

Período de barbecho del suelo y crecimiento radicular del cártamo *Carthamus tinctorius* L. en función al contenido de agua en el Chaco Central

Fallow period and root growth of safflower *Carthamus tinctorius* L. in response to soil water content in Central Chaco

Sixto Hugo Rabery Cáceres^{1*} y Lenard Dyck Ratzlaff²

¹ Ing. Agr., Dr., Docente Investigador, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Departamento Producción Agrícola. Campus San Lorenzo, Paraguay.

² Ing. Agr., Técnico Departamento Agropecuario, S.C.C Chortitzer Komitee Ltda Loma Plata, Chaco Central, Paraguay.

*Autor para correspondencia (shrabery@gmail.com).

Recibido: 02/03/2011; Aceptado: 25/04/2011.

RESUMEN

En función al déficit hídrico en el Chaco central y en busca de asegurar la producción agrícola limitada por la falta estacional de agua, se realizó un ensayo en la Estación Experimental Isla Poí, Departamento de Boquerón, Paraguay, entre los meses de noviembre de 2008 y setiembre de 2009, con el objetivo de determinar la relación entre la duración del barbecho químico del suelo, acumulación de agua en profundidad y el crecimiento radicular del cártamo *Carthamus tinctorius* L. en un Regosol (arena 52%, arcilla 7% y limo 41%). Los tratamientos fueron de 114; 84; 59; 25 y 4 días de duración de barbecho químico utilizando como cultivo de cobertura una variedad local de sorgo forrajero, con aplicación de herbicida como desecante. El diseño del experimento fue en fajas con muestreo estratificado, donde los tratamientos se instalaron en las fajas, realizándose cinco muestreos al azar como repeticiones. Los datos fueron sometidos a análisis de regresión y mostraron que la masa seca del barbecho y su duración como cobertura, se relacionan positivamente con el aumento de la cantidad de agua acumulada en el subsuelo para la siembra del cultivo principal. A medida que el barbecho permanezca más tiempo sobre la superficie y aumente la cantidad de agua acumulada en el suelo, permite que las raíces del cártamo, tengan mayor crecimiento y explore mayores profundidades del suelo. Los resultados demuestran que el empleo del barbecho es una práctica que permite acumular agua en el suelo y contribuye para que el cultivo principal crezca y se desarrolle mejor en las condiciones del Chaco central.

ABSTRACT

Agricultural production in the central Chaco is limited by seasonal lack of water. A trial was conducted at the *Isla Poí* Experimental Station, Department of Boquerón, Paraguay, between the months of November 2008 and September 2009 with the objective of determining the relationship between duration of chemical fallow, deep water accumulation and root growth of safflower *Carthamus tinctorius* L. in a Regosol (52% sand, 7% clay and 41% silt), at a depth of 2.6 m. The treatments were 114, 84, 59, 25 and 4-day chemical fallow using as cover crops a local sorghum forage variety that received application of herbicide. The experimental design was in bands with stratified sampling, where the treatments were installed in the bands, with five random samples as replicates. Data were subjected to regression analysis and showed that dry mass of cover crops and fallow duration, are positively related to increased amount of water stored in the soil. As the fallow stay longer on the surface and increase the amount of water accumulated in the soil, the roots of safflower have greater growth and explore the soil deeper. The results show that the use of fallow is a practice that allows water to accumulate in the soil and contributes to the main crop grows and develops best under the conditions of the *Chaco central*.

Key words: Coverage, fallow, water, safflower.

Palabras clave: Cobertura, barbecho, agua, cártamo.

INTRODUCCIÓN

La escasa ocurrencia de lluvias en el Chaco central del Paraguay por periodos relativamente largos, limita las posibilidades para la producción agrícola segura y rentable en el año, inclusive durante la estación lluviosa de primavera – verano. La búsqueda de alternativas que viabilice condiciones que posibiliten la realización de cosechas seguras y rentables es un desafío permanente para la región. La zona se caracteriza por veranos con temperaturas elevadas, con máximas de hasta 45 °C e inviernos con hasta 0 °C. El promedio anual, según Harder et al. (2004), es de 25 °C. Glatzle (1999), resume que la precipitación media anual es de solo 850 mm y, la evapotranspiración anual puede llegar a 1.699 mm, por ende, resulta en constantes déficits hídrico (Harder et al. citado por Gamarra y Fariña 2007).

