

## **Efecto de diferentes estrategias de barbecho sobre la disponibilidad de agua para el cultivo sucesor y biomasa aportada por el cultivo de cobertura**

### **Effect of different fallow strategies on the availability of water for the successor crop and biomass provided by the cover crop**

*B Novillo\**<sup>1</sup>; *A Voisin*<sup>2</sup>; *G Peyron*<sup>(3)</sup>; *A Pellegrini*<sup>4</sup>; *A Chamorro*<sup>5</sup>; *R Bezus*<sup>5</sup>; *S Golik*<sup>6</sup>.

<sup>1</sup>*Becaria CIC-UNLP*, <sup>2</sup>*Becario de CIC*, <sup>3</sup>*Tesista de Cerealicultura*, <sup>4</sup>*Curso de Edafología*, <sup>5</sup>*Curso de Oleaginosas y Cultivos Regionales*, <sup>6</sup>*Curso de Cerealicultura*.

\*E-mail: [bnovillo@agro.unlp.edu.ar](mailto:bnovillo@agro.unlp.edu.ar). Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. Calle 60 y 119, CC 31 La Plata, Argentina.

#### **Resumen**

El objetivo del trabajo fue evaluar el efecto de diferentes estrategias de barbecho sobre la humedad gravimétrica del suelo y la disponibilidad de agua útil para el cultivo sucesor y analizar el aporte de biomasa de los cultivos de cobertura. En la Estación Experimental J. Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, sobre un suelo *Argiudol típico*, se iniciaron en 2011, ensayos a campo en los que se comparan distintas secuencias agrícolas: S1: trigo/soja 2°-maíz-soja-trigo; S2: cebada/soja 2°-maíz-soja-trigo; S3: avena/soja 2°-maíz-girasol-trigo; S4: colza/soja 2°-maíz-sorgo-trigo; bajo dos formas de producción, un nivel tecnológico medio y un nivel tecnológico alto. En 2016, sobre el nivel tecnológico medio se realizaron tres tipos de barbechos: barbecho químico; aplicación compost; e inclusión de cultivos de cobertura. Sobre el nivel tecnológico alto se realizó cultivo de cobertura. El compost y el cultivo de cobertura resultaron superiores al barbecho químico en la conservación de agua útil para el cultivo sucesor. La biomasa aportada por el cultivo de cobertura resultó en promedio de 3.397,91 kg/ha y presentó diferencias estadísticamente significativas para las diferentes secuencias siendo mayor para S4 y menor en S1. A su vez la mayor producción de biomasa del cultivo de cobertura en S4, seguido por S2 se correspondió con un mayor uso consuntivo y menor agua útil final. Considerando el nivel tecnológico, el cultivo de cobertura resultó con mayor volumen de residuo en el nivel tecnológico alto, lo que implicó una mejora en la eficiencia de utilización del agua.

**Palabras claves:** Agua útil, barbecho químico, compost, cultivo de cobertura.

**Abstract**

The objective of this work was to evaluate the effect of different fallow strategies on the gravimetric moisture of the soil and the availability of useful water for the successor crop and to analyze the biomass contribution of the cover crops. In the Experimental Station J. Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, on a *Argiudol typical* soil, field trials were started in 2011 in which different agricultural sequences are compared: S1: wheat / soybean 2°- corn-soybean-wheat; S2: barley / soybean 2°-corn-soybean-wheat; S3: oats / soybean 2°-corn-sunflower-wheat; S4: rapeseed / soybean 2°-maize-sorghum-wheat; under two forms of production, an average technological level and a high technological level. In 2016, on the average technological level, three types of fallow were made: chemical fallow; compost application; and inclusion of cover crops. On the high technological level, cover crop was cultivated. Compost and cover crop were higher to chemical fallow in the conservation of water useful for the successor crop. The biomass provided by the cover crop resulted in an average of 3397.91 kg/ha and presented statistically significant differences for the different sequences, being higher for S4 and lower on S1. In turn the higher biomass production of the cover crop in S4, followed by S2 corresponded to a higher consumptive use and lower final useful water. Considering the technological level, the cover crop resulted in a higher volume of waste at the high technological level, which implied an improvement in water use efficiency.

