

**U.N.R.C.  
F.A.V.**

**CONSUMO Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA DE LA SOJA,  
EN DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZA CON Y SIN  
FERTILIZACIÓN**

**CRISTIAN ANDRÉS OVIEDO  
DICIEMBRE DE 2005**

*Agradecimientos:*

*Quiero agradecer a mis padres Alfredo, María y a mi hermano Mauro por brindarme su apoyo absoluto en todo momento, a Natalia y su familia por estar siempre a mi lado acompañándome y por toda la confianza depositada en mi persona, a mi director de tesis Guillermo por el tiempo que me dedicó, como así también a Elena y Giselda que con su experiencia me ayudaron a resolver algunos inconvenientes que se me presentaron durante el transcurso del trabajo final, por último, a mis compañeros de facultad por hacer cada momento de la carrera algo especial que sin duda quedarán en mi memoria guardados por el resto de mi vida ...*

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

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

**CONSUMO Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA DE LA SOJA,  
EN DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZA CON Y SIN  
FERTILIZACIÓN**

Alumno: Oviedo, Cristian Andrés

DNI: 27.871.227

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**

**CONSUMO Y EFICIENCIA DE USO DE AGUA DE LA SOJA,  
EN DISTINTOS SISTEMAS DE LABRANZA CON Y SIN FERTILIZACIÓN**

**Autor: Oviedo, Cristian Andrés  
DNI: 27871227**

**Director: Ing. Agr. MSc. Cerioni, Guillermo A.**

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

**Ing. Agr. Bonadeo, Elena** \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. Bongiovanni, Marcos** \_\_\_\_\_

**Ing. Agr. Colodro, Juan** \_\_\_\_\_

**Fecha de Presentación:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

**Aprobado por Secretaría Académica:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

---

**Secretario Académico**

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Página</b>
Certificado de aprobación.....	II
Índice general.....	III
Índice de figuras.....	IV
Índice de cuadros.....	V
Resumen.....	VI
Summary.....	VII
Introducción.....	1
Hipótesis.....	5
Objetivo general.....	5
Objetivos específicos.....	5
Materiales y métodos.....	6
Resultados y discusión.....	11
Condiciones meteorológicas durante el ciclo del cultivo.....	11
Contenido de agua útil en el suelo.....	14
Consumo acumulado de agua útil en el suelo.....	17
Eficiencia de uso del agua (EUA).....	19
Componentes del rendimiento y producción de granos.....	23
Eficiencia de uso del agua considerando el rendimiento en granos.....	26
Conclusiones.....	30
Bibliografía.....	31
Anexos.....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura N° 1:</b> Temperaturas máxima, mínima y media promedio en °C decádico durante el ciclo del cultivo .....	11
<b>Figura N° 2:</b> Temperatura del suelo (°C) y radiación incidente (Mj./m <sup>2</sup> ) promedio decádico durante el ciclo del cultivo.....	12
<b>Figura N° 3:</b> Precipitaciones acumuladas decádicos (mm.) y totales (mm.) durante el ciclo del cultivo.....	13
<b>Figura N° 4:</b> Contenido de agua útil (mm) en los primeros 100 cm. de profundidad, durante el ciclo del cultivo (DDS) en todos los tratamientos.....	14
<b>Figura N° 5:</b> Consumo acumulado de agua útil (mm) en los primeros 100 cm. de profundidad, durante el ciclo del cultivo (DDS) en todos los tratamientos.....	17
<b>Figura N° 6:</b> EUA (g. MS. /mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos SD- F.....	19
<b>Figura N° 7:</b> EUA (g. MS. /mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos SD- NF.....	19
<b>Figura N° 8:</b> EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LR-F.....	20
<b>Figura N° 9:</b> EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LR-NF.....	20
<b>Figura N° 10:</b> EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LC-F.....	21
<b>Figura N° 11:</b> EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LC-NF.....	21
<b>Figura N° 12:</b> EUA respecto al peso de granos (g. m <sup>2</sup> /mm).....	26
<b>Figura N° 13:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento SD.....	36
<b>Figura N° 14:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LR.....	36
<b>Figura N° 15:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LC.....	37
<b>Figura N° 16:</b> Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento SD.....	42
<b>Figura N° 17:</b> Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LR.....	42
<b>Figura N° 18:</b> Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LC.....	43

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Página</b>
<b>Cuadro N° 1:</b> Componentes del rendimiento y producción de la soja en todos los tratamientos.....	23
<b>Cuadro N° 2:</b> Peso de los granos (g./m <sup>2</sup> ) en los distintos sistemas de labranza.....	23
<b>Cuadro N° 3:</b> Peso de los granos (g./m <sup>2</sup> ) en los tratamientos con y sin fertilización.....	24
<b>Cuadro N° 4:</b> Número de semillas (semillas/m <sup>2</sup> ) en los distintos sistemas de Labranza.....	24
<b>Cuadro N° 5:</b> Número de semillas (semillas/m <sup>2</sup> ) en los tratamientos con y sin fertilización.....	24
<b>Cuadro N° 6:</b> Peso de mil semillas (g.) en los distintos sistemas de labranza.....	24
<b>Cuadro N° 7:</b> Rendimiento de semillas (kg./ha) de los tratamientos con y sin fertilizante.....	25
<b>Cuadro N° 8:</b> Rendimiento de semillas (kg./ha) de los tratamientos bajo diferentes labranzas.....	25
<b>Cuadro N° 9:</b> Fechas de los muestreos a campo y estadio fenológico del cultivo. ( Fehr y Caviness).....	35
<b>Cuadro N° 10:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento SD.....	38
<b>Cuadro N° 11:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LR.....	39
<b>Cuadro N° 12:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LC.....	40
<b>Cuadro N° 13:</b> Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo de todos los tratamientos y estadio fenológico del cultivo.....	41
<b>Cuadro N° 14:</b> Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en todos los tratamientos.....	44
<b>Cuadro N° 15:</b> EUA para biomasa aérea (g. /mm.) en todos los tratamientos.....	45
<b>Cuadro N° 16:</b> EUA (g. /mm.) de todos los tratamientos respecto al rendimiento en granos.....	45

## RESUMEN

Se evaluó la eficiencia de la soja en el uso del agua (EUA) del suelo y el rendimiento en tres sistemas de labranza, siembra directa (SD), labranza reducida (LR) y labranza convencional (LC), con y sin fertilización fosforada.

El estudio se realizó en el establecimiento “Pozo del Carril - La Aguada”, perteneciente a la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Nacional de Río Cuarto, Córdoba.

El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con dos factores: El factor labranza con tres niveles: SD: sin remoción del suelo, LR: labranza vertical y disco, con cobertura superior a un 30 % y LC: arado de rejas y disco. El segundo factor con dos niveles de fertilización (con y sin fertilizantes). Se realizaron dos repeticiones espaciales por tratamiento.

Durante el desarrollo fenológico del cultivo se determinó el contenido hídrico (0-100 cm. de suelo), y la materia seca aérea. Para determinar la eficiencia de uso del agua se ajustaron regresiones lineales simples con las dos variables.

A cosecha se evaluaron los componentes del rendimiento y producción de semillas.

La SD fue la que mayor contenido de agua útil dispuso para la germinación y en los últimos estadios del cultivo respecto a la LC y LR y produjo el mayor rendimiento de semillas.

La fertilización produjo mayor rendimiento del cultivo y mayor EUA.

La EUA varió según el sistema de labranza tanto para la producción de materia seca aérea como la producción de semillas, siendo mayores con LC y SD para la misma variable respectivamente.

**PALABRAS CLAVES:** Soja; fertilización; sistemas de labranzas; eficiencia de uso del agua.



## SUMMARY

The water use efficiency of the soybean in the soil's (WUE) and the yield in three tillage systems were evaluated: zero tillage (ZT), reduced tillage (RT) and conventional tillage (CT) with and without phosphated fertilization.

The investigation was made on the premise "Pozo del Carril – La Aguada", which belongs to the Agronomy and Veterinary Faculty of the National University of Río Cuarto, Córdoba.

The experimental design was in blocks thoroughly at random with two factors: the farming factor with three levels: ZT, without soil removal, RT, vertical tillage and disc, covering more than 30 % and CT, moldboard plow and harrow plow. The second factor with two levels of fertilization (with and without fertilizers). Two spatial repetitions were made per treatment.

During the phenological development of the crop, the hydric content was determined (0-100 cm. of soil) and the dry aerial material. To determine the efficiency of the use of water, simple lineal regressions were adjusted with the two variables.

At harvest time, the yield components and the production of seeds were evaluated.

The ZT was the one which had the largest quantity of useful water for the germination and in the last stages crop comparing with CF and RF and produced the largest yield of seeds.

The fertilization produced larger yield of crop and larger WUE.

The WUE varied according to the tillage systems, not only for the production of dry aerial material but the production of seeds as well, being larger with CT and ZT for the same variable respectively.

**KEY WORDS:** Soybean; fertilization; tillage systems; water efficiency use.

## INTRODUCCIÓN

La década del setenta marcó el despegue de la soja en el país, incrementándose la superficie sembrada en forma paulatina hasta alcanzar su máximo desarrollo en los últimos años favorecida por los altos precios internacionales, el bajo costo de producción y la aparición de los genotipos mejorados resistentes a glifosato.

Actualmente, el cultivo de soja es el que ocupa la mayor superficie sembrada del país superando las 14.000.000 has. sembradas en una amplia zona ecológica del país, aunque concentrándose principalmente en la Región Pampeana, (SAGPyA, 2005). En la provincia de Córdoba en el ciclo 2004/05 la superficie sembrada fue de 3.714.500 has. y el rendimiento promedio fue de 2.909 kg./ha. (Secretaría de Producción y Trabajo de la provincia de Córdoba, 2005).

Este avance en la superficie sembrada con esta oleaginosa podría tener algunas limitaciones, ya que ocupa las tierras más aptas de la Región Pampeana, desplazando no solo a otros cultivos de menor precio relativo como sorgo, girasol y maíz, sino también a la propia ganadería (Pascale y Damario, 1996).

Por todo lo anterior la soja hoy es el cultivo más importante del país y, sus derivados, el principal producto de exportación argentino (Giorda, 1997).

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.

El agua edáfica disponible constituye el principal factor limitante de la producción de soja en la región semiárida. Las normales o frecuentes deficiencias hídricas se agravan en caso de no emplearse sistemas de labranza mínima o conservacionistas (Marelli, 1997).

En varias experiencias realizadas en la EEA (Estación Experimental Agropecuaria) INTA Manfredi se establecieron curvas de agua infiltrada al suelo, registrándose una precipitación efectiva mayor en la labranza mínima que en la convencional, incrementándose las diferencias a medida que aumentó la intensidad de las precipitaciones, comprobándose que esto

está relacionado con el estado físico de los primeros centímetros del perfil del suelo (Marelli, 1997).

En el mismo ensayo se registró un menor contenido de agua útil a la siembra en el sistema de labranza convencional, lo cual se relacionó con una mayor susceptibilidad al encostramiento y la evaporación del suelo.

Estudios realizados en la EEA Marcos Juárez (INTA) sobre infiltración en distintos sistemas de labranza y cantidad de rastrojos permiten concluir que, en suelos descubiertos, luego de una precipitación, la infiltración de agua es rápidamente limitada por el encostramiento superficial, y que las cubiertas de residuos son muy efectivas para evitar dicho encostramiento y mantener un elevado nivel de infiltración, lo que redundará en un mayor porcentaje de humedad almacenado en el perfil del suelo, sumado al efecto de reducción de las pérdidas por escurrimiento (Marelli, 1997).

Sin embargo, debe tenerse en cuenta para un buen funcionamiento de la siembra directa, una cobertura de rastrojo abundante y bien distribuido, ya que su uniformidad mejora la infiltración del agua de lluvia, reduce la evaporación y esto permite llegar a la siembra con un adecuado control de malezas logrando un bajo consumo de agua por parte de ellas.

Gerster *et al.*, (2002) determinaron que la variable rendimiento aparece más asociada con las variables físicas dependientes de la acción antrópica, que con otras como pendiente media, materia orgánica, rotación, etc, y que para reducir la brecha entre altos y bajos rendimientos se deberían utilizar prácticas de manejo que eviten la formación de sectores compactados superficiales y/o eventualmente, labranzas que reduzcan su presencia.

Por otro lado, la efectividad de las técnicas en el incremento de la infiltración dependerá además de la mejora en la permeabilidad interna, de estabilización de los agregados y de la condición de humedad con la que se transita el suelo, (tanto para implementos como para animales en pastoreo), estos últimos pueden disminuir dicha efectividad debido a un aumento en la densidad aparente y una disminución de rastrojo en superficie por consumo y pisoteo (Cisneros *et al.*, 2002).

Ante un estrés hídrico las plantas de soja retrasan la floración, tanto en los nudos superiores como en los nudos basales, y las vainas generadas a partir de flores tardías tienen una mayor posibilidad de aborto (Sorlino *et al.*, 1995).

Kantolic *et al.*, (1995) determinaron que cuando el estrés hídrico se produce durante la formación de vainas (R3-R5), se afectan principalmente los procesos de generación y mortandad

de frutos, mientras que ante un estrés tardío (R5-R6), los componentes afectados son el número de vainas y el peso de los granos, siendo su efecto más notorio sobre el rendimiento.

El déficit de agua es la principal limitante para el rendimiento de soja, sin embargo, el tipo y magnitud del efecto de este estrés sobre la planta dependerá de la intensidad, duración y momento de ocurrencia del mismo, quedando determinado que entre R5 a R7 (llenado de grano), es el período más crítico para el cultivo, ya que el estrés produce la reducción simultánea del número de vainas, del número de semillas por fruto y del peso de las semillas, sin posibilidad de compensación de algún componente del rendimiento (Andriani,1997).

La biomasa producida por unidad de agua evapotranspirada expresa la eficiencia con la cual un órgano o un cultivo fija carbono en relación con el agua que consume y se define como eficiencia en el uso del agua (EUA), (Sinclair *et al.*,1984).

