

Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales

Universidad Nacional de La Plata



Trabajo Final

Título:

Enmiendas orgánicas y cultivo de cobertura: su impacto sobre la biomasa y componentes del rendimiento en el cultivo de soja

Modalidad: Una investigación en cualquiera de los campos de las Ciencias Agrarias y Forestales. Área temática: Producción de granos - Alternativas productivas

Alumno: Albamonte, Leandro Gabriel.

Legajo: 26551/9

DNI: 36036326

E-mail: leandro.albamonte@gmail.com

Director: Ing. Agr. Voisin Axel Iván

Co-director: Dr. Ing. Agr. Golik Silvina Inés

Fecha entrega: 21/03/2023

ENMIENDAS ORGÁNICAS Y CULTIVO DE COBERTURA: SU IMPACTO SOBRE LA BIOMASA Y COMPONENTES DEL RENDIMIENTO EN EL CULTIVO DE SOJA

INDICE

RESUMEN	3
INTRODUCCIÓN	4
HIPÓTESIS	7
OBJETIVO	7
MATERIALES Y METODOS	8
Sitio experimental y tratamientos	8
Manejo del cultivo de soja.....	9
Condiciones ambientales	10
Evaluaciones	10
Análisis estadístico	11
RESULTADOS.....	11
Caracterización climática	11
Producción de biomasa, agua útil y costo hídrico del cultivo de cobertura	13
Biomasa, rendimiento y componentes numéricos en el cultivo de soja	14
DISCUSIÓN	17
CONCLUSION:	21
BIBLIOGRAFÍA	22

RESUMEN

La soja reviste una gran importancia para la economía argentina. Su cultivo en sistemas simplificados ha generado impactos de índole ecológica, entre ellos en el recurso suelo. Por esto es necesario buscar alternativas que permitan realizar este cultivo de manera sustentable. En este trabajo se evaluó el comportamiento del cultivo de soja como último componente en dos secuencias de cultivos (S1: trigo/soja²°-soja-soja; S2: cebada/soja²°- maíz- soja) manejadas con cultivos de cobertura (vicia+avena) y con la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas (compost cama de pollo, compost cama de caballo y lombricompost de residuos sólidos urbanos). La aplicación de diferentes enmiendas orgánicas mejoró la producción de biomasa. El tratamiento con residuos sólidos urbanos fue el de mejor comportamiento, logrando los mayores rendimientos asociados a un mayor número de granos. Las enmiendas cama de pollo y cama de caballo, presentaron una tendencia a mejorar los rendimientos sin diferenciarse del testigo. Los cultivos de cobertura produjeron un costo hídrico, pero realizaron un importante aporte de biomasa al sistema. Bajo las condiciones de este estudio la reducción hídrica por los cultivos de cobertura no impactó sobre la producción de biomasa seca total y rendimiento del cultivo de soja. Las enmiendas orgánicas serían un recurso valioso para mejorar el rendimiento, aportar carbono y nutrientes para reemplazar la fertilización mineral. Los cultivos de cobertura, bajo las condiciones de este ensayo, permitirían aprovechar recursos durante el invierno sin generar un impacto negativo en los rendimientos del cultivo de soja.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de soja (*Glycine max* Merr. (L.)) representa una fuente importante de proteína y aceite en el mundo. Del procesamiento industrial se obtienen diferentes productos como aceite de soja bruto y refinado, harinas, pellets y expellers, biodiesel, glicerol, lecitina y otros residuos sólidos extraídos del aceite (Paolilli et al., 2019). A nivel mundial, en los últimos 5 años la producción de soja fluctuó entre 335 a 360 millones de toneladas aproximadamente, siendo Estados Unidos, Brasil y Argentina los países que concentran más del 80% de la producción (FAOSTAT, 2022).

En Argentina este cultivo reviste una gran importancia para la economía, ya que es uno de los productos que provee mayores ingresos de divisas (Ybran & Lacelli, 2016) pero también es el cultivo que dominó en el proceso de agriculturización que se ha producido en las últimas décadas. Este proceso se ha caracterizado por un marcado incremento en el área sembrada de cultivos, el corrimiento de la frontera agropecuaria, las tecnologías de insumos, y la no contemplación de externalidades en cuanto a aspectos ambientales y sociales (Andrade et al., 2017). Se ha generado una agriculturización de los sistemas mixtos, con el consiguiente corrimiento e intensificación de la actividad ganadera hacia zonas marginales y hacia ambientes confinados (Oesterheld, 2008).

Tal es así que en Argentina la producción de este cultivo pasó de 3,7 millones de toneladas en la campaña 1980/81 a 59 millones en 2015/16 en la que representó cerca del 50% de la producción de cereales y oleaginosas. En tanto que la superficie de siembra llegó en 2015/16 a más de 20 millones de ha, lo que representa más de la mitad del área de siembra destinada a los cultivos para grano. En las últimas campañas la superficie de siembra tendió a la baja, cercana a 17 millones de ha. (MAGyP, 2022) aumentando la superficie los principales cereales (maíz y trigo), debido a diversos factores como precios internacionales, márgenes brutos, relación insumo/producto, mejor comportamiento del maíz a la falta de agua, entre otros (Bolsa de Comercio de Rosario, 2021).

El modelo de agricultura, ha generado aumentos en los rendimientos, pero a la vez ha provocado diversos problemas de índole ecológicos. La degradación de suelos es uno de los principales inconvenientes, ya que es un recurso no renovable en escala de tiempo humana y conlleva a una reducción de los bienes y servicios que pueden brindarnos los agroecosistemas (Karlen & Rice, 2015; Lal, 2015)

El predominio del cultivo de soja en la región pampeana impacta en los niveles de materia orgánica (MO) de los suelos, dificultando su mantenimiento. Una de las razones usualmente esgrimidas para justificar este fenómeno es la menor biomasa aportada por este cultivo en relación al maíz o al doble cultivo trigo/soja, sumado a la mayor tasa de descomposición de sus residuos debido a su menor relación carbono/nitrógeno (Rimski-Korsakov et al., 2016). La materia orgánica (MO) del suelo, es un factor clave en la calidad del mismo, además de ser fuente de nutrientes, afecta sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Martínez et al., 2008; Lal, 2015). En la región pampeana argentina, la pérdida de MO es en promedio del 27 %, pero alcanza valores superiores al 50 % en aquellos suelos con prolongada historia agrícola (Sainz Rozas et al., 2019; 2011).

Paralelamente a la disminución de la MO, los suelos han reducido los niveles de disponibilidad de fósforo (P), zinc (Zn), calcio (Ca) y cationes intercambiables, y han aumentado su acidez (Sainz Rozas et al., 2019; 2011). Si bien en Argentina los niveles de fertilización han aumentado considerablemente, los balances de nutrientes fueron históricamente negativos y aún siguen siendo deficitarios. Esto quiere decir que los aportes vía fertilizantes no alcanzan a cubrir las extracciones que se realizan con las cosechas, implicando un empobrecimiento continuo de nutrientes (Casas & Cruzarte, 2021; Abbona, 2017; Cruzarte & Casas, 2017).

Cuando la soja domina en los esquemas de rotación, aun aprovechando la capacidad de fijación biológica de nitrógeno (N), los balances nitrogenados son negativos (Berardo, 2004; Cordone y Martínez, 2004). Esto se debe también a que no se realizan fertilizaciones con este nutriente en este cultivo, ya que interfieren en la nodulación cuando el N es aplicado a la siembra y cuando se lo agrega en estado reproductivo la respuesta es muy baja (Cordone y Martínez, 2004). Otro aspecto relacionado al acelerado empobrecimiento de los suelos, se debe a los altos requerimientos y exportación de P, azufre (S) y potasio (K) que realiza esta oleaginosa en comparación con los cereales, ya que recibe bajos aportes vía fertilizantes (Berardo, 2004).

