

## Rendimiento, fenología y uso de agua en intersembra trigo-soja con relación a cultivos secuenciales y cultivo de cobertura-soja

Ernst Oswaldo<sup>1</sup>, Bianculli Mariana<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Departamento de Producción Vegetal, Unidad Sistemas de Producción. Facultad de Agronomía, Universidad de la República. Estación Experimental Mario A. Cassinoni. Paysandú 60000, Uruguay.*

*Correo electrónico: oernst@fagro.edu.uy*

<sup>2</sup>*Universidad Nacional de Mar del Plata, Facultad de Ciencias Agrarias. Buenos Aires, Argentina.*

Recibido: 8/12/13 Aceptado: 6/813

### Resumen

La intersembra de soja en trigo permite el doble cultivo anual sin retrasar la siembra de soja como sucede en el doble cultivo secuencial, cubriendo el suelo durante el invierno con un cultivo de renta. Se evaluó el efecto de dos estructuras de intersembra de soja en trigo, 50% de la superficie con trigo y 50% con soja ( $Tr_{50}Sj_{50}$ ) y 40% trigo-60% soja ( $Tr_{40}Sj_{60}$ ), sobre el agua disponible en el suelo (ADS) a la siembra de soja, fenología, consumo de agua y rendimiento de soja con relación al doble cultivo secuencial ( $Tr_{100}Sj_{100}$ ) y soja de estación completa (Sj). Para cuantificar el efecto del retraso en la siembra se evaluó soja tarde (Sjt), igual a  $Tr_{100}Sj_{100}$ . La intersembra de soja en trigo logró un rendimiento menor al de Sj, pero  $Tr_{40}Sj_{60}$  fue similar a  $Tr_{100}Sj_{100}$  (3,06 Mg ha<sup>-1</sup> para Sj y Sjt contra 2,1 y 1,78 Mg ha<sup>-1</sup> para  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{100}Sj_{100}$  respectivamente,  $p \leq 0,05$ ). El trigo consumió el ADS hasta los 60 cm de profundidad tanto en la intersembra como en  $Tr_{100}Sj_{100}$ . En la superficie a sembrar con soja en  $Tr_{40}Sj_{60}$ , el ADS a la siembra fue similar a la de Sj (57 y 41 mm respectivamente), pero al ponderarla con el ADS en la superficie con trigo, se redujo a 28 mm. La mayor producción total se logró con  $Tr_{100}Sj_{100}$ , pero priorizando la soja, una estructura  $Tr_{30}Sj_{70}$  lograría mantener el suelo cubierto durante el invierno, reservar ADS para la intersembra y no perder rendimiento.

**Palabras clave:** intersembra, doble cultivo, manejo de agua

### Summary

## Grain Yield, Phenology and Water Use in Wheat-soybean Intercropping Compared to Sequential Crops and Cover Crop-soybean Systems

Wheat-soybean intercropping would allow double annual cropping systems without delaying soybean planting as the sequential double cropping does, while covering the soil during the winter period with a cash crop. We evaluate the effect of two seeding wheat-soybean intercrop structures, 50% of the soil surface seeded under wheat and 50% under soybean ( $Wt_{50}Sb_{50}$ ), and 40% wheat-60% soybean ( $Wt_{40}Sb_{60}$ ), on the available soil water (ASW) at soybean seedtime, crop phenology, soil water use and soybean yield, in relation to sequential double cropping ( $Wt_{100}Sb_{100}$ ) and full season soybean (Sb). In order to quantify the delayed sowing date effect, a late seeding soybean date (Sjl) equal to  $Wt_{100}Sb_{100}$  was evaluated. Intercropping wheat-soybean obtained smaller yield than Sb, but  $Wt_{40}Sb_{60}$  obtained similar yield compared to  $Wt_{100}Sb_{100}$  (3.06 Mg ha<sup>-1</sup> for Sb and Sjl against 2.1 and 1.78 Mg ha<sup>-1</sup> for  $Wt_{40}Sb_{60}$  and  $Wt_{100}Sb_{100}$  respectively,  $p \leq 0,05$ ). Wheat consumed most of the ASW up to 60 cm depth both in intercropping and sequential cropping ( $Wt_{100}Sb_{100}$ ). On the fraction of the soil planted with soybean ASW at sowing time was similar in  $Wt_{40}Sb_{60}$  and Sb (57 and 41 mm respectively), but when averaged with SAW in the fraction of the surface under wheat (40%), it was reduced to 28 mm. The highest total production was obtained with  $Wt_{100}Sb_{100}$ , but if soybean yield is prioritized, a  $Wt_{30}Sb_{70}$  seeding structure would maintain the soil covered during the winter, reserve ASW for the soybean crop, and not to lose soybean yield.

**Keywords:** intercropping, double cropping system, water management

## Introducción

La producción de materia seca y grano depende de la habilidad de los cultivos en la captura de recursos. Considerando una base anual, los sistemas centrados en un único cultivo utilizan una pequeña parte de los recursos potencialmente disponibles, desperdiciando grandes cantidades de radiación solar incidente y precipitaciones. Los sistemas intensivos que incluyen cultivos múltiples durante el año permiten mejorar la captura y productividad de los recursos (Caviglia *et al.*, 2004).

Por ejemplo, cultivos puros de trigo, maíz y soja pueden capturar un 50-60% de la radiación fotosintéticamente activa (RFA) durante la estación de crecimiento pero solo un 20-36% de la RFA incidente anual. Además, la evapotranspiración potencial de los cultivos puros oscila entre 400-600 mm/estación, lo que representa el 44-71% de la precipitación anual (Abbate *et al.*, 1995; Della Maggiora *et al.*, 2002; Caviglia *et al.*, 2004).

En un cultivo individual solo son posibles pequeñas mejoras en la captura y eficiencia de uso de agua (EUA) y radiación solar (EUR) por modificar prácticas de manejo o el aspecto varietal. Dentro de la estación de crecimiento, la captura y eficiencia en el uso del agua y radiación se reducen por el bajo área foliar durante el establecimiento y senescencia de los cultivos puros. Prácticas agronómicas que acorten este período han sido útiles para incrementar la captura y eficiencia en el uso de los recursos (Cooper *et al.*, 1987; Caviglia y Sadras, 2001; Coll *et al.*, 2012).

Los cultivos múltiples como el doble cultivo trigo-soja (*Triticum aestivum* L. y *Glycine max* (L.) Merr., respectivamente) son una alternativa de intensificación, ya sea en forma secuencial, sembrando la soja luego de la cosecha de trigo; o como interseembra, sembrando la soja dentro del trigo en pie durante el llenado de granos (Caviglia *et al.*, 2004).

La siembra de soja secuencial a la cosecha del trigo es la práctica más habitual, representando entre un 40 y un 60% de la superficie sembrada en Uruguay según los años. En este esquema, la oleaginosa tiene disminuido su rendimiento potencial respecto de la soja sembrada en su fecha óptima (Hu y Wiatrak, 2012). Esta disminución en el rendimiento potencial se debe a: a) menor duración de las etapas vegetativas y reproductivas y reducción del crecimiento durante las etapas reproductivas (Andrade, 1995), b) el período reproductivo se ubica en condiciones de baja temperatura, radiación y fotoperíodo corto (Calviño *et al.*, 2003; Hu y Wiatrak, 2012); c) disminución del crecimiento ve-

getativo causado por una prematura floración (Carter y Boerma, 1997); d) acortamiento del período de llenado por la influencia fotoperiódica (Mayor *et al.*, 1975).

