

CULTIVOS DE COBERTURA Y DIFERENTES TIPOS DE COMPOST EN BARBECHOS PARA SOJA Y MAÍZ

Voisin, A.I.^{1,2}; Pellegrini, A.E.¹; Chamorro, A.M.¹; Bezus R.¹; Novillo, B.V.^{1,3}; Golik S.I.¹

1 Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata.

2 Becario Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

3 Becaria CIC–UNLP. Calle 60 y 119, CC 31 La Plata, Argentina.

axelvoisin@hotmail.com

RESUMEN: La agricultura extensiva Argentina se ha intensificado, incrementando la producción, pero generando un deterioro en la calidad del suelo. Este trabajo aporta información sobre la inclusión de cultivos de cobertura y el uso de diferentes compost durante el barbecho previo a los cultivos de soja (*Glicine max* L.) y maíz (*Zea mays* L.). Los tratamientos consistieron en: aporte compost de cama de pollo; compost de cama de caballo - guano de conejo; lombricompost de residuos sólidos urbanos, cultivos de cobertura y un testigo. Finalizado el barbecho, los tratamientos no modificaron el nitrógeno total del suelo y el agua útil. Los compost aumentaron significativamente la disponibilidad de fósforo (6 a 17 ppm) y también el pH aunque sin generar riesgos para la producción. En soja, los compost de cama de pollo y cama de caballo comparados al testigo, aumentaron la biomasa total un 25 y 23 % y el rendimiento un 14 % y 30 % respectivamente, aunque no significativo para rendimiento. En maíz, la cama de pollo aumentó significativamente la biomasa total en un 34 % comparados con los restantes tratamientos y logró los máximos rendimientos, pero sin diferencias significativas con el testigo. Estos resultados implican la posibilidad de reemplazar, al menos en forma parcial, los fertilizantes químicos por productos orgánicos.

PALABRAS CLAVE: compost; cama de pollo; cama de caballo; lombricompost; fósforo; rendimiento.

COVER CROP AND DIFFERENT COMPOST TYPES IN FALLOW FOR SOYBEANS AND CORN

ABSTRACT: Extensive agriculture in Argentina has intensified increasing its production but generating a deterioration in soil quality. This work provides information on the inclusion of cover crops and use of different compost during the fallow prior to soybeans (*Glicine max* L.) and corn (*Zea mays* L.) crops. Treatments consisted of input of chicken bed compost; horse bed – rabbit manure compost; vermicompost urban solid waste, cover crops sowing and a control. At the end of the fallow, the treatments did not change the total nitrogen of the soil or the useful water. The different compost increased the phosphorus availability (6 to 17 ppm) and also the pH although without generating risks for production. In soybeans, the compost of chicken litter and horse litter compared to the control, increased the total biomass by 25 and 23% and the yield by 14% and 30% respectively, although not significant for yield. In corn, chicken litter significantly increased the total biomass by 34% compared to the other treatments and achieved the maximum yields, but without significant differences with the control. These results imply the possibility of replacing, at least partially, chemical fertilizers with organic products.

KEYWORDS: compost; chicken bed; horse bed; vermicompost; phosphorus; yield.

INTRODUCCIÓN

La agricultura en la Argentina se ha intensificado en los últimos años incrementando la producción, pero generando paralelamente un deterioro en la calidad del recurso suelo, considerado estratégico por ser de naturaleza no renovable [1]. Los cultivos de verano prevalecen en las secuencias agrícolas, con una alta participación del cultivo de soja, trayendo consecuencias negativas sobre la materia orgánica (MOS) y el balance de nutrientes en los suelos [1,2]. En la región pampeana y extrapampeana se registraron disminuciones en los contenidos prístinos de materia orgánica del 40 a 50 % [3]. A su vez, la extracción de nutrientes con las cosechas de los granos es mayor que los aportes por fertilización. Si bien, la relación aplicación/extracción ha mejorado en los principales macronutrientes, los niveles de reposición siguen siendo

insuficientes resultando en balances negativos. Esto implica un empobrecimiento continuo de nutrientes en el suelo [4].

La MOS es un componente fundamental del suelo que además de ser fuente de nutrientes, influye tanto en las propiedades químicas, físicas y biológicas [5, 6]. El carbono (C), componente principal de la materia orgánica, junto con el nitrógeno (N) y el fósforo (P), conforman el grupo de nutrientes más importantes, indispensables para el correcto funcionamiento del suelo en los agroecosistemas [7].

Ante esta situación de sistemas netamente agrícolas y homogéneos se puede pensar en el uso de residuos orgánicos y cultivos de cobertura (CC), como alternativas de manejo durante los barbechos, para revertir o atenuar los efectos mencionados y otros procesos que puedan condicionar la sustentabilidad del sistema.

El sector agropecuario, agroindustrial y las ciudades generan residuos orgánicos que aumentan su volumen incesantemente. Considerando que el 50 % de los residuos sólidos urbanos corresponden a la fracción orgánica [8], en la ciudad de La Plata se producen más de 370 t día⁻¹ de residuos orgánicos [9]. Sumado a ello, en la ciudad se desarrolla una importante actividad hípica, con aproximadamente 2500 animales estabulados (Hipódromo de La Plata, comunicación personal, julio 2020) que produciría alrededor de 25 t día⁻¹ de estiércol sin contar el material acompañante como cama, que comúnmente es viruta de madera. Además, se encuentra el cuerpo de caballería de la policía de la provincia de Buenos Aires y centros dedicados a la equitación y equinoterapia. También en cercanías a la mencionada ciudad hay establecimientos avícolas, dedicados a la producción de huevos y carne, que producen una elevada cantidad de residuos. Un estudio sobre la actividad avícola en la región norte del Área Metropolitana Buenos Aires indica que para una granja promedio de gallinas ponedoras la producción de estiércol supera las 1000 t año⁻¹ y para el caso de pollos parrilleros es menor a 1000 t año⁻¹ [10].

Estos residuos previamente tratados a partir del proceso de compostaje y aplicados al suelo pueden producir mejoras en la fertilidad. Son una importante fuente de materia orgánica y nutrientes que podrían reemplazar la fertilización mineral o parte de ella, manteniendo o incluso mejorando la producción de los cultivos [11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

Los compost presentan parte de los nutrientes de forma disponible y otra fracción debe ser mineralizada para ser liberados. En general, los compost vegetales presentan menos contenido de nutrientes, sobre todo N y P, comparados con aquellos elaborados a partir de estiércoles [19]. Además, estos materiales contienen cantidades apreciables de micronutrientes, pudiendo corregir deficiencias de estos elementos [20]. Si bien son muchas las mejoras de la adición de compost al suelo, también pueden producirse incrementos del pH [11, 14, 21] que puede condicionar la disponibilidad de nutrientes y generar malas condiciones desde el punto de vista físico [22].

