

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE ASERRÍN DE ALGARROBO SOBRE LAS PROPIEDADES DE UN SUELO EN LA PROVINCIA DEL CHACO

Effect of carob sawdust application on soil properties in Chaco province

Sotelo Cristina E.¹; Pérez German L.¹; Sirio Andrea A.¹; Mansilla Natalia P.²; Carnicer Sebastián¹; Castelán María E.¹

¹Instituto Agrotécnico "P.M.Fuentes Godo"-FCA-UNNE- Las Heras 727-Resistencia-

²Dirección de Suelo y Agua Rural – Ministerio de la Producción del Chaco.

Email: cristinasotelo4480@yahoo.com.ar

RESUMEN

Los suelos con sistemas de monocultivo e intenso laboreo presentan gran pérdida de materia orgánica (MO). En este trabajo se evaluó la semi-incorporación de aserrín de algarrobo, con distintas dosis de materiales nitrogenados, para mejorar las propiedades del suelo. Los tratamientos fueron realizados con aserrín (A), urea (U) y estiércol (E) en base a las proporciones C/N esperadas. T1: testigo; T2: A (30 Mg.ha⁻¹) + U (150 kg.ha⁻¹); T3: A (30 Mg.ha⁻¹) + U (438 kg.ha⁻¹); T4: A (30 Mg.ha⁻¹) + E (11,5 Mg.ha⁻¹); T5: A (30 Mg.ha⁻¹) + E (24,5 Mg.ha⁻¹). A los 3, 6, 9 y 12 meses de la semi-incorporación se muestreó el suelo a una profundidad de 0-15 cm. Se observaron diferencias en los análisis químicos entre los muestreos con respecto al testigo, aumentando considerablemente los valores de carbono orgánico y nitrógeno total. El pH tendió a la neutralidad en los dos primeros muestreos, favoreciendo los procesos microbiológicos. La respiración microbiana fue mayor en las parcelas tratadas con respecto al testigo, principalmente en los dos tratamientos en los que se agregó estiércol vacuno. La densidad aparente disminuyó en las parcelas de T5. Se considera que el estiércol es la mejor opción para acompañar al aserrín en las mezclas, ya que este es un desecho de la actividad ganadera que podría entrar en un esquema agrícola-ganadero con bajo costo, además de poseer mayor oferta de nutrientes en contraposición a la urea que solo aporta N. Por otra parte, el uso de estiércol con una baja relación N:P podría ocasionar acumulación de grandes cantidades de P.

Palabras clave: estiércol, aserrín, urea, respiración microbiana.

ABSTRACT

Soils with monoculture systems and intense tillage present a great loss of organic matter (OM). In this research work, the semi-incorporation of carob sawdust with different doses of nitrogenous materials was evaluated to improve soil properties. The treatments were carried out with sawdust (A), urea (U), and manure (E) based on the expected C/N ratios. T1: control; T2: A (30 Mg.ha⁻¹) + U (150 kg.ha⁻¹); T3: A (30 Mg.ha⁻¹) + U (438 kg.ha⁻¹); T4: A (30 Mg.ha⁻¹) + E (11.5 Mg.ha⁻¹); T5: A (30 Mg.ha⁻¹) + E (24.5 Mg.ha⁻¹). After 3, 6, 9, and 12 months of semi-incorporation, the soil was sampled at 0-15 cm depth. Differences between the samplings in the chemical analyses with respect to the control were observed. The values of organic carbon and total nitrogen increased considerably. A tendency towards pH neutrality was observed in the first two samplings, favoring microbiological processes. Microbial respiration was higher in the treated plots compared to the control, mainly in the two treatments with cow manure. Soil bulk density decreased in T5 plots. It is considered that manure is the best option to be used with sawdust in mixtures. Since manure is a waste from livestock activity, it could enter into a low-cost agricultural-livestock scheme. In addition, it provides a greater amount of nutrients as opposed to urea which only provides N. On the other hand, the use of manure with a low N:P ratio could cause the accumulation of large amounts of P.

Key words: manure, sawdust, urea, microbial respiration.



INTRODUCCIÓN

Los suelos de la Provincia del Chaco, particularmente aquellos con sistemas de monocultivo, se caracterizan por tener problemas de tipo químico y físico. Estos suelos fueron destinados a la agricultura por mucho tiempo, con escasas rotaciones e intenso laboreo, con la consecuente pérdida de materia orgánica (MO), disminución de la porosidad e incremento de la densidad aparente. El bajo contenido de MO es un indicador de la degradación de los suelos. La pérdida de la fracción orgánica del suelo ocurre por mineralización de la misma, favorecida por la labranza en exceso, que desmenuza el rastrojo y airea el suelo, sumado a las elevadas temperaturas características de la zona (Ledesma, 1973).

El suelo es un sistema complejo que comprende minerales, materia orgánica, biomasa microbiana, aire, agua y otros. La fertilidad del suelo es la capacidad inherente del mismo para brindar los nutrientes esenciales para las plantas en cantidades y proporciones adecuadas (Bharti et al., 2017). Los compuestos orgánicos son un atributo clave para la calidad del suelo (Medrano et al., 2015; Sánchez et al., 2004; Acevedo y Martínez, 2003) ya que se han encontrado correlaciones positivas con la estabilidad de los agregados (Rothon, 2000; Whalen et al., 2003) y esto es importante para preservar la productividad del suelo, minimizar los riesgos de erosión, degradación y contaminación ambiental (Amézketa, 1999).