En la interseembra dos o más cultivos crecen al mismo tiempo en una misma superficie de tierra. El grado de superposición temporal puede ser total o parcial, lográndose ventajas cuando las fases de mayor tasa de crecimiento o los períodos críticos de los distintos cultivos no coinciden en el tiempo (Rillo *et al.*, 2008; Verdelli *et al.*, 2012). En la interseembra trigo-soja, la soja es sembrada durante el llenado del grano del cultivo de trigo en pie, permitiendo reducir los problemas asociados a las siembras tardías de soja de los sistemas de doble cultivo secuencial (Wallace *et al.*, 1996; Caviglia *et al.*, 2004). Si bien durante el período de superposición de los cultivos la soja puede verse perjudicada, se ha cuantificado una recuperación de este efecto luego de la cosecha del trigo, la cual es dependiente de la disponibilidad de nutrientes y agua (Li *et al.*, 2001a). Al analizar la competencia por nutrientes entre cultivos integrantes de la interseembra, Ghosh *et al.* (2009) concluyen que la misma se reduce significativamente luego de alcanzar el estadio de la madurez fisiológica. Como no es posible maximizar los rendimientos referidos al área total de cada cultivo integrante del sistema, el objetivo es maximizar el rendimiento global, optimizando el aprovechamiento de recursos. El diseño que optimice el resultado económico del sistema dependerá del rendimiento de sus dos componentes y de los precios de mercado de cada uno de ellos en relación con sus costos.

En las condiciones de producción de soja en secano de Uruguay, si bien la época de siembra modifica el potencial de producción, no tiene un efecto predecible sobre el rendimiento actual, existiendo años en los que las siembras de diciembre superan significativamente a las de octubre y noviembre (Rojo, 1977; Rugelio, 1979; Bartaburu y Marella, 1981; De Mattos Rodríguez *et al.*, 1989; Fernández y Graña, 1993). Por tanto, la interseembra del cultivo en trigo no representaría una ventaja a priori. Sin embargo, en sistemas de producción con predominancia del cultivo de soja es necesario sembrar un cultivo de cobertura invernal para reducir el riesgo de erosión hídrica del suelo. Por tanto se plantea como hipótesis que la siembra de trigo con una distribución espacial que permita la interseembra de soja representaría una opción para generar la cobertura de suelo necesaria con la ventaja de aportar un valor comercial tangible. Con el objetivo de contribuir a la generación de conocimiento local que permita implementar sistemas de producción más sostenibles, se estudió la variación del ren-

dimiento de soja como cultivo de estación completa sembrado sobre un cultivo de cobertura invernal, con relación al doble cultivo anual trigo/soja secuencial o en intersiembra, y su relación con la captura y uso del agua y radiación disponibles en la estación de crecimiento.

## Materiales y métodos

### Sitio experimental

El experimento se realizó en la Estación Experimental Mario A. Cassinoni, Paysandú, República Oriental del Uruguay ( $32^{\circ} 21' S$  y  $58^{\circ} 02' W$ ); durante el período julio 2010-abril 2011. Se estableció sobre un suelo Argiudol típico fino mixto activo térmico, con un horizonte A de 18 cm, pH 5,7, arcilla  $289 \text{ g kg}^{-1}$ , limo  $437 \text{ g kg}^{-1}$  y arena  $273 \text{ g kg}^{-1}$ . Se utilizó un diseño en bloques completos al azar con dos repeticiones con parcelas de  $100 \text{ m}^2$ .

### Tratamientos

1. Doble cultivo anual trigo/soja ( $\text{Tr}_{100}\text{Sj}_{100}$ ). La siembra de trigo se realizó el 29/07/2010, cultivar INIA Don Alberto, a razón de 45 semillas viables  $\text{m}^{-2}$ , lográndose una población de 223 plantas  $\text{m}^{-2}$ . El cultivo fue fertilizado a la siembra con  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  de fosfato di-amónico (18-46-0), y refertilizado con 80 y  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de urea al estadio Z2.2 y Z3.0 respectivamente (Zadoks *et al.*, 1974). La cosecha del trigo se realizó el 13/12/2010 y la siembra de soja, cultivar Don

Mario 6411, se realizó sin laboreo el mismo día con una densidad de 25 plantas  $\text{m}^{-2}$  y una distancia entre surcos de 52 cm.

2. Soja de estación completa (Sj) sembrada sobre cobertura invernal. Se utilizó trigo como cobertura invernal, por lo que recibió el mismo manejo hasta el 15 de setiembre, fecha en que se aplicó  $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$  i.a. de glifosato. La siembra de soja se realizó el 18/11/2010 con igual cultivar, densidad de siembra y distancia entre filas que el tratamiento anterior.

3. Soja de estación completa en siembra tardía (Sjt) sobre cobertura invernal. Recibió el mismo manejo que Sj, pero la siembra se realizó el mismo día que el tratamiento  $\text{Tr}_{100}\text{Sj}_{100}$ .

4. Intersiembra de soja en trigo (Figura 1). La soja se sembró el mismo día que Sj, cuando el cultivo de trigo estaba en estadio Z7.5 (Zadoks *et al.*, 1974), sobre dos estructuras de siembra de trigo y soja.

4.a. 50% con trigo y 50% con soja ( $\text{Tr}_{50}\text{Sj}_{50}$ ). Se sembraron dos filas de trigo seguidas de dos filas sin sembrar trigo, las que fueron posteriormente sembradas con soja, a igual población por metro lineal, pero a 0,17 m entre filas.

4.b. 40% con trigo y 60% con soja ( $\text{Tr}_{40}\text{Sj}_{60}$ ). Se logró sembrando cuatro filas de trigo y cinco filas sin sembrar, las que fueron sembradas con cuatro filas de soja a 0,45 m entre filas.



**Figura 1.** Diagrama de siembra de trigo y soja. Sj;  $\text{Tr}_{50}\text{Sj}_{50}$ = soja de estación completa e intersiembra de 50% de la superficie con trigo y 50% de la superficie con soja.

## Determinaciones

Semanalmente se registró el estadio fenológico de la soja, según Escala de Fehr y Caviness (1977).

### Contenido de agua en el suelo

Antes de la siembra de soja, se determinó la humedad por gravimetría a las siguientes profundidades: 0-20 cm; 20-40 cm y 40-60 cm. En los tratamientos  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$  la determinación se realizó para la superficie a sembrar con soja y para la ocupada con trigo de manera independiente.

Luego de la siembra de soja, el contenido de agua se determinó utilizando una sonda de neutrones modelo 503DR HYDROPROBE, realizándose una lectura cada 20 cm hasta 60 cm de profundidad en dos sitios por parcela. Para estas determinaciones se consideró sólo la superficie sembrada con soja.

Índice de Área Foliar (IAF) y cobertura de suelo: las mediciones se realizaron semanalmente, utilizando un equipo LAI2000, siguiendo la metodología propuesta en el manual de uso para cultivos en hileras consistente en cuatro mediciones por parcela, cada una constituida por una medición arriba del canopeo y cuatro debajo del mismo (0, 25, 50 y 75% del surco). Los resultados se expresan como IAF m<sup>2</sup> de hojas m<sup>-2</sup> de suelo y como porcentaje de suelo cubierto por el follaje.

Rendimiento de trigo: para el trigo sembrado como cultivo puro se recolectaron seis hileras de tres metros lineales cada una, en tres sitios de cada parcela. En el caso del trigo de intersembra, también se cortaron tres metros lineales manteniendo la individualidad de cada surco. La fecha de cosecha fue el 13/12/2010.

