

UNIVERSIDAD NACIONAL DE RÍO CUARTO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y VETERINARIA

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

EFEECTO DE LA ROTACIÓN, LABRANZA Y FERTILIZACIÓN
FOSFATADA SOBRE LA MATERIA SECA Y EL RENDIMIENTO
EN SOJA

Alumno: COSTANTINO, José Luis.

D.N.I: 29.123.207

Director: Ing. Agr. MSc. CERIONI, Guillermo A.

Río Cuarto, Córdoba

Diciembre de 2005.

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

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

**EFFECTO DE LA ROTACIÓN, LABRANZA Y FERTILIZACIÓN FOSFATADA
SOBRE LA MATERIA SECA Y EL RENDIMIENTO EN SOJA.**

Autor: COSTANTINO, José Luis.

DNI: 29.123.207

Director: Ing. Agr. MSc. CERIONI, Guillermo A.

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

Ing. Agr. BASCONSUELO, Sara _____

Ing. Agr. CISNEROS, José Manuel _____

Ing. Agr. GROSO, Liliana _____

Fecha de Presentación: 02 / Diciembre / 2005 .

Aprobado por Secretaría Académica: ____/____/____.

Secretario Académico

A mis padres, Ana Gloria y Eneldo.

AGRADECIMIENTOS.

Quiero expresar el más sincero agradecimiento para todos aquellos que de forma desinteresada, mediante la dedicación de su tiempo, conocimientos y valores, contribuyeron con el presente trabajo. Entre ellos quisiera mencionar:

- A Dios, ser supremo y nuestro creador.
- A la Universidad Nacional de Río Cuarto y a la Facultad de Agronomía y Veterinaria por la formación profesional y moral durante estos años en los que me cobijó.
- Al Ing. Agr. MSc. Guillermo Cerioni, por su constante dedicación, consejos y amistad.
- Al Ing. Agr. Leonidas Cholaky, por su paciencia, aportes y por dedicar parte de su valioso tiempo.
- A las Ing. Agr. Giselda Santa y Elena Fernández por su ayuda, sugerencias y permanente disponibilidad.
- A la mujer que amo, Miriam, por todo el amor y la colaboración desinteresada que día a día me brinda.
- A mis amigos, porque permanentemente me están brindando su incondicional apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	Página
Certificado de aprobación	2
Índice general	5
Índice de figuras	6
Índice de tablas	7
Resumen	8
Summary	9
I. Introducción	10
1.1 Hipótesis	19
1.2 Objetivo general	19
1.3 Objetivos específicos	20
II Materiales y métodos	21
III Resultados y discusión	25
3.1 Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo	25
3.2 Rotaciones	27
3.2.1 Materia seca aérea total.	27
3.2.2 Rendimiento y sus componentes.	29
3.3 Labranzas	31
3.3.1 Materia seca aérea total.	31
3.3.2 Rendimiento y sus componentes.	32
3.4 Fertilización	34
3.4.1 Materia seca aérea total.	34
3.4.2 Rendimiento.	36
IV Conclusiones	39
V Bibliografía	40

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura N° 1: Evolución de las precipitaciones (mm) y radiación solar incidente durante la estación de crecimiento del cultivo.	15
Figura N° 2: Evolución de la temperaturas aéreas máximas, mínimas, medias y de las temperaturas de suelo correspondientes al ciclo de crecimiento del cultivo.	16
Figura N° 3: Materia seca aérea total para tres tipos de rotaciones.	17
Figura N° 4: Materia seca aérea total en distintos sistemas de labranza.	21
Figura N° 5: Materia seca aérea total con y sin fertilizante.	24

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla N° 1: Producción de materia seca aérea total (g.m^{-2}), en tres rotaciones.	18
Tabla N° 2: Componentes del rendimiento, en tres rotaciones.	19
Tabla N° 3: Producción de materia seca aérea total (g.m^{-2}), en tres sistemas de labranza.	21
Tabla N° 4: Componentes del rendimiento, en tres sistemas de labranza.	23
Tabla N° 5: Producción de materia seca aérea total (g.m^{-2}) en parcelas con y sin fertilizante.	25
Tabla N° 6: Componentes del rendimiento.	25

RESUMEN

La producción de materia seca y el rendimiento y sus componentes del cultivo de soja fue evaluado en diferentes rotaciones, labranzas y con y sin fertilizante fosfatado, durante el período 2003/04, en el establecimiento Pozo del Carril, de la Facultad de Agronomía y Veterinaria - Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado en proximidad al paraje La Aguada, al oeste de la ciudad de Río Cuarto. El suelo es un Hapludol típico, franco arenoso muy fino, sobre el cual desde 1994 se está desarrollando un Programa de investigación interdisciplinario en el que se efectúan tres rotaciones (agrícola-ganadera, agrícola pura y agrícola con pastoreo de los rastrojos), sobre las que se realizan tres tipos de labranzas (Siembra Directa, Labranza Reducida y Labranza Convencional), con y sin adición de fertilizante fosfatado. El diseño experimental implementado fue el de bloques completos aleatorizados con un arreglo espacial en parcelas subdivididas y dos repeticiones. La producción de materia seca aérea total fue afectada significativamente por la rotación, en la agrícola-ganadera la soja tuvo una menor producción que en las de agricultura pura; y por la fertilización fosfatada. Las labranzas no ejercieron ningún efecto sobre esta variable. El rendimiento y sus componentes, del cultivo de soja, no manifestaron variaciones significativas ante las rotaciones, las labranzas y la fertilización fosfatada.

Palabras claves: soja, rotaciones, sistemas de labranza, fertilización fosfatada, materia seca, rendimiento.

SUMMARY

The production of dry matter and the yields and its components of the soybean crop was tested in different rotations, tillage system and with phosphorous fertilizer, during the period 2003/04, in the field "Pozo del Carril ", of the Agronomy and Veterinary Faculty – Río Cuarto National University, located near the village La Aguada, in the west of the city of Río Cuarto. The soil is a typical Hapludol, fine sandy loam, on which from 1994 it is being developed an Interdisciplinary Research. Program in which three rotations are applied: agricultural-livestock; agricultural and agricultural with straw grazing, on which three kinds of tillage system are done (zero tillage, minimum tillage and conventional tillage), with or without the application of phosphorous fertilizer. The experimental design applied was that of block randomized completely split split plot, and two repetitions. The production of total dry matter was significantly affected by the rotation; in the agricultural-livestock rotation the soybean, had a minor production. The phosphorous fertilization produced mayor dry matter. The tillage system didn't have any effect on this variable. The yield and the components of the soybean crop didn't show effects due to the rotations, the tillage system and the phosphorous fertilization.

Key words: soybean, rotations, tillage systems, phosphorous fertilization, dry matter, yield.

I. INTRODUCCIÓN

La soja (*Glycine max* Merr.) es un cultivo que se adapta a un amplio rango de condiciones climáticas y edáficas, pudiendo ser sembrado en la mayoría de las áreas agrícolas del mundo. Gracias a su habilidad de fijar nitrógeno (N) en simbiosis con *Bradyrhizobium japonicum*, es un cultivo adecuado para combinar en el tiempo con otros como maíz o arroz, de alto consumo de ese elemento. El grano tiene, además, usos finales versátiles: alimento humano, alimentación animal y material industrial (e-campo.com - 2005).

La soja es una de las principales especies productoras de proteínas para la dieta humana y animal, ya que sus granos contienen 40 % de proteína de excelente calidad; las semillas poseen, además un 20 % de aceite. Los granos enteros pueden ser consumidos directamente o a través de panificación; sin embargo, el valor económico de la especie radica en la obtención del aceite y la utilización de las harinas de extracción. Desde el punto de vista industrial no alimenticio, el aceite de soja es empleado en la manufactura de poliésteres de bajo peso molecular, como agente plastificante, como fluido hidráulico y en la producción de tintas. Un importante subproducto de la extracción del aceite, la lecitina de soja, por sus propiedades emulsificantes y antioxidantes encuentra aplicación como aditivo alimenticio y en la industria farmacéutica y cosmética. Las harinas de extracción se utilizan principalmente como suplemento proteico para animales, son de alto valor alimenticio por su equilibrada composición aminoacídica, pero también pueden utilizarse como materia prima para la elaboración de alimentos para humanos o para la fabricación de antibióticos, adhesivos y pinturas. (Cátedra de Cultivos Industriales – FAUBA, 2005).

En la campaña 2004/05, los países con mayor producción de soja fueron Estados Unidos de Norteamérica, Brasil, Argentina, China e India (51, 21, 13, 9 y 4 % de la producción total, respectivamente). Para ese mismo año agrícola, la producción total mundial fue de 190 millones de t., con un rendimiento promedio de 22 q.ha⁻¹ y una superficie de 86.3 millones de hectáreas. En el comercio mundial se comercializan 63.73 millones de t., lo que representa un 33.5 % de la producción mundial de esta oleaginosa (e-campo.com -2005).

La producción del MERCOSUR, en la campaña 2004/05, representó el 46,40 % de la producción mundial (SAGyP, 2005).

En Argentina, el cultivo de soja en los últimos 10 años experimentó un crecimiento exponencial en cuanto a la superficie destinada a su siembra. Entre las causas de dicha expansión merecen destacarse: la aparición de los cultivares transgénicos, su excelente asociación con la siembra directa, el uso de adecuadas prácticas tecnológicas

zonales; es decir, la combinación de variedades adaptadas a los distintos ambientes ecológicos, adecuadas fechas de siembra, y el correcto manejo de insumos, todo lo cual tiene un impacto directo sobre la rentabilidad de la empresa agropecuaria.

La provincia de Córdoba siguió la evolución del país en cuanto al incremento del área destinada a la siembra de esta oleaginosa (e-campo.com -2005).

Argentina es el primer exportador de aceite y segundo de harina de soja (SAGyP, 2005).

Hoy el cultivo tiene un papel estratégico dentro de las rotaciones siendo un adecuado antecesor para cultivos de invierno y para maíz. Además, cumple un importante papel como cultivo de segunda sobre trigo, contribuyendo a diluir los costos fijos de este último (e-campo.com -2005).

Durante la década del noventa, se evidencia un claro aumento de la superficie destinada a agricultura en el orden al 12 % del total de la superficie pampeana, en desmedro de la superficie de praderas, por una mayor expectativa de rentabilidad en la agricultura (Peretti, 1999).

Esta irrupción agrícola se asienta en la siembra de cultivos primavero-estivales de baja restitución de materia orgánica, acompañada con un aumento en las labores de presiembra e incremento en el tamaño y peso de las maquinarias lo cual provoca alteraciones en las condiciones físicas (Bricchi, 1996; Cisneros *et al.*, 1996; Degioanni, 1998) y biológicas del suelo (Moreno *et al.*, 1996; Solá *et al.*, 1995).

El punto de inflexión que generó los cambios señalados, a partir de los cuales se acentuó esta tendencia, se dio en la campaña 1996/97 con la aparición en el medio de materiales transgénicos tolerantes a glifosato, lo que facilitó, en combinación con la siembra directa la expansión del área bajo cultivo de soja (SAGyP, 2005).

Según Casas (1998), toda producción implica un deterioro ambiental: por extracción nutricional, por deterioro del suelo por labranzas o pastoreo, o por pérdida de biodiversidad dado el intenso uso de agroquímicos. Es por ello que la rotación mixta con praderas se plantea como un esquema de recuperación para mantener los niveles de producción en valores aceptables.

Las praderas mixtas, además de disminuir la necesidad de laboreo durante varios años, incorporan fertilidad física mediante la agregación del suelo que las raíces de gramíneas establecen, y fertilidad química mediante la fijación simbiótica y el aporte de hojarasca rica en nitrógeno de las leguminosas (Racca *et al.*, 2002).