Las precipitaciones se producen precisamente durante la época de máximas temperaturas y mayor desarrollo de la vegetación, en consecuencia, durante el periodo de máxima evapotranspiración, por lo cual una gran parte de la lluvia es evaporada (Basili et al. 2006). Debido al constante déficit hídrico en el Chaco central, las plantas no pueden desarrollarse sin sufrir estrés hídrico y expresar su real potencial productivo (Harder et al. 2004). Por otra parte, Gil (2007), indica que más del 95 % del agua extraída por el vegetal es transferida a la atmósfera, por lo tanto, la intensidad de transpiración de la planta determina la cantidad de agua a ser suministrada por el suelo.

Los suelos destinados a la agricultura en el Chaco central, generalmente son Regosoles, con una porosidad gruesa, que permite rápida infiltración del agua hacia capas profundas no expuestas a la evaporación inmediata, con bajo nivel de escurrimiento superficial, permitiendo la penetración de las raíces y acceder al agua retenida (Glatzle 1999), indicando que el problema es la distribución irregular del aporte de agua por las lluvias.

El barbecho químico, según Dow Agro Science (s.f.), consiste en mantener el suelo sin remoción y libre de malezas durante un período conveniente, por medio del uso de herbicidas, evitando así que las plantas de malezas u otras, consuman el agua que se acumula en el perfil, permitiendo que ésta se encuentre disponible para el cultivo siguiente. Específicamente se llama barbecho químico al periodo, entre el primer tratamiento herbicida que se realiza después de la cosecha de un cultivo y la siembra directa del cultivo siguiente (García et al. 2009).

Para que la siembra directa exprese su potencial y beneficios, la cobertura del suelo con rastrojos, juega un papel importante (Pereyra et al. 2001). Dueck (2006), citando a Derpsch, agrega que debido a la cobertura del suelo, ocurre mejor infiltración del agua, mayor contenido

de la misma en el suelo y temperaturas menores en la superficie. El mismo autor concluye en un estudio realizado en el Chaco central, que el contenido de agua entre 0 a 10 cm de profundidad, aumenta a medida que se incrementa el nivel de cobertura del suelo, acompañado por la disminución de la temperatura en el mismo perfil.

Según Álvarez (2006), el contenido de agua aumenta al progresar el barbecho en cantidad o con la duración del mismo, pero la acumulación tiene por límite la capacidad de campo del suelo y depende de la ocurrencia de precipitaciones. Papa y Andreani (2001), citan a Lampurlanes et al., indicando que la conservación del agua durante el período de barbecho, depende también del tipo de suelo y del sistema de labranza empleado.

Considerando que el peso relativo de cada factor varía entre sitios, es frecuente observar resultados contrastantes entre experiencias, los cuales dan lugar a controversias sobre el valor del barbecho para la conservación del agua en regiones semiáridas. Quiroga et al. (2005), evaluaron el efecto de la duración de tres plazos de tiempos de barbecho en siembra directa (10, 40 y 70 días) sobre el contenido de agua útil al momento de la siembra de cobertura verde de invierno y de girasol, en nueve sitios a lo largo de una secuencia de suelos Hapludoles y Haplustoles, concluyendo que en suelos de regiones donde el régimen de precipitaciones es más limitante, el tiempo de duración del barbecho afectó positivamente la acumulación de agua y nitrógeno disponible. Así también, Papa y Andreani (2001), concluyeron que si la distribución y volumen de lluvias a lo largo de período es normal, el agua útil acumulado hasta los 2 m de profundidad de suelo, fueron similares entre todos los tratamientos, cercano a la capacidad de campo, indicando que en años de buenas precipitaciones, el consumo de agua por las malezas y cultivos durante el barbecho no condiciona el estado hídrico del cultivo siguiente.

El cártamo, una Asteraceae, del género *Carthamus tinctorius*, es una oleaginosa anual con ciclo de maduración entre 120 a 200 días (Robles 1980; Langer y Hill 1987), originario de los países situados entre la India y el África Oriental. Se lo cultivó primero como planta tintórea, pero actualmente se destina a la producción de aceite comestible y de uso industrial, conteniendo en sus semillas de 35 a 40% de aceite. La pasta de harina contiene cerca de 35% de proteína y sirve como alimento animal (Berlijn 1987). La germinación es epigea y luego de la emergencia, permanece en estado de semi-latencia por alrededor de un mes en la época de bajas temperaturas (Robles 1980). En este periodo, si el contenido y disponibilidad de humedad no es limitante, se