La utilización de compost podría brindar una solución conjunta a la problemática de la pérdida de MOS y nutrientes, como también al tratamiento y gestión de los residuos. De esta manera se promueve el reciclaje, generando valor y transformando los residuos en recursos [23]. Por otro lado, incluir CC durante el barbecho produce mejoras en las propiedades químicas, físicas [24] y biológicas del suelo [25], mejoran el control de la erosión y malezas [26]. Con los CC se aprovechan recursos disponibles (agua, radiación y nutrientes) y permiten aportar biomasa al sistema, mejorado el balance de C y evitando la lixiviación de nitratos. Incluir una leguminosa como CC permite fijar N atmosférico y con esto reducir la fertilización mineral con este nutriente. A través de la mineralización de los tejidos del CC, a diferentes tasas dependiendo de la relación C/N, se reciclan los nutrientes y son liberados al suelo quedando disponibles para el cultivo siguiente. Además, los CC permiten mejorar la captación de agua y reducir la evaporación, incrementando de esta manera la eficiencia de conservación y disponibilidad de agua en el perfil [27, 28, 29, 30, 31, 32]. Estas mejoras en el sistema pueden reflejarse en aumentos de la producción de los cultivos. 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 [26, 32].

En un radio cercano a la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la Universidad Nacional de La Plata, se desarrollan diferentes actividades *A.I. Voisin et. al / Inv. Jov. 8 (2) (2021) 9-17*

agropecuarias. A nivel extensivo predominan los sistemas ganaderos, sin embargo, una pequeña superficie es destinada a cultivos para grano [33]. Considerando los partidos lindantes a la ciudad de La Plata, la superficie implantada con los principales cultivos fue variando entre 15 mil y 22 mil hectáreas en los últimos 5 años, con una alta participación del cultivo de soja seguido por el maíz, representando estos dos cultivos un 75 a 80% de la superficie sembrada [34]. Por lo tanto, en esta zona, si bien en una escala menor de superficie, se pueden dar las mismas problemáticas que en el resto de la región pampeana. La información de estos manejos es escasa o nula, por esto, como objetivo general, este trabajo pretendió aportar información acerca de la inclusión de CC y el posible uso de diferentes tipos de compost durante el barbecho a nivel extensivo. Los objetivos particulares fueron: i) analizar el efecto sobre el agua útil, N total, P disponible y pH al finalizar el periodo de barbecho; ii) evaluar la producción de biomasa del CC y la acumulación de N en la biomasa; iii) evaluar la producción de biomasa, el rendimiento y sus componentes en soja y maíz como cultivos sucesores a los manejos alternativos durante el barbecho.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo 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 un suelo *Argiudol Vértico* (Familia arcillosa fina illítica térmica) [35], sobre dos secuencias de cultivos (1: Trigo/Soja 2° - Soja - Soja y 2: Cebada/Soja 2° - Maíz - Soja), luego de la cosecha de soja de segunda (Soja 2°), se realizaron diferentes tratamientos durante el barbecho, previo a los cultivos de soja y maíz. Estos tratamientos consistieron en: aporte de compost de cama de pollo (CP); compost de cama de caballo con guano de conejo (CCC); lombricompost de residuos sólidos urbanos (RSU), cultivos de cobertura (CC) y un testigo sin compost ni cultivo de cobertura (T). El diseño experimental fue en bloques al azar con cuatro repeticiones. Las parcelas tuvieron una superficie de 21 m².

Producción, análisis de laboratorio y aplicación de los diferentes compost

La cama de pollo fue tomada de un galpón dedicado a la producción de pollos reproductores, la que se sometió a un proceso de compostaje por 6 meses. El compost a base de cama de caballo se produjo con una mezcla de estiércol de caballo con viruta de madera y guano de conejo, durando el proceso 8 meses. Los residuos sólidos urbanos, consistieron en restos de frutas, verduras, yerba, hojas de parques y cortes de pasto, el cual se procesó mediante un lombricompostaje que duro 8 meses [36]. Durante el proceso se controló temperatura y humedad, incorporando humedad cuando fue necesario.

Se analizó para cada tipo de compost: humedad (H), pH, conductividad eléctrica (CE), materia orgánica (MO), carbono orgánico (CO), nitrógeno total (Nt), fósforo total (Pt). En base a bibliografía nacional e internacional [13, 14, 15] la cantidad de compost utilizada fue de 20 t ha⁻¹ como peso fresco, referido a peso seco la cantidad aplicada aproximada fue de 10 t ha⁻¹ de CP y RSU y 8 t ha⁻¹ para CCC. La aplicación se realizó el 03/08/2018. A través de la composición de los compost y la dosis aplicadas se estimó la cantidad de C, N y P que aportaron al suelo.

Manejo de los cultivos de cobertura

Los CC fueron sembrados el 14 junio 2018, sin la remoción del suelo y de forma manual. Se incluyó una leguminosa (*Vicia sativa* L.) y una gramínea (*Avena sativa* L.) con una densidad de 40 y 70 kg ha⁻¹ respectivamente. El secado químico fue el 4 de octubre usando glifosato (48%) a una dosis de 2 l ha⁻¹, en inicio de floración de vicia y hoja bandera de la avena. La aplicación del herbicida se realizó para todos los tratamientos y en ambas secuencias. Antes del secado se tomó una muestra de 1 m² cortando las plantas al ras del suelo para determinar la producción de biomasa seca y la concentración de nitrógeno por medio de una digestión húmeda y destilación Kjeldahl [37]

Muestreo de suelo y determinaciones de laboratorio

Se tomaron muestras de suelo al final del período de barbecho, coincidiendo con el momento del secado de los CC. Las muestras fueron compuestas por tres submuestras para cada tratamiento. Las profundidades fueron de 0-20, 20-40 y 40-60 cm y sobre ellas se determinó el contenido hídrico por el método gravimétrico. El valor de humedad gravimétrica (HG) se afectó por la profundidad (Prof) de muestreo y densidad aparente del suelo (DA), la cual se determinó utilizando el método del cilindro, volumen 54,3 cm³ [38], obteniendo el valor de humedad volumétrica (HV, Ecuación 1: HV = HG × Prof × DA). A partir de ello se realizó el cálculo de agua útil (AU), considerando el punto de marchitez permanente (PMP) determinado por el método olla de Richard [39] (Ecuación 2: AU= HV - PMP).

Sobre las muestras de 0-20 cm se determinó nitrógeno total (Nt) por digestión húmeda y destilación Kjeldahl [40], fósforo extraíble (Pe) [41] y pH actual por el método potenciométrico (1:2,5 suelo/agua) [40].

Manejo de los cultivos de soja y maíz

Luego de los distintos tratamientos de barbecho se sembraron los cultivos de soja y maíz. En la Tabla 1 se presenta el detalle del manejo de cada cultivo. La siembra se realizó manualmente sin remoción de suelo. Sobre los tratamientos T se realizó una fertilización mineral a la siembra con 80 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico en maíz y 80 kg ha⁻¹ superfosfato triple de calcio en soja. En el estadio V6 de maíz se aplicaron 100 y 50 kg ha⁻¹ de urea en el tratamiento T y CC respectivamente. Al momento de la cosecha se tomaron muestras cortando las plantas al ras del suelo, para determinar la biomasa producida, el rendimiento y sus componentes (granos m⁻² y peso de mil granos). Sobre los surcos centrales de las parcelas se cosechó 1 m² para el caso de soja y 4 m lineales (2,8 m²) en el caso de maíz.