Para Leteo (1985) y Garay (1989), las secuencias de cultivo y el tipo y cantidad de labranzas son factores que modifican las propiedades físicas de la superficie del suelo, entre ellas la densidad aparente (DAP), que afecta indirectamente el desarrollo vegetal a

través de sus efectos sobre cuatro variables fundamentales: disponibilidad de agua, disponibilidad de oxígeno, temperatura y resistencia mecánica.

El factor secuencia de cultivos incide significativamente sobre la DAP superficial (Gerard, 1988, y Gudelj y Masiero, 2000).

Según Gudelj *et al.* (2000), es normal que en suelos laboreados la DAP superficial sea baja, aunque el uso de implementos como arado de discos pueda producir capas compactadas inmediatamente debajo de la profundidad de labranza. Caracterizan al sistema de SD como aquel que no remueve al suelo, muy susceptible a la compactación, debido a la consolidación natural de las partículas, al tráfico de las maquinarias o al pisoteo de los animales principalmente cuando el suelo está muy húmedo. Según Marelli-Arce (1996), el aumento en la DAP no llega a ser un impedimento serio para el rendimiento de los cultivos siempre que una buena cobertura de suelo mantenga una adecuada humedad edáfica. Por su parte, Nardone (1994), explica que los poros que se generan como consecuencia de la mayor actividad de la fauna edáfica, del sistema radicular de los cultivos y malezas y la falta de labranzas, hacen que se mantenga la continuidad de los mismos aumentando la infiltración.

Para la región de la llanura ondulada del sur de la provincia de Córdoba, Espósito (2002), ha señalado que las labranzas conservacionistas permiten infiltrar una mayor proporción del agua de lluvia, por una mayor cantidad y continuidad de los macroporos del suelo, que la labranza convencional. Este aumento de la infiltración permitió mantener el suelo con mayores niveles de humedad, con el consecuente efecto positivo sobre el rendimiento.

Gudelj *et al.* (2000) midieron la DAP en los primeros centímetros de suelo y la menor DAP la registraron en el sistema de LC, mientras que SD presentó valores más altos. También, en SD causa una leve densificación superficial durante los primeros años, pero luego el efecto tendió a revertirse probablemente por incremento de materia orgánica en los primeros centímetros de suelo y a la actividad biológica que produce la continuidad de este sistema.

Además, si bien la DAP aumentaba en SD continua en comparación a LC, la continuidad de SD brindaba alta eficiencia de uso del agua sobre todo en años de baja disponibilidad hídrica. Observaron que a través de los años la SD mantiene una buena estabilidad estructural.

El índice de estabilidad estructural es considerado por varios autores (Hamblin, 1991; Lal, 1993; Orellana, 1994) como un indicador global de sostenibilidad ya que se relaciona con la calidad de porosidad, el tenor orgánico y la actividad biológica. Una alta estabilidad estructural es indicio de poros estables que aseguran la entrada de agua al perfil, el intercambio gaseoso en el suelo y la atmósfera y la emergencia de las plantas,

así como también la penetración más fácil y rápida de las raíces y la prevención de la erosión eólica e hídrica. Además de estas ventajas físicas, una mejor estabilidad estructural evidencia mejores propiedades químicas (Palma *et al.*, 1984). Pocos estudios han considerado los efectos de la rotación para un amplio rango de cultivos y sistemas de cultivos sobre las propiedades del suelo (Anderson *et al.*, 1997). En evaluaciones realizadas en el área pampeana hubo registrada pérdidas de la estabilidad estructural del 53,3 % para los lotes con agricultura continuada. En el aspecto de estabilidad estructural del suelo, cuando una pastura compuesta de una especie leguminosa (alfalfa) y otra gramínea (pasto ovillo, festuca o falaris), ocupa un período en la rotación, los niveles de estabilidad de las partículas del suelo mejoran o se mantienen, compensando la pérdida que se produce en los ciclos agrícolas (Michelena e Irurtria, 1989).

Los rendimientos de los cultivos agrícolas como soja, maíz y sorgo en sistemas agrícolas permanentes se incrementan cuando se rotan entre ellos comparados con el monocultivo; es decir sería factible tener sistemas agrícolas sustentables utilizando rotaciones de cultivos adecuadas de gramíneas y leguminosas (maíz, soja, trigo). No obstante, niveles superiores de carbono y nitrógeno orgánicos son alcanzados incluyendo en la rotación pasturas perennes con alfalfa.

La inclusión de pasturas en la rotación, provee un mayor aporte de fitomasa aérea y radicular, permitiendo mejorar los niveles de materia orgánica. La presencia de las pasturas durante el ciclo ganadero de la rotación provee una serie de ventajas como: la productividad animal que se mide sobre ellas, la mejora en las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo, preservando el recurso y permitiendo que se pueda seguir realizando sobre estos suelos una producción sostenible, atenuando los efectos de la agricultura convencional (Lattanzi *et al.*, 2005).

Además, en esquemas de agricultura permanente, y con el empleo de labranza convencional, hay incrementos significativos en la susceptibilidad a la compactación, en el refinamiento del suelo y en la inestabilidad de los agregados. El laboreo intensivo del suelo conduce a una situación de degradación física: formación de costras superficiales (planchado y encharcamiento), presencia de capas densificadas, disminución de la capacidad de infiltración con el consiguiente incremento del escurrimiento superficial del agua y manifestaciones de erosión hídrica y eólica.

En todas las situaciones estudiadas se apreció el efecto destructivo sobre la estabilidad estructural del suelo que produce la LC aplicada en forma continua durante un largo período de tiempo, registrando pérdidas de estabilidad estructural respecto del suelo virgen de más del 70 %.

Vásquez *et al.* (1990), evaluaron para el norte de Buenos Aires y sur de Santa Fe pérdidas del 70 % como consecuencia del laboreo intensivo.

La SD presenta mejor estabilidad estructural luego de pastura y la mejora de esta variable está acompañada de mayor contenido de materia orgánica. Cuando la SD sigue a pastura el lote mantiene valores similares a los obtenidos por ella.

Se evidencia un deterioro de la estabilidad estructural como consecuencia del laboreo intensivo del suelo y del monocultivo.

Entre los sistemas de labranzas evaluados por Lattanzi *et al.* (2005), el de SD fue el de mejor comportamiento, destacándose por su incidencia favorable sobre la estabilidad estructural. No agrede mecánicamente al suelo, al dejar todos los residuos en superficie protegiendo a los agregados del impacto de la gota de lluvia, aumentando la materia orgánica en los primeros centímetros de suelo y la actividad biológica.

La compensación de rendimiento que produce la presencia de pasturas en la rotación se manifiesta por incrementos en los niveles de proteína de grano. Por su parte, Satorre (2005) expresa que en la región pampeana, la soja sembrada luego de un cultivo de maíz puede alcanzar rendimientos de un 10 a un 15% superior a los obtenidos luego de otro cultivo de soja. En este diferencial de rendimientos se conjugan, entre otros, factores asociados al deterioro fisicoquímico de los suelos: inestabilidad del sistema poroso y compactaciones al reducirse los contenidos de materia orgánica de los suelos, menor oferta de fósforo (P) como consecuencia de balances negativos entre extracciones y aportes del nutriente, aumento de la ocurrencia de plagas y enfermedades, etc. El efecto de las rotaciones sobre los rendimientos confiere un beneficio adicional cuando otras variables de manejo: fertilización, uso de genotipos tolerantes o resistentes a determinadas enfermedades, etc., aparentemente se encuentran en un nivel óptimo. Si bien, en Argentina no hace mucho tiempo que se evalúan efectos de rotaciones con soja, abundan observaciones puntuales que muestran los efectos benéficos sobre el rendimiento de soja cuando el cultivo se realiza en ambientes bajo un balance adecuado de materia orgánica y ofertas adecuadas de nutrientes (Díaz – Zorita, 2005).

Según Peterson y Varvel (1989), los efectos de la ausencia de rotaciones sobre los rendimientos de soja son menos pronunciados en términos absolutos que para un cereal, pero similares en términos porcentuales de reducción de producción.

Estudios recientes concluyen que si bien la variabilidad de rendimientos en monoculturas es menor que en sistemas bajo rotación su retorno promedio en el largo plazo es más inestable y de mayor riesgo.

Marelli *et al.* (2000) estudiaron la evolución del perfil de almacenamiento de agua en SD y en LC, detectando mayor humedad edáfica en SD. Esto responde directamente al porcentaje de agua de lluvia infiltrada y a un mejor manejo de las reservas debido al rastrojo en superficie. Pese a ello, cuando la humedad del suelo es

mayor por lluvias previas, las diferencias entre ambos sistemas disminuyen. El escurrimiento superficial fue menor en SD respecto de LC.

En cuanto a las propiedades fisicoquímicas del suelo, se destaca un mayor porcentaje de materia orgánica en los primeros 5 cm. del suelo bajo SD continua, evidenciando su redistribución en el perfil. Esta tendencia también se da para el P y K. El pH no varía con los distintos tipos de labranzas.

En SD al no efectuar movimientos de suelo se produce acumulación de rastros en superficie de los diferentes cultivos antecesores que se van sembrando. Al no perturbar físicamente la superficie del suelo y dejar residuos que alimentan la fauna y la microflora, se ponen en marcha procesos naturales que son los mismos que dieron origen a los suelos fértiles. Esa cobertura protege al suelo del impacto de las gotas de lluvia, evitando la destrucción de los agregados superficiales del suelo, favoreciendo la infiltración. Se disminuye así el inicio del proceso de erosión hídrica que se produce a través del escurrimiento hacia zonas más bajas del relieve.

Mediante la utilización de sistemas conservacionistas, y especialmente de siembra directa, se puede aumentar la cantidad de materia orgánica de los suelos, por la falta de oxidación, y a su vez disminuir la emisión de CO₂, fijando en el suelo aproximadamente 190 millones de t.año⁻¹ de carbono en las diferentes regiones agrícolas argentinas, disminuyendo paralelamente la erosión (Nardone y Montico, 2001).

Durante un período agrícola con labranzas convencionales, se produce una disminución de los niveles de materia orgánica. Primero porque los rendimientos de los cultivos están asociados a la proporción de nitrógeno que es liberado desde la materia orgánica y segundo porque el laboreo provoca su oxidación y pérdida para mineralización.

En agricultura con SD se observa un importante aumento del contenido de materia orgánica. Hasta los 18 cm. de profundidad, la SD mantuvo los niveles de materia orgánica en el tiempo (redistribuyó a la materia orgánica) mientras que LC disminuyó un 15 %.

En cuanto al efecto del pastoreo sobre la fertilidad del suelo, existen opiniones contradictorias. Por un lado, el aporte por heces puede ser significativo en volumen pero el mismo normalmente no es distribuido uniformemente, lo cual aumenta la heterogeneidad del suelo. En cambio, el aporte nutricional aumenta cuando las heces se distribuyen más uniformemente por emplear sistemas pastoriles intensivos, aunque este manejo implica un mayor grado de cosecha del forraje (Jarvis, 2000).

La soja es uno de los cultivos más extractivos de la región pampeana. Éste, como todos los oleaginosos, debido a la mayor deposición de aceite y proteína en grano tienen en general mayores demandas de nitrógeno y otros nutrientes que los cultivos de cereales,

con muy bajos contenidos de aceite total. Se destaca su consumo no sólo de P sino de otros elementos como K, S, Mg y N (Galarza *et al.*, 2000). Para García (2005), en nuestro país, del total de los elementos requeridos por la soja para su desarrollo y producción, N, P y S son frecuentemente identificados como aquellos que limitan el logro de cultivos de alto rendimiento.