Caviglia y Sadras, (2001), demostraron en trigo que la fertilización nitrogenada aumentó la EUA, incrementó la capacidad fotosintética del cultivo, lo que produce un mayor crecimiento en etapas tempranas del mismo debido a una mayor eficiencia en el uso de la radiación solar.

Numerosos autores en distintas experiencias han encontrado una importante respuesta en rendimiento de soja ante el agregado de fertilizantes.

Sin embargo, el P es el nutriente en que la fertilización será cada vez más importante para el mantenimiento de altos niveles de rendimiento en soja, debido a la lenta pero continúa reducción de los niveles disponibles en importantes áreas de la región núcleo agrícola argentina.

Fariña Núñez y Darwich, (1993), en Balcarce encontraron respuestas a la fertilización con 40 Kg./ha. de  $P_2O_5$ , colocados al costado y debajo de la semilla, en suelos con menos de 10 ppm de P.

Parra, (1997) analizó los resultados de doce ensayos conducidos en el área de influencia de la EEA INTA Reconquista, y en todos los ensayos se obtuvo respuesta a la fertilización. Los mayores incrementos de rendimiento se obtuvieron en los suelos con menores disponibilidad de P asimilable.

Entonces, la cantidad de fósforo a aplicar depende de los niveles de P disponibles en el suelo, el rendimiento esperado y la localización del fertilizante.

Por su parte Dardanelli *et al.*, (1994) indicaron que los sistemas conservacionistas, como la labranza reducida (LR) redujeron el valor de la evaporación del suelo respecto a sistemas tradicionales de laboreos intensivos, esta disminución fue atribuida a un aumento de la materia orgánica y estabilidad estructural en la superficie del suelo al incrementar la porosidad estructural y actuar como una restricción del flujo del agua hacia la superficie del suelo, siendo

esto de importancia para incrementar las reservas de agua del suelo, a su vez, otros autores como Marelli, (1997) demostró que la siembra directa (SD) o la LR mejoran la condición física superficial del suelo e incrementan la capacidad de infiltración en relación con suelos intensamente laboreados, en consecuencia el agua disponible para la transpiración del cultivo será mayor en comparación con los sistemas de laboreo tradicionales, lográndose de esta manera una mejor EUA.

Sin embargo, el cultivo de soja tiene una baja eficiencia de uso de agua, comparada con otros cultivos como maíz y girasol, esto se debe principalmente a la baja eficiencia fotosintética de este cultivo y a la mayor concentración energética de los granos (Andrade, 1995).

## **HIPÓTESIS**

- ✓ Los sistemas de siembra directa y labranza reducida, permiten obtener mayores rendimientos que la labranza convencional debido a mayor disponibilidad y mejor economía del agua en el perfil del suelo en el cultivo de soja.
- ✓ La fertilización fosforada aumenta el rendimiento del cultivo de soja debido a un incremento en la eficiencia de uso del agua.

## **OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Evaluar la acumulación de agua útil en el suelo durante el ciclo del cultivo de soja en diferentes sistemas de labranza y fertilización y su efecto sobre el rendimiento.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Evaluar la acumulación y evolución del agua útil en el suelo (0-100 cm) en diferentes sistemas de labranza, con y sin fertilización.
- ✓ Cuantificar la eficiencia de uso del agua en el cultivo de soja en tres sistemas de labranza con y sin fertilización, respecto a la biomasa aérea acumulada y la producción final de granos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

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 del paraje “La Aguada”.

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).

En este relieve afloran sedimentos de tipo loésico sobre los que se desarrollan Hapludoles.

A nivel predial, el suelo presenta una textura franco arenosa muy fina de la formación La Invernada (Cantú, 1992) clasificado como Hapludol típico, 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 es en bloques completamente aleatorizados con dos factores. El factor sistemas de labranza con tres niveles: SD: siembra directa (sin remoción del suelo), LR: labranza reducida (labranza vertical y disco, con cobertura superior a un 30 %) y LC: labranza convencional (arado de rejas y disco). El otro factor con dos niveles fertilización (con y sin fertilizantes). Se realizaron dos repeticiones espaciales por tratamiento.

El cultivo fue realizado sobre un rastrojo de maíz, siendo este el cultivo antecesor.

Los laboreos que se realizaron en los tres sistemas de labranza son:

- LC: arado de rejas + rastra de discos de tiro excéntrico,
- LR: arado cincel + rastra de discos de tiro excéntrico, esta a igual que la anterior fueron efectuadas el 18/12/2003.
- SD: en noviembre del mismo año se realizó el barbecho químico con glifosato en dosis 2.5 lt. /ha. de PC (producto comercial al 48%).

Previo a la siembra, en los tres sistemas de labranza se realizó una aplicación de glifosato en dosis de 2 lt./ha. PC al 48%, con el objetivo de eliminar las malezas presentes.

La siembra fue realizada el día 23/12/2003 con una sembradora Bertini® de grano grueso usando semilla de la variedad “Don Mario 4800” RG (resistente a glifosato), en líneas a 0.35 m. y con 16 semillas por metro lineal.

A la siembra se aplicó 50 Kg. de fosfato monoamónico (MAP) en las parcelas fertilizadas de los distintos sistemas de labranza.

Se efectuaron dos aplicaciones totales post-emergentes de glifosato, el 10/01/2004 y 11/02/2004 ambas con una dosis de 2.5 lt./ha. de PC al 48%.

Debido a la presencia de orugas medidoras (*Rachiplusia nu*) se procedió al control químico de las mismas con 150 cc. /ha. de cipermetrina (PC), aplicación realizada en la segunda quincena del mes de febrero.

En el establecimiento donde se realizó el ensayo existe una estación meteorológica automática LI-COR (LI-1200), a partir de la cual se recolectaron diariamente datos de precipitaciones y temperaturas del aire (máxima y mínima) y radiación global.

En el ensayo se realizaron las siguientes evaluaciones:

A nivel de cultivo:

- ✓ Se registró la evolución fenológica de los cultivos según escala Fehr y Caviness (1977).
- ✓ Rendimiento del cultivo, mediante cosecha manual de 2 surcos centrales de cada parcela, previo descarte de 5 metros en cada cabecera de parcela.
- ✓ Se evaluaron los componentes del rendimiento
  - Número de plantas a cosecha, mediante recuento de 5 muestras de 2 m<sup>2</sup>, por tratamiento y repetición.
  - Número de semillas/m<sup>2</sup>, mediante recuento en contador de semillas de 5 muestras de 1 m<sup>2</sup> por tratamiento y repetición.
  - Peso de 1000 granos, tomando 5 muestras de 200 granos por tratamiento y repetición.
  - Con estos datos se obtuvo el rendimiento en kg. /ha de cada tratamiento.

A nivel del suelo:

- Desde la siembra hasta madurez fisiológica del cultivo cada 12 a 15 días se realizaron determinaciones del contenido hídrico del suelo, utilizando el método gravimétrico.
- Las muestras fueron tomadas con un barreno manual a razón de 2 muestras de cada tratamiento por bloque y se mezclaron entre sí formando una muestra compuesta.
- El muestreo se realizó hasta los 100 cm. de profundidad separándose en estratos de 10 cm, las muestras extraídas fueron embolsadas, identificadas y llevadas a laboratorio para su posterior análisis.



- En el laboratorio, se midió el contenido agua del suelo, para ello, las muestras extraídas con anterioridad en el campo fueron colocadas en recipientes de aluminio, registrando su peso húmedo, posteriormente fueron secadas en estufas a 105° C hasta su peso constante (72 horas). Luego se calculó la humedad gravimétrica ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) para cada intervalo de medición (10cm).

$$\text{HGA (g}\cdot\text{g}^{-1}) = \frac{(\text{PH} + \text{T}) - (\text{PS} + \text{T})}{\text{PS}}$$

donde:

HGA: contenido gravimétrico de agua ( $\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

PH: peso de la muestra de suelo húmedo (g).

PS: peso de la muestra de suelo seco (g).

T: tara del recipiente de aluminio (g).

Los datos de humedad gavimétrica (HG) y la DAP se utilizaron para obtener la humedad volumétrica (HV), recurriendo para ello a la siguiente ecuación:

$$\text{HV} = \text{HG} \times \text{DAP}$$

donde:

HV: humedad volumétrica ( $\text{cm}^3/\text{cm}^3$ ).

HG: humedad gavimétrica (g. /g.).

DAP: densidad aparente del suelo ( $\text{g} / \text{cm}^3$ ).<sup>1</sup>

- ✓ El cálculo de la lámina de agua total de cada capa del suelo se obtuvo de el producto entre la HV por el espesor de cada una de las capas. Luego se calculó la lámina de agua útil, la cual fue retenida entre – 0.03 Mpa. y – 1.5 Mpa.. De la sumatoria del valor de la lámina de agua útil de cada uno de los intervalos de medición se obtiene la lámina total de agua útil del suelo en los primeros 100 cm.

---

<sup>1</sup> Datos suministrados por la Ing. Agr. Bricchi, Estela obtenidos de un trabajo realizado en el mismo lugar.

✓ Cálculo del consumo acumulado de agua útil en el suelo:

$$CAU = +/- VA + Pr + R - E - Pe$$

Siendo: CAU: consumo acumulado de agua útil (mm.)

VA: variación en el almacenaje de agua (mm.)

Pr: precipitación en mm. (dato registrado en el campo)

R: riego (no se tiene en cuenta porque el cultivo se realiza en seco)

E: escurrimiento en mm. (se determina por el método de la Curva Número) \*

Pe: percolación en mm. (es desestimada)

\* Cálculo del escurrimiento por el método de la Curva Número:

1. Selección del grupo hidrológico de suelo: grupo hidrológico B, el mismo presenta un grado de infiltración moderado, suelos moderadamente profundos, sin barreras físicas importantes, materiales más finos que arenas.
2. Selección del uso y manejo de los suelos: cultivo en surcos rectos.
3. Valor de curva número teniendo en cuenta grupos hidrológicos, uso y manejo de la tierra para una condición promedio de humedad antecedente (AMC II): CN = 78.
4. Valor de S (máxima retención potencial de agua por el terreno) teniendo en cuenta el valor de CN anterior: S = 70.5
5. Cálculo del escurrimiento (Q):

$$Q = \frac{(P - 0.2 * S)^2}{(P - 0.2 * S) + S}$$

Donde:

Q = volumen escurrido en mm.

P = precipitación del período en mm.

- ✓ El cálculo de la Eficiencia de Uso del Agua (EUA) de cada tratamiento se efectuó a través de:
- La pendiente de la recta de regresión entre la biomasa aérea acumulada ( $\text{g./m}^2$ ) y el agua útil consumida durante el ciclo del cultivo (mm), Sinclair *et al.*,(1984).
  - La relación entre el rendimiento en granos y la cantidad de agua consumida (mm) (Gardner *et al.*, 1985), mediante la siguiente ecuación :

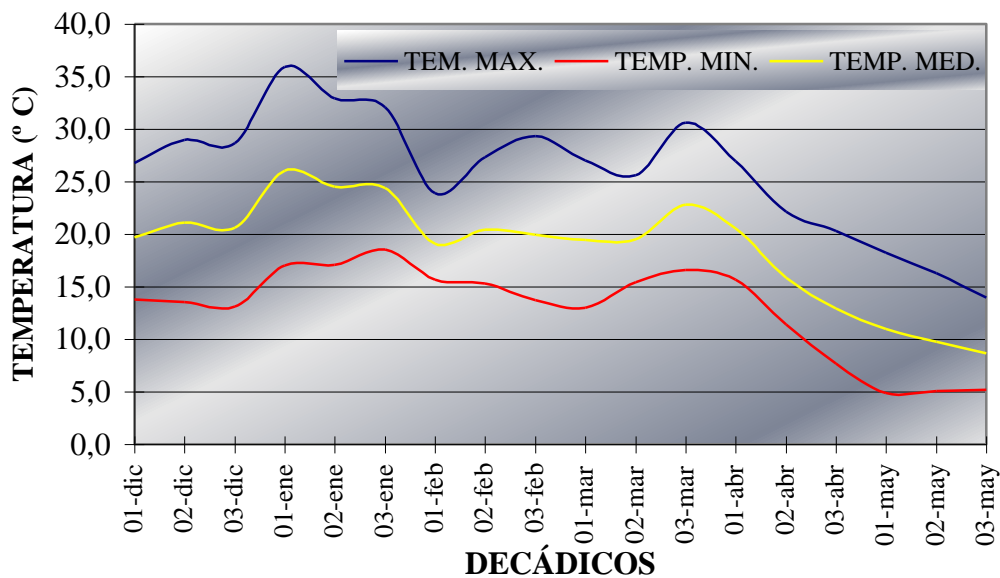
$$\text{EUA} = \frac{\text{Rendimiento (g./m}^2\text{)}}{\text{Consumo de agua (mm)}}$$

Los resultados obtenidos fueron procesados mediante ANAVA. y separación de medias según el test de LSD (diferencia mínima significativa) al 5 % de probabilidad y por análisis de regresión.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### CONDICIONES METEOROLÓGICAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO.

La figura N° 1 muestra la evolución de las temperaturas máxima, mínima y media durante la estación de crecimiento del cultivo. El mes de enero fue el más cálido de todo el ciclo del cultivo, 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 el más cálido de todo el ciclo, donde la temperatura máxima promedio alcanzó los 35.9 °C y la temperatura media promedio los 26° C. Cirilo y Andrade, (1994) afirman que la temperatura modifica en forma substancial el índice de área foliar (IAF) al afectar la duración del período de diferenciación de hojas, la tasa de aparición y el tamaño de las mismas. A su vez, y teniendo en cuenta la fecha en la que fue sembrado el cultivo, la incidencia de la temperatura sobre el rendimiento crece a medida que se atrasa la fecha de siembra, ya que a menor temperatura menor es la tasa de llenado de granos (Baigorri, 2000).