Tabla 1 - Manejo de los cultivos de soja y maíz

Labores	Maíz	Soja
Presiembra	3 l ha ⁻¹ Glifosato	2 l ha ⁻¹ Glifosato
Fecha Siembra	15/10/2018	16/11/2018
Variedad	SYN 897 Viptera 3	DM 4214
Densidad	65.000 pl ha ⁻¹	400.000 pl ha ⁻¹
Fertilización	A la siembra sólo en T con 80 kg ha ⁻¹ fosfato diamónico.	A la siembra con 80 kg ha ⁻¹ de superfosfato triple de calcio
mineral	En V6 se aplicó urea 100 y 50 kg ha ⁻¹ en T y CC respectivamente.	

Herbicidas	2 l ha ⁻¹ de Glifosato	Dos aplicaciones de Glifosato a razón de 2 l ha ⁻¹
Insecticidas	-	Tres aplicaciones de una mezcla comercial con Imidacloprid, lambdacialotrina y bifentrina a razón de 40 cc ha ⁻¹
Cosecha	4/4/2019	7/5/2019

Procesamiento de datos

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de la varianza, y en caso de ser necesario se compararon las medias con el test de LSD utilizando un nivel de significancia del 0,05. Se comprobaron los supuestos de homogeneidad de varianzas y distribución normal de los errores. Se utilizó el software estadístico InfoStat [42].

Registros climáticos

Se analizaron las condiciones climáticas respecto a lluvias y temperatura de la campaña 2018/2019 y los registros históricos, entre el año 1966 y 2014. Los datos meteorológicos 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 fueron 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."

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante el periodo de ensayo la temperatura media mensual fue menor que la media histórica (1965-2014) en la gran mayoría de los meses, a excepción de mayo y septiembre que la superaron (Figura 1). Durante la campaña las precipitaciones fueron de 1134 mm, un 12 % más que la media anual histórica, pero como puede observarse en la figura 1 la distribución no fue normal. Los menores registros se dieron en los meses de junio (7,6 mm), octubre (10,6 mm), enero (49,8 mm) y marzo (54,8 mm) (Figura 1).

El período comprendido de mayo a septiembre, es decir, entre un mes antes de la siembra del CC y su secado, registro 488 mm de lluvias siendo un 48% superior a la media histórica. Entre los meses de octubre y marzo, tiempo ocupado por los cultivos de maíz y soja, las lluvias registradas fueron de 588 mm. Estos registros fueron suficientes para los cultivos sobre todo durante los periodos críticos que ocurrieron en diciembre para maíz y febrero para soja.

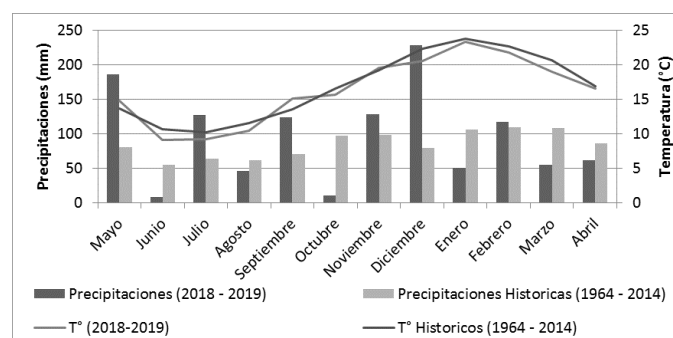


Figura 1 - Temperaturas medias (°C) y precipitaciones mensuales (mm) para la campaña 2018 – 2019 y los registros históricos (1964 – 2014).

Aportes de los diferentes compost

En la Tabla 2 se presentan la composición química de los diferentes compost, expresados sobre material seco.

Tabla 2 - Características de los compost. Valores expresados sobre material seco.

Compost	H	MO	CO	Nt	Pt	C/N	pH	CE
	-----%-----						(1:1)	dS m ⁻¹
CP	52	50	27,8	2,5	1,3	11	8,5	16,2
CCC	63	58	32,2	2,6	1,2	12	6,7	5,56
RSU	49	44	24,4	1,9	0,4	13	7,2	10,53

H: humedad; MO: materia orgánica; CO: carbono orgánico; Nt: nitrógeno total; Pt: fósforo total; C/R: relación carbono nitrógeno; pH: potencial hidrogeno; CE: conductividad eléctrica; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos.

Con las cantidades de compost utilizadas y según su composición se lograron aportes de 2700 a 2400 kg ha⁻¹ de C, 240 a 190 kg ha⁻¹ de N y de 130 a 40 kg ha⁻¹ de P. El compost producido a partir de RSU realizó los menores aportes debido a que es un material producido a partir de restos vegetales. El tratamiento CP realizó los mayores aportes y CCC quedo en una situación intermedia pero muy similar a CP. Los valores CE fueron elevados en los tres compost superando el límite de 4 dS m⁻¹[43], representando un riesgo para la salinidad del suelo sobre todo CP y RSU. A su vez CP presentó un pH elevado mientras que los restantes compost presentaron valores cercanos a la neutralidad.

Biomasa seca y acumulación de nitrógeno en los cultivos de cobertura

El CC como antecesor al cultivo de soja logró una producción de biomasa seca (BS) de 2200 kg ha⁻¹ y una acumulación de N en la biomasa aérea de 42 kg ha⁻¹. Cuando el CC fue antecesor a maíz la producción de BS fue de 2233 kg ha⁻¹ y 46 kg ha⁻¹ de N.

La producción de biomasa seca aérea del CC, depende de las especies que se utilicen, de la fertilización, del suelo y de la fecha de secado [30]. La producción de biomasa de los CC fue baja, pero se encuentra dentro de los rangos reportados en la bibliografía. En un estudio donde utilizaron CC de avena y vicia durante tres campañas y en diferentes sitios, encontraron valores que oscilan entre 2110 a 5310 kg ha⁻¹ de BS, donde las menores producciones se debieron al atraso de la fecha de siembra y las bajas precipitaciones ocurridas durante el ciclo de los CC [28]. En otro ensayo, encontraron que la biomasa producida por esta consociación osciló entre 3000 y 6000 kg ha⁻¹, y asumen que las mayores producciones estuvieron relacionadas con el tiempo de crecimiento, en este caso determinado por la fecha de secado y las mayores precipitaciones [32]. En otras investigaciones se reportan valores de BS que oscilan entre 4800 y 8500 kg ha⁻¹, en la consociación vicia y avena [44].