La materia orgánica del suelo (MOS) se forma principalmente a través de la degradación parcial y la transformación de residuos de cultivos por acción de los microorganismos. La calidad y cantidad de los residuos influyen en los procesos de descomposición microbiana, afectando las tasas de mineralización y la MOS resultante (Kuzyakov, 2010).

Existe una inmensa posibilidad de mejorar la fertilidad a través de los microorganismos, ya que son reguladores y catalizadores del suelo, que contribuyen al reciclaje de nutrientes a formas inorgánicas disponibles y proporcionan una alerta temprana de la degradación de la tierra (Bharti et al., 2017).

El uso de tecnologías apropiadas, permite recuperar o mantener la calidad del suelo bajo explotación agrícola (Durán y García Préchac, 2007; Álvarez y Steinbach, 2009; García de Souza, 2011). Bresson et al. (2001) encontraron que la pérdida del estrato con alto contenido de materia orgánica y nutrientes, y la exposición de horizontes subsuperficiales alteran el ciclo del agua y someten al suelo a procesos de anegamiento en áreas planas o erosión en áreas con pendiente. Para mejorar las propiedades físicas del horizonte subsuperficial expuesto y recuperar las funciones hidrológicas de estos suelos degradados, es necesario el aporte de grandes cantidades de materia orgánica. Esto significa recrear el horizonte rico en materia orgánica en la capa superior del suelo, modificada por corte y extracción o relleno. Para llevar a cabo este proceso en una escala de tiempo razonable, no se puede contar con las tecnologías de enriquecimiento en materia orgánica utilizadas en la agricultura. Deben efectuarse grandes aportes instantáneos de materia orgánica, por ejemplo, mediante el empleo de estiércol, biosólidos (provenientes de barros cloacales) y residuos agroindustriales (Larney y Janzen, 1996).

Una de las actividades económicas más relevantes en la región centro del Chaco, está constituida por establecimientos madereros, que se orientan a la fabricación de muebles de algarrobo de alta durabilidad por su contenido de tanino. Hasta el año 2015 en esta provincia se produjeron 59.622 Mg de rollos y rollizos de algarrobo (Dirección de Estadística y Censos de la Provincia del Chaco, 2015). Hay numerosos aserraderos y carpinterías en el proceso de transformación de la madera. Se considera que el 40-60 % de lo que ingresa a los aserraderos se transforma en residuos (Dagnino et al., 2014). Como puede notarse, esta actividad genera grandes cantidades de residuos ricos en carbono (C) como aserrín y virutas, que se acumulan, producen contaminación por partículas volátiles y proliferación de roedores. Para evitar estos inconvenientes las empresas recurren a la quema del aserrín, a cielo abierto, ocasionando a su vez problemas de contaminación atmosférica y amenazando la salud de los habitantes de los alrededores. Autores como Grez (1991), Olayinka y Adebayo (1985), mencionan que es posible darle utilidad a ese residuo mediante su incorporación al suelo. Así, un estudio realizado en un suelo forestal evaluó la respuesta de los microorganismos a enmiendas orgánicas, comparando la incorporación de paja de trigo y una mezcla de aserrín con estiércol de gallina. En dicho estudio se comprobó el efecto beneficioso de la incorporación de aserrín y estiércol sobre la población y diversidad microbiana en el suelo, así como la disponibilidad de nutrientes, en especial de nitrógeno (N) para su aprovechamiento por las plantas (Aceá y Carballas, 1996).

Actualmente, son poco conocidos los efectos del aserrín de algarrobo, con alto contenido de taninos, sobre los microorganismos del suelo, la degradación de la materia orgánica y el desarrollo de las plantas. Resulta necesario generar información para recomendar su uso como enmienda orgánica en la zona.

En base a esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la semincorporación de aserrín de algarrobo, combinado con distintos materiales nitrogenados, para aumentar la velocidad de descomposición.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio

El ensayo se realizó en la Provincia del Chaco - Departamento 1° de Mayo, Localidad de Colonia Benítez. El establecimiento agrícola está ubicado en la Lat: 27°18'12.26"S-Long: 58°58'24.31"O. El campo comprende las áreas geomorfológicas "Quintana (Q) y "Tuca Guaycurú I y II (TG)". La historia del lote es de 30 años de agricultura intensiva presentando costra superficial y erosión hídrica.

Se tomaron muestras del suelo para conocer el contenido de nutrientes inicial (Tabla 1). La forma de muestreo fue al azar sistemático en diagonal al lote, se tomaron cuatro muestras compuestas por cinco submuestras.

Tabla 1. Resultados de análisis de suelo al inicio del ensayo

Muestra	pH	P	K	Ca	Mg	CO	Nt
	Act.	mg.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	%	%
Inicial	6,5	119,5	1,3	10,3	2,1	1,4	0,1

Tratamientos

El suelo se preparó con una pasada de rastra de discos a una profundidad de 15 cm. Se marcaron 20 parcelas de 25 m² cada una. Para los tratamientos se utilizó aserrín de algarrobo, suministrado por industrias madereras de la zona, estiércol de un feedlot cercano al lugar del ensayo y urea. Se tomaron muestras de aserrín y estiércol y se analizaron en laboratorio para conocer su composición química inicial (Tabla 2).

Tabla 2. Composición química inicial de aserrín y estiércol utilizados en el ensayo.

