

*Notas*

## PÉRDIDA DE RASTROJO POR INCENDIO Y RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE SOJA

Federico D. MORLA<sup>1-3</sup>, Oscar GIAYETTO<sup>1</sup>, Fernando DAITA<sup>2</sup> y César O. NUÑEZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento Producción Vegetal y <sup>2</sup>Departamento Biología Agrícola, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Ruta Nac. 36 Km 601 -X5804 BYA- Río Cuarto, Córdoba, Argentina

<sup>3</sup>Becario CONICET y MCyT provincia de Córdoba

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la pérdida de rastrojo, causada por incendio, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de soja basada en la hipótesis de que la quema de los rastrojos en sistemas con siembra directa afecta principalmente el balance de agua y el rendimiento del cultivo. Para ello, en un lote de producción que perdió los rastrojos por acción del fuego en el 40% de su superficie, se estableció un experimento con dos tratamientos; con cobertura, CC (lote sin quemar) y sin cobertura, SC (lote con quema de rastrojo), dispuestos en un diseño experimental completamente aleatorizado con tres repeticiones, donde se monitorearon y cuantificaron variables del suelo y del cultivo. La pérdida del rastrojo por acción del fuego en un sistema de siembra directa modificó el contenido hídrico del suelo repercutiendo sobre características morfológicas del cultivo, menor altura y biomasa, y afectando negativamente componentes del rendimiento como densidad de plantas, número y peso de granos, que provocaron una disminución del rendimiento del cultivo de soja. Estos resultados se produjeron en un año con precipitaciones marcadamente superiores a la media regional, por lo que es esperable que en un año normal esas diferencias se puedan magnificar.

**Palabras clave:** *Glycine max (L.) Merrill - siembra directa - incendio - rastrojo - rendimiento.*

### SUMMARY

#### **Stubble loss by fire and soybean yield**

The objective of this work was to evaluate the effect of the stubble lost by burning on the soybean growth and yield, on the assumption that the burning on no-till systems mainly affects the water balance and consequently crop yield. The experiment was established using a completely randomized design with two treatments: with coverage (unburned) (CC) and without coverage (stubble burned) (SC), where soil and crop traits were observed and measured. The loss of stubble modified the soil water content, which affects directly crop growth. As a consequence, soybean plants had less height and biomass, seed number per plant and seed weight producing a decrease in crop yield. These results were

obtained in a crop season where precipitations were noticeably higher than in a normal year, thereafter we could expect that in a normal or dry year these effects should be even higher.

**Key words:** *Glycine max* (L.) Merrill - no-till – fire – stubble - yields

### Introducción

La soja, *Glycine max* (L.) Merrill, se cultiva mayoritariamente en condiciones de secano y su rendimiento está altamente relacionado con la disponibilidad de agua en el periodo crítico del cultivo (Andriani, 2002). Según varios autores, y utilizando la escala de Fehr y Caviness (1977), Andriani (2002) sostiene que se ubica alrededor de R3-R4 y hasta R5; mientras que Foroud *et al.* (1993) reportaron ese período crítico desde R1 a R5 y Kantolik *et al.*, (2003) señalan al período comprendido entre R4,5 y R5,5.

Para la región central de Córdoba, las necesidades de agua del cultivo de soja de primera varían de 500 a 600 mm y dependen de la demanda atmosférica, el ciclo del cultivar y el área foliar desarrollada por el mismo (Andriani, 2006). Como umbral general se ha establecido que el 50% del agua útil (AU) en el suelo es el límite por debajo del cual comienzan a producirse deficiencias hídricas que afectan la producción; aunque Dardanelli (1998) encontró reducciones de producción con valores superiores al 50% de agua útil. Según Andriani (2002) diferencias de consumo hídrico de mediana intensidad (10 a 20% menos de AU respecto a un testigo sin deficiencias) entre emergencia y R1 produjeron una reducción de rendimiento del 10% por disminución del IAF debajo de los niveles críticos; entre R1 y R5 el rendimiento mermó 10 al 20% debido principalmente al aborto de flores y frutos, y entre R5-R7 las reducciones del rendimiento fueron 20 al 40% porque se afectó el número de vainas y el número y peso de granos.

