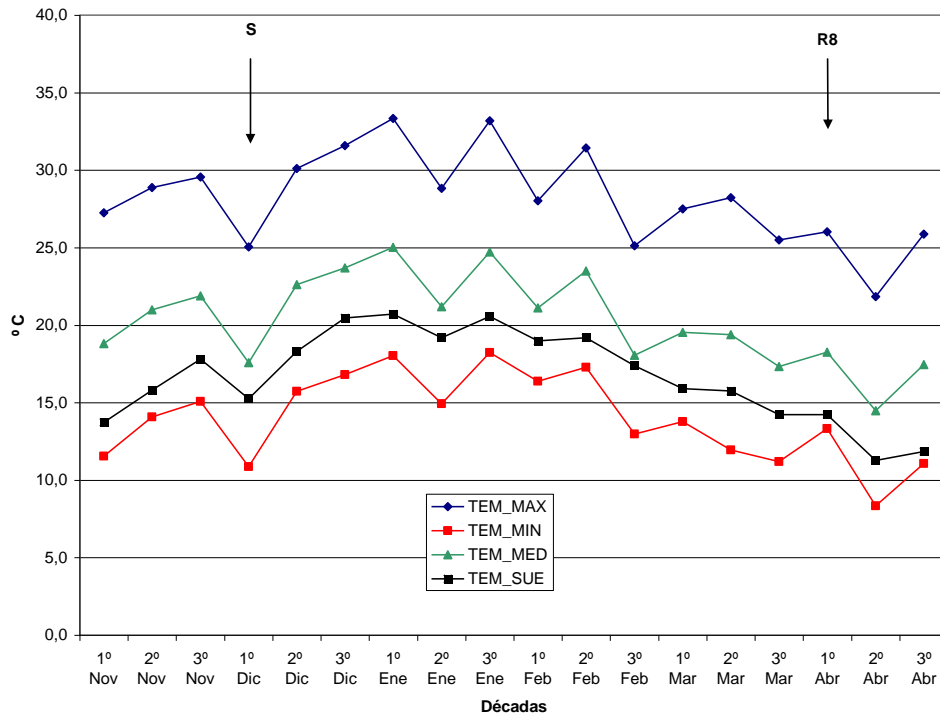


Figura N° 2. Temperaturas máximas, mínimas, media y temperatura de suelo (10 cm. de profundidad) durante la estación de crecimiento 2005/06. La Aguda. S: Siembra, R8: Madurez de cosecha.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a que no se observó interacción entre factores para las variables estudiadas, se muestran los resultados para cada factor en forma separada.

IV.1. NÚMERO DE FRUTOS POR UNIDAD DE SUPERFICIE

La figura N° 3 muestra la diferencia de medias para el factor labranza. Esta presentó diferencias significativas entre los tratamientos ($p= 0.0059$). La labranza convencional (LC) (919 frutos/m²) tuvo mayor cantidad de frutos respecto a labranza reducida (LR) (781 frutos/m²), por su parte la siembra directa (SD) (838 frutos/m²) no difirió con la labranza convencional (LC) ni tampoco con LR.

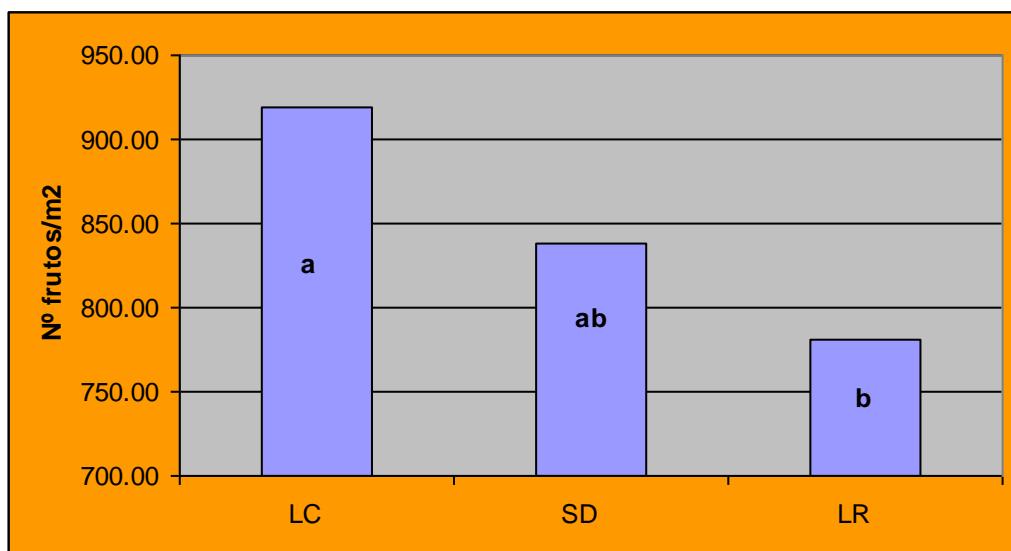


Figura N°3: Número de frutos/m² en función de diferentes sistemas de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

La figura N° 4 muestra el número de frutos/m² para los tratamientos fertilizados y no fertilizados. Esta variable tuvo diferencia altamente significativa ($p= 0,0001$). El tratamiento fertilizado (F) (933 frutos/m²), tuvo un 22 % más de frutos/m² que el tratamiento no fertilizado (NF) (759 frutos/m²).

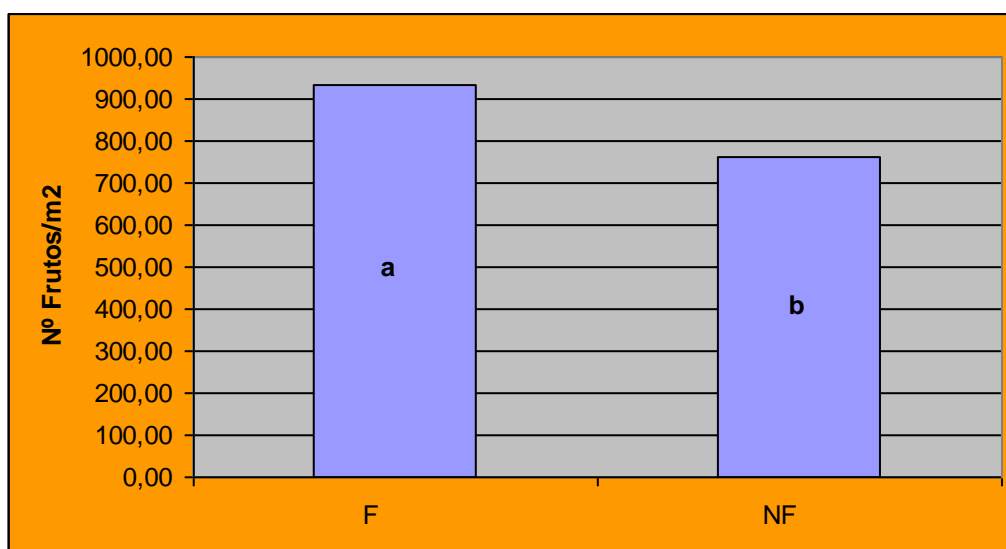


Figura N°4: número de frutos/m² en función de tratamientos con y sin fertilizante. Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

Kantolic *et al* (2003), aseguran que el número de frutos por unidad de superficie es un componente complejo, el cual para comprender su dinámica es conveniente analizar la evolución en forma separada de los subcomponentes que lo determinan. Entre ellos, el número de nudos, el cual depende de la cantidad de los mismos que se diferencien tanto en el tallo principal como en las ramificaciones, cuya elongación y supervivencia está condicionada por la tasa de crecimiento del cultivo y todos aquellos factores ambientales que la regulan, de esta manera la cantidad de recursos (agua, luz, nutrientes) disponibles en post floración y las prácticas de manejo que modifiquen su disponibilidad tiene marcada influencia sobre la cantidad de nudos que crecen en las ramas.