Se determinó el número de espigas por metro lineal (ESPM) en dos metros de surco con dos repeticiones por parcela. En los tratamientos de intersembra se determinó en forma independiente para los surcos externos e interiores. En base a esto se calculó el número de espigas m<sup>2</sup> por parcela. El rendimiento en grano se estimó cortando 5 m<sup>2</sup> por parcela. Sobre una submuestra de 200 granos se determinó el peso de mil granos (PMG) y su humedad. El rendimiento fue corregido al 13% de humedad y expresado en función de la superficie real ocupada con cada uno de los cultivos para las parcelas de intersembra.

Rendimiento de soja: cuando fue sembrada como cultivo puro se recolectaron dos hileras de tres metros lineales cada una; en dos sitios de cada parcela. Para la intersembra de soja, se cortaron tres metros lineales y se mantuvo cada surco individual. La fecha de cosecha para soja de primera (Sj) e intersembra fue el 9/04/2011; la soja de pri-

mera tarde (Sjt) el 15/04/2011 y la soja de segunda ( $Tr_{100}Sj_{100}$ ) el 28/04/2011.

Se determinó número de plantas totales, número de plantas con ramificaciones primarias, número de ramificaciones primarias, número de vainas, peso total de los granos de cada muestra, peso de mil granos y humedad. El rendimiento se corrigió para una humedad de 13,5% y se expresó en función de la superficie real ocupada con cada uno de los cultivos para las parcelas de intersembra.

## Cálculos y análisis estadístico

La cantidad (mm) de agua disponible en el suelo (ADS) para el cultivo de soja entre cada fecha de muestreo se estimó realizando un balance de agua por estrato de profundidad utilizando el método de cascada, basado en las medidas semanales del contenido de agua del suelo y las lluvias. En el cálculo, el agua es retenida en el estrato de 0-20 cm hasta llegar a CC e ingresa al estrato 20-40 cm y el de 40-60 cm la sobrante del estrato superior. La cantidad de ADS de 0-60 cm corresponde a la suma del ADS por estrato dentro de cada fecha de muestreo. Dada la pendiente en la que se ubicó el experimento (<1%) y que las lluvias ocurrieron siempre sobre suelo seco, se consideró como lluvia efectiva el 100% de la lluvia ocurrida entre dos fechas de muestreo.

La evapotranspiración real (ET) de soja se calculó para los intervalos de medición de humedad en el suelo, sumando la precipitación y el riego (mm) y restando la variación de agua almacenada en la capa de 0-60 cm (Allen *et al.*, 1998):

$$ET (mm) = \sum ADS_{i+1} - \sum pp - ADS_{i+1}$$

Donde:

$ADS_i$  y  $ADS_{i+1}$  corresponde al ADS para el total del perfil analizado en dos fechas sucesivas de muestreo a partir del 18 de noviembre, día en que se sembraron los tratamientos de soja sobre cultivo de cobertura e intersembra de soja en trigo.

$\sum_i pp$  = suma de precipitaciones (mm) entre dos fechas de muestreo consecutivas.

A partir de los datos de rendimiento por surco de trigo y soja en intersembra, se simuló distintos arreglos espaciales, definidos como proporción del terreno ocupado por trigo y soja, los que fueron comparados con las alternativas de producción actualmente utilizadas como: trigo-soja secuencial y soja de estación completa. Para cada arreglo espacial simulado se consideró la proporción de surcos de borde y centro correspondiente.

Los resultados de rendimiento en grano fueron analizados como bloques completos al azar. Para la evolución del contenido de agua del suelo, la ET acumulada y el IAF se analizaron como medidas repetidas en el tiempo a partir del día de siembra utilizando el PROCEDIMIENTO Mixed del sistema Statistical Analysis Systems (Ver. 6.11 1996; SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina U.S.A.). Se realizaron comparaciones de medias de mínimos cuadrados usando el test de Mínima Diferencia Significativa de Fisher, estableciendo un nivel de significancia de  $P \leq 0,05$  a priori.

## Resultados y discusión

### Caracterización meteorológica

En el Cuadro 1 se resumen los datos climáticos para el período experimental y distintas etapas del desarrollo de los cultivos.

La siembra de soja en noviembre (Sj,  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$ ) tuvo mayor radiación, temperatura media y precipitaciones durante el período R2-R6, crítico para la definición del rendimiento de soja (Andrade, 1995; Grasso y Montero,

2012) que la siembra de diciembre, pero menores precipitaciones acumuladas en los 25 días pos siembra. La diferencia entre Sj y las dos opciones de intersiembra es que, mientras que en Sj la lluvia y radiación acumuladas durante el período de barbecho (15 de setiembre al 18 de noviembre) corresponden a reserva de agua y radiación no interceptada respectivamente, son contabilizadas como precipitaciones y radiación para trigo en  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$ . En el caso de Sjt, las precipitaciones durante el período de barbecho se incrementaron como consecuencia de su mayor duración (64 y 89 días y 120 y 154 mm de lluvia para Sj y Sjt respectivamente). En ambos casos, las precipitaciones resultaron casi 50% menores a la media histórica de la zona para cada período. Mientras que entre el 18 y el 20% de las precipitaciones ocurrieron durante el período de barbecho, cuyo objetivo es capturar agua a ser utilizada por el cultivo siguiente, entre el 30 y 43% de la radiación asignada a la soja cuando es el único cultivo se recibió durante este período y no fue interceptada por el mismo. A esto debe sumarse 270 mm y 551 MJ ha<sup>-1</sup> de agua precipitada y radiación incidente acumulada durante el período ocupado por el cultivo de cobertura.

**Cuadro 1.** Precipitaciones (mm), Radiación (MJ ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>) y Temperatura media (°C) durante el período experimental y en distintas etapas de los cultivos.

Período	Precipitaciones		Radiación		Temperatura media	
	Siembra de soja		Siembra de soja		Siembra de soja	
	18/11	13/12	18/11	13/12	18/11	13/12
Siembra de trigo inicio de barbecho para soja	270	270	551	551	12,5	12,5
Barbecho	120	154	1420	2052	17	18,6
25 días pos siembra	35	93	659	691	22,4	24,9
Siembra- R2	233	368	1836	1491	24,4	25,5
R2-R6	215	161	1090	786	24,0	23,5
R6-R8	53	159	447	447	21,3	21,3
Trigo	520	-	-	-	-	-
Sj (*)	620	842	4793	4776	-	-
$Tr_{40}Sj_{60}$ y $Tr_{50}Sj_{50}$	500	-	3373	-	-	-
$Tr_{100}Sj_{100}$	-	688	-	2724	-	-
Anual (julio/10 junio 11)	1371		6356		18	

(\*) Incluye lluvias y radiación acumuladas durante el período de barbecho.

R2, R6, R8= Estadio fenológico de soja según Escala de Fehr y Caviness (1977).

Sj= Soja estación completa.

$Tr_{40}Sj_{60}$ ;  $Tr_{50}Sj_{50}$  = intersiembra de soja en trigo con 40% de la superficie sembrada con trigo y 60% con soja y 50%.

Barbecho= período entre aplicación de herbicida a trigo como cultivo de cobertura y siembra de soja de estación completa.

### Rendimiento y componentes de rendimiento de trigo

El rendimiento en grano de trigo fue reducido significativamente al incrementarse la superficie no sembrada con el cultivo. Sin embargo, como consecuencia de un mayor ESPM, la reducción no fue proporcional. En la estructura de siembra  $Tr_{50}Sj_{50}$  se logró el 73% del rendimiento de Tr y en  $Tr_{40}Sj_{60}$ , el 51%. El número ESPM no fue modificado por la estructura de siembra (datos no mostrados), pero el PMG se redujo en  $Tr_{50}Sj_{50}$  (Cuadro 2).

