



DINÁMICA DE FRACCIONES ORGÁNICAS DE NITRÓGENO CON EL AGREGADO DE RESIDUOS ORGÁNICOS BIOTRANSFORMADOS EN SUELOS CONTRASTANTES

Martínez J.M.^{1,*}, M.E. Duval¹, J. Moisés¹, R.J. García², M. Ruiz², J.A. Galantini³

¹CERZOS-CONICET, Dpto. Agronomía-Universidad Nacional del Sur, ²Depto de Agronomía-UNS, ³Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires, jmmartinez@criba.edu.ar.

RESUMEN: Los residuos agroindustriales pueden ser utilizados como una alternativa para mantener o aumentar fertilidad edáfica. El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios sobre las fracciones orgánicas de nitrógeno (N) por la aplicación de diferentes cantidades y tipos de residuos agropecuarios biotransformados (RAB) en suelos agrícolas contrastantes. Se utilizaron los siguientes residuos que abundan en la región del sudoeste bonaerense (SOB): cáscara de girasol (CG) tratada con hongo *Pleurotus* (CG_{Ple}), mezcla CG y alperujo con *Pleurotus* (CGAL_{Ple}) y compost de residuos de cebolla y estiércol bovino (CmEC). Se realizó un ensayo en macetas con un diseño completamente aleatorizado, aplicando los RAB en diferentes dosis equivalentes de N: 0 (control), 50 (D1) y 100 (D2) kg N ha⁻¹. Dichos tratamientos se replicaron en tres suelos (0-20 cm) con diferencias en las fracciones granulométricas. Luego de 90 días se tomaron muestras compuestas de suelo de cada maceta para la determinación de nitrógeno orgánico total (Nt), N orgánico particulado (NOP), y N potencialmente mineralizable (NPM) a través de incubaciones anaeróbicas. Luego, se calculó la fracción activa de N (FAN) mediante el cociente del NPM y Nt. Para Nt, NPM y FAN, se evidenciaron tendencias diferentes de los tratamientos (dosis y RAB) según el tipo de suelo. El NOP no varió entre tratamientos, aunque sí difirió según el tipo de suelo considerado. El NPM presentó diferencias significativas por los tratamientos en todos los suelos. Además, se vio afectado por algunos tratamientos en particular, pero sin seguir una tendencia general. La FAN según dosis y RAB mostró tendencias diferentes para los tres suelos. Bajo las condiciones particulares, la aplicación de los RAB ocasionó efectos variables sobre las fracciones orgánicas de N, sin mostrar un efecto generalizado según las características del residuo y el tipo de suelo.

PALABRAS CLAVE: residuos orgánicos, biotransformación, N orgánico.

INTRODUCCION

En el sudoeste bonaerense (SOB) los sistemas productivos intensivos con actividades agroindustriales generan gran cantidad de residuos orgánicos, los que podrían utilizarse como enmiendas para recuperar suelos degradados (Moisés *et al.*, 2018). Los más abundantes corresponden a la industria aceitera, entre ellos la cáscara de girasol (*Helianthus annuus* L.), de difícil degradación por su alto contenido de lignina y los residuos de la producción de aceite de oliva (alperujo), ricos en compuestos orgánicos con efectos fitotóxicos por su alto contenido de compuestos fenólicos. También son abundantes los desechos de la producción de cebolla (*Allium cepa* L.), los cuales generan serios inconvenientes ambientales a las poblaciones aledañas. Finalmente, el estiércol proveniente principalmente de los sistemas ganaderos intensivos, engorde a corral (*feedlot*) o tambo, produce gran cantidad de residuos orgánicos. Todo esto conlleva que, para aprovechar estos recursos para evitar efectos deletéreos sobre el suelo y las plantas, la principal opción es la biotransformación, proceso en el cual necesariamente intervienen bacterias, hongos y algas. En esta región donde generalmente el aporte de nutrientes a través de la fertilización es inferior a las necesidades de los cultivos, la

utilización de residuos de producción podría ser una alternativa que permita mantener o aumentar fertilidad edáfica. Con el agregado de material orgánico al suelo se puede generar cambios en el ciclado de la materia orgánica (MO) del suelo (Blagodatsky *et al.*, 2010), produciendo la liberación de su fracción más lábil. Esta fracción denominada MO particulada (MOP) y tiene una importante participación en la dinámica del N (Martínez *et al.*, 2017) y está ligada a la productividad por que influye en la disponibilidad de nutrientes para los cultivos (Galantini & Suñer, 2008). Sin embargo, no existe información sobre cómo afecta el agregado de RAB y su impacto en la dinámica del N en diferentes suelos.