Otro de los subcomponentes que define el número de frutos por m² es el número de vainas por nudo el cual se encuentra condicionado principalmente por el ritmo fotosintético del cultivo y la tasa de crecimiento del mismo, motivo por el cual una disminución en cualquiera de estos factores provoca un importante aumento en el número de flores abortadas y abscisión de frutos con la consecuente disminución del número de vainas por nudo.

Algunos autores consideran que este subcomponente puede tener también algún grado de control hormonal (Kantolic *et al.*, 2003). Uno de los principales aspectos que marca la diferencia de número de frutos/m² respecto al factor labranza, es el déficit de nutrientes que muestra la LR respecto de los otros dos tratamientos. La provisión de N y otros nutrientes como el S del suelo depende en parte de la mineralización de la materia orgánica, por lo tanto el requerimiento de estos nutrientes en soja se cubre en parte a través de la fijación simbiótica, de la materia orgánica y el agregado externo de fertilizante. Esto genera que el suelo cuente con una reserva muy importante de nutrientes para ser aprovechado por

el cultivo, a través de la mineralización en el caso del tratamiento con remoción (LC). Todo esto tiene un impacto muy importante sobre uno de los subcomponentes determinantes del número de frutos como es el número de nudos, estrechamente relacionado con la disponibilidad de recursos con que cuente el cultivo de soja. Melgar *et al* (1995) asegura que es posible esperar respuesta significativa del cultivo de soja a la aplicación de fertilizante fosforado cuando los niveles de P disponible (Bray 1) son menores a 9 ppm. Por el contrario esta respuesta no es de esperar cuando los niveles de P disponible son superiores a 15 ppm.

IV.2. NÚMERO DE PLANTAS POR SUPERFICIE

La figura N° 5 muestra el número de plantas/m² para el factor labranza. Esta presentó diferencias significativas ($p= 0,0146$). La SD tuvo mayor población (26 plantas/m²) respecto a la LR (21 plantas/m²), no encontrándose diferencias entre LR y LC (24 plantas/m²), ni tampoco entre SD y LC.

Según Baigorri *et al*, (citado por Oviedo 2005) el mayor número de plantas/m² está asociado a la humedad edáfica al inicio del ciclo del cultivo, por lo cual los tratamientos bajo siembra directa presentan ventajas comparativas respecto a los sistemas con labranza. Por otra parte confirma que deficiencias hídricas al comienzo del ciclo no sólo pueden dificultar la germinación por un menor contenido de agua para el proceso de imbibición y emergencia (asociado a la formación de capas duras), sino también pueden reducir la disponibilidad de nutrientes en etapas posteriores debido a que las raíces no pueden crecer ni absorber nutrientes en las capas superficiales del suelo que están secas, esto coincide con lo expuesto por Kantolic *et al*. (2003), quienes indicaron que la humedad del suelo al inicio resulta clave para definir el establecimiento de las plántulas a través de su efecto directo sobre la imbibición e indirectamente a través de sus interacciones con el oxígeno del suelo, la temperatura, la profundidad de siembra o el estado de la superficie del suelo.

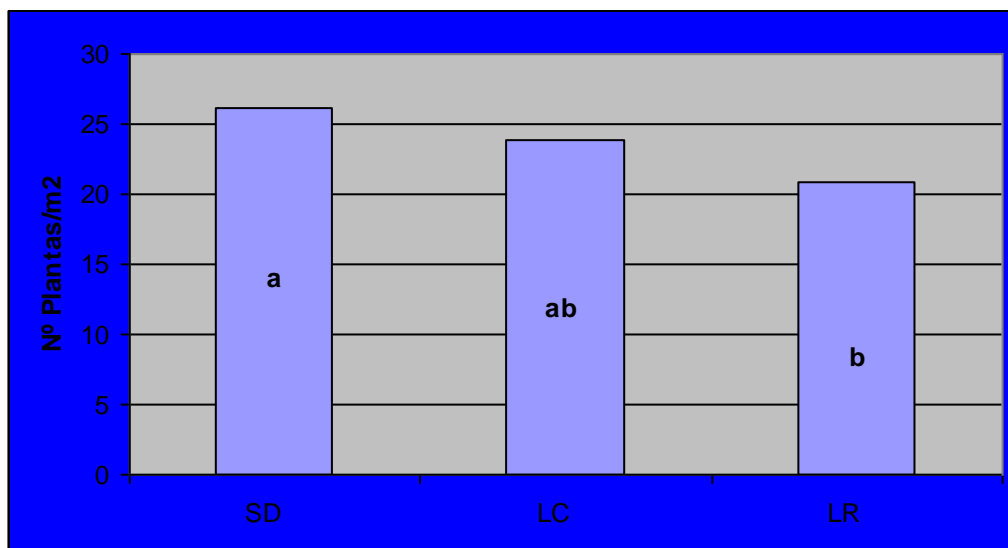


Figura N°5: Número de plantas/m² en diferentes sistemas de labranza. Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

La figura N° 6 muestra el número de plantas/m² para los tratamientos con y sin fertilizante. No se observaron diferencias significativas para los tratamientos ($p= 0,0716$). Se observó una tendencia en el test de Duncan donde el tratamiento no fertilizado tuvo mayor número de plantas que el fertilizado. Estos resultados son similares a los encontrados por Rovera (2006), quien indica que el PDA tiene un efecto de toxicidad aumentando el pH y disminuyendo el número de plantas a cosecha.

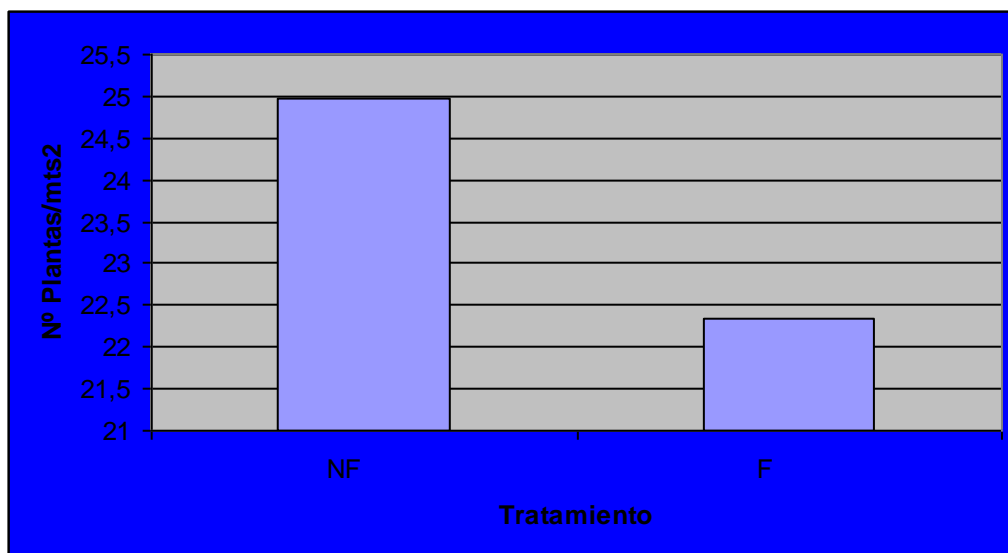


Figura N°6: Número de plantas/m² en función de tratamientos con y sin fertilizante. F= fertilizado (22 plantas/m²), NF= no fertilizado (25 plantas/m²). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test Duncan (5 %).