El P es el segundo elemento limitante para producir soja, antecedido por N. La soja necesita 8 kg de P por cada tonelada de grano producida y casi todo se exporta. La adecuada disponibilidad de P es crítica para el logro de un crecimiento rápido y el desarrollo adecuado del cultivo, tanto de su parte aérea como de las raíces y de su nodulación, y de la eficiencia de fijación biológica de N atmosférico. Las deficiencias de P reducen el crecimiento de las plantas, hojas pequeñas, de color verde oscuro y de mayor grosor (Gutiérrez Boem y Thomas, 1999 y 2001). La dosis de fertilizante a aplicar no sólo depende de los contenidos de P extraídos del suelo, sino también de los rendimientos esperados.

En sistemas de SD, la estratificación del P y otros nutrientes, genera dudas en cuanto la interpretación y aplicabilidad de los niveles de P en relación con la nutrición fosfatada de los cultivos y su respuesta a la fertilización; si bien la acumulación superficial de P no afectaría significativamente la absorción de este elemento (Uranga y Grove, 2003). No obstante, los niveles críticos de respuesta llegan casi a duplicarse cuando se consideran muestreos superficiales (0 a 5 cm.) de suelos bajo SD que cuando el espesor de suelo evaluado es el recomendado de 0 a 20 cm. (Díaz – Zorita y Grove, 2000).

La tecnología de fertilización fosfatada, dada la escasa movilidad de este elemento en el suelo, requiere que en suelos con niveles de fertilidad media a baja los fertilizantes se apliquen donde las raíces lo alcancen durante su crecimiento o concentrados en bandas angostas. Si se hacen aplicaciones de fertilizante superficiales para mantener la fertilidad, en cultivos con limitada respuesta al agregado de P, es conveniente su anticipación al momento de la siembra y aumentar las dosis a utilizar al menos en un 20 % sobre las recomendadas para incorporar al suelo.

Las semillas de soja son más sensibles a la fitotoxicidad de los fertilizantes, que el girasol y el maíz, la que produce reducciones en el número de plantas emergidas y afecta la uniformidad de implantación del cultivo. La aplicación de fertilizantes y semillas separadamente, permite atenuar este inconveniente (Barraco y Díaz – Zorita, 2002).

La soja se caracteriza por tener una elevada removilización de nutrientes desde estructuras vegetativas al grano; siendo el período de alto requerimiento el que se concentra en la etapa de postfloración.

Uno de los principales objetivos del manejo de cultivos de alta producción es lograr que las hojas intercepten la mayor parte de la radiación solar incidente, al ser la fuente de energía utilizada para la producción de materia seca en las plantas.

La disponibilidad de nutrientes, principalmente de N y P, afecta las bases funcionales de la producción de biomasa, del rendimiento y de la calidad de los cultivos, a través de alteraciones del crecimiento de las hojas y la duración del área foliar de los cultivos; es decir, el tamaño y actividad de las fuentes de fotoasimilados; y de cambios en la cantidad y tamaño de órganos vegetativos y reproductivos; es decir, del tamaño y cantidad de destino de los fotoasimilados.

El tamaño y la actividad de la fuente de fotoasimilados (área foliar) determinan la capacidad del cultivo para acumular biomasa, regulando los procesos de intercepción de radiación, y la eficiencia en el uso de la radiación interceptada.

La cantidad de radiación interceptada acumulada por un cultivo está determinada por la expansión y senescencia del área foliar (AF), definida a través de sus componentes, tales como el número de hojas por planta, número de ramificaciones o macollos por planta y el área foliar por hoja. Las deficiencias de N o P alteran la dinámica de expansión y senescencia del área foliar verde y, por lo tanto, afectan la fracción de la radiación interceptada por el cultivo.

En algunos casos, el excedente del AF por encima del nivel crítico puede contribuir a mantener elevados valores de intercepción en la etapa de llenado de los granos, durante la senescencia del cultivo. En estos casos, la disponibilidad de nutrientes contribuye a extender la duración del área foliar y, eventualmente, a sostener la capacidad fotosintética del cultivo en caso de defoliaciones provocadas por el ataque de plagas.

La disponibilidad de nutrientes determina el AF por hoja a través de su efecto sobre la tasa de expansión foliar, sin observarse cambios o con cambios de comparativamente menor orden en la duración de la expansión foliar (García *et al.* 2001 y Gambaudo, 1986). Efectos indirectos de la nutrición sobre la expansión foliar se expresarían a través de su influencia sobre la fotosíntesis y, por ende, la cantidad de fotoasimilados disponibles para sostener la generación de superficie foliar.

La disponibilidad de nutrientes puede afectar la intercepción de radiación del cultivo a través del índice de área foliar (IAF), ya que mediante el manejo, se busca de alcanzar el IAF crítico (valor mínimo de IAF que permite interceptar el 95 % de la radiación incidente), en el menor tiempo posible después de la siembra del cultivo, para maximizar la producción de materia seca; y en menor medida a través de cambios en el coeficiente de extinción lumínico (K). Los efectos de la nutrición sobre este coeficiente, relacionado al ángulo de inserción de las hojas, son de orden mucho menor que sobre el IAF. Los resultados disponibles sugieren que estos estarían ligados a cambios en el

ángulo de inserción de hojas y de las ramificaciones, así como también a modificaciones en la reflectancia del cultivo.

Una distribución más pareja de la radiación en el perfil del canopeo posibilita una mayor eficiencia de conversión de radiación interceptada en biomasa ya que disminuye la saturación lumínica en estratos foliares superiores y aumenta la iluminación, y por ende la fotosíntesis en los inferiores.

La eficiencia de uso de la radiación (EUR), definida como la capacidad de formar biomasa por unidad de radiación interceptada, es relativamente estable en cultivos creciendo bajo abundante disponibilidad hídrica y de nutrientes. Sin embargo, se ha observado que variaciones en el suministro de nutrientes generan diferencias en la EUR en cultivos con características funcionales contrastantes. En líneas generales, cambios en el contenido de N por unidad de superficie foliar tienen menor impacto en la EUR de especies de metabolismo C₄, como el maíz, que las C₃, tales como soja y girasol (Dreccer *et al.*, 2004).

Al comienzo de las estaciones de crecimiento, la soja acumula materia seca en forma mucho más lenta que girasol y maíz. Esta baja tasa es consecuencia de su baja eficiencia de conversión. Hacia el comienzo de la floración la acumulación es sólo un 9 % de la biomasa total.

Para lograr altas producciones de biomasa en una estación de cultivo se necesitan elevadas radiaciones y temperaturas diurnas óptimas para el proceso fotosintético que posibilitan altas tasas de crecimiento, y prolongadas duraciones de las etapas fenológicas. En consecuencia, para maximizar la producción de biomasa sería ideal que las plantas se encuentren expuestas a una marcada amplitud térmica con temperaturas diurnas óptimas para la fotosíntesis y temperaturas nocturnas que reduzcan la respiración y retracen el desarrollo prolongando los días de aprovechamiento de la radiación. (Andrade *et al.*, 2000).

La acumulación de materia seca en el cultivo tiene la forma sigmoidea. Cuando no existen limitaciones en el suministro de agua ni de nutrientes para el crecimiento del cultivo, la acumulación de materia seca en el tiempo presenta una primera fase de lento crecimiento, seguida por una etapa de máxima tasa de acumulación, para finalizar cerca de la madurez fisiológica, con los valores absolutos más elevados. Al finalizar el ciclo, se registra una caída en la acumulación de la materia seca relacionada a la senescencia y pérdida de hojas (Baigorri *et al.*, 1997).

Condiciones favorables de temperatura, radiación solar, disponibilidad de agua y de nutrientes y buen estado estructural de suelo contribuyen a una mayor tasa de crecimiento del cultivo. Este es el índice más significativo para caracterizar el

crecimiento de canopeos e indica la acumulación de materia seca por unidad de superficie de suelo y por unidad de tiempo.

El índice de cosecha es la relación que existe entre el rendimiento de la parte cosechable o rendimiento económico y la producción de biomasa total del cultivo o rendimiento biológico. Este índice es un indicador de la porción de materia seca producida que es particionada hacia los órganos cosechable.

La producción de biomasa aérea total (BAT) a cosecha se reduce con el atraso de la fecha de siembra. En general, en una fecha de siembra determinada la producción de biomasa aérea total se incrementa con la longitud del ciclo. Entre cultivares del mismo grupo de madurez existen diferencias importantes en la producción de BAT. Además, algunos cultivares pueden presentar mayor producción de BAT que otros de mayor grupo de madurez (Baigorri *et al.*, 1997).

Las reducciones en el rendimiento por retraso en el momento de implantación del cultivo son producto de la incidencia de la radiación, la temperatura y el fotoperíodo sobre la fenología y la acumulación de materia seca.

La variación de fecha de siembra en regiones de clima templado, afecta el ritmo de acumulación de biomasa por modificar tanto la cantidad de radiación interceptada durante el ciclo de crecimiento como su aprovechamiento en la producción de materia seca (Andrade y Cirilo, 2000).

1.1. HIPÓTESIS

- La rotación cuyo antecesor sea alfalfa consociada provocará una mayor producción de soja que la agrícola pura o agrícola con pastoreo de rastrojo.
- La aplicación de fertilizante fosforado en diferentes rotaciones y labranzas aumenta la biomasa y el rendimiento del cultivo de soja.
- La siembra directa incrementa la producción de materia seca y el rendimiento del cultivo de soja.

1.2. OBJETIVO GENERAL

- ❑ Evaluar la producción de materia seca del cultivo de soja y el rendimiento, en diferentes rotaciones, labranzas y fertilización fosforada.

1.3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Cuantificar la producción de la materia seca en diferentes estadios fenológicos del cultivo de soja, con distintas rotaciones (agrícola-ganadera, agrícola pura y agrícola con pastoreo de rastrojos); sistemas de laboreo (labranza convencional, reducida y siembra directa), con y sin fertilizante fosforado.
- Cuantificar el efecto de labranzas, rotaciones y fertilizante sobre los componentes del rendimiento y la producción de semilla en soja.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

El área donde se desarrolló la experiencia se caracteriza por presentar un relieve complejo moderadamente ondulado determinando un conjunto de lomadas, cuya longitud oscila entre los 3000 y 6000 m de largo con un gradiente del 2 al 3 %. Localmente se presentan pendientes más cortas pero de mayor gradiente. (Becker, A. 2005. Comunicación personal).

El sitio experimental se encuentra ubicado en el establecimiento “Pozo del Carril”, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, ubicado en las cercanías al paraje La Aguada. El mismo presenta un suelo clasificado como Hapludol típico, franco arenoso muy fino, sobre el cual desde 1994 se está desarrollando un Programa de investigación interdisciplinario tendiente a desarrollar alternativas tecnológicas para la producción agropecuaria sustentable.

