

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS Y FORESTALES.
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA.



TRABAJO FINAL DE CARRERA

INGENIERÍA AGRONÓMICA.

**EFFECTO DE UN CULTIVO DE COBERTURA SOBRE LA
DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES Y DE AGUA PARA EL CULTIVO
SUCESOR EN DIFERENTES MANEJOS Y ROTACIONES**

Alumno: Aquilano, Franco Daniel

Nº de Legajo: 27043/6

DNI: 37344468

Dirección de correo electrónico: francoaquilano@hotmail.com

Teléfono: 02345-15-410998

Alumno: Simonetti, Agustín Mateo

Nº de Legajo: 27052/7

DNI: 37344565

Dirección de correo electrónico: pato-02-93@hotmail.com

Teléfono: 02345-15-429402

Director: Dra, Ing Agr. Silvina Golik

Co - Director: Ing Agr. Bárbara Novillo

Fecha de entrega: 13 de junio de 2018

INDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
HIPÓTESIS	7
OBJETIVO GENERAL.....	7
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	7
MATERIALES Y MÉTODOS	8
RESULTADOS.....	11
Contenido de P, N, y CO, en el suelo, para los tratamientos de barbechos	11
Biomasa y N aportado por el cultivo de cobertura.....	14
Eficiencia del uso del agua (EUA) del cultivo de cobertura	15
Contenido hídrico, en el suelo, para los tratamientos de barbechos	16
DISCUSIÓN	20
CONCLUSIONES.....	22
BIBLIOGRAFIA	23

RESUMEN

Una alternativa para atenuar los efectos de la monocultura sojera e incrementar la eficiencia de prácticas convencionales como el barbecho, reducir el consumo y uso de insumos costosos o nocivos (fertilizantes químicos) está dada por la inclusión de cultivos de cobertura (CC) entre dos cultivos estivales. En la E.E.J. Hirschhorn dependiente de la FCAyF (UNLP), en el año 2016 se realizó la implementación de un cultivo de cobertura (CC), cuyo objetivo general fue evaluar el efecto del mismo bajo dos niveles tecnológicos diferentes: medio (NTM) y alto (NTA), sobre el contenido de P, N, y CO y la disponibilidad de residuos, nitrógeno vegetal y agua para el cultivo sucesor. El CC estuvo compuesto por una mezcla de avena y vicia con una densidad de siembra de 50 kg/ha y 20 kg/ha respectivamente. Los resultados indicaron, que los porcentajes de P, N y CO posteriores a los barbechos no presentaron diferencias significativas entre secuencias ni para los niveles tecnológicos. Para la biomasa aportada, se halló diferencia significativa para las secuencias, siendo mayor en S4 (4016 kg/ha) y menor S1 (2937 kg/ha), mostrando un comportamiento intermedio en S2 y S3. No se halló diferencia significativa entre niveles tecnológicos (3295,5 kg/ha y 3522,6 kg/ha, para NTM y NTA respectivamente). Para el N aportado por dicha biomasa, los resultados no presentaron diferencia significativa entre niveles tecnológico (43,41 kg/ha para NTM y 43,53 kg/ha para NTA). Por último para el AUF disponible en el perfil para el próximo cultivo se halló diferencias significativas entre el testigo (234,9 mm) y los demás manejos (261,29 mm NTM y 269,63 mm NTA). La inclusión del cultivo del CC mejoró la disponibilidad de agua útil, adicionando también materia vegetal a partir del cual se irá liberando nitrógeno para el cultivo sucesor.

INTRODUCCIÓN

La evolución de los sistemas productivos en la Argentina viene registrando cambios hacia una agricultura continua, la cual ha producido un desplazamiento de la frontera agrícola hacia zonas tradicionalmente mixtas o ganaderas (Cruzate y Casas, 2009). Este proceso de agriculturización actual en el país se basó en el cultivo de la soja (Pengue, 2001). Esta oleaginosa ha venido creciendo a un ritmo cercano al millón de hectáreas anuales en los últimos años y se ha convertido en el cultivo por excelencia representando más del 50% del área sembrada de nuestro país y aportando un volumen mayor del 50% de la producción agrícola de la Argentina (Grobocopatel, 2013). De una producción de 31,5 millones de toneladas y 14,5 millones de hectáreas en 2003/2004, se pasó a 53,4 millones de toneladas y 19,8 millones de hectáreas en la campaña 2013/14 (SIIA, 2015).

La eficiencia productiva de la soja se basa en la sobreexplotación de la fertilidad que ofrece la pampa húmeda, que redundando 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 contraponen con un desarrollo agropecuario sustentable. Un modelo agrícola se considerará sustentable cuando sea económicamente viable, socialmente aceptable, suficientemente productivo, que conserve la base de recursos naturales y preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global (Sarandón, 2002).

Una alternativa para atenuar los efectos de la monocultura sojera e incrementar la eficiencia de prácticas convencionales como el barbecho y reducir el consumo y uso de insumos costosos o nocivos (fertilizantes químicos) está dada por la inclusión de cultivos de cobertura (CC) en la rotación.

Los CC son sembrados entre dos cultivos de cosecha y no son incorporados al suelo (a diferencia de los abonos verdes), pastoreados (a diferencia de los verdeos) o cosechados. Los

residuos de los CC quedan en superficie, liberando los nutrientes contenidos en la biomasa vegetal al descomponerse (Ruffo, 2004). Distintos objetivos pueden llevar a incorporar CC: 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; disminuir la temperatura superficial del suelo; limitar la presión de malezas y el uso de herbicidas; mejorar la captación de agua y reducir encharcamientos/encostramientos; mejorar la transitabilidad; reducir riesgos de salinización por ascenso capilar desde napas; ajustar la 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).