produce un gran desarrollo de las raíces, muy favorable para el futuro rendimiento. Cuando aumenta la temperatura, el tallo principal crece y se ramifica rápidamente; siendo la planta sensible a las heladas (Berlijn 1987). Tiene una fuerte raíz principal que puede penetrar, si el terreno lo permite, hasta profundidades de 2 o 3 m y aún más. El tallo central es ramificado y terminan cada una en un capítulo (Guerrero 1987). Siendo una planta rústica, es sensible a adquirir enfermedades si existe un exceso de humedad en el suelo y el aire, aunque requiera alrededor de 500 mm de agua durante su ciclo (Berlijn 1987; Robles 1980). Estudiando el efecto del estrés hídrico en los índices de germinación en siete materiales de cártamo con diferentes niveles de fuerzas de retención de agua en el suelo, Jajarmi (2009) concluyó que en todos los tratamientos se observó una disminución notable de la germinación con el incremento de las fuerzas de retención de agua.

El contenido hídrico o más específicamente los potenciales hídricos a lo largo del perfil del suelo afectan directamente la distribución de raíces, como también su morfología y su comportamiento funcional. A mayores potenciales de agua en el suelo se produce un mayor crecimiento radical, ya sea por provocar una menor resistencia a la penetración, como así también generar un gradiente de potencial de agua para un flujo rápido hacia las células radicales. De esta manera, las raíces tienden a proliferar en las zonas más húmedas del perfil del suelo (Gil 2007).

El desarrollo del sistema radical es uno de los factores más importantes en la captación y eficiencia de uso del agua al incidir sobre la relación transpiración/evaporación (Amir et al. citado por Quiroga et al. 2005), aunque durante las primeras etapas de desarrollo, las raíces son el destino principal de los fotoasimilados (Satorre et al. 2008).

Los objetivos de este trabajo fueron, determinar la relación entre la duración del barbecho químico aplicado al suelo con la acumulación de agua en el suelo y la profundidad del desarrollo radicular del cártamo.

METODOLOGÍA

El experimento se realizó en la chacra experimental "Isla Poí" del Servicio Agropecuario, perteneciente a la Sociedad Cooperativa Chortitzer Ltda., ubicada en el Chaco central del Paraguay, departamento de Boquerón, a 25 km de Loma Plata. Para iniciar el trabajo, fue aplicado un herbicida a base de glifosato 662 g L⁻¹ en dosis de 2 L ha⁻¹; dos semanas después se preparó el suelo de manera convencional con una rastra de discos. Luego, el 20 de noviembre de 2008, dos meses antes de iniciar el primer tratamiento de barbecho químico, fue

implantada la cobertura vegetal, sembrando semillas de sorgo de una variedad local, Fredy, a razón de 10 kg.ha⁻¹ para una población final aproximada de 30 plantas por m² y cobertura total de la superficie. Los tratamientos que se aplicaron en el ensayo se muestran en la **Tabla 1**.

La duración de cada tratamiento se empezó a contar, aproximadamente 1 mes después de haberse realizado el anterior. En cada tratamiento para el desecado del sorgo y eventuales malezas presentes, fue aplicada una dosis de 2 L ha⁻¹ de un herbicida a base de Glifosato 48%. En los tratamientos ya en barbecho, según necesidad se aplicó el mismo herbicida no selectivo a razón de 5 L ha⁻¹, para impedir el crecimiento de malezas o el rebrote del sorgo forrajero.

Tabla 1. Tratamientos de barbecho químico aplicados en un suelo Regosol para acumulación de agua. Isla Poí, Loma Plata, 2008/2009.

Nº de Tratamiento	Ciclo del barbecho	Duración
1	Enero a mayo	Barbecho 114 días
2	Febrero a mayo	Barbecho 84 días
3	Marzo a mayo	Barbecho 59 días
4	Abril a mayo	Barbecho 25 días
5	Testigo, desecado previo a la siembra	Barbecho 04 días

El primer tratamiento empezó el 15 de enero del 2009 y el último tratamiento (testigo) concluyó cuatro días antes de la siembra del cártamo, el 5 de mayo del 2009. Cuando fue aplicado el herbicida, luego de secarse la planta del sorgo, utilizada una rotativa para uniformización de la cobertura.

Cuando las condiciones para la siembra de cártamo se presentaron propicias, ésta se realizó el 9 de mayo del 2009, luego de una lluvia de 25 mm en el día anterior, con sembradora mecánica a 45 cm entre hileras y 12 kg.ha⁻¹ de semillas de una variedad común de la zona. Los cultivos del sorgo y del cártamo estuvieron expuestos a las condiciones climáticas, específicamente al riesgo de que ocurra una sequía, sin adición de riego.

