

**Intensificación de cultivos de granos:
Evaluación del sistema de interseembra de
Trigo – Soja sobre el rendimiento físico y económico,
eficiencia del uso del agua y los componentes
determinantes del rendimiento**

**Ing. Agr. Sergio Rillo⁽¹⁾
Ing. Agr. Pablo Richmond⁽¹⁾
Ing. Agr. Mariano Mazzei⁽²⁾
(1) INTA 9 de Julio (2) Escuela MC y ML
Inchausti (UNLP)**

La agricultura actual se caracteriza por la predisposición a la incorporación y adopción de tecnologías de insumos en particular, y de procesos, en general. Las primeras son adoptadas por la empresa agropecuaria de manera masiva y en tiempos relativamente rápidos, las segundas se incorporan más lentamente y de forma más elaborada o razonada. Las dos formas de tecnologías confluyen, interactúan, dan sustento, estructura, a un nuevo proceso que se conoce como “Intensificación de los sistemas de producción”.

Se acepta como intensificación, al aumento de las interacciones entre los cultivos o especies biológicas por la captación de recursos productivos. “En la intensificación agrícola se propone de manera global aumentar la productividad y la sustentabilidad de la producción, optimizar el uso de los recursos, incrementar la diversidad y asegurar la viabilidad ecológica”.

La principal alternativa de intensificación realizada por los productores de la pampa húmeda para mejorar la rentabilidad y la captación de recursos ambientales ha sido el doble cultivo de cereales de invierno / soja, en forma secuencial, sembrando la soja luego de cosechado el trigo, cebada, avena etc.

Desde hace años muchos investigadores estudian la interseembra de trigo – soja como una alternativa al doble cultivo secuencial, sembrando la soja dentro del cultivo de trigo, (cuando el cereal está en la fase de llenado de granos) con el propósito de mejorar la captación de recursos ambientales.

Se identifica a la interseembra como un sistema de producción en que dos o más cultivos crecen al mismo tiempo en una misma superficie de tierra. El grado de superposición temporal del recurso puede ser total o parcial, lográndose mayores ventajas cuando las fases de mayor tasa de crecimiento o los períodos críticos de los distintos cultivos no coinciden en el tiempo.

Con este sistema de intensificación se busca aumentar el rendimiento de la soja, al ubicar el llenado de grano en un período de mejor calidad de oferta de recursos (temperatura, radiación) sacrificando en alguna magnitud el rendimiento de trigo. En esta modalidad, se estaría garantizando la emergencia y establecimiento del cultivo de soja por buen contenido hídrico del

perfil, en contraste con las siembras secuenciales de diciembre que, otorgan un mayor grado de variabilidad, por ser muy dependientes de las precipitaciones que garanticen una recarga de las primeras capas de suelo.

Uno de los interrogantes que surgen de los distintos trabajos y planes de investigación desarrollados, es si la intersiembra tiene la potencialidad de ser una alternativa significativa de intensificación para los agroecosistemas de la pampa húmeda.

Con el propósito de generar información que colabore a responder parcial o totalmente los hipótesis generadas, la agencia del INTA 9 de Julio y la Escuela ML y MC Inchausti (UNLP) desarrollaron una experiencia en la campaña 2006/07.

Se evaluó: i) el rendimiento de trigo y soja intersembrados respecto a los sembrados secuencialmente (soja de 2da.siembra) y al de soja de 1ra.individual, ii) los componentes del rendimiento, iii) la eficiencia de uso del agua en grano (EUA_g expresada en kg mm⁻¹ ha⁻¹, iv) los márgenes brutos relativos.

Materiales y Métodos

La experiencia se desarrolló en el campo de la Escuela de agricultura y veterinaria MC y ML. Inchausti (UNLP) – Valdés, Pdo de 25 de Mayo-35°35' 38,0'' S-60°33' 46,5'' O. En la tabla 1 se detalla información sobre suelo. En la tabla 2, sobre fechas de siembra, variedades y demás condiciones experimentales y en la tabla 3, las precipitaciones registradas en el sitio.