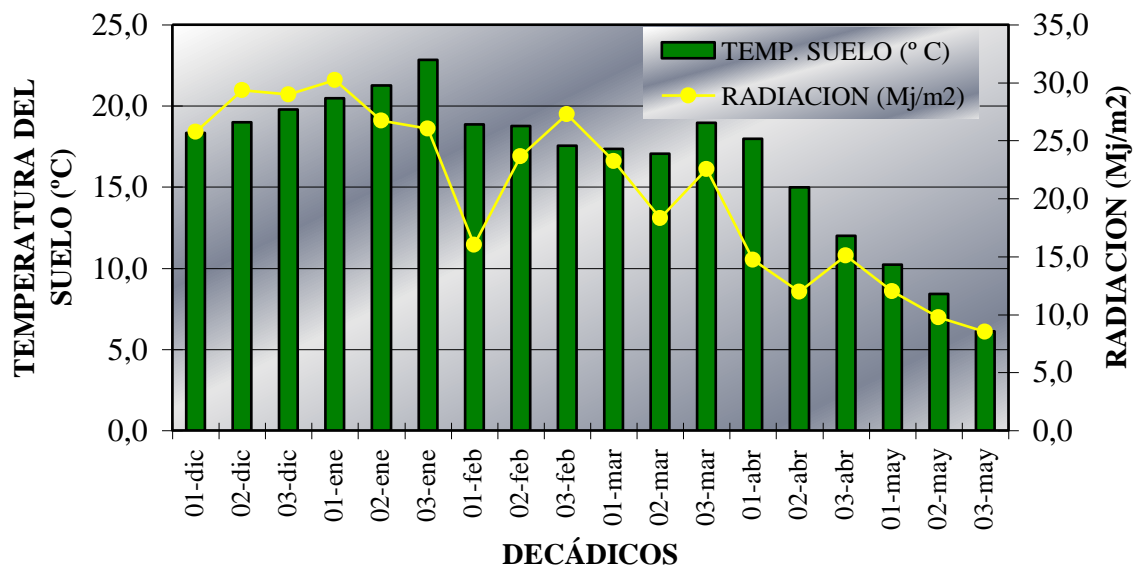


**Figura N° 1:** Temperaturas máxima, mínima y media promedio en °C decádico durante el ciclo del cultivo.

La figura N° 2 muestra la evolución de la temperatura de suelo a 10 cm. de profundidad y radiación incidente durante el ciclo del cultivo. En el mismo sentido que la temperatura del aire, la del suelo, fue más elevada durante el mes de enero, registrándose el valor más alto de todo el ciclo (22.8 °C) en el tercer decádico. Esto es importante debido a la relación directa entre la dinámica de la profundización de raíces de soja y la temperatura del suelo (Mason *et al.*, 1982).

La máxima radiación incidente sobre el cultivo se produjo entre los dos últimos decádicos del mes de diciembre (29.3 Mj./m<sup>2</sup> y 29 Mj./m<sup>2</sup>) y el primer de enero (30.2 Mj./m<sup>2</sup>), en el mismo figura se evidencia una disminución de la radiación incidente desde diciembre hasta mayo, mes donde se registran los valores de radiación incidente más bajos de todo el ciclo de cultivo.

Por su parte Baigorri, (2000) expresa que el rendimiento de la soja se incrementa a medida que aumenta el nivel de radiación solar durante el llenado de granos.

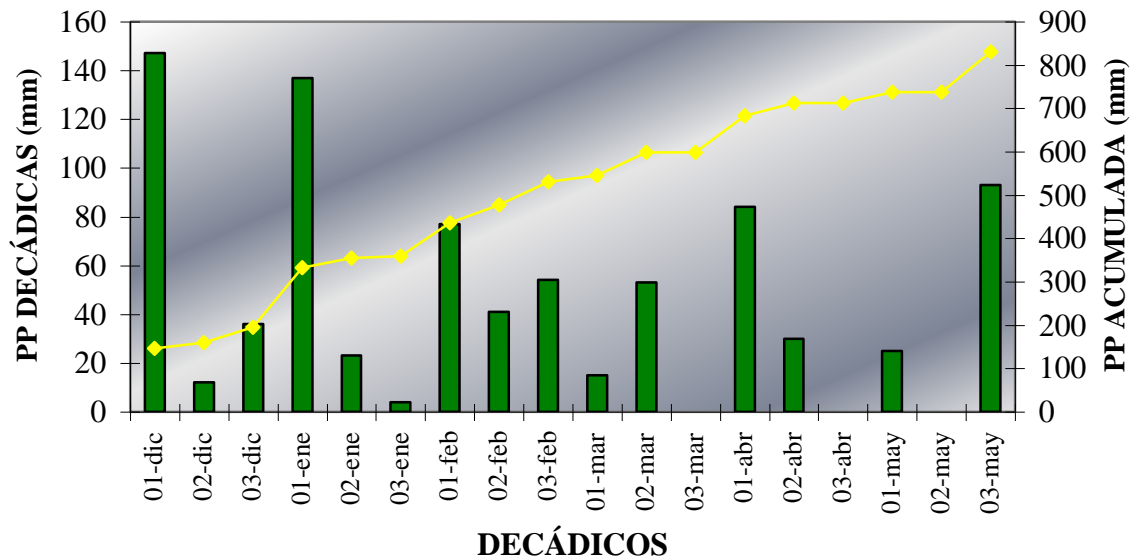


**Figura N° 2:** Temperatura del suelo (°C) y radiación incidente (Mj./m<sup>2</sup>) promedio decádico durante el ciclo del cultivo.

La figura N° 3 muestra distribución y acumulación de las precipitaciones durante el ciclo del cultivo. Se destacan los primeros decádicos de diciembre y de enero como los más lluviosos de

todo el período, con 147 y 137 mm. respectivamente. También se observa una distribución homogénea de las precipitaciones a lo largo de todo el período con lluvias frecuentes y de importante milimetraje que acumularon 831 mm. al final del ciclo.

Las deficiencias de agua tienden a disminuir desde la primavera hacia el otoño, aunque en enero los riesgos de sequía se incrementan y podrían coincidir con períodos críticos de de la soja. Baigorri, (2000) determinó que la acumulación de precipitaciones es el factor climático de mayor influencia sobre la producción de grano en el cultivo de soja, pues en condiciones de secano, el régimen hídrico condiciona la fecha de siembra y determina el momento más seguro para ubicar el período de llenado de granos. Además el régimen hídrico afecta la fenología y condiciona el crecimiento de la planta (altura, biomasa, etc.).

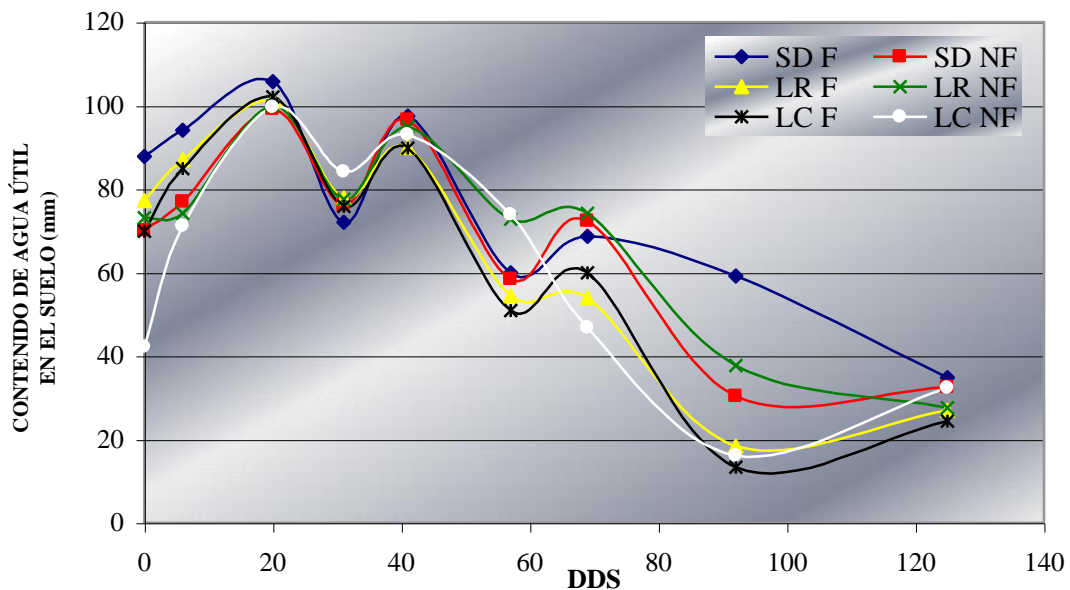


**Figura N° 3:** Precipitaciones acumuladas decádicos (mm.) y totales (mm.) durante el ciclo del cultivo.

## CONTENIDO DE AGUA ÚTIL EN EL SUELO

La figura N° 4 muestra la evolución del contenido de agua útil en los primeros 100 cm. de suelo durante el ciclo del cultivo. En el mismo se observa que en la primera mitad de la experiencia, de 0-60 días después de la siembra (DDS) y considerando todos los tratamientos en su conjunto, el agua útil en el suelo es mayor, lo que puede atribuirse a que este período coincide con los meses de mayor ocurrencia de precipitación, y a que la demanda del cultivo en las primeras etapas del mismo no son las de mayor importancia, en contrapartida la segunda mitad de la experiencia (60-125 DDS) experimenta una fuerte caída del agua útil acumulada.

En todos los tratamientos a los 20 DDS se observó la mayor cantidad de agua útil en el suelo, la cual se mantuvo oscilante durante todo el período vegetativo, en donde el crecimiento y desarrollo del follaje permitió el cierre del entresurco disminuyendo la incidencia directa de la radiación sobre los primeros centímetros del suelo. A su vez, se evidenció una caída del agua útil (en todos los tratamientos) a medida que el cultivo avanzó en el período reproductivo y se aproximaba a cosecha, lo que se debería a un incremento de la demanda del cultivo durante el período de formación y llenado de granos, y a que la senescencia del follaje deja el suelo descubierto, efecto que se hace más notorio en los tratamientos sin cobertura, quedando el suelo más desprotegido, incrementando la pérdida de agua por evaporación.



**Figura N° 4:** Contenido de agua útil (mm) en los primeros 100 cm. de profundidad, durante el ciclo del cultivo (DDS) en todos los tratamientos.

El tratamiento SD-F es el que presenta mayor cantidad de agua útil disponible en el perfil en la etapa de 0-20 DDS esto puede estar relacionado a una disminución de la evaporación superficial por efecto de la mayor cobertura de rastrojo que presenta este tipo de labranza, teniendo en cuenta que las mayores pérdidas de agua por evaporación se producen en los primeros estadios de crecimiento del cultivo, cuando las plantas son pequeñas y gran parte de la superficie del suelo esta expuesta a la radiación solar (Andriani *et al.*, 1997), sumado a la disminución del escurrimiento lo que beneficia la infiltración de agua en el perfil de suelo. Marelli, (1997) encontró en Marcos Juárez una disminución de la escorrentía en soja de 62 a 37 % entre la LC y SD respectivamente logrando, por lo tanto, incrementos importantes en el agua infiltrada en el suelo.

El cultivo utiliza para su crecimiento el agua almacenada en el suelo antes de la siembra y la que proviene de las lluvias que ocurren durante el ciclo, para incrementar la cantidad de agua disponible para transpiración es necesario aumentar la proporción de agua de lluvia que infiltra el suelo respecto a la que se escurre (Dardanelli *et al.*, 1994).

Por lo contrario, la LC-NF en el mismo período tuvo el menor contenido de agua útil, esto podría ser relevante en años de menores precipitaciones debido a que las deficiencias hídricas al comienzo del ciclo no solo 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 (Baigorri *et al.*, 2000), esto coincide con lo expuesto por Kantolic *et al.*, (1995), 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.

La SD-F tuvo mayor cantidad de agua útil durante el último período del cultivo, comprendido entre los 80 DDS y madurez de cosecha, mientras que en la LC-F el contenido de agua útil en el mismo período fue mucho menor, siendo esta brecha mayor al momento de la caída del follaje, próximo a la cosecha del mismo. Rousseaux *et al.*, (1996) afirman que una baja provisión de agua y/o nutrientes acelera la tasa de senescencia foliar, la cantidad y actividad de los destinos en formación.

El contenido final acumulado de agua útil (sumatoria del agua útil de todos los muestreos) de cada tratamiento fue el siguiente: el tratamiento SD-F alcanzó un valor final



acumulado de agua útil de 679.5 mm. siendo por lo tanto la que acumuló mayor cantidad de agua útil en el cultivo, en segundo lugar se encuentran los tratamientos LR-NF y SD-NF que acumularon 631.9 y 612.7 mm. respectivamente, opuestamente la LC-NF con 558.9 mm. fue el valor más bajo de todos los tratamientos.

Estos resultados son similares a los observados en determinaciones de agua útil en el perfil del suelo en experiencias realizadas en la EEA INTA Manfredi donde se establecieron curvas de agua infiltrada, y la precipitación efectiva fue mayor para la SD que para la LC, incrementándose las diferencias a medida que aumenta la intensidad de las precipitaciones, lo que estaría relacionado con el estado físico de los primeros centímetros del perfil del suelo (Marelli, 1997). En el mismo estudio se registró un menor contenido de agua útil a la siembra en la LC, lo que estaría relacionado con una mayor susceptibilidad al encostramiento y la mayor evaporación del suelo, al igual que en este estudio.