La inclusión de gramíneas en la secuencia, como maíz, podrían mejorar los aportes de carbono al suelo y los balances de nutrientes al ser un cultivo que presenta una alta respuesta a la fertilización. Esto puede redundar en aumentos en el rendimiento del cultivo de soja sucesor. En este sentido Bacigalupo et al. (2009)

encontraron un aumento del 10% en rendimiento cuando la soja se realizó en rotación con gramíneas.

Otra alternativa es la inclusión de cultivos de cobertura (CC). Tradicionalmente han sido utilizados para controlar la erosión, pero pueden cumplir múltiples funciones en el sistema de producción. Por ejemplo, son utilizados para reducir la compactación, minimizar la lixiviación de nitratos residuales, incrementar el contenido de carbono y nitrógeno (Ruffo & Parsons, 2004). En este último caso, al incorporar especies leguminosas es posible incorporar nitrógeno al sistema a través de proceso de fijación biológica del nitrógeno atmosférico (Rimski-Korsakov et al., 2016).

La inclusión de CC, sería una alternativa para proveer de residuos ricos en carbono y promover al desarrollo y al mantenimiento de la cobertura de los suelos (Scianca, 2010). Se pueden generar mejoras en la infiltración del agua de lluvia, mejorando la captación, y una reducción de la temperatura superficial del suelo que permite reducir la evaporación, generando beneficios sobre la disponibilidad de agua en el suelo (Cazorla et al., 2018). Sin embargo, ante situaciones de bajas precipitaciones puede verse afectada la disponibilidad de agua generando impactos negativos en el rendimiento de los cultivos de renta (Rimski-Korsakov et al., 2016; Restovich & Andriulo, 2012).

Por otro lado, la moderna sociedad de consumo genera enormes cantidades de desechos orgánicos, y esto ha llevado a considerar que la utilización agrícola de los mismos conduciría, a una solución alternativa, mejorando el ciclo de nutrientes asegurando mayores eficiencias de funcionamiento del sistema. De esta manera, se está revalorizando el residuo, despojándose de su carácter contaminante, aplicando al suelo materiales orgánicos, que cumplen, básicamente, dos funciones: suministrar nutrientes para los cultivos, vía mineralización y mantener el pool orgánico del suelo, vía humificación (Alvariño, 2005).

El compostaje es un proceso donde bacterias, hongos y actinomicetes degradan, en un ambiente aeróbico, los materiales orgánicos. El compostaje involucra distintas etapas relacionadas con cambios en la temperatura (mesófila-termófila-enfriamiento-maduración) y permite la disminución y/o eliminación de patógenos, elimina olores y estabiliza el material (Mazzarino et al., 2012). Los compost presentan parte de los nutrientes de forma disponible y otra fracción debe ser mineralizada. El material que dé origen afectará el contenido de nutrientes, por

ejemplo, los compost vegetales presentan menos contenido de nutrientes, sobre todo N y P, comparados con aquellos elaborados a partir de estiércoles (Álvarez & Rinski-Korsakov, 2016).

Son muchas las mejoras de la adición de compost al suelo y esto podría favorecer el comportamiento de los cultivos. Sin embargo, a nivel mundial y nacional son escasas las investigaciones sobre la utilización de enmiendas orgánicas en el cultivo de soja. Al respecto, se han encontrado significativos incrementos en el rendimiento de soja mediante la aplicación de compost de cama profunda porcina (Pegoraro et al., 2019), cama de pollos (Bowden et al., 2010) estiércol de caballo (Amadou et al., 2021) y residuos sólidos urbanos (Pirdashti et al., 2010), en estos últimos dos casos combinados con fertilizantes químicos.

Si bien mejoró la relación cereales/oleaginosas en los últimos años, el cultivo de soja sigue dominando en los esquemas de rotación. En estos sistemas simplificados es necesario buscar alternativas que contribuyan con la sustentabilidad de los sistemas, continuando con el principal objetivo de incrementar los rendimientos por unidad de superficie, pero a la vez aportando al mantenimiento del recurso suelo. En este sentido, la rotación con gramíneas, la incorporación de CC y la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas son alternativas que pueden contribuir a estos objetivos.

HIPÓTESIS

- La aplicación de diferentes enmiendas orgánicas y la inclusión de cultivos de cobertura mejoran la producción de biomasa y el rendimiento del cultivo de soja
- El rendimiento del cultivo de soja aumenta cuando la secuencia incluye mayor proporción de gramíneas.

OBJETIVO

- Evaluar la biomasa, el rendimiento y sus componentes en el cultivo de soja bajo dos secuencias de cultivo, manejadas con la aplicación de diferentes enmiendas orgánicas (compost cama de pollo, compost cama de caballo y lombricompost de residuos sólidos urbanos) y con cultivos de cobertura.

- Evaluar la producción de biomasa del cultivo de cobertura, su impacto sobre el agua útil y el costo hídrico.

MATERIALES Y METODOS

Sitio experimental y tratamientos

El ensayo a campo se llevó a cabo en la Estación Experimental Julio Hirschhorn (34° 52' LS, 57° 58' LO), localizada en Los Hornos, partido de La Plata, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata.

En el marco de un proyecto de investigación, sobre un suelo Argiudol vèrtico, se iniciaron ensayos con dos secuencias de cultivos: (S1) trigo (*Triticum aestivum* (L.)) /soja2° – soja - soja y (S2) cebada (*Hordeum vulgare var. distichum* (L.)) /soja2° - maíz (*Zea mays* L.)– soja.

Para cada secuencia, luego de la cosecha de los cultivos de verano, se realizaron 5 tratamientos durante el barbecho, que consistieron en el aporte de 3 enmiendas orgánicas diferentes (compost de cama de pollo -CP-; compost de cama de caballo con guano de conejo -CCC-; lombricompuesto de residuos sólidos urbanos -RSU-), cultivo de cobertura (CC) y un testigo sin compost ni cultivo de cobertura (T) (tabla 1). Las parcelas para cada tratamiento tuvieron una superficie de 21 m².

Tabla 1: Secuencias de cultivos y tratamientos durante los barbechos.

	Campaña 2017/2018	Campaña 2018/2019		Campaña 2019/2020	
Secuencia 1	Trigo Soja 2°	Barbecho 2018 T CP CCC	Soja	Barbecho 2019 T CP CCC	Soja
Secuencia 2	Cebada Soja2°		Maíz		Soja
		RSU CC		RSU CC	

Durante el barbecho 2018, se comenzaron a realizar los diferentes tratamientos. Las tasas de aplicación de las enmiendas fueron de 20 t ha⁻¹ en húmedo, referidas a peso seco fueron de 10 t ha⁻¹ de CP y RSU y 8 t ha⁻¹ para CCC. El CC fue sembrados sin la remoción del suelo y de forma manual, y consistió en una mezcla de *Vicia sativa* L. y una gramínea *Avena sativa* L. con una densidad de 40 y 70 kg ha⁻¹ respectivamente. Luego se sembraron los cultivos de soja y maíz.

Para los fines de este estudio, se trabajó durante el segundo barbecho, en el que se repitieron los diferentes tratamientos. El 6/8/2019 se aplicaron las diferentes enmiendas, previo a su caracterización (tabla 2). La tasa de aplicación fue de 20 t ha⁻¹ en húmedo, y referidas a peso seco representaron aproximadamente 9 t ha⁻¹ de CP y 8 t ha⁻¹ de CCC y RSU.

El cultivo de cobertura se sembró el 20/5/2019 en una mezcla de *Vicia villosa* Roth y *Avena sativa*, a una densidad de 30 y 70 kg ha⁻¹ respectivamente. El secado se realizó de forma química el 9/10/2019, utilizando glifosato (3 l ha⁻¹).