La compensación del rendimiento fue resultado de una tendencia a mayor ESPM de los surcos exteriores ( $p \leq 0,07$ ), los que fueron el 100% en  $Tr_{50}Sj_{50}$ , el 50% en  $Tr_{40}Sj_{60}$  y 0% en Tr (Figura 2). Mientras que en  $Tr_{50}Sj_{50}$  se lograron 116 ESPM en todos los surcos, en  $Tr_{40}Sj_{60}$  los surcos exteriores promediaron 103 ESPM y los interiores 83.

Esta compensación determinó que el rendimiento referido a la superficie realmente ocupada por cada cultivo fuera significativamente mayor al cultivo puro. Li *et al.* (2001a) y Verdelli *et al.* (2012) también cuantificaron un efecto positivo de las hileras de borde en la intersemebra de trigo-maíz y trigo-soja, y maíz con soja respectivamente, lo que fue atribuido a una mejora en la captura y eficiencia de uso de la radiación y nutrientes de los surcos exteriores.

Al considerar toda la superficie afectada al cultivo, la densidad de espigas pasó de 447 espigas  $m^{-2}$  en Tr a 347 y 218 espigas  $m^{-2}$  en  $Tr_{50}Sj_{50}$  y  $Tr_{40}Sj_{60}$  respectivamente, siendo el componente del rendimiento que explicó el rendimiento referido a la superficie total.

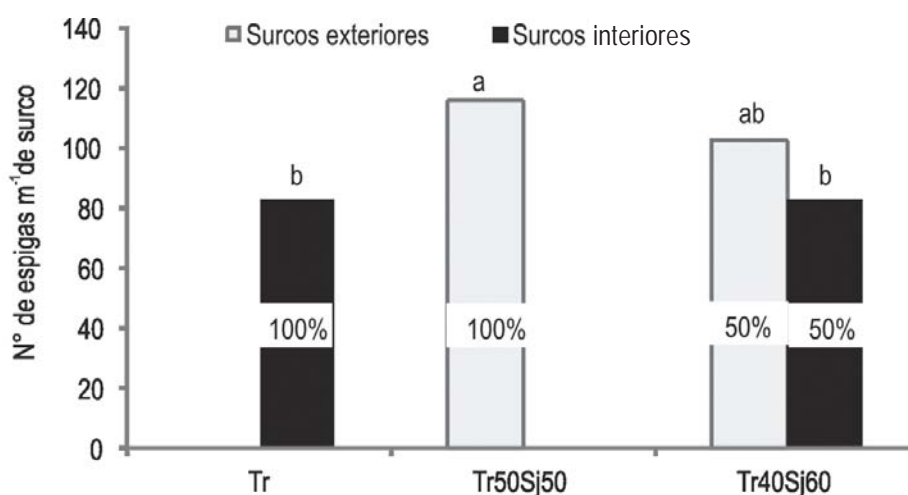
**Cuadro 2.** Rendimiento ( $Mg\ ha^{-1}$ ) referido a la superficie cosechada y a la total, número de espigas por metro lineal (ESPM) y peso de mil granos de trigo (PMG) sembrado como cultivo puro (Tr) o en intersemebra con soja ( $Tr_{50}Sj_{50}$  y  $Tr_{40}Sj_{60}$ ).

Tratamiento	ESPM	Espigas $m^{-2}$	PMG (g)	Rendimiento ( $Mg\ ha^{-1}$ )	
				Área cosechada	Área total
Tr	76 b	447 a	36,3 ab	3,85 c	3,85 a
$Tr_{50}Sj_{50}$	116 a	341 b	35,3 b	5,55 a	2,83 b
$Tr_{40}Sj_{60}$	93 b	218 c	37,4 a	4,46 b	1,96 c

Tr: trigo sembrado a 0,17 m entre filas.  $Tr_{50}Sj_{50}$ : 50% de los surcos sembrados con trigo;  $Tr_{40}Sj_{60}$ : 40% de los surcos sembrados con trigo.

ESPM= Número de espigas por metro lineal de surco; PMG= peso de mil granos

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos para un  $p \leq 0,05$ .



**Figura 2.** Contraste del número de espigas por metro lineal de surco exteriores e interiores de trigo en trigo solo (Tr), e intersemebra de trigo y soja ( $Tr_{50}Sj_{50}$  = 50% de la superficie con trigo y 60% a sembrar con soja;  $Tr_{40}Sj_{60}$  = 40% de la superficie sembrada con trigo y 60% a sembrar con soja).

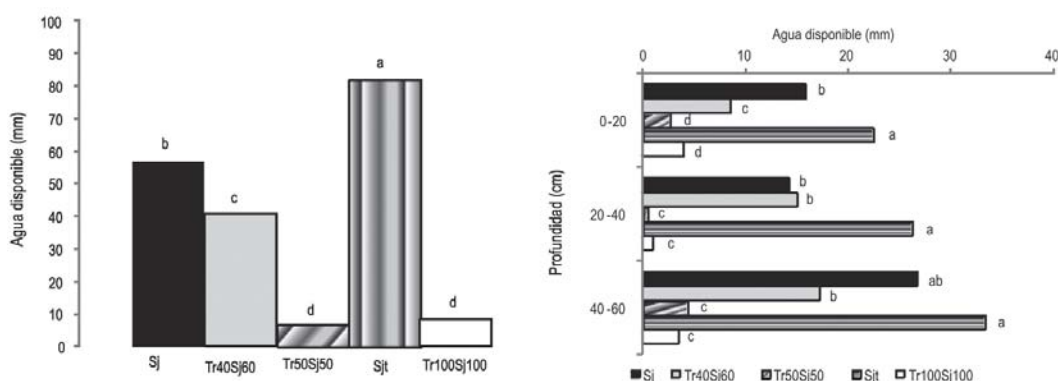
### Agua disponible en el suelo a la siembra de soja

En la Figura 3 se presenta el efecto residual del manejo durante el invierno sobre la cantidad de ADS a la siembra de soja y su distribución en el perfil.