Muestra	pH	P	K	Ca	Mg	CO	Nt	Humedad
	Act.	mg.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	cmol.kg ⁻¹	%	%	%
Aserrín	5,0	10,2	3,9	122,3	10,6	50,7	0,455	52
Estiércol	7,1	2090,3	17,5	58,3	10,4	21,8	1,620	44

Teniendo en cuenta la relación C:N de los componentes, se realizaron las correspondientes mezclas para los distintos tratamientos, que luego fueron semi incorporadas al suelo en cada parcela. Se probaron 5 tratamientos con 4 repeticiones cada uno, con un diseño totalmente al azar (Tabla 3). Se analizó el aporte de Carbono Orgánico (CO) y Nitrógeno (N) por unidad de superficie y la relación C:N de cada mezcla.

Tabla 3. Aporte de CO, N y relación C:N de los tratamientos evaluados.

		*CO Mg.ha ⁻¹	*N kg.ha ⁻¹	C:N
T1-Testigo	Sin incorporación de residuos	0	0	
T 2(A+U D1)	Aserrín seco (30 Mg.ha ⁻¹) + urea (150 kg ha ⁻¹)	15,205	207	73,5
T3 (A+U D2)	Aserrín seco (30 Mg.ha ⁻¹) + urea (438 kg ha ⁻¹)	15,205	345	44,1
T4 (A+E 2:1)	Aserrín seco (30 Mg.ha ⁻¹) + estiércol seco (11,5 Mg ha ⁻¹)	18,573	327	56,7
T5 (A+E 1:1)	Aserrín seco (30 Mg.ha ⁻¹) + estiércol seco (24,5 Mg.ha ⁻¹)	22,314	537	41,5

*Corresponde a la cantidad total del nutriente incorporado en la mezcla



Muestreo de suelos y análisis

Al inicio del ensayo y a los 3(invierno), 6 (primavera), 9 (verano) y 12 (otoño) meses de la semi-incorporación de las mezclas se tomaron muestras de suelo en cada parcela, a una profundidad de 0-15 cm. Las determinaciones analíticas correspondientes, se realizaron en el Laboratorio de Suelo y Agua del Instituto Agrotécnico de la Universidad Nacional del Nordeste.

Las muestras se secaron en estufa a 40 °C (IRAM/SAGyP 29578, para análisis sobre muestras de uso agropecuario), fueron molidas y tamizadas por tamiz de 2 mm (N° 10, USA standard ASTM E 11-61). Una porción de cada muestra se tamizó con tamiz de 0,5 mm (N°35) para determinar Nt y CO. Se determinó pH por método potenciométrico en agua destilada en relación 1:2,5 (Norma IRAM- SAGPyA 29574:2009); conductividad eléctrica (CE) en agua destilada en relación 1:2,5 (Norma IRAM – SAGPyA 21322:2006); carbono orgánico oxidable y posterior conversión a carbono orgánico total con el factor de corrección 1,3 (CO) por mezcla sulfocrómica en suelos, escala semi-micro – método de Walkley y Black (NORMA IRAM-SAGPyA 29571-2009); nitrógeno total (Nt) se analizó por método Kjeldahl modificado, basado en oxidación húmeda (Norma IRAM SAGPyA 29572, 2009) y fósforo (P) extraíble por el método de Bray Kurtz 1 modificado (Norma IRAM- SAGPyA 29570-1, 2010).

Calcio (Ca), Magnesio (Mg) y Potasio (K) intercambiables se determinaron en extracto con acetato de amonio, 1M a pH 7. Ca y Mg determinados por complejometría con EDTA y por fotometría de llama el K (Sparks et al., 1996). Densidad aparente (da) se midió tomando muestras con un cilindro biselado de 47 cm³. Los cálculos de los nutrientes se realizaron en base a una profundidad fija, producto de densidad aparente del suelo calculada, espesor del horizonte y concentración del nutriente (Toledo et al., 2013). La actividad respiratoria se realizó mediante técnicas de incubación (Schinner y Sonnleitner, 1996).

Análisis estadístico

Con los datos obtenidos se analizaron mediante ANOVA, Linear Models – General AOV/AOCV y prueba de Tukey para comparación de los promedios ($p < 0,05$), con los procedimientos incluidos en el software de INFOSTAT (Di Rienzo et al., 2011).

Análisis multivariado: Se realizó un análisis de componentes principales con las variables en estudio a fin de dar respuesta a los objetivos planteados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La dinámica del CO fue variable en este ensayo (Figura 1). A los tres meses de incorporación de los residuos todos los tratamientos con agregado de aserrín tuvieron un aumento significativo del porcentaje de CO respecto del testigo. En el segundo muestreo los tratamientos 3, 4 y 5 fueron significativamente diferentes al testigo. Entre los 9 y 12 meses (periodo de verano) el porcentaje de CO disminuyó con mayor velocidad, pudiendo deberse a las altas temperaturas. A los 12 meses los tratamientos con el agregado de fertilizante inorgánico, presentaron valores menores que aquellos que contenían estiércol en la mezcla. El tiempo para alcanzar la estabilización fue prolongado, pudiendo atribuirse a la alta relación C/N de los residuos utilizados.

Elhadi et al., 2016 observaron que, dependiendo del material original agregado al suelo y la cantidad del mismo, la dinámica del contenido de CO varía, aumentando inicialmente para después declinar hasta volverse estable. En nuestro trabajo, la estabilización del material y disminución del CO se observó entre los 9 y 12 meses desde la incorporación. El aumento del noveno mes pudo deberse a la incorporación de CO por parte de la vegetación en los tratamientos con estiércol, que fue mucho mayor que en los tratamientos testigo y A+U (T2 y T3). En todos los tratamientos a los seis meses se cortó la vegetación que creció en ese período y se dejó sobre la superficie del suelo.