Kantolic, *et al.*, (2003) sostiene 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.

IV.3. NUMERO DE FRUTOS POR PLANTA

La figura N° 7 (N° de frutos/planta) respecto al factor labranza muestra que no existen diferencias significativas entre LC (39 frutos/planta), LR (38 frutos/planta) y SD (35 frutos/planta) ($p= 0.1502$). Si bien no existen diferencias en esta variable, se observa una tendencia similar a lo observado en el número de frutos por superficie.

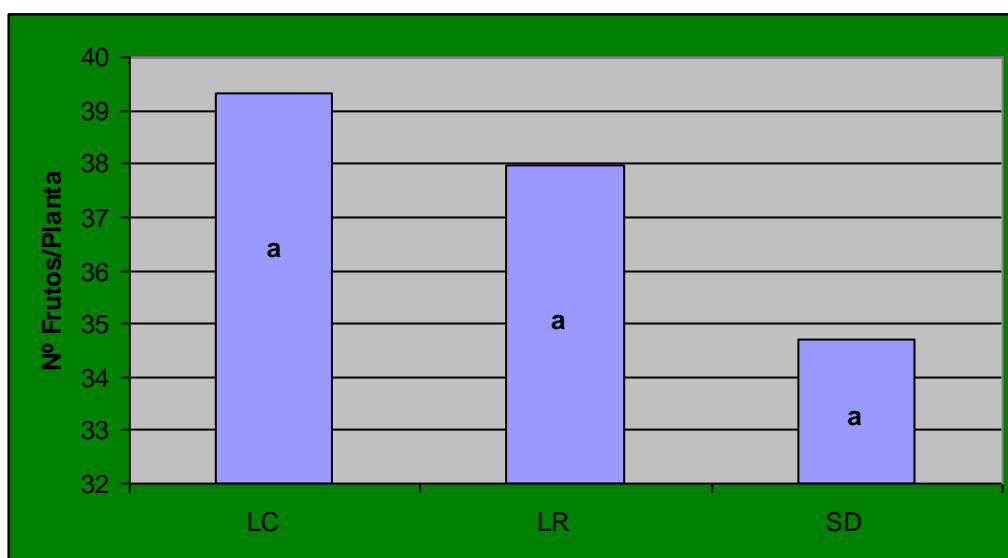


Figura N°7: número de frutos/plantas en diferentes sistemas de labranza. SD= siembra directa, LC= labranza convencional, LR= labranza reducida.

La figura N° 8 muestra el N° de frutos/planta para los tratamientos con y sin fertilizante. El tratamiento fertilizado tuvo diferencias altamente significativas respecto del no fertilizado ($p= 0,0001$), encontrándose un 25 % mas de frutos del primero respecto al segundo.

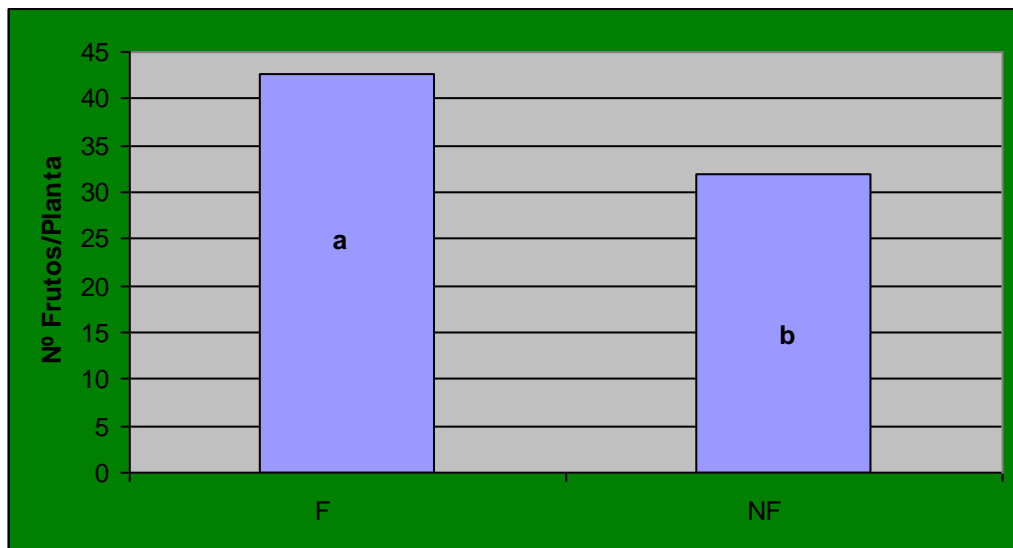


Figura N°8: Número de frutos/plantas en función de tratamientos con y sin fertilizante. F= fertilizado (43 frutos/planta), NF= no fertilizado (32 frutos/planta). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test Duncan (5 %).

El principal subcomponente que aquí estaría generando la diferencia es el número de frutos que tiene una respuesta muy marcada y ésta se encuentra vinculada a la disponibilidad P con que la planta cuenta para nutrir sitios de activa división celular. Como se aprecia en la figura N° 6 existe una respuesta marcada al agregado extra de fertilizante logrando mayor número de frutos/planta que su tratamiento par NF. Rovera (2006) sostiene que una deficiencia de P disminuye la eficiencia de uso de radiación capturada y consecuentemente el número de frutos.

IV.4. PESO DE 100 SEMILLAS

La figura N° 9 muestra el peso (gr) de 100 semillas, logrado con diferentes sistemas de labranza. La probabilidad del modelo es de $P= 0.0843$. LR (16,13 gr) superó estadísticamente a la SD (15,64 gr), pero no observaron diferencias entre LR y LC (15,73 gr) ni tampoco entre LC y SD, según test Duncan (5 %)

