

# APLICACIÓN BIENAL DE ESTIÉRCOL DE FEEDLOT COMPOSTADO: EFECTO SOBRE CULTIVOS Y PROPIEDADES DE SUELO.

Marianela Diez<sup>1\*</sup>; Mirian Barraco<sup>1</sup>  
<sup>1</sup>EEA INTA General Villegas  
<sup>\*</sup>diez.marianela@inta.gob.ar

PALABRAS CLAVE:  
estiércol, dosis, cultivo, feedlot, nitrógeno inorgánico.

## INTRODUCCIÓN

Los residuos de feedlot han sido reconocidos como una fuente de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio) y actualmente constituye un recurso agronómico de alto valor como enmienda y/o fertilizante en suelos destinados a la producción de cultivos para grano o silaje (Hang et al, 2015). La gestión de estos residuos orgánicos evita y reduce el riesgo de contaminación e impactos negativos al medio ambiente. El manejo tradicional de los mismos consiste en el barrido de corrales y la confección de pilas o trincheras a la intemperie durante un lapso de tiempo hasta su uso, o en algunos casos se implementa un volteo o mezclado del material en el transcurso de dicho período (De Luca y De Luca, 1997). El compostaje es un proceso aerobio que combina fases mesófilas (15 a 45 °C) y termófilas (45 a 70 °C) para conseguir un producto de alto valor y seguro para el medio ambiente capaz de devolver nutrientes y materia orgánica al suelo. Este tipo de tratamiento asegura la reducción de patógenos y de semillas de malezas, reducción de volumen y humedad y la aparición de problemas asociados a la estabilidad de sustancias orgánicas fácilmente degradables (Lavado, 2012). En los últimos años ha habido un amplio interés en el uso de enmiendas orgánicas en suelos agrícolas como sustituto parcial o total de fertilizantes inorgánicos, con el fin de reducir costos (evitando la compra de fertilizantes minerales), reciclar desechos evitando fuentes de contaminación y aumentar la materia orgánica (MO) en los suelos (Wei et al., 2016). El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de dosis de estiércol compostado en combinación con dosis de fertilización inorgánica aplicadas cada dos años sobre la producción de biomasa y grano y propiedades químicas de suelo de una secuencia de cultivos cebada-maíz-soja.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en el Establecimiento "Agropecuaria La Criolla S.A." (Fortín Olavarría, Buenos Aires) sobre un suelo Hapludol éntico. En el año 2017 se aplicaron tres dosis de estiércol compostado (EC) en otoño: 0, 10 y 20 t ha<sup>-1</sup>, combinadas con 2 dosis de N inorgánico (0 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>) en forma de urea aplicadas durante el ciclo de los cultivos. El EC se aplicó de forma anticipada (60 días previo a la siembra de un cultivo de cebada [cv explorer; densidad 125 kg ha; fecha de siembra 25-06-2017]). Luego del cultivo de cebada se sembró maíz (híbrido P1815 Vip3; densidad 55000 pl ha a 0,52 m; fecha de siembra: 06-12-2017). La dosis de N se aplicó en macollaje (cebada) y V6 hojas (maíz). En el año 2019 en las mismas parcelas se aplicaron nuevamente las dosis de EC a la siembra del cultivo de maíz (híbrido DK 69-10 VT3 Pro; densidad 76000 pl ha a 0,52 m; fecha de siembra: 4-10-2019) combinadas con cuatro dosis de N inorgánico (urea al voleo en V6 hojas): 0, 60, 120 y 180 kg N ha<sup>-1</sup>. Luego en la campaña 2020-21 se evaluó la respuesta residual en el cultivo de soja en los tratamientos de EC. El proceso de compostaje del estiércol se inició 60 días previos a la aplicación de las dosis, alcanzando temperaturas superiores a los 55°C garantizando el cumplimiento de la fase termófila. Una vez finalizado el proceso se recolectaron muestras de material en las pilas (en varios sectores) con el objetivo de analizar la calidad química del EC: materia seca (MS), pH, conductividad eléctrica (CE), carbono orgánico total (COT), Nt y fósforo total (Pt). Previo a la aplicación de las dosis se recolectaron muestras compuestas de suelo