En este trabajo, luego de la cosecha de soja de segunda (fines de abril) los excesos hídricos en el mes mayo retrasaron la siembra del CC, lo que provocó disminuciones en la biomasa producida al acortarse el período de crecimiento. La cantidad de N acumulado en la biomasa depende de las especies que se utilicen y la producción de biomasa del CC. La acumulación de N en el CC, expresado como porcentaje (1,9 - 2 %) de la BS producida, se encuentra dentro de los valores reportados en la bibliografía (1,5 - 3,5 %) [28, 32].

Efecto de los compost y cultivos de cobertura sobre las variables de suelo

Al final del período de barbecho para ambos cultivos, los tratamientos no produjeron cambios significativos en el AU (Tabla 3). En diferentes estudios donde se utilizaron compost de RSU, o compost de estiércol bovino combinados con fertilización mineral, no encontraron diferencias significativas en la humedad del suelo [18, 45], similar a los resultados obtenidos en este trabajo. Se reportan mayores eficiencias de uso del agua para el cultivo de soja, principalmente por los mayores rendimientos obtenidos en tratamientos combinados [45].

Tabla 3 - Agua útil (AU) al final del barbecho para cada cultivo bajo los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Barbecho-Soja	Barbecho-Maíz
	AU (mm)	AU (mm)
T	92	95
CP	93	98
CCC	92	97
RSU	93	95
CC	93	93
CV%	2,14	2,94
	ns	ns

Medias y coeficiente de variación (CV%), ns: no significativo, n=20. AU: agua útil; T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

Los CC no tuvieron un impacto en el AU al finalizar el barbecho (Tabla 3), esto se debe a que durante el periodo de crecimiento las precipitaciones acumuladas fueron altas, un 48 % más de lo normal, lo que hizo que al momento del secado no se encontraran diferencias en el contenido de AU con respecto a los demás tratamientos. En estudios realizados en el Sudoeste de Córdoba, se reportan disminuciones en el agua disponible al momento del secado de los CC, sin embargo, al momento de la siembra de los cultivos para grano esta diferencia fue atenuada debido a la recarga de agua por precipitaciones [27]. En estudios realizados en Entre Ríos encontraron que los contenidos de agua en el suelo difirieron poco entre los CC y el barbecho convencional cuando el secado se realizó los últimos días de septiembre [30]. En años normales o húmedos y secando los CC a inicios de primavera, las lluvias primaverales permitirían recargar los primeros 30 cm del perfil debido a que la mayor utilización de agua por los CC se concentra en el espesor 0-30 cm [32]. De esta manera se pudo aprovechar el agua y radiación durante el período de barbecho para generar biomasa.

Para el caso del Nt no se encontraron diferencias significativas bajo los diferentes tratamientos al finalizar el periodo de barbecho en ambos cultivos (tabla 4).

Las cantidades de N aportadas con los diferentes compost no se vieron reflejadas en el Nt del suelo dos meses después de su aplicación. Si se toma como referencia los tratamientos testigos y considerando el Nt, la densidad aparente del suelo (1,2 t m⁻³) y la profundidad de muestreo (0-20 cm) el Nt del suelo fue de 4130 y 3950 kg ha⁻¹ para barbecho-soja y barbecho-maíz respectivamente. Podría pensarse que la adición de Nt con los compost (190 a 240 kg ha⁻¹) resulta insignificante, comparado con los contenidos en el suelo, como para poder encontrar una variación significativa en este parámetro en el corto plazo. Varios autores bajo diferentes tipos de suelo, climas, composts (RSU, CP, CCC, Compost cama

profunda de cerdo), dosis y número de aplicaciones reportan similares resultados [12,13,18,46]. Contrariamente, otros autores, utilizaron compost de estiércol bovino, equino y ovino a tasas de 3 t ha⁻¹ en un monocultivo de soja durante tres años, encontrando aumentos en el Nt [47]. Otros autores reportan incrementos del Nt con el uso de cama de pollo sin compostar luego de un año de la aplicación [15]. Podemos observar que existe una gran variación en este parámetro, si bien se observa una tendencia mínima hacia el aumento en Nt, los cambios ocurren lentamente, por lo tanto, es esperable que se observen variaciones a largo plazo y con sucesivas aplicaciones. Sin embargo, podría considerarse que existió un aporte superior de N al sistema al que se realizó con la fertilización mineral sobre los cultivos sucesores.

Por otro lado, los CC no produjeron cambios en el contenido de Nt en el suelo, esto coincide con lo reportado en diferentes estudios en los que se incluyeron CC por varios años [24, 29].

Se encontró una diferencia estadística significativa en el fósforo disponible al finalizar el periodo de barbecho para ambos cultivos. Los diferentes compost se diferenciaron estadísticamente del T y CC (Figura 2). A su vez, para barbecho-soja, se observaron diferencias entre CCC y los restantes compost (RSU y CP). El tratamiento CCC logró incrementos del 213 % con respecto al T y CC. En el caso de CP y RSU este aumento fue del 88 %. En el barbecho-maíz, los tres compost se diferenciaron estadísticamente entre sí, encontrándose el valor más alto nuevamente en CCC, seguido de CP y en último lugar RSU. Los aumentos en la disponibilidad de fósforo con respecto al T y CC fueron de 225, 138 y 75 % para CCC, CP y RSU respectivamente (Figura 2).

Tabla 4 - Nitrógeno total (Nt) al final del barbecho para cada cultivo bajo los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Barbecho-	
	Barbecho-Soja	Maíz
	AU (mm)	AU (mm)
T	92	95
CP	93	98
CCC	92	97
RSU	93	95
CC	93	93
CV%	2,14	2,94
	ns	ns

Medias y coeficiente de variación (CV%), ns: no significativo, n=20. Nt: nitrógeno total; T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

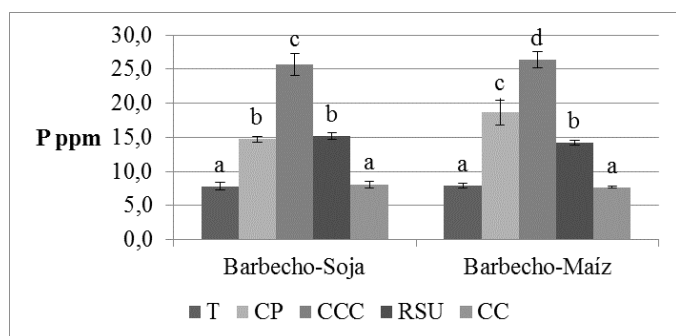


Figura 2 - Fósforo disponible (ppm) al final del barbecho para cada cultivo bajo los diferentes tratamientos. Dentro de cada barbecho letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ($p < 0,05$). Media \pm error estándar, n=20. T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