**Keywords:** Chemical Fallow, compost, cover crop, useful water.

**Introducción**

Los efectos de la expansión de la soja en la Argentina, y de su modelo productivo, relacionados con el creciente deterioro ambiental, la fuerte concentración económica y la exclusión social, han sido ampliamente documentados (Flores y Sarandón, 2003; Pengue, 2001; Ghersa, 2005; Mengo, 2008). La eficiencia productiva de la soja en nuestro país se basa en la sobreexplotación de la fertilidad que ofrece la pampa húmeda, que redundará en problemas como compactación, pérdida de fertilidad y estructura del suelo, exportación de nutrientes, encostramiento, impactos sobre la biodiversidad, afectación del acuífero y problemas de inundaciones (Mengo, 2008). Si bien este cultivo es el más rentable y de mayor retorno por capital invertido, a largo plazo este proceso no es la mejor alternativa ya que se contrapone con un desarrollo agropecuario sustentable. Una alternativa para atenuar los

efectos de la monocultura sojera, incrementar la eficiencia de prácticas convencionales como el barbecho y reducir el uso de insumos costosos o nocivos (fertilizantes químicos) está dada por la utilización de residuos orgánicos durante el barbecho. En los sistemas de agricultura continua de la Región Pampeana prevalecen los cultivos de verano (Caviglia y Andrade, 2010), por lo tanto, la mayor parte de los suelos bajo agricultura se encuentran en barbecho durante el otoño y el invierno. Como los cultivos estivales (principalmente soja y maíz) se cosechan entre marzo y mayo y la siembra del próximo cultivo ocurre entre septiembre y diciembre, el período de barbecho se extiende entre 5 y 9 meses (Basanta et al., 2008) brindando una amplia ventana para la aplicación de residuos orgánicos.

La producción de este tipo de residuos proviene de distintos sectores. Las actividades de la moderna sociedad de consumo, el crecimiento demográfico y el desarrollo industrial, determinan un aumento incesante en la generación de residuos. Para los residuos procedentes de la ganadería se estima que la producción mundial de estiércol está cercana a 12.193 millones de toneladas (t) (Tortosa, G. 2011). En el caso de los residuos agrícolas, se estima que de los 1,6 billones de t de materia orgánica exógena que se producen al año en la Unión Europea, 415 millones corresponden a residuos agrícolas siendo los correspondientes al trigo, cebada y maíz. La industria alimentaria es uno de los sectores más grandes en Europa estimándose la producción de residuos agroindustriales en valores cercanos a de 222 millones de t, la mayor parte de naturaleza biodegradable (Tortosa, G. 2011). Existe, por lo expuesto, una gran variedad de residuos con un contenido elevado en materia orgánica, potencialmente utilizables como enmendantes y/o abonos orgánicos o compost.

El compostaje se define como un proceso en el cual el residuo orgánico es sometido a una degradación bio oxidativa bajo condiciones controladas, cuyo producto final es el compost. El material producido está constituido, en un elevado porcentaje, de materiales orgánicos estables, cuya identidad química original ha sido modificada hacia estructuras similares a aquellas que conforman el humus del suelo y tendrían funciones semejantes a las de la materia orgánica nativa (Alvariño, 2003). La utilización de residuos debe ser tomada como una estrategia a largo plazo donde se preserva el medio ambiente y se conserva la fertilidad del suelo. La ciudad de La Plata produce 300 t/día de residuos orgánicos (Ceamse, 2016) o sea 150 t potenciales de compost por día, aproximadamente 55.000 t /año. Sumado a ello la mencionada ciudad encuentra una intensa actividad hípica (con una elevada producción de estiércol de equino), diversos establecimientos avícolas y amplio cinturón hortícola. Por lo

tanto, su utilización como enmendante sería una alternativa viable para reutilizarlos dentro de un sistema productivo, disminuyendo su exportación evitando una posible fuente de contaminación y dando así una solución al destino final de los mismos.

En este contexto, otra alternativa para mitigar y/o revertir una serie de procesos que pueden condicionar la sostenibilidad de los sistemas de producción es la inclusión de cultivos de cobertura como barbecho. Distintos objetivos pueden llevar a incorporar cultivos de cobertura: mejorar el balance de carbono (C); fijar nitrógeno (N) para reducir los requerimientos de fertilizantes; atenuar las pérdidas de suelo por erosión eólica e hídrica; disminuye la temperatura superficial del suelo; disminuir la presión de malezas y el uso de herbicidas; mejorar la captación de agua y reducir encharcamientos/ encostramiento; mejorar transitabilidad; reducir riesgos de salinización por ascenso capilar desde napas; reducir evaporación incrementando la eficiencia de conservación y disponibilidad de agua en el perfil; disminuir la lixiviación de nutrientes; disminuir la susceptibilidad a la compactación favoreciendo la resiliencia del sistema. Dependiendo de su manejo es posible sincronizar mejor la oferta de nutrientes para los cultivos sucesores; mejorar el anclaje de residuos de cultivos de cosecha minimizando las pérdidas por efecto del viento y/o agua; mejorar la actividad biológica (Kruger y Quiroga, 2012).