El rendimiento de los cultivos se evaluó cortando manualmente 1m² y realizando la operación de trilla en una máquina estacionaria. Los resultados se expresaron en kg ha⁻¹ previa corrección a humedad de base de comercialización

Al inicio y al final se realizó contenido de agua disponible en el perfil del suelo hasta una profundidad de 200 cm por capas de 20 cm. Se determinó el uso consuntivo del agua, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Uso consuntivo: agua disponible inicio} + \text{precipitaciones} - \text{agua disponible final}$$

El diseño utilizado fue en franjas con tres repeticiones. Los resultados se analizaron a través de análisis de varianza (ANOVA) y las medias comparadas por el test de LSD ($p \leq 0,05$).

Tabla 1. Antecesor, tipo de suelo, clase textural y contenido de materia orgánica.

Antecesor	Soja 1ra.
Años en siembra directa	8
Tipo de suelo	Hapludol Éntico
Clase textural	Franco arenoso
Materia Orgánica (%)	3

Tabla 2. Fechas de siembra, distanciamiento, variedades y nutrientes agregados.

	Trigo secuencial	Trigo intersebrado	Soja 2da. secuencial	Soja intersebrada	Soja 1ra. individual
Fecha de siembra	9/06/06	9/06/06	22/12/06	13/11/06	13/11/06
Distancia líneas de siembra (m)	0,21	0,42	0,38	0,42	0,38
Variedad	ACA 303	ACA 303	DM 3700	DM 3700	DM 3700
Fósforo agregado (kg)	22	22	12	12	22
Nitrógeno agregado (kg)	80	80			
Azufre agregado (kg)	6	6			

Tabla 3. Precipitaciones período Junio-Diciembre 2006, Enero-Marzo 2007.

Período	Precipitaciones
Junio – Diciembre 2006	560
Enero-Marzo 2007	430
Total	990

El diseño utilizado en el sistema de intersembra fue el de dos hileras de trigo a 42cm de separación, en ese espacio, se intersembró el 13/11/06 una hilera de soja cuando el cultivo de trigo tenía el grano acuoso. El tiempo de superposición por el recurso tierra desde la siembra de soja a la cosecha del trigo, fue de 40 días. Figura 1.

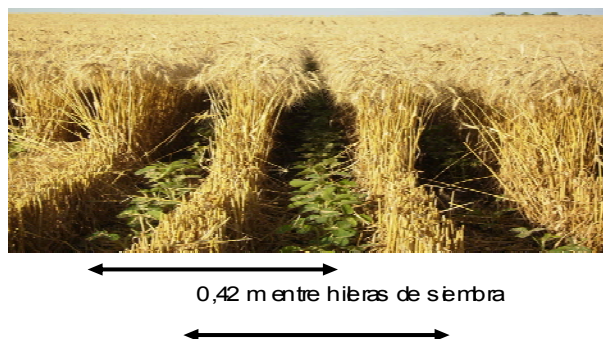


Figura 1. Diseño del sistema intersembra trigo – soja.

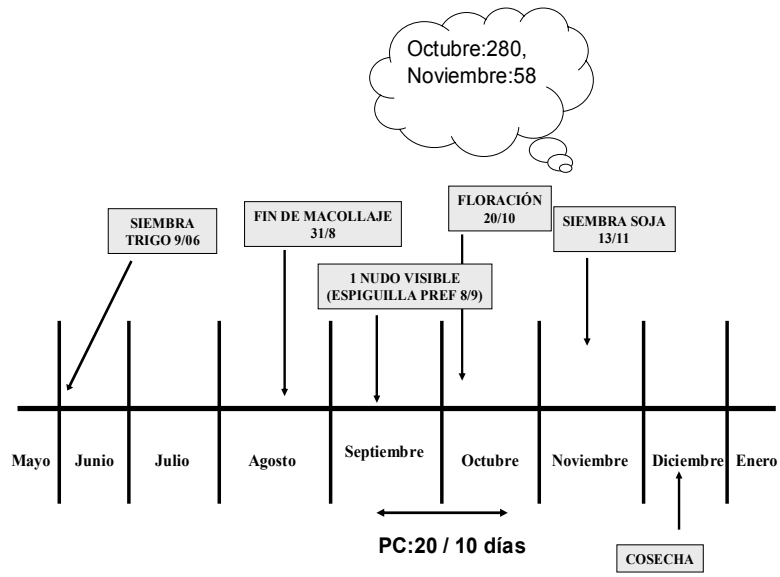


Figura 2. Fenología del cultivo de trigo, ocurrencia del período crítico, precipitaciones y momento de la intersembrar la soja. PC: período crítico: 20 días previos y 10 posteriores a floración