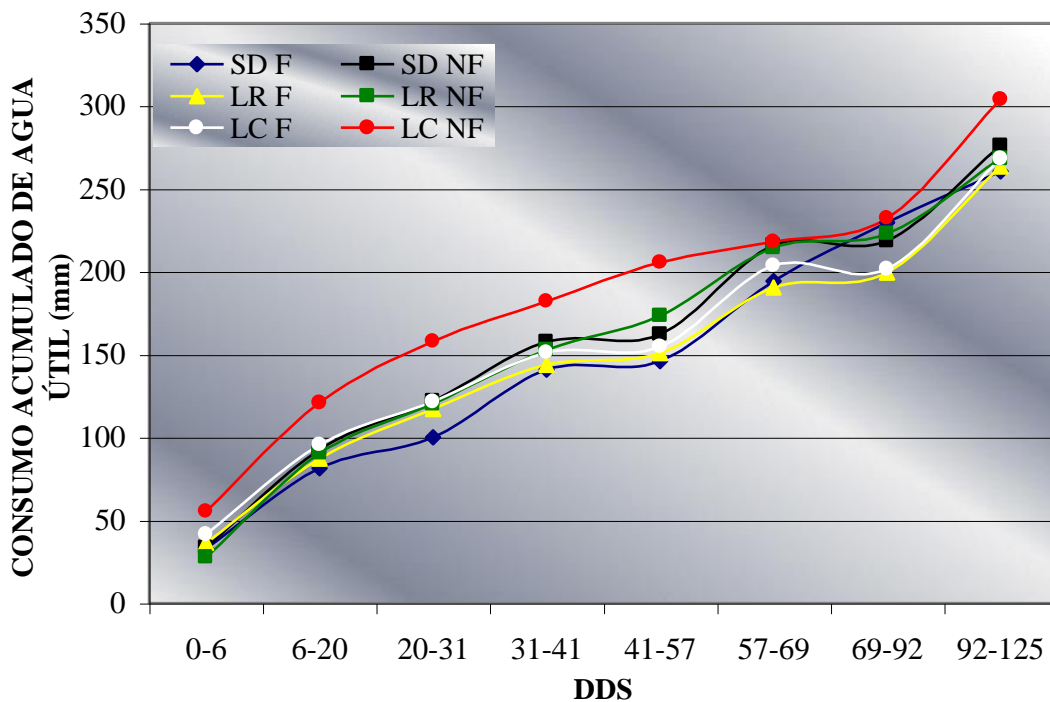
Estudios realizados en la EEA INTA Marcos Juárez sobre infiltración según sistemas de labranza y cantidad de rastrojos concluyeron que en suelos descubiertos (LC), luego de una precipitación, la infiltración de agua es rápidamente limitada por el encostramiento superficial, por otro lado las cubiertas de residuos en sistemas de siembra conservacionistas son muy efectivas para evitar dicho encostramiento y mantener un elevado nivel de infiltración, permitiendo un mayor porcentaje de agua almacenada en el perfil del suelo, sumado al efecto de reducción de las pérdidas por evaporación y escurrimiento (Marelli, 1997).

Dardanelli *et al.*, (1994) señalan que ante un estrés hídrico durante los períodos críticos las prácticas de manejo deberán orientarse a obtener un balance de agua más favorable para el cultivo, conservando los residuos de cosecha en superficie mediante la SD o LR, los cuales, disminuyen la escorrentía, reducen la evaporación desde el suelo e incrementan el agua útil disponible para la transpiración del cultivo. Resultados similares encontraron Gerster *et al.*, (2002) quienes afirman que la SD permite realizar un uso más eficiente del agua (el factor más limitante de la producción), al disminuir la evaporación y el escurrimiento por la presencia de cobertura, y mejorar la infiltración, debido a un sistema poroso continuo generado por el desarrollo de raíces y la actividad biológica. Esto es lo que le posibilita acumular más agua en el perfil del suelo, pudiendo en algunos años, definir el éxito de una cosecha.

## CONSUMO ACUMULADO DE AGUA ÚTIL EN EL SUELO

Las limitantes al consumo de agua son el principal factor responsable de las pérdidas de rendimiento de los cultivos de secano (Boyer, 1982).

La figura N° 5 muestra que la LC-NF presentó mayor consumo acumulado de agua útil a lo largo de todo el ciclo del cultivo, siendo de esta manera, la que alcanza al final de la experiencia el valor más alto de consumo acumulado (303.88 mm). La LC fue el tratamiento en que la soja logró el mayor área foliar, Andriani *et al.*, (1997) relacionaron esta variable al consumo de agua, ellos sostuvieron que casi toda el agua transpirada por un cultivo de soja pasa a través de los estomas ubicados en la superficie de sus hojas, de manera que a medida que aumenta el área foliar aumenta linealmente el consumo de agua del cultivo, para una misma demanda atmosférica, hasta alcanzar el índice de área foliar crítico.



**Figura N° 5:** Consumo acumulado de agua útil (mm) en los primeros 100 cm. de profundidad, durante el ciclo del cultivo (DDS) en todos los tratamientos.

También se advierte que en la primera mitad de la experiencia la SD-F es la que menor consumo acumulado exhibe, siendo reemplazada en la segunda mitad por la LR-F, Baigorri *et al.*, (2000) afirmaron que es fundamental mejorar la eficiencia de la captación del agua de lluvia y reducir la evapotranspiración, a través de medidas, entre ellas, mencionaron la realización de barbechos químicos largos, mantenimiento de abundante rastrojo en cobertura y otras que tiendan a mejorar esta variable.

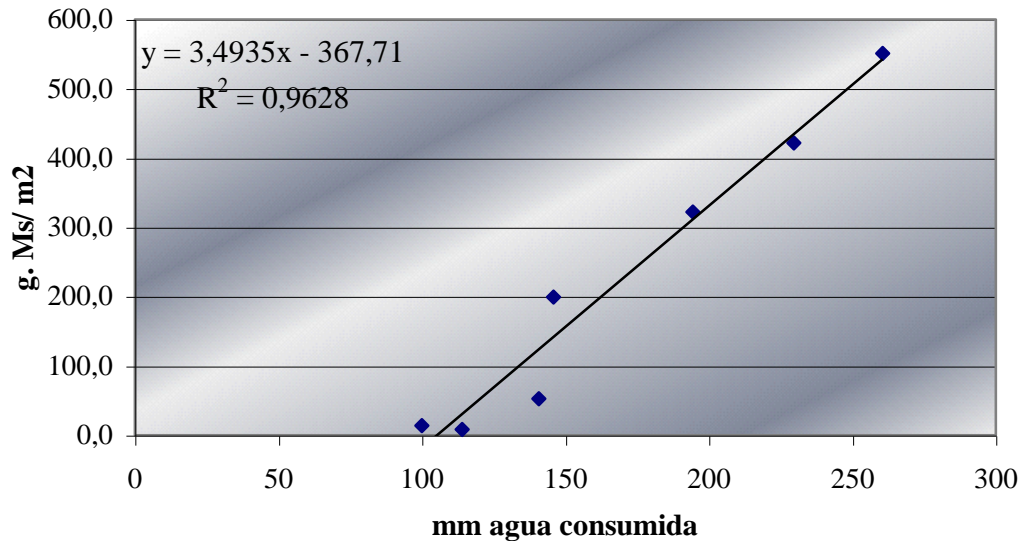
La disponibilidad de agua útil y de nutrientes afecta tanto la generación como el mantenimiento del área foliar, modificando de esta manera la intercepción de la radiación y la biomasa producida, siendo estos aspectos uno de los objetivos fundamentales del manejo de los cultivos de grano (Rousseaux *et al.*, 1996).

La capacidad de almacenamiento de agua del suelo y su disponibilidad para las plantas, dependen de la textura, de la presencia de horizontes argílicos, de la profundidad que puedan explorar las raíces y de factores físicos, químicos y biológicos que afectan al suelo y al sistema radical.

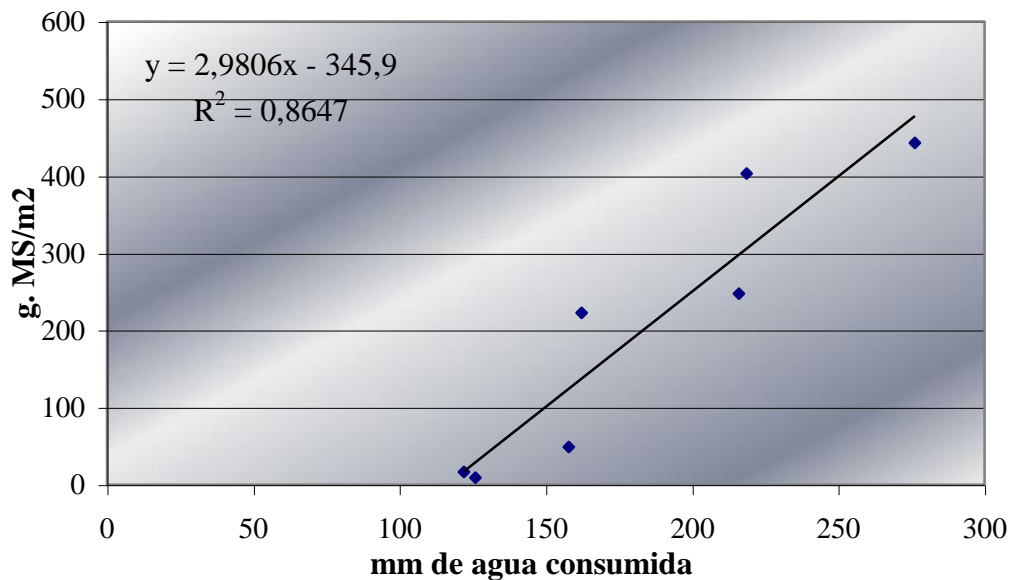
## EFICIENCIA DE USO DEL AGUA

La biomasa producida por unidad de agua evapotranspirada expresa la eficiencia con la cual un órgano de la planta o un cultivo fija carbono en relación con el agua que consume, y se define como eficiencia en el uso del agua (EUA), (Sinclair *et al.*, 1984).

En la figura N° 6 se observa que la EUA del tratamiento SD-F es 3.49 (g. MS./mm.), valor superior a su par no fertilizado (figura N° 7), donde la EUA alcanzó los 2.98 (g. MS./mm.).



**Figura N° 6:** EUA (g. MS. /mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos SD- F.



**Figura N° 7:** EUA (g. MS. /mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos SD- NF.

En la figura N° 8 la EUA de la LR-F tuvo un valor de 3.68 (g. MS./mm.) superando al tratamiento no fertilizado (figura N° 9) donde la EUA es de 2.86 (g. MS./mm.).

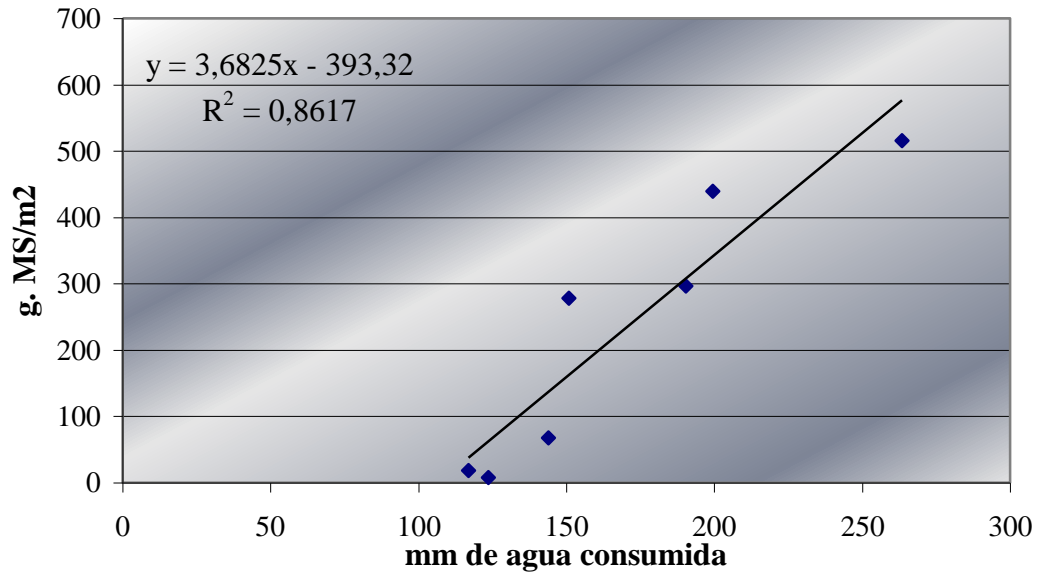


Figura N° 8: EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LR-F.