Tabla 2: Características de las enmiendas aplicadas en 2019

Enmienda	H	MO	CO	Nt	Pt	C/N	pH	CE
	-----%-----						(1:2,5)	dS m ⁻¹
CP	53	46	25,6	1,8	1,2	14	7,03	2,82
CCC	60	45	25	1,6	1,1	15	6,07	3,57
RSU	57	42	23,4	1,5	0,4	16	6,16	2,43

H: Humedad; MO: Materia orgánica; CO: Carbono orgánico; Nt: Nitrógeno total; Pt: Fosforo total; C/N: Relación carbono-nitrógeno; CE: Conductividad eléctrica

Manejo del cultivo de soja

La siembra se realizó manualmente sin remoción de suelo, el día 14/11/2019. La variedad utilizada fue DM 4214, a una densidad de 400000 plantas ha⁻¹, en surcos distanciados a 50 cm y fue inoculada antes de la siembra. En el tratamiento testigo y CC, se realizó una fertilización química con 80 kg ha⁻¹ de superfosfato triple de calcio.

El manejo de malezas se realizó con una aplicación de glifosato durante el barbecho la que coincidió con el momento de secado de los CC. Diez días después se aplicó paraquat (2 l ha⁻¹) realizando un doble golpe para el control de *Conyza bonariensis* L. Durante el ciclo de cultivo se realizaron dos aplicaciones de glifosato a razón de 2 l ha⁻¹.

Se realizó el seguimiento fenológico siguiendo la escala de Fehr & Caviness (1977) y se realizaron monitoreos de plagas y enfermedades. Se realizaron 2 aplicaciones de insecticidas para controlar *Crociosema aporema* y el complejo de chinches. La primera aplicación se realizó el 8/1/2020 con una mezcla de imidacloprid, lambdacialotrina y bifentrin a razón de 40 cc ha⁻¹. La segunda aplicación se realizó el 13/02/2020 con una mezcla de tiametoxam y lambdacialotrina con una dosis de 200 cc ha⁻¹. No fue necesaria la aplicación de funguicidas.

La cosecha se realizó de forma manual, el 20/04/2020. Sobre los surcos centrales de las parcelas se tomó una muestra de 1 m² de superficie y se descalzaron las plantas del suelo.

Condiciones ambientales

Los datos meteorológicos durante la campaña 2019/2020 se registraron con una estación automática modelo Davis Advantage Pro2, ubicada: lat 34° 59" S - long 57° 59" W de G - a.s.n.m. 45 m y procesados por el Ing. Agr. H. Martin Pardi de la sección agrometeorología dependiente de la Estación Experimental Ing. Agr. Julio Hirschhorn y la cátedra de Climatología y Fenología Agrícola de la FCAYF, U.N.L.P.

Evaluaciones

Para cada tratamiento se determinó en el cultivo de soja la BST, el rendimiento en grano a través de sus componentes principales número de granos m⁻² (NG m⁻²) y peso de mil granos (PMG), así como el número de vainas m⁻² (NV m⁻²) y el número de granos vaina⁻¹ (GV⁻¹). El material se secó en estufa a una temperatura de 60°C con ventilación forzada hasta alcanzar peso constante. Se determinó el índice de cosecha (IC) como el cociente entre el rendimiento en grano y la BST.

Antes del secado de CC se tomó una muestra de 1 m² cortando las plantas al ras del suelo. El material se secó en estufa a una temperatura de 60°C con ventilación forzada hasta alcanzar peso constante para determinar la producción de biomasa seca aérea (BS).

En los diferentes tratamientos se determinó el contenido hídrico al momento del secado, por el método gravimétrico, hasta 60 cm de profundidad. El valor de humedad gravimétrica se afectó por la profundidad de muestreo y densidad aparente del suelo, la cual se determinó utilizando el método del cilindro (Blake & Hartge,

1986), obteniendo el valor de humedad volumétrica total o lámina de agua total [Ec.1]. A partir de ello se realizó el cálculo de agua útil al momento del secado, considerando el punto de marchitez permanente determinado por el método olla de Richard (Richard, 1949) [Ec.2].

[Ec. 1] $HV = HG \times Prof \times DA$.

[Ec. 2] $AU = HV - PMP$

Donde: HV: humedad volumétrica, HG: humedad gravimétrica, Prof: profundidad de muestreo, DA: densidad aparente, AU: agua útil, PMP: punto de marchitez permanente.

Se determinó el costo hídrico de incluir CC comparándolos con T. El mismo se calculó como el agua útil al final del barbecho menos el agua útil al momento de secado del CC [Ec. 3].

[Ec. 3] $CH \text{ (mm)} = AUf \text{ del T} - AUf \text{ del CC}$

Donde: CH: costo hídrico, AUf del T: agua útil al final del barbecho, AUf del CC: agua útil al momento de secado del CC.

Análisis estadístico

El diseño estadístico fue en parcelas divididas y bloques al azar. Las parcelas principales correspondieron a la secuencia de cultivo y las subparcelas a los tratamientos durante el barbecho. Se realizó un análisis de la varianza y cuando se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), se compararon las medias mediante el uso del test LSD. Se comprobaron los supuestos del análisis de la varianza. Se utilizó el software estadístico InfoStat (Di Rienzo et al., 2016).

RESULTADOS

Caracterización climática

Las precipitaciones totales durante el periodo abril 2019 – abril 2020 fueron de 1165,8mm, similar a los valores históricos de precipitación anual. Sin embargo su distribución no fue uniforme, destacándose los meses de junio (155,8 mm), julio

(143,4 mm) y octubre (214,4 mm) del año 2019 que superaron ampliamente a las precipitaciones históricas de dichos meses. A excepción de diciembre y marzo que se produjeron precipitaciones similares a las históricas, en los restantes meses las precipitaciones fueron inferiores a la normal, destacándose que en el mes de febrero el cultivo atravesó un déficit hídrico, momento que coincidió con el periodo crítico para la determinación del número de granos (figuras 1 y 2).

Durante el ciclo los CC recibieron un total de 423,2 mm, ampliamente superior a las precipitaciones históricas para dicho periodo que corresponden a 308,7 mm aproximadamente.

Durante el barbecho desde el secado del CC al momento de la siembra de la soja las precipitaciones fueron de 185,4 mm lo que permitió realizar la siembra del cultivo en una situación hídrica favorable.

Durante el ciclo de cultivo, la soja recibió un total de 375,6 mm de agua, valor inferior al histórico para dicho periodo que es de 468 mm.

Con respecto a las temperaturas medias de los meses de junio y noviembre del año 2019 y marzo 2020 resultaron ligeramente superiores a las temperaturas normales de dichos meses, mientras que los meses restantes fueron inferiores a las normales de los correspondientes meses (figura 1).

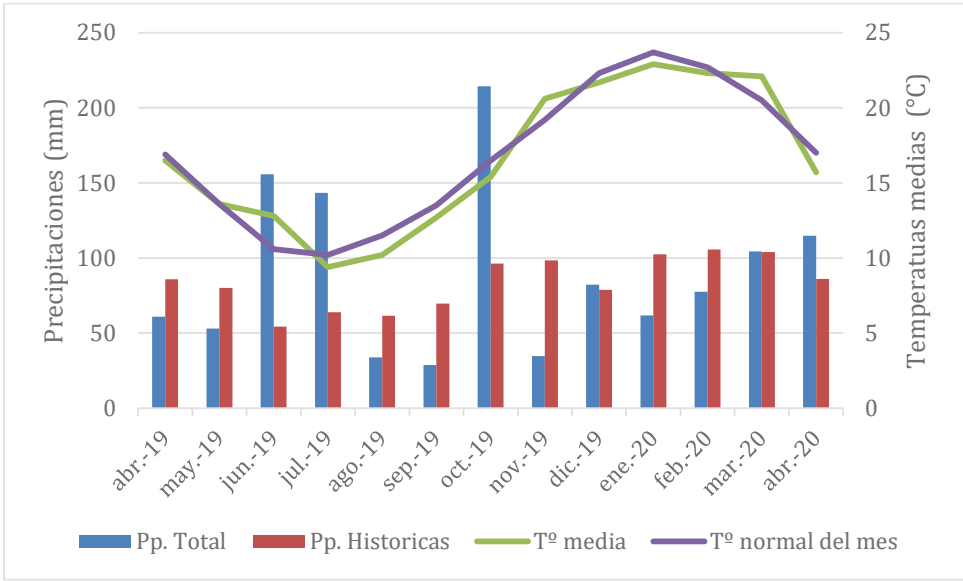


Figura 1. Precipitaciones (Pp) y temperaturas medias (Tº) del periodo abril 2019 - abril 2020 e históricas (Pp. Históricas y Tº normal) del periodo 1964 – 2014.