Experimentos realizados con cultivares de ciclo corto indican que éstos sufren

mayores reducciones de rendimiento que los de ciclo largo cuando se presentan limitaciones hídricas de importancia porque el período reproductivo de los primeros es menor y las pérdidas por aborto no pueden ser compensadas con una nueva producción de vainas cuando las precipitaciones se producen después de dicho período (Ball *et al.*, 2000).

Entre los componentes directos del rendimiento de la soja (Board *et al.*, 2003), el número de granos por m<sup>2</sup> es más sensible a las variaciones ambientales que el peso de los granos; por lo cual ante cambios en la oferta de agua es el componente que explica las modificaciones del rendimiento (Andriani, 2002). Entonces, si las labranzas afectan la disponibilidad de agua en el momento de la definición de ese componente, ocurrirán variaciones que afectarán el rendimiento del cultivo.

La ocurrencia de un déficit hídrico produce menor translocación de fotoasimilados en la planta (Confalone *et al.*, 1997); disminuye la eficiencia en el uso de la radiación (EUR), debido a la reducción de la fotosíntesis foliar y de la conductancia estomática, provocan inhibición del crecimiento de los órganos de la planta (Salinas *et al.*, 1996) y disminuyen la fijación biológica de nitrógeno (Serraj *et al.*, 1999). Otros autores (Salinas *et al.*, 1996; Egli, 1998) han medido, además, una disminución del peso de los granos en cultivares sometidos a deficiencias hídricas.

A nivel regional, los suelos presentan distinto grado de deterioro físico, como pulverización de la estructura superficial con tendencia a la formación de sellos o costras y de compactaciones subsuperficiales que condicionan el ingreso y redistribución del

agua de lluvia generando escurrimientos superficiales importantes (Bricchi y Cisneros, 1998). Según estos autores, los suelos del área donde se realizó este estudio presentan tasas potenciales de erosión hídrica muy alta, por lo que se plantea la necesidad de aplicar técnicas de conservación para evitar que la superficie del suelo quede expuesta al impacto de la gota de lluvia.

Las prácticas de laboreo que mantienen residuos de cultivo sobre la superficie del suelo, como la siembra directa, pueden reducir o eliminar el encostramiento superficial, incrementar la infiltración y disminuir el escurrimiento incrementando los rendimientos (Dardanelli, 1998).

Triplett y Dick (2008), plantearon que el nivel de rastrojos en superficie al momento de la siembra aumenta la transpiración del cultivo al disminuir la evaporación directa desde el suelo y Arora *et al.* (2010), describieron un aumento en el uso del agua debido a una mayor transpiración relativa en un cultivo de soja bajo cobertura de rastrojos.

La vegetación, viva o como rastrojo, reduce el número de gotas que impactan directamente sobre el suelo y disminuye el encostramiento superficial manteniendo elevados valores de infiltración (Triplett y Dick, 2008). También, está comprobado que existe un efecto aislante de la cobertura sobre las variaciones de temperatura ambiente que se traduce en la capacidad de almacenar agua (Triplett y Dick, 2008). Arora *et al.* (2010), encontraron que la temperatura del suelo sin cobertura de rastrojos era entre 2,5 y 7,2 °C más alta que el suelo con cobertura. Finalmente, la cobertura de rastrojos genera condiciones óptimas para el desarrollo de microorganismos y mesofauna y el crecimiento de las raíces (Hatfield y Prueger, 1996) y mejora la performance de los cultivos, principalmente en sistemas que reciben poca cantidad de lluvias (Triplett y Dick, 2008).

En la provincia de Córdoba se ha incrementado de manera importante la superficie afectada por incendios, especialmente en las zonas de montaña o de pastizales naturales y seminaturales con datos devastadores, como el de 1988 con la quema de 800.000 ha. En los últimos años se ha observado una tendencia decreciente, destacándose el año 2004 con 13.134 ha; mientras que en el año de realización de este estudio se quemaron 78.531 ha (Secretaría de Ambiente de Córdoba, 2009).