El área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, de la UNLP abarca varios partidos, entre ellos, el Partido de Magdalena. Trabajos recientes indican que alrededor del 40% de los suelos de Magdalena son aptos o moderadamente aptos para el cultivo de soja (Etchegoyen, 2011), equivalente a unas 73.000 hectáreas, lo cual da una idea de las posibilidades de crecimiento para el cultivo en el Partido, proceso que ya se ha iniciado. Con el fin de evitar o minimizar los problemas ambientales asociados al monocultivo sojero se considera necesario generar información local, a través de ensayos, que permitan incluir a este cultivo de manera más racional en los esquemas productivos zonales. Se entiende que la realización de barbechos alternativos a los tradicionales o químicos podrían ser un avance en este sentido, ya que mejorarían la productividad de los cultivos siguientes, reducirían la necesidad de aporte de insumos, conservarían recursos como el agua y propiedades tanto físicas como químicas del suelo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes estrategias de barbecho: químico, compost y cultivos de cobertura, sobre la humedad gravimétrica del suelo y la disponibilidad de agua útil para el cultivo sucesor; y evaluar el aporte de residuos orgánicos

de los cultivos de cobertura.

### **Materiales y métodos**

En la Estación Experimental J. Hirschhorn dependiente de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP), sobre un suelo *Argiudol típico*, se iniciaron en el año 2011, ensayos a campo en los que se comparan distintas secuencias agrícolas (S): S1: trigo/soja 2º-maíz-soja-trigo; S2: cebada/soja 2º-maíz-soja-trigo; S3: avena/soja 2º-maíz-girasol-trigo; S4: colza/soja 2º-maíz-sorgo-trigo. Estas secuencias se manejan bajo dos formas de producción, un nivel tecnológico medio (NTM), considerado como el que realiza el productor promedio de la zona, y un nivel tecnológico alto (NTA), que es aquel que utilizan los productores que habitualmente obtienen mayores rendimientos en sus cosechas, que implica generalmente mayor fertilización. Ambos manejos fueron conocidos a través de entrevistas a técnicos y productores locales.

La siembra de todos los cultivos se realizó sin remoción del suelo. Con un diseño experimental en bloques al azar con cuatro repeticiones y parcelas divididas, para cada una de las secuencias, donde la parcela principal correspondió a las secuencias y la subparcela al tipo de barbecho.

En 2016, sobre el NTM se realizaron tres tipos de barbechos, durante el tiempo transcurrido entre la cosecha de la soja 2º (21 de abril) y la siembra del maíz (4 de noviembre): barbecho químico o tradicional (testigo): es el manejo habitualmente realizado por los productores de la zona; aplicación de compost (a partir cama de pollos parrilleros estabilizada). Debido al tamaño de las parcelas la aplicación del mismo se realizó en forma manual (6 de junio). De acuerdo a los datos existentes en la bibliografía según tipo de suelo (*Argiudol típico*), en cultivos extensivos y tipo de compost se utilizó 20 t/ha (Biolur 2013; Golabi et al., 2004; Sarwar et al., 2007), lo que implica 2 kg/m<sup>2</sup>; inclusión de cultivos de cobertura (CCM). Sobre el NTA se realizó cultivo de cobertura (CCA).

El cultivo de cobertura (CC) se sembró el 8 de junio, consistió en una mezcla de avena y vicia a una densidad de 50 kg/ha de la gramínea y 20 kg/ha de la leguminosa. La determinación de materia seca (MS) del CC se realizó al momento de secado con glifosato, aplicado el 8 de octubre, a una dosis de 1,4 l/ha con la toma de tres submuestras de 1m lineal por parcela, secado a 60 °C hasta peso constante.

Se tomaron muestras de suelo para su análisis al inicio y fin del periodo de barbecho en cada

uno de los tratamientos con el fin de determinar la disponibilidad hídrica antes y después de cada estrategia de barbecho (Hi y Hf, respectivamente), por el método gravimétrico. A partir de ello se realizó el cálculo el agua útil inicial (AUi), considerando el punto de marchitez permanente (PMP) determinado por el método olla de Richard (Richard, 1948), la densidad del suelo, la profundidad muestreada y el agua útil al final (AUf) de las estrategias de barbecho. Se determinó el uso consuntivo (UC) del CC y del compost, mediante la suma del contenido hídrico del suelo al momento de la siembra y las precipitaciones ocurridas durante el ciclo del CC, a la cual se le resto el contenido hídrico del suelo al momento de finalizar el ciclo de los CC. La eficiencia de utilización del agua (EUA) del CC se realizó mediante el cociente entre la materia seca y el UC.

Los datos obtenidos se procesaron a través del análisis de la varianza usando la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ) para la comparación de medias y el software estadístico InfoStat.