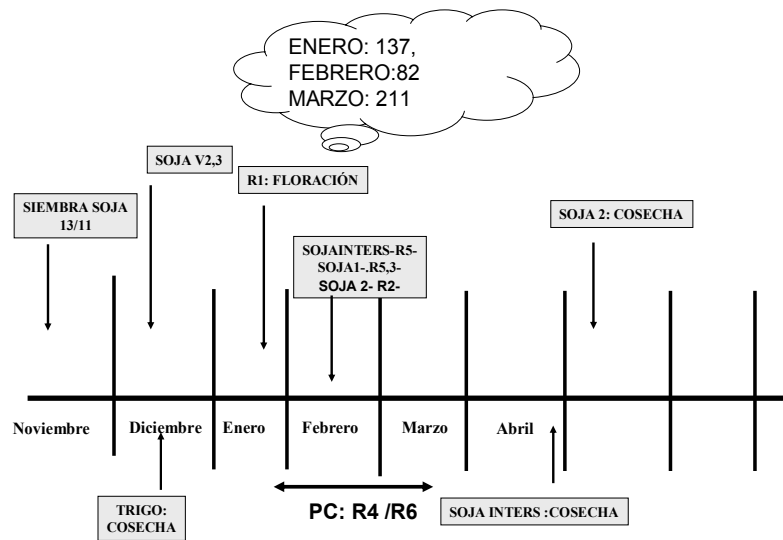


Figura 3. Fenología del cultivo de soja, ocurrencia del período crítico y de precipitaciones. PC: período crítico: 20 días previos y 10 posteriores a floración

Resultados

Sobre el recurso agua

Las condiciones ambientales del ciclo agrícola 2006/07 fueron buenas. Las precipitaciones registradas en el ciclo del cultivo de trigo para el período Junio-Diciembre fueron de 560 mm. con

una distribución de 57,15,27,280,58 y 123mm entre los meses de Junio, Julio, Septiembre, Octubre, Noviembre y Diciembre, respectivamente, abasteciendo los requerimientos del cultivo con una buena distribución en el período crítico de generación del rendimiento del trigo (20 días previos y 10 posteriores a la floración) (Fig. 2). Las precipitaciones de Octubre, Noviembre y Diciembre permitieron que las siembras de soja de 1ra individual, soja intersemebrada y soja de 2da secuencial, respectivamente, se realizaren adecuadamente, estableciéndose una población de plantas m^{-2} que se ajustó a los objetivos de densidad previstos. Este cultivo también tuvo en su período crítico de generación de rendimiento, buena pluviometría en cantidad y distribución. La soja de 1ra individual alcanzó las fases fenológicas 5 días antes que la soja intersemebrada. La soja de 2da secuencial alcanzó las condiciones de cosecha 7 días posteriores a la intersemebrada. (Fig. 3).

Tabla 4. Balance hídrico simplificado del agua disponible al inicio y final, precipitaciones, uso consuntivo y eficiencia de uso ($kg\ ha^{-1}\ mm^{-1}$) en el perfil 0-0,200 m.

	Trigo intersiembra	Soja intersiembra	Trigo secuencial	Soja secuencial	Soja 1ra individual
Agua disponible inicio (mm/0-200 cm)	313	338	313	311	406
Precipitaciones totales	560	488	560	430	488
Agua disponible final (mm/0-200 cm)	348	283	311	200	238
Uso consuntivo	525	543	562	541	656
Rendimiento $kg\ ha^{-1}$	5.620	3.687	6.350	2.938	4.515
Eficiencia de uso del agua en grano (EUA_g) ($kg\ mm^{-1}$)	10,7	6,8	11,3	5,5	6,9

El sistema de intersemebra tuvo una EUA_g del 5% menor en trigo y mayor en un 19,11 % en soja, respecto al sistema trigo – soja secuencial. En soja de 1ra individual se determinó mayor EUA_g que soja de 2da secuencial y tuvo similar EUA_g que la soja en intersemebra. Los valores EUA_g de trigo son muy similares a los encontrados por Caviglia y Sadras (12,4 y 7,6, con y sin fertilización, respectivamente) y Ambrogio *et al* (2000) quienes reportaron valores de EUA_g de 10,4 y 13,4 (citado por Micucci y Álvarez, 2003). En Balcarce, Della Maggiore, et al (2000) determinaron EUA_g en soja de 9,1 y Hattendorf (1998) estableció rangos de 5 – 11 (citado por Gil, R.2005).