Las distintas proporciones de residuos utilizados también mostraron diferencias significativas, siendo T4 (A+E 2:1) el que mayor stock de CO tuvo al año de la incorporación. El tratamiento T5 (A+E 1:1), a pesar de tener mayor aporte de CO inicial, el contenido final fue menor, ya que la tasa de mineralización se vio incrementada por el contenido de microorganismos, macro y micronutrientes incorporados con el estiércol. La mezcla de aserrín + estiércol fue mejor que aserrín + urea, como lo encontrado por Clark et al., (2007) donde aplicaron aserrín con estiércol de pollo y el CO aumentó significativamente en relación al tratamiento aserrín solo o aserrín con fertilizantes inorgánicos.

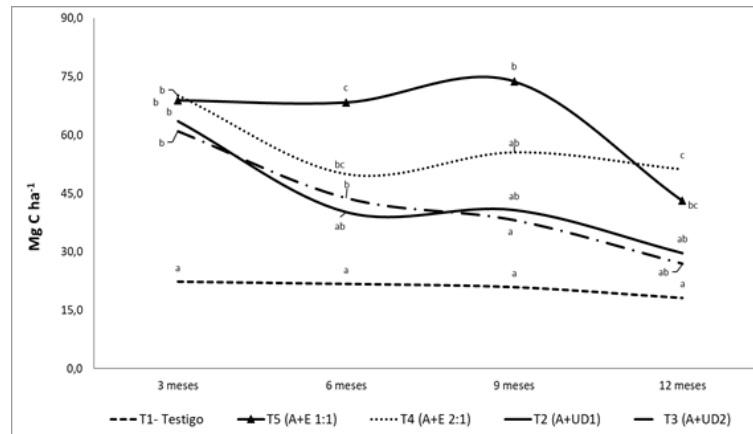


Figura 1. Mg.ha⁻¹ de CO a los 3, 6 y 9 y 12 meses desde la incorporación del residuo. Letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) entre tratamientos en cada fecha de muestreo.

En el tratamiento 4 (A+E 2:1) el Nt presentó una disminución a los seis meses de incorporado el residuo, y a los 12 meses su contenido aumentó. En el tratamiento 5 (A+E 1:1) esta variable también disminuyó a los 6 meses, pero a partir de ese muestreo aumentó levemente (Figura 2). El efecto de la incorporación de MO al suelo está regulada por las interacciones entre la materia orgánica viva y muerta que se incorpora (Kuzyakov, 2010), es por eso que debe considerarse a la biomasa microbiana no sólo como un depósito de C, sino también como un impulsor activo de la renovación de C y N, ya que en los tratamiento en donde se incorporó estiércol (T4 y T5) la dinámica del nitrógeno fue distinta a los demás tratamientos, pudiendo deberse ese aumento de nitrógeno a los 9 meses por efecto de fijación biológica del nitrógeno por diazotófos libres y el efecto del agregado de la comunidad microbiana con el estiércol.

La aplicación de enmiendas orgánicas afecta significativamente el nitrógeno mineral del suelo (NH₄-N y NO₃ - N) después de 6 meses, en especial los tratamientos con estiércol de gallina (Elhadi et al., 2016), en contraste, los suelos con aserrín disminuyeron en la concentración de NO₃ del suelo a menos de 0.5 mg / kg por día (Clark et al., 2007).

Analizando los tratamientos con urea, vemos que en el T2 (A+UD1) la dinámica del nitrógeno es similar a la del testigo, y en el T3 (A+UD2) la pérdida de N (agregado en exceso) por desnitrificación se da entre los 9 meses y 12 meses, para estabilizarse a los 12 meses como los demás y tratamientos; luego el sistema parece estabilizarse.

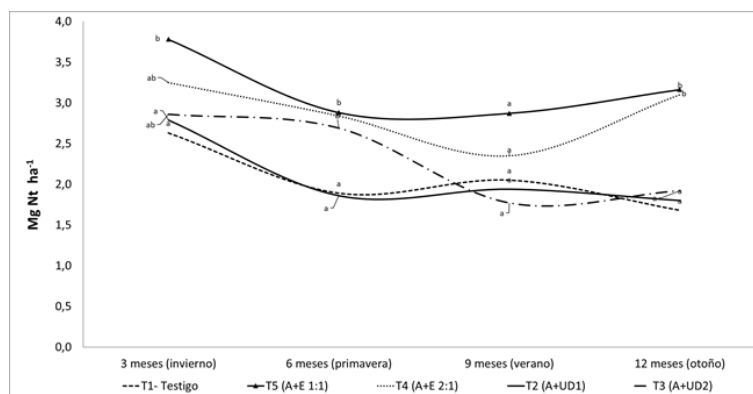


Figura 2. Mg.ha⁻¹ de Nt a los 3(invierno), 6 (primavera), 9 (verano) y 12 (otoño) meses desde la incorporación del residuo. Letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) entre tratamientos.

El P disponible, después de 3 meses, no presentó cambios significativos con respecto al testigo en ningún tratamiento. En los demás muestreos existe diferencia significativa en los tratamientos de aserrín más estiércol. Se observa que el tratamiento 5 (A+E 1:1) es el que mayor cantidad de P disponible presenta (Figura 3). El aserrín por sí solo no es una buena fuente de P (Elhadi et al., 2016), la aplicación de estiércol aumenta la disponibilidad de P, ya sea directamente por la descomposición de materia orgánica y liberación de P, o indirectamente aumentando la cantidad de ácidos orgánicos.