El diseño experimental implementado fue el de bloques completos aleatorizados con un arreglo espacial en parcelas sub - subdivididas siendo el factor principal la rotación (agricultura pura con y sin pastoreo de los rastrojos, antecesor maíz y agrícola ganadera, antecesor pradera de alfalfa consociada), el factor secundario las labranzas (SD: siembra directa, LR: labranza reducida - labranza vertical y disco, con cobertura superior al 30 %- , y LC: labranza convencional – arado de reja y disco-), y el terciario la fertilización (con y sin fertilizante fosfatado). Se realizaron dos repeticiones espaciales por tratamiento. Cada sub-subparcela fue de 2500 m² y los tratamientos fueron los siguientes:

- agrícola no pastoreado – SD – fertilizado
- agrícola no pastoreado – SD – no fertilizado
- agrícola no pastoreado – LR – fertilizado
- agrícola no pastoreado – LR – no fertilizado
- agrícola no pastoreado – LC – fertilizado
- agrícola no pastoreado – LC – no fertilizado
- agrícola pastoreado – SD – fertilizado
- agrícola pastoreado – SD – no fertilizado
- agrícola pastoreado – LR – fertilizado
- agrícola pastoreado – LR – no fertilizado
- agrícola pastoreado – LC – fertilizado
- agrícola pastoreado – LC – no fertilizado
- agrícola ganadero – SD – fertilizado
- agrícola ganadero – SD – no fertilizado

- agrícola ganadero – LR – fertilizado
- agrícola ganadero – LR – no fertilizado
- agrícola ganadero – LC – fertilizado
- agrícola ganadero – LC – no fertilizado

Antes de la siembra se efectuaron las labores y barbechos correspondientes en cada tratamiento:

LC: arado de rejas y rastra de discos de tiro excéntrico (primeros días de diciembre 2003),

LR: arado cincel y rastra de discos de tiro excéntrico (primeros días de diciembre 2003),

SD: barbecho químico con 2,5 lt.ha⁻¹ de glifosato de PC (producto comercial), (noviembre del 2003),

Además, previo a la siembra se aplicó glifosato, en dosis de 2 lt.ha⁻¹ de PC en todos los tratamientos.

La fertilización en el tratamiento correspondiente, se efectuó al momento de la siembra con fosfato monoamónico (11-52-0), en dosis de 50 kg.ha⁻¹ de PC.

Los sitios recibieron las mismas labranzas y fertilización en los años anteriores, desde el comienzo del ensayo (1994).

La siembra se realizó con sembradora mecánica el 23 de diciembre de 2003, a una densidad de siembra de 70 kg.ha⁻¹, sembrando a chorrillo 16 semillas.m⁻¹, en hileras a 35 cm. El genotipo utilizado fue Don Mario 4800 RR.

Se realizaron los siguientes controles sanitarios:

- Glifosato para el control de maleza, el 10/01/2004 y el 11/02/2004, en dosis de 2,5 lt.ha⁻¹ PC;
- Cipermetrina para control de la oruga medidora (*Rachiplusia nu*), en dosis de 150 ml.ha⁻¹ PC, la segunda quincena de febrero de ese mismo año.

La cosecha del cultivo se realizó a los 145 DDS (días después de la siembra).

Los datos de precipitaciones, temperaturas del aire (máxima, mínima y media), temperatura de suelo (a 5 cm. de profundidad), y radiación global fueron obtenidos por una estación meteorológica automática LI-COR (LI-1200), ubicada en el establecimiento donde se realizó el ensayo.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron las siguientes evaluaciones:

- Materia seca a los 20, 31, 41, 57, 69, 92 y 125 DDS. En laboratorio se separaron los órganos presentes y posteriormente se secaron a 105° C en estufa con circulación de aire forzado hasta peso constante.
- Rendimiento del cultivo: se recolectaron muestras de 2 surcos apareados de 1.40 m de largo. A partir de estas muestras se evaluaron los componentes del rendimiento:
 - Número de plantas.m⁻²
 - Peso de carpelos de los frutos.m⁻², en g.
 - Peso de 1000 semillas, en g.
 - Peso de granos de los frutos.m⁻², en g.
 - Número de frutos por planta.
 - Número de semillas por fruto.
 - Altura de planta, en cm.
 - Número de ramas por planta.

Los resultados fueron analizados mediante el ANAVA y la comparación de medias por el test Duncan (P =0.05), utilizando el programa Infostat.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Condiciones climáticas durante el ciclo del cultivo

En el gráfico N° 1, de la figura N° 1, se muestran los valores de precipitaciones (mm) y radiación solar incidente (MJ.m^{-2}), ocurridas durante el ciclo del cultivo.

Respecto a las precipitaciones, el año se manifestó con demoras en el comienzo de las mismas, lo que ocasionó atrasos en la fecha de siembra, realizándose el 23 de diciembre. A pesar de ello, el aporte pluviométrico continuo siendo muy bueno hasta la finalización del ciclo en cantidad y frecuencia.

La radiación solar incidente mostró un patrón regular para este tipo de ambiente; es decir, los máximos valores en diciembre (alrededor de 30 MJ.m^{-2}) y un descenso progresivo durante el ciclo del cultivo hasta la finalización del mismo.

Durante el primer decádico de febrero se manifestó un significativo descenso de los valores debido a una abundante nubosidad e importantes precipitaciones.

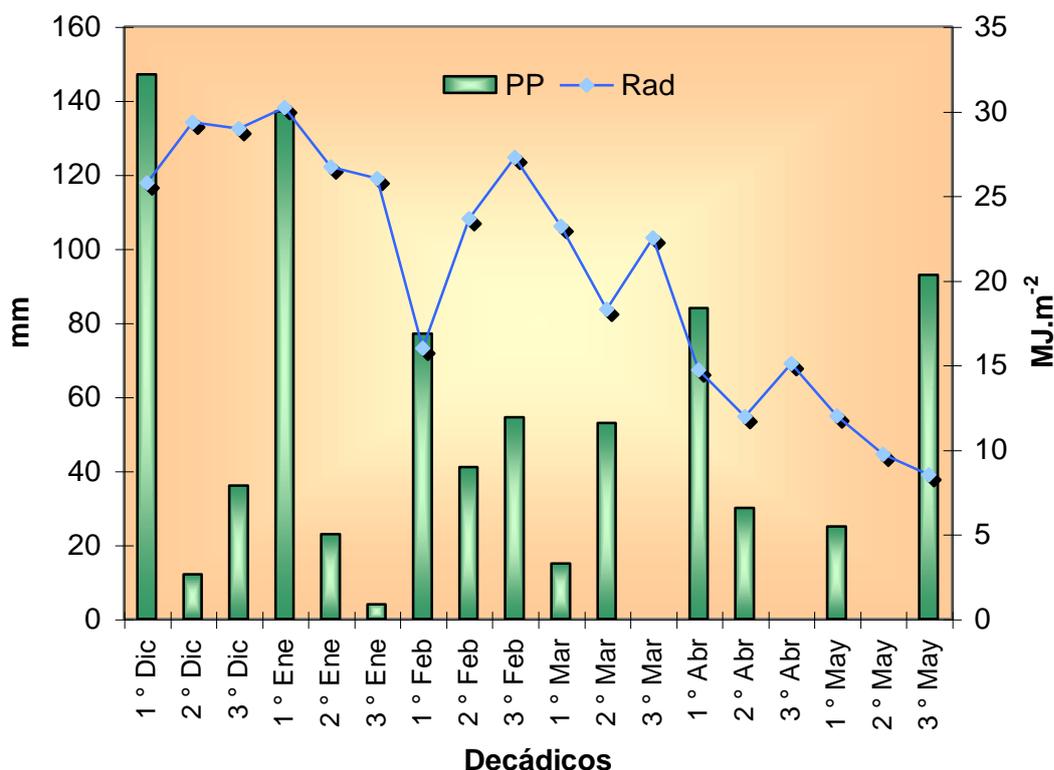


Figura N° 1: Evolución de las precipitaciones (mm) y radiación solar incidente durante la estación de crecimiento del cultivo.

En el gráfico N° 2, de la figura N° 2, se aprecian los valores de temperatura (°C) máxima, mínima, media y de suelo a 5 cm. de profundidad, para el período de crecimiento del cultivo.

Con respecto a la evolución de las temperaturas aéreas, fueron las esperadas para la época en dicho ambiente, las que proporcionaron buenas condiciones para la germinación, emergencia, establecimiento y desarrollo del cultivo, manteniéndose dentro de los rangos considerados como óptimos que necesita el cultivo de soja para su desarrollo, siendo máximas hasta el mes de enero, y luego comenzando a disminuir hacia el fin del ciclo del cultivo. La evolución de las temperaturas siguió las fluctuaciones de la radiación solar incidente, mostrando una disminución importante en el primer decádico de febrero producto de abundante nubosidad y precipitaciones. Este efecto es mucho más notorio sobre las temperaturas máximas que sobre las mínimas. Las temperaturas del suelo siguieron la evolución de las temperaturas aéreas medias, aumentando hasta el último decádico de enero y luego decreciendo hacia el final del ciclo, posicionándose dentro de los valores apropiados de temperaturas de suelo que permiten la producción del cultivo.

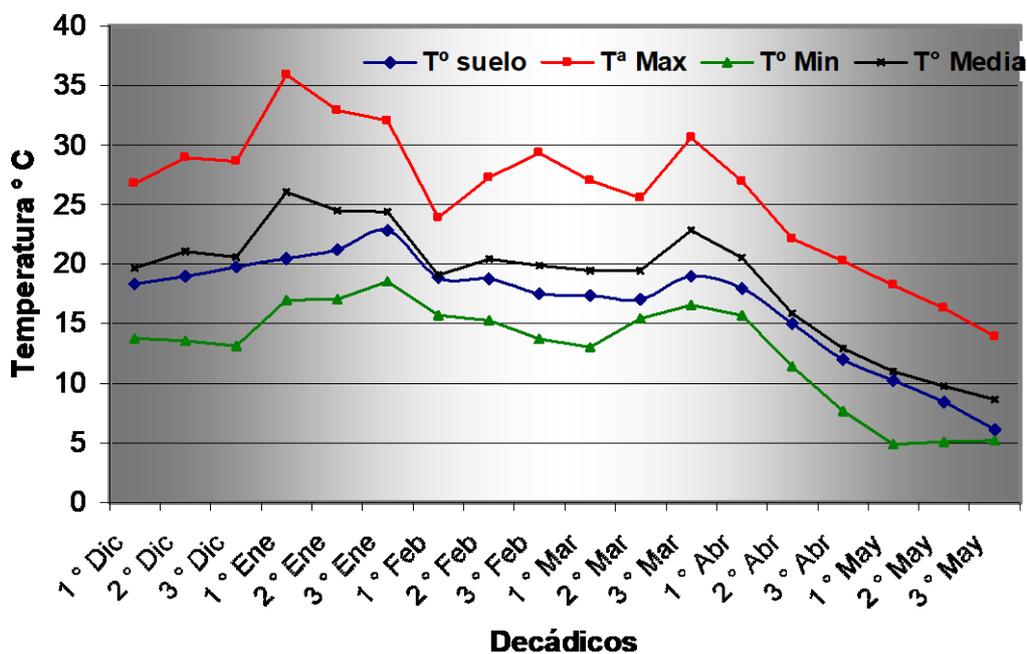


Figura N° 2: Evolución de las temperaturas aéreas: máximas, mínimas, medias, y de la temperatura de suelo correspondientes al ciclo de crecimiento del cultivo.

El día 9 de enero del 2004 se registró una abundante precipitación bajo la forma de granizo que ocasionó un gran daño al cultivo, principalmente por ruptura de sus estructuras vegetativas. En la segunda quincena de febrero se produjo otra granizada. Las plantas lograron recuperarse del primer episodio, aunque del segundo, el daño fue

mayor debido a la etapa avanzada del ciclo, el cultivo se encontraba en estado reproductivo, R₃; pues a medida que la planta de soja progresa de R1 a R5.5, su capacidad para compensar la ocurrencia de estrés se reduce y el potencial de pérdida de rendimiento se incrementa. Las defoliaciones ocurridas en reproductivo temprano, desde R1 a R3, no producen importantes reducciones en el rendimiento porque sigue originando flores.