El diseño del experimento fue en fajas, con muestreo estratificado, donde las fajas representan a los tratamientos de barbecho. Dentro de cada faja se efectuaron muestreos completamente aleatorios que constituyen las repeticiones, en total de cinco. Cada faja midió 50 m de largo y 12 m de ancho y el total del experimento ocupó un espacio de 80 m x 50 m, 4.000 m².

Las variables medidas durante el ensayo fueron: el contenido de agua en los perfiles del suelo hasta 250 cm de profundidad y el crecimiento en longitud de la raíz principal del cártamo y expresado en cm.

La extracción de las muestras de suelo se realizó en tres estadios diferentes del desarrollo del cártamo, en el momento de la siembra, en el llenado de granos y en

maduración, antes de la cosecha de los granos, utilizando un taladro para suelo de 3 m de largo. Extraídas las muestras, a una profundidad de 2,5 m, se pesaron y secaron por 24 horas en un horno a 100 °C, posteriormente se pesaron las muestras secas y se calcularon los contenidos de humedad, siguiendo el método indicado en Gil (2004), expresando los valores en mm o L m².

Para el muestreo del crecimiento de la raíz, expresado en m, se realizó una calicata de 2,5 m de profundidad y un metro de ancho por 2 metros de largo, cuando las plantas llegaron al estadio de maduración fisiológica. La pared de medición de la calicata estuvo orientada paralela a las hileras del cártamo y a una distancia aproximada de 10 cm de la vertical de la planta. La pared fue lavada con agua a presión normal hasta obtener una buena visibilidad de la cortina radicular, para su posterior medición. Todos los datos obtenidos fueron sometidos a análisis de regresión.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Acumulación de agua: Los datos obtenidos y analizados de la acumulación de agua en el suelo en el momento de la siembra del cártamo, durante el estadio de llenado de granos y antes de la cosecha de los granos, a 2,5 m de profundidad en los diversos tratamientos de duración del barbecho químico, se muestran en la **Figura 1**.

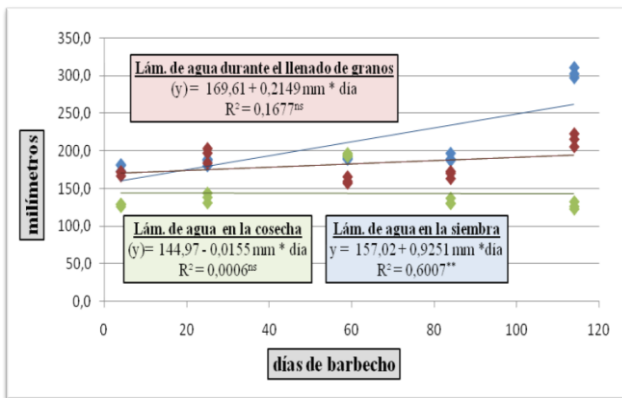


Figura 1. Acumulación de agua (mm) a 2,5 m de profundidad en un Regosol con barbecho con diferentes ciclos de duración, en diversos estadios de desarrollo de un cultivo de cártamo. Loma Plata, Chaco central. 2009.

La ecuación de regresión denota un significativo aumento de 0,925 mm por día de agua acumulada en el suelo en el momento de la siembra (línea azul). Este resultado indica que si ocurren aportes de agua por lluvia, a medida que el barbecho químico se realice con antelación, evitará pérdidas de agua por consumo o evaporación, en éste caso, acumulando un promedio 105,46 L de agua en 114

días por sobre los 157 mm de agua que contenía el suelo al inicio del experimento.

El análisis de regresión de los datos del contenido de agua en el suelo, acumulada desde la siembra hasta el llenado de los granos (rojo en la **Figura 1**), detectó que hubo un aumento no significativo de 0,214 mm por día de cobertura de la superficie del suelo. Así mismo, las mediciones efectuadas desde el llenado de granos hasta la cosecha, indican que en todos los tratamientos, hubo una pérdida gradual no significativo de 0,015 mm de agua por día (línea verde en la **Figura 1**).

Crecimiento de raíz: El análisis de regresión, confirmó que hubo un significativo aumento en el crecimiento de la raíz principal del cártamo, con un índice de 0,0058 m por día, sobre los 1,46 m alcanzados en el tratamiento de menos duración de implantación del barbecho (T5 de tabla 1). A medida que el tiempo de barbecho iba en aumento, la profundidad alcanzada por las mismas se acentuaba, llegando a 2,50 m de profundidad, cuando el suelo estuvo cubierto por 144 días (**Figura 2**).