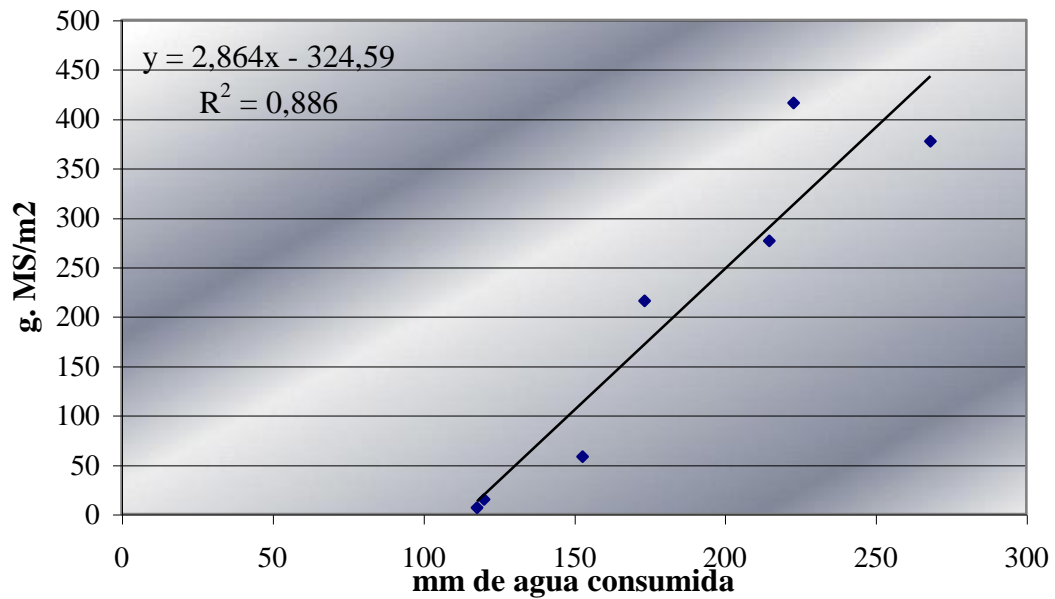
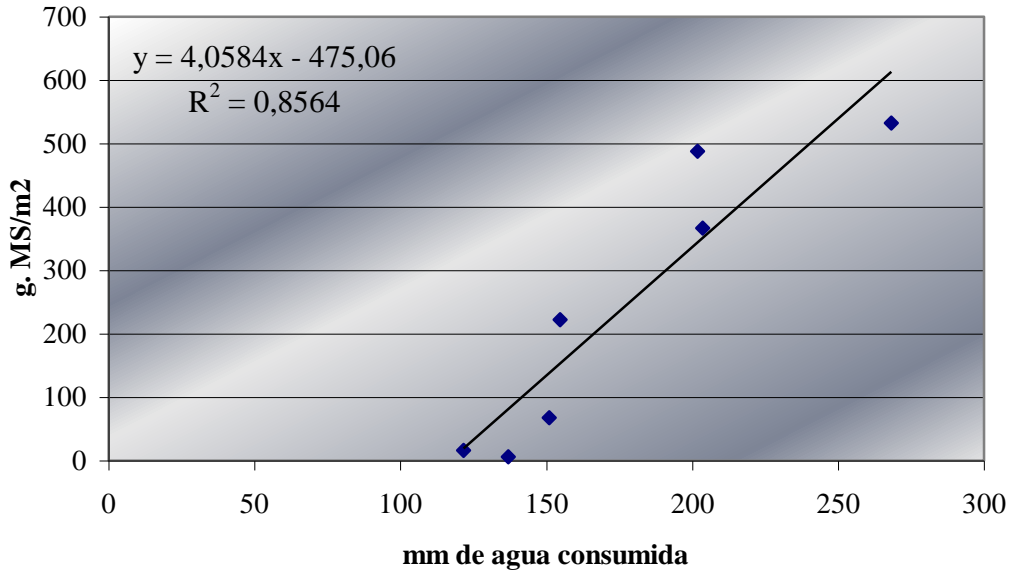
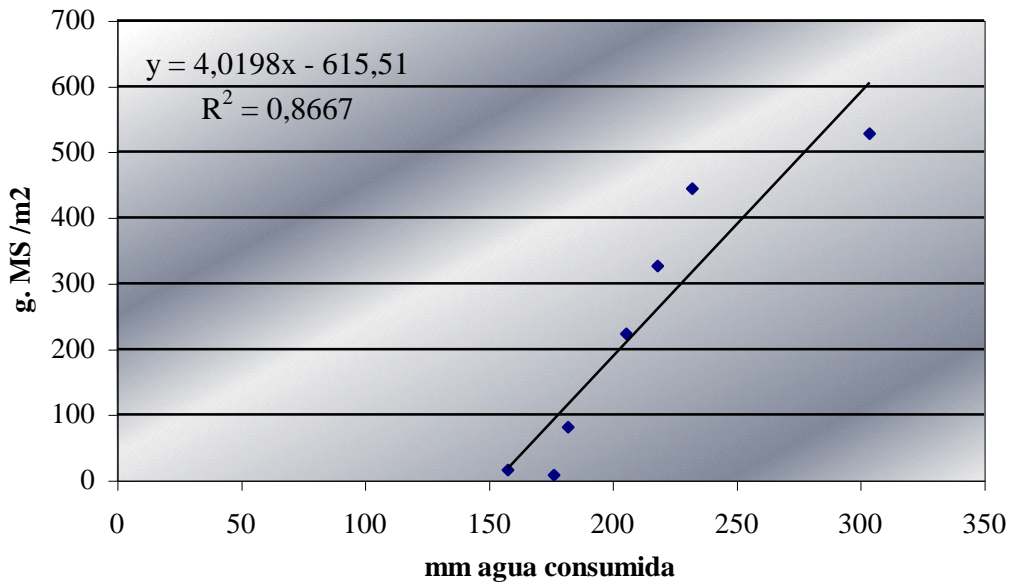


Figura N° 9: EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LR-NF.

Las figuras N° 10 y 11 muestran que la EUA del tratamiento LC-F es mayor a la del tratamiento no fertilizado obteniéndose valores de 4.05 y 4.01 (g. MS./mm. de agua consumida) respectivamente.



**Figura N° 10:** EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LC-F.



**Figura N° 11:** EUA (g. MS./mm.) considerando la biomasa total aérea en los tratamientos LC-NF.

Es importante destacar que en todos los casos el  $R^2$  es mayor a 0.8, por lo que existe un buen ajuste de los datos al modelo aplicado.

Los valores de EUA mencionados anteriormente fueron similares a los encontrados por Andrade, (1995) en un ensayo en Balcarce durante tres campañas consecutivas en los que consideró biomasa aérea, obtuvo valores promedios de 2.67 (g. m<sup>2</sup>/mm), siendo esta EUA calculada a partir de la pendiente de la regresión lineal entre MS aérea y agua consumida por el cultivo de soja.

Los tratamientos LC-F y LC-NF presentaron valores superiores de EUA considerando la biomasa total aérea de todos los tratamientos, lo que puede ser atribuido a un efecto de la posición en el microrelieve que ocupaba la parcela LC, que pudo haber distorsionado el resultado final, debido a que los sectores bajos del ensayo correspondían a la LC donde se presentaron los mayores valores de biomasa durante el estadio vegetativo.

En todos los casos, los tratamientos fertilizados alcanzaron valores superiores a sus pares no fertilizados, esto coincide con lo afirmado por Caviglia y Sadras, (2001), quienes demostraron que la fertilización aumento la EUA, incrementándose la capacidad fotosintética del cultivo, lo que produce un mayor crecimiento en períodos tempranos del mismo debido a una mayor eficiencia en el uso de la radiación solar (EUR).

Por su parte Melgar *et al.*, (1995) no encontraron diferencias de rendimiento de grano y producción de biomasa con la aplicación de nitrógeno (N) a la siembra, frente a un testigo sin fertilizar, es decir el agregado de N complementario a la semillas inoculadas no presentaron aumentos estadísticamente significativos. Otros autores demostraron que el agregado de pequeñas dosis de N a la siembra tendría un efecto positivo como arrancador favoreciendo la producción de biomasa y que esto no llegaría inhibir la nodulación y fijación de N. También comprobaron que 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, y que el agregado de fósforo (P) como fertilizante al suelo puede aumentar la velocidad de aparición de hojas y el tamaño de las mismas, permitiendo al cultivo aumentar la masa foliar y el IAF a floración capturando un 25% más de radiación efectiva (Proyecto Fertilizar INTA 2005).

## COMPONENTES DEL RENDIMIENTO Y PRODUCCIÓN DE GRANOS

El rendimiento en granos depende de la cantidad de agua que el cultivo pueda transpirar, la eficiencia con que usa esa agua para producir materia seca y la proporción de la materia seca que finalmente es destinada a la formación del grano (Passioura, 1996).

**Cuadro N° 1:** Componentes del rendimiento y producción de la soja en todos los tratamientos.

Tratamiento	Peso de granos (g./m <sup>2</sup> )	Peso de carpelos (g./m <sup>2</sup> )	Número de semillas	Peso 1000 semillas (g.)	Rto. Kg./ha
SD F	302,6	117,2	1752,5	172,9	3026,1 a
SD NF	225,4	115,1	1291,3	174,6	2254,1 bc
LR F	265,9	114,8	1616,1	164,5	2659,1 ab
LR NF	179,0	101,4	1115,4	160,0	1790,1 c
LC F	273,2	119,8	1796,7	152,4	2732,1 ab
LC NF	274,5	120,1	1750,2	157,2	2745,3 ab

Para cada variable letras distintas indican diferencias significativas según test de Duncan al 5 %.

### Análisis estadístico de las variables

**Peso de granos (g./m<sup>2</sup>):** Se observó interacción entre fertilización y labranza ( $p= 0.0394$ ).

Analizando las variables en forma independiente las labranzas LC y SD fueron mayores a la LR en cuanto al peso de los granos (Cuadro N°2), sin diferencias significativas entre las primeras dos ( $p= 0.0249$ ).

Los tratamientos con fertilizante tuvieron mayor peso de los granos (g./m<sup>2</sup>) que los no fertilizados ( $p= 0.0041$ ), observándose una diferencia promedio de 54.26 (g./m<sup>2</sup>) a favor de los fertilizados (Cuadro N°3).

**Cuadro N° 2:** Peso de los granos (g./m<sup>2</sup>) en los distintos sistemas de labranza.

Labranza	Medias	
LR	222.45	a
SD	264.03	b
LC	273.88	b

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*



**Cuadro N° 3:** Peso de los granos (g./m<sup>2</sup>) en los tratamientos con y sin fertilización.

Fertilización	Medias	
No fertilizado	226.32	a
Fertilizado	280.58	b

*Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0.05)*

**Peso de carpelos (g./m<sup>2</sup>):** no registró diferencias significativas.

**Número de semillas (semillas/m<sup>2</sup>):** Se observó interacción entre la labranza y la fertilización (p= 0.0463).

Analizando las variables en forma independiente, se observa mayor número de semillas/m<sup>2</sup> en la LC, con respecto a SD y LR (Cuadro N° 4), no existiendo diferencias significativas entre las dos últimas (p= 0.0066).

**Cuadro N° 4:** Número de semillas (semillas/m<sup>2</sup>) en los distintos sistemas de labranza.

Labranza	Medias	
LR	1365.78	b
SD	1521.93	b
LC	1773.48	a

*Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0.05)*

Los tratamientos fertilizados (Cuadro N° 5) produjeron 336 semillas más por m<sup>2</sup> que los no fertilizados, observándose diferencias significativas entre ellos (p= 0.0023).

**Cuadro N° 5:** Número de semillas (semillas/m<sup>2</sup>) en los tratamientos con y sin fertilización.

Fertilización	Medias	
No fertilizado	1385.65	b
Fertilizado	1721.80	a

*Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0.05)*

**Peso de 1000 semillas (g.):** solo se observan diferencias significativas entre las labranzas, donde el peso de mil semillas es mayor en la SD con respecto a LR y LC (Cuadro N° 6), no existiendo diferencias significativas entre estas dos últimas (p= 0.0039).

**Cuadro N° 6:** Peso de mil semillas (g.) en los distintos sistemas de labranza.

Labranza	Medias	
LC	154.80	b
LR	162.30	b
SD	173.78	a

*Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0.05)*

**Rendimiento en grano (kg./ha.):** Se registró interacción entre la fertilización y la labranza ( $p= 0.0391$ ). Analizando las variables en forma independiente los tratamientos con fertilizante tuvieron mayor rendimiento de semillas (Kg./ha) que los no fertilizados ( $p= 0.0041$ ), observándose una diferencia promedio de 542 Kg./ha a favor de los fertilizados (Cuadro N° 7). Respecto a las labranzas, la LC y SD fueron mayores a la LR (Cuadro N° 8), sin diferencias significativas entre las primeras ( $p= 0.0249$ ).

**Cuadro N° 7:** Rendimiento de semillas (kg./ha) de los tratamientos con y sin fertilizante.

Fertilización	Medias	
No fertilizado	2263.18	b
Fertilizado	2805.78	a

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

**Cuadro N° 8:** Rendimiento de semillas (kg./ha) de los tratamientos bajo diferentes labranzas.

Labranza	Medias	
LR	2224.65	b
SD	2640.08	a
LC	2738.73	a

*Letras distintas indican diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ )*

## EFICIENCIA DE USO DEL AGUA CONSIDERANDO EL RENDIMIENTO EN GRANOS

Los valores de EUA obtenidos respecto al rendimiento en grano son similares a los observados por Andrade, (1995) en Balcarce, al obtener un valor promedio de tres campañas agrícolas consecutivas de 0.91 (g. m<sup>2</sup>/mm). En soja (Clawson, *et al.* 1987; Scout, *et al.* 1987; y Hattendorf, *et al.* 1988) han hallado valores de EUA que oscilan entre 0.5-0.6 (g. m<sup>2</sup>/mm) hasta los 1.1 (g. m<sup>2</sup>/mm) que fueron encontrados por Quaglieta Charandá *et al.*, (1994).

Si se tiene en cuenta el rendimiento de granos, el tratamiento SD-F logra la mayor EUA llegando a un valor de 1.2 (g. m<sup>2</sup>/mm. de agua consumida), en segundo lugar se encuentran los tratamientos LR-F y LC-F ambos con un valor de 1 (g. m<sup>2</sup>/mm.), luego continúa LC-NF con un valor de 0.9 (grs.m<sup>2</sup>/mm.), siendo SD-NF y LR-NF los tratamientos que menor EUA lograron de todo el ensayo. Esto puede atribuirse a que el tratamiento SD-F evidenció mayor contenido de agua útil que el resto de los tratamientos en el estado fenológico R<sub>1</sub> (comienzo de floración) a los 41 DDS. Sorlino *et al.*, (1995) demostraron que un mayor estrés hídrico en la floración, afecta la tasa de aparición de flores, es decir, se produce un retraso en la floración y que las vainas generadas a partir de flores tardíamente aparecidas tienen una mayor posibilidad de aborto debido a que su desarrollo se produce cuando existe una elevada competencia entre destinos en una misma planta.

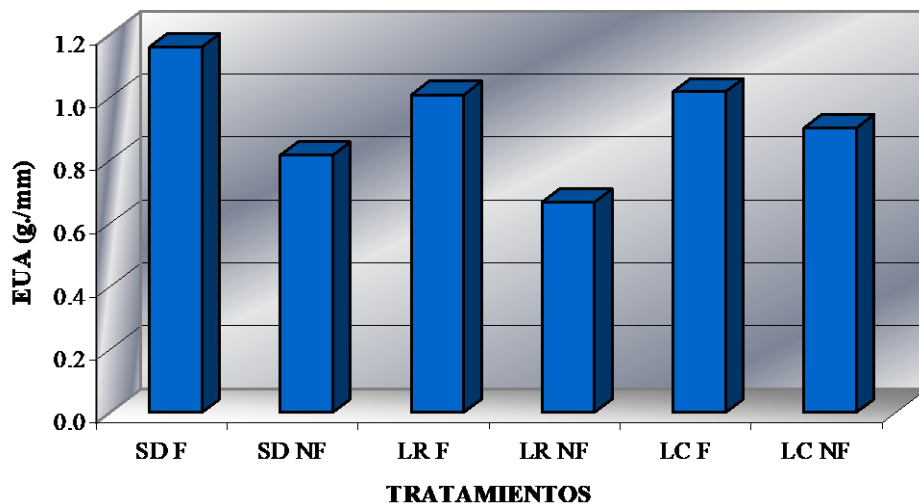


Figura N° 12: EUA respecto al peso de granos (g. m<sup>2</sup>/mm).