Los CC pueden ser incluidos en diferentes rotaciones de la Región Pampeana siendo más recomendable utilizar una leguminosa antes del maíz y una gramínea antes de la soja. La inclusión de una leguminosa (*Vicia villosa* por ejemplo) puede reducir el requerimiento de fertilizante nitrogenado. Una gramínea invernal (centeno o avena) es útil para absorber nitratos residuales (especialmente luego de años secos), aportar C e incrementar la cobertura del suelo (Ruffo y Parsons, 2004). En muchos casos también se usa una consociación de leguminosas y gramíneas (por ejemplo: avena y vicia). En general, al momento de secado del CC las leguminosas tienen una relación C/N más bajas que las gramíneas, por lo tanto su descomposición es más rápida aportando nitrógeno al cultivo siguiente en forma más ligera (Capurro *et al.*, 2010). El CC consume agua para su crecimiento, pero secado a tiempo genera mejores condiciones de captación y almacenaje, logrando similar lámina de agua útil a la siembra del cultivo sucesor sin afectar sus rendimientos (Klein, 2013). Puede funcionar, a su vez, como fuente de N captándolo durante el barbecho previo a un cultivo de verano hasta un

cultivo de invierno siguiente en la secuencia, reduciendo posibles pérdidas y mejorando el aprovechamiento del nutriente (Klein, 2013)

El área de influencia de la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, de la UNLP es amplia, abarcando varios partidos que no quedan exentos de la problemática planteada, principalmente 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), superficie equivalente a unas 73.000 hectáreas, lo cual da una idea de las posibilidades de crecimiento para el cultivo en el Partido. Todo indica que el avance de la soja en el Partido de Magdalena es inevitable. 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.

HIPÓTESIS

Los cultivos de cobertura resultan beneficiosos sobre la productividad de los cultivos sucesores, modificando la cantidad de nutrientes disponibles.

Los cultivos de cobertura modifican el agua útil disponible para el cultivo sucesor.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de cultivos de cobertura, bajo dos niveles tecnológicos sobre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y en la planta, rastrojo y agua para el cultivo sucesor.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar el efecto de los cultivos de cobertura, sobre los valores de carbono orgánico (CO, g/kg), nitrógeno total (Nt, %), fósforo (P, ppm) del suelo.
- Analizar los residuos y el nitrógeno aportados por los cultivos de cobertura.
- Analizar el efecto de los cultivos de cobertura sobre el uso consuntivo del agua y eficiencia del uso del agua.

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 y eventualmente aplicación de fungicida. Ambos manejos fueron conocidos a través de entrevistas a técnicos y productores locales. La diferencia entre ambos niveles tecnológicos, en el presente trabajo, se debió a los niveles de fertilización. En los cereales de invierno todas las parcelas fueron fertilizadas a la siembra con 50 kg/ha de fosfato diamónico y en macollaje, con 100 kg/ha de urea para el NTM y 140 kg/ha para el NTA. La colza sólo fue fertilizada en el NTA con 100 kg/ha de fosfato monoamónico enriquecido en azufre y 120 kg/ha de urea. La soja se fertilizó con 6 kg/ha Niebla (fertilizante foliar: 09-2,6-00, 5,5% de azufre). No se realizó aplicación de fungicidas porque no se dieron las condiciones y por lo tanto no se alcanzaron los umbrales necesarios para realizar un tratamiento. Tampoco se efectuaron aplicaciones para el control de plagas y malezas.

En 2016 en todas las secuencias, durante el tiempo transcurrido entre la cosecha de la soja 2º (21 de abril) y la siembra del maíz (4 de noviembre), sobre el NTM se realizaron dos tipos de barbechos: barbecho químico o tradicional: es el manejo habitualmente realizado por los productores de la zona, e inclusión de cultivos de cobertura (CCM). Sobre el NTA se realizó sólo 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 sub-muestras de 1m lineal por parcela, secado a 60°C hasta peso constante. También se determinó N acumulado en la biomasa (kg/ha), mediante el método de Kjeldahl y su posterior multiplicación por la biomasa correspondiente.

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, donde la parcela principal correspondió a las secuencias y la sub-parcela al tipo de barbecho.

Se tomaron muestras de suelo hasta los 70 cm 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 (HI y HF, respectivamente), por el método gravimétrico. A partir de ello se realizó el cálculo del 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, 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 restó 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. Las precipitaciones y temperaturas medias mensuales para el año 2016 e históricas (Temp. Serie: 1969 – 2009; Precip. Serie: 1964 – 2009) fueron obtenidas de la Estación Meteorológica de la Estación Experimental J. Hirschhorn.

También se determinó: Carbono fácilmente oxidable (CO), método de Walkley – Black modificado; Materia orgánica (coef. utilizado: 1,724); nitrógeno total (Nt) por digestión húmeda y destilación Kjeldahl (SAMLA. 2004) y fósforo (Bray Kurtz 1 modificado, IRAM-SAGyP 29570-1).

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 (InfoStat, 2010). Se analizaron los factores principales y sus interacciones.

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. La temperatura media mensual resultó inferior a la histórica durante los meses de enero y febrero, presentando el resto de los meses temperaturas superiores a la misma (Figura 1).

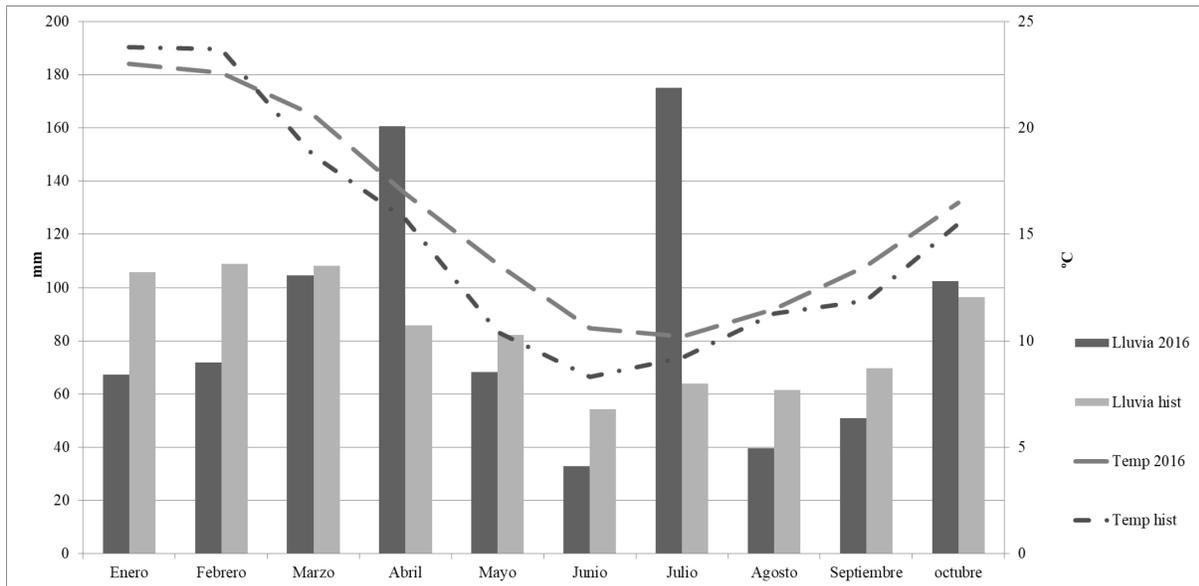


Figura 1: Datos climáticos, Estación Experimental J. Hirschhorn, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (UNLP).