El objetivo de este estudio fue evaluar los cambios sobre las fracciones orgánicas de N por la aplicación de diferentes cantidades y tipos de RAB en suelos contrastantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante 2019, se llevó a cabo un ensayo en macetas bajo condiciones controladas de humedad durante un periodo de 90 días. El mismo se estableció en el sector experimental del Departamento de Agronomía (38° 41' 48,2" S; 62° 15' 0,17" O) de la Universidad Nacional del Sur en Bahía Blanca, dentro de lo que comprende la región semiárida del SOB.

Los tratamientos correspondieron a tres residuos orgánicos de origen agroindustrial, los cuales contaron con una biotransformación:

- **CG con *Pleurotus* (CG_{Ple}):** transformación de la cáscara de girasol a través de hongo ligninolítico comestible *Pleurotus ostreatus*.
- **CG y AL con hongo *Pleurotus* (CG-AL_{Ple}):** mezcla de CG y AL en una relación 2:1 transformada con *Pleurotus*.
- **Compost de cebolla-estiércol (CmEC):** corresponde a un compost realizado con catáfilas y bulbos de descarte de galpones de empaque y estiércol bovino, el cual fue procesado durante 5 meses.

Para su caracterización química, todos los residuos fueron secados a estufa a 60°C por 48 horas y molidos con malla de 1 mm de diámetro. Se realizaron las siguientes determinaciones químicas: MO total a través del método calcinación en mufla a 550° por 4 h (Martínez *et al.*, 2018), CO por analizador automático (Leco Corporation, St Joseph, MI), nitrógeno total (Nt) mediante el método de Kjeldahl (Bremner, 1996), pH y CE por método 1+5 v/v (Bárbaro, 2011). Las propiedades evaluadas se detallan en Tabla 1.

Tabla 1. Caracterización química de los RAB.

Residuo	pH	CE	MO	CO	Nt	C:N
		dS m ⁻¹		g kg ⁻¹		
CG _{Ple}	5,3	4,47	879	569	9,0	63
CG-AL _{Ple}	5,7	5,07	891	452	11,1	40
CmEC	8,6	4,46	319	177	6,9	26

CE: Conductividad eléctrica, MO: Materia orgánica, CO: Carbono orgánico total, Nt: Nitrógeno total.

Las dosis de los diferentes RAB fueron calculadas en función de las dosis equivalentes de nitrógeno (N) en función del N orgánico de su composición: 0 (control), 50 (D1) y 100 (D2) kg N ha⁻¹. Para su aplicación en macetas, todos los residuos fueron secados a estufa a 40°C por 48 horas y molidos con malla de 1 mm de diámetro. Previo a su aplicación superficial, en cada maceta, se sembró una variedad de trigo pan de ciclo corto. Los tratamientos presentaron un diseño completamente aleatorizado con tres repeticiones. Se suministró agua mediante riego automatizado por micro-aspersión dos veces por semana para mantener el nivel de humedad del suelo cercano a la capacidad de campo y se mantuvieron las macetas a la intemperie (temperatura ambiente).

Además, se muestrearon tres suelos (A, B y C) de un establecimiento agrícola bajo siembra directa ubicado en el SOB. Estos se seleccionaron de acuerdo a las diferencias en sus fracciones granulométricas, determinada en estudios previos. Los suelos extraídos se utilizaron para completar las macetas. Se determinaron las siguientes propiedades edáficas para caracterizarlos: carbono orgánico total (COT) por analizador automático Leco Truspec, pH en una suspensión suelo: agua 1:2,5 con el método potenciométrico, fracciones granulométricas por el método de la pipeta y textura. Las propiedades edáficas evaluadas se detallan en Tabla 2.

Tabla 2. Propiedades edáficas químicas y físicas de los suelos utilizados para la confección de las macetas.