Sobre el rendimiento de los cultivos

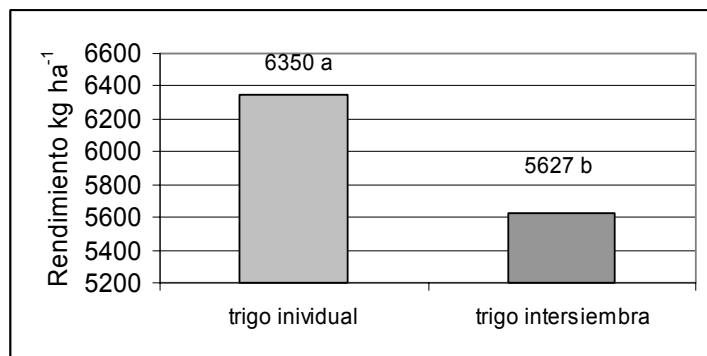


Figura 4. Rendimiento del cultivo de trigo individual e intersembrado. ANOVA-Test LSD Fisher -Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

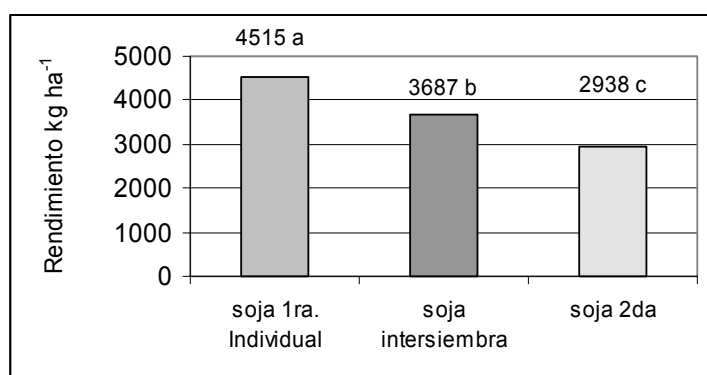


Figura 5. Rendimiento del cultivo de soja individual, soja intersembrada y soja de 2da.secuencial. ANOVA-Test LSD Fisher -Letras distintas indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Los rendimientos de los cultivos de trigo y soja fueron muy buenos, calificando al ciclo agrícola como excelente. El trigo individual se diferenció del trigo intersembrado ($p \leq 0,05$), la magnitud de la diferencia fue del orden del 11,38%. (Fig. 4).

Estas diferencias, de acuerdo a datos del sudeste de Bs.As, podrían considerarse razonables para el diseño de hileras de trigo-soja empleado. En este aspecto, Calviño, determinó que, cuando en el diseño de siembra del sistema de intersemebra, la participación de trigo disminuye poco, los rendimientos tienen baja caída, en contraste a cuando la participación de las hileras de trigo es baja.

La soja de 1ra individual se diferenció de la soja intersembrada y de la de 2da., y la soja intersembrada se diferenció de la soja de 2da secuencial. ($p \leq 0,05$). (Figs. 4 y 5). En términos de rendimientos relativos, la soja intersembrada fue 18,34 % menor que la soja de 1ra.individual, y el de la soja de 2da secuencial 20,32% menor que el rendimiento de la soja intersembrada.

Cabe señalar que la técnica de intersembrar cultivos de invierno con soja apunta a mejorar las condiciones del llenado del grano del segundo cultivo, al capturar mayor calidad y oferta de

recursos (temperatura y radiación) y por transferencia obtener mejores rendimientos relativos que el sistema de soja secuencial. Por otro lado, permitiría disminuir el riesgo del doble cultivo ampliando la ventana de siembra y esperar, si no las hubiese, condiciones adecuadas de humedad en el perfil, para una satisfactoria emergencia de la soja.

Sobre los componentes del rendimiento

Tabla 5. Plantas al nacimiento, macollos y espigas por planta y m^{-2} y % de pérdida de macollos del trigo individual e intersechado.

Tratamiento	Plantas (m^{-2})	Planta madre + macollos (m^{-2})	Macollos generados (m^{-2}) *	Macollos / planta	Espigas (m^{-2})	Espiga/planta	Pérdida de espigas (%)
Trigo Intersiembrado	129 b	574 b	445 b	3,44	441 b	3,42	29,8
Trigo Individual	242 a	880 a	638 a	2,63	626 a	2,58	39,8

* Diferencia entre 2 y 1; ** diferencia entre las columnas 2 y 5. Test L.S.D. Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Tabla 6. Componentes del rendimiento, biomasa aérea, espigas y granos por m^{-2} índice de cosecha, espiguillas y granos por espiga y peso de 1000 granos del trigo individual e intersechado.