Los residuos orgánicos mineralizados de diferentes materias primas influyen en el contenido y distribución del P como en sus fracciones (Wei et al., 2016), el aumento de la disponibilidad de este elemento en T5 podría atribuirse a la liberación de P de la materia orgánica del estiércol por acción de enzimas fosfatasa, mineralizando el P en exceso de esa enmienda ya que contiene el doble de relación estiércol: aserrín que el T4.

Las comunidades microbianas son las responsables de la mineralización del fósforo orgánico, como de los demás nutrientes presentes en la enmienda. Por eso responden de manera positiva al agregado de estiércol, ya que este residuo no solo incorpora compuestos orgánicos, sino una importante carga microbiana, aumentando su actividad biológica respiratoria (Figura 4), y la mineralización.

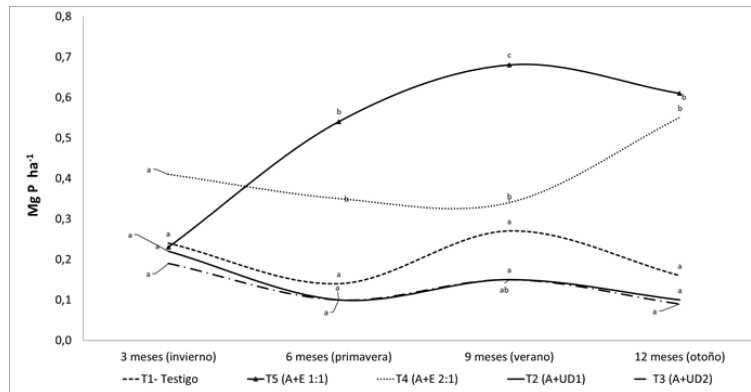


Figura 3. Mg.ha⁻¹ de fósforo disponible de suelo a los 3 (invierno), 6 (primavera), 9 (verano) y 12 (otoño) meses desde la incorporación del residuo. Letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) entre tratamientos.

Las variables de Ca, Mg, K, no tuvieron diferencias estadísticas entre tratamientos. Si bien el pH, C.E. y densidad aparente, mostraron diferencias estadísticas no alcanzan valores que puedan afectar el desarrollo de cultivos (Tabla 4). El tratamiento 5 (A+E 1:1) tuvo los valores más altos en la mayoría de las variables mencionadas. Estos cationes aumentan con el agregado de la enmienda mejorando significativamente la liberación de los mismos (Elhadi et al., 2016).

Tabla 4. Promedio del contenido de Calcio, Magnesio, Potasio (cmol.kg⁻¹), pH y CE en los 4 muestreos realizados.

Tratamientos	Ca Mg.ha ⁻¹	Mg Mg.ha ⁻¹	K Mg.ha ⁻¹	pH Act.	C.E. dS.m ⁻¹	da Mg.m ³
T1-Testigo	3,01 a	0,42 a	0,69 a	6,85 b	0,05 c	1,07 a
T 2(A+U D1)	2,95 a	0,46 a	0,72 a	6,74 bc	0,06 c	0,94 b
T3 (A+U D2)	3,26 a	0,52 a	0,74 a	6,60 c	0,08 bc	0,92 b
T4 (A+E 2:1)	3,31 a	0,49 a	0,79 a	7,05 a	0,14 ab	0,96 b
T 5(A+E 1:1)	3,37 a	0,45 a	1,15 a	7,08 a	0,20 a	0,93 b

Letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) entre tratamientos.

La densidad aparente (Tabla 4) presentó diferencias significativas entre el testigo y todos los tratamientos ya que, al aumentar la materia orgánica, disminuye la densidad aparente y la susceptibilidad a la compactación como resultado del aumento en la macroporosidad, ya que se generan espacios en el núcleo del suelo por efecto del material adicionado (Paredes et al., 2010).

La actividad respiratoria del suelo presentó diferencia estadísticamente significativa en el primer y cuarto muestreo, siendo los tratamientos 4 y 5 los que presentaron mayor valor. El agregado de solo aserrín no aumenta la actividad respiratoria con respecto al testigo, sino que influye en la actividad respiratoria a corto plazo, utilizando la fracción de C soluble en la enmienda orgánica que se incorpora al suelo (Clark et al., 2007).

El testigo muestra una tendencia a la disminución de la respiración en el tiempo. Los tratamientos muestran un aumento significativo a los 3 meses, estos valores decaen y se estabilizan con el tiempo. La actividad respiratoria en el último muestreo fue mayor que el testigo en todos los tratamientos, siendo máximas en aquellos donde la relación estiércol:aserrín fue 1:1 (T5). La pobreza de nutrientes asimilables redujo la capacidad de los microorganismos edáficos de atacar los tejidos vegetales (Vogt et al., 1995; Geissen y Brümer 1999) y de esa manera aumentar la tasa respiratoria.