Suelo	COT	pH	Arena	Limo	Arcilla	Textura
	g kg ⁻¹					
A	16	6,1	351	448	201	F
B	13	6,3	509	320	171	F
C	8	5,8	827	107	66	FA

COT: carbono orgánico total, Ninorg: Nitrógeno inorgánico en forma de N-nitratos, Pe: Fósforo extraíble. Textura: F, franco; FA, franco-arenoso.

Fracciones orgánicas de nitrógeno evaluadas

Luego de 90 días, en el momento de madurez fisiológica del trigo, se tomó una muestra compuesta (10 muestras simples) de suelo en cada maceta con un sacabocado. Se procedió a secar al aire las muestras y se tamizaron por una malla de 2mm. Luego, se determinó el nitrógeno orgánico total (Nt) por el método semi-microKjeldahl (Bremner, 1996), N orgánico particulado, a través del fraccionamiento físico por tamaño de partícula (Duval *et al.*, 2013) y posterior determinación de N en esa fracción con la misma metodología que el Nt. Además, se determinó el N anaeróbico (Waring & Bremner, 1964), como indicador del N potencialmente mineralizable (NPM). Luego, se calculó la fracción activa de N (FAN) a partir del cociente entre NPM y Nt. Los resultados de las fracciones orgánicas del N y la FAN fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) doble (Suelo x tratamientos) y las medias se compararon por el test de diferencias mínimas significativas de Fisher ($P < 0,05$). Se utilizó el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2018).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para Nt, NPM y FAN, se evidenciaron tendencias diferentes de los tratamientos según el tipo de suelo (interacción significativa, $p < 0,05$), por lo que se evaluaron los efectos para cada uno de los suelos (Tabla 3). En cambio, para NOP no se halló interacción significativa suelo x tratamiento ($p = 0,41$).

Considerando cada suelo, el Nt demostró resultados diferentes según los tratamientos. Para los suelos (A y B) con mayor contenido de fracción fina (Tabla 2), se produjeron incrementos significativos con la aplicación de diferentes dosis y tipos de RAB, aunque estos incrementos fueron específicos. En suelo A, el incremento significativo lo produjo únicamente D2-CGAL_{Pe}. Mientras que en suelo B, los incrementos significativos fueron producidos por la dosis más elevada de CG_{Pe} y CmEC. En cambio, para el suelo con textura más gruesa (suelo C), no se hicieron evidentes aumentos del Nt bajo ningún tratamiento.

El ANOVA del NOP demostró diferencias entre los suelos ($p = 0,001$), sin diferencias entre los tratamientos ($p = 0,21$), siendo el suelo B el que presentó el mayor NOP (Tabla 3).

El NPM presentó diferencias significativas producidas por los tratamientos para todos los suelos (Tabla 3). Para A, se hallaron incrementos significativos del NPM por D2-CG_{Pe} y con ambas dosis de CGAL_{Pe}. En B, se evidenciaron incrementos significativos sobre el NPM de D1-CG_{Pe} y ambas dosis de CGAL_{Pe}. Por su parte en suelo C, en general la D2 de todos los RAB incrementó significativamente el NPM con respecto al control. El N incubado en

anaerobios resulta de la amonificación del N lábil y es llevada a cabo exclusivamente por microorganismos heterótrofos que utilizan al C de los polisacáridos como sustrato energético (Benbi & Richter, 2002). Se esperaba que con el agregado de material orgánico que provea C sobre el suelo en diferentes calidades, se produzcan incrementos en la MOP, lo que afectaría positivamente al NPM (Balesdent *et al.*, 2000). Sin embargo, no fue lo sucedido bajo las condiciones particulares. El NPM presentó variaciones según el suelo y por algunos tratamientos en particular, pero sin seguir una tendencia general para todos. Igualmente, las diferencias entre todos los tratamientos fueron más abruptas que las halladas para Nt y NOP, lo que demuestra una mayor sensibilidad del NPM, lo que permite inferir que es una fracción de mayor labilidad.

Tabla 3. Fracciones orgánicas de nitrógeno luego de 90 días del agregado de los RAB.