Tratamiento	Biomasa ($kg m^{-2}$)	Icos ap %	Espigas (m^{-2})	Granos /espiga	Espiguillas /espiga	Granos (m^{-2})	Peso 1000
Trigo Intersiembrado	1,457b	38,60 a	441b	29,18 a	14,34 a	12.870 b	43,80 a
Trigo Individual	1,685 a	37,67 a	626 a	25,07a	12,82 b	15.706 a	40,40 a

Test L.S.D. Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

Las plantas iniciales del trigo individual, se expresaron a lo largo del ciclo en una mayor proporción de macollos iniciales y productivos.

El trigo intersechado, a pesar de generar mayor cantidad de espiguillas/espigas, no pudo establecer mayor proporción de granos/ m^{-2} que el trigo individual, en consecuencia este generó mayor rendimiento. (Tablas 5 y 6).

Tabla 7. Plantas por m^{-2} , componentes del rendimiento granos por m^{-2} y peso de 1000 granos de la soja intersechada, soja individual y soja 2da secuencial.

Tratamiento	Planta m^{-2}	Granos m^{-2}	Peso 1000 granos (kg)
Soja intersechada	31,67 b	2426 b	0,152 a
Soja 1ra. individual	32,33 b	2860 a	0,158 a
Soja 2da.	41,00 a	1912 c	0,154 a

Test L.S.D. Letras distintas dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($p \leq 0,05$)

La soja de 1ra, logró establecer mayor cantidad de granos / m^{-2} respecto a la soja intersechada. El mismo comportamiento tuvo la soja intersechada respecto a la soja de 2da, probablemente por una mayor producción de biomasa en fases vegetativas y mayor tasa

fotosintética en el período crítico que habría posibilitado fijar mayores destinos (granos) producto de la mayor captación, por oferta y calidad, de recursos (agua, radiación y nutrientes).

Sobre los márgenes económicos relativos

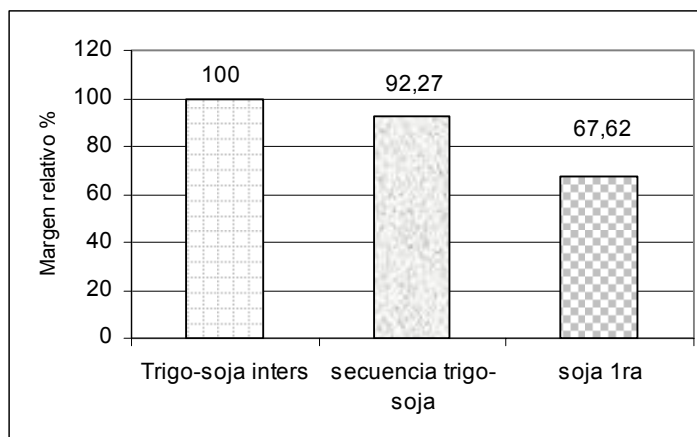


Figura 6. Margen bruto relativo del trigo-soja intersembrados, del trigo-soja secuencial y soja de 1ra. Para el análisis económico se consideró pesos 400, y 600 la tonelada de trigo y soja, los gastos de comercialización representaron un 20% y 16% para trigo y soja respectivamente.

El sistema trigo-soja intersembrado representa el 100 % del margen bruto relativo. El trigo-soja secuencial logró el 92,27 % y la soja de 1ra el 67,62 %, respectivamente, del margen del trigo-soja intersembrados.

La diferencia entre los márgenes de los sistemas de doble cultivo ha sido, solamente, del 7,73 %. De acuerdo a la magnitud de la diferencia entre los márgenes de los cultivos intersembrados y los secuenciales, no se justificaría cambiar los esquemas productivos hacia los primeros. Realizar la intersemebra de trigo-soja si bien operacionalmente no es extremadamente difícil, (existe maquinaria muy competitiva en el mercado), requiere una organización empresarial muy rigurosa y metódica de manera de no dejar nada librado al azar, para garantizar el éxito. No obstante, pensando a largo plazo, el sistema de intersemebra permitiría disminuir significativamente el riesgo empresarial, al poder estabilizar y subir el promedio de los rendimientos del doble cultivo, producto de una mejora en la calidad de siembra, anticipación a las sequías estacionales y altas temperaturas de diciembre y captación de recursos, respecto a la soja secuencial.