## **Resultados**

En 2016 los meses de enero y febrero presentaron precipitaciones por debajo de la media histórica, el mes de marzo fue cercano a la media y en abril se presentaron excesos hídricos. Las precipitaciones durante el barbecho fueron de 290 mm. Salvo por el mes de febrero en que la temperatura media mensual supero a la histórica, el resto de los meses presentaron temperaturas por debajo de la misma (Figura 1).

La humedad inicial no presentó diferencias significativas para las secuencias estudiadas, ni para los tratamientos de barbechos, promediando 33,23 % (Figuras 2a y b).

La humedad final presentó diferencias significativas para las secuencias y los tratamientos de barbechos. Su mayor valor fue en S3 y su menor valor en S4, mostrando valores intermedios en S1 y S2 (Figura 3a). Respecto a los tratamientos de barbechos, la humedad final resultó menor en el barbecho químico y mayor en los otros tratamientos: compost, CCM y CCA (Figura 3b).

El agua útil inicial (AUi), registrada al comienzo del barbecho, que surge de considerar la humedad gravimétrica, la densidad del suelo y la profundidad muestreada, no mostró diferencias para las secuencias ni para las estrategias de barbecho (Figuras 4a y 4b).

Considerando las secuencias, el agua útil final (AUf), después de las estrategias de barbecho, resultó significativamente mayor bajo S3 y menor en S4, presentando valores intermedios en S1 y S2. Considerando las estrategias de barbecho: el agua útil final resultó significativamente

menor en el barbecho químico, no presentando diferencias entre las otras tres estrategias: compost, CCM y CCA (Figuras 5a y 5b).

El UC presentó diferencias significativas entre las secuencias, presentando mayor valor para las secuencias S2 y S4 y menor para S3. No presentó diferencias significativas entre los tratamientos con compost y con CC (Figuras 6a y 6b).

La biomasa aportada por el cultivo de cobertura resultó en promedio de 3.397,91 kg/ha y presentó diferencias estadísticamente significativas para las diferentes secuencias analizadas, siendo mayor en S4 y menor S1, mostrando un comportamiento intermedio en S2 y S3 (Figura 7a). Si bien no presentó diferencia significativa para los niveles de tecnología, tendió a ser mayor en el NTA (Figura 7b).

La EUA del CC resultó significativamente mayor en CCA (Figura 8).

### **Discusión**

El uso de manejos alternativos como compost y cultivos de cobertura en los barbechos en los actuales sistemas de producción constituyen una herramienta para mejorar la eficiencia de uso de los recursos (energía, agua, nutrientes), a la vez que proveen beneficios tales como atenuar procesos erosivos, recuperar materia orgánica, reciclar nutrientes, mejorar la condición física del suelo y disminuir la presión de malezas (Kruger y Quiroga, 2012).

Según la región y el tiempo que existe entre el secado y la siembra del próximo cultivo, la bibliografía indica que puede haber mayor humedad en el suelo acumulada a causa del cultivo de cobertura. Para Basanta et al, 2016 los cultivos de cobertura tienen como objetivo frenar la alta evaporación que es un factor principal de pérdida de agua en un lote y reasignar el agua que potencialmente se podría evaporar, al flujo transpiratorio de las plantas. O contrariamente, puede tener un costo hídrico por la transpiración del cultivo en crecimiento que luego genera menor disponibilidad de agua (Alvarez y Scianca, 2006; Baigorria & Cazorla, 2010; Bertolla et al., 2013). En nuestro trabajo hemos encontrado, para las condiciones climáticas de la zona durante el barbecho, que la utilización de compost y cultivo de cobertura conservaron más agua útil respecto al manejo tradicional, para el cultivo sucesor.

Por otro lado, Restovich y Andriulo (2013) consideran que diferentes especies utilizadas como cultivos de cobertura invernales permiten aumentar el periodo de ocupación del suelo mejorando la eficiencia de uso del agua y realizando un importante aporte de residuos, o biomasa al sistema (Basanta et al., 2013; Villamil et al., 2006). En nuestro ensayo el aporte de

residuos fue modificado por la secuencia de cultivos, siendo mayor en la secuencia S4, siguiéndole en orden decreciente S2, S3 y S1. Esto, muy probablemente, estuvo asociado a la mayor disponibilidad de nutrientes en dichas secuencias debido al menor rendimiento obtenido en las mismas en el año precedente (Voisin 2016; Voisin et al., 2016). A su vez la mayor producción de biomasa del CC en S4 y S2 estuvo asociada a su mayor UC y menor AUF. Considerando el nivel tecnológico, el CC resultó con mayor volumen de residuo en el NTA, lo que implicó una mejora en la EUA.

### Conclusiones

Los barbechos con residuos orgánicos y cultivos de cobertura aumentan el agua útil disponible para el cultivo sucesor respecto al uso de barbecho químico.