Entre los factores ambientales que contribuyen al fenómeno se destacan principalmente el déficit hídrico severo (Seiler *et al.*, 1995) y la mayor frecuencia e intensidad del viento al final del invierno-comienzos de la primavera que favorecen la combustión de los restos vegetales y facilitan la dispersión del fuego en caso de un incendio (Kopta, 1999). Los episodios de quema accidental o intencional remueven la cubierta vegetal perdiéndose así los beneficios asociados a esa cobertura.

En ese sentido, inmediatamente después de ocurrido un incendio se produjo una pérdida significativa del contenido de humedad del suelo provocada, evidentemente, por una rápida evaporación debida a la acción del calor (Valzano *et al.*, 1997; González *et al.*, 1999). Estos autores encontraron que los contenidos de agua y de materia orgánica del suelo disminuyeron, especialmente un año después de los incendios, con reducción concomitante de las poblaciones microbianas.

González *et al.* (1999), encontraron que al segundo y tercer año después de un incendio las diferencias en materia orgánica fueron significativas, evidenciando la interrupción del proceso de reposición de carbono al suelo en los sectores donde se alteró el aporte de restos vegetales por el fuego.

En áreas donde ocurren incendios, la tasa de infiltración es reducida por la formación de costras superficiales (Valzano *et al.*,

1997), ocurriendo también un aumento de pérdidas de agua por evaporación y escorrentía.

Considerando que la quema de los rastrojos en sistemas con siembra directa afecta principalmente el balance de agua y, como consecuencia, el rendimiento de la soja, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la pérdida de rastrojo, causada por incendio, sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo de soja.

### Materiales y métodos

El experimento se realizó durante la campaña agrícola 2006-2007, en un lote de producción comercial ubicado en cercanía de la Universidad Nacional de Río Cuarto, sobre un suelo Hapludol típico de textura franca-arenosa fina. El 40% de la superficie total del lote sufrió la pérdida completa de la cobertura superficial, compuesta principalmente por rastrojo de maíz (cultivo antecesor), a causa de un incendio accidental ocurrido a mediados de 2006.

Los tratamientos evaluados fueron: con cobertura, CC (lote sin quemar) y sin cobertura, SC (lote con quema de rastrojo) que se dispusieron en un diseño experimental completamente aleatorizado con 3 repeticiones por tratamiento.

El 10 de noviembre de 2006 se sembró el cultivar de soja DM 3700 (GM III largo) a una distancia entre hileras de 35 cm y en sistema de siembra directa. Durante la estación de crecimiento se realizaron prácticas de fertilización y protección del cultivo común a la fracción del lote donde se mantuvo la cobertura de rastrojos (sin quemar) y en la que se había perdido (quemada).

Se dispuso de registros meteorológicos durante el ciclo del cultivo (precipitaciones en mm y temperatura del aire máxima, mínima y media en abrigo meteorológico, °C), siendo las temperaturas del aire durante la estación de crecimiento del cultivo similares a las normales de la región. Por su parte, las lluvias se mostraron marcadamente superiores al promedio histórico alcanzando un valor acumulado de 804,7 mm, 54,2% superior a la media histórica para ese mismo período (521,7 mm).

Se determinó la cantidad de rastrojos en superficie ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) y se estimó el porcentaje de cobertura superficial utilizando la ecuación propuesta por Kok y Thien (1994). En la zona no afectada por el incendio, el peso seco de rastrojo de maíz varió entre 5 y  $7,4 \text{ tn ha}^{-1}$  y su porcentaje de cobertura entre 94,6 y 98,7%, siendo cero el valor de esas variables en la zona afectada por el fuego.

También se evaluó el pH, el contenido de materia orgánica (%) y el de fósforo disponible (ppm) a una profundidad de 20 cm; con los métodos de pasta saturada, Walkley-Black y Bray-Kurtz, respectivamente. Estas variables, no presentaron diferencias iniciales entre los tratamientos pudiendo, como señalan algunos autores, incrementarse con el transcurrir del tiempo ya que la pérdida de cobertura vegetal interrumpe el ciclo de retorno de nutrientes al suelo (González *et al.*, 1999) y produce una disminución de la actividad biológica que caracteriza al sistema de siembra directa (Hatfield y Prueger, 1996). En este sentido, Arora *et al.* (2010), describieron una disminución de la biomasa de nódulos en el suelo sin cobertura de rastrojos.