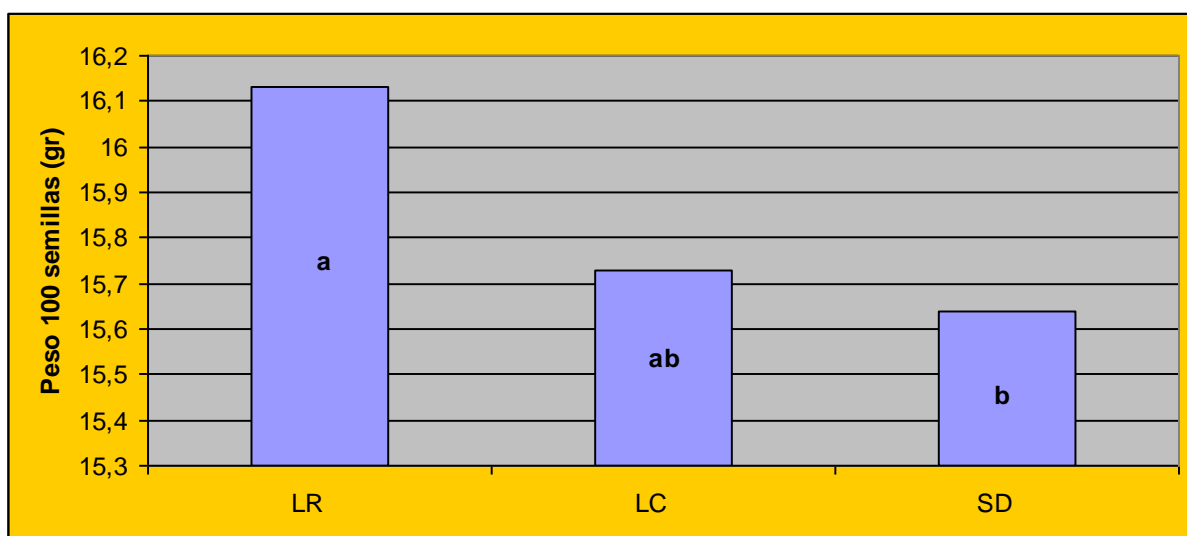


Figura N° 9: Peso de 100 semillas (gr) en diferentes sistemas de labranza. SD= siembra directa, LC= labranza convencional, LR= labranza reducida. Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

La figura N° 10 muestra el peso (gr) de 100 semillas para tratamientos con y sin fertilizante. No se observaron diferencias estadísticas entre tratamientos ($p=0.8033$).

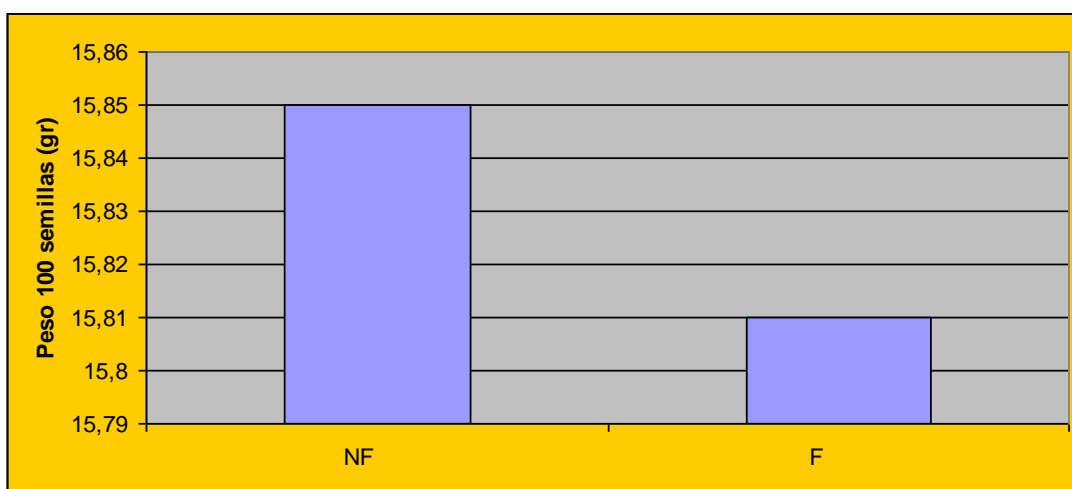


Figura N° 10: Peso 100 semillas (gr) en función de tratamientos con y sin fertilizante. F= fertilizado (15,82 gr), NF= no fertilizado (15,85 gr). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test Duncan (5 %).

Estos resultados son diferentes a los observados por Gutierrez Boem y Thomas (1999) quienes aseguran que el peso de 100 semillas se incrementa ante la aplicación de fertilizante Fosforado. Por su parte, Rovera (2006) observó que el peso de 100 semillas

aumentó con la aplicación de S y con la combinación de S y P, y encontró una tendencia no significativa de aumento con el agregado de P (15,82 gr), respecto al testigo (15,15 gr).

IV.5. NUMERO DE SEMILLAS POR SUPERFICIE

La figura N° 11 muestra el número de semillas/m² para los sistemas labranza evaluados, existiendo diferencias estadísticas significativas ($p= 0.0360$). La LC (1994 semillas/ m²) superó a LR (1751 semillas/m²), pero sin diferir estadísticamente entre LC y SD (1897 semillas/m²), ni tampoco entre SD y LR según test de Duncan (5%).

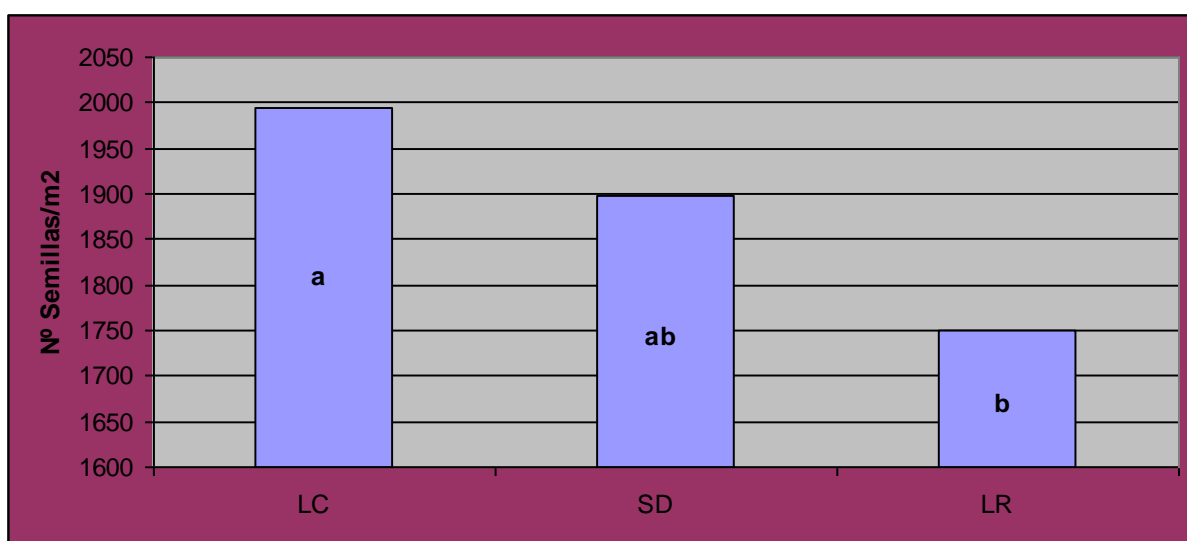


Figura N° 11: Numero semillas/m² en diferentes sistemas de labranza. SD= siembra directa, LC= labranza convencional, LR= labranza reducida. Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

La figura N° 12 muestra el número de semillas/m² obtenido en tratamientos con y sin fertilizante. Se observaron diferencias altamente significativas ($p= 0.0001$) en esta variable. El tratamiento F (2095 semillas/m²) superó a NF (1666 semillas/m²) en un 20,5 %.