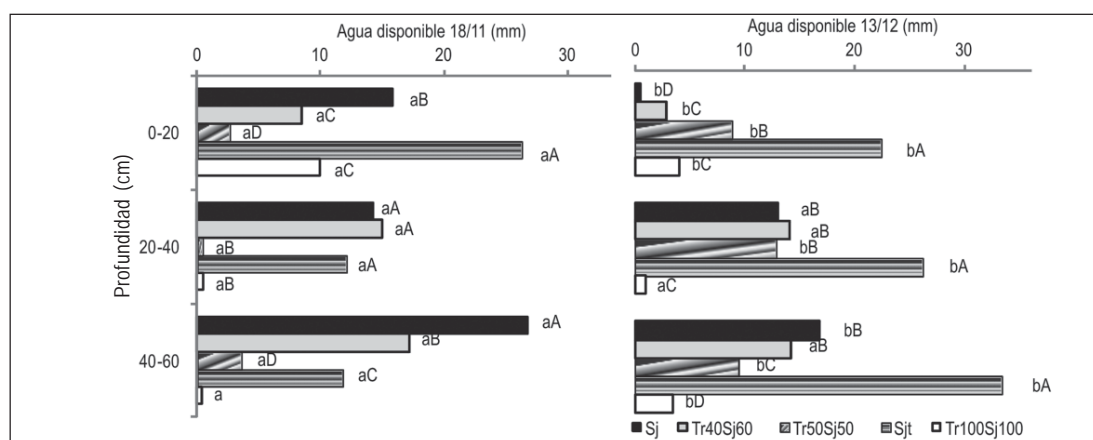
Los tratamientos con mayor proporción de la superficie sembrada con trigo durante el invierno ( $Tr_{50}Sj_{50}$  y  $Tr_{100}Sj_{100}$ ) dejaron el perfil del suelo con menos de 15 mm de ADS en la superficie a sembrar con soja el 18 de noviembre. Ambos se diferenciaron significativamente del tratamiento sin trigo durante el invierno (Sj) o con solo el 40% de la superficie sembrada con trigo ( $Tr_{40}Sj_{60}$ ), que tuvieron en promedio 57 y 40 mm de ADS respectivamente. Entre estas dos últimas alternativas la diferencia se generó por la suma del ADS en los primeros 20 cm (16 y 8 mm para Sj y  $Tr_{40}Sj_{60}$  respectivamente) y con la del estrato 40-60 cm (26 y 17 mm respectivamente). Como la determinación corresponde a las entre filas de trigo, la cantidad de agua disponible para los tratamientos de intersiembra de soja en trigo en toda la superficie fue menor. El 18 de noviembre, el ADS dentro de las filas de trigo no se diferenció entre tratamientos y fue en promedio solo de 5 mm en 0-60 cm de profundidad, por tanto, el ADS ponderada para toda la superficie en  $Tr_{40}Sj_{60}$  fue de 27 mm. El trigo extrajo el ADS hasta por lo menos los 60 cm de profundidad, pero fue posible reservar agua para el cultivo siguiente modificando su estructura de siembra. El tratamiento Sjt fue el que llegó con mayor cantidad de agua disponible a la siembra de soja en los tres estratos del suelo pero en este caso, deben considerarse 35 mm de lluvia adicionales acumulados entre el 18 de noviembre y el 13 de diciembre. Como durante el período de barbecho llovieron 120 y 154 mm en Sj y Sjt respectiva-

mente, la eficiencia de este período como estrategia para reservar agua en el suelo para el cultivo siguiente aún en un año con precipitaciones menores al promedio histórico fue de solo 50%. Analizando el cambio en ADS por tratamiento y estratos (Figura 4), es posible estimar el consumo de agua de trigo y soja del período.

Entre estas fechas, a pesar de observarse una pérdida de agua en los primeros 20 cm del perfil atribuible a evaporación, Sjt incrementó la cantidad de ADS, pasando de 50 a 82 mm en 0-60 cm. La recarga de agua en este tratamiento, que durante ese período estaba en barbecho, se registró hasta la máxima profundidad medida, representando una eficiencia de captura de la lluvia del 90%. La diferencia con la eficiencia estimada para todo el período de barbecho es que la lluvia ocurrió cuando el ADS en el suelo era menos del 50% de su capacidad de almacenar agua disponible, la cantidad fue menor a la necesaria para la recarga y 26 de los 35 mm precipitaron dos días pre siembra. El tratamiento  $Tr_{100}Sj_{100}$  con trigo en toda la superficie, mantuvo el perfil con muy baja disponibilidad de agua y el de Sj y  $Tr_{40}Sj_{60}$  consumieron ADS que ya estaba almacenada al momento de su siembra. En tanto,  $Tr_{50}Sj_{50}$  que llegó con baja disponibilidad a la siembra de soja, en la superficie sembrada con soja se recargó con agua. Considerando como evaporación desde el suelo a la pérdida de agua en Sjt, el consumo aparente de agua estimada para trigo en esos 25 días fue de 28 mm, el de Sj y  $Tr_{40}Sj_{60}$  de 45 mm y solamente 14 mm para y  $Tr_{50}Sj_{50}$ . Dado que la capacidad de almacenar agua del suelo en 0-20 cm es de 28 mm, la soja consumió el ADS almacenada en ese estrato el 18 de noviembre más la correspondiente a la lluvia del período ca-



**Figura 3.** Agua disponible (mm) en el suelo en los primeros 60 cm del perfil (derecha) y su distribución en estratos de a 20 cm (izquierda) en la superficie a sembrar con soja. Columnas seguidas por la misma letra dentro de profundidades no difieren entre sí  $p \leq 0,05$ .



**Figura 4.** Agua disponible (mm) en el suelo y su distribución en estratos de a 20 cm el 18 de noviembre (día de la siembra de Sj, Tr<sub>40</sub>Sj<sub>60</sub> y Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub>) y el 13 de diciembre (siembra de Sjt y Tr<sub>100</sub>Sj<sub>100</sub>) determinada en la superficie correspondiente a soja de cada tratamiento.

Sj= Soja estación completa. Tr<sub>40</sub>Sj<sub>60</sub>; Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub>= intersembra de soja en trigo con 40% de la superficie sembrada con trigo y 60% con soja y 50% sembrada con trigo y 50% con soja respectivamente. Columnas seguidas por la misma letra minúscula entre fechas dentro de profundidades y tratamientos no difieren entre sí  $p \leq 0,05$ . Columnas seguidas por la misma letra mayúscula entre tratamientos dentro profundidades y de fechas no difieren entre sí  $p \leq 0,05$ .

paz de ser retenida en esa profundidad. El cultivo absorbió agua por debajo de los 20 cm, pero dejando una disponibilidad mínima de 13 mm en los tres tratamientos con soja (Sj, Tr<sub>40</sub>Sj<sub>60</sub> y Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub>). Si se considera el bajo consumo estimado para soja en Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub> y que existió recarga del suelo con agua, este valor podría estar indicando un límite de disponibilidad para el cultivo en etapas tempranas del ciclo, ya que en el tratamiento en el que creció sólo trigo hasta el 13 de diciembre (Tr<sub>100</sub>Sj<sub>100</sub>) fue extraída casi la totalidad del ADS el hasta los 60 cm agua. Este límite estaría dado por la profundidad de enraizamiento alcanzable por soja en ese período (Andrade *et al.*, 2002).

### Rendimiento de soja y componentes

El rendimiento en grano de soja de estación completa (Sj y Sjt) no fue modificado por la fecha de siembra y fueron

significativamente superiores al logrado por el doble cultivo trigo/soja en cualquiera de sus opciones (Cuadro 3).

La intersembra de soja en trigo en el arreglo Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub> obtuvo un rendimiento en grano menor a Tr<sub>40</sub>Sj<sub>60</sub> ( $p \leq 0,05$ ). Si bien el tratamiento Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub> presentó la menor implantación, todos lograron una población dentro del rango en que la respuesta del cultivo a esta variable es muy baja (Valentinuz *et al.*, 1995; Holshouser y Whittaker, 2002). El tratamiento Tr<sub>40</sub>Sj<sub>60</sub> fue el que mostró mayor porcentaje de plantas con ramas primarias (70%) mientras que Tr<sub>100</sub>Sj<sub>100</sub> fue el que presentó menor ramificación (40%). Este comportamiento puede atribuirse al acortamiento de las fases fenológicas, ya que Sjt, que fue sembrada el mismo día, también tendió a ramificar menos, presentando un comportamiento intermedio. En tanto, en Sj e intersembra de soja en trigo, ramificaron más plantas y no se diferenciaron entre sí.