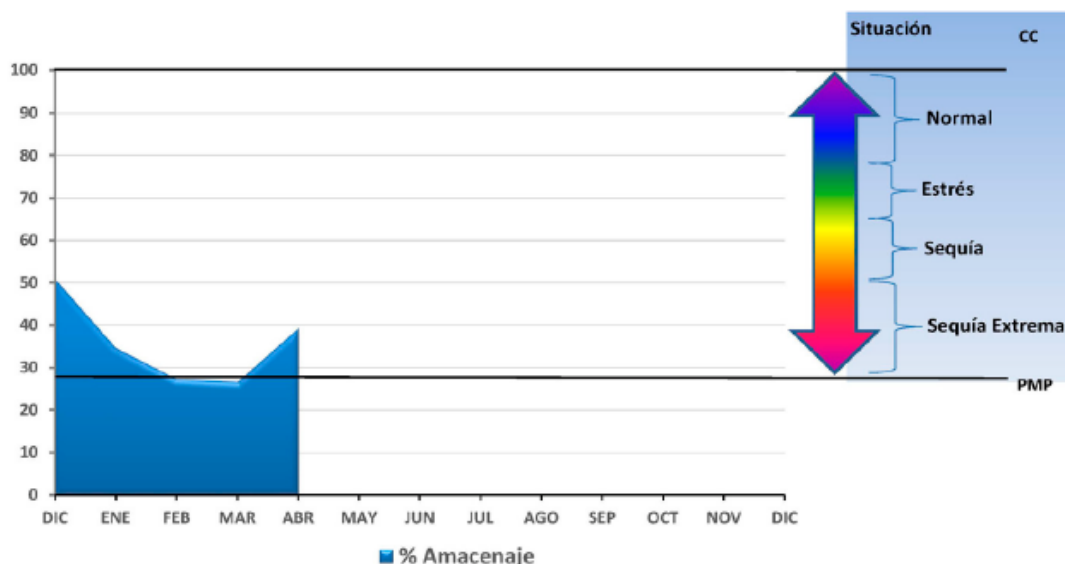


Figura 2: Evolución de almacenaje de agua del suelo considerando una profundidad de 1 m, un valor máximo de 300 mm en un Argiudol típico con un B2t (2019/20). Tomado del boletín Agrometeorológico de la EEJH, FCAyF, UNLP.

Producción de biomasa, agua útil y costo hídrico del cultivo de cobertura

Los CC tuvieron un ciclo de 141 días y en la producción de BST se encontraron diferencias significativas según la secuencia. Cuando el antecesor directo fue soja (S1) se encontraron las mayores producciones (figura 3).

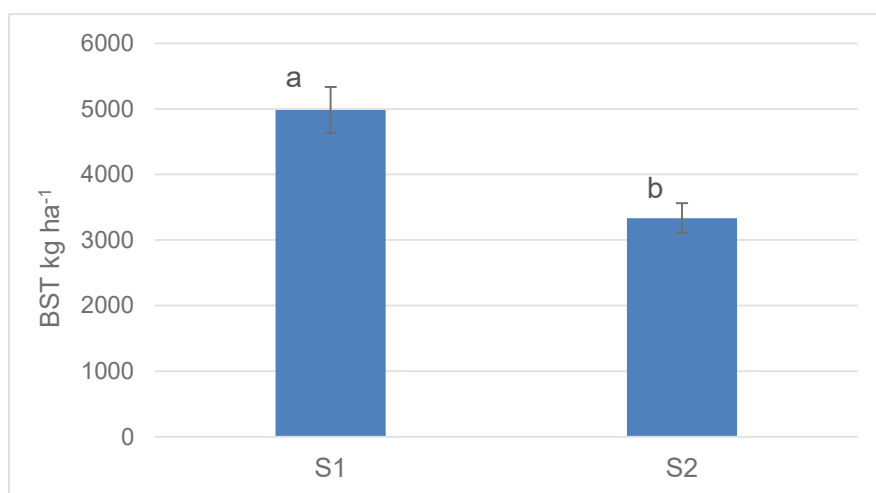


Figura 3: Biomasa seca aérea total de los cultivos de cobertura bajo dos secuencias de cultivo para la campaña 2019 (S1: Trigo/Soja 2º - CC – Soja - CC- Soja; S2: Cebada/Soja 2º- CC - Maíz – CC - Soja). La Plata, 2019. Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD ($p < 0.05$). Las barras verticales indican la media del tratamiento \pm el error estándar.

Al momento del secado de los CC, la interacción secuencia*tratamiento no fue significativa para el AU. Se encontraron diferencias estadísticas en el AU hasta 60

cm de profundidad según las secuencias. La S1 presentó menos AU. Para los tratamientos, las diferencias no alcanzaron el nivel de significancia ($p=0,061$), sin embargo, el CC presentó la menor disponibilidad hídrica generando un costo hídrico para ambas secuencias, respecto al T (tabla 3).

Tabla 3: Agua útil (AU) al momento de secado del cultivo de cobertura para dos secuencias de cultivos con distintos tratamientos de barbecho y costo hídrico (CH) del cultivo de cobertura en las secuencias de cultivos. La Plata, 2019.

Secuencia	AU (mm)	CH (mm)
S1	59 a	-21 a
S2	74 b	-9 a
Tratamiento		
CC	57 a	
T	72 a	
RSU	70 a	
CP	66 a	
CCC	68 a	

Letras diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD ($p<0.05$). Referencias: S1: Trigo/Soja 2º – Soja - Soja; S2: Cebada/Soja 2º - Maíz - Soja. CC: cultivos de cobertura; CCC: cama caballo – conejo; CP: cama de pollo; RSU: residuos sólidos urbanos; T: testigo.

Biomasa, rendimiento y componentes numéricos en el cultivo de soja

Para todas las variables analizadas no se encontraron diferencias significativas para la interacción secuencia*tratamiento.

En la BST y rendimiento no se observaron diferencias estadísticas entre las secuencias analizadas, pero la S2 fue la que arrojó mayor producción de BST y rendimiento, en un 3,5% y 5,9 % respectivamente (figura 4).

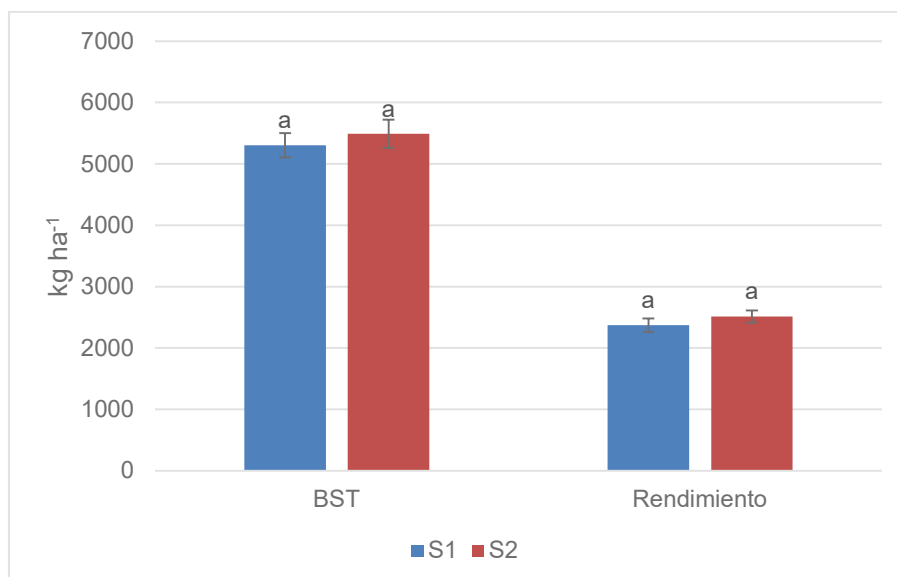


Figura 4. Biomasa seca aérea total (BST) y rendimiento (kg ha^{-1}) del cultivo soja como último componente de dos secuencias de cultivo (S1: Trigo/Soja de 2º, Soja, Soja; S2: Cebada/Soja de 2º, Maíz, Soja), promedio de diferentes estrategias de barbecho. La Plata, 2020. Para cada variable letras diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD ($p < 0.05$). Las barras verticales indican la media del tratamiento \pm el error estándar.