Gutierrez Boem y Scheiner (2000), aseguran que el balance negativo de nutrientes tiene una fuerte incidencia sobre la disminución en el número de granos, pero ese balance negativo adquiere singular importancia en el caso del P ya que prácticamente la fertilización es su única vía de entrada al sistema. Adicionalmente, es un nutriente de elevada residualidad y baja eficiencia de recuperación cuando es agregado vía fertilización (Gutiérrez Boem y Thomas, 2001), por lo que las consecuencias de un desbalance afectan la productividad de los siguientes cultivos de la rotación. Sin embargo, no se ha cuantificado con certeza cómo impacta el balance de P (extracción-reposición) sobre su disponibilidad en los suelos.

La cantidad del nutriente que es necesario aportar para incrementar la disponibilidad en 1 ppm es difícil de generalizar, ya que depende de las características del sitio tales como la textura y la disponibilidad inicial del nutriente (Gutiérrez Boem y Thomas, 2001).

El mayor número de granos logrado en los sistemas LC y SD fue debido tratamiento a un balance positivo de nutrientes que pueden ser tomados por el cultivo, impactando favorablemente sobre el número de granos.

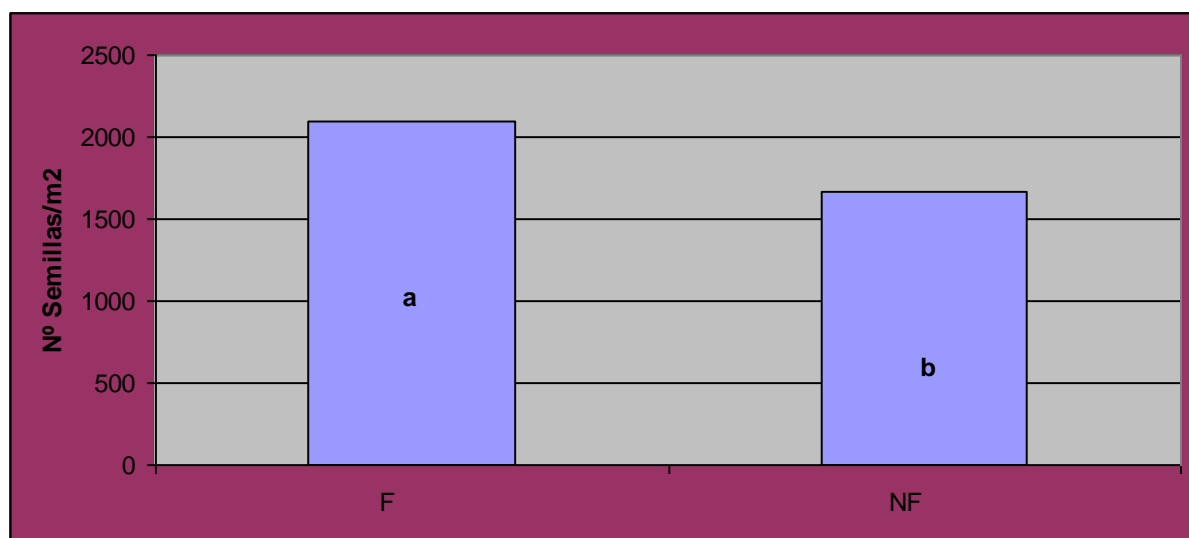


Figura N° 12: Número semillas/m² en función de tratamientos con y sin fertilizante. F= fertilizado (2095 semillas), NF= no fertilizado (1666 semillas). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test Duncan (5 %).

IV.6. NÚMERO DE SEMILLAS POR FRUTO

La figura N° 13 muestra el número de semillas/fruto, para tres sistemas de labranza. Se observó una tendencia no significativa entre los niveles del factor ($p= 0.1349$), con rangos de 2.18 a 2.25 semillas/fruto.

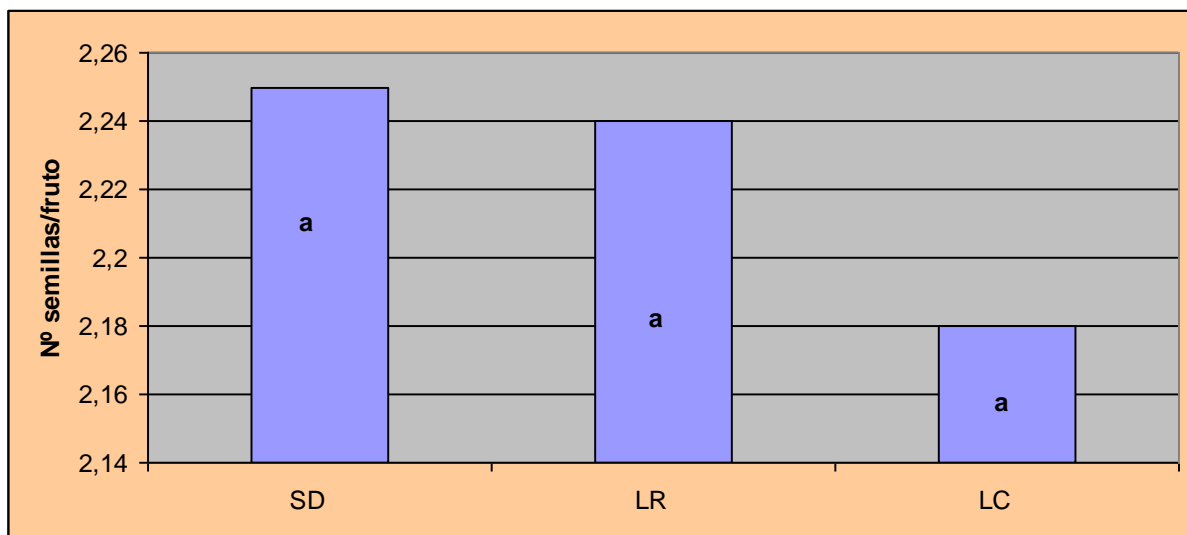


Figura N° 13: Número semillas/fruto en diferentes sistemas de labranza. SD= siembra directa (2 semillas/fruto), LC= labranza convencional (2 semillas/fruto), LR= labranza reducida (2 semillas/fruto). Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

La figura N° 14 muestra el número de semillas/fruto para los tratamientos fertilizados y no fertilizados. No se encontraron diferencias estadísticas significativas entre ellos: F 2.25 semillas/fruto y NF 2.19 semillas/fruto.