El cultivo de cobertura aporta diferente biomasa de acuerdo a la secuencia de cultivos en que se insertan y nivel tecnológico utilizado.

### Referencias bibliográficas

- Álvarez C., Scianca C. (2006). Cultivos de cobertura en Molisoles de la Región Pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre las propiedades edáficas. Jornada Profesional Agrícola, EEA INTA General Villegas. En: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2009/10/2-gral-villegas-cultivos-de-cobertura-en-molisoles-de-la-region-pampeana-aporte-de-carbono-e-influencia-sobre-prop-edaficas.pdf>, consulta: marzo 2017.
- Alvariño C. R. (2003). Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura. Revista CENIC Ciencias Químicas 36: 45-53.
- Baigorria T., Cazorla C. (2010). Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 31 de mayo-4 de junio, Rosario, Argentina. En: <http://agrolluvia.com/wp-content/uploads/2011/06/EFICIENCIA-DEL-USO-DEL-AGUA-POR-ESPECIES-UTILIZADAS-COMO-CULTIVOS-DE-COBERTURA.pdf>, consulta: marzo 2017.
- Basanta M., Giubergia J. P., Lovera E., Alvarez C., Martellotto E., Curto E., Viglianco A. (2008). Manejo del barbecho invernal y su influencia en la disponibilidad hídrica para el cultivo estival en un Haplustol de la Región Central de Córdoba. XXI Congreso

- Argentino de la Ciencia del Suelo. 13-16 mayo, San Luis, Argentina. Disponible en DVD.
- Basanta M., Álvarez C., Giubergia J. P., Lovera E. (2013). Cultivos de cobertura en sistemas de agricultura continua en la región central de Córdoba. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. De Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. (Eds.). INTA EEA Anguil, La Pampa, Argentina. pp. 50-57.
- Basanta M., Perrone J., Giordano E. (2016). Evaluación de especies de cultivos de cobertura en INTA Rafaela. Resultados 2015. En: Información Técnica de trigo y otros cultivos de invierno, campaña 2016. Publicación Miscelanea N° 131. INTA EEA Rafaela, Santa Fe, Argentina. pp. 75-82.
- Bertolla A., Baigorria T., Gómez D., Cazorla C., Cagliero M., Lardone A., Bojanich M., Aimetta B. (2013). Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. Contribuciones de los cultivos de coberturas a la sostenibilidad de los sistemas de producción. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. De Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. (Eds.). INTA EEA Anguil, La Pampa. pp. 158-164.
- Biolur (2013). Asociación para el fomento de la agricultura ecológica en Guipúzcoa. En: <http://www.ecoagricultor.com/foro/topic/biolur/>, consulta: marzo 2017.
- Caviglia O. P., Andrade F. H. (2010). Sustainable Intensification of Agriculture in the Argentinean Pampas. Capture and Use Efficiency of Environmental Resources. The Americas Journal of Plant Science and Biotechnology 3 (Special Issue 1): 1-8.
- Ceamse (2016). Residuos sólidos urbanos generados en la ciudad de La Plata. En: <http://www.ceamse.gov.ar>, consulta: marzo 2017.
- Etchegoyen J. (2011). Evaluación de la aptitud de los suelos para el cultivo de soja. Partido de Magdalena, Pcia de Buenos Aires. 1ra aproximación. Trabajo final de Carrera Ingeniería Agronómica. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. pp. 71.
- Flores C. C., Sarandón S. J. (2003). ¿Racionalidad económica versus sustentabilidad ecológica? El ejemplo del costo oculto de la pérdida de fertilidad del suelo durante el proceso de Agriculturización en la Región Pampeana Argentina. Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata 105 (1):52-67.
- Ghersa C. M. (2005). El cultivo de soja como motor de cambio en el agro pampeano.