de las capas de 0-10 y 10-20 cm de profundidad para la caracterización inicial del sitio. Se determinó la clase textural, el pH, la CE, los contenidos de MO, Nt, fósforo extractable (Pe), Ca, Mg, K, Na y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Se calculó la saturación de bases y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). Sobre los cultivos se realizaron cortes de biomasa aérea para determinar producción de MS (PMS) en estado de grano lechoso/pastoso de cebada y en 1/3 de línea de leche en maíz. En madurez fisiológica de maíz se realizó la cosecha manual para determinar producción de grano (PG). Luego de la cosecha de los cultivos, en ambos períodos, se extrajeron muestras de suelo en cada uno de los tratamientos de EC en 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad de suelo. Se analizaron propiedades químicas de suelo como: pH, CE, Pe, MO, Nt, Ca, Mg, Na, K, CIC. El diseño experimental fue en parcelas divididas con estructura de parcelas en bloques al azar. Se consideró como parcela principal a la dosis de EC y como sub parcela los niveles de N agregados. Cada unidad experimental fue de 66 m<sup>2</sup>. Los resultados se analizaron mediante ANOVA y las medias se compararon con (LSD Fisher) ( $P \leq 0,05$ ) con el software Infostat (Di Rienzo et al, 2015).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el ciclo de cada cultivo se registraron las precipitaciones (Figura 1). En el período 2017-18 durante el ciclo de la cebada (junio-noviembre), se registraron 276 mm, un 88% del registro histórico (313 mm), mientras que durante el ciclo de maíz se registraron 290 mm, lo que representó un 44% de los valores históricos (490 mm). En el período 2019-20 se registraron 835 mm durante el ciclo del maíz, un 23% superior al promedio histórico (678 mm).

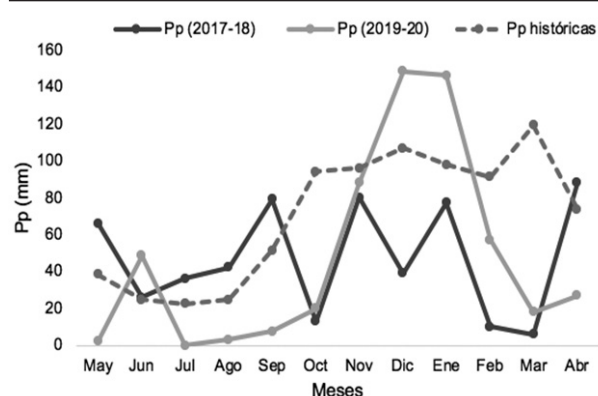


Figura 1. Precipitaciones mensuales registradas durante el período de los cultivos: 2017-18 y 2019-20 y el promedio histórico (últimos 34 años), Fuente: "Agropecuaria La Criolla S.A."

El sitio donde se llevó a cabo el experimento presentó textura franco arenosa (61,7; 26,3 y 12,0% de arena, limo y arcilla, respectivamente), sin limitantes físicas ni químicas para la producción de los cultivos, con niveles adecuados de MO (2,5%), niveles medios de Pe (13,5 ppm) y bajos niveles de CE (0,2 dS m<sup>-1</sup>) y PSI del suelo (0,3%). La composición nutricional del estiércol en ambos períodos fue similar (Tabla 1). La dosis de 10 y 20 t ha de compost aportaron 56 y 112 kg

N ha<sup>-1</sup>, y 32 y 63 kg P ha<sup>-1</sup> respectivamente para el período 2017-18 y 48 y 96 kg N ha<sup>-1</sup> y 33 y 65 kg P ha<sup>-1</sup> para el período 2019-20.

**Tabla 1.** Caracterización físico-química del estiércol compostado aplicado en el período 2017-2018 y 2019-2020. Materia seca (MS), carbono orgánico total (COT), nitrógeno total (Nt), fósforo total (Pt), pH y conductividad eléctrica (CE).

Período	MS (%)	COT (%)	Nt (%)	Pt (%)	pH	CE
2017-2018	64	9,9	0,8	0,4	7,7	25,5
2019-2020	66	6,2	0,7	0,4	7,6	29,5