Se estimó el contenido hídrico del suelo a capacidad de campo, punto de marchitez permanente y el agua disponible como la diferencia entre ambos en los estratos de 0 a 20, 20 a 40 y 40 a 100 cm de profundidad. Luego se midió el contenido de agua del suelo a esas mismas profundidades en los estadios fenológicos V1, R1 y R6 mediante método gravimétrico y para expresarlos en lámina de agua, se midió la densidad aparente (DAP) de esas capas del perfil.

En el cultivo se determinó el número de plantas  $\text{m}^{-2}$ , la biomasa aérea total en R8, el índice de cosecha, la altura del eje principal (en cm), el número de ramificaciones por planta, el número de nudos reproductivos y de frutos por planta y por metro cuadrado, el número de granos  $\text{m}^{-2}$  y por vaina y el peso individual de los granos.

### Discusión

La DAP de ambos tratamientos, medida al momento de la siembra, no fue estadísticamente diferente ( $p=0,2585$ ), resultados similares fueron descriptos por

Valzano *et al.* (1997), quienes no encontraron diferencias en los primeros centímetros del suelo. El suelo sin cobertura de rastrojos queda expuesto a la formación de compactaciones importantes hasta que la canopia del cultivo de soja cubre el espacio entre surcos, por lo que es esperable que la DAP, medida al inicio del ciclo del cultivo, pudiese aumentar (Triplett y Dick, 2008).

El contenido de agua del suelo hasta los 100 cm de profundidad fue superior en el tratamiento con cobertura respecto a la condición sin rastrojo en V1 (46,2 %), R1 (50,2 %) y R6 (10,7 %). Esa diferencia en el contenido hídrico del suelo entre los tratamientos puede adjudicarse a cambios en la tasa de infiltración, mayores pérdidas por escorrentía y aumentos de la tasa de evaporación de agua desde el suelo (Triplett y Dick, 2008). Valzano *et al.*, (1997) encontraron reducciones de aproximadamente un 50 % en las propiedades hidráulicas, como conductividad hidráulica, tasa de infiltración base y sortividad del suelo expuesto a fuego.

Del análisis anterior resulta evidente que fue el agua disponible para el cultivo uno de los factores que más afectó negativamente al cultivo. Por ello, las discusiones se centran en la deficiencia hídrica experimentada por las plantas en el tratamiento sin cobertura.

El primero, y uno de los más significativos cambios experimentados por el cultivo en esa condición, fue la pérdida de plantas que a cosecha resultó un 15 % menor al número del tratamiento con cobertura (Cuadro 1). Entre las causas de esa disminución, ligadas a la economía del agua, cabe mencionar los problemas de germinación y emergencia, más la muerte de plántulas emergidas producida por la acción abrasiva de las partículas finas del suelo (sandblasting) arrastradas por el viento en el suelo desnudo (Baker, 2007). No obstante, el cultivo de soja es poco sensible a variaciones en la densidad de plantas, como la ocurrida en este estudio, por lo que si bien

el cambio en el número de plantas fue importante, el rendimiento no debería afectarse (Ball *et al.*, 2000). En ese sentido, Bodrero *et al.* (1989), encontraron que cultivos con reducciones de la densidad de plantas de hasta 5 veces produjeron rendimientos no inferiores al 75 % del valor máximo.

La cantidad total de materia seca aérea del cultivo fue superior en el tratamiento con cobertura de rastrojo al igual que la altura de las plantas. Esta disminución de biomasa en el tratamiento sin cobertura estaría relacionada con la menor disponibilidad hídrica que experimentó el cultivo en sus primeros estadios y hasta R1, y sus efectos sobre la expansión celular (Confalone *et al.*, 1997; Passioura, 1994) y la menor translocación de fotoasimilados.