- Congreso Mundo Soja. 23-24 junio, Buenos Aires, Argentina. pp. 15-22.
- Golabi Mohammad H., Denney M. J., Iyekar C. (2004). Use of composted organic wastes as alternative to synthetic fertilizers for enhancing crop productivity and agricultural sustainability on the tropical island of guam. 13th International Soil Conservation Organisation Conference. Julio, Brisbane. Conserving Soil and Water for Society: Sharing Solutions Paper No. 234.
- Ghulam S., Hussain N., Schmeisky H., Muhammad S. (2007). Use of compost an environment friendly technology for enhancing rice-wheat production in Pakistan Pak. *J. Bot.*, 39(5): 1553-1558.
- Kruger H. y Quiroga A. (2012). La “interfase suelo-atmósfera” y su valor estratégico en regiones semiáridas. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. De Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. (Eds.). INTA EEA Anguil, La Pampa. pp. 5-6.
- Mengo R. (2008). República Argentina: Impacto social, ambiental y productivo de la expansión sojera. En: <http://www.ecoportel.net/content/view/full/76397>, consulta: mayo 2011.
- Pengue W. (2001). Impactos de la expansión de la soja en Argentina. Globalización, desarrollo agropecuario e ingeniería genética: un modelo para armar. *Biodiversidad* 29:7-14. En: <http://www.axel.org.ar/articulos/nutricion/soja/pengue.pdf>, consulta: mayo 2011.
- Restovich S., Andriulo A. (2013). Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. En: Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. De Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. (Eds.). INTA EEA Anguil, La Pampa. pp. 29-35.
- Richard L. A. (1948). Porous plate apparatus for measuring moisture retention and transmission by soil. *Soil Science* 66:105-110.
- Tortosa, G. (2011). Materia orgánica en agricultura y los residuos orgánicos. En: <file:///E:/Proyecto%20Doctorado/Materia%20org%C3%A1nica%20en%20agricultura%20y%20los%20residuos%20org%C3%A1nicos%20-%20Compostando%20Ciencia.html>, consulta: agosto 2015.
- Villamil M. B., Bollero G. A., Darmody R. G., Simmons F. W., Bullock D. G. (2006). No-

Till corn/soybean systems including winter cover crops: Effects on soil properties. Soil Science Society of America. 70: 1936-1944.

Voisin A. (2016). Extracción y balance de nutrientes para el cultivo de trigo y para distintas secuencias en el área de influencia de la Facultad de ciencias agrarias y forestales. Trabajo final de grado. pp. 48.

Voisin A., Novillo B., Chamorro A., Bezus R., Pellegrini A., Golik S. (2016). Extracción y balance de nutrientes para trigo y distintas secuencias de cultivos en el área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. VIII Congreso Nacional de Trigo VI Simposio de Cereales de siembra Otoño- Invernal. II Reunión del Mercosur. 14 al 16 de Septiembre. Pergamino.

### Figuras

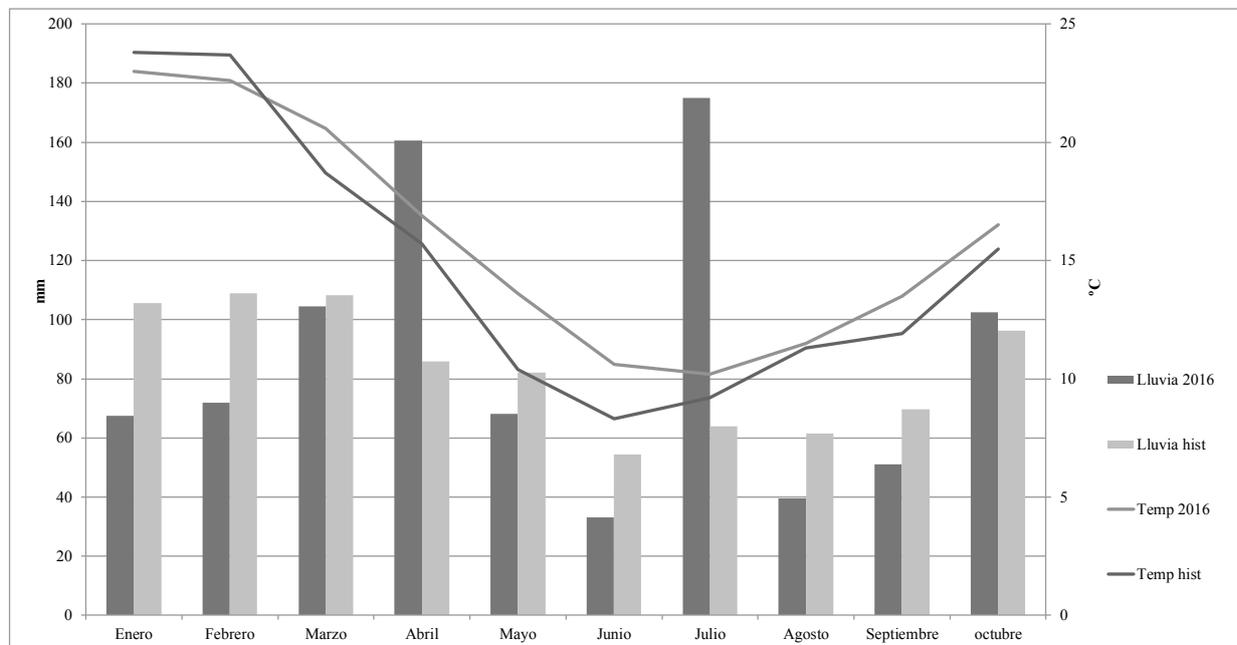
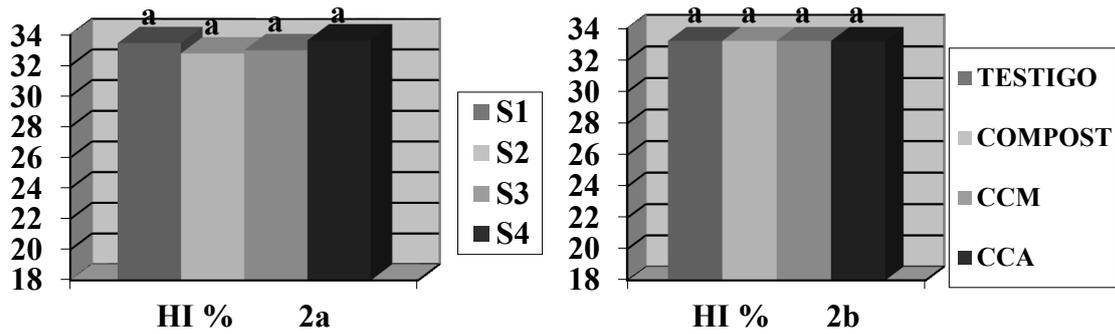
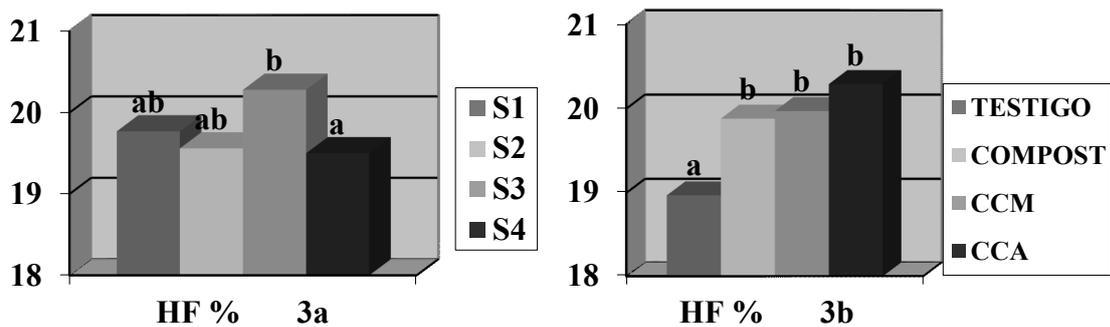