Suelo	Tratamiento	Dosis equivalente N	Nt	NOP	NPM	FAN
			(g kg ⁻¹)		(mg kg ⁻¹)	(%)
A	control	0	1,27 b	0,13	29,4 c	2,3 c
	CG _{PIe}	D1	1,32 b	0,16	51,8 bc	3,9 bc
		D2	1,35 b	0,25	64,9 ab	4,8 ab
	CGAL _{PIe}	D1	1,32 b	0,19	88,2 a	6,7 a
		D2	1,49 a	0,20	77,7 ab	5,2 ab
	CmEC	D1	1,31 b	0,16	48,5 bc	3,7 bc
		D2	1,38 ab	0,21	56,9 bc	4,2 bc
	B	control	0	1,30 b	0,28	58,1 c
CG _{PIe}		D1	1,36 ab	0,43	78,9 a	5,8 ab
		D2	1,45 a	0,35	51,8 c	3,6 c
CGAL _{PIe}		D1	1,27 b	0,31	64,9 ab	5,2 bc
		D2	1,27 b	0,42	77,7 a	6,1 a
CmEC		D1	1,28 b	0,35	67,2 ab	5,3 ab
		D2	1,40 a	0,43	60,2 b	4,3 cd
C		control	0	0,75 a	0,20	32,2 c
	CG _{PIe}	D1	0,81 a	0,17	29,4 c	3,7 c
		D2	0,88 a	0,23	52,5 ab	6,0 ab
	CGAL _{PIe}	D1	0,80 a	0,24	40,1 bc	5,1 abc
		D2	0,90 a	0,26	60,9 a	6,8 a
	CmEC	D1	0,80 a	0,22	39,9 bc	5,0 abc
		D2	0,88 a	0,20	55,3 ab	6,3 a

Letras diferentes indican diferencias significativas para las fracciones de N según tratamientos para cada suelo ($p < 0,05$).

Por su parte, la FAN es considerada como la fracción lábil de la MO que aporta una parte importante de N disponible para las plantas en el corto plazo para el crecimiento de los cultivos (El Gharous *et al.*, 1990). Los valores encontrados de FAN independientemente del tratamiento se hallaron entre los rangos de valores (menores al 10%) propuestos por otros autores (Martínez & Galantini, 2017; Martínez *et al.*, 2017) para los tres suelos (Tabla 3). Para el suelo A, los tratamientos que produjeron un aumento con respecto al control fueron las D1 y D2 de CGAL_{PIe} y D2-CG_{PIe}. Mientras que, para B sólo el tratamiento D2-CGAL_{PIe} incremento la FAN, y para el suelo C, las dosis más altas de CGAL_{PIe} y CmEC. La FAN con el aumento de la dosis de N para los RAB mostró tendencias diferentes en los tres suelos (Figura 1), por lo que hay otros parámetros que influyen sobre esta fracción lábil. La heterogeneidad en la composición de los RAB (Tabla 1) junto a la variabilidad de los suelos no permitieron establecer conclusiones certeras sobre el comportamiento de la aplicación de los RAB sobre las fracciones orgánicas de N. El aporte de C por los residuos podría ser uno de esos factores, sin embargo, no se hallaron relaciones estrechas entre la FAN y el aporte de C de los RAB (datos no mostrados).