Contenido de P, N, y CO, en el suelo, para los tratamientos de barbechos

El contenido de P, N y CO, previo a los tratamientos de barbechos no difirió significativamente entre secuencias, ni entre niveles de tecnología (Tabla 1).

Tabla 1. Contenido de P, N y CO, en el suelo previo a la realización de los barbechos.

TRATAMIENTO	P (ppm)	N (%)	CO (g.kg ⁻¹)
Secuencias			
S1	36,4 a	0,210 a	19,7 a
S2	36,9 a	0,220 a	19,8 a

S3	43,8 a	0,230 a	20,0 a
S4	40,0 a	0,220 a	20,3 a
Tecnología			
NTA	41,0 a	0,220 a	20,1 a
NTM	37,6 a	0,220 a	19,8 a

Medias seguidas por la misma letra, para cada columna, no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

El contenido de P posterior al barbecho no presentó diferencias significativas para las secuencias analizadas (Figura 2a) ni para los tratamientos de barbecho (Figura 2b).

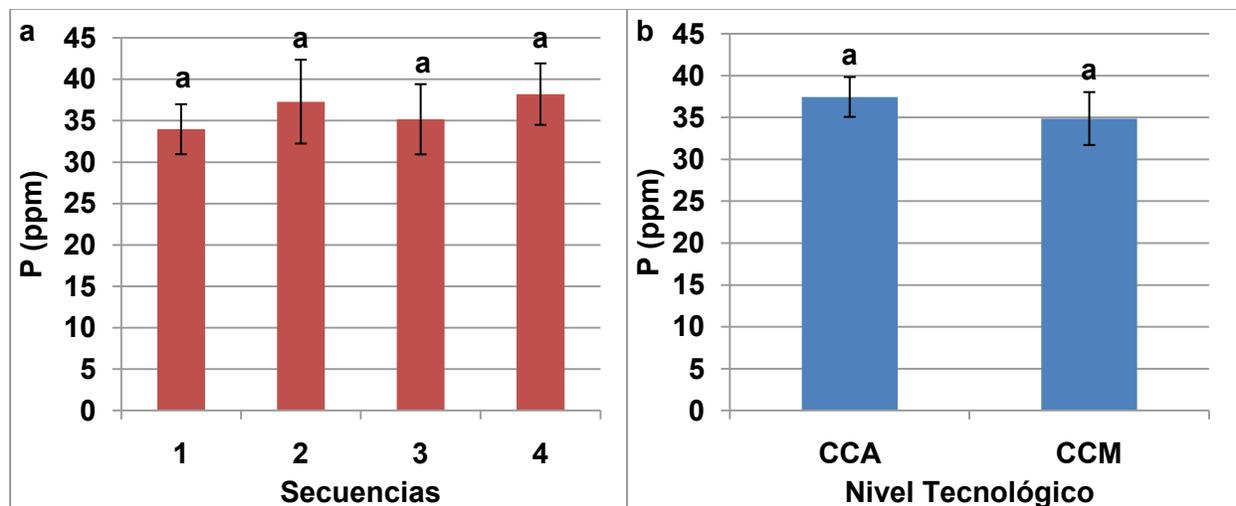


Figura 2. a: contenido de P (ppm) post barbecho, para cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** contenido de P (ppm) post barbecho, bajo dos tratamientos de barbechos: cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

El contenido de N posterior al barbecho no presentó diferencias significativas para las secuencias analizadas (Figura. 3a) ni para los tratamientos de barbecho (Figura 3b). El promedio para las secuencias fue de 0,19 %.

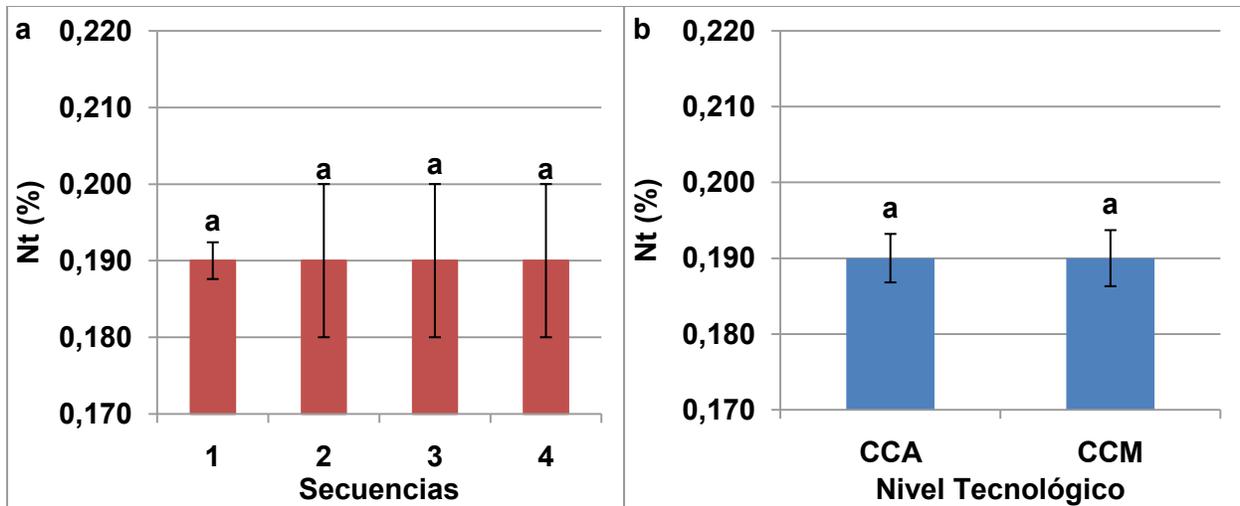


Figura 3. a: contenido de N (%) post barbecho, para cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** contenido de N (%) post barbecho, bajo dos tratamientos de barbecho: cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

El contenido de CO post barbecho no presentó diferencias significativas para las secuencias estudiadas (Figura 4a). Para los barbechos tampoco hubo diferencias significativas entre tratamientos (Figura 4b).