Para los diferentes tratamientos de barbecho se encontraron diferencias estadísticamente significativas en la producción de BST como en el rendimiento. Dentro de las enmiendas orgánicas no se observaron diferencias significativas entre ellas y se diferenciaron estadísticamente del T y CC. En promedio las enmiendas lograron un 21% más de BST comparado con el T. También las enmiendas resultaron en los mayores rendimientos en grano, sin diferencias entre ellas. El tratamiento RSU resultó en el mayor rendimiento diferenciándose estadísticamente del T, superándolo en un 21 %. Los tratamientos CP y CCC si bien superaron al T en un 15 % en el rendimiento, no alcanzaron a diferenciarse estadísticamente.

El CC si bien no difirió estadísticamente del T resultó en un 6% y 10% menos de BST y rendimiento respectivamente (figura 5).

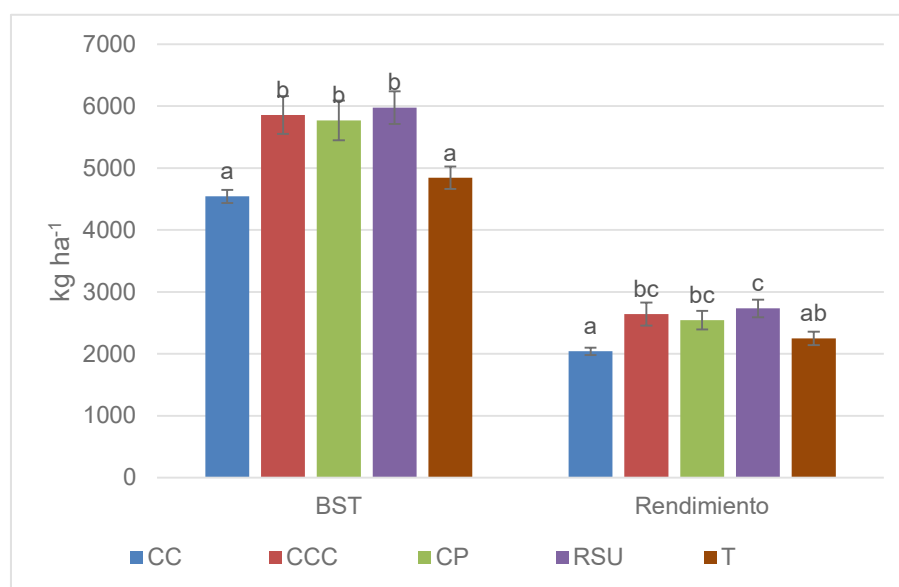


Figura 5. Biomasa seca aérea total (BST) y rendimiento (kg ha^{-1}) del cultivo soja bajo distintos tratamientos (CC: cultivos de cobertura; CCC: cama caballo – conejo; CP: cama de pollo; RSU: residuos sólidos urbanos; T: testigo), promedio de dos secuencias de cultivo. La Plata, 2020. Para cada variable letras diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD ($p < 0.05$). Las barras verticales indican la media del tratamiento \pm el error estándar.

Para el IC, PMG, NV m⁻² y GV⁻¹ no se encontraron diferencias significativas según las secuencias y tratamientos. Se encontró diferencia significativa según los tratamientos solo en la variable NG m⁻² donde RSU resultó en los mayores valores, diferenciándose estadísticamente de CC y T, quedando en una situación intermedia CP y CCC (tabla 4). Se encontró una relación lineal positiva entre el NG m⁻² y el rendimiento (p<0,0001), explicando un 82 % de la variación de los resultados observándose que los tratamientos con mayor NG m⁻² fueron los de mayor rendimiento (figura 6). El PMG presentó una relación estadísticamente significativa (p=0,049), sin embargo, este componente solo explicó el 13 % de la variación de los resultados obtenidos, siendo una asociación débil (figura 7).

Tabla 4. Índice de cosecha (IC), número de granos m⁻² (NG m⁻²), peso de mil granos (PMG), número de vainas m⁻² (NV m⁻²) y número de granos vaina⁻¹ (GV⁻¹) del cultivo de soja para dos secuencias de cultivo (S1 y S2) bajo distintos tratamientos (CC: cultivos de cobertura; CCC: cama caballo – conejo; CP: cama de pollo; RSU: residuos sólidos urbanos; T: testigo). La Plata, 2020.

	IC	NG m ⁻²	PMG	NV m ⁻²	GV ⁻¹
Secuencia (S)					
S1	0,45	1738	136	1279	1,4
S2	0,46	1786	141	1265	1,4
Tratamiento (T)					
CC	0,45	1480 a	138	1163	1,3
CCC	0,45	1925 bc	137	1447	1,4
CP	0,44	1741 abc	146	1282	1,4
RSU	0,46	2001 c	137	1280	1,5
T	0,47	1663 ab	135	1187	1,4
ANOVA					
S	ns	ns	ns	ns	ns
T	ns	0,014	ns	ns	ns
S*T	ns	ns	ns	ns	ns
Cv %	5,8	13,92	7,42	13,2	16,9

Para cada variable y factor de variación, letras diferentes indican diferencias significativas según el test de LSD (p<0.05).

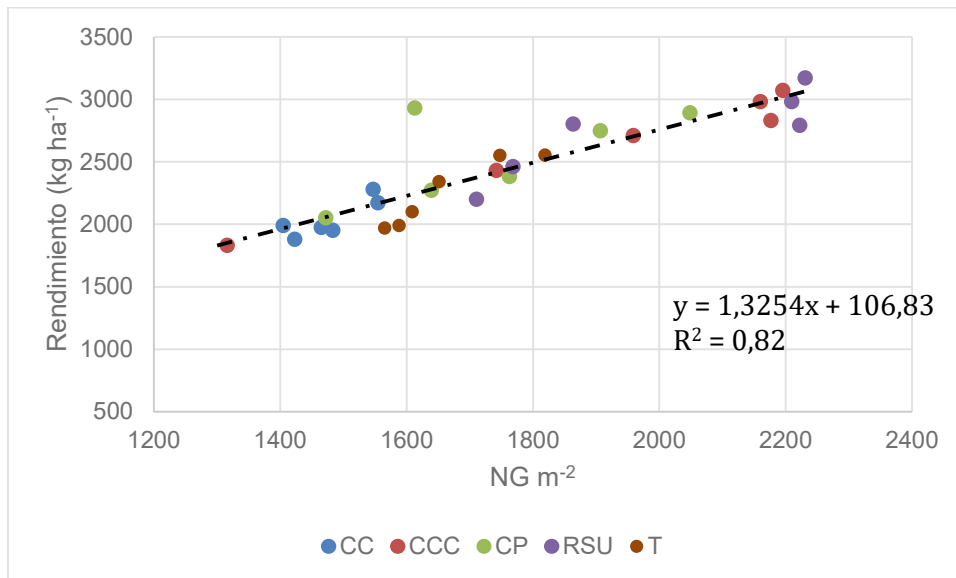


Figura 6. Regresión lineal entre rendimiento y el número de granos por unidad de superficie (NG m^{-2}) en el cultivo de soja bajo distintos tratamientos (CC: cultivos de cobertura; CCC: cama caballo – conejo; CP: cama de pollo; RSU: residuos sólidos urbanos; T: testigo). La Plata, 2020.