Con la utilización de compost se encontraron aumentos de 6 a 17 ppm en la disponibilidad de P, coincidiendo con lo reportado por varios autores. En suelos Vertisoles de Entre Ríos utilizando dosis de 6 a 12 t ha⁻¹ de cama de pollo sin compostar, se citan aumentos en el orden de 10 a 25 ppm más que el testigo, luego de un año de la aplicación [15]. Otros autores utilizando estiércol de pollo a una dosis de 1,2 t ha⁻¹ observaron diferencias con valores de 7 y 22 ppm a favor de la fertilización [17]. En otros estudios se reportan aumentos en los niveles de fósforo con el uso de compost de estiércol de pollo, estiércol de tambo [11] y RSU [18]. En este último caso con RSU a dosis de 18 t ha⁻¹ de materia seca, reportan aumentos en el orden de 7 a 11 ppm [18]. Con similares resultados, estudios en Brasil, reportan aumentos lineales en este elemento a medida que aumentan la dosis con RSU de 5 a 40 t ha⁻¹ [14]. Según la bibliografía nacional, en suelo similar al ensayado para elevar 1 ppm de fósforo extractable se necesitarían 4,23 kg P ha⁻¹, lo que equivale a 21,11 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico [48]. El incremento de fósforo extractable logrado en promedio con el uso de compost equivale aproximadamente a 240 kg ha⁻¹ de fosfato diamónico. La acumulación de P observada en el suelo puede durar varios años [11,15], de esta manera la fertilización mineral fosforada podría ser reemplazada totalmente con la aplicación de compost.

La inclusión de CC durante ambos barbechos no modificó la disponibilidad de P con respecto al testigo. Esto coincide con lo reportado por algunos autores [29], sin embargo, otros reportan disminuciones de la disponibilidad de P, debido a la inmovilización de este nutriente en la biomasa del CC [24].

En ambos barbechos, se encontraron diferencias significativas para el pH (Figura 3). En barbecho-soja el tratamiento RSU, de mayor valor (6,09) se diferenció estadísticamente de todos los tratamientos. CP y CCC no se diferenciaron entre sí, pero ambos fueron estadísticamente diferentes al T. El CC quedó en una situación intermedia al T y CCC, sin diferencias estadísticas. En barbecho-maíz, nuevamente RSU fue el de mayor pH (6,08), pero en este caso solo se diferenció de los tratamientos T y CC. A su vez los tratamientos con diferentes compost no se diferenciaron entre sí. El CCC quedó en una situación intermedia, sin diferencias entre T y CC.

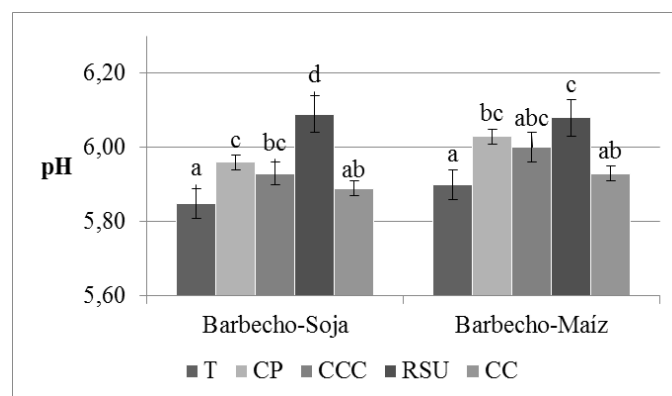


Figura 3 - pH al final del barbecho para cada cultivo bajo los diferentes tratamientos. Dentro de cada barbecho letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher ($p < 0,05$). Media \pm error estándar, n=20. T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

El tratamiento RSU en ambos barbechos generó los mayores aumentos del pH, coincidiendo con otros estudios en el ámbito nacional [21] e internacional [14]. Sobre un suelo Latosol Rojo Distrófico de textura media, se encontraron aumentos en el pH, de manera lineal con tasas de 5

a 40 t ha⁻¹. Este aumento lo atribuyen a la composición del compost de RSU, que generalmente contiene aniones orgánicos solubles en agua que, cuando estos se liberan, pueden adsorber H⁺ de la solución del suelo mediante reacciones de intercambio. Otra explicación es la producción de iones OH⁻ durante la mineralización del carbono orgánico [14]. En cuanto al tratamiento CP hay estudios que reportan aumentos en el pH con la aplicación de compost de estiércol de pollo [11], sin embargo, otros autores a nivel nacional no encontraron modificaciones significativas en el pH utilizando cama de pollo sin compostar [15]. En otro estudio sobre un suelo de similares características, utilizaron las mismas enmiendas que en este trabajo, a dosis de 10 y 20 t ha⁻¹ y no encontraron diferencias en el pH [46]. Estas variaciones reportadas en la bibliografía se deben tanto al pH del propio compost, como el pH del suelo donde se aplica y las dosis utilizadas. Cabe destacar que los aumentos ocasionados en el pH con los diferentes compost no implicaron un riesgo para la producción de los cultivos [22], sin embargo, resulta en un parámetro importante a monitorear ante sucesivas aplicaciones.

Biomasa y componentes del rendimiento en soja y maíz como cultivos sucesores a los tratamientos de barbecho

En el cultivo de soja se encontraron diferencias significativas para la biomasa seca total (BST) donde después de CCC y CP se lograron los mayores valores, diferenciándose del T y CC de menores valores de BST, quedando el RSU en una posición intermedia que sólo se diferenció del CC (Figura 4). Para el rendimiento y granos m² no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos. Para el PMG se encontraron diferencias significativas, donde el T resultó en el menor peso y se diferenció estadísticamente de CP y RSU, quedando CCC y CC en una situación intermedia (Tabla 5).

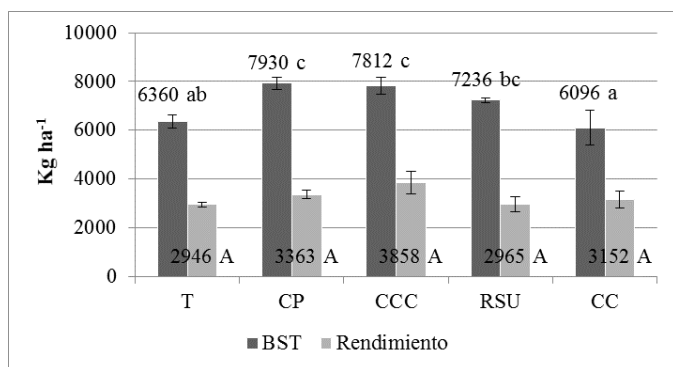


Figura 4 - Biomasa seca total (BST) y rendimiento para el cultivo de soja como cultivo sucesor a los tratamientos de barbecho. Letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher (p<0,05). Media ± error estándar, n=20. T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

Tabla 5 - Componentes del rendimiento de soja y maíz como cultivos sucesores a los tratamientos de barbecho.