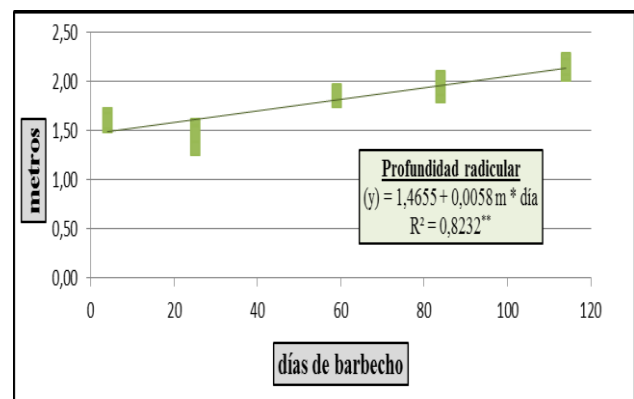


Figura 2. Profundidad de crecimiento de raíces de cártamo (m) en un suelo con barbecho de diferentes ciclos de duración, en estadio de maduración fisiológica. Loma Plata, Chaco central. 2009.

La distribución de las lluvias caídas durante el ciclo del cultivo se muestra en la **Figura 3**, así como de otros factores ambientales. Las lluvias caídas entre los meses de enero y febrero son las normales para la época del año en el Chaco central (Glatzle 1999). Con la distribución estacional de las lluvias en el verano, es posible acumularla en un promedio de 0,9 mm por cada día que aumenta la duración del barbecho químico (**Figura 1**); en contraposición al presentado por los tratamientos en que el suelo permanece con cobertura vegetal viva, pues estas plantas consumen agua del perfil del suelo para su crecimiento, lo que explica la menor cantidad de agua acumulada en el subsuelo.

Los resultados del ensayo demuestran que aumentando el tiempo de barbecho, con buena cobertura y

manteniendo un control adecuado del rebrote de la especie de cobertura, así como de las malezas que puedan emerger, se obtiene un suelo con adecuada acumulación de agua en la sub superficie, permitiendo el normal crecimiento de un cultivo de estación, aprovechando las precipitaciones que ocurran durante el ciclo del barbecho y del cultivo.

Resultados similares fueron obtenidos por Quiroga et al. (2005) en un experimento con suelo protegido por barbecho de duraciones diferentes, concluyendo que la duración del mismo favorece positivamente a la acumulación de agua sobre todo en regiones donde el régimen de lluvias es limitante para la agricultura. Papa y Andreani (2001), en cambio, no observaron diferencias en la acumulación de agua en barbechos de diferentes duraciones, debido a precipitaciones continuas y de alto volumen durante el desarrollo del experimento. Este resultado ejemplifica que si las condiciones ambientales permanecen en niveles convenientes para las necesidades de la especie, la cobertura del suelo protegerá otras características del suelo.

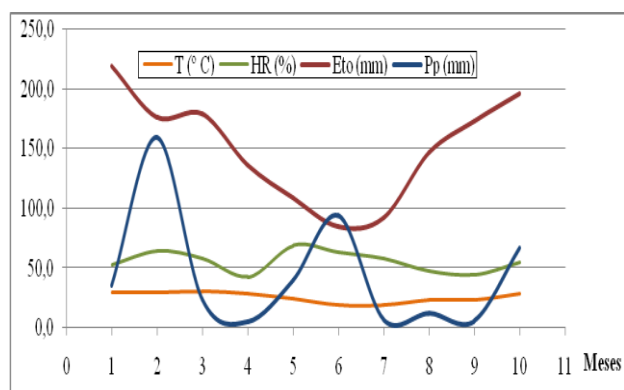


Figura 3. Datos meteorológicos mensuales durante el ciclo del experimento, enero a octubre, temperatura media (T), humedad relativa media (HR), evapotranspiración potencial (ETo) y precipitación (Pp). Loma Plata, Chaco central. 2009 (datos E.E. Isla Po i)

Robles (1980) menciona que debido al sistema radicular pivotante del cártamo, se necesita realizar un barbecho para mejorar la acumulación de agua a profundidad en el suelo, facilitando así el óptimo desarrollo de la planta, tal como se ha observado para las raíces de en este experimento. Por su parte Gil (2007), Berlijn (1987) y Guerrero (1987) mencionan que las raíces tienden a proliferar en las zonas más húmedas del perfil del suelo, y que a mayores potenciales de agua se produce mejor crecimiento radicular.