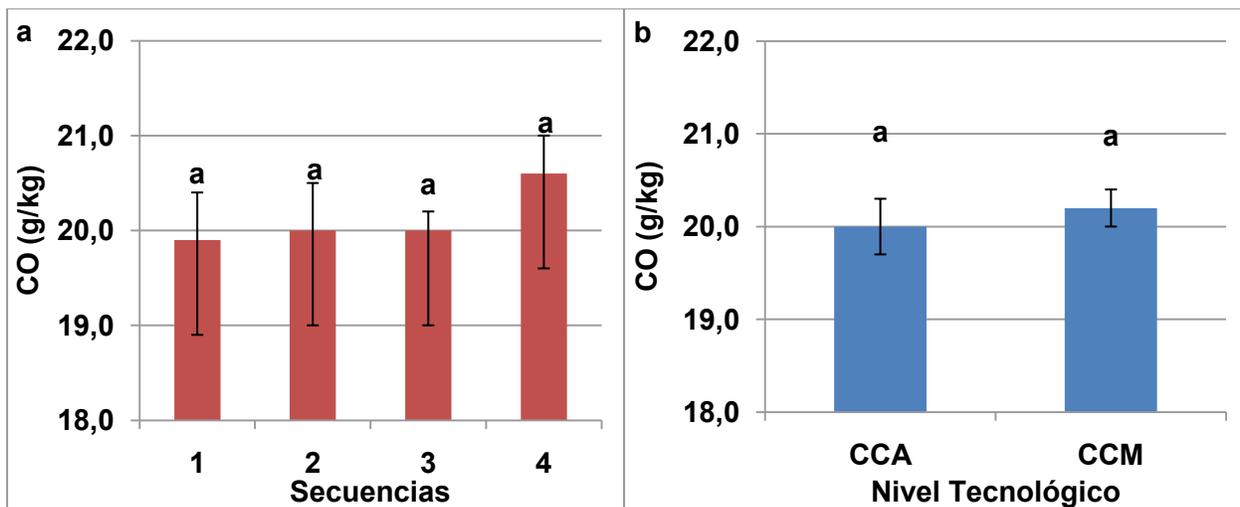


Figura 4. a: contenido de CO (g/kg) post barbecho, para cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** contenido de CO (g/kg) post barbecho, bajo dos tratamientos de barbechos: cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

Biomasa y N aportado por el cultivo de cobertura

La biomasa aportada por el cultivo de cobertura resultó en promedio de 3.397,91 kg/ha y presentó diferencias estadísticamente significativas entre secuencias (Figura 5a), siendo mayor en S4 (4016 kg/ha) y menor S1 (2937 kg/ha), mostrando un comportamiento intermedio en S2 y S3. Si bien no presentó diferencia significativa para los niveles de tecnología (Figura 5b), tendió a ser mayor en el NTA.

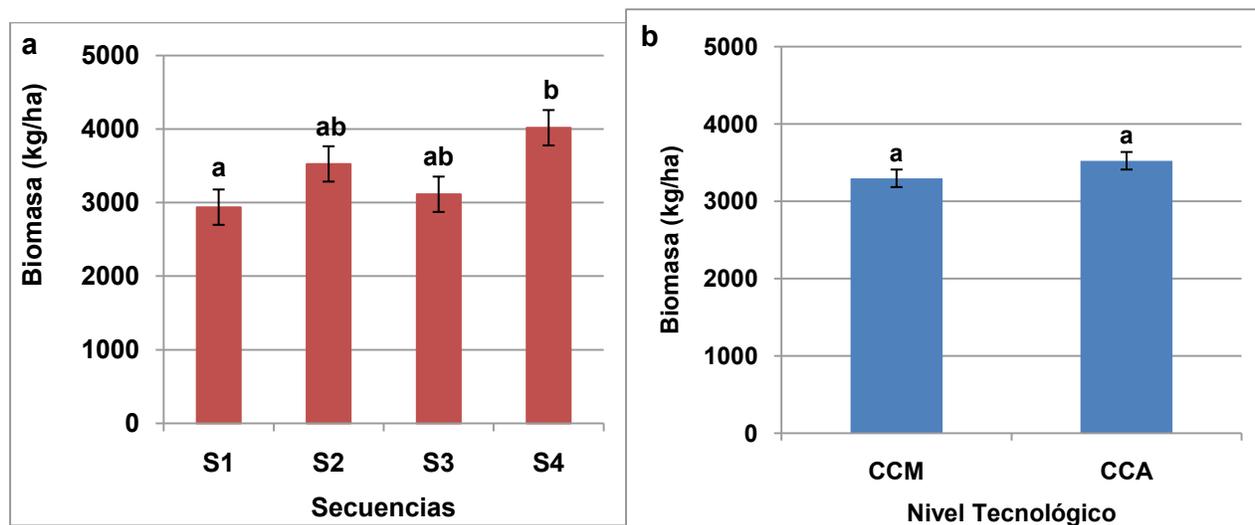


Figura 5. a: Biomasa del cultivo de cobertura, en kg/ha, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** biomasa del cultivo de cobertura, en kg/ha, bajo dos tratamientos de barbechos: cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

La cantidad de N en kg/ha acumulada en la biomasa, si bien no presentó diferencias significativas para las secuencias (Figura 6a), tendió a ser mayor en la S4, que fue la que aportó mayor biomasa. No hubo diferencias entre niveles tecnológicos (Figura 6b).