Tratamiento de barbecho	Soja		Maíz	
	Granos m ²	PMG	Granos m ²	PMG
T	1633	181 a	3076	286 b
CP	1701	198 b	3277	292 b
CCC	2079	185 ab	2876	258 a
RSU	1506	197 b	2757	254 a
CC	1683	187 ab	2531	275 ab
CV%	14,0	4,3	12,3	6,3
	ns		ns	

Letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher (p<0,05). Medias y coeficiente de variación (CV%), ns: no significativo, n=20. PMG: peso de mil granos; T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC:

compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricompost residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

Los rendimientos obtenidos para soja oscilan dentro de los valores promedios para la zona de estudio [34]. El aumento en la producción de biomasa seca con la utilización de compost, especialmente con CP y CCC, fue de 25 y 23 %, respectivamente, respecto al T (Figura 4). Los manejos con CC y T arrojaron valores menores pero similares entre sí. Probablemente a largo plazo incluir CC puedan mejorar los rendimientos del cultivo de soja por la liberación de nutrientes contenidos en sus rastrojos. El rendimiento en el tratamiento CCC logró un incremento del 30 % comparado al T debido principalmente al mayor número de granos m². El tratamiento CP si bien no se diferenció estadísticamente del T logró incrementos del 14%, debido fundamentalmente al PMG. Los restantes manejos tuvieron un comportamiento similar (Tabla 5). Se han reportado aumentos en los rendimientos de soja utilizando compost producido a partir de residuos de cama de pollo y biosólidos [16]. En otras investigaciones aplicando compost de cama profunda de cerdo reportan aumentos del 17 % en soja, atribuyéndolo a mejoras en las propiedades del suelo [13]. En un monocultivo de soja de tres años utilizando compost de estiércol bovino, equino y ovino a tasas de 3 t ha⁻¹, encontraron aumentos en los rendimientos debido a la prolongada liberación de nutrientes de los compost, que proporcionaron una mayor disponibilidad de nutrientes en los momentos de mayor demanda por parte del cultivo [47]. Otros investigadores no encontraron diferencias en la producción de biomasa y rendimiento de soja con fertilización mineral comparada con compost de RSU más fertilizantes minerales, similar a los resultados de este ensayo [12]. Con la incorporación de CC, el rendimiento de soja no difirió con el T, coincidente a lo que reportan diferentes investigaciones en Argentina [27,30, 32, 44], resultando en aportes benéficos para el agroecosistema, sin perjudicar los rendimientos.

Los rendimientos obtenidos para maíz también oscilan dentro de los valores promedios para la zona de estudio [34]. Se encontraron diferencias significativas en la BST donde el tratamiento CP, de mayor producción se diferenció de los restantes, con un incremento del 34 % en promedio. En el rendimiento también hubo diferencias significativas, donde el tratamiento de mayor rendimiento fue CP que se diferenció de CCC, RSU y CC de menores rendimientos, quedando el tratamiento T en una situación intermedia, sin diferencia estadística con CP y CCC, pero diferenciándose de RSU y CC. El tratamiento CP, logró incrementos del 9 % en el rendimiento respecto al testigo (Figura 5).

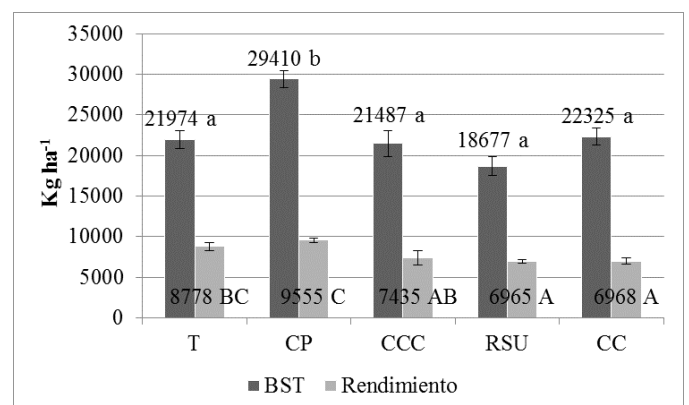


Figura 5 - Biomasa seca total (BST) y rendimiento para el cultivo de maíz como cultivo sucesor a los tratamientos de barbecho. Para cada variable letras distintas indican diferencias significativas según LSD Fisher

($p < 0,05$). Media \pm error estándar, $n=20$. T: testigo; CP: compost cama pollo; CCC: compost cama caballo-guano conejo; RSU: lombricomposto residuos sólidos urbanos; CC: cultivos de cobertura.

Para los componentes del rendimiento de maíz, las diferencias en el número de granos m^{-2} no fueron significativas sin embargo el tratamiento CP resultó en los mayores valores para esta variable. Los mayores PMG, se encontraron en T y CP que se diferenciaron significativamente de CCC y RSU quedando CC en una posición media (Tabla 5). Estos resultados implican que es factible reemplazar el fertilizante de síntesis química por este tipo de compost (CP), con los beneficios ecológicos y económicos que ello implica. En diversos estudios en Argentina se reportan aumentos del rendimiento de maíz con el uso de cama de pollo fresca [15], guano y compost de estiércol de gallina [49]. Los restantes tratamientos arrojaron rendimientos menores al T. El CCC rindió un 15 % menos, sin embargo, no fue significativo. Para RSU y CC esta reducción del rendimiento fue del orden del 21 %. Investigaciones reportan que utilizando compost de RSU se producen reducciones en el rendimiento de maíz durante los primeros años de estudio comparado con la fertilización mineral, debido a la escasa disponibilidad de N registrada para el cultivo durante estos primeros años [12]. Contrariamente otros autores utilizando el doble de dosis de compost de RSU que las utilizadas en este trabajo reportan aumentos en el rendimiento de maíz con una sola aplicación [14]. Con respecto al tratamiento con CC, se reportan disminuciones del rendimiento de maíz en un 41 % y 19 % cuando el CC fue trigo y vicia [30]. Contrariamente, en dos campañas contrastantes, una donde el maíz sufrió estrés hídrico durante el período crítico y otra con adecuada disponibilidad hídrica, no se encontraron diferencias en el rendimiento de maíz al incluir la consociación vicia y avena como CC [32]. Estudios en Labulaye (Córdoba), no reportaron diferencias en los rendimientos de maíz usando diferentes CC con respecto al testigo sin CC. Sin embargo, el mismo estudio incluyó a la localidad de Canals (Córdoba) donde obtuvieron diferencias entre los diferentes CC. Cuando el CC fue centeno se redujo el rendimiento de maíz diferenciándose cuando el CC fue vicia, donde los rendimientos fueron mayores [27]. Un aspecto a considerar en este tratamiento en el presente trabajo es que el rendimiento de maíz pudo verse afectado por los bajos contenidos de P disponible en el suelo. Si bien en ambos tratamientos fue de 8 ppm, el maíz luego del CC no recibió una fertilización fosforada como sí ocurrió en el T que fue de 16 $kg\ ha^{-1}$ de P. En la bibliografía se reporta una respuesta lineal en el rendimiento de maíz hasta la dosis de 20 $kg\ ha^{-1}$ para un rango de P disponible de 5 a 9,9 ppm [50], por lo que podemos suponer que el P pudo limitar el rendimiento cuando se incluyó CC antes de maíz.