El menor número de nudos reproductivos por planta en el tratamiento con cobertura se debió principalmente a la menor cantidad de ramas por planta ya que, según Kantolic *et al.* (2003), el cambio en la densidad no afecta, por lo general, el número de nudos en el tallo principal. Sin embargo, cuando se expresó el número de nudos por unidad de superficie (m<sup>2</sup>) esa diferencia fue no significativa (p=0,3325).

Salinas *et al.*, (1996) describieron una disminución promedio del 17 % en el número de semillas por planta y un aumento de semillas subdesarrolladas (de menor tamaño y forma esférica o lenticelar) por planta del 86% cuando sometieron diferentes cultivares de soja a un tratamiento donde se mantenía el agua disponible al 60 % de la capacidad de campo. Un efecto similar pudo haber sido responsable del menor número de granos por planta observado en el tratamiento sin cobertura de este trabajo (Cuadro 1).

El menor número de granos por vaina logrados en el tratamiento sin cobertura pudo haber sido causado por el aborto de uno o más granos por fruto antes de ingresar a su fase de llenado efectivo. Sin embargo,

como señala Board *et al.*, (2003), este componente es mucho más estable ante variaciones ambientales que los otros sub-

componentes determinantes del número de granos.

**Cuadro 1.** Caracteres morfológicos del cultivo de soja y componentes del rendimiento evaluados a R8

	Sin Cobertura				Con Cobertura				Diferencias entre tratamientos (%)
	Media		Desvío Estándar	CV (%)	Media		Desvío Estándar	CV (%)	
Plantas.m <sup>-2</sup>	<b>34,5</b>	b	4,44	12,9	<b>40,5</b>	a	2,27	5,60	14,8
Altura (cm)	<b>62,1</b>	b	2,55	4,1	<b>94,3</b>	a	3,17	3,36	34,1
Biomasa (kg.ha <sup>-1</sup> )	<b>11.109</b>	b	536	4,8	<b>13.427</b>	a	1273	9,48	17,3
Ramificaciones	<b>2,13</b>	a	0,34	16,0	<b>1,57</b>	b	0,28	17,83	-35,7
Nudos									
Reprod.planta <sup>-1</sup>	<b>16,7</b>	a	1,41	8,5	<b>14,9</b>	b	1,37	9,23	-12,3
Nudos reprod. m <sup>-2</sup>	<b>573</b>	a	74	13,0	<b>600</b>	a	55	9,2	4,7
Vainas.planta <sup>-1</sup>	<b>37,0</b>	a	2,53	6,8	<b>35,3</b>	a	2,34	6,64	-4,9
Vainas.m <sup>-2</sup>	<b>1272</b>	b	159	12,6	<b>1426</b>	a	105	7,4	21,1
Vainas.Nudo <sup>-1</sup>	<b>2,22</b>	b	0,09	4,1	<b>2,39</b>	a	0,13	5,44	7,1
Granos.planta <sup>-1</sup>	<b>73,6</b>	b	5,76	7,8	<b>81,3</b>	a	5,9	7,26	9,5
Granos.m <sup>-2</sup>	<b>2528</b>	b	317	12,6	<b>3288</b>	a	271	8,2	30,1
Granos.Vaina <sup>-1</sup>	<b>1,99</b>	b	0,06	3,0	<b>2,32</b>	a	0,07	3,02	14,2
Peso de 100(g)	<b>13,3</b>	b	0,7	5,3	<b>14,3</b>	a	0,65	4,54	7,0
Índice de cosecha	<b>0,32</b>	a	0,047	14,8	<b>0,34</b>	a	0,038	11,05	7,6
Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )	<b>3359</b>	b	391	11,6	<b>4707</b>	a	395	8,39	28,6

En cada fila, letras iguales indican diferencias no significativas entre medias de tratamientos según test de Duncan ( $\alpha=0.05$ ). InfoStat Versión 2008.

También se observó una marcada diferencia entre tratamientos en el peso individual de los granos ( $p=0,0014$ ). Entre las causas posibles de esta variación puede mencionarse el acortamiento del período de llenado, la reducción de la fotosíntesis y/o

las restricciones nutricionales causadas por el estrés hídrico (Egli, 1998; Kantolic *et al.*, 2003). Estos resultados coinciden con los descritos por Salinas *et al.* (1996), quienes hallaron una disminución promedio del 6,4% en el peso de 100 granos, en cultivares

sometidos a deficiencias hídricas en las etapas R2, R3 y R6.