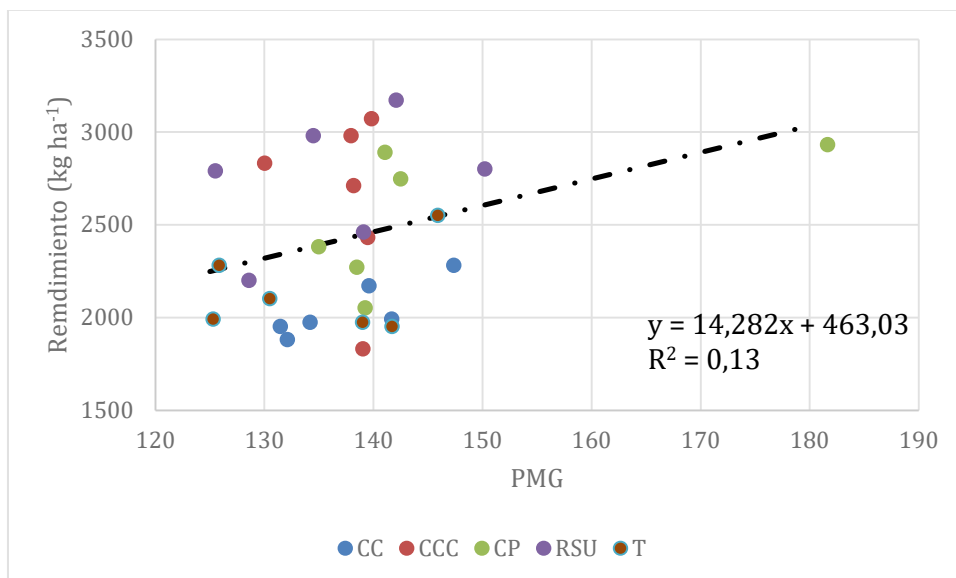


Figura 7. Regresión lineal entre rendimiento y peso de mil granos (PMG) en el cultivo de soja bajo distintos tratamientos (CC: cultivos de cobertura; CCC: cama caballo – conejo; CP: cama de pollo; RSU: residuos sólidos urbanos; T: testigo). La Plata, 2020.

DISCUSIÓN

Los rendimientos obtenidos en el cultivo de soja se encuentran dentro de los promedios para la zona de estudio (MAGyP, 2022).

La BST y rendimientos de soja como último componente de las secuencias fueron superiores en la S2 con mayor frecuencia de gramíneas (3,5% y 5,9% en BST y rendimiento respectivamente), sin embargo, no fueron estadísticamente diferentes. Estos resultados coinciden parcialmente con los estudios de Ashworth et al. (2017) en Estados Unidos donde encuentran un aumento del 8% en el rendimiento en soja cuando se incluye maíz en la rotación, así como con investigaciones en Argentina, donde se reportan aumentos del 10% en rendimiento cuando la soja se realiza en rotación con gramíneas (Bacigalupo et al., 2009) y del 6% para la rotación soja – maíz (Díaz-Zorita et al., 2014). En este último estudio se concluye que la brecha de rendimiento tiende a manifestarse luego de 3 años de monocultivo de soja. En nuestro caso ambas secuencias presentaron gramíneas y si bien la S1 presentó la mayor frecuencia de soja podemos suponer, que los efectos de la alta frecuencia de esta oleaginosa en la secuencia no se habrían expresado aún debido al corto período evaluado.

Se encontró un aumento significativo en la BST ante la aplicación de enmiendas orgánicas comparándolas con los tratamientos T y CC, coincidiendo con lo encontrado por Pirdashti et al. (2010), Adeli et al. (2005), Bandyopadhyay et al. (2010) quienes trabajaron con lodos de depuradora, CP y estiércol bovino respectivamente.

Los mayores rendimientos se obtuvieron con RSU, que logró diferenciarse estadísticamente del T, con incrementos de 483 kg ha⁻¹ (21%). Estudios en el norte de Irán (Pirdashti et al., 2010) e Italia (Moretti et al., 2020) reportan que el uso de RSU no generó aumentos significativos en el rendimiento de soja, versus tratamientos con fertilización mineral. Sobre el mismo ensayo de este trabajo, Voisin et al. (2021), en la campaña 2018/19, no encontraron diferencias significativas en el rendimiento con RSU. En este trabajo podemos observar que la aplicación repetida de RSU incrementó los rendimientos significativamente respecto a la fertilización mineral.

En una situación intermedia quedaron CP y CCC que lograron incrementos en el rendimiento de 294 (13%) y 391 kg ha⁻¹ (17%) respectivamente, comparado al T, aunque no se diferenciaron estadísticamente. Al respecto, diferentes estudios de diferentes regiones reportan incrementos en los rendimientos de soja con el uso de diferentes estiércoles compostados. En China, Amadou et al. (2021) encontraron un incremento del 27% de rendimiento en soja con el uso de fertilizantes inorgánicos

combinados con estiércol de ganado. En la Estación Experimental INTA Marcos Juárez, Pegoraro et al. (2019) encontraron incrementos en el rendimiento del cultivo de soja en el orden de un 17% con el uso de compost de cama profunda de cerdo justificándolo por un aumento en la fertilidad del suelo. Tian et al. (2018) utilizando compost de estiércol bovino, equino y ovino a tasas de 3 t ha⁻¹ en un monocultivo de soja de tres años, encontraron aumentos del 14% en los rendimientos. En EEUU, Watts & Torbert (2011) encontraron incrementos en los rendimientos en 9 campañas seguidas utilizando CP. Otro estudio indica que los rendimientos fueron un 10% mayores con CP comparados con la aplicación de fertilizantes comerciales, atribuyendo este comportamiento a los aportes de micronutrientes además del N y el P (Adeli et al., 2005). Ashworth et al. (2017) en un estudio de 12 años, reportan incrementos en los rendimientos de soja cuando se aplicó CP relacionando este comportamiento con los flujos de P en el suelo, el cual juega un papel importante en la nodulación y la capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico.

Nuestros resultados indican que el mayor número de granos estuvo relacionado positivamente con los mayores rendimientos, lo que condice a lo señalado por Sadras et al. (2000) quienes indican que el número de granos m⁻² es la variable que explica las variaciones en el rendimiento en mayor medida. Sin embargo, estudios realizados con diferentes enmiendas orgánicas en soja encuentran resultados diferentes, con variaciones en los rendimientos debido a aumentos en el PMG en el orden del 19% (Tian et al., 2018) y del 5 a 14% (Bowden et al., 2010) cuando utilizaron enmiendas orgánicas. En nuestro caso no se encontraron diferencias en el PMG y su asociación con el rendimiento es débil, sin embargo, el peso tendió a aumentar con las enmiendas orgánicas, llegando el tratamiento CP a superar al T en un 8%. Sobre el mismo ensayo en la campaña 2018-2019, Voisin et al., (2021) reportaron similares aumentos (9%) en el PMG con CP.

Las enmiendas orgánicas mejoran la fertilidad del suelo y generan una liberación prolongada de nutrientes, proporcionando una mayor disponibilidad en los momentos de mayor demanda por parte del cultivo (Tian et al., 2018). Análisis anteriores sobre este mismo ensayo muestran que las enmiendas orgánicas realizan importantes aportes de nutrientes (Voisin et al., 2021), y tienden a favorecer la actividad biológica del suelo (Domínguez & Rivas Barcellandi, 2021). Esto podría estar relacionado con condiciones más favorables para el establecimiento de un

mayor número de vainas y granos, y a su vez una mayor PMG, por ende, mayor rendimiento.