CONCLUSIÓN

Los resultados del ensayo, permite concluir que:

Un barbecho químico de larga duración, permite acumular mayor cantidad de agua en el subsuelo que uno de menor tiempo.

La mayor cantidad de agua acumulada en el subsuelo, incide positivamente sobre el crecimiento de la raíz principal del cártamo.

LITERATURA CITADA

- Álvarez, R. (Coord.). 2006. *Materia orgánica: valor agronómico y dinámico en suelos pampeanos*. Buenos Aires, AR: Universidad de Buenos Aires. 256 p.
- Basili, FJA; Mezgolits, MCA; Salomón, GRJ. 2006. *Proyecto de una Obra Importante: Abastecimiento de agua potable para la Colonia Para todo, Chaco Central*. San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Civil. FIUNA. 372p.
- Berlijn, JD. 1987. *Cultivos oleaginosos*. México. Trillas. 72p. (Manuales para educación agropecuaria; Área de producción vegetal, (14)
- Dow Agrosiences & Dow Argentina. (s.f.). *Manual del barbecho químico*. Buenos Aires, AR. 32 p.
- Dueck, JA. 2006. *Uso de la cobertura muerta y su relación con la temperatura y humedad del suelo en el Chaco central*. Tesis Ing. Agr. San Lorenzo, PY: Carrera de Ingeniería Agronómica. FCA. UNA. 61p.
- Gamarra, I; Fariña, D. (Coord.). 2007. *Plan de Ordenamiento Ambiental del Territorio: Departamentos de Boquerón y Alto Paraguay*. Asunción, PY. 120p.
- García, FO; Ciampitti, IA; Baigorri, H. 2009. *Manual del cultivo de soja*. Buenos Aires, AR: IPNI. 180 p.
- Gil, RC. 2004. *El agua del suelo*. Argentina: INTA Castelar. 10p.
- Gil, RC. 2007. *El ambiente del suelo y el crecimiento de las raíces*. Argentina: INTA Castelar. 5p.
- Glatzle, A. 1999. "Compendio para el manejo de Pasturas en el Chaco". Chaco central, PY: El Lector. 188p.
- Guerrero G, A 1987. *Cultivos herbáceos extensivos*. 4ª ed. rev. Madrid, ES: Mundi-Prensa. 751p.
- Harder, W; Thiessen, H.; Klassen, N. 2004. *Libreto de agua: Colecta, almacenamiento, utilización y reciclaje de agua en el Chaco central*. Loma Plata, PY: S.C.C CHORTITZER KOMITEE Ltda. – SAP-INTTAS. 68p.
- Jajarmi, V. 2008. *Effect of water stress on germination indices in seven safflower cultivars (Carthamus tinctorius L.)*. Iran Islamic Azad University. Consultado en 13 Ago 2010. Disponible en http://safflower.wsu.edu/Conf2008/General/Jajarmi_poster_paper.pdf

- Langer, RHM; Hill, ED. 1987. Plantas de interés agrícola: introducción a la botánica agrícola. Zaragoza, ES: ACRIBIA. 386p.
- Papa, JCM; Andreani, JM. 2001. Determinación de la evapotranspiración real en barbechos químicos de distinta duración, previo a la siembra directa de soja (en línea). Santa Fe, AR: EEA INTA. Consultado en 21 Jul 2010. Disponible en www.inta.gov.ar/oliveros/info/documentos/malezas/trabajos/trab1.htm
- Pereyra, V; Feoli, C; Sarlangue, H. 2001. Girasol en siembra directa. Balcarce, AR: ASAGIR. 17p. (Cuadernillo técnico N° 1)
- Quiroga, AR; Funaro, DO; Fernández; Noellmeyer, EJ. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. Buenos Aires, AR: EEA INTA Consultado en 23 Jul 2010. Disponible en www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1850-20672005000100009&script=sci_arttext
- Robles S, R. 1980. Producción de oleaginosas y textiles. México, MX: Limusa. 675p.
- Satorre, EH; Benech, RLA.; Slafer, GA; De la Fuente, EB; Mirrales, DJ; Otegui, ME; Savin, R. 2008.
- Producción de granos: Bases funcionales para su manejo. 1ª ed, 3ª Reimpresión. Bs As, AR: Ed. Facultad de Agronomía, UBA. 783p.