El rendimiento por hectárea fue significativamente superior en el tratamiento con cobertura ( $p < 0,0001$ ), alcanzando, en promedio, un valor 29 % mayor. Este resultado es similar a los descritos por Salinas *et al.*, 1996 y Confalone *et al.*, 1997. Sin embargo, difiere en cuanto a la sensibilidad del cultivo en el período vegetativo ya que, como se observó en el apartado sobre condiciones de humedad del suelo, la mayor diferencia se produjo en las primeras etapas fenológicas del cultivo; mientras que en estadios más avanzados (R6) la diferencia entre tratamientos en el contenido de agua del suelo fue menor. En general, se señala que en las primeras etapas del cultivo (E-R1), deficiencias hídricas de mediana intensidad (40-50 % de agua útil en el suelo) pueden reducir el área foliar y la altura de la planta sin causar reducciones en el rendimiento de semilla (Andriani, 2006). Deficiencias hídricas de mayor intensidad (20-40% de agua útil) redujeron el rendimiento de semilla sólo en el orden del 10% (Andriani, 2002).

Los resultados de este estudio obtenidos en una estación de crecimiento con condiciones hidrológicas excepcionales (registro pluviométrico 54,2 % superior a la media normal de la zona), permiten concluir que la pérdida del rastrojo en sistemas de siembra directa produce una disminución significativa (29 %) del rendimiento de soja, ratificando la importancia de la cobertura vegetal muerta en los sistemas de producción de la zona del estudio. Arora *et al.* (2010), encontraron rendimientos similares donde el tratamiento con cobertura fue, en promedio, un 18 % superior para varios escenarios hídricos. La condición hidrológica favorable en este estudio permite inferir que para las condiciones de lluvias medias normales de la zona y, más aún en años secos, las diferencias detectadas podrían ser todavía mayores. La información

generada resulta de interés para el ajuste de modelos de simulación que incluyan el efecto de la cobertura vegetal muerta y como base de soporte para decisiones y recomendaciones de estrategias agronómicas en lotes sometidos a este tipo de pérdidas.

Este trabajo puso en evidencia también nuevos aspectos que requieren una mayor profundización y que deben ser investigados como, por ejemplo, considerar la evolución del lote hasta alcanzar una situación similar a la que tenía antes de ser afectado por el fuego, destacándose el análisis del efecto de la rotación con gramíneas.

Si bien hay una adopción parcial de las técnicas del manejo integrado es importante insistir en los beneficios del monitoreo como herramienta esencial en la toma de decisiones.

#### **Referencias bibliográficas**

- ANDRIANI, J. M. (2002). Estrés hídrico en soja. *IDIA* 21 (3): 48-51.
- ANDRIANI, J.M. (2006). Soja, Actualización 2006 – Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez – Proyecto Regional Producción Agrícola Sustentable. Informe de Actualización Técnica N° 3.
- ARORA V.K.; SINGH C.B.; SIDHU A.S.; THIND S.S. (2010). Irrigation, tillage and mulching effects on soybean yield and water productivity in relation to soil texture. *Agricultural Water Management*, 98 (4) 563-568.
- BAKER, J. T. (2007). Cotton seedling abrasion and recovery from windblown sand. *Agron. J.*, 99: 556-561.
- BALL, R.A.; PURCELL L.C.; VORIES E.D. (2000). Short-season soybean production and yield compensation in response to plant population and water regime. *Crop Sci.* 40:1070–1078.
- BOARD, J. E.; KANG M. S; BODRERO M. L. (2003). Yield components as indirect selection criteria for late-planted soybean cultivars. *Agron. J.*, 95:420–429.
- BODRERO, M.L.; DARWICH N.; ANDRADE F.; NAKAYAMA F. (1989). Intercepción de radiación fotosintéticamente activa y