Debido a la falta de interacción entre los factores: rotación, sistemas de labranza y fertilizante para producción de materia seca, rendimiento y sus componentes, se muestran los resultados en forma independiente.

3.2. Rotación

3.2.1 Materia seca aérea total.

La producción de materia seca manifestó diferencias entre las rotaciones desde el inicio del cultivo. Su evolución se presenta como una típica curva sigmoidea de crecimiento (Figura N° 3).

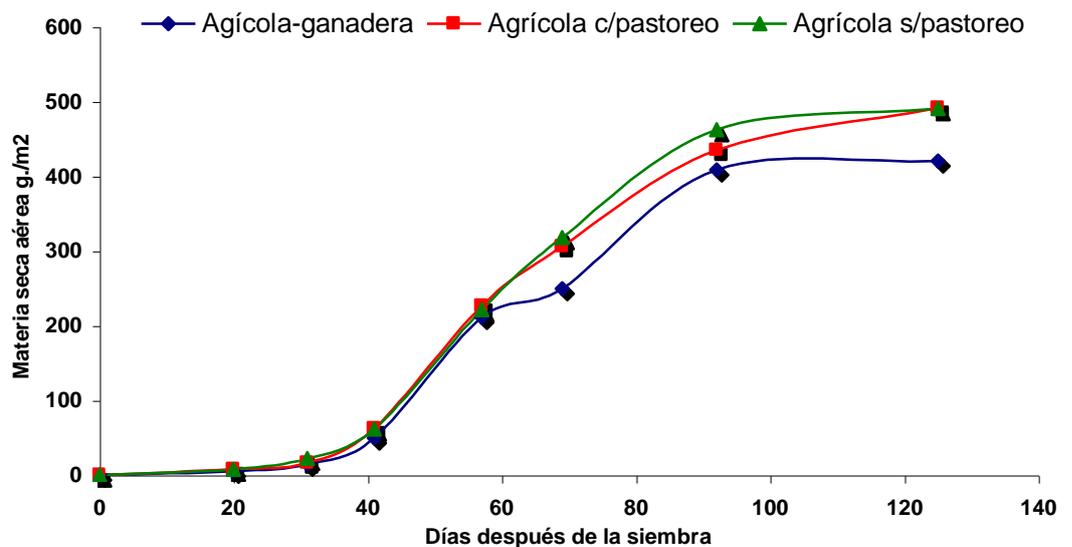


Figura 3: Materia seca aérea total en soja sembrada en las diferentes rotaciones.

Como puede observarse en la tabla N° 1, la producción de materia seca aérea total manifestó diferencias significativas entre el sistema de rotación cuyo patrón es la agricultura intercalada por períodos de pastura para la producción ganadera y los sistemas que sólo se basan en rotaciones netamente agrícolas; con excepción a los 57 DDS, donde si bien no hubo diferencias significativas entre los distintos tipos de rotación, la rotación agrícola-ganadera mostró una tendencia similar a los resultados de los otros muestreos, o sea menor producción.

Dentro de la rotación agrícola pura no se manifestaron diferencias significativas entre las dos variantes (pastoreada y no pastoreada), excepto a los 31 DDS.

Tabla N° 1: Producción de materia seca aérea total ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), en tres rotaciones.

	20 DDS	31 DDS	41 DDS	57 DDS	69 DDS	92 DDS	125 DDS
AG	5,34 b	14,12 b	49,99 b	210,95 a	249,56 b	408,86 b	420,86 b
A-NP	7,46 a	21,8 a	61,22 a	221,73 a	317,86 a	462,24 a	490,75 a
A-P	7,76 a	15,82 b	62,47 a	226,89 a	305,89 a	434,72ab	491,23 a

AG= Agrícola-Ganadero, A-NP= Agrícola-No pastoreado, A-P= Agrícola-Pastoreado. DDS= Días Desde la Siembra. Para cada momento del ciclo del cultivo, letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

No hubo respuestas significativas a través de una mayor producción de biomasa aérea total en el sistema mixto, donde se contempla la inclusión de una pastura con cierta frecuencia dentro de la rotación, posiblemente debido a que se perdió el efecto positivo de la pastura dada la cantidad de años que transcurrieron desde que ésta estuvo hasta la implantación del cultivo de la soja. Esto difiere a lo determinado por Lattanzi *et al.* (2005), en sistemas mixtos agrícola-ganaderos en rotación con pasturas, cuando éstas son roturadas a principios de verano, resultarían ser uno de los mejores antecesores para los cultivos que siguen en la rotación. Las altas temperaturas de esa época favorecen la mineralización de la materia orgánica y la liberación de nutrientes que luego pueden ser aprovechados por los cultivos que inician la faz agrícola, para alcanzar un gran desarrollo vegetativo. Esto les permitió inferir el efecto benéfico de pasturas con alfalfa en lo relacionado a la nutrición nitrogenada. Si bien ese efecto restaurador de las pasturas parece relativamente corto en el tiempo, la magnitud de la respuesta a la fertilización está íntimamente ligada al tipo de cultivo incluido en la rotación y a los rendimientos que ellos obtengan.

Los sistemas de agricultura pura que permanentemente se rotan gramíneas con leguminosas, lograron una mayor producción de materia seca aérea total que el mixto, posiblemente porque confieren al sistema una extracción más racional de nutrientes y exploran el perfil de distinta manera. Algo similar fue mencionado por Lattanzi *et al.* (2005), quienes considerando los distintos sistemas de manejo que puedan darse a un suelo, determinaron que la estabilidad estructural decrece desde un suelo virgen a uno con pastura, a uno con agricultura continua, y peor aún con permanente laboreo; pues en las rotaciones que incluyen gramíneas y leguminosas (maíz – soja, trigo/soja – maíz y sorgo – soja), el suelo presentaría mayores niveles de carbono y nitrógeno orgánico.

3.2.2. Rendimiento y sus componentes.

La tabla N° 2, muestra que el peso de granos.m⁻², peso de carpelos.m⁻², número de ramas por planta, número de semillas por fruto y número de semillas.m⁻² no fueron afectados por los diferentes tipos de rotaciones evaluados. Lo mismo ocurrió con el rendimiento, con que no se registra diferencias significativas, si bien hay una tendencia a disminución en la rotación agrícola-ganadera. Tanto el peso de frutos.m⁻², el número de frutos.m⁻² como el peso de las 1000 semillas difirieron significativamente en la soja de la rotación agrícola-ganadera y con respecto a la de la agrícola pura pastoreada, mientras que la de la agrícola pura no pastoreada fue similar con ambos tipos. La cantidad de plantas.m⁻² fue similar en la rotación agrícola pastoreada y agrícola ganadera, pero no en la agrícola no pastoreada que difirió significativamente con la primera. La altura de las plantas fue influenciada por los distintos sistemas de rotación.

Tabla N°:2: Componentes del rendimiento, en tres rotaciones.

ROTACIÓN	AG	ANP	AP
Peso de frutos.m⁻², en g.	653,60 b	712,33 ba	736,36 a
Peso de granos.m⁻², en g.	456,65 a	503,92 a	506,89 a
Peso de carpelos.m⁻², en g.	196,95 a	208,41 a	229,47 a
Peso 1000 semillas, en g.	157,80 b	161,70 ba	163,60 a
N° Plantas.m⁻²	42,21 ba	40,09 b	44,79 a
N° Frutos por planta	17,70 b	20,55 a	18,72 b
N° ramas por planta	1,96 a	2,18 a	2,05 a
Altura (cm.)	35,23 c	43,53 a	39,06 b
N° semillas por fruto	2,15 a	2,17 a	2,10 a
N° frutos.m⁻²	747,12 b	823,85 ab	838,47 a
N° semillas.m⁻²	1606,31 a	1787,75 a	1760,79 a
Rendimiento (kg.ha⁻¹)	2283,23 a	2519,59 a	2534,45 a

AG= agrícola - ganadero. ANP= agrícola, no pastoreado. AP= agrícola, pastoreado.
Para cada componente del rendimiento, letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

El tipo de rotación agrícola - ganadera no incrementó los rendimientos en comparación con los restantes sistemas de rotación evaluados. La falta de efectos sobre esta variable podría atribuirse a varias causas, tales como baja frecuencia de inclusión de la pastura dentro del ciclo completo de rotación y una corta duración de la pastura en el tiempo, lo que en vez de beneficiar perjudica a los cultivos posteriores. El año se presentó

con abundantes precipitaciones y bien distribuidas a lo largo del ciclo del cultivo, a pesar de su registrada demora en la ocurrencia, lo que pudo haber ayudado a enmascara los efectos de las rotaciones. En años normales o con déficit de lluvias sería interesante evaluar que efectos se producirían. Respecto a esto último, otros autores determinaron que la respuesta de los rendimientos de los cultivos como soja, maíz, trigo y girasol, no fue consistente por efecto de la rotación, pero influenciada por el año como consecuencia de la cantidad y de la oportunidad de las precipitaciones (Villar y Romero, 1999). La falta de respuesta para la soja de primera al manejo previo ya había sido informada por Vega (1981), que observó rendimientos similares luego de un período de agricultura de entre uno y seis años; y que no hubo respuesta a las variaciones en la materia orgánica del suelo. Al medir los rendimientos de las parcelas con agricultura pura se determinó que fueron los mayores, lo que podría atribuirse a la mantención en el tiempo de la alternancia de leguminosas con gramíneas, a pesar de que la agricultura continua llegase a ocasionar más deterioro del suelo. Esto es concordante con los resultados logrados en Manfredi por Salas *et al.* (1997), quienes luego de 13 años de agricultura, el antecesor sorgo incrementó los rendimientos de soja en un 32 % con respecto al antecesor soja. Esto también se ha reportado para la región pampeana donde en promedio, la soja sembrada luego de un cultivo de maíz puede alcanzar incrementos del rendimiento de entre un 10 y 15 % respecto de la que se siembra luego de otro cultivo de soja (Satorre, 2005).

Giayetto *et al.* (1998), midieron la productividad de los cultivos para distintos años, transformando los rendimientos en equivalente glucosa, observando que la rotación de gramíneas con leguminosas superó al monocultivo en todos los años, verificándose la ventaja de incluir cereales en la rotación por el aporte de sus rastrojos con su doble función de aumentar la materia orgánica y ofrecer protección al suelo. Aunque contradictoriamente a ello, Lattanzi *et al.* (2005), pudieron observar que cuando la actividad agrícola se prolongó en el tiempo, los rendimientos comenzaron a disminuir. Entre las primeras causas que se detectaron aparece la pérdida de fertilidad química de los suelos, en especial la deficiencia de nitrógeno. La extracción de nutrientes en el ciclo agrícola está asociada al tipo de cultivo incluido en la secuencia, al rendimiento de los cultivos antecesores, a las condiciones climáticas que afectan directamente la producción y a la cantidad y calidad de los rastrojos que quedan luego de cada cultivo.

Los rendimientos de los cultivos sufren una caída a medida que entramos en el ciclo agrícola, y esa disminución es más rápida y pronunciada cuando la pastura ha sido de corta duración (3 años). Sería ideal la alternancia de períodos agrícolas con pasturas perennes consociadas (Hein y Panigatti, 1982 a y b; 1987; Hein y Hein, 1986; Vivas, 1986), especialmente en suelos con limitaciones para la agricultura.

Esta discrepancia visible entre respuesta y falta de respuesta ante las rotaciones puede estar asociada a la duración del ciclo agrícola, a las características de los suelos y al régimen hídrico de cada región, entre otros (Salas *et al*, 2005).