Los mayores márgenes del trigo-soja indican la importancia económica del doble cultivo sobre el individual, que, a pesar de haber logrado mayores rendimientos físicos que la soja intersembrada y la soja de 2da secuencial, no es suficiente para mejorar el uso equivalente de la

tierra, es decir el doble cultivo, sea en interseembra o secuencial fue mas eficiente en el uso del capital tierra.

De acuerdo a las determinaciones de la experiencia podríamos realizar la siguiente síntesis;
-Si entre el agua disponible acumulada en el perfil y la perspectiva climática, se considera que la oferta del recurso cubrirá la demanda, la alternativa del doble cultivo trigo-soja, se muestra más eficiente que el cultivo individual de soja de 1ra.

El sistema de interseembra tuvo una EUA_g similar al sistema de soja de 1ra individual, mayor en un 19,11 % en soja y 5% menor en trigo, respecto al sistema trigo / soja secuencial

-Los rendimientos de trigo intersembrado fueron menores en 11,38 % y los de soja superiores en 20,32 % respecto al sistema de trigo/soja secuencial, demostrando la potencialidad estabilizadora sobre los resultados físicos y económicos de la interseembra, respecto al doble cultivo tradicional o secuencial

El componente número de granos m^{-2} , en trigo y en soja, fue significativamente diferente entre los sistemas ensayados explicando la diferencia de rendimientos determinadas.

La interseembra permitiría obtener mejor margen bruto relativo que el doble cultivo secuencial. Habría que analizar, a futuro, los precios relativos de cada producto para disponer la conveniencia de optar por uno u otro sistema de siembra

Es necesario seguir estudiando esta alternativa de intensificación, analizar las variaciones de rendimiento de acuerdo a la oferta ambiental, ya que se presentaría como una alternativa para disponer de un uso mas eficiente de los recursos en general, y en particular, el de la tierra, posibilitando una mayor producción de biomasa por recursos capturados.

Agradecimientos: Los autores agradecen la colaboración brindada para realizar la experiencia a los señores Didier W., Rossi, M. y Carena, L. de la sección agricultura de la Escuela MC y ML Inchausti (UNLP). A Longarini Hnos y Cattaneo Hnos. (empresas de contratistas rurales) y a la Cooperativa Agrícola Ganadera de Dudignac Ltda.

Bibliografía:

- Caviglia, O.P. Intensificación de la agricultura en el sudeste bonaerense por la incorporación del doble cultivo trigo-soja. 2005 EEA INTA Balcarce
- Calviño, P. Intensificación de sistemas de producción de granos y el manejo del riego en agricultura. www.MUNDO AGRO.com
- Calviño P., A.G. Cirilo, O. Caviglia y J.P. Monzón. 2005. Resultados de intercultivo de maíz y soja en tres regiones maiceras argentinas. VIII Congreso Nacional de Maíz. Rosario, Argentina. Calviño, P. 2005. Conclusiones Taller ASAGIR sobre Fisiología. 3º Congreso Argentino de Girasol.
- Dardanelli, J. Pollino, M.E. Otegui y Sadras V.O. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de granos. Editorial Facultad de agronomía. Buenos Aires.
- Gil, R. 2005. Bases estratégicas para planteos agrícolas con excesos hídricos. Conociendo el suelo en siembra directa. AAPRESID Infostat (2004). Infostat versión 2004. Manual del usuario. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Pergolini, S. Castillo, C y Espósito, G. 2004. Efecto de la Fertilización sobre el Consumo y la Eficiencia de Uso del Agua del Cultivo de Trigo. Facultad de Agronomía y Veterinaria de la UNRC.
- Sarandón, S. Chamorro, A. 2003. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de granos. Editorial Facultad de agronomía. Buenos Aires.
- Micucci, F. Taboada, M.A. y Gil, R. 2002. El agua en la producción de cultivos extensivos: I. El suelo como un gran reservorio. INPOFOS 15. Archivo Agronómico 6.
- Micucci, F. Álvarez, C. El agua en los sistemas extensivos III. Impacto de las prácticas de manejo sobre la eficiencia de uso del agua INPOFOS. Archivo Agronómico 8.