En cuanto al tratamiento CC, se observó que al momento del secado del CC el AU se redujo un 21 % respecto al T, si bien estadísticamente no fue significativa ($p=0,061$). Además, las mayores producciones de BS en S1 produjeron un consumo hídrico mayor en relación a S2. Esto coincide con Beltran et al. (2022), Capurro (2022), Cazorla et al. (2018), Duval et al. (2015) y Restovich & Andriulo. (2012) quienes reportan disminuciones en el agua disponible al momento del secado de los CC. Sin embargo, en estos trabajos, al momento de la siembra de los cultivos para grano esta diferencia fue atenuada gracias a la recarga de agua por precipitaciones, a excepción de años secos. En nuestro caso, las precipitaciones entre el secado del mismo y la siembra de la soja (185,4 mm) fueron suficientes para que se pueda realizar la siembra y la correcta implantación del cultivo de soja.

La producción de BS del CC osciló dentro de los valores reportados en la bibliografía (De Sá Pereira et al., 2014; Duval et al., 2015; Restovich & Andriulo, 2012). Bajo S1 la producción de BS del CC resultó en un 49 % mayor que bajo S2, es decir cuando el antecesor directo fue soja la producción del CC fue significativamente mayor. Esto es coincidente con lo que encontraron Beltran et al. (2022) donde un CC de centeno resultó en mayores producciones de BS con antecesor soja versus maíz. Ellos reportan que no hubo un efecto en la disponibilidad hídrica y los niveles de nitratos a la siembra, por lo tanto, atribuyen este efecto al mayor volumen de residuos de cosecha del maíz con respecto a la soja, que podría generar fallas en la emergencia del CC por menores temperaturas del suelo y mayor mortandad de plántulas afectadas por heladas (Beltran et al., 2022).

La producción de BST y rendimiento del cultivo de soja se redujo en un 6,2 y 9,4% respectivamente, comparado con el T, sin embargo, no fue estadísticamente significativo. Al respecto, Rimski-Korsakov et al. (2016), en una recopilación bibliográfica a nivel nacional, indican que en zonas húmedas la inclusión de CC no tienen impactos significativos en el rendimiento de soja.

En Pergamino Restovich & Andriulo (2012) no encontraron diferencias significativas en el rendimiento de soja bajo distintas especies de CC en años húmedos, coincidiendo con nuestros resultados. Sin embargo, señalan que en año más secos los rendimientos fueron menores respecto al testigo, lo que estuvo

asociado al consumo de agua del CC y a la falta de precipitaciones, las que no fueron suficientes para recargar el perfil.

Capurro et al. (2008) también encontraron que la producción de BS de los CC y el rendimiento del cultivo de soja, estuvieron claramente asociados a las condiciones de precipitaciones y temperaturas de cada año concluyendo que el consumo de agua de los CC no fue limitante para la producción de granos de soja. En otro trabajo, Capurro et al. (2012) encontraron que el impacto de la inclusión de los CC sobre la productividad del cultivo de soja varió según el ambiente estudiado. En el ambiente de mayor ocurrencia de lluvias primaverales, si bien sin diferencias estadísticamente significativas, la soja tuvo mayor rendimiento sobre vicia como CC pero en el ambiente de elevado déficit hídrico primaveral, la soja tuvo mayor rendimiento sobre el tratamiento sin CC.

Bajo las condiciones de nuestro estudio los CC permitieron aprovechar recursos y aportar biomasa al sistema sin comprometer el rendimiento del cultivo comercial. Por lo tanto, en el mediano y largo plazo los CC pueden resultar en una herramienta muy importante para los sistemas de producción simplificados, contribuyendo a mejorar las propiedades del suelo sin comprometer los rendimientos aportando a la sustentabilidad de estos sistemas.

CONCLUSIONES

La aplicación de diferentes enmiendas orgánicas mejoró la producción de BST de la soja que le sucedió. El tratamiento con RSU fue el de mejor comportamiento logrando los mayores rendimientos asociados a un mayor $NG\ m^{-2}$. Las enmiendas CP y CCC presentaron una tendencia a mejorar los rendimientos también asociados a una mejora en el $NG\ m^{-2}$. Por lo tanto, las enmiendas orgánicas pueden resultar en un recurso valioso a tener en cuenta para aportar carbono y nutrientes al sistema en reemplazo de la fertilización mineral.

Los CC por su parte produjeron un costo hídrico, pero permitieron aprovechar recursos durante el invierno para realizar un importante aporte de biomasa al sistema. Bajo las condiciones de este estudio la reducción hídrica por parte de los CC no impactó significativamente sobre la producción de BST y rendimiento del cultivo de soja.

La secuencia de cultivo con mayor frecuencia de gramíneas presentó una tendencia a mejorar la producción de BST y rendimiento de soja, asociándose estos resultados al corto periodo de evaluación.

BIBLIOGRAFÍA

Abbona, E. A. 2017. Flujos de nutrientes en la agricultura y la alimentación para un ecosistema alimentario sostenible en la provincia de Buenos Aires. Tesis Doctoral, Universidad Nacional de La Plata. 263 pp. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/61599>. Ultimo acceso: Abril 2023.

Adeli, A., K. R. Sistani, D. E., Rowe, & H. Tewolde. 2005. Effects of broiler litter on soybean production and soil nitrogen and phosphorus concentrations. *Agronomy Journal*, 97(1), 314-321.

Álvarez, C. R. & H. Rimski-Korsakov. 2016. Abonos orgánicos. En: Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos. Álvarez, C.R. & Rimski-Korsakov H. (Eds). Editorial FAUBA, Buenos Aires. pp: 128 - 134.

Alvariño, C. R. 2005. Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 36(1), 45-53.

Amadou, A., X. Song, S. Huang, A. Song, Z. Tang, W. Dong & F. Fan. 2021. Effects of long-term organic amendment on the fertility of soil, nodulation, yield, and seed quality of soybean in a soybean-wheat rotation system. *Journal of Soils and Sediments*, 21(3), 1385-1394.

Andrade, F. H., M. A. Taboada, R. D. Lema, N. O. Maceira, H. E. Echeverria, G. Posse Beaulieu, D. Prieto, E. Sánchez, D. Ducasse, M. Bogliani, J.C. Gamundi, E. Trumper, J. Frana, E. Perotti, F. Fava & M. E. Mastrangelo. 2017. Los desafíos de la agricultura argentina: satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental. Ediciones INTA, Buenos Aires. 120 pp.

Ashworth, A. J., F. L. Allen, A. M. Saxton & D. D. Tyler. 2017. Impact of crop rotations and soil amendments on long-term no-tilled soybean yield. *Agronomy Journal*, 109(3), 938-946.

Bacigaluppo, S., M. Bodrero, & F. Salvagiotti. 2009. Producción de soja en rotación vs monocultivo en suelos con historia agrícola prolongada. *INTA Oliveros, Para Mejorar la Producción*, 42, 53-55.