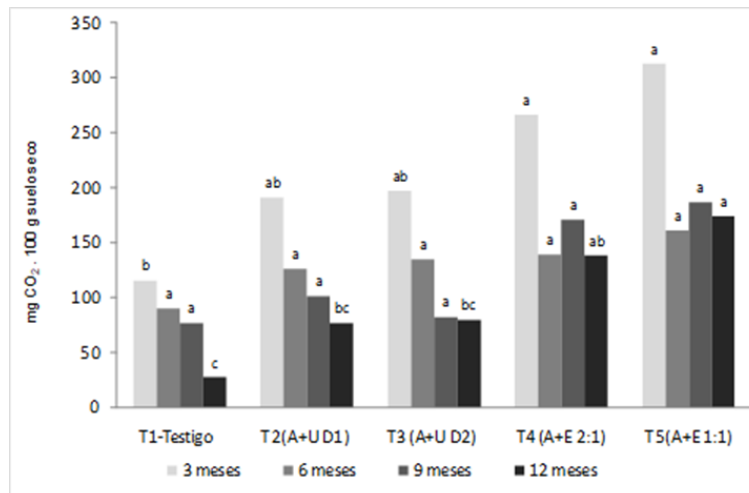


Figura 4. Actividad respiratoria (mg CO₂ · 100 g de suelo seco) de suelo a los 3, 6, 9 y 12 meses desde la incorporación del residuo. Letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) entre tratamientos.

El agregado de materia orgánica aumenta la estabilidad estructural (Piccolo y Mbagwu, 1990; Sasal et al., 2000), disminuye la densidad aparente (Tester, 1990), mejora las tasas de infiltración de agua y la conductividad hidráulica (Felton et al., 1995). Paredes et al., (2010) encontró que al incrementar la dosis de abono se redujo la densidad aparente significativamente y la susceptibilidad a la compactación, a la vez que aumentó la porosidad total. Cuando se aplican materiales orgánicos, la D_a decrece como resultado del aumento en la macroporosidad, ya que se generan espacios en el núcleo del suelo por efecto del material adicionado; por tanto, mayores cantidades de material generan menores valores de D_a .

Esto coincide con los resultados de este trabajo ya que la densidad aparente presentó diferencias significativas entre el testigo y T5 (A+E 1:1) (Figura 5).

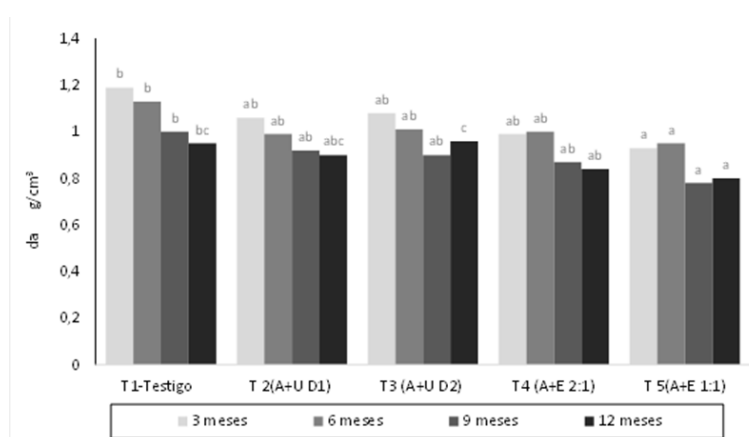


Figura 5. Densidad aparente (g·cm⁻³) de suelo a los 3, 6, 9 y 12 meses desde la incorporación del residuo. Letras distintas son diferentes estadísticamente ($p < 0,05$) entre tratamientos.

En el análisis de componentes principales las dos primeras explican el 95,1 % de la variabilidad total permitiendo la representación gráfica de casi todas las propiedades medidas en un mismo plano (Figura 6). Cada propiedad se representa con un auto-vector que indica la correlación entre ella y la componente principal considerada (Tabla 5).

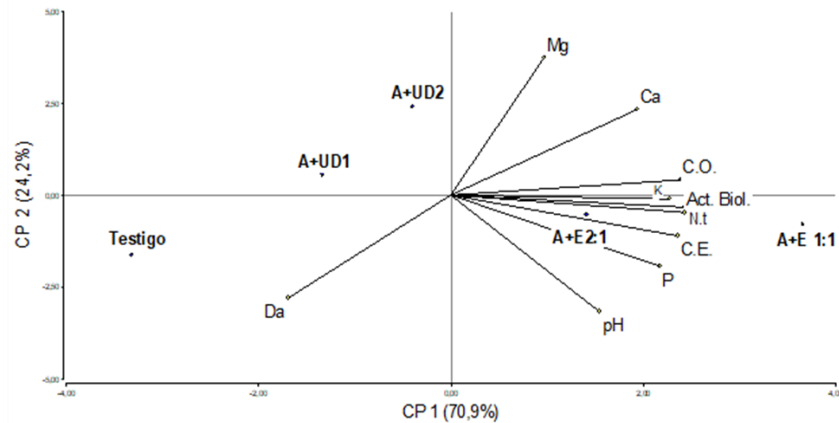


Figura 6. Gráfico biplot del análisis de componentes principales de los tratamientos con las variables pH; potencial hidrógeno; CE: conductividad eléctrica, Nt: Nitrógeno total, CO: carbono orgánico, P: Fósforo extractable; Cationes intercambiables (Ca: Calcio; Mg: Magnesio; K: Potasio); Da: Densidad aparente; Actividad respiratoria.

La CP1 divide los tratamientos que contiene estiércol de los que no tienen y las propiedades más sensibles a los cambios derivados de los tratamientos fueron pH, P, Ca Mg, K, CO, Nt, CE y Act. Biol. Las propiedades con valor de correlación positiva con CP1 fueron a su vez los de mayor valor de correlación. También se observa la formación de tres grupos de variables ubicadas en 3 cuadrantes. Los distintos cuadrantes dividen en tres grupos los tratamientos. En el cuadrante I se agruparon los tratamientos de aserrín+urea, en el cuadrante III se agrupan los tratamientos de aserrín+estiércol y en el cuadrante IV el tratamiento testigo. Según Campitelli et al. (2010) el agrupamiento de tratamientos en distintos cuadrantes, señala similitudes de comportamientos respecto del conjunto de las propiedades analizadas. En el caso de este estudio, dichas similitudes generan los tres grupos de tratamientos diferenciados por el tipo de residuo agregado al suelo. La CP2 está definida por la Da, pH y los cationes intercambiables Ca y Mg. La variable Da se encuentra más relacionada con el tratamiento testigo.