**Cuadro 3.** Rendimiento de grano de soja (Mg ha<sup>-1</sup>) y componentes numéricos del rendimiento para soja sola (Sj) e intersembra de soja en trigo en dos arreglos (Tr<sub>40</sub>Sj<sub>60</sub> y Tr<sub>50</sub>Sj<sub>50</sub>) sembrada en noviembre y soja sola (Sjt) y trigo-soja secuencial (Tr<sub>100</sub>Sj<sub>100</sub>) sembrada en diciembre.

	Plantas m <sup>-1</sup>	Plantas m <sup>-2</sup>	% plantas ramificadas	Ramas planta <sup>-1</sup>	Vainas m <sup>-1</sup>	Vainas m <sup>-2</sup>	Peso grano	Rendimiento Mg ha <sup>-1</sup>
Sj	18	40 b	60 ab	1,2 b	565 b	1256 b	162 a	3,07 a
Tr40Sj60	17	44 ab	70 a	2,5 a	726 a	1706 a	154 ab	2,1 b
Tr50Sj50	13	38 b	59 ab	2,2 a	434 cd	1276 b	148 b	1,08 c
Sjt	19	42 ab	55 ab	1 b	524 bc	1164 b	165 a	3,05 a
Tr100Sj100	21	47 a	40 b	0,7 b	342 d	760 c	151 ab	1,78 b

Letras distintas entre columnas indican diferencias significativas entre tratamientos para un  $p \leq 0,05$ .



Los tratamientos de intersiembra tuvieron mayor número de ramas por planta (2,5 y 2,2 ramas/planta, respectivamente) lo que resultó de la ramificación de las filas exteriores del cultivo sembrado dentro del cultivo de trigo, las cuales luego de la cosecha del cultivo de invierno, tuvieron un espacio mayor para colonizar y, por tanto, menor competencia entre filas.

El tratamiento  $Tr_{40}Sj_{60}$  logró la mayor cantidad de vainas por metro lineal (726), mientras que  $Tr_{50}Sj_{50}$  tuvo 434, un 40% menos respecto a  $Tr_{40}Sj_{60}$ . Los tratamientos correspondientes a soja como único cultivo ( $Sj$  y  $Sj_t$ ) tuvieron similar cantidad de vainas por metro lineal, 565 y 524, respectivamente. La menor cantidad de vainas correspondió a trigo-soja secuencial ( $Tr_{100}Sj_{100}$ ), el cual logró 342 vainas por metro lineal. Al haberse logrado un número similar de plantas, el número de vainas  $m^{-2}$  siguió la misma tendencia que la cuantificada para el comportamiento por planta. El peso de grano también se modificó significativamente, logrando los mayores valores en los tratamientos con doble cultivo anual (163 contra 151 mg para el promedio de  $Sj$  y  $Sj_t$  contra  $Tr_{100}Sj_{100}$ ,  $Tr_{50}Sj_{50}$  y  $Tr_{40}Sj_{60}$  respectivamente,  $p \leq 0,05$ ).

Los resultados muestran un efecto negativo sobre el rendimiento de soja en el doble cultivo secuencial, cuantificado en  $1,28 \text{ Mg ha}^{-1}$ . El efecto negativo en la intersiembra de soja en trigo puede descomponerse en dos componentes: el establecido por la superficie efectivamente sembrada con soja y el establecido por la competencia con trigo. El rendimiento corregido por superficie sería de  $3,5$  y  $2,7 \text{ Mg ha}^{-1}$  para  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$  respectivamente, por lo que, mientras que en la estructura de siembra

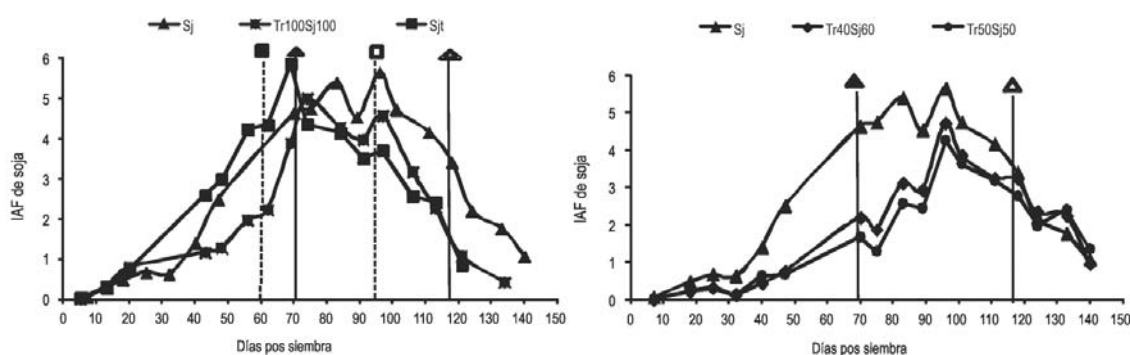
más favorable a soja sólo habría efecto de la menor superficie sembrada, en la estructura  $Tr_{50}Sj_{50}$  se sumaría un efecto negativo adicional por competencia de trigo estimado en  $0,35 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Al igual que lo cuantificado con trigo, y los resultados obtenidos por otros autores con otros cultivos (Li *et al.*, 2001b; Verdelli *et al.*, 2012), la intersiembra de soja en trigo en la estructura  $Tr_{40}Sj_{60}$ , logró un rendimiento en grano corregido por superficie mayor al cultivo puro ( $Sj$ ), lo que se explica por el mayor rendimiento de los surcos externos de cada grupo de surcos de siembra con soja. La diferencia es que, mientras que considerando sólo el trigo la mejor estructura de siembra para compensar la superficie no sembrada fue  $Tr_{50}Sj_{50}$ , considerando la soja lo fue  $Tr_{40}Sj_{60}$ .

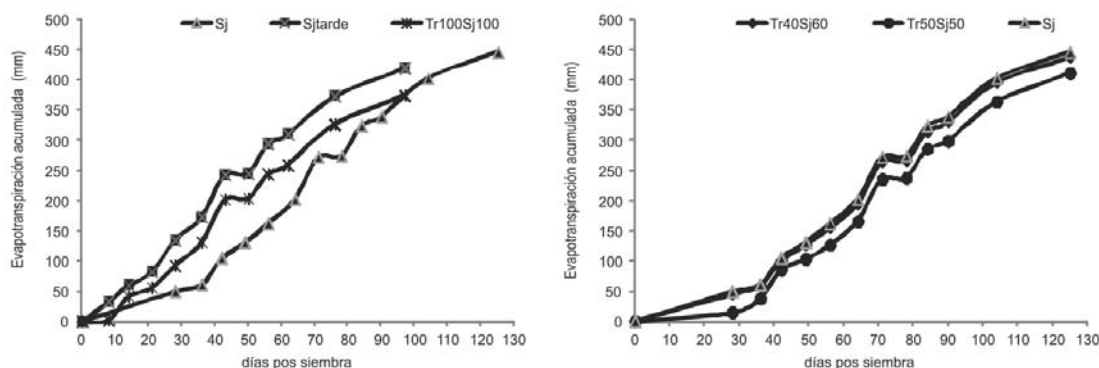
### Fenología, área foliar y evapotranspiración de agua en soja

La fenología sólo se modificó por la fecha de siembra, lo cual es lo esperado para soja. En tanto, existió una interacción significativa tratamientos por días pos siembra sobre el IAF estimado en la entre fila de soja, sin considerar la superficie no sembrada con soja en las intersiembras (Figura 5).