CONCLUSIONES

Los diferentes compost modificaron positivamente la disponibilidad de fósforo en el suelo lo que permitiría reemplazar la fertilización mineral con este nutriente. En el caso del Nt no se vio reflejado en el suelo, pero el aporte de nitrógeno en sus formas orgánicas a largo plazo contribuiría mantener el stock nitrogenado. El aumento del pH con la utilización de compost resulta en un importante parámetro a monitorear, sin embargo, los aumentos fueron en niveles que no implican un riesgo para la producción. El agua útil no se vio modificada por el uso de los diferentes compost. La inclusión de CC permitió aprovechar recursos durante el barbecho para la producción de biomasa y no implicaron una reducción en la disponibilidad de agua para los cultivos sucesores. En soja los barbechos CP y CCC mejoraron la producción de biomasa y rendimiento,

sin embargo, en el cultivo de maíz esto se observó sólo para el tratamiento CP.

REFERENCIAS

- [1] F. Andrade, M. Taboada, D. Lema, N. Maceira, H. Echeverría, G. Posse, D. Prieto, E. Sánchez, D. Ducasse, M. Bogliani, J.G. Gamundi, E. Trumper, J. Frana, E. Perotti, F. Fava, M. Mastrángelo, *Los desafíos de la agricultura argentina. Satisfacer las futuras demandas y reducir el impacto ambiental*, Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina. **2017**.
- [2] O.P. Caviglia, F.H. Andrade, *Sustainable Intensification of Agriculture in the Argentinean Pampas. Capture and Use Efficiency of Environmental Resources*, AmJPSB 3 (Special Issue 1), **2010**, 1-8.
- [3] H.R. Sainz Rozas, H.E. Echeverría, H. Angelini, *Niveles de materia orgánica y pH en suelos agrícolas de la Región Pampeana y Extrapampeana Argentina*, IPNI, IAH, **2011**, 6-12.
- [4] G.A. Cruzarte, R.R. Casas, **2017**. *Balace de nutrientes en los suelos agrícolas de Argentina en la campaña 2015/2016*, IPNI, IAH, **28**, 2017, 14 - 23.
- [5] E. Martínez, J. P. Fuentes, E. Acevedo, *Carbono orgánico y propiedades del suelo*, R.C. Suelo Nutr. Veg, **8(1)**, **2008**, 68-96. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27912008000100006>.
- [6] A. Quiroga, A. Bono, I. Frasier, "Materia orgánica del suelo". En *Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos*, A. Quiroga, A. Bono, Ediciones INTA, Anguil, La Pampa, Argentina, **2012**, 26 - 38.
- [7] F.C. Frank, E.F. Viglizzo, "Balances de Carbono, Nitrógeno y Fósforo". En *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto Ecológico-Ambiental*, E.F. Viglizzo, E. Jobbágy, Ediciones INTA, Buenos Aires, Argentina, **2010**, 27 -30.
- [8] G. González, *Residuos sólidos urbanos Argentina. Tratamiento y disposición final. Situación actual y alternativas futuras* [on line], Cámara Argentina de la construcción, Buenos Aires. **2010**. Disponible en: <http://biblioteca.camarco.org.ar/libro/residuos-solidos-urbanos-en-argentina-situacion-actual-y-alternativas-futuras/>. Visitado en mayo de 2021.
- [9] CEAMSE, *Estadísticas residuos sólidos urbanos dispuestos - año 2016 completo*, **2016**. Disponible en: <http://www.ceamse.gov.ar/wp-content/uploads/2017/04/WEB-2016-COMPLETO-Final-1-1.pdf>. Visitado en mayo de 2021.
- [10] M.G. Sepulcri, D. Palacios, L.I. Magri, P.M. Barbano, *Relevamiento de la actividad avícola en el territorio norte del Área Metropolitana de Buenos Aires*, RIA, INTA, **44 (2)**, **2018**, 80-87.
- [11] P. D. Ramphisa, R. J. Davenport, *Corn yield, phosphorus uptake and soil quality as affected by the application of anaerobically digested dairy manure and composted chicken manure*, Journal of Plant Nutrition, **43(11)** **2020**, 1627-1642.
- [12] B. Moretti, C. Bertora, C. Grignani, C. Lerda, L. Celi, D. Sacco, *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, **2019**.
- [13] V. R. Pegoraro, M. F. Boccolini, T. Baigorria, P. F. Rizzo, C. A. Lorenzon, C.R. Cazorla, *Aplicación de compost de cama profunda porcina: calidad de suelo y producción de soja (Glycine max L.)*, RIA, INTA, **45 (2)**, **2019**, 234-241.
- [14] J. R. Mantovani, F. Spadon, *Soil chemical properties and nutrients in maize fertilized with urban waste compost*, Pesquisa Agropecuária Tropical, **47 (2)**, **2017**, 186-194.