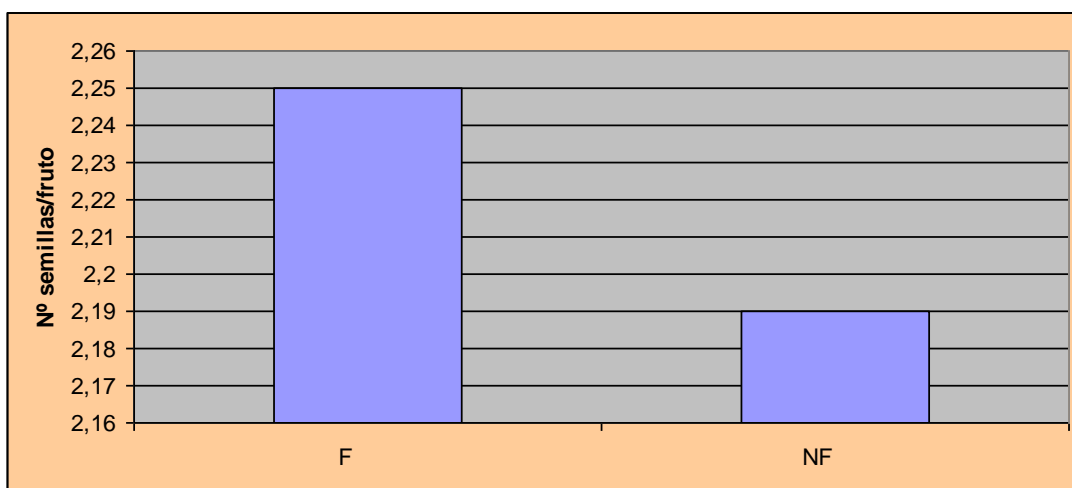


Figura N° 14: Número semillas/fruto en función de tratamientos con y sin fertilizante. F= fertilizado (2 semillas/fruto), NF= no fertilizado (2 semillas/fruto).

Estos resultados confirman lo indicado por Kantolic *et al.*, (2003), quienes indican que el número de semillas por fruto es un componente de alta heredabilidad y bajo efecto ambiental.

IV.7. RENDIMIENTO

La figura N° 15 muestra el rendimiento kg ha^{-1} del cultivo de soja bajo diferentes sistemas de labranza. El ANAVA mostró para esta variable una $p= 0.0838$. La LC (3140 kg ha^{-1}) superó estadísticamente a LR (2822 kg ha^{-1}) en un 10.16 %, sin diferencias estadísticas significativas entre la LC y la SD (2947 kg ha^{-1}) ni tampoco entre SD y LR según test de Duncan al 5%.

Aquí la diferencia entre LC y LR es debida probablemente al efecto de la mineralización, donde la aireación provocada por el laboreo, genera un pool de nutrientes disponibles que benefician al cultivo en este tipo de ambientes bajo estudio (La Aguada) en donde la carencia nutricional es muy marcada (Gabriel Espósito comunicación personal), dato que se confirma al evaluar los resultados obtenidos en el tratamiento que recibe aporte externo de fertilizante.

Díaz-Zorita y Grove (1999) aseguran que la incorporación de prácticas de labranza cero en cultivos oleaginosos, permiten lograr rendimientos similares y aún mayores que los desarrollados en sistemas con laboreo. Bajo estas prácticas resulta importante la acumulación de mayores volúmenes de rastrojo y la necesidad de realizar ajustes nutricionales en las etapas iniciales del cultivo. Por otro lado consideran importante mantener estas prácticas aún en condiciones de respuestas no significativas entre distintos sistemas de labranza, con el objetivo de permitir el adecuado desarrollo de un sistema estructural estable y el logro de beneficios en el resto de los cultivos en rotación.

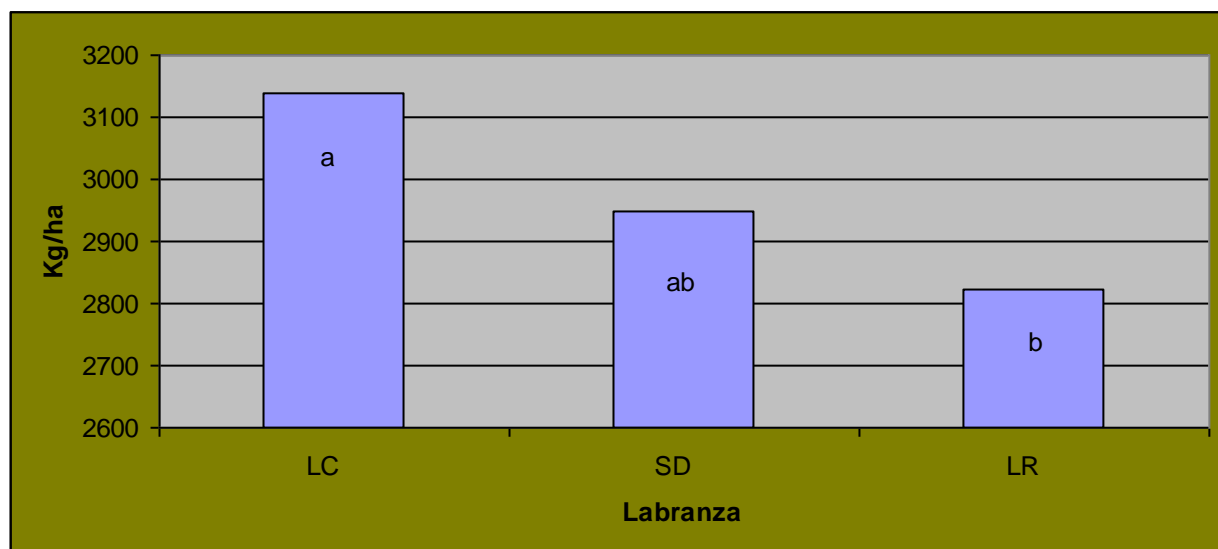


Figura N° 15: Rendimiento (kg/ha) en diferentes sistemas de labranza. SD= siembra directa, LC= labranza convencional, LR= labranza reducida. Letras distintas indican diferencias significativas según test Duncan (5 %).

La figura N° 16 muestra el rendimiento (kg ha^{-1}) en los tratamientos con y sin fertilizante. Existen diferencias de rendimiento altamente significativas ($p= 0.0001$) entre tratamientos. Cuando se aplicó fertilizante se obtuvo un 20.4 % (3307 kg ha^{-1}) más de rendimiento respecto a su par no fertilizado (2632 kg ha^{-1}).

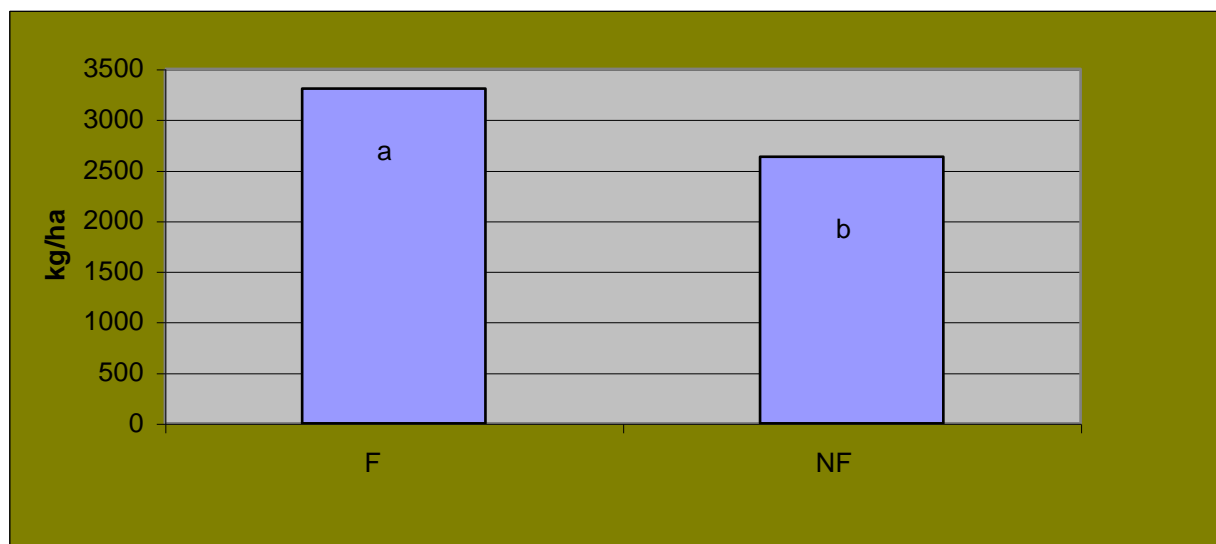


Figura N° 16: Rendimiento (kg ha^{-1}) en función de tratamientos con y sin fertilizante. F= fertilizado (3307 kg ha^{-1}), NF= no fertilizado (2632 kg ha^{-1}). Letras iguales indican que no existen diferencias significativas según test Duncan (5 %).