Todos los tratamientos superaron el  $IAF=4$ , establecido como crítico para el cultivo (Andrade *et al.*, 2002). Sin embargo, a igual fecha de siembra, mientras que  $Sj_t$  lo alcanzó a los 50 días pos-siembra,  $Tr_{100}Sj_{100}$  demoró casi 70 días en lograrlo y los tratamientos de intersiembra casi 100 días. Esto implicó que, mientras que los cultivos de soja puros ( $Sj$  y  $Sj_t$ ) llegaron al estadio R2 con IAF no limitante para interceptar la radiación incidente, en  $Tr_{100}Sj_{100}$  y ambos tratamientos de intersiembra recién lo lograron al estadio R4.



**Figura 5.** Evolución del Índice de Área Foliar (IAF) en tratamientos de soja pura sembrada en distintas fechas ( $Sj$ , contra  $Sj_t$ ) y antecesores ( $Sj_t$  contra  $Tr_{100}Sj_{100}$ ) y comparando cultivo puro ( $Sj$ ) contra intersiembra de soja en trigo ( $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$ ) en la misma fecha de siembra. Cuadrado y rectángulo relleno indican el estadio R2 y cuadrado y rectángulo vacío indican R6 según Escala de Fehr y Caviness (1977). Líneas verticales llenas y punteadas, para siembra temprana y tarde respectivamente.



**Figura 6.** Evapotranspiración acumulada de la superficie ocupada con soja (mm) en función de los días pos siembra contrastando a la izquierda siembra temprana (Sj) contra siembra tarde (Sjt) y doble cultivo trigo-soja secuencial ( $Tr_{100}Sj_{100}$ ) y a la derecha la soja sola (Sj) contra dos estructuras de intersemebra soja en trigo (Sj,  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$ ) en la siembra temprana.

$Tr_{40}Sj_{60}$ ;  $Tr_{50}Sj_{50}$  = intersemebra de soja en trigo con 40% de la superficie sembrada con trigo y 60% con soja y 50% sembrada con trigo y 50% con soja respectivamente. NOTA: El cálculo corresponde a la superficie afectada al cultivo.

La cobertura del suelo en la entre fila también se modificó significativamente, llegando a R2, con 97% contra 83% para el promedio de Sj y Sjt contra el promedio de  $Tr_{100}Sj_{100}$ ,  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{50}Sj_{50}$  respectivamente ( $p \leq 0,05$ ).

La ET en la superficie afectada a soja tuvo un comportamiento similar, detectándose diferencias significativas ( $p \leq 0,05$ ) entre fechas de siembra: efecto antecesor para la siembra tardía y, para la siembra temprana, menor ET para el arreglo  $Tr_{50}Sj_{50}$  que para el cultivo puro y el arreglo  $Tr_{40}Sj_{60}$  (Figura 6).

La siembra temprana de soja de estación completa (Sj), tuvo mayor ET que las siembras tardías (445 contra 396 mm respectivamente), pero con un consumo inicial menor ( $p \leq 0,05$ ). Por tanto, el mayor consumo fue el resultado del ciclo más largo. La ET de la siembra de soja tarde sola (Sjt) fue significativamente mayor a la de la siembra secuencial tarde (420 contra 373 mm respectivamente), diferencia que se estableció como consecuencia del consumo durante los primeros 20 días pos siembra, cuando existió un aporte de agua diferencial reservada en el suelo (Figura 4).

La estructura  $Tr_{50}Sj_{50}$  tuvo una ET menor al promedio de Sj y  $Tr_{40}Sj_{60}$  (410 contra 442 mm respectivamente,  $p \leq 0,05$ ) sin interacción significativa con la fecha de determinación. También en este caso la diferencia puede atribuirse al agua almacenada en el suelo en la superficie a sembrar con soja el 18 de noviembre.

El rendimiento en grano de soja se relacionó significativamente con la cantidad de ADS en los primeros 20 cm del perfil el día de la siembra ( $R^2 = 0,87$ ;  $p \leq 0,05$ ), indicando la

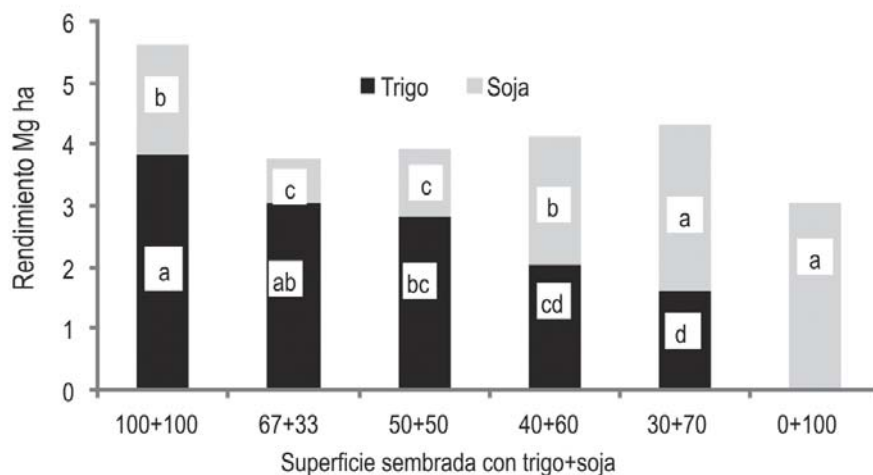
importancia de la reserva superficial de ADS. La relación con el ADS en los estratos 20-40 y 40-60 cm siguió la misma tendencia pero no fue significativa ( $R^2$  0,65 y 0,53 respectivamente). Es probable que las lluvias ocurridas antes de los 20 días pos siembra y la ocurrencia de eventos de lluvia capaces de recargar el perfil del suelo antes de llegar al estadio R2 en ambas fechas de siembra, sean responsables de esta alta relación con el agua en superficie.

En las intersemebras de soja en trigo no se monitoreó el ADS en la superficie que quedó sin sembrar con soja. Presumiblemente,  $Tr_{50}Sj_{50}$  puede haber utilizado agua desde esta zona, ya que la estructura de siembra dejó una entrefila similar a la de soja sola (41 y 45 cm respectivamente). La situación es diferente para  $Tr_{40}Sj_{60}$ , ya que la entrefila no sembrada fue de 85 cm.

### Simulación de rendimiento parcial y total en intersemebra trigo-soja con diferentes arreglos espaciales y temporales

En la Figura 7 se presenta la producción lograda con las dos combinaciones de trigo-soja evaluadas y la simulada para diferentes arreglos espaciales y temporales a partir de los datos de rendimiento por surco.

El mayor rendimiento de trigo y de soja se obtuvo cuando fueron sembrados como cultivos puros de estación completa, lo que implica un cultivo por año. En los tratamientos de intersemebra, al aumentar la proporción de la superficie sembrada por un cultivo, aumentó la contribución del mismo al rendimiento total en detrimento del otro cultivo.



**Figura 7.** Rendimiento simulado para distintas proporciones de inter siembra de soja y trigo, para la siembra secuencial trigo-soja (100+100) y para soja de estación completa (0+100).

Considerando el rendimiento total, el sistema que generó el mayor rendimiento fue el trigo-soja secuencial ( $Tr_{100}Sj_{100}$ ), con un rendimiento total de  $5,6 \text{ Mg ha}^{-1}$ . El menor rendimiento total se obtuvo cuando solo se sembró soja de primera ( $3,05 \text{ Mg ha}^{-1}$ ). Los sistemas de intersiembra no difirieron entre sí ( $p < 0,05$ ), aunque existió una tendencia a un mayor rendimiento total al aumentar la proporción de soja en el sistema.