- [15] J.J. De Battista, N. Arias, "Utilización de la cama de pollo como fertilizante en cultivos anuales, en suelos Vertisoles de Entre Ríos", En *Cama de pollo en Entre Ríos. Aportes para su uso y manejo*, J.M. Gange, Ediciones INTA, Concepción del Uruguay, Entre Ríos, **2016**, 70-75.
- [16] C.L. Bowden, G.K. Evanylo, X. Zhang, E.H. Ervin, J.R. Seiler, *Soil Carbon and Physiological Responses of Corn and Soybean to Organic Amendments*, *Compost Science & Utilization*, 18(3), **2010**, 162-173.
- [17] A. Lauric, A. Marinissen, T. Loewy, *Fertilización orgánica con guano de pollo sobre el rendimiento del cultivo de trigo y la fertilidad del suelo* [online], INTA AER Bahía Blanca y EEA Bordenave Buenos Aires, **2010**. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-1_hoja_informativa_fertilizacion_organica_trigo.pdf. Visitado en mayo de 2021.
- [18] J. Weber, A. Karczewska, J. Drozd, M. Licznar, S. Licznar, E. Jamroz, A. Kocowicz, *Agricultural and ecological aspects of a sandy soil as affected by the application of municipal solid waste composts*. *Soil Biol. Biochem.* 39, **2007**, 1294-1302.
- [19] C. Álvarez, H. Rimski-Korsakov, "Abonos Orgánicos", En: *Manejo de la fertilidad del suelo en planteos orgánicos*, C. Alvarez, H. Rimski-Korsakov, Editorial Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, **2016**, 134-138.
- [20] C.R. Alvariano, *Residuos orgánicos de origen urbano e industrial que se incorporan al suelo como alternativa económica en la agricultura*. *CENIC Ciencias Químicas*, 36(1), **2005**, 45-53.
- [21] J. J. Koritschoner, E. A. Rampoldi, S. B. Hang, *Cambios en las características físicas y químicas de un suelo después de la incorporación de compost de distinto origen*, *AgriScientia*, 36(1), **2019**, 15-23.
- [22] P. Azcarate, N. Kloster, G. Pérez Habiaga, "Reacción del suelo: pH", En *Manual de Fertilidad y Evaluación de Suelos*, A. Quiroga, A. Bono, Ediciones INTA, Anguil, La Pampa, Argentina, **2012**, 19 - 25.
- [23] P. Campitelli, *Calidad de compost y vermicompuestos para su uso como enmiendas orgánicas en suelos agrícolas* (Tesis doctoral), Universidad Nacional de Córdoba, **2010**, 8-9.
- [24] M. B. Villamil, G. A. Bollero, R. G. Darmody, F. W. Simmons, D. G. Bullock, *No-till corn/soybean systems including winter cover crops: Effects on soil properties*, *Soil Science Society of America Journal*, 70(6), **2006**, 1936-1944.
- [25] L. A. Ferreras, S. M. I. Toresani, V. S. Faggioli, C. M. Galarza, *Sensitivity of soil biological indicators in an Argiudoll from the Argentinean Pampas*. *Spanish Journal of Soil Science*, 5(3), **2015**, 227-242.
- [26] H. Rimski-Korsakov, C.R. Álvarez, R.S. Lavado, *Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina*, *IPNI, IAH*, 21, **2016**, 2-6.
- [27] C.R. Cazorla, T. Baigorriá, H. Videla Mensegué, A. Canale, J. Ortiz, V. Pegoraro, *Inclusión de cultivos de cobertura en secuencias agrícolas del sudeste de Córdoba (Argentina)*. *IPNI, IAH*, 29, **2018**, 18-22.
- [28] E. De Sá Pereira, J. A. Galantini, A. R. Quiroga, *Calidad de cultivos de cobertura en sistemas de siembra directa del sudoeste bonaerense*, *Ciencia del Suelo (Argentina)*, 35(2), **2017**, 337-350.
- [29] M. J. Beltran, L. Brutti, R. I. Romaniuk, S. Bacigaluppo, H. R. Sainz Rozas, J. A. Galantini, *Calidad de la materia orgánica y disponibilidad de macro y micronutrientes por la inclusión de trigo como cultivo de cobertura*, *Ciencia del Suelo (Argentina)*, 34(1), **2016**, 67-79.
- [30] O. P. Caviglia, L. Novelli, V. C. Gregorutti, N. V. Van Opstal, R. J. Melchiori, "Cultivos de cobertura invernales: una alternativa de intensificación sustentable en el centro-oeste de Entre Ríos", En *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los A.I. Voisin et. al / Inv. Jov. 8 (2) (2021) 9-17*
- sistemas de producción*, C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, M. Bodrero, Ediciones INTA, La Pampa, **2012**, 148-157.
- [31] H. Kruger, A. Quiroga, "La interfase suelo-atmosfera y su valor estratégico en regiones semiáridas", En *Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción*, C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, M. Bodrero, Ediciones INTA, La Pampa, **2012**, 5 - 6
- [32] S. Restovich, A. Andriulo, "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*, C. Álvarez, A. Quiroga, D. Santos, M. Bodrero, Ediciones INTA, La Pampa, **2012** 29 - 35.
- [33] Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República Argentina. Censo Nacional Agropecuario 2008. Disponible en: <https://www.indec.gob.ar/>. Visitado en mayo de 2021.
- [34] Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca de la República Argentina. Datos abiertos campañas 2013/14 a 2018/2019. Disponible en: <https://www.magyp.gob.ar/datosabiertos/>. Visitado en mayo de 2021.
- [35] J.W. Lanfranco, N. Carrizo. *Cartas de suelo de la Estación Experimental Julio Hirschhon*. Sin editar. **1988**.
- [36] P. Román, M. Martínez, A. Pantoja, *Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Santiago de Chile, **2013**.
- [37] AOAC. *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemist, 11th ed. pp. 1015 Washington DC, USA, **1970**.
- [38] G.R. Blake, K.H. Hartge, "Bulk Density". En *Methods of Soil Analysis: Part I, Physical and Mineralogical Methods*, A. Klute, SSSA Book Series, USA, **1986**, 363-375.
- [39] L. A. Richards, *Methods of measuring soil moisture tension*. *Soil science*, 68(1), **1949**, 95.
- [40] Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina, *Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos (SAMLA)*, **2004**.
- [41] IRAM-SAGyP 29570-1, *Determinación de fósforo extraíble en suelos. Parte 1- Método de Bray Kurtz 1 Modificado (extracción solución de fluoruro de amonio - ácido clorhídrico)*, **2010**.
- [42] J.A. Di Rienzo, F. Casanoves, M.G. Balzarini, L. Gonzalez, M. Tablada, C.W. Robledo, *InfoStat versión 2016*. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en: <http://www.infostat.com.ar>. Visitado en mayo de 2021
- [43] SENASA, *Manual para el registro de fertilizantes, enmiendas, sustratos, acondicionadores, protectores y materias primas en la República Argentina*, Resolución 264, **2011**. Disponible en: <http://www.senasa.gob.ar/normativas/resolucion-264-2011-senasa-servicio-nacional-de-sanidad-y-calidad-agroalimentaria>. Visitado en mayo de 2021.
- [44] J. Capurro, 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*. *IPNI, IAH*, 47, **2010**, 13 -15.
- [45] K. K. Bandyopadhyay, A. K. Misra, P. K. Ghosh, K. M. Hati, *Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity of soybean*. *Soil and Tillage research*, 110(1), **2010**, 115-125.

- [46] L. Ferreras, E. Gómez, S. Toresani, I. Firpo, R. Rotondo, *Effect of organic amendments on some physical, chemical and biological properties in a horticultural soil*. Bioresource technology, 97(4), **2006**, 635-640.
- [47] X. M. Tian, H. Fan, F. H. Zhang, K. Y. Wang, J. A. Ippolito, J. H. Li, Z.W. Jiao, Y.B. Li, Y.Y. Li, J.X. Su, W.T. Li, M.J. An, *Soil carbon and nitrogen transformations under soybean as influenced by organic farming*. Agronomy Journal, 110(5), **2018**, 1883-1892
- [48] G. Rubio, M.J. Cabello, F.H. Gutiérrez Boem, *¿Cuánto fósforo hay que aplicar para alcanzar el umbral crítico de fósforo disponible en el suelo? Cálculos para las zonas Sur y Norte de la Región Pampeana*, IPNI, IAH, 35, **2007**, 6-10.

- [49] R. Alladio, L. Errasquin, A. Saavedra, L. Pagnan, *Efecto del aporte de nutrientes del guano y compost de gallinas ponedoras sobre el rendimiento del cultivo de maíz* [on line]. INTA, EEA Marcos Juárez, **2016**. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_maiz_guano_jp16_0.pdf Visitado en mayo de 2021.
- [50] H. Fontanetto, O. Keller, S. Gambaudo, J. Albrecht, G. Gianinetto, E. Weder, O. Zen, I. Daverede, F.O. García, *Respuesta del maíz a la fertilización fosforada en la región centro de Santa Fe. Información técnica de cultivos de verano. Campaña 2010*. Ediciones INTA, Publicación Miscelánea 118, **2010**, 98 – 103.