3.3. Labranzas

3.3.1. Materia seca aérea total.

La evolución de la materia seca aérea total se manifestó como la típica curva sigmoidea del crecimiento, tal como puede observarse en la figura N° 4; con una producción lenta al principio del crecimiento del cultivo, un período prolongado de crecimiento exponencial, y finalmente una estabilización que dura hasta llegar a la madurez fisiológica.

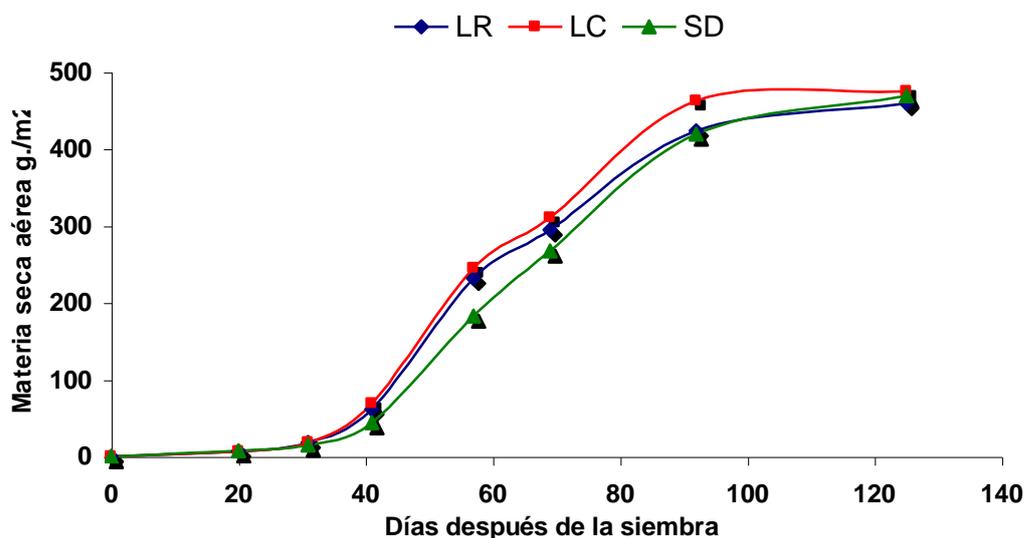


Figura N° 4: Materia seca aérea total en distintos sistemas de labranza.

Para todas las etapas evaluadas las mayores producciones de materia seca aérea total se encontraron en aquellos sistemas donde la implantación del cultivo se llevó a cabo mediante labranza convencional (Tabla N° 3), aunque no difirieron significativamente de las logradas en sojas sembradas con los otros sistemas de labranza. Sólo al principio (20 DDS), la producción de materia seca de la soja en el sistema de siembra directa fue mayor a la de los dos restantes.

Tabla N°.3: Producción de materia seca aérea total (g.m^{-2}), en tres sistemas de labranza.

	20 DDS	31 DDS	41 DDS	57 DDS	69 DDS	92 DDS	125DDS
SD	7,43 a	15,10 b	43,65 c	182,61 b	276,6 b	419,35 a	469,04 a
LR	6,52 a	18,10 a	61,23 b	232,09 a	294,73bc	423,49 a	458,91 a
LC	6,61 a	18,53 a	68,8 a	244,87 a	310,98 a	462,97 a	474,89 a

SD= Siembra Directa. LR= Labranza Reducida. LC=Labranza Convencional. DDS= Días Desde la Siembra. Para cada momento del ciclo del cultivo, letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

En las curvas que proporciona la figura N° 4 se ve un defasaje de ocurrencia de la producción de materia seca a través del tiempo marcando un retardo de las mismas en SD con respecto a los otros dos sistemas de labranzas restantes. No se encontró mayor producción de materia seca aérea total en SD, tal como puede apreciarse en la tabla N° 3, posiblemente por un retardo del calentamiento de suelo por su abundante cobertura, por influencias del relieve que enmascaran los efectos de la SD y favorecen a la LC para el lote donde se hizo la experiencia, además de la abundancia de precipitaciones y su homogénea distribución durante el ciclo del cultivo.

Quiroga *et al.* (1996), determinaron que los residuos de los cultivos sobre la superficie del suelo modifican el microclima edáfico y a la vez tienen influencia sobre la actividad biológica del mismo. Pueden observarse diferencias de hasta 15 °C de temperatura a 5 cm. de profundidad entre niveles de cobertura abundantes y suelo prácticamente desnudo. Esta alternancia de temperaturas en el suelo no sólo influye sobre el almacenaje de agua durante el barbecho, sino también sobre procesos biológicos que involucran la mineralización de nutrientes y la dinámica de malezas.

3.3.2. Rendimiento y sus componentes.

La tabla N° 4 muestra la producción de granos y otros componentes, cuantificada para los diferentes tipos de labranza. Los componentes del rendimiento: peso de frutos. m^{-2} , peso de granos. m^{-2} , peso de carpelos. m^{-2} , n° de ramas por planta, n° de semillas por fruto y n° de semillas. m^{-2} , no fueron afectados por los distintos tipos de labranzas evaluados, al igual que el rendimiento, el que presentó una tendencia a mayor producción para la soja implantada con siembra directa. El n° de frutos por planta, n° de plantas. m^{-2} y la altura difirieron significativamente entre la siembra directa y los dos sistemas de labranza restantes estudiados. El n° de frutos. m^{-2} manifestó diferencias significativas entre la SD y la LC, pero ninguno de ellos con LR. El peso de 1000 semillas fue el único componente que varió significativamente entre las tres labranzas evaluadas.

No se encontró un efecto pronunciado de los distintos tipos de laboreos evaluados, pero sí se midió que los componentes más importantes del rendimiento fueron mayores

bajo SD, posiblemente por la mayor acumulación que este sistema permitiría de agua en el suelo, aunque no se llegaron a dar diferencias significativas, pudiendo atribuir este efecto a la acción fuerte que ejerció el relieve que presenta el lote donde se realizó la experiencia. Marelli *et al.* (2000), evaluaron el rendimiento de la soja con distintos sistemas de labranza, registrando que el promedio en soja con SD siempre fue superior al de la soja con otros sistemas de laboreo. Este efecto fue más pronunciado en años con alto aporte de precipitaciones por el mayor almacenaje de agua en el perfil. También, vieron que los rendimientos en sistemas de labranza conservacionistas, como la SD, fueron más estables en los 15 años de evaluación. Esto es atribuido al eficiente manejo del agua durante todo el ciclo del cultivo por la alta cobertura.

Tabla N° 4 Componentes del rendimiento, en tres sistemas de labranza.

LABRANZA	SD	LR	LC
Peso de frutos.m⁻², en g.	718,47 a	678,02 a	705,81 a
Peso de granos.m⁻², en g.	505,47 a	471,43 a	490,55 a
Peso de carpelos.m⁻², en g.	212,99 a	206,59 a	215,26 a
Peso 1000 semillas, en g.	171,69 a	160,45 b	150,95 c
N° plantas.m⁻²	46,88 a	39,59 b	40,63 b
N° frutos por planta	16,12 b	20,21 a	20,64 a
N° ramas por planta	1,95 a	2,04 a	2,19 a
Altura (cm.)	36,65 b	40,68 a	40,48 a
N° semillas por fruto	2,13 a	2,19 a	2,11 a
N° frutos.m⁻²	755,71 b	800,11 ab	838,60 a
N° semillas.m⁻²	1609,66 a	1752,24 a	1769,45 a
Rendimiento (kg.ha⁻¹)	2527,12 a	2357,16 a	2452,74 a

SD= siembra directa. LR= labranza reducida. LC= labranza convencional.

Para cada componente del rendimiento, letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

En un ensayo que efectuaron de doble cultivo trigo/soja, bajo siembra directa durante 25 años, Marelli y Arce (2000), comprobaron que la siembra directa produce incrementos en los rendimientos tanto del cultivo de soja como de trigo respecto de los otros sistemas de labranzas, por la estabilidad que ésta adquiere a lo largo del tiempo.

Cannell *et al.* (1980), encontraron altas DAP y capacidad de producción en suelos arcillosos bajo SD, acompañado de una mayor conductividad hidráulica que permitía un drenaje libre, debido a la mayor continuidad de los poros creados por la mayor actividad de la fauna.

Según determinaciones efectuadas por Gudelj *et al.* (2000), la SD continua produjo en promedio un mejor rendimiento que LC, excepto el pH que se mantuvo en los valores originales con una leve tendencia a aumentar, se produjo un deterioro de las propiedades químicas en ambas alternativas de implantación a una profundidad media de 0 a 30 cm.; la evolución de las propiedades físicas muestra a la SD como un sistema que mantiene el suelo con una mejor condición estructural respecto a LC.

También registraron que la DAP aumentó en SD continua en relación a LC, pero la continuidad del sistema brindaba alta eficiencia de uso del agua sobre todo en años de baja disponibilidad hídrica. La SD continua permite que los cultivos presenten un mayor rendimiento que los implantados por LC. Se ve mayor acumulación de materia orgánica en los primeros cm. de suelo, pero se deterioran las propiedades químicas del suelo. La evolución de las propiedades físicas muestra a este sistema como aquel que mantiene al suelo con una mejor condición estructural respecto al de LC, si bien, se observa un aumento de la DAP, nunca llegó a valores crítico.

En contraposición con lo hasta aquí discutido, Giayetto *et al.* (1998), midieron los mayores rendimientos en sistemas de labranza reducida, respecto a otros de laboreo convencional y siembra directa, con diferencias significativas, por la fracturación de densificaciones subsuperficiales.

3.4. Fertilización

3.4.1. Materia aérea seca total.

La aplicación de fertilizante mostró un efecto positivo sobre la producción de materia seca aérea total, desde el inicio del crecimiento de la soja, tal como se puede apreciar en la Figura N° 5. La producción siguió el patrón de la curva sigmoidea de crecimiento que manifiesta un cultivo a lo largo de su ciclo de vida.

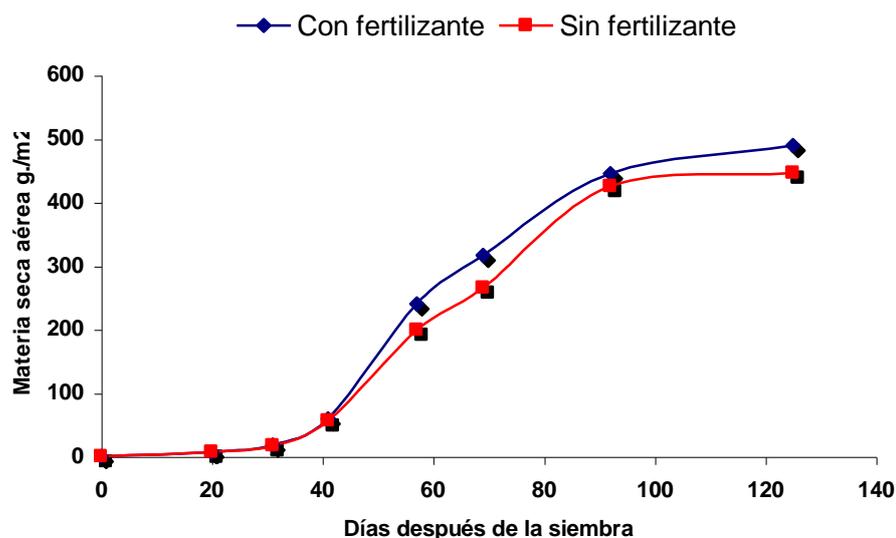


Figura N° 5: Materia seca aérea total con y sin fertilizante.

La aplicación de fertilizantes mostró tener una influencia efectiva sobre la generación de biomasa aérea total, tal como puede verse en la tabla N° 5.