Tabla 5. Autovectores de los parámetros analizados para las dos componentes principales (CP1 y CP2).

Variables	CP1	CP2
pH	0,24	-0,48
CE	0,36	-0,17
Nt	0,37	-0,07
CO	0,36	0,06
P	0,33	-0,29
Ca	0,30	0,36
Mg	0,15	0,57
K	0,35	-0,01
Da	-0,26	-0,43
Act.Biol	0,37	-0,05

CONCLUSIONES

Con respecto a los datos obtenidos se observa una gran diferencia entre los muestreos en los análisis químicos con respecto a la situación inicial, aumentando considerablemente los valores de carbono orgánico y nitrógeno total. En cuanto al pH se observa en la tabla de valores que en primer y segundo muestreo tendió a la neutralidad, favoreciendo los procesos microbiológicos. Lo mismo ocurre con el análisis biológico de respiración microbiana, observándose aumentos de los valores en las parcelas tratadas con respecto al testigo, principalmente en los dos tratamientos que se agregó estiércol vacuno. También se distingue una diferencia importante

en la densidad aparente, en la cual hay una disminución en las parcelas tratadas, principalmente en los tratamientos con estiércol.

En base a estos parámetros, y teniendo en cuenta que los materiales que se agregan son un residuo de la industria forestal y de la producción ganadera, es viable económicamente esta práctica para productores que tengan chacras con suelos degradados, en los cuales se podrá mejorar las características de los mismos y aumentar la productividad.

Con respecto al estiércol, se considera que es una mejor opción para acompañar al aserrín en las mezclas, antes que urea, ya que este es un desecho de la actividad ganadera que podría entrar en un esquema agrícola-ganadero aprovechándose con un bajo costo, además de poseer una mayor oferta de nutrientes en contraposición a la urea que solo aporta nitrógeno.

Los resultados obtenidos muestran la variabilidad en la composición química que existe entre los grupos de materiales orgánicos utilizados, lo que determina la necesidad de analizar cada material antes de su agregado al suelo. Dentro de las variables analizadas, las que más se utiliza para realizar los cálculos de dosis es el nitrógeno. Si el cálculo de la dosis a aplicar de materiales orgánicos se realiza en base al contenido de N y la tasa de mineralización, esta estimación puede ocasionar acumulación de grandes cantidades de P, dada la baja relación N/P que presenta el estiércol. En este trabajo se puede ver este problema ya que el estiércol presentó altos valores de fósforo que fueron reflejados en los resultados de los tratamientos.

REFERENCIAS

- Acea, M.J. y Carballas, T.** (1996). Microbial response to organic amendements in a forest soil. *Bioresource Technology* 57: 193-199.
- Acevedo, E. y Martínez, E.** (2003). Sistema de labranza y productividad de los suelos. En Acevedo, E.: *Sustentabilidad en Cultivos Anuales*.
- Álvarez, R. y Steinbach, H.S.** (2009). A review of the effects of tillage systems on some soil physical properties, water content, nitrate availability and crops yield in the Argentine Pampas. *Soil & Tillage Research*, 104 (1): 1-15.
- Amézketa E.** (1999). Soil Aggregate Stability: A Review. *Journal of Sustainable Agriculture*, 14(2/3): 83-151.
- Bauer, A. y Black, A.L.** (1994). Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. Citado por: Martínez, H.E., Fuentes, E.J.P. y Acevedo, H.E. (2008). Carbono orgánico y propiedades del suelo. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 8(1): 68-96.
- Bharti, V.S., Dotaniya, M.L., Shukla, S.P., y Yadav, V.K.** (2017). Managing Soil Fertility Through Microbes: Prospects, Challenges and Future Strategies. *Agro-Environmental Sustainability*, 81-111. https://doi.org/10.1007/978-3-319-49724-2_5
- Brady, N.C. y Weil, R.R.** (2002). *The nature and properties of soils*. 13th ed. New Jersey: Prentice Hall. 122-174.
- Bresson, L.M., Koch, C., Le Bissonais, C., Barriuso, Y.E. y Lecomte, V.** (2001). Soil Surface Structure Stabilization by Municipal Waste Compost Application. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 65: 1804-1811.
- Campitelli, P., Aoki, A., Gudelf, O., Rubenacker, A. y Sereno, R.** (2010). Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ci. Suelo*, 28 (2): 233-231.
- Clark, G.J., Dodgshun, N., Sale P.W.G. y Tang, C.** (2007). Changes in chemical and biological properties of a sodic clay subsoil with addition of organic amendements. *Soil Biology & Biochemistry* 39: 2806-2817.
- Dagnino, E.P.; Chamorro, E.R.; Felissia, F.E. y Area, M.C.** (2014). Obtención de bietanol a partir de la celulosa presente en cascarilla de arroz y aserrín de algarrobo. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 18: 06.01-06.07.
- Di Rienzo, J.A., M. Balzarini, F. Casanaves, L. Gonzáles, M. Tablada y Robledo, C.W.** (2011). *Infostat Profesional*. Versión 2011. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Dirección de Estadística y Censos de la Provincia del Chaco.** (2015). Chaco en Cifras <http://estadisticas.chaco.gob.ar/wp-content/uploads/2020/09/Chaco-en-cifras-2015.pdf> estadisticas.chaco.gob.ar/chaco-en-cifras/.