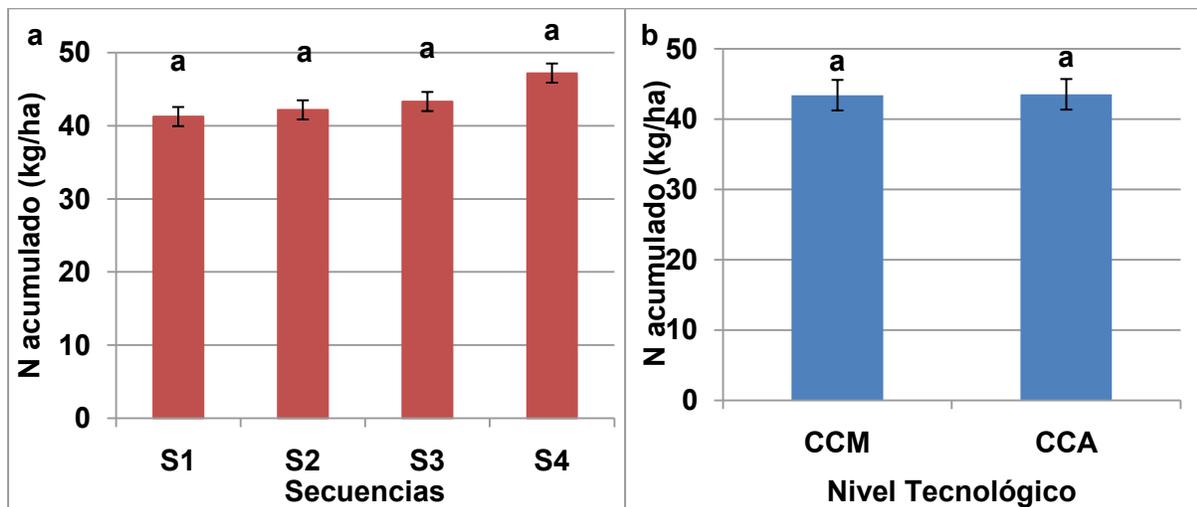


Figura 6. a: N acumulado por el cultivo de cobertura, en kg/ha, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** N acumulado por el cultivo de cobertura, en kg/ha, bajo dos tratamientos de barbechos: cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P > 0,05$).

Eficiencia del uso del agua (EUA) del cultivo de cobertura

La EUA del CC para los niveles tecnológicos presentó diferencias significativas, siendo mayor en CCA (44,18 kg MS/mm) (Figura 7).

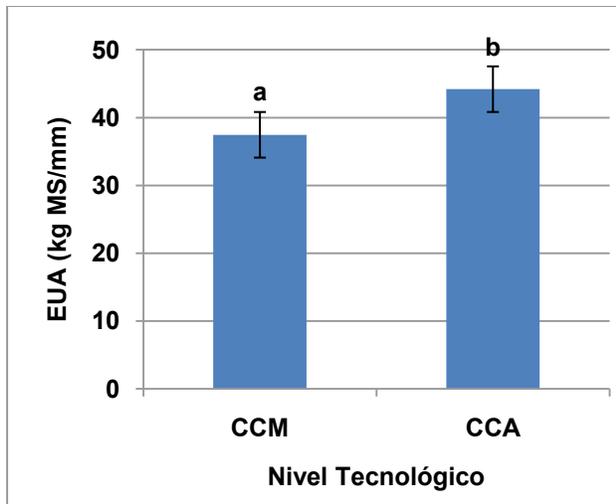


Figura 7: Eficiencia de uso del agua del cultivo de cobertura (EUA), en kg MS/mm, con nivel tecnológico medio (CCM) y con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($p > 0,05$).

Contenido hídrico, en el suelo, para los tratamientos de barbechos

La HI no presentó diferencias significativas para las secuencias estudiadas (Figura 8a) ni para los tratamientos de barbechos (Figura 8b), promediando 33,23 %.

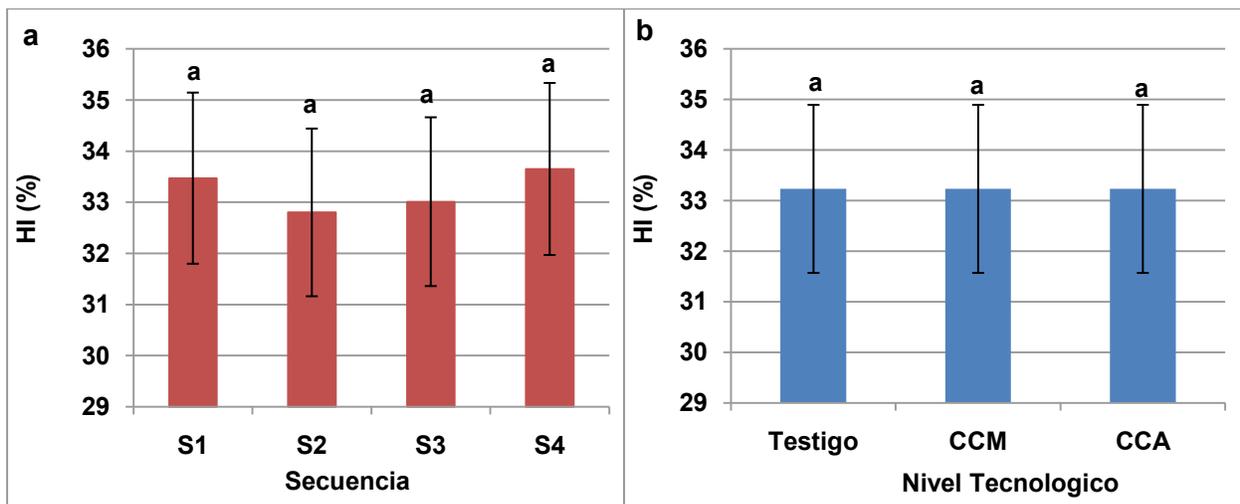


Figura 8. a: Humedad inicial, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** Humedad inicial bajo tres tratamientos de barbechos: Testigo, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P > 0,05$).

La HF presentó diferencias significativas para las secuencias (Figura 9a), siendo el mayor valor para S3 y el menor para S4, mostrando valores intermedios en S1 y S2. También hubo diferencias significativas para los tratamientos de barbecho (Figura 9b) donde la humedad final resultó menor en el barbecho químico y mayor en los otros tratamientos, CCM y CCA.