Desde el primer muestreo que se efectuó a los 20 DDS hasta el que se llevó a cabo a los 41 DDS no se manifestaron diferencias significativas, pero en los subsiguientes sí y fueron aumentando con el avance del ciclo del cultivo; característica que no se presentó tan marcadamente en los otros dos factores analizados y descriptos previamente (rotaciones y labranzas). Se registraron incrementos con el fertilizante en la producción de biomasa seca total aérea de un 2,2 %, un 6,5 %, un 6,1 %, un 20,4 %, un 19,1 %, un 4,5 % y un 9,7 % al final del ciclo del cultivo. Esta visión bien clara de los beneficios adicionales de fertilizar al cultivo con fósforo se mejora posiblemente por la cantidad de años de adición de dicho elemento en las mismas parcelas y por la baja presencia del mismo (Bricchi, E. 2005, Com. Pers.), en contraste, en las parcelas donde nunca se repone sino que cada vez se agota más.

Tabla N° 5 Producción de materia seca aérea total ($\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$), con y sin fertilizante.

	20 DDS	31 DDS	41 DDS	57 DDS	69 DDS	92 DDS	125 DDS
F	6,93 a	17,79 a	59,61 a	240,23 a	316,45 a	444,94 a	489,32 a
NF	6,78 a	16,7 a	56,18 a	199,49 b	265,75 b	425,6 a	445,91 b

F= Fertilizado. NF= No Fertilizado. DDS= Días Desde la Siembra.

Para cada momento del ciclo del cultivo, letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

3.4.2. Rendimiento y sus componentes.

De la tabla N° 6 se desprende que si bien la fertilización manifestó un efecto favorable sobre el rendimiento, la respuesta a la adición de fertilizante no fue significativa. Los

componentes: peso de frutos.m⁻², peso de granos.m⁻², peso de carpelos.m⁻², peso de mil semillas, n° de plantas.m⁻², n° de ramas por planta y n° semillas por fruto no manifestaron diferencias significativas ante la adición del fertilizante. Hubo un efecto significativo del agregado de fertilizantes en el n° de frutos por planta, en la altura de las mismas, en el n° de frutos.m⁻² y en el n° de semillas.m⁻².

Tabla N° 6 Componentes del rendimiento.

Fertilización	Fertilizado	No fertilizado
Peso de frutos.m⁻², en g.	728,04 a	673,49 a
Peso de granos.m⁻², en g.	509,28 a	469,02 a
Peso de carpelos.m⁻², en g.	218,77 a	204,46 a
Peso 1000 semillas, en g.	159,37 a	162,69 a
N° plantas.m⁻²	41,20 a	43,53 a
N° frutos por planta	20,22 a	17,76 b
N° ramas por planta	2,13 a	1,99 a
Altura (cm.)	41,06 a	37,48 b
N° semillas por fruto	2,19 a	2,09 a
N° frutos.m⁻²	833,06 a	773,09 b
N° semillas.m⁻²	1824,40 a	1615,76 b
Rendimiento (kg.ha⁻¹)	2546,39 a	2345,12 a

Para cada componente del rendimiento, letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

La adición del fertilizante fosfatado favoreció el aumento de frutos por unidad de superficie posiblemente porque las plantas lograron obtener una mayor producción de estructuras vegetativas, pero los granos no fueron más pesados que los obtenidos en las parcelas donde no se fertilizó, lo que repercutió sobre el rendimiento final, haciendo que no se marquen diferencias entre un tratamiento y el otro, como era de esperar y como se presentó en la producción de biomasa seca. Otros factores que habría que tener presente sobre estos resultados obtenidos podrían llegar a ser el aporte abundante de las precipitaciones y su buena distribución en el ciclo del cultivo, como también las influencias del relieve.

Los resultados encontrados son coincidentes con lo que observaron Gutiérrez Boem y Thomas (1999), en que las reducciones en los rendimientos como consecuencia de deficiencia en la oferta de P, se explican mayormente por reducciones en el número de los granos al verse afectada el área foliar y la consecuente captación de radiación en estadios tempranos de desarrollo del cultivo.

En una serie de ensayos efectuados por Melgar (1996), detectó incrementos de 355; 214; y 34 kg.ha⁻¹ en los rendimientos cuando se fertilizó a la soja en suelos con menos de 9 ppm, de 10 a 14 ppm y más de 15 ppm, respectivamente. Además, la forma de aplicar el fertilizante tiene mucha importancia para su uso eficiente, determinando incrementos de rendimiento distintos según la forma de aplicación (Fariña Núñez, 1997).

Por su parte, Galarza *et al.* (1998), afirmó que las secuencias de cultivo que intercalan maíz, trigo y soja en proporciones equilibradas, bajo SD continua, con fertilización nitrogenada, fosforada y azufrada, se logran los máximos rendimientos y eficiencias de uso del agua (principal limitante de la producción). En esas situaciones de intensificación de producción de granos es donde los análisis de fertilidad del sistema nos presentan los mayores llamados de atención.

Estos autores en una serie de ensayos en fertilizantes en soja observaron que los tratamientos con N y P tuvieron mejor crecimiento pero no manifestaron diferencias significativas en los rendimientos.

En un estudio realizado sobre fecha de siembra, espaciamiento y fertilización en soja, concluyeron que cuando el suelo está bien provisto de P, más de 15 ppm, no hay una respuesta del cultivo ante la aplicación del fertilizante fosforado. En esos casos hay que recordar que fertilizar con P es una inversión.

Varios estudios se han realizado en la región pampeana sobre la respuesta de la soja a la fertilización fosfatada, observándose que los rendimientos del cultivo sin fertilización disminuyen en la medida que el P del suelo era bajo. (Díaz – Zorita *et al.*, 2002).

El uso de P en el cultivo de soja aún no es generalizado posiblemente debido a la falta de conocimiento de la existencia de respuestas bajo las condiciones más diversas de producción, a su aplicación. Esto contrasta con la importancia que tiene este nutriente en el metabolismo de transferencia de energía a nivel celular. Su deficiencia causa restricciones en el crecimiento de las raíces y de las plantas, limitando el potencial de rendimiento (Galarza *et al.* 1998).

Para todos los factores evaluados (rotación, fertilización y labranzas), el n° de semillas por fruto muestra valores muy similares, no presentando diferencias significativas; esto se debería a que está determinado genéticamente, con escasa variación por condiciones ecológicas o por tecnologías de producción, concordando con lo encontrado por Cholaky *et al.* (1989).

Es relevante resaltar que las dos granizadas ocurridas a lo largo del ciclo del cultivo tuvieron un efecto desfoliador muy alto, principalmente la última fue la que más dañó porque el cultivo se encontraba entre R₃ y R₄. Esto podría haber ocasionado un enmascaramiento de todos los efectos de las variables estudiadas. En un estudio que

realizaron Vicente Gudelj *et al.* (1999), en la Estación Experimental Marco Juárez, perteneciente al INTA, determinaron que la soja tiene baja capacidad de recuperación cuando sufre defoliaciones intensas a partir de R₁, que van haciéndose mayores hasta R_{5,5}, y el efecto se ve en pérdida de frutos por unidad de superficie y en menor medida en peso del mismo. Esto se observó en los lotes con fertilizantes respecto de los no fertilizados, donde la falta de significancia entre los rendimientos podría atribuirse al menor peso de los granos producto de la defoliación.

IV. CONCLUSIONES

- Los diferentes tipos de rotaciones tuvieron un efecto significativo en la producción de materia seca aérea total del cultivo de la soja, no así sobre sus rendimientos. Esto probablemente sea consecuencia de una baja frecuencia de inclusión de pastura en la rotación, como de una corta duración de la misma. Sería interesante efectuar un estudio más prolongado en el tiempo, para verificar posibles efectos de las rotaciones con pasturas y cuánto tiempo perduran los mismos luego de roturada la pastura.
- La fertilización fosfatada aumenta la producción de materia seca y mostró una tendencia no significativa en el rendimiento de semillas de la soja. Esto podría ser porque la adición de fertilizante fosfatado promovió la producción de mayor cantidad granos por unidad de superficie pero no incrementó el peso individual de éstos. Habría que evaluar la existencia de otros elementos que puedan ser los limitantes excluyendo las precipitaciones, ya que ellas fueron abundantes y bien distribuidas.
- Las labranzas no afectaron significativamente la producción de materia seca de la soja ni el rendimiento de semillas, posiblemente debido a influencias del relieve que pudieron enmascarar las respuestas. De ahí que podría profundizarse este estudio bajo condiciones más homogéneas de relieve.

V. BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, I.C.; Buxton, D. R.; Karlen, D. L and Cambardella, C. 1997. Cropping system effects on nitrogen removal, soil nitrogen, aggregate stability, and subsequent corn grain yield. *Agron. Jour.* 89: 881_886.
- Andrade F. H., Agurrezabal L. A. N. y Rizzalli R. H. 2000. Crecimiento y rendimiento comparados. Cap. III. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed. Andrade F. H y Sadras V. O. Editorial Medica Panamericana. Argentina.
- Andrade F. H. y Cirilo A. G. 2000. Fecha de siembra y rendimiento de los cultivos. Cap. V. En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Ed. Andrade F. H y Sadras, V. O. Editorial Medica Panamericana. Argentina.
- Baigorri H. E. J, Bodrero M. L, Morandi E. N, Martignone R. A, Andrade F. H, Meira S, y Guevara E. 1997. Ecofisiología del cultivo. En: Giorda L. N. y Baigorri H. E. J. El cultivo de soja en Argentina. INTA. Cap. II: 30 – 50.
- Barraco, M. y Díaz – Zorita, M. 2002. Efecto de la localización de fertilizantes fosfatados sobre la emergencia de cultivos de verano. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Puerto Madryn (Chubut, Argentina). En CD.
- Bricchi, E. 1996. Relaciones entre la compactación, morfología y propiedades físicas de un Hapludol típico de Río Cuarto. Tesis de Magíster Scientiae – Área Ciencias del Suelo. Facultad de Agronomía - UBA. Buenos Aires. Argentina.
- Cannell, R. Q.; Ellis, F. B.; Christian, D. G.; Graham, J. P. and Douglas, J. T. 1980. The growth of yield of winter cereals after direct drilling, shallow cultivation and ploughing on non-calcareous clay soils, 1974-8. *Journal of Agricultural Science* 94, 345-359.
- Casas, R. 1998. Causas y evidencia de la degradación de los suelos en la región pampeana. En: Hacia esa agricultura productiva y sostenible en la pampa. Harvard University; David Rockefeller Center for Latin American Studies; Consejo profesional de Ingeniería Agronómica. Orientación Gráfica Editora S. R. L. Buenos Aires.
- Cátedra de cultivos industriales. 2005. Soja, botánica y usos. www.catedras-Fauba.com.ar. Consulta: 04/08/2005.
- Cisneros, J; Cholaky, C; Bricchi, E; Cantero, J y O Giayetto. 1996. Evaluación del efecto del uso sobre las propiedades físicas de un Haplustol típico del centro de Córdoba. Argentina. *Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*: 23 – 24.
- Cholaky, L., Giayetto, O. y Fernández, E. M. 1989. Épocas y modelos de siembra: efecto sobre los componentes del rendimiento y la producción de soja de hábito