A su vez el periodo comprendido entre 57 y 69 DDS coincide con el estadio fenológico R<sub>3</sub> a R<sub>5</sub>, que corresponde a comienzo y plena fructificación; en dicho período el contenido de agua útil fue superior en la SD y LR respecto a la LC, por lo tanto la SD dispone el mayor contenido de agua para el proceso de diferenciación de frutos. Algunos autores encontraron que un menor contenido de agua entre R<sub>3</sub> a R<sub>5</sub> disminuyó la generación neta de vainas y retraso su aparición hacia períodos mas avanzados en la ontogenia del cultivo; el porcentaje de abscisión aumentó, reduciendo el número final de vainas y de granos ocurriendo estas pérdidas principalmente en las ramificaciones (Kantolic *et al.*, 1995).

La diferencia de agua útil entre todos los tratamientos evaluados aumentó en el período comprendido entre los 69 y 125 DDS, que corresponde con el estadio fenológico entre R<sub>5</sub> a R<sub>7</sub> del cultivo, donde el tratamiento SD-F tuvo un contenido de agua útil muy superior al resto de los tratamientos evaluados, según Andriani y Bodrero, (1995) dicho período (comienzo a fin de llenado de semilla), es el más crítico para el cultivo, porque no solo depende de su historia previa, sino que el estrés hídrico produce la reducción simultánea del número de vainas, del número de semillas por vaina y del peso de la semilla sin posibilidad de compensación de algún componente del rendimiento, y que deficiencias hídricas severas pueden producir pérdidas del rendimiento del 40 % o más.

Por su parte Dardanelli *et al.*, (1997) indicaron que los sistemas conservacionistas (SD y LR) redujeron el valor de evaporación de agua del suelo respecto a sistemas tradicionales de laboreos intensivos, de 7.7 a 4.2 mm. por día, esta disminución fue atribuida a un aumento de la materia orgánica y estabilidad estructural en la superficie del suelo que incremento la porosidad estructural, actuando como una restricción del flujo del agua hacia la superficie del suelo, siendo esto de importancia sobre las reservas de agua del suelo, particularmente hacia el oeste de la región pampeana, donde se registran períodos prolongados sin lluvias en invierno y comienzo de primavera. Sin embargo, Hall *et al.*, (1992) aseguraron que en la región pampeana, la elevada variabilidad anual de las lluvias (CV entre 18 y 28%) y la distribución de las mismas (régimen de Isohigro a Monzónico), hacen poco probable que las prácticas mencionadas anteriormente puedan mejorar sustancialmente la partición de agua disponible hacia transpiración con la consecuente producción de grano.

Marelli, (1997) demostró que las prácticas conservacionistas (SD o LR) mejoran la condición física superficial del suelo e incrementan la capacidad de infiltración en relación con suelos intensamente labrados, en consecuencia el agua disponible para la transpiración del

cultivo será mayor en comparación con los sistemas de laboreo tradicionales, lo que contribuiría de forma directa a el incremento del rendimiento en dichos sistemas de labranza.

En cuanto a la fertilización se evidenció respuesta en todos los tratamientos fertilizados con fosfato monoamónico, esto coincide con lo observado en Proyecto Fertilizar INTA (2005) quienes encontraron mayor crecimiento foliar entre floración y llenado de granos, un mayor número de granos y, por lo tanto, un mayor rendimiento en los tratamientos con fertilización fosforada, esto se debería al efecto que produce el P sobre la formación de área foliar y la cantidad de radiación capturada.

Existe una alta relación entre la acumulación de macronutrientes esenciales primarios como el N, P y K y el rendimiento final del cultivo de soja en grano (Andrade *et al*, 1996). Sin embargo, Mengel *et al*, (1987) en una revisión de la práctica de la fertilización en soja mencionan que, pese a que se ha demostrado que la soja responde a la fertilización y/o los suelos fértiles, la práctica de la fertilización directa no es usada universalmente, es decir, el cultivo no es fertilizado directamente, sino que aprovecha el efecto residual de la fertilización de otros cultivos con mayor respuesta a la fertilización como, por ejemplo, el maíz. A pesar de ello, numerosos autores en distintas experiencias han encontrado una importante respuesta en rendimiento de soja ante el agregado de fertilizantes.

Las experiencias de fertilización con N realizadas en nuestro país, aplicado al suelo solo o combinado con P, incrementaron rendimientos en cultivos no nodulados y otros inoculados, realizados en lotes con menos de dos cultivos previos de soja inoculada; cuando la aplicación se realizó sobre soja con dos o más años previos de soja nodulada, inoculada o no el ultimo año, las aplicaciones de N a la siembra o a floración no modificaron el rendimiento (Bodrero y Racca, 1981).

En nuestro país se realizaron numerosas experiencias con fertilización fosforada, Laserre, (1977) obtuvo en Misiones respuesta de 4.74 Kg. de grano por Kg aplicado de  $P_2O_5$ , resultando la fuente mas efectiva el superfosfato triple de calcio (SPT), y el fosfato diamónico (DAP).

Amma y Gonzalez, (1985) trabajando en el área de influencia de la EEA INTA San Pedro, en suelos con contenidos inferiores a 10 ppm de P y que suelen presentar respuesta a la fertilización en el cultivo de trigo, no encontraron respuesta a la fertilización en soja, con dosis de hasta 60 Kg/ha. de  $P_2O_5$ , aplicado a la siembra al voleo e incorporado. Los mismos autores a su vez determinaron que el P aplicado al trigo tiene efecto sobre el cultivo de soja sembrado a continuación, en lotes con menos 10 ppm al momento de la siembra del trigo.

Bodrero, (1980) y Borrero y Racca (1981) no encontraron respuestas frente al agregado de diferentes dosis de P en suelos de Oliveros, con contenidos superiores a 15 ppm de fósforo.

Galarza *et al*, (1996) no encontraron respuestas significativas aplicando fertilizantes complejos (macro y micro nutrientes) en Marcos Juárez. Estos autores fertilizaron a la siembra y/o en prefloración a un cultivo con barbecho previo que alcanzó un rendimiento promedio de 3870 Kg./ha., en un suelo con buena disponibilidad de P (34 ppm.) y nitrato (95 ppm.).

Fariña Núñez y Darwich, (1993), en Balcarce encontraron respuestas a la fertilización con 40 Kg./ha. de  $P_2O_5$ , colocados al costado y debajo de la semilla, en suelos con menos de 10 ppm de P. Las respuestas variaron entre 300 y 600 Kg./ha., según las precipitaciones ocurridas durante el llenado de granos, los mismos autores, evaluando modos de aplicación encontraron que el incremento de rendimiento en grano de las aplicaciones en franjas o en bandas superó significativamente al de las aplicaciones al voleo.

Parra, (1997) analizó los resultados de doce ensayos conducidos en el área de influencia de la EEA INTA Reconquista, en suelos con contenido de P asimilable entre 2.8 y 8 ppm. en los que se utilizaron 0, 50 y 100 Kg. /ha. de SPT, aplicados al voleo e incorporados. En todos los ensayos se obtuvo respuesta a la fertilización. Los mayores incrementos de rendimiento se obtuvieron en los suelos con menores disponibilidad de P asimilable y la dosis más eficiente fue la de 50 Kg./ha.

Gambaudo y Fontanetto, (1996) condujeron once experiencias de fertilización fosfatada sobre dos complejos de suelos del centro de la provincia de Santa Fe, con niveles de P entre 4 y 18 ppm. ellos encontraron respuesta de tipo lineal cuando el contenido de P inicial fue menor a 10 ppm. para valores entre 10 y 15 ppm., la respuesta fue de tipo cuadrática y por encima de 15 ppm. no se obtuvo respuesta al agregado de P.

Por todo lo mencionado anteriormente P es el nutriente en que la fertilización será cada vez más importante para el mantenimiento de altos niveles de rendimiento en soja, debido a la lenta pero continúa reducción de los niveles disponibles en importantes áreas de la región núcleo agrícola argentina. Para decidir la dosis de fertilizante fosfatado se deberán determinar los niveles de P disponibles en el suelo, el rendimiento esperado y la localización del fertilizante. No obstante, debido a la menor respuesta a la fertilización del cultivo de soja en relación a las gramíneas, se recomienda en una rotación aprovechar el efecto residual de la fertilización aplicada a otros cultivos.

## CONCLUSIONES

El tratamiento SD-F produjo el mayor rendimiento en granos respecto al resto de los tratamientos, coincidiendo con lo expresado en la primera hipótesis. Además, se observaron respuestas significativas a la fertilización.

El tratamiento SD-F es el que mayor cantidad de agua útil acumuló en todo el ciclo del cultivo, observándose diferencias significativas al principio y al final de la experiencia respecto al resto de los tratamientos.

Al considerar el consumo acumulado de agua útil, la LC-NF fue el tratamiento en que mayor cantidad de agua consumió el cultivo a lo largo de todo el ciclo.

En lo que se refiere a la EUA, los resultados fueron contrastantes, considerando la biomasa aérea total los tratamientos LC-F y LC-NF lograron los mayores valores de eficiencia, lo cual, fue atribuido a su posición en el microrelieve que pudo haber incidido en el resultado final, se evidenció respuesta a la fertilización, debido a que todos los tratamientos fertilizados lograron mejores valores de EUA que aquellos que no recibieron aporte de nutrientes al sistema en forma de fertilizante. El resultado fue diferente cuando se consideró el rendimiento en granos (EUA), donde el tratamiento SD-F fue el que mejor se comportó frente a esta variable, dicho tratamiento logró el mayor rendimiento en granos y el consumo acumulado de agua fue menor a el que manifestaron el resto de los tratamientos logrando por esta razón mejores valores de eficiencia. Se encontró respuesta a la fertilización en todos los tratamientos, las parcelas fertilizadas con fosfato monoamónico produjeron mejor resultado que aquellas que no recibieron aporte de fertilizante.

## BIBLIOGRAFÍA

- AMMA, A y J. GONZALEZ. 1985. Efecto residual del fertilizante fosfatado-ciclo 1982/ 85. **Jornada de actualización en soja, Asociación de Ingenieros Agrónomos de la costa norte bonaerense y la EEA INTA San Pedro.** Buenos Aires. Argentina. 2 pp.
- ANDRADE, F. 1995. **Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina.** Field Crops Res. 41: 1-12.
- ANDRADE, F; ECHEVERRIA, H; GONZALEZ; UHART, S. y N. DARWICH. 1996. **Requerimiento de nitrógeno y fósforo de los cultivares de maíz, girasol y soja.** Boletín técnico 134. EEA INTA Balcarce. 17pp.
- ANDRIANI, J. 1997. **Uso del Agua y riego. En: El cultivo de la soja en Argentina.** INTA. ed. Giorda, L y H. Baigorri. 448 pp.
- ANDRIANI, J. y M. BODRERO. 1995. Respuesta de cultivares de soja a la disponibilidad hídrica. **I Congreso Nacional de Soja y II Reunión Nacional de Oleaginosos.** Pergamino. Buenos. Aires. Argentina: 81-87.
- BAIGORRI, H. 2000. **Manejo del cultivo de la soja en Argentina.** INTA. Ed: Baigorri, H. y D. Croatto. 96 pp.
- BECKER, A; CANTÚ, M y H. SCHIAVO. 1997. **Micromorphological Characteristics of Mollisol Cambic Horizons of Argentina central region.** In: Soil Micromorphology: Studies on Soil Diversity, Diagnostics, Dynamic. Ed. Shoba, Gerasinova and Miedema. Moscú- Wageningen. pp. 52-58.
- BODRERO, M. 1980. **Influencia de la fertilización con N, P y NP sobre el rendimiento y sus componentes.** Publicación Técnica N°1. EEA INTA Oliveros. 13 pp.
- BODRERO, M. y J. RACCA. 1981. **Influencia de la fertilización con N, P y NP en soja no nodulada.** Revista de Ciencias Agrarias II: 107-124.
- BOYER, J. 1982. **Plant productivity and environment.** Science 218: 443-448.
- CANTÚ, M. 1992. Holoceno de la Prov. De Córdoba. Manual: Holoceno de la República Argentina. Tomo I. **Simposio Internacional sobre el Holoceno en América del Sur.** Ed. Martín Iriondo. Paraná. Argentina. 24 pp.
- CAVIGLIA, O and V. SADRAS. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation-use efficiency of wheat. Field Crops Res. 69:259-266.



- 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
- CISNEROS, J; CANTERO, A y V. BECERRA. 2002. **Apoyo didáctico sobre el Tema Manejo de la condición física de los suelos.** Manual de Uso y Manejo de Suelos. UNRC. 1-30 pp.
- CLAWSON, L; SPECHT, B; BLAD, B. y A. GARAY. 1987. **Water use efficiency in soybean pubescence density isolines a calculation procedure for estimating daily values.** Agron. J. 78: 483-487.
- DARDANELLI, J; BACHMEIER, O; SALAS, E; LOVERA, E. y F. NUÑEZ VASQUEZ.1994. Evaporación en un haplustol éntico bajo dos sistemas de labranza: Ciencia del Suelo 12:17-21.
- DARDANELLI, j; BACHMEIER, O; SERENO, R. and R. GIL. 1997. **Potential soil water extraction parameters for several crops in a silty loam soil.** Field Crops Res. 54:29-38.
- DELLA MAGGIORA, A; GARDIOL, J; y A, IRIGOYEN. 2000. **Requerimientos Hídricos, En: Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja.** ed. Andrade, F y V. Sadras. 443 pp.
- ECK, K; HILL, P and J. WILCOX. 1994. **Estimating corn and soybean residue cover.** AY-269. Purdue University Cooperative Extension Service. West Lafayette, USA.
- FARIÑA NUÑEZ, J. y N. DARWICH. 1993. **Fertilización fosfatada en soja en el área de la EEA Balcarce. Efectos de la formas de aplicación.** EEA INTA Balcarce.
- FEHR, W. and C. CAVINESS. 1977. **Stages of soybean development.** Special Report 80. Iowa State University, Ames, Iowa. p.11
- GALARZA, C; VALLONE, P; GUDELJ, V; NIERI, G. y V. MASIERO.1996. **Evaluación del efecto de fertilizantes complejos en soja (resultados preliminares).** Hoja Informativa 306. EEA INTA Marcos Juárez. 5 pp.
- GAMBAUDO, S. y H. FONTANETTO.1996. **Respuesta del cultivo de soja al encalado.** Gaceta Agronómica XV (89): 26-31
- GARDNER, F; PEARCE, B; and R. MITCHEL. 1985. **Physiology of crop plants.** Iowa State University Press, Iowa, USA. 327 pp.
- GERSTER, G; GARGICEVICH, A; y C. GONZALEZ. 2002. **Soja para mejorar la producción.** Factores edáficos y prácticas culturales asociados al rendimiento de soja. (21): 13-15.