Esta respuesta del rendimiento a la aplicación de fertilizante fosforado coincide con lo descrito por Gutierrez Boem y Thomas (2001), quienes afirman que el rendimiento del cultivo de soja, como el de otros cultivos puede descomponerse en número de granos y peso individual de los granos, pero aclaran que la caída en los rendimientos debido a una deficiencia de P, se debe en general a una disminución en el número de granos. Por el contrario el peso de los granos raramente es afectado. Bien sabemos que el número de granos del cultivo de soja se determina durante la formación de las vainas, esto es, entre floración y el comienzo del llenado de los granos. Para poder maximizar el rendimiento, es importante que durante esta etapa el cultivo pueda hacer un uso eficiente de los recursos del ambiente disponibles, como por ejemplo la radiación solar. Lograr una buena cobertura es importante para que el cultivo pueda capturar toda la radiación incidente. Para ello debe haber desarrollado un área foliar tal que le permita cubrir bien el suelo. Una buena cobertura a floración va a depender, entre otros factores, de la disponibilidad de P del suelo. Una vez capturada la radiación incidente, esta energía es transformada en biomasa. La eficiencia de esta conversión ($\text{kg de materia seca acumulada por unidad de energía capturada}$) puede variar debido al estado nutricional del cultivo. Incluso, cuando la deficiencia de fósforo no es tan severa como para disminuir en forma importante la formación de área foliar, la eficiencia

con que el cultivo hace uso de la radiación capturada puede ser afectada. En síntesis, una deficiencia fosforada en soja puede provocar una caída en los rendimientos por su efecto sobre la formación del área foliar y, por lo tanto sobre la cantidad de radiación capturada, y también por su efecto sobre la eficiencia de conversión de esta radiación en materia seca. La suma de estos efectos provoca un menor crecimiento entre floración y comienzo de llenado de los granos, un menor número de granos y, por lo tanto, un menor rendimiento. Se puede decir que hay cada vez más evidencia que la fertilidad fosforada de los suelos en la región pampeana es en muchos casos insuficiente para obtener buenos rendimientos. Las causas hay que buscarlas en que estas deficiencias nutricionales reducen el crecimiento del cultivo, impiden que éste haga un uso eficiente de los recursos del ambiente y, por lo tanto, disminuyen los rendimientos. El análisis de suelo previo a la siembra nos provee de la información necesaria para predecir una deficiencia, y el agregado de fertilizantes a la siembra nos permite corregirla. Es válido suponer que de continuar con la práctica de producir soja sin atender a la fertilidad del suelo, no sólo estaremos empobreciendo cada vez más el suelo, sino también las cosechas.

Scheiner *et al* (2000), afirman que la única manera de esperar respuestas positivas en el rendimiento del cultivo de soja ante una fertilización fosforada es cuando en el suelo se encuentren umbrales que estén por debajo de las 13 ppm de P. En el sitio experimental (La Aguada) se registraron valores inferiores a los indicados por García (2003) (7 ppm), confirmando la respuesta de esta práctica. Por otro lado el mismo autor aclara que el P es un nutriente poco móvil y de prolongada residualidad, gracias a que una vez en el suelo, es absorbido por el complejo coloidal. Por ello es que se torna sumamente importante emplear prácticas tendientes a restituir en el largo plazo la fracción de nutrientes que es exportada con los granos.

Scheiner *et al* (2000), asegura que los nutrientes del suelo son como el dinero en una cuenta bancaria, si las extracciones superan los depósitos se marcha hacia una ruina segura. Todo indica que estamos agotando el crédito que la naturaleza nos proveyó y que va siendo hora de realizar algún depósito.

IV.8. Relaciones entre variables

La figura N° 17 muestra el biplot del análisis de componentes principales que explica el 76.9 % (entre componentes). En el CP1 (57.1 %) se puede observar que existe estrecha relación entre el rendimiento y el número de frutos, el número de semillas, y una relación inversa entre estas variables y el peso de 100 semillas. En el CP2 (19.8 %) se observa una leve relación inversa entre rendimiento y el número de frutos /planta y número de semillas por fruto.

Estos resultados confirman la respuesta que poseen la mayoría de los cultivos de grano, donde el rendimiento de soja resulta de dos componentes numéricos independientes entre si que son: el número de granos por unidad de área y el peso de los mismos. Las variaciones en el número de granos provocadas por el ambiente están estrechamente asociadas con cambios en el rendimiento, no siendo tan inversa la relación entre el peso de los granos y el rendimiento, Kantolic *et al.*, (2003).

El número de granos por vaina tiene un alto grado de control genético pudiendo encontrar generalmente entre 1 y 4 granos por vaina. Por su parte el peso de los granos puede oscilar en un rango de entre 80 y más de 400 mg.