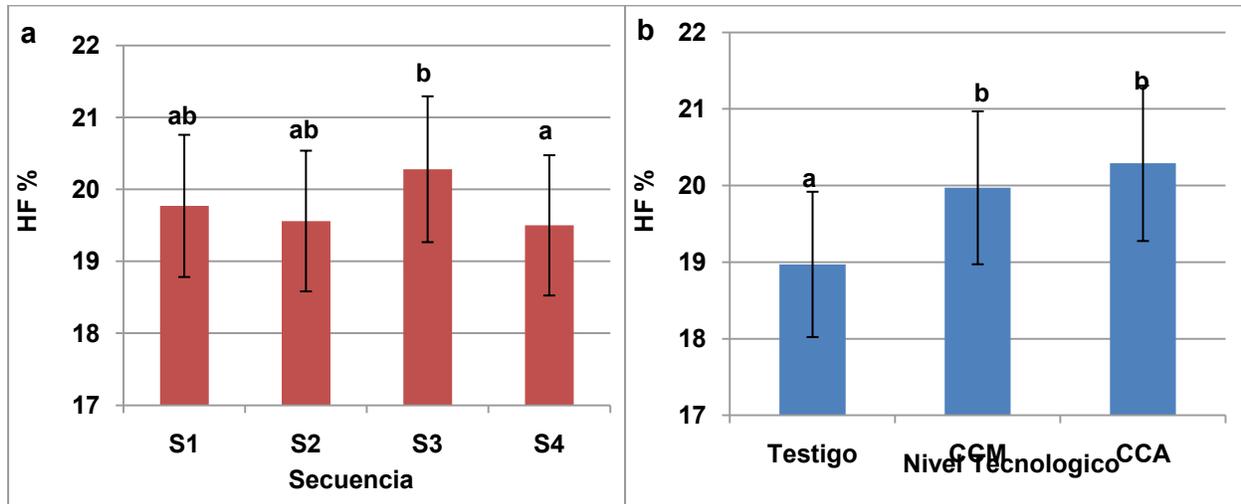


Figura 9. a: Humedad final, en %, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** humedad final bajo tres tratamientos de barbechos: Testigo, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P > 0,05$).

El AUi registrada al comienzo del barbecho, que surge de considerar la humedad gravimétrica, la densidad del suelo y la profundidad muestreada, no presentó diferencias para las secuencias (Figura 10a) ni para las estrategias de barbecho (Figura 10b).

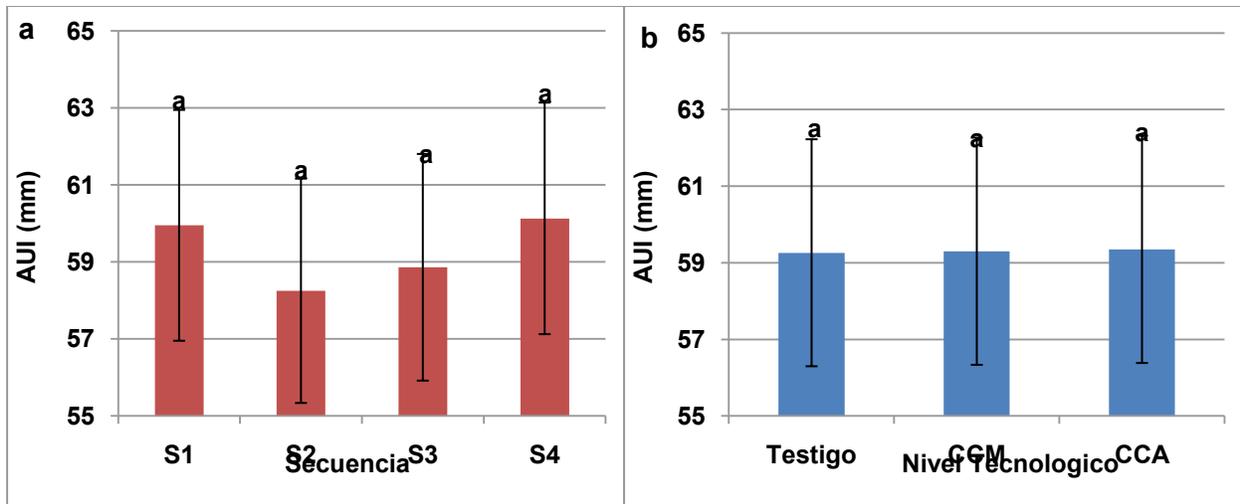


Figura 10. a: agua útil inicial, en mm, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** agua útil inicial bajo tres tratamientos de barbechos: Testigo, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

Considerando las secuencias, el AUF, después de las estrategias de barbecho, resultó significativamente mayor bajo S3 y menor en S4, presentando valores intermedios en S1 y S2 (Figura 11a). Considerando las estrategias de barbecho resultó significativamente menor en el testigo, no presentando diferencias entre las otras estrategias: CCM y CCA (Figura 11b).

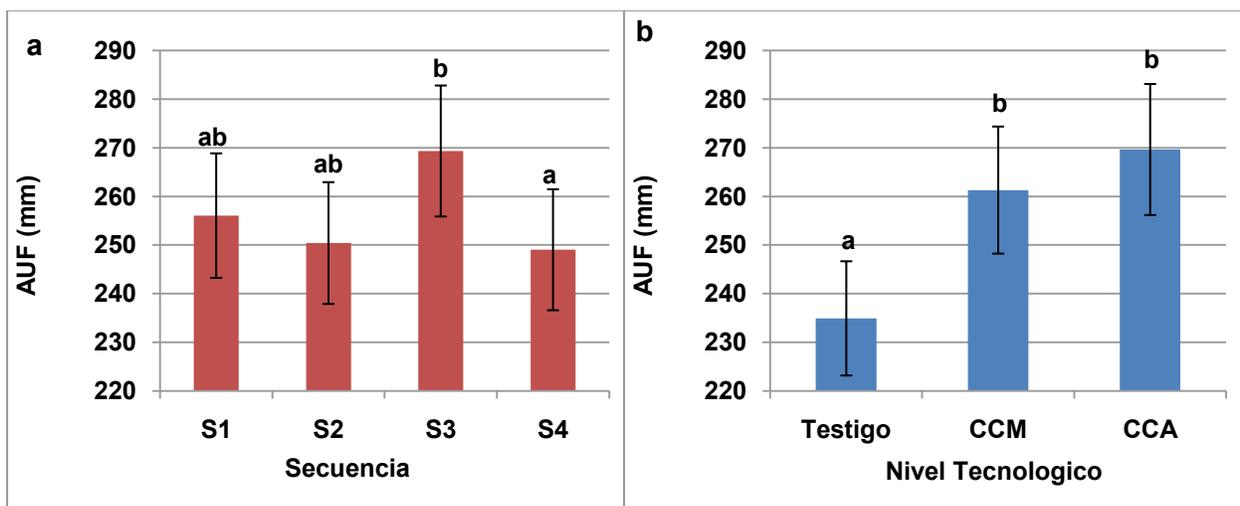


Figura 11. a: agua útil final, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** agua útil final (AUF), en mm, bajo tres tratamientos de barbechos: Testigo, cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

El UC presentó diferencias significativas entre las secuencias (Figura 12a), presentando mayor valor para las secuencias S1, S2 y S4 y menor para S3. No presentó diferencias significativas entre los tratamientos con CC (Figura 12b).