### Producción de materia seca

Dado que el efecto de la interacción entre EC y N sobre la PMS no fue significativa ( $P > 0,05$ ), se reportan sólo los resultados correspondientes a los efectos principales de EC y N. Las dosis de EC y el agregado de N no tuvieron efecto sobre la PMS de la cebada en el período 2017-2018 (Tabla 2). Luego, en el cultivo de maíz sí hubo respuesta en PMS a las dosis de EC ( $P < 0,0001$ ) y a las dosis de N aplicadas en V6 hojas ( $P < 0,0001$ ; Tabla 2). Con el agregado de 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> se incrementó un 6,5% y 22% la PMS respecto a la dosis sin compost. En cambio, con el agregado de 80 kg ha N el incremento fue del 79% respecto al tratamiento sin N. En el período 2019-2020 el agregado de 20 t ha<sup>-1</sup> se diferenció del resto de los tratamientos incrementando un 17,3% la PMS (Tabla 2). El agregado de 60 kg ha<sup>-1</sup> de N incrementó un 15% la PMS respecto del tratamiento sin N, mientras que las dosis mayores de N no se tradujeron en incrementos adicionales de PMS. Si bien el efecto año no fue un factor de análisis en este trabajo se puede observar una mayor PMS de maíz en el período 2019-20 respecto al período 2017-18, la cual podría atribuirse a una mejor condición de humedad y ocurrencia de precipitaciones en el período crítico (floración) del cultivo (Figura 1). Estudios realizados por Herrero et al (2017) concluyen que las variables temperatura y humedad fueron las que mayormente incidieron en la EUN del estiércol como fertilizante de recursos forrajeros y cultivos respecto de condiciones edáficas y de tipo de estiércol, tales como su acondicionamiento previo, momento y división de la dosis total aplicada. A mayor temperatura y humedad se esperan mejores condiciones para la mineralización del N contenido en el EC. No obstante, la tasa de mineralización anual del N en EC varía de 5 a 54% (DeLuca, 1997). Lo expuesto coincide con trabajos de Eghball and Power (1999) quienes estudiaron durante cuatro años la EUN de estiércol fresco, EC y del proveniente de fuentes minerales, reportando cifras de 17%, 12% y 45%, respectivamente.

**Tabla 2.** Producción de materia seca (t ha<sup>-1</sup>) de la rotación cebada –maíz (período 2017-2018) y maíz (período 2019-2020) en función a la dosis de compost aplicada (0, 10 y 20 t ha<sup>-1</sup>) combinadas con dosis de N (0 y 80 o 0, 60, 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup> para los ciclos 2017-2018 y 2019-2020, respectivamente). Letras distintas indican diferencias significativas ( $P \leq 0,05$ ).

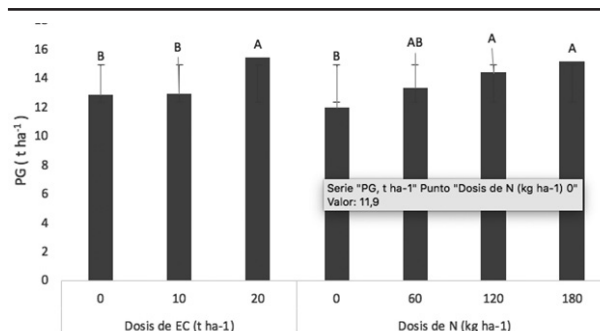
Cultivo	2017-2018										
	EC (t ha <sup>-1</sup> )				N (kg ha <sup>-1</sup> )				EC x N		
	0	10	20	EED	P	0	80	EED	P		
Cebada	17,13	16,4	17,4	813	ns	16,2	17,7	406	ns		
Maíz	10,8B	11,5A	13,2A	454	ns	8,5B	15,2A	394	ns		
Maíz	2019-2020										
	0	10	20	EED	P	0	60	120	180	EED	P
	26,6C	28,9B	31,2A	1187	**	25,3B	29,1A	30,4A	30,7A	1371	ns

\*\*  $P \leq 0,01$ ; \*  $P \leq 0,05$ ; ns= no significativo.

### Producción de grano

Nuevamente, el efecto de la interacción entre EC y N no fue significativa ( $P > 0,05$ ), por lo cual se reportan sólo los resultados correspondientes a los efectos principales de EC y N sobre PG. En el período 2017-2018 el agregado de N tuvo efecto sobre la PG ( $P < 0,01$ ),

incrementando la misma de  $2,5 \pm 163$  a  $5,4 \pm 163$  t ha<sup>-1</sup> con 0 y 80 kg N ha<sup>-1</sup>, respectivamente. Si bien los cultivos con agregado de EC tuvieron mayores PG que el testigo, estas diferencias no fueron significativas ( $P = 0,14$ ) con valores medios de  $3,4 \pm 298,5$ ;  $4,5 \pm 298,5$  y  $3,9 \pm 298,5$  t ha<sup>-1</sup> para 0, 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> de EC, respectivamente. En el período 2019-2020 la PG se vio afectada por ambos tratamientos ( $P \leq 0,01$ ; Figura 2). El tratamiento sin compost y el agregado de 10 t ha<sup>-1</sup> tuvieron igual PG ( $12,8 \pm 435$  t ha<sup>-1</sup>), mientras que el tratamiento de 20 t ha<sup>-1</sup> produjo un 20% más de grano y se diferenció del resto ( $P = 0,02$ ). El agregado de 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup> de N resultó en similar PG (promedio  $14,7 \pm 465$  t ha<sup>-1</sup>), la cual se diferenció de la obtenida sin el agregado de N (Figura 3). Dado que el agregado de 180 kg N ha<sup>-1</sup> tuvo el mismo efecto sobre la PG que el agregado de 120 kg N ha<sup>-1</sup> se aconseja la utilización de la menor de estas dos dosis para minimizar el impacto ambiental y el costo asociado a la fertilización. El agregado de dosis de EC tuvo un efecto residual en la producción de grano de soja ( $P < 0,01$ ). El agregado de 20 t ha<sup>-1</sup> produjo  $4,6 \pm 127$  t ha<sup>-1</sup> de soja y se diferenció ( $P = 0,0008$ ) del resto de los tratamientos. El tratamiento de 0 y 10 t ha<sup>-1</sup> tuvieron igual producción de soja ( $3,9 \pm 127$  t ha<sup>-1</sup>).