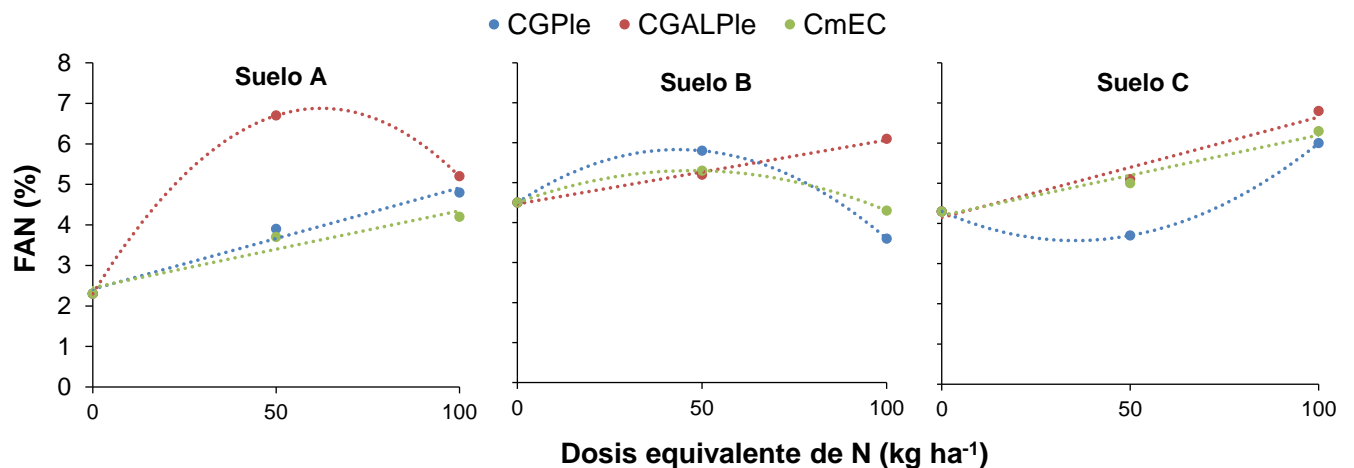


Figura 1. Relación entre la fracción activa de nitrógeno (FAN) y las dosis equivalentes de N aplicadas con los RAB.

CONCLUSIONES

Para las condiciones particulares del estudio, la aplicación de los RAB tuvo efectos variables sobre las fracciones orgánicas de N, sin mostrar una relación generalizada según las características del residuo y el tipo de suelo.

Como trabajo a futuro sería importante verificar si existen cambios en las fracciones orgánicas de N de forma estratificada, debido a la forma y el lugar de aplicación de los RAB.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el proyecto de Unidades Ejecutoras CERZOS- *Bioconversión y valorización de residuos agroindustriales del sudoeste bonaerense*; y en el marco del Proyecto de Investigación Científica y Tecnológica *“Uso de residuos agroindustriales biotransformados en sistemas productivos del sudoeste bonaerense: efectos sobre la calidad edáfica y ambiental”* (PICT 2017-1962).

BIBLIOGRAFIA

- Balesdent, J; C Chenu & M Balabane. 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Till Res.* 53: 215-230.
- Barbaro LA; MA Karlanian; S Imhoff & DE Morisigue. 2011. Caracterización de la turba subtropical del departamento Islas de Ibicuy (Entre Ríos, Argentina). *Agriscientia XXVIII*: 137-145.
- Benbi, DK & J Richter. 2002. A critical review of some approaches to modeling nitrogen mineralization. *Biology and Fertility of Soils* 35: 168-183.
- Blagodatsky, S; E Blagodatskaya; T Yuyukina; Y Kuzyakov. 2010. Model of apparent and real priming effects: linking microbial activity with soil organic matter decomposition. *Soil Biol. Biochem.* 42: 1275-1283.
- Bremner JM. 1996. Nitrogen – Total. En: *Methods of Soil Analysis, part 3*. Ed. Sparks DL, Chemical Methods, 1085-1123.
- Di Rienzo JA, F Casanoves, MG Balzarini, L Gonzalez, M Tablada & CW Robledo. 2018. InfoStat versión 2018. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Duval ME, JA Galantini, JO Iglesias, S Canelo, JM Martínez & L Wall. 2013. Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems. *Soil Till. Res.* 131, 11-19.

- El Gharous, M; RL Westerman & PN Soltanpour. 1990. Nitrogen mineralization potential of arid and semiarid soils of Morocco. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 54: 438-443.
- Galantini, JA & L Suñer. 2008. Soil organic matter fractions: analysis of Argentine soils. *Agriscientia XXV(1)*: 41-55.
- Martínez JM & JA Galantini. 2017. A rapid chemical method for estimating potentially mineralizable and particulate organic nitrogen in Mollisols. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 48:113–123.
- Martínez JM; JA Galantini; ME Duval & FM López. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen and relationships with wheat crop in a semi-humid climate: A long-term field study. *Soil Till. Res.* 169: 71-80.
- Martínez JM; JA Galantini; ME Duval; FM López & JO Iglesias. 2018. Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de calcinación en Molisoles del sudoeste bonaerense. *Ci. Suelo* 35: 181-187.
- Moisés J, M Beltran & JA Galantini. 2018a. Caracterización química de residuos agroindustriales biotransformados destinados a la producción agrícola. En *Actas XXVI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Tucumán, Argentina*
- Waring, SA & JM Bremner. 1964. Ammonium production in soil under waterlogged conditions as an index of nitrogen availability. *Nature* 201: 951-952.