Fukai (1993), propone utilizar como indicador de eficiencia de uso del suelo al cociente entre el rendimiento del doble cultivo anual con el rendimiento obtenido con el cultivo principal sembrado solo (LER land equivalent ratio). El indicador fue superior a la unidad para las mejores opciones de doble cultivo anual (1, 1,3 y 1,8 para  $Sj$ ,  $Tr_{40}Sj_{60}$  y  $Tr_{100}Sj_{100}$  respectivamente), lo que ha sido atribuido a la mejora en la captura de agua y radiación durante la estación de crecimiento (Szumigalski y Van Acker, 2008). Tanto el doble cultivo secuencial como la intersiembra significaron incrementos en la eficiencia de uso de los recursos con relación al cultivo de soja de estación completa. Por tanto, para producir la misma cantidad de grano con esta opción, fue necesaria 1,8 veces más de tierra que en el doble cultivo anual. La estructura de siembra simulada  $Tr_{30}Sj_{60}$  presentó un valor menor que  $Tr_{100}Sj_{100}$  para el indicador de eficiencia de uso del suelo (1,3 contra 1,8 respectivamente) pero permitiría mantener el suelo con cobertura durante el invierno y reservar AD en el suelo para la intersiembra de soja sin modificar significativamente el rendimiento del cultivo principal del actual sistema de producción.

## Bibliografía

- Abbate P.E, Andrade FH, Culot JF. 1995. The effects of radiation and nitrogen on number of grains in wheat. *Journal Agricultural Science*, 124: 351-360.
- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements. Roma: FAO. 300p. (Irrigations and Drainage; 56).
- Andrade FH. 1995. Analysis of growth and yield of maize, sunflower and soybean grown at Balcarce, Argentina. *Field Crops Research*, 41(1): 1-12.
- Andrade FH, Aguirrezabal LAN, Rizzalli R H. 2002. Crecimiento y rendimiento comparados. En: Andrade FH, Sadras VO. [Eds]. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires: INTA. pp. 61-171.
- Bartaburu D, Marella M. 1981. Efecto de la densidad y la distribución sobre el rendimiento de la soja sembrada en dos épocas [Tesis de Grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 138p.
- Calviño P A, Sadras V, Andrade FH. 2003. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. *Field Crops Research*, 83(1): 67-77.
- Carter TE, Boerma HR. 1997. Implications of genotype X planting date and row spacing interactions in double crop soybean cultivar development. *Crop Science*, 19: 607-610.
- Caviglia OP, Sadras VO, Andrade FH. 2004. Intensification of agriculture in the south-eastern Pampas: I. Capture and efficiency in the use of water and radiation in double-cropped wheat and soybean. *Field Crops Research*, 87: 117-129.
- Caviglia OP, Sadras VH. 2001. Effect of nitrogen supply on crop conductance, water- and radiation-use efficiency of wheat. *Field Crops Research*, 69(3): 259-266.
- Coll L, Cerrudo A, Rizzalli R, Monzon JP, Andrade FH. 2012. Capture and use of water and radiation in summer intercrops in the south-east Pampas of Argentina. *Field Crops Research*, 134: 105-113.
- Cooper PJM, Gregory PJ, Tully D, Harris HC. 1987. Improving water use efficiency of annual crops in rainfed systems of west Asia and North Africa. *Experimental Agriculture*, 23: 113-158.

- De Mattos Rodríguez MD, Ferreira Márquez F A. 1989. Efecto de la época y la densidad de siembra en 2 variedades de soja [Tesis Grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 170p.
- Della Maggiora AI, Gardiol JM, Irigoyen AI. 2002. Requerimientos hídricos. En: Andrade FH, Sadras VO. [Eds]. Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. Buenos Aires : INTA. pp. 157-173.
- Fehr WR, Caviness CE. 1977. Stages of soybean development. Iowa : Cooperative Extension Service; Agriculture and Home Economics Experiment Station, Iowa State University of Science and Technology. 11p. (Special Report: 80).
- Fernández C, Graña A. 1993. Relevamiento a nivel de chacras comerciales de la producción de soja en torno a las ciudades de Treinta y Tres y José Pedro Varela [Tesis de Grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 151p.
- Fukai S. 1993. Intercropping and bases of productivity. *Field Crops Research*, 34(3-4): 239-245.
- Ghosh P K, Tripathi A K, Bandyopadhyay KK, Manna MC. 2009. Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 31(1): 43-50.
- Grasso J, Montero J. 2012. Efecto de diferentes disponibilidades hídricas sobre el rendimiento de soja. 2012 [Tesis de Grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 56p.
- Holshouser DL, Whittaker J P. 2002. Plant population and row-spacing effects on early soybean production systems in the Mid-Atlantic USA. *Agronomy Journal*, 94: 603-611.
- Hu M, Wiatrak P. 2012. Effect of planting date on soybean growth, yield, and grain quality: Review. *Agronomy Journal*, 104: 785-790.
- Li L, Sun J, Zhang F, Li X, Rengel Z, Yang S. 2001a. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: II. Recovery or compensation of maize and soybean after wheat harvesting. *Field Crops Research*, 71(3): 173-181.
- Li L, Sun J, Zhang F, Li X, Yang S, Rengel Z. 2001b. Wheat/maize or wheat/soybean strip intercropping: I. Yield advantage and interspecific interactions on nutrients. *Field Crops Research*, 71(2): 123-137.
- Major DJ, Johnson DR, Tanner JW, Anderson IC. 1975. Effects of day and temperature on soybean development. *Crop Science*, 15: 174-179.
- Rillo S, Richmond P, Mazzei M. 2008. Intensificación de cultivos de granos: Evaluación del sistema de intersejembra de Trigo – Soja sobre el rendimiento físico y económico, eficiencia del uso del agua y los componentes determinantes del rendimiento [En línea]. Consultado 28 enero 2013. Disponible en: [http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/bb30bea150c82d8d0325742f00506130/\\$FILE/Intensificaci%C3%B3n%20de%20cultivos%20de%20granos.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/ltams.nsf/87cb8a98bf72572b8525693e0053ea70/bb30bea150c82d8d0325742f00506130/$FILE/Intensificaci%C3%B3n%20de%20cultivos%20de%20granos.pdf).
- Rojo R. 1977. Soja, evaluación de variedades y época de siembra [Tesis de Grado]. Montevideo : Facultad de Agronomía. 58p.
- Rugelio, R. 1979. Evaluación de doce cultivares de soja (Glycine Max (L.) Merrill) en cuatro épocas de siembra [Tesis de Grado]. Montevideo: Facultad de Agronomía. 301p.
- Szumigalski AR, Van Acker RC. 2008. Land Equivalent Ratios, Light Interception, and Water Use in Annual Intercrops in the Presence or Absence of In-Crop Herbicides. *Agronomy Journal*, 100: 1145-1154.
- Valentinuz OR, Vega CR, Andrade FH, Uhart SA. 1995. Estabilidad del rendimiento ante variaciones en densidad de plantas en girasol, maíz y soja : Relación entre crecimiento y granos fijados por planta. En: I Congreso Nacional de soja y II Congreso Nacional de oleaginosas. Buenos Aires: AINABA. pp. 151-59.
- Verdelli D, Acciaresi HA, Leguizamón ES. 2012. Corn and soybeans in a strip intercropping system: crop growth rates, Radiation interception, and grain yield components. *International Journal of Agronomy*, 1-17.
- Wallace SU, Bacanamwo M, Palmer JH, Hull S A. 1996. Yield and yield components of relay-intercropped wheat and soybean. *Field Crops Research*, 46: 161-168.
- Zadoks JC, Chang TT, Konzak CF. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14: 415-421.