- Durán, A. y García Préchac, F.** (2007). Suelos del Uruguay, Origen, Clasificación, Manejo y Conservación - Vol. II. Montevideo: Hemisferio Sur. 358 pp.
- Elhadi, E.A., Mubarak, A.R. y Rezig, F.A.M.** (2016). Effects of organic amendments on sand dune fixation. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0111-5>
- García de Souza, M., Alliaume, F., Mancassola, V. y Dogliotti, S.** (2011). Carbono orgánico y propiedades físicas del suelo en predios hortícolas del sur de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 15(1): 70-81.
- Geissen, V. y Brümer, G.W.** (1999). Decomposition rates and feeding activities of soil fauna in deciduous forest soils in relation to soil chemical parameters following liming and fertilization. *Biol. Fertil. Soils*, 29: 335-342.
- Grez, R.** (1991). Reciclaje de residuos de la industria forestal y su aplicación como mejorador de la fertilidad de suelos. *Actas VII Reunión sobre investigación y desarrollo de productos forestales*. Universidad Austral de Chile, Valdivia, p. 541.
- IRAM, S.** (2009). Norma IRAM-SAGPyA 29574: 2009. Determinación del pH en suelo para uso agropecuario.
- IRAM, S.** (2010). Norma IRAM-SAGPyA 29570-1:2010. Determinación de fósforo extraíble en suelos. Parte 1-Método Bray Kurtz 1 modificado (Extracción con solución de fluoruro de amonio-ácido clorhídrico).
- IRAM, S.** (2006). Norma IRAM 21322:2006. Determinación de conductividad eléctrica en soluciones acuosas.
- IRAM, S.** (2009). Norma IRAM SAGPyA 29572:2009. Determinación de nitrógeno en suelo por el método Kjeldahl modificado.
- IRAM, S.** (2009). Norma IRAM-SAGPyA 29571-2:2009. Determinación de materia orgánica en suelos. Parte 2-Determinación de carbono orgánico oxidable por mezcla oxidante fuerte, escala semi-micro.
- Kuzyakov, Y.** (2010). Priming effects: interactions between living and dead organic matter. *Soil Biol. Biochem.*, 42 (9): 1363-1371. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.04.003>
- Larney, F.J., y Janzen, H.H.** (1996). Restoration of Productivity to a Desurfaced Soil with Livestock Manure, Crop Residue, and Fertilizer Amendments. *Agronomy Journal*, 88(6), 921.
- Ledesma, L.** (1973). Introducción al conocimiento de los suelos del Chaco. Ed. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) y Ministerio de agricultura y ganadería del Chaco. pp 121-125.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J. y Bota, J.** (2015). Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2): 499-517.
- Olayinka, A. y Adebayo, A.** (1985). The effect of methods of application of sawdust on plant growth, plant nutrient uptake and soil chemical properties. *Plant and Soil*, 86: 47-56.
- Paredes Valencia, H., Gómez-Carabali, A., Galvis Quintero, J.H. y León Sarmiento, L.A.** (2010). Cambios en las propiedades físicas de un Inceptisol por la adición de substrato degradado con el hongo *Pleurotus ostreatus*. *Acta Agronómica*, 59(1):73-79.
- Rothon, F.E.** (2000). Influence of Time on Soil Response to No-Till Practices. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 700-709. <https://doi.org/10.2136/sssaj2000.642700x>
- Sánchez, J., Harwood, R., Willson, T., Kizilkaya, K., Smeenk, J. y Parker, E.** (2004). Managing Soil Carbon and Nitrogen for Productivity and Environmental Quality. *Agronomy Journal*, 96(3): 769-775.
- Schinner, F. y Sonnleitner, R.** (1996). En: *Bodenökologie: Microbiologie und Bodenenzymatic*. Springer Verlag. 450 pp.
- Sparks D.L. (ed.)**. (1996). *Methods of soil analysis. Part 3: Chemical methods*. SSSA Book Series, Soil Science Society of America, American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA.
- Toledo, D.M., Galantini, J., Dalurzo, H., Vazquez, S. y Bollero, G.** (2013). Methods for Assessing the Effects of Land Use Changes on Carbon Stocks of Subtropical Oxisols. *Soil Science Society of America Journal*, 77: 1542-1552. <https://doi.org/10.2136/sssaj2013.03.0087>
- Vogt, C.A., Vogt, D.J., Brown, S., Tilley, J.P., Edmonds, R.L., Silver, W.L. y Siccama T.G.** (1995). Dynamics of forest floor and soil organic matter accumulation in boreal, temperate, and tropical forests. En: Lal, R., Kimble, J., Stewart, BA (eds). *Soil management and greenhouse effect. Advances in Soil Science*. pp. 159-178.
- Wei, Y., Wei, Z., Cao, Z., Zhao, Y., Zhao, X., Lu, Q., ... y Zhang, X.** (2016). A regulating method for the distribution of phosphorus fractions based on environmental parameters related to the key phosphate-solubilizing bacteria during composting. *Bioresource Technology*, 211: 610-617. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2016.03.141>
- Whalen, J.K., Quancai, H. y Aiguo L.** (2003). Compost Applications Increase Water-Stable Aggregates in Conventional and No-Tillage Systems. *Soil Science Society of American Journal*, 67(6):1842-1847.