- GIORDA, L. 1997. **La soja en la Argentina. En: El cultivo de la soja en Argentina.** INTA. ed. Giorda, L y H. Baigorri. 448 pp.
- HALL, A; REBELLA, M; GHERSA, C; and J. CULOT.1992. **Field-crop systems of the Pampas.** En: Pearson, C.J. (ed.), Ecosystems of the World: field crops: ecosystems. Elsevier, Amsterdam, Holanda. 413-449.
- HATTENDORF, M; REDELFS, M; AMOS, B; STONE, L. y R. GWIN. 1988. **Comparative water use characteristics of six row crops.** Agron. J. 80: 80-85.
- KANTOLIC, A ; JIMÉNEZ, P ; GUTIERREZ HACHARD, C y J. SARACHAGA. 1995. Tolerancia a la sequía durante el período reproductivo: comparación del comportamiento de dos isolíneas de soja con diferente tipo de crecimiento. **I Congreso Nacional de Soja. II Reunión Nacional de oleaginosos.** Pergamino. Buenos Aires: 143-150.
- MARELLI, H. 1997. Secuencias de Cultivos y Sistemas de Labranza. En: **El cultivo de la soja en Argentina.** INTA. ed. Giorda, L y H. Baigorri. 448 pp.
- MASON, W; ROWSE, H; BENNIE A AND H. TAYLOR. 1982. **Response of soybeans to two row spacings and two soil water levels II Water use, root growth and plant water status.** Field Crops Res. 5: 15-29.
- MENGEL, D; SEGAR, W and G. REHM. 1987. **Soil fertility and liming.** Pag. 273-295 in: Changing Pattern in fertilizar use. L. B. Nelson, Ed. Soil Science Society of America. Madison. EE.UU.
- PARRA, R. 1997. **Fertilización fosfatada en el cultivo de la soja y residualidad en una secuencia de cultivos en el noreste santafesino.** Publicación Miscelánea 12. EEA INTA Reconquista 7 pp.
- PASCALE, A y E. DAMARIO. 1996. **Evolución del cultivo de soja en la Argentina.** Oleaginosos 5(15): 5-10.
- PASSIOURA, J. 1996. **Drought and drought tolerance.** Plant Growth Reg. 20:79-83.
- PROYECTO FERTILIZAR-INTA. 2001. Soja: Respuesta a la fertilización en la región pampeana. Cuadernillo de la Jornada de Actualización Técnica para Profesionales "Fertilidad 2001". pp. 27-28. IMPOFOS (PPI-PPIC). En: [www.fertilzar.org.ar/redsoja/ResuCamp00-01.htm](http://www.fertilzar.org.ar/redsoja/ResuCamp00-01.htm). Consultado: 18-08-2005.
- QUAGLIETA CHARANDÁ, F. y M. MORI. 1994. **Analisi di crescita de efficienza dell'uso dell'acqua di una varieta di soja. Sotopostta a regimi irrigue diversi.** Edagricole. N°2.

- ROUSSEAU, M.; HALL, A and R. SANCHEZ . 1996. **Far-red enrichment and photosynthetically active radiation level influence leaf senescence ind field-grown sunflower**. *Physiol Plant*. 96:217-224.
- SAGPYA 2005. **Agricultura. Cultivos. Soja**. En: <http://www.sagpya.gov.ar/new/0-0/agricultura/index.php>. Consultado 23-09-2005
- SCOTT, H; FERGUSON, J y L. WOOD. 1987. **Water use, yield and dry matter acumulation by determinate soybean grown in a humid region**. *Agron. J*. 79: 870-875.
- SECRETARÍA DE PRODUCCIÓN Y TRABAJO DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. 2005. **Estadísticas de soja**. En: <http://www.cba.gov.ar>. Consultado el 23-09-2005.
- SINCLAIR, T; TANNER, C. and J.BENNETT. 1984. **Water-use efficiency in crop production**. *BioScience* 34: 36-40.
- SORLINO, D ; KANTOLIC, A y P. JIMÉNEZ. 1995. Patrones de floración de soja con distinto hábito de crecimiento sometido a dos disponibilidades hídricas diferentes. **I Congreso Nacional de Soja. II Reunión Nacional de Oleaginosos**. Pergamino. Buenos aires: 151-158.

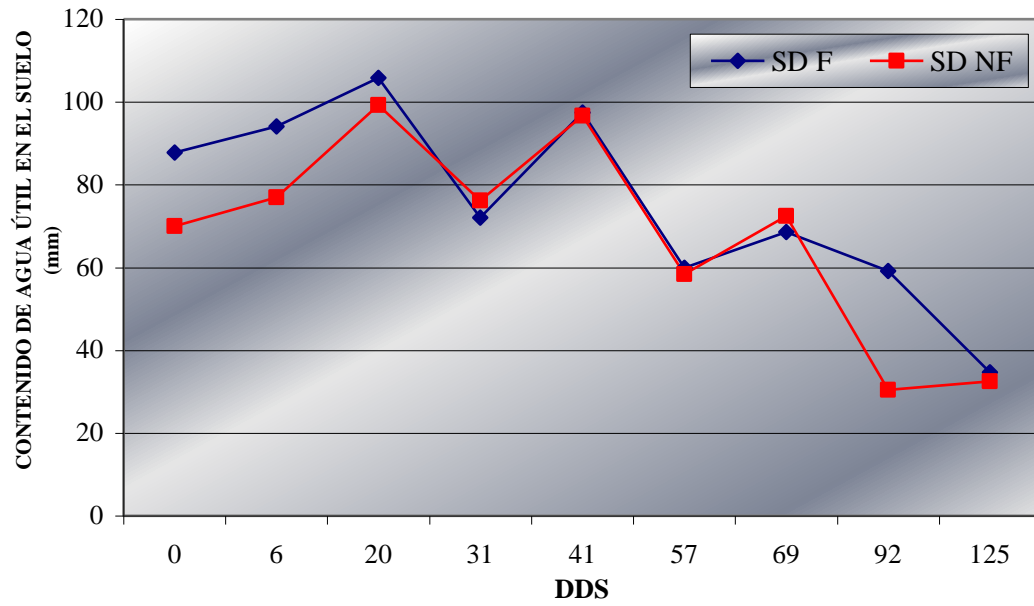
## ANEXOS

### MUESTREOS REALIZADOS DURANTE EL CICLO ONTOGÉNICO DEL CULTIVO.

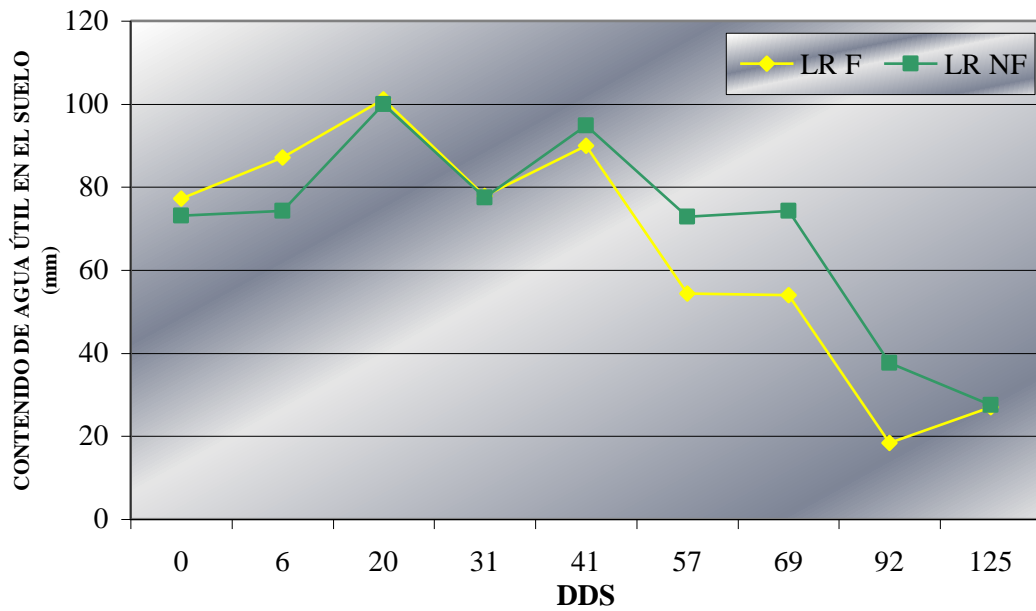
**Cuadro N° 9:** Fechas de los muestreos a campo y estadio fenológico del cultivo. ( Fehr y Caviness)

23/12/03	S	Siembra del cultivo
29/12/03	VE	Cotiledones sobre la superficie del suelo
12/01/04	V2	Dos nudos, primera hoja trifoliada totalmente desarrollada
	V3	Tres nudos, hojas unifoliadas y dos hojas trifoliadas totalmente desarrolladas
23/01/04	V4	Cuatro nudos, hojas unifoliadas y tres hojas trifoliadas totalmente desarrolladas.
02/02/04	R1	Comienzo de floración, una flor abierta en cualquier nudo del tallo principal.
18/02/04	R3	Comienzo de fructificación, una vaina de 5 mm. de largo en cualquiera de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja totalmente desarrollada.
	R4	Plena fructificación, una vaina de 2 cm. de largo en alguno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja totalmente desarrollada.
01/03/04	R5	Comienzo de llenado de granos, semilla de tres mm. De largo en una vaina en alguno de los cuatro nudos superiores del tallo principal con una hoja totalmente desarrollada.
24/03/04	R6	Máximo tamaño de semilla, una vaina contiene una semilla que ocupa toda la cavidad, en alguno de los cuatro nudos superiores del tallo principal.
26/04/04	R7	Comienzo de madurez, una vaina normal ubicada en el tallo principal ha alcanzado su color típico de madurez.
	R8	Plena madurez, un 95% de las vainas han alcanzado su color típico de madurez.

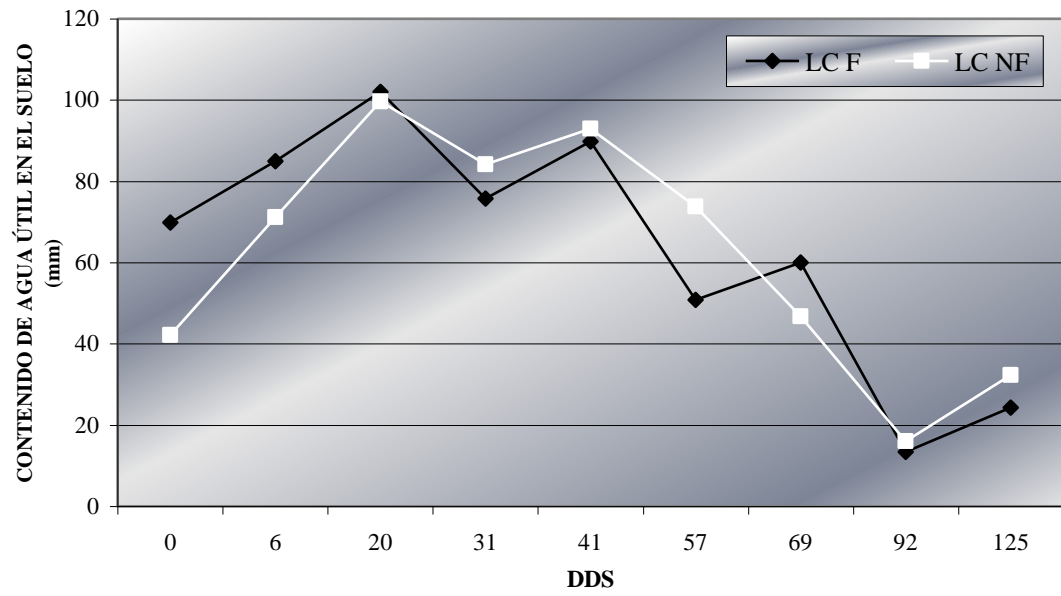
## GRÁFICOS DE AGUA ÚTIL POR TRATAMIENTO



**Figura N° 13:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento SD



**Figura N° 14:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LR



**Figura N° 15:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LC

## CUADROS DE AGUA ÚTIL POR TRATAMIENTO

**Cuadro N° 10:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento SD

<b>SD-F</b>				
<b>DDS</b>	<b>B1(agua mm)</b>	<b>B2(agua mm)</b>	<b>Promedio (I y II)</b>	<b>CV</b>
<b>0</b>	82,73	92,83	87,78	8,14*
<b>6</b>	88,83	99,35	94,09	7,91
<b>20</b>	104,48	107,08	105,78	1,74
<b>31</b>	67,77	76,29	72,03	8,36
<b>41</b>	94,19	100,6	97,4	4,65
<b>57</b>	41,35	78,57	59,96	43,89
<b>69</b>	73,27	63,97	68,62	9,58
<b>92</b>	58,01	60,3	59,16	2,74
<b>125</b>	31,2	38,25	34,73	14,35