**Figura 2.** Producción de grano de maíz correspondiente al período 2019-2020 en función a las dosis de compost aplicada (0, 10 y 20 t ha<sup>-1</sup>) combinadas con dosis de N (0, 60, 120 y 180 kg ha<sup>-1</sup>). Letras distintas indican diferencias significativas dentro de compost o de N ( $P \leq 0,05$ ).

### Propiedades de suelo

En el período 2017-2018 del total de variables de suelo evaluadas, sólo se detectó un efecto significativo ( $P = 0,04$ ) en el contenido de Pe en los primeros 0-10 cm de profundidad de suelo (Tabla 3). Es decir, a los 263 días de la aplicación del EC, los tratamientos de 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> incrementaron significativamente los niveles de Pe en el suelo, alcanzado 27 ppm Pe mientras que la dosis sin agregado de EC resultó en

un nivel de Pe de 15 ppm. Esto podría deberse a que la disponibilidad de P en todos los tipos de estiércol es alta ( $> 70\%$ ) ya que parte de ese P es inorgánico y se vuelve disponible para la planta luego de la aplicación (Eghball and Power, 1999; Eghball et al, 2002; Nelson and Janke, 2007). Las demás variables de suelo no se vieron modificadas por el

agregado de EC al suelo, alcanzando valores promedios de 6,1 y 6,45 pH; 0,59 y 0,35 dSm<sup>-1</sup> CE; 0,15 y 0,09 % Nt; 2,81 y 1,68 % MO; 11,2 y 10,6 % C/N; 5,18 y 4,8 meq 100 g<sup>-1</sup> Ca; 1,62 y 1,54 meq 100 g<sup>-1</sup> Mg; 2,07 y 1,69 meq 100 g<sup>-1</sup> K; 0,08 y 0,04 meq 100 g<sup>-1</sup> Na; 10,11 y 9,08 meq 100 g<sup>-1</sup> CIC para 0-10 cm y 10-20 cm respectivamente. Estudios de Lardone et al. (2016) aplicando distintas dosis de estiércol fresco (10 a 40 t ha<sup>-1</sup>), detectaron cambios en el primer año de aplicación en la CE, pH, MO, Pt, K, Na y PSI a los 165 días de la aplicación en los primeros 10 cm de suelo.

En el período 2019-2020 luego de 210 días desde la aplicación a la cosecha del cultivo del maíz, se observó un incremento en los primeros 0-10 cm de profundidad de suelo en los niveles de Pe y Mg. Los tratamientos que recibieron 10 y 20 t ha<sup>-1</sup> de EC incrementaron un 30% y 187% los niveles de Pe respecto de la dosis 0 (sin compost), respectivamente, y se diferenciaron entre sí ( $P = 0,03$ ). Las demás variables de suelo no se vieron modificadas por el agregado de EC al suelo, alcanzando valores promedios de 5,8±0,04 y 6,17±0,07 pH; 0,10±0,01 y 0,06±0,01 dSm<sup>-1</sup> CE; 1,60±0,07 y 0,93±0,05 % Nt; 2,7±0,7 y 1,57±0,4 % MO; 8,27±0,42 y 7,39±0,21 meq 100 g<sup>-1</sup> Ca; 2,51±0,15 y 1,58±0,45 meq 100 g<sup>-1</sup> Mg; 1,44±0,1 y 1,32±0,08 meq 100 g<sup>-1</sup> K; 0,10±0,10 y 0,10±0,10 meq 100 g<sup>-1</sup> Na; 12,22±0,59 y 11,39±0,22 meq 100 g<sup>-1</sup> CIC para 0-10 cm y 10-20 cm respectivamente. Aplicaciones bienales de 10 y 20 t ha de EC lograron incrementar 12,1 y 43,1 ppm de Pe en el suelo, respectivamente, equivalente a 53 y 190 kg de fosfato monoamónico. Eghball et al (2004) informaron incrementos significativos en los niveles de CE, pH, P disponible y nitratos como efecto residual posterior a cuatro años de aplicaciones anuales y bienales de estiércol fresco y compostado.