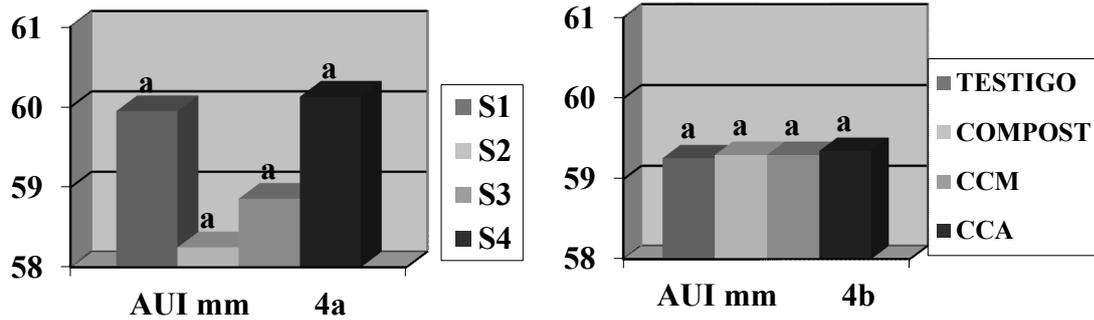
Figura 1: Datos climáticos, Estación Experimental J. Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).



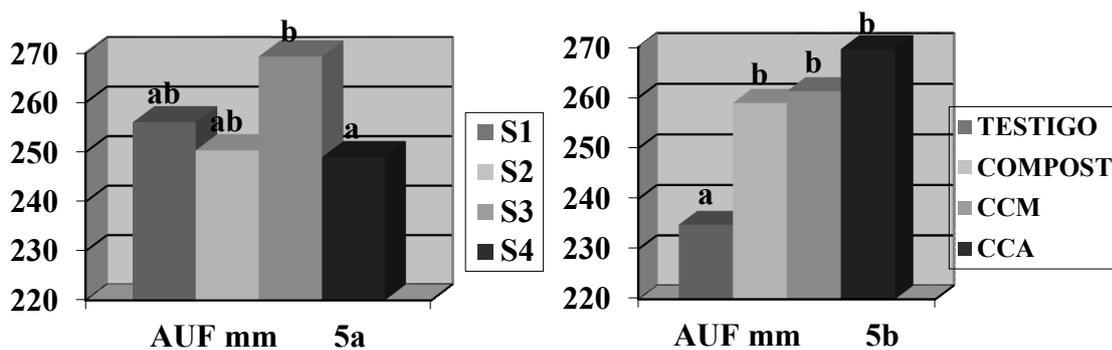
Figuras 2a: Humedad inicial, en %, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. 2b: humedad inicial, en %, bajo cuatro tratamientos de barbechos: testigo, compost, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).