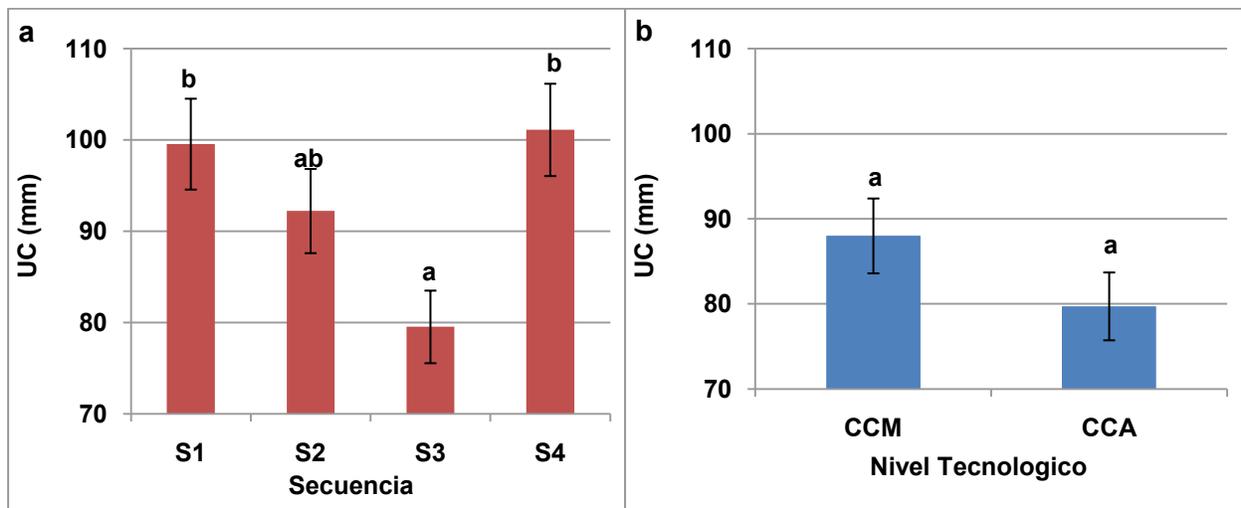


Figura: 12a: uso consuntivo, en mm, bajo cuatro secuencias de cultivos: S1, S2, S3 y S4. **b:** uso consuntivo bajo dos tratamientos de barbechos: cultivo de cobertura con nivel tecnológico medio (CCM) y cultivo de cobertura con nivel tecnológico alto (CCA). Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente según la prueba de Tukey ($P>0,05$).

DISCUSIÓN

El uso de manejos alternativos como 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).

Los contenidos en el suelo de P, Nt y CO posteriores a los barbechos no presentaron diferencias significativas para las secuencias estudiadas ni para los niveles tecnológicos.

La liberación de los nutrientes, a partir del cultivo de cobertura, se pondrá a disposición para el cultivo sucesor a medida que ocurra la mineralización. La tasa de descomposición de los CC depende de su naturaleza (composición química, relación C/N), de su volumen, de la fertilidad del suelo, del manejo de la cobertura y de las condiciones climáticas, principalmente precipitaciones y temperaturas. (Julca-Otiniano *et al.*, 2006). Por ende es de esperar que el efecto positivo sobre los nutrientes del suelo se dé en el tiempo, a medida que sus rastrojos se vayan descomponiendo.

El volumen de biomasa que aporta el CC depende en gran medida de la especie y del cultivar utilizado. En nuestro estudio se utilizó una mezcla de avena y vicia, mostrando diferencias significativas en el aporte de biomasa solo para las diferentes secuencias no siendo así para los niveles tecnológicos. Al respecto, Duval *et al.* (2016) informaron que la producción de biomasa de gramíneas (Trigo y Avena) fue superior al de una leguminosa (Vicia), al igual que los resultados obtenidos por otros autores (Neal *et al.*, 2011; Restovich *et al.*, 2012) donde las gramíneas duplicaron en producción a la leguminosa. En nuestro trabajo, a pesar de obtener mayor cantidad de biomasa en la S4 no se lograron producir diferencias significativas en el aporte de C al suelo. El contenido de nitrógeno en el suelo no presentó diferencias significativas para los diferentes barbechos ni para los tratamientos. Resultados similares encontraron

Fernández *et al.* (2005) siendo las diferencias no significativas entre tratamientos en los contenidos de N en el suelo, sin embargo los tratamientos con CC secuestraron una importante cantidad de N orgánico evitando de esta manera la lixiviación a capas profundas y que podría ser mineralizado durante el ciclo del cultivo de verano. En relación al P las diferencias tampoco fueron significativas, no obstante Frasier *et al.* (2009) encontraron diferencias en el aporte de P entre un CC fertilizado y CC testigo (sin fertilizar).

Sobre el agua útil, en el presente trabajo se ha encontrado que para las condiciones climáticas de la zona durante el barbecho entre la soja 2º y el maíz, que la utilización de cultivo de cobertura conservo más agua útil respecto al manejo tradicional, para el cultivo sucesor. Según Torre (2004), los residuos en la superficie del suelo además de reducir la cantidad de radiación solar directa que llega al suelo, reflejan mayor cantidad de radiación a la atmósfera, ya que el manto vegetal suele tener un albedo superior al del suelo desnudo, lo que permite disminuir las pérdidas de agua por evaporación.

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 y Cazorla, 2010; Bertolla *et al.*, 2013).

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. Realizando, además, un importante aporte de residuos

al sistema (Villamil *et al.*, 2006; Basanta *et al.*, 2013). En nuestro ensayo el aporte de residuos del CC 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 menor extracción de nutrientes en S4, debido a su bajo índice de cosecha en el año precedente (Voisin *et al.*, 2016) y por ende una mayor disponibilidad de los mismos para el cultivo de cobertura. La alta producción de biomasa por parte de estos trae aparejada beneficios sobre el suelo, como lo encontrado por Scianca *et al* (2007) quienes demuestran que los CC pueden producir altos volúmenes de biomasa, logrando con esto mejorar la cobertura superficial del suelo y balance de carbono, aportando además otros nutrientes que son capturados por la planta y liberados en formas orgánicas (rápida liberación) dependiendo especialmente del estado fenológico en el cual sea cortado su ciclo y de la elección de la especie.