**Tabla 3.** Contenido de fósforo extractable (Pe, ppm) en 0-10 cm y 10-20 cm de profundidad (Prof.) de suelo luego de la cosecha del cultivo de maíz según dosis de EC (0, 10 y 20 t ha<sup>-1</sup>) y períodos (2017-2018 y 2019-2020). Letras distintas indican diferencias entre dosis dentro de cada profundidad de suelo y período ( $P < 0,05$ ).

Prof (cm)	Período	Dosis de EC (t ha <sup>-1</sup> )			EED	P
		0	10	20		
0-10	2017-2018	15,23 B	27,7 A	27,07 A	2,53	*
10-20		9,77	10,07	11,37	0,86	ns
0-10	2019-2020	19,77 B	25,63 B	56,60 A	3,38	*
10-20		10,53	9,97	20,47	4,83	ns

\*\*  $P \leq 0,01$ ; \*  $P \leq 0,05$ ; ns= no significativo

EED= error estándar de las diferencias entre medias

## CONCLUSIONES

El agregado de EC y de N inorgánico aumentó la PMS y PG de los cultivos evaluados, principalmente en el período 2019-2020. Aplicaciones bienales de EC incrementaron los niveles de Pe en los primeros 10 cm del suelo, sin modificar las demás propiedades edáficas. Los estudios en el establecimiento Agropecuaria La Criolla continúan con el objetivo de detectar cambios en otras propiedades químicas de suelo ante el agregado frecuente de EC al suelo.

## AGRADECIMIENTOS

Al Grupo GAF (Gestión Ambiental en feedlot) del Noroeste de Buenos Aires.

A la firma "Agropecuaria La Criolla S.A", sus titulares y personal, por facilitar las instalaciones, materiales y el financiamiento de parte del estudio.

## BIBLIOGRAFÍA

• DeLuca T. H. y DeLuca D. K. 1997. Composting for feedlot manure management and soil quality. Journal of Production Agriculture

10:235-241.

- Di Rienzo, J.A.; Casanoves, F.; Balzarini, M.G.; Gonzalez, L.; Tablada, M.; Robledo, C.W. Infostat versión 2015. Grupo Infostat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Eghball, B y Power, J.F. 1994. Beef cattle feedlot manure management. Journal of soil and Water Conservation 49: 113-122.
- Eghball, B.; Wienhold, B. J.; Gilley J. E. and Eigenberg R. A. 2002. Mineralization of manure nutrients. Journal of Soil and Water Conservation November 57 (6) 470-473.
- Eghball, B.; Ginting, D y Gilley, J.E. 2004. Residual effects of manure and compost applications on corn production and soil properties. Agron. J. 96: 442-447.
- Hang, S.; Castán, E.; Negro, G.; Dhagero, A.; Buffa, E.; Ringuelet, A.; Satti, P y Mazzarino, M.J. 2015. Compostaje de estiércol de feedlot con aserrín y viruta: características del proceso y producto final. En Agriscientia, vol. 32 (1): 55-65.
- Herrero, M.A.; Charlón, V.; Carbó, L.I.; Cuatrin, A.; Sardi, G. M.I.; Romero, L. 2017. Eficiencia de uso del nitrógeno por forrajeras abonadas con estiércol de bovinos lecheros en la región pampeana, Argentina. RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias, vol 43, pp. 135-143.
- Lardone, A.; Diez, M.; Barraco, M.; Sardiña, C y Méndez, D. 2016. Aplicación de estiércol de feedlot: efecto sobre el cultivo de maíz y algunas propiedades de suelo. En Memoria técnica 2015-2016, pp: 41-44. ISBB: 1850-6038.
- Lavado, R. 2012. Origen del compost, procesos de compostaje y potencialidad de uso. En: MJ Mazzarino and P Satti (eds). Compostaje en Argentina: experiencias de producción, calidad y uso. UNRN y Orientación Gráfica Editora. Buenos Aires. Pp: 3-12.
- Nelson, N.O.; and Janke R.R. 2007. Phosphorus sources and management in organic production systems. HortTechnology 17:442-454.
- Wei, W.L.; Yan, Y.; Cao, J.; Christie, P.; Zhang, P.; Fan, M. 2016. Effects combined applications of organic amendments and fertilizers on crop yield and soil organic matter: an integrated analysis of long-term experiments. Agri Ecosyst Environ 225: 86-92