<b>SD-NF</b>				
<b>DDS</b>	<b>B1(agua mm)</b>	<b>B2(agua mm)</b>	<b>Promedio (I y II)</b>	<b>CV</b>
<b>0</b>	66,8	73,28	70,04	6,54
<b>6</b>	74,16	79,83	77	5,21
<b>20</b>	102,57	95,86	99,22	4,78
<b>31</b>	70,34	82,01	76,18	10,83
<b>41</b>	91,25	101,98	96,62	7,85
<b>57</b>	42,06	74,8	58,43	39,62
<b>69</b>	69,24	75,54	72,39	6,15
<b>92</b>	23,8	37,03	30,42	30,75
<b>125</b>	16,51	48,47	32,49	69,56

\* CV: coeficiente de variación expresado en porcentaje

**Cuadro N° 11:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LR.

<b>LR-F</b>				
<b>DDS</b>	<b>B1(agua mm)</b>	<b>B2(agua mm)</b>	<b>Promedio (I y II)</b>	<b>CV</b>
<b>0</b>	79,17	75,25	77,21	3,59*
<b>6</b>	83,66	90,47	87,07	5,53
<b>20</b>	101,26	100,9	101,08	0,25
<b>31</b>	73,55	82,1	77,83	7,77
<b>41</b>	87,22	92,62	89,92	4,25
<b>57</b>	34,19	74,48	54,34	52,43
<b>69</b>	63,3	44,64	53,97	24,45
<b>92</b>	12,25	24,45	18,35	47,01
<b>125</b>	23,4	30,46	26,93	18,54

<b>LR-NF</b>				
<b>DDS</b>	<b>B1(agua mm)</b>	<b>B2(agua mm)</b>	<b>Promedio (I y II)</b>	<b>CV</b>
<b>0</b>	63,96	82,28	73,12	17,72
<b>6</b>	74,21	74,27	74,24	0,06
<b>20</b>	100,63	99,35	99,99	0,91
<b>31</b>	73,59	81,45	77,52	7,17
<b>41</b>	91,02	98,59	94,81	5,65
<b>57</b>	64,14	81,44	72,79	16,81
<b>69</b>	66,45	81,97	74,21	14,79
<b>92</b>	21,18	54,22	37,7	61,97
<b>125</b>	19,95	35,15	27,55	39,01

\* CV: coeficiente de variación expresado en porcentaje



**Cuadro N° 12:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LC.

<b>LC-F</b>				
<b>DDS</b>	<b>B1(agua mm)</b>	<b>B2(agua mm)</b>	<b>Promedio (I y II)</b>	<b>CV</b>
<b>0</b>	55,39	84,39	69,89	29,34*
<b>6</b>	89,35	80,58	84,97	7,30
<b>20</b>	103,34	100,71	102,03	1,82
<b>31</b>	79,99	71,65	75,82	7,78
<b>41</b>	95,53	83,98	89,76	9,10
<b>57</b>	39,25	62,4	50,83	32,20
<b>69</b>	56,86	63,02	59,94	7,27
<b>92</b>	16,73	10	13,37	35,59
<b>125</b>	17,29	31,38	24,34	40,93

<b>LC-NF</b>				
<b>DDS</b>	<b>B1(agua mm)</b>	<b>B2(agua mm)</b>	<b>Promedio (I y II)</b>	<b>CV</b>
<b>0</b>	56,86	27,36	42,11	49,54
<b>6</b>	80,18	62,14	71,16	17,93
<b>20</b>	101,87	97,46	99,67	3,13
<b>31</b>	78	90,26	84,13	10,30
<b>41</b>	90,18	95,78	92,98	4,26
<b>57</b>	65,04	82,63	73,84	16,84
<b>69</b>	34,1	59,29	46,7	38,14
<b>92</b>	16,57	15,5	16,04	4,72
<b>125</b>	10,06	54,52	32,29	97,36

\* CV: coeficiente de variación expresado en porcentaje

**Cuadro N° 13:** Agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo de todos los tratamientos y estadio fenológico del cultivo.

<b>DDS</b>	<b>SD F</b>	<b>SD NF</b>	<b>LR F</b>	<b>LR NF</b>	<b>LC F</b>	<b>LC NF</b>	<b>ESTADÍO FENOLÓGICO</b>
<b>0</b>	87,78 *	70,04	77,21	73,12	69,89	42,11	S
<b>6</b>	94,09	76,995	87,065	74,24	84,965	71,16	VE
<b>20</b>	105,78	99,215	101,08	99,99	102,025	99,665	V2-V3
<b>31</b>	72,03	76,175	77,825	77,52	75,82	84,13	V4
<b>41</b>	97,395	96,615	89,92	94,805	89,755	92,98	R1
<b>57</b>	59,96	58,43	54,335	72,79	50,825	73,835	R3-R4
<b>69</b>	68,62	72,39	53,97	74,21	59,94	46,695	R5
<b>92</b>	59,155	30,415	18,35	37,7	13,365	16,035	R6
<b>125</b>	34,725	32,49	26,93	27,55	24,335	32,29	R7-R8

\* mm. de agua útil en los primeros 100 cm. de suelo.

### CONSUMO ACUMULADO DE AGUA ÚTIL

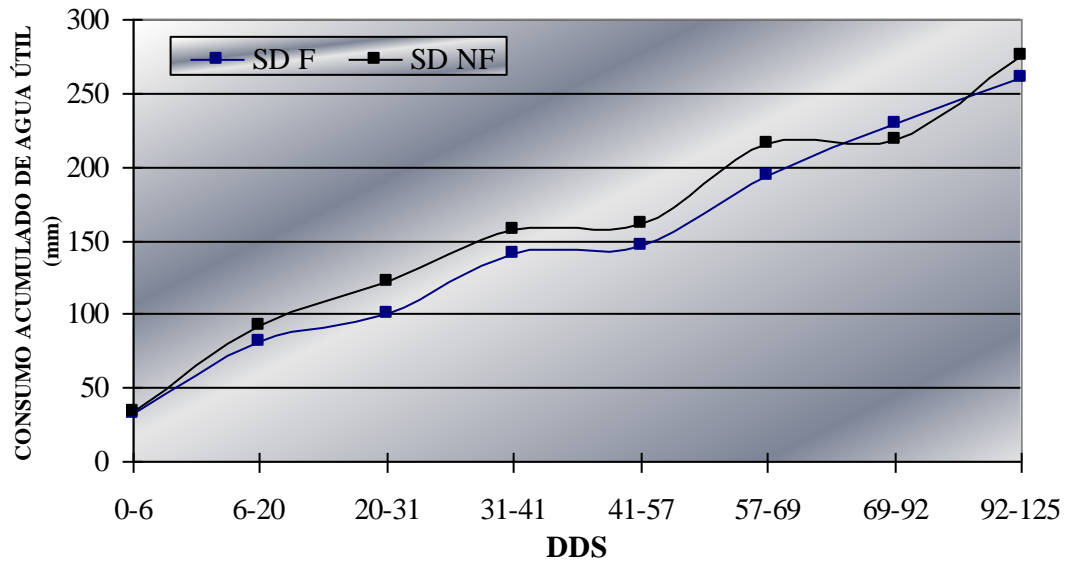


Figura N° 16: Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento SD.

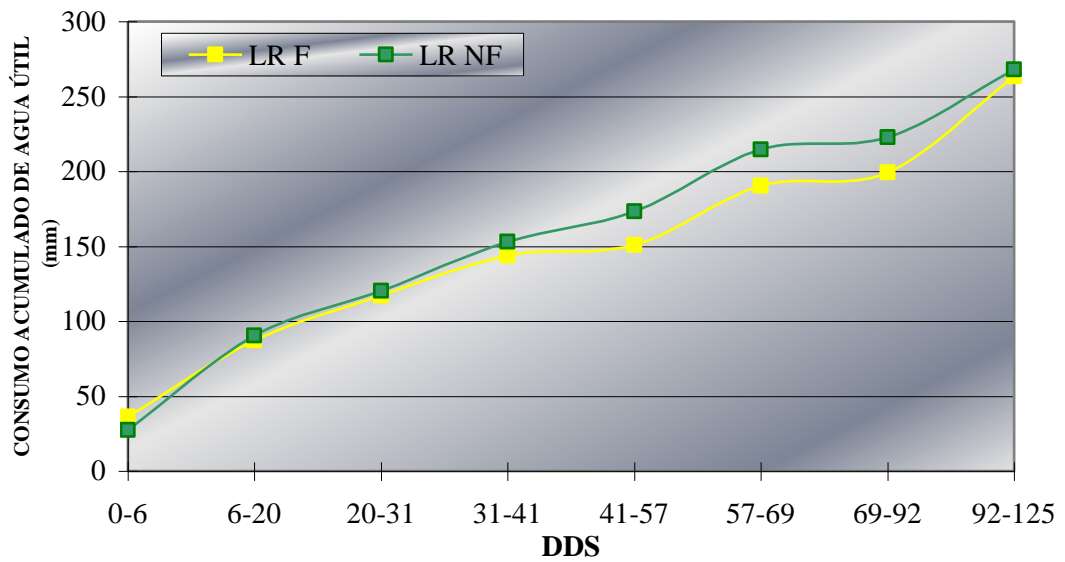
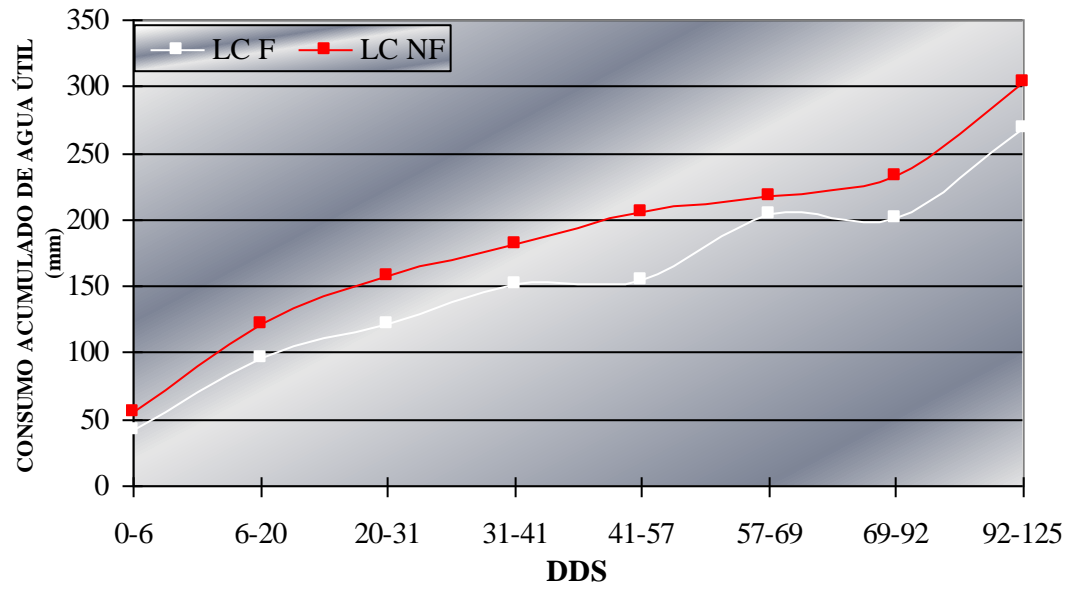


Figura N° 17: Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LR.



**Figura N° 18:** Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en el tratamiento LC.

**Cuadro N° 14:** Consumo acumulado de agua útil (mm.) durante el ciclo del cultivo en todos los tratamientos

<b>DDS</b>	<b>SD F</b>	<b>SD NF</b>	<b>LR F</b>	<b>LR NF</b>	<b>LC F</b>	<b>LC NF</b>
<b>0-6</b>	32,71 *	33,355	36,255	27,52	41,475	55,45
<b>6-20</b>	81,4	92,575	87,27	90,27	95,535	120,955
<b>20-31</b>	100,05	121,935	116,945	120,2	121,73	157,82
<b>31-41</b>	140,815	157,775	143,91	152,885	151,065	182,07
<b>41-57</b>	145,98	162,19	150,925	173,47	154,735	205,525
<b>57-69</b>	194,44	215,95	190,36	214,69	203,65	218,185
<b>69-92</b>	229,675	218,675	199,44	222,88	201,775	232,225
<b>92-125</b>	260,645	276,15	263,42	268,13	268,145	303,88

\* mm. de agua útil consumida acumulada en los primeros 100 cm. de suelo.

## EUA CONSIDERANDO LA PRODUCCION DE BIOMASA AEREA

**Cuadro N° 15:** EUA para biomasa aérea (g. /mm.) en todos los tratamientos.

DDS	SD-F		SD-NF		LR-F		LR-NF		LC-F		LC-NF	
	Agua	MS	Agua	MS	Agua	MS	Agua	MS	Agua	MS	Agua	MS
20	114,1*	8,3**	125,9	9	123,5	8,2	117,8	6,4	137	6,5	176,4	8,2
31	100,1	13,8	121,9	16,2	116,9	18,6	120,2	14,6	121,7	16,5	157,8	15,2
41	140,8	52,4	157,8	48,7	143,9	67,5	152,9	58,3	151,1	67,7	182,1	80,3
57	146	199,1	162,2	222,9	150,9	278	173,5	216	154,7	222	205,5	223,3
69	194,4	321,7	216	247,2	190,4	296,6	214,7	276,4	203,7	366,8	218,2	326,6
92	229,7	421,5	218,7	402,7	199,4	439,4	222,9	416,3	201,8	487,4	232,2	443,5
125	260,6	551,4	276,2	443,1	263,4	515,3	268,1	377,4	268,1	532,3	303,9	527,9

\* mm. de agua útil consumida en los primeros 100 cm. de suelo

\*\* g. de biomasa aérea por m<sup>2</sup>.

## EUA RESPECTO A LA PRODUCCIÓN DE GRANOS

**Cuadro N° 16:** EUA (g. /mm.) de todos los tratamientos respecto al rendimiento en granos.

Tratamiento	Rto. grano (g./ m <sup>2</sup> )	Agua consumida (mm.)	EUA (g./mm.)
SD F	302,6	260,65	1,2
SD NF	225,4	276,15	0,8
LR F	265,9	263,42	1,0
LR NF	179,0	268,13	0,7
LC F	273,2	268,145	1,0
LC NF	274,5	303,88	0,9