A su vez la mayor producción de biomasa del CC en S4 estuvo asociada a su mayor UC y menor AUF. Considerando el nivel tecnológico, el CC resultó con mayor volumen de residuos en el NTA, lo que implicó una mejora en la EUA. Estos resultados son concordantes con los hallados por Baigorria y Cazorla (2010), para el mismo CC, sobre un suelo *Argiudol típico* en la provincia de Córdoba bajo condiciones de buena disponibilidad hídrica.

CONCLUSIONES

Los contenidos en el suelo de P, Nt y CO no se vieron modificados por la realización de los cultivos de cobertura bajo diferentes niveles tecnológicos.

El agua útil disponible para el cultivo sucesor se vio modificada, siendo mayor cuando se realizó un CC respecto al uso de un barbecho químico.

BIBLIOGRAFIA

- ✓ Álvarez, C. & C. Scianca. 2006. "Cultivos de cobertura en Molisoles de La Región Pampeana. Aporte de carbono e influencia sobre las propiedades edáficas". Día de Campo EEA INTA Villegas. Jornada Profesional Agrícola 2006..
- ✓ Baigorria, T. & C. Cazorla. 2010. "Eficiencia del uso del agua por especies utilizadas como cultivos de cobertura". Actas XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario. Vol 31.
- ✓ Basanta, M., C. Álvarez, J.P. Giubergia & E. Lovera. 2013. Cultivos de cobertura en sistemas de agricultura continúa en la región central de Córdoba. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Eds. Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. INTA EEA Anguil, La Pampa, Argentina. pp. 5
- ✓ Basanta, M., J. Perrone & E. Giordano. 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., T. Baigorria, D. Gómez, C. Cazorla, M. Cagliero, A. Lardone, M. Bojanich & B. Aimetta. 2013. Bases para el manejo de vicia como antecesor del cultivo de maíz. 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.
- ✓ Capurro, J., J. Surjack, J. Andriani, M.J. Dickie & M.C. González. 2010. Evaluación de distintas especies de cultivos de cobertura en secuencias soja-soja en el área sur de la provincia de Santa Fe. Informaciones Agronómicas del Cono Sur (IPNI) 47:13-15.

- ✓ Cruzate, G.A. y R. Casas. 2009. Extracción de nutrientes en la Agricultura Argentina. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. N° 44: 21-26.
- ✓ Duval M.E., J.A. Galantini, J.E. Capurro & J.M. Martinez. 2016. Winter cover crops in soybean monoculture: Effects on soil organic carbon and its fractions. *Soil Till. Res.* 161, 95-105.
- ✓ De Sá Pereira, E., J. Galantini & A. Quiroga. 2017. Calidad de cultivos de cobertura en sistemas de siembra directa del sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 2017, vol. 35, N° 2, p. 337-350.
- ✓ 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. 71pp.
- ✓ Fernández, R., D. Funaro & A. Quiroga. 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. Aspectos del manejo de los suelos en sistemas mixtos de las regiones semiárida y subhúmeda Pampeana. Anguil: Ediciones INTA. Boletín de divulgación técnica N° 87, pp.25- 31
- ✓ Frasier, I., R. Fernández & A. Quiroga. 2009. Valoración de especies invernales como cultivos de cobertura. *Sistemas Productivos Sustentables, Fósforo, Nitrógeno y Cultivos de Cobertura*. Bahía Blanca. 10 y 11 de agosto.
- ✓ Julca-Otiniano, A., L. Meneses-Florián, R. Sevillano & S. Bello-Amez. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *IDESIA (Chile)* Vol. 24 N° 1; 49-61.

- ✓ Grobocopatel, G. 2013. Telam: informes especiales. Disponible en <http://www.telam.com.ar/informes-especiales/1-soja-y-poder-economico/2-el-negocio>. Ultimo acceso: Mayo 2018.

- ✓ Klein, F.R. 2013. Cultivos de cobertura: un puente para el nitrógeno. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS) (IPNI) 11:20-26.

- ✓ Kruger, H. & A. Quiroga. 2012. La “interface suelo-atmósfera” y su valor estratégico en regiones semiáridas. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. INTA EEA Anguil. Cap. 01, pág. 5 y 6.

- ✓ Mengo, R. 2008. República Argentina: Impacto social, ambiental y productivo de la expansión sojera. Disponible en: https://www.ecoportel.net/temas-especiales/desarrollo-sustentable/republica_argentina_impacto_social_ambiental_y_productivo_de_la_expansion_sojera/. Ultimo acceso: Junio 2018.

- ✓ 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.

- ✓ Restovich, S. & A. Andriulo. 2013. Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M. (Eds.). INTA EEA Anguil, La Pampa. pp. 29-35.

- ✓ Ruffo, M.L. & A.T. Parsons. 2004. Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. Informaciones Agronómicas del Cono Sur, N° 21.

- ✓ Sarandón, S.J. 2002. El desarrollo y uso de indicadores para evaluar la sustentabilidad de los agroecosistemas. Cap. 20: 393-414. Agroecología. El camino hacia una agricultura sustentable. SJ Sarandón (Editor). Ediciones Científicas Americanas. Argentina.
- ✓ Scianca, C., C. Álvarez, M. Barraco & A. Quiroga. 2007. Cultivos de cobertura: aporte de nutrientes y rastrojo de las diferentes especies. Memoria Técnica 2006-2007, EEA General Villegas, Publicaciones regionales. pp. 13-15.
- ✓ SIIA. 2015. Sistema Integrado de Información Agropecuaria. MinAgri. Disponible en: <http://www.sii.gov.ar/apps/sii/estimaciones/estima2.php>. Ultimo acceso: Mayo 2018.
- ✓ Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMLA). 2004. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina. Dirección de Producción Agrícola.
- ✓ Torre, P.F. 2004. Estudio de la influencia del manejo del suelo en el régimen térmico de los Vertisuelos de la Vega de Carmona. Año 2 N° 2. CAREL. 403-423.
- ✓ Villamil, M. B., G.A. Bollero, R.G. Darmody, F.W. Simmons & D.G. Bullock. 2006. No-Till corn/soybean systems including winter cover crops: Effects on soil properties. Soil Science Society of America. 70: 1936-1944.
- ✓ Voisin, A., B. Novillo, A. Chamorro, R. Bezus, A. Pellegrini & S. Golik. 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.