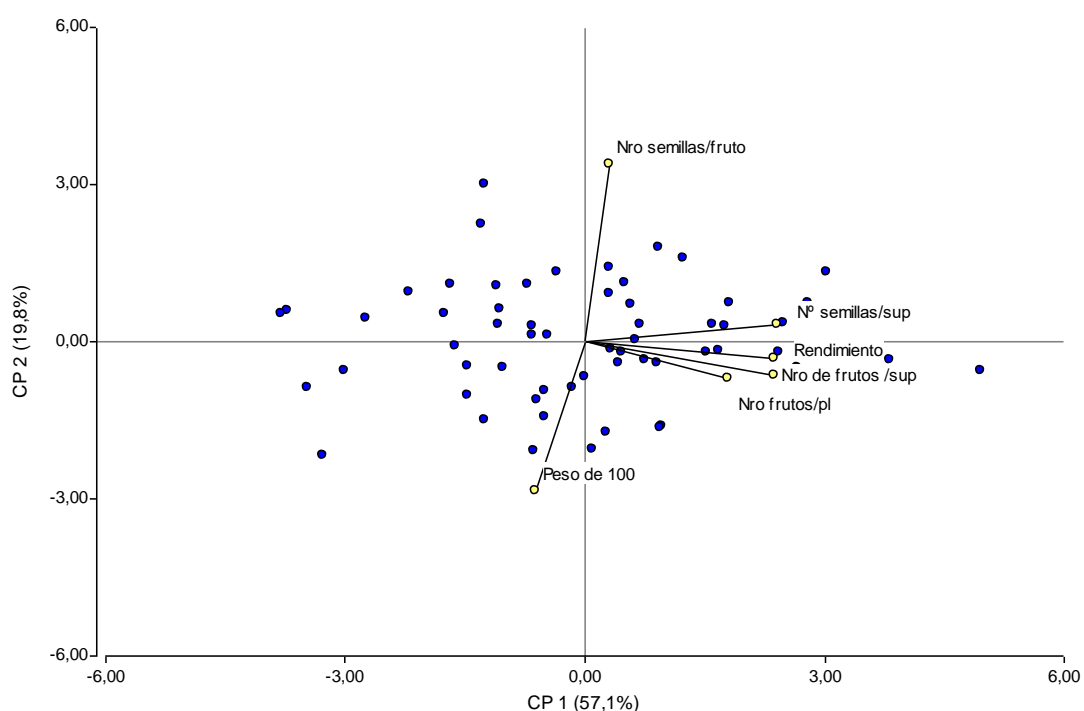


Figura N° 17: Biplot (componentes principales) de las variables estudiadas. Número y peso de frutos/m², número y peso de semillas/m², número de semillas/frutos, número de frutos/pl, peso de 100 semillas y rendimiento.

V. CONCLUSIONES

- Los suelos con bajo contenido inicial de P como los de La Aguada respondieron en el rendimiento del cultivo de soja en forma altamente significativa al agregado de fertilizante fosforado, debido principalmente a un aumento en los componentes del rendimiento (número y peso de frutos, número y peso de semillas) sin afectar el peso de 100 semillas ni el número de plantas.
- La LC tuvo mayor rendimiento que la SD, probablemente por el efecto que el laboreo ejerce sobre la mineralización y disponibilidad de nutrientes en este tipo de ambientes.
- Sería importante continuar validando técnicas de manejo como las labranzas, fertilizaciones y rotaciones para lograr rendimientos estables y sustentables en el tiempo, evitando de esta manera la degradación de un recurso tan valioso como es el suelo.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- ANDRIANI, J. M. 2002. El libro de la soja. Bases funcionales para la determinación del rendimiento y manejo del cultivo de soja.
- ANDRADE, F. H. 1995. Analysis of growth and yield of Maite, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. **Field Crops Res.** 41: 1-12.
- BAIGORRI, H. 2000. **Manejo del cultivo de la soja en Argentina.** INTA. Ed: Baigorri, H. y D. Croatto. 96 pp.
- BOTTA, F., R. ALBRECHT, H. VIVAS, H. FONTANETTO y HOTIAN 2002. Resultados económicos de distintas alternativas de fertilización en el sistema trigo/soja. INTA. Cáp. 21. 127 pags.
- CIRILO, A.G. and F.H. ANDRADE. 1994. **Sowing date and maize productivity:** I. Crop growth and dry matter partitioning. *Crop Sci.* 34:1039-1043
- DIAZ-ZORITA M, GROVE J H 1999. Labranza cero en girasol y soja en la pampa arenosa. En: <http://www.inta.gov.ar/ediciones/idia/oleaginosa/sojaygira03.pdf>. Consultado 11-08-06
- ESPOSITO, G. 2007 Doce años de experimentación de ganadería con siembra directa. **IV Simposio de ganadería en siembra directa (AAPRESID):** San Luis, Argentina.
- FARIÑA NUÑEZ, J. 1997. La importancia de la ubicación del fertilizante. Proyecto Fertilizar. INTA Número 8, Septiembre, 1997. www.imperiorural.com.ar. Consultado: 10/06/05.
- GARCÍA, F. 2003. Nutrición y manejo de la fertilización del cultivo de trigo en la región pampeana. En: www.impofos.org . Consultado: 10/06/05.
- GUTIERREZ BOEM, F.H y G.W. THOMAS 1999. Phosphorus nutrition and water deficits in field-grown soybeans. **Plant and soil.** 207(1): 87-96.
- GUTIERREZ BOEM, F.H y G.W. THOMAS 2001. Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficits. **Journal Plant Nutrition.** 24(11):1711-1729.
- GUTIERREZ BOEM, F.H y J.D SCHEINER 2000: Fertilización Fosforada del cultivo de soja. En:<http://www.elsitioagricola.com/articulos/gutierrezboem/Fertilizacion%20Fosforada%20del%20Cultivo%20de%20Soja.asp>. Consultado: 4-05-05
- INFOSTAT/P.2005. Software Estadístico Universidad Nacional de Córdoba.
- KANTOLIC, JIMÉNEZ Y DE LA FUENTE, MADDONNI, VILARIÑO Y GARCIA DE SALOMONE 2003. Producción de Granos. Bases funcionales para su manejo.
- MARELLI, H. 1997. Secuencia de cultivos y sistemas de labranza. En: Giorda, L. y H. Baigorri. El cultivo de soja en Argentina. INTA. Cáp. 8. 448 p.

- MELGAR, R.J., FRUTOS E., GALETTO M.L. Y H. VIVAS. 1995. El análisis del suelo como predictor de la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada. I congreso nacional de soja y II reunión nacional de oleaginosos. Pergamino 1995. Tomo I, pag. 167-174.
- MELGAR, R. 1998. Azufre en Soja, ¿qué opciones tenemos? Proyecto Fertilizar. INTA, N° 13 Dic.1998.
- OVIEDO C. 2005. Consumo y eficiencia de uso de agua de la soja en distintos sistemas de labranza con y sin fertilización. Trabajo final de grado. FAV-UNRC. 45 P.
- ROVERA, M.A. 2006. Rendimiento del cultivo de soja con fertilización azufrada y fosforada. Trabajo final de grado. FAV-UNRC. 19 P.
- SAGPYA. 2005. Dispersión geográfica del área sembrada promedio en las últimas cinco campañas. www.SAGPYA.gov.ar. Consultado: 06/06/05.
- SAGPYA. 2007. Estimaciones agrícolas. www.SAGPYA.gov.ar. Consultado: 28/03/08.
- SCHEINER J.D., F.H. GUTIÉRREZ BOEM, J. PIROTTA Y R.S. LAVADO. 2000. Respuesta del cultivo de soja a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados en el norte de la Provincia de Buenos Aires. **XVII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo**, Comisión 3 no. 62. Mar del Plata. 11 al 14 de abril de 2000.

ANEXO 1

Horizonte	A	Bw1	Bw2	BC	C
Profundidad (cm)	0-30	30-43	43-60	60-74	+74
Materia Orgánica (%)	1.58	0.89	0.69	0.3	-
Arcilla < 2 μ	15	12	8	6	6
Limo 2-50 μ	40.5	37	40	37	35
Arena 50-1000 μ	45	51	50	55	58
pH	6.8	7	7.1	7.2	7.5

- A:** Bloques subangulares, medios, moderados. Límite inferior claro, suave.
- Bw1:** Bloques subangulares, gruesos, moderados a débiles. Límite inferior claro suave.
- Bw2:** Bloques subangulares, gruesos y medios, débiles a moderados. Límite inferior gradual suave.
- BC:** Bloque angulares, medios, débiles. Límite inferior gradual suave.
- C:** A pedal. Límite inferior gradual suave.