- Bandyopadhyay, K. K., A. K. Misra, P. K. Ghosh, & K. M. Hati.** 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean. *Soil and Tillage research*, 110(1), 115-125.
- Beltran, M. J., J. A. Galantini, P. M. Tognetti & M. R. Barraco.** 2022. Interacción entre cultivos comerciales y de cobertura. Producción, dinámica del agua y nitratos del suelo. *Ciencia del Suelo*, 40(1).
- Berardo, A.** 2004. Manejo de la fertilización en una agricultura sustentable. *Informaciones Agronómicas (INPOFOS)*, 23, 23-25.
- Blake, G.R. & K.H. Hartge.** 1986. Bulk Density. Klute A. (ed), *Methods of soil analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods.* Am. Soc. Agron. and Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin, USA. Pp. 363-375.
- Bolsa de comercio de Rosario.** 2021. Argentina se encamina a un récord de siembras en la 2021/22. Disponible en: <https://www.bcr.com.ar/es/mercados/investigacion-y-desarrollo/informativo-semanal/noticias-informativo-semanal/argentina-se>. Ultimo acceso: Abril del 2023.
- Bowden, C. L., G. K. Evanylo, X. Zhang, E. H. Ervin & J. R. Seiler.** 2010. Soil carbon and physiological responses of corn and soybean to organic amendments. *Compost Science & Utilization*, 18(3), 162-173.
- Capurro, J. E.** 2022. Efectos de cultivos de cobertura sobre agua del suelo, aportes de carbono y el rendimiento de soja en diferentes ambientes. Ediciones INTA; Estación Experimental Agropecuaria Oliveros.
- Capurro, J., J. Surjack, J. Andriani, M. J. Dickie & M. C. Gonzalez.** 2008. Evaluación de distintas especies de cultivos de cobertura en secuencias soja-soja en el área sur de la provincia de Santa Fe. *Materia*, 2006(2007).
- Capurro, J., M. J. Dickie, D. Ninfi, A. Zazzarini, E. Tosi & M. C. Gonzalez.** 2012. Gramíneas y leguminosas como cultivos de cobertura para soja. In *Actas del XIX Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo* (Vol. 16).
- Casas, R. R. & G. A. Cruzarte.** 2021. ¿Agricultura con reposición de nutrientes o minería de suelos? *Revista de Investigaciones Científicas de la Universidad de Morón*, 4(8): 35-49.
- Cazorla, C. R., T. Baigorria, H. Videla Mensegue, A. Canale, J. Ortiz & V. Pegoraro.** 2018. Inclusión de cultivos de cobertura en secuencias agrícolas del sudeste de Córdoba (Argentina).

- Cordone, G. & F. Martínez.** 2004. El monocultivo de soja y el déficit de nitrógeno. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 24, 1-4.
- Cruzarte G. A & R.R. Casas.** 2017. Balance de nutrientes en los suelos agrícolas de Argentina en la campaña 2015/2016, IPNI, IAH, 28, 2017, 14 -23.
- De Sá Pereira, E., J.A. Galantini, A. R. Quiroga & M. R. Landriscini.** 2014. Efecto de los cultivos de cobertura otoño invernales, sobre el rendimiento y acumulación de N en maíz en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del suelo*, 32(2), 219-231.
- Di Rienzo A., F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada & C.W. Robledo.** 2016. InfoStat versión 2016. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>. Ultimo acceso: Abril 2023.
- Díaz-Zorita, M., M. Barraco & D. Transmonte.** 2014. ¿Rotaciones o monocultivos en la pampa arenosa? In *XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Reunión Nacional "Materia Orgánica y Sustancias Húmicas."* Bahía Blanca, Argentina. (pp.: 5-9).
- Domínguez, F. A., & L. G. Rivas Barcellandi.**2021. Estrategias alternativas de barbecho: su efecto sobre la actividad microbiana del suelo. Tesis de grado. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP. 33pp. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/119737> Ultimo acceso: Abril del 2023.
- Duval, M. E., J. E. Capurro, J. A. Galantini & J. M. Andriani.** 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Ciencia del suelo*, 33(2), 0-0.
- FAOSTAT.** 2022. Cultivos y productos de ganadería. Disponible en: <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL> . Ultimo acceso: Abril del 2023
- Karlen, D. L. & C. W. Rice.** 2015. Soil degradation: Will humankind ever learn? *Sustainability*, 7(9), 12490-12501.
- Lal, R.** 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875-5895.
- Martínez, E., J. P. Fuentes & E. Acevedo.** 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Revista de la ciencia del suelo y nutrición vegetal*, 8(1), 68-96.
- Mazzarino M.J., P. Satti & L. Rosellí.** 2012. Indicadores de estabilidad, madurez y calidad de compost. En: *Compostaje en la Argentina: experiencias de producción, calidad y uso.* Mazzarino M.J. & P. Satti (Eds). Editorial UNRN. pp: 13 -26.
- Moretti, B., C. Bertora, C. Grignani, C. Lerda, L. Celi & D. Sacco.** 2020. Conversion from mineral fertilisation to MSW compost use: Nitrogen fertiliser value in

continuous maize and test on crop rotation. *Science of the Total Environment*, 705, 135308.

Oesterheld, M. 2008. Impacto de la agricultura sobre los ecosistemas: fundamentos ecológicos y problemas más relevantes. *Ecología austral*, 18(3), 337-346.

Paolilli, M. C., S. M. Cabrini, L. O. Pagliaricci, F. A. Fillat & M. V. Bitar. 2019. Importancia de la cadena de soja en Argentina. *Revista de Tecnología Agropecuaria*, 10 (39): 42-46.

Pegoraro, V, M. F. Boccolini, T. Baigorria, P. Rizzo, C. Lorenzon & C.R. Cazorla. 2019. Aplicación de compost de cama profunda porcina: calidad de suelo y producción de soja (*Glycine max L.*). *Revista de investigaciones agropecuarias*, 45(2), 234-241.

Pirdashti, H., A. Motaghian, & M. A. Bahmanyar. 2010. Effects of organic amendments application on grain yield, leaf chlorophyll content and some morphological characteristics in soybean cultivars. *Journal of plant nutrition*, 33(4), 485-495. <https://doi.org/10.1080/01904160903506233>

Restovich, S. & A. Andriulo. 2012. Cultivos de cobertura en la rotación soja-maíz: biomasa aérea, captura de nitrógeno, consumo de agua y efecto sobre el rendimiento en grano. En: *Contribución de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*. Álvarez C., A. Quiroga, D. Santos & M. Bodrero (Eds). Ediciones INTA, La Pampa. pp: 29-35.

Richards, L. 1949. Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Science* 68(1): 95

Rimski-Korsakov H., C.R. Álvarez & R.S. Lavado. 2016. Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina, IPNI, IAH, 21, 2-6.

Ruffo, M. & A. Parsons. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones agronómicas del cono sur*, 21(1), 13-15.

Sadras, V. O., M. Ferreiro, F. Gutheim & A. G. Kantolic. 2000. Desarrollo fenológico y su respuesta a temperatura y fotoperíodo. *Bases para el manejo del Maíz, el Girasol y la Soja*. Eds: F. Andrade y V. Sadras, Buenos Aires, 19-39.

Sainz Rozas, H., H.E. Echeverría & H.P. Angelini. 2011. Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. *Informaciones Agronómicas*. 2:1-7.

Sainz Rozas, H., M. Eyherabide, G. Larrea, N. Martínez Cuesta, H. Angelini, N. Reussi Calvo & N. Wyngaard. 2019. Relevamiento y determinación de propiedades

químicas en suelos de aptitud agrícola de la región pampeana. Simposio de Fertilidad, Rosario, 8(9), pp.:18.

Scianca, C. M. 2010. Cultivos de cobertura en molisoles de la Región Pampeana: producción de materia seca, eficiencia en el suelo del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja. Tesis de magister. Universidad Nacional de Bahía Blanca. Disponible en:

<https://repositoriodigital.uns.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2118/SCIANCA-Tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Ultimo acceso: Abril 2023.

Tian, X. M., H. Fan, F. H. Zhang, K. Y. Wang, J. A. Ippolito, J. H. Li & M. J. An.2018. Soil carbon and nitrogen transformations under soybean as influenced by organic farming. *Agronomy Journal*, 110(5), 1883-1892.

Voisin, A. I, S. I. Golik, A. Chamorro, A. Pellegrini, R. Bezus & B. Novillo. 2021. Cultivos de cobertura y diferentes tipos de compost en barbechos para soja y maíz. *Investigación Joven*, 8(2), 9–17.

Watts, D. B., & H. A. Torbert (2011). Long-term tillage and poultry litter impacts on soybean and corn grain yield. *Agronomy Journal*, 103(5), 1479-1486.

Ybran, R & A. Lacelli. 2016. Informe estadístico mercado de soja. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf. Ultimo acceso: Abril 2023.