- indeterminado. Actas. IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja. Buenos Aires. Argentina. Tomo II: 759 – 764.
- Degioanni, A. J. 1998. Organización territorial de la producción agraria en la región de Río Cuarto (Argentina). Tesis doctoral. Departamento de Geografía. Universidad de Alcalá de Henares. Alcalá de Henares. España.
- Díaz – Zorita, M. 2005. El cultivo en la rotación: manejo de los recursos para la alta productividad de los sistemas agrícolas. Actas del congreso Mundo Soja 2005. Buenos Aires. Argentina. Pp: 155 -162.
- Díaz – Zorita, M., García, F. y Melgar, R. (coord.). 2002). Fertilización en soja y trigo-soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Boletín Proyecto Fertilizar. EEA INTA Pergamino. 44 pag.
- Díaz Zorita, M. y Grove, J. H. 2000. Fósforo: la variabilidad. Fertilizar Especial Siembra Directa: 16 - 23.
- Dreccer, M. F.; Ruiz, R. A.; Maddonni, G. A. y Satorre, E. H. 2004. Bases ecofisiológicas de la nutrición en los cultivos de grano. Ed. Pascale, A. J. En: Producción de granos, bases funcionales para su manejo. Editorial Facultad de Agronomía- UBA. Cap. 18: 482 - 495.
- Espósito, G. 2002. Propiedades hidrofísicas del suelo asociadas a diferentes sistemas de labranzas en el cultivo de maíz. Tesis de título Magíster en Producción Vegetal. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Río Cuarto. Argentina.
- Fariña Núñez, J. 1997. La importancia de la ubicación del fertilizante. Proyecto Fertilizar. INTA N° 8.
- Galarza, C.; Gudelj, V. y Vallote, P. 2000. Fertilización y monitoreo de nutrientes. Informe para Extensión N° 63. Pp 28 - 30.
- Gambaudo, S. 1986. Proyecto agricultura permanente. INTA. Publicación Técnica N° 1. Pp: 39 - 44.
- Garay, A. y Di Prieto, L. B. 1989. Física de los suelos. Degradación de suelos por intensificación de la agricultura. Publicación Miscelanea N° 47: 15 - 22.
- García, F. O. 2005. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo. Actas del congreso Mundo Soja 2005. Buenos Aires. Argentina. Pp: 135 – 141.
- García, F. O.; Fontanetto, H. y Vivas, H. 2001. La fertilización del doble cultivo trigo-soja. En: www.ppi-far.org. Consulta: 08/08/2005.
- Gerard, C. 1988. Conservation Tillage Effects on soil Physical Properties. Texas Agricultural Experiment Station. The Texas A & M University System. Collage station, Texas. Research Monograph 15: 16 - 28.

- Giayetto, O., Cerioni, G. A., Asnal, W. E. y Cisneros, J. M. 1998. Rotaciones y labranzas en el centro de Córdoba. III Reunión Nacional de Oleaginosos. Departamento de Agricultura Universidad Nacional del Sur.
- Gudelj, O. y Masiero, B. 2000. Efecto del manejo del suelo sobre su densidad aparente. EEA INTA Marcos Juárez. Informe Técnico del Área Suelos y Producción Vegetal (2001), N° 128.
- Gudelj, O. y Masiero, B. 2000. Efecto del manejo del suelo sobre su estabilidad estructural. EEA INTA Marcos Juárez. Informe Técnico del Área Suelos y Producción Vegetal (2001), N° 128.
- Gudelj, V.; Galarza, C.; Vallote, P.; Gudelj, O.; Ayub, G.; Nieri, G. y Ghio, H. 2000. Comparación de lotes en producción agrícola manejados con diferentes alternativas conservacionistas. Informe técnico del Área Suelos y Producción Vegetal (2001), N° 128, EEA Marcos Juárez.
- Gudelj, V.; Vallote, P.; Galarza C. y Nieri, G. 1999. Efecto del granizo sobre los rendimientos de maíz y soja. Resultados de Ensayos de la campaña 1998/1999. Información para Extensión N° 59, EEA INTA Marcos Juárez.
- Gutiérrez Boem, F. H. y Thomas, G. W. 1999. Phosphorus nutrition and water deficits in field-grown soybeans. *Plant and Soil* 207: 87-96.
- Gutiérrez Boem, F. H. y Thomas, G. W. 2001. Leaf area development in soybean as affected by phosphorus nutrition and water deficit. *Journal of Plant Nutrition* 24: 1711-1729.
- Hamblin, A. 1991. Sustainable Agricultural Systems. What are the appropriate measures for soil structure? *Austr. J. Soil Res.*, 29, 709-15.
- Hein, W.H. de y N. Hein. 1986. Rotaciones agrícolas y ganaderas y la fertilidad de los suelos. EEA INTA Rafaela. Publicación Técnica N° 36. 24 pp.
- Hein, W. I. H. y J. L. Panigatti. 1982 A. Efecto del manejo del suelo en la producción de nitratos. EEA INTA Rafaela. Publicación Técnica N° 24. 16 pp.
- Hein, W.I. H. y J.L. Panigatti. 1982 B. Producción potencial de nitratos en suelos del centro de Santa Fe. EEA INTA Rafaela. Informe para extensión N° 44. 5 pp.
- Hein, W.I.H. y J.L. Panigatti. 1987. Fertilidad de Argiudoles del centro de Santa Fe con diferentes manejos. EEA INTA Rafaela. Información Técnica N° 10. 16 pp.
- Jarvis, S. 2000. Soil-Plant-Animal Interactions and impact on Nitrogen and Phosphorous Cycling and Recycling in Grazed Pastures. In: *Grassland Ecophysiology and Grazing Ecology*. Edit. Lemaire G.; Hodgson, J; Moraes, A.; Carvalho, P. C. and Nabinger, C. CABI Publishing. London UK. Chapter 16: 317 – 337.
- Lal, R. 1993. Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality and sustainability, *Soil & Tillage Research* 27:1-8.

- Lattanzi, A. ; Arce, J. ; Marelli, H. ; Lorenzón, C. 2005. EEA INTA Marco Juárez. Área de Suelos y producción Vegetal. En: www.inta.gov.ar/mjuarez/contactos/cv/alattanzi. Consulta: 01/08/2005.
- Leteo, J. 1985. Relationship between soil properties and crop production. *Adv. Soil Sci.* 1:273-294.
- Marelli, H. y Arce, J. 1996. La labranza conservacionista. EEA INTA Marco Juárez. Información para Extensión N° 32. Mayo. 8 pp.
- Marelli, H.; Arce, J. 2000. Ensayos de labranza y secuencia de cultivos en trigo ciclo 1999. EEA INTA Marco Juárez, Córdoba. Argentina. Hoja Informativa N° 33.
- Melgar, R. 1996. Azufre en soja, qué opciones tenemos? Proyecto Fertilizar. INTA, N° 13.
- Michelena, R. O.; Irurria, C. B.; Vavruska, F. A.; Mon, R. y Pittaluga, A. 1989. Degradación de los suelos en el norte de la región pampeana. INTA PAC. Publicación Técnica N° 6.
- Moreno, I.; Cholaky, C.; Lesser, M. y J. Marcos. 1996. Efecto de la labranza sobre el contenido de carbono orgánico y su implicancia en la estabilidad estructural. *Actas XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*: 26^a - 26b.
- Nardone, M. 1994. La siembra directa en la agricultura sostenible. INTA-PAC. Encuentro de profesionales hacia una agricultura sostenible. Rosario. Pp 29 - 33.
- Nardone M. y S. Montico. 2001. Inventario de cambios de gases de efecto invernadero 1997. Cambio en el contenido de carbono en el suelo por prácticas agrícolas. Ministerio de Desarrollo Social y Medio Ambiente. Sec. De Desarrollo Sustentable y Política Ambiental: 27 pp.
- Orellana, J.A. de y Pilatti, M. A. 1994. La estabilidad de agregados como indicador de sostenibilidad. *Ciencia del Suelo* – 12(2): 75-80.
- Palma, R. M.; Arrigo, N. M.; Conti, M. E. 1984. Caracterización química de los agregados del suelo. *Ciencia del Suelo - Vol. II (1)*: 94 - 97.
- Peretti, M. 1999. Competitividad de la empresa agropecuaria argentina en la década de los 90. *Revista Argentina de Economía Agraria*. Volumen IV (1): 27 – 41.
- Peterson, T. A. y Varvel, G. E. 1989. Crop yield as affected by rotation and nitrogen rate. I. Soybean. *Agronomy J.* 81: 727-731.
- Quiroga A. R., Babinec F., Ormeño O., Goñi L. 1996. Labranza conservacionista y fertilización de trigo en la región semiárida pampeana. *XV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*: 183.
- Racca, R.; Collino, J.; Dardanelli, D.; Basigalup, N.; Gonzáles, E.; Brenzoni, N.; Hein, N. y Balzarini, M. 2002. Contribución de la fijación biológica de nitrógeno a la

- nutrición nitrogenada de la alfalfa en la región pampeana INTA. 987 –521 – 045-5. Pp: 56.
- SAGPyA. 2005. Estimaciones agrícolas mensuales. En: www.SAGPyA.mecon.gov.ar/agricu/agricultura/estimacionesagricolasparaelmesdejunio.htm. Consulta: 02/08/2005.
- SAGPyA. 2005. Granos de oleaginosos y cereales. En: www.SAGPyA.mecon.gov.ar/agricu/agricultura/granos.htm. Consulta 02/08/2005.
- SAGPyA. 2005. Estimaciones Agrícolas Soja. En: www.SAGPyA.mecon.gov.ar/agricu/agricultura/estimacionesagricolasoja.htm. Consulta: 02/08/2005.
- SAGPyA. 2005. Soja. En: www.SAGPyA.mecon.gov.ar/agricu/agricultura/soja.htm. Consulta: 04/08/2005.
- Salas, H.P., E. Lovera y O. Feresín. 1997. Manejo de Suelos. En: Sorgo Granífero. Centro Reg. Córdoba. EEA INTA Manfredi: 12-16.
- Santos, D. J. 2005. Evolución de la superficie sembrada y del rendimiento de soja en las últimas décadas. En: www.e-campo_com - Evolución de la superficie sembrada y del rendimiento de soja en las últimas décadas.htm. Consulta: 04/08/2005.
- Satorre, E. H. 2005. Cambios tecnológicos en la agricultura Argentina Actual. Ciencia Hoy, XV (87): 24 - 31.
- Solá, F.; Cirio, F.; Leguiza, J. Y Urdapilleta, P. 1995. El deterioro de los suelos en la República Argentina. En: el deterioro de las tierras en la República Argentina. CFA. SAGyP. Cap. II: 23 – 50.
- Uranga, M. y Grove, J. H. 2003. Efecto de la estratificación del fósforo del suelo sobre la fertilización fosfatada de soja. INPOFOS Cono Sur, Simposio “ El fósforo en la agricultura Argentina ”, Rosario (Argentina), 85-87.
- Vásquez, M.E.; Berasategui, L. A.; Chamorro, E. R.; Taquín, L. A. y Barberis, L. A. 1990. Evolución de la estabilidad estructural y diferentes propiedades químicas según el uso de los suelos en tres áreas de la pradera pampeana. Ciencia del Suelo. VIII (2): 203-210.
- Vega, M.A. 1981. Factores que influyen sobre el rendimiento de la soja en la región central de Santa Fe. En: Reunión Anual de Información Técnica para Productores. EEA INTA Rafaela: 71-73.
- Vivas, H. S. 1986. Evaluación de algunas condiciones físicas y químicas de suelos con distintos manejos. EEA INTA Rafaela. Inf. para Ext. N° 89: 6 pp.
- Villar, J.; Romero, L. y Calcha, F. 1999. Rotaciones agrícolas – ganadera para el centro de Santa Fe. EEA INTA Rafaela. En: www.anuario1999-rotacionersagricolas-ganaderasparaelcentrodesantafe. Consulta: 08/02005.