- productividad de soja de segunda sembrada a distintos espaciamentos entre surcos. *IV Conferencia Mundial de Investigación en Soja*. Buenos Aires. Argentina. pp 245-254.
- BRICCHI, E.; CISNEROS J. (1998). Modificaciones de la porosidad producidas por compactación. *Soil Science Society International Congress*. Montpellier, France. CD-ROM. Sci. Registration N° 2309.
- CONFALONE, A.; COSTA L.C.; PEREIRA C.R. (1997). Eficiencia de uso de la radiación en distintas fases fenológicas bajo estrés hídrico. *Revista Facultad de Agronomía*, 17 (1): 63-66.
- DARDANELLI J. (1998). Eficiencia en el uso del agua según sistemas de labranzas (p. 107-115). *In*: L. Panigatti; H. Marelli; D. Buschiazio y R. Gil (eds), Siembra Directa. INTA-SAGyP.
- EGLI, D. B. (1998). Variation in leaf starch and sink limitations during seed filling in soybean. *Crop Sci.*, 39: 1361-1368.
- FEHR, W.R.; CAVINESS C. E. (1977). Stages of soybean development. Iowa St.Univ. Special Report 80. 11p.
- FOROUD, N.; MUNDEL H. H.; SAINDON G.; ENTZ T. (1993). Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield components. *Irrigat. Sci.* 13: 149-155.
- GONZÁLEZ, C; ABRIL A.; ACOSTA M. (1999). Efecto del fuego sobre la fertilidad edáfica y las comunidades microbianas en el Chaco occidental argentino. *Ecología Austral* 9:3-10.
- HATFIELD, J.L.; PRUEGER J.H. (1996). Microclimate effects of crop residues on biological processes. *Theor. Appl. Climatol.* 54 : 47-59.
- INFOSTAT. (2008). InfoStat, versión 2008. Grupo InfoStat, F. C. A. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- KANTOLIC, A. G.; GIMÉNEZ P. I.; DE LA FUENTE E. B. (2003). Ciclo ontogénico, dinámica del desarrollo y generación del rendimiento y calidad en soja (p. 165-201). *In*: SATORRE, E. et al., Producción de granos. Bases funcionales para su manejo. Ed. Facultad de Agronomía-UBA.
- KOPTA, F. (1999). Problemática ambiental con especial referencia a la Provincia de Córdoba. *In*: Programa Educar Forestando. ACUDE y UNESCO. Córdoba, Argentina. 203 p.
- KOK H.; THIEN J. (1994). RES-N-TILL Crop residue conservation and tillage management software. *Journal of Soil and Water Conservation*. 49(6):551-553
- PASSIOURA J. B. (1994). The yield of crops in relation to drought (p. 343-359) *In*: 'Physiology and determination of crop yield' American Society of Agronomy, Madison, USA.
- SALINAS A.; ZELENER N.; CRAVIOTO R. M.; BISARO V. (1996). Repuestas fisiológicas que caracterizan el comportamiento de diferentes cultivares de soja a la deficiencia hídrica en el suelo. *Pesq. Agrop. Bras.* 31 (5): 331-338.
- SECRETARÍA DE AMBIENTE DE LA PROVINCIA DE CÓRDOBA. (2009). Informe anual de incendios forestales en la provincia de Córdoba - 2006. En: <http://www.secretariadeambiente.cba.gov.ar/publicaciones.html> Consulta Febrero de 2010.
- SEILER, R. A.; FABRICIUS R.; ROTONDO V.; VINOCUR M. (1995). Agroclimatología de Río Cuarto - 1974/93, vol. I. UNRC. 68 p.
- SERRAJ, R. T.; SINCLAIR R; PURCELL L. C. (1999). Symbiotic N<sub>2</sub> fixation response to drought. *J Exp. Bot.* 50:143-156.
- TRIPLETT, G. B.; DICK W. A. (2008). No-tillage crop production: a revolution in agriculture. *Agron. J.* 100:153-165
- VALZANO, F.P.; GREENE R.S.B.; MURPHY B.W. (1997). Direct effect of stubble burning on soil hydraulic and physical properties in a direct drill tillage system. *Soil & Tillage Research*, 42: 209-219.