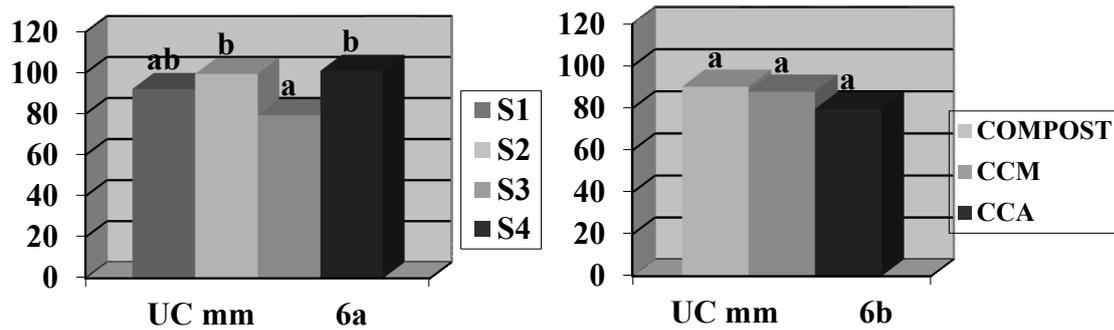
Figuras 3a: Humedad final, en %, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. 3b: humedad final, en %, bajo cuatro tratamientos de barbechos: testigo, compost, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).



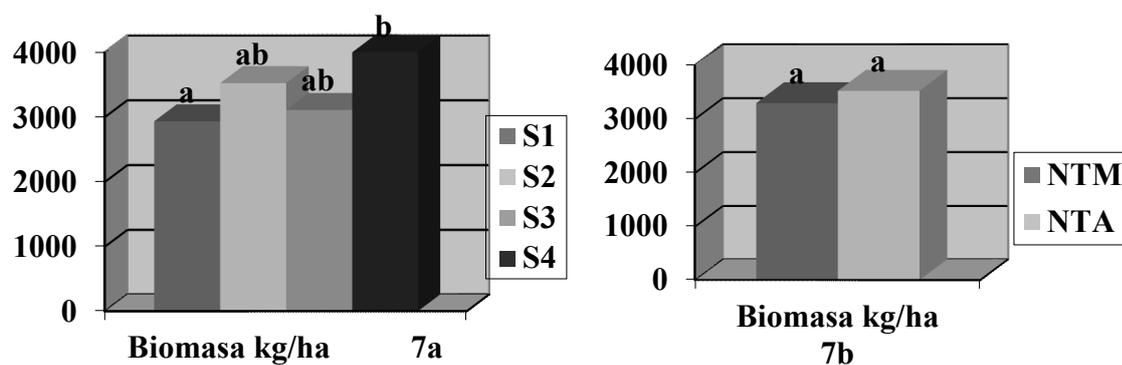
Figuras: 4a: agua útil inicial, en mm, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. 4b: agua útil inicial, en mm, bajo cuatro tratamientos de barbechos: testigo, compost, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Figuras: 5a: agua útil final, en mm, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. 5b: agua útil final (AUF), en mm, bajo cuatro tratamientos de barbechos: testigo, compost, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Figuras: 6a: uso consuntivo, en mm, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. 6b: uso consuntivo, en mm, bajo tres tratamientos de barbechos: compost, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).



Figuras: 7a: biomasa del cultivo de cobertura, en kg/ha, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. 7b: biomasa del cultivo de cobertura, en kg/ha, bajo cuatro tratamientos de barbechos: testigo, compost, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $P < 0,05$ ).

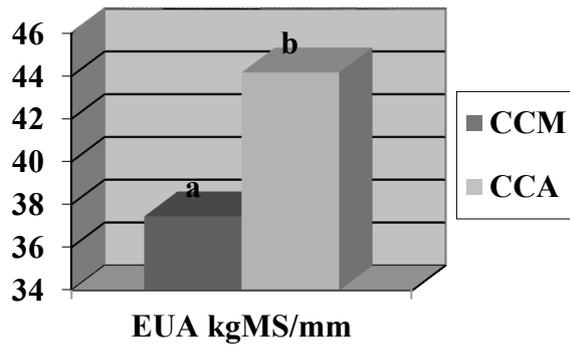


Figura 8: Eficiencia de uso del agua del cultivo de cobertura, en kgMS/mm, con nivel tecnológico medio (CCM) y con nivel tecnológico alta (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ).