Efecto del efluente porcino como biofertilizante en el rendimiento del cultivo de maíz

Masino[1], Alejandra y Pegoraro[2], Vanesa. [1] AER Corral de Bustos. [2] EEA INTA Marcos Juárez
E-mail: masino.alejandra@inta.gob.ar

Palabras clave: maíz – efluente – biofertilizante - rendimiento

Introducción

La producción porcina intensiva genera cantidades considerables de efluentes, y su disposición final representa un importante problema ambiental. Aplicaciones no controladas de efluente porcino al suelo pueden provocar, entre otros, excesos de nitratos (NO_3^-), sales, metales pesados (cobre y zinc), patógenos, compuestos xenobióticos y emisión de gases de efectos invernaderos (Díez *et al*., 2001).

Cuando el efluente es usado con fines agronómicos puede provocar diferentes impactos sobre el suelo y cultivo, dependiendo del sistema de manejo. Es una valiosa fuente de nitrógeno (N), pudiendo sustituir total o parcialmente la fertilización mineral (Biau *et al.,* 2012). Sin embargo, el mismo es considerado por el productor como un residuo, y no suele reducir la cantidad de fertilizantes minerales cuando lo aplica, utilizando finalmente altas dosis de N ha^{-1} (Sisquella *et al*., 2004). Existen cuestiones agronómicas a tener en cuenta al momento de su aplicación, como la superficie agrícola disponible, el tipo de suelo, la profundidad de la napa, el cultivo a sembrar y las condiciones meteorológicas (temperatura, humedad, precipitaciones y radiación solar), entre otras (ASPROCER, 2008).

Objetivos

(i) Evaluar el impacto del efluente porcino sobre la calidad del suelo.
(ii) Evaluar el efecto de la aplicación de efluente porcino y fertilización mineral sobre el rendimiento del cultivo de maíz.

Materiales y métodos

El ensayo se llevó a cabo en un lote de producción perteneciente a la localidad de Colonia Italiana (Lat.33°24'18.18"S; Long. 62°14'6.49"O) sobre una asociación de dos series de suelos. El complejo ACt-capacidad de uso IIIws (Águila Cautiva 30%, Colonia Progreso 20% y Baldissera fase moderadamente bien drenada 50%) y CV1-capacidad de uso IIws (Cavanagh 60%, Cavanagh moderadamente bien drenada 30%, Colonia Progreso 20% y Águila Cautiva 20%) (INTA, 1986). La textura que prevalece es franco-limoso.

El establecimiento cuenta con una chacra porcina de ciclo completo donde la totalidad del mismo se realiza en galpones de producción. Los efluentes generados son depositados en un sistema de dos lagunas anaeróbicas interconectadas entre sí. De la segunda laguna se extrajo el efluente que se utilizó (Tabla 1). La dosis de aplicación se calculó en base al contenido de N del efluente, debido a que es el nutriente en mayor concentración.

Cuadro 1. Caracterización del efluente porcino.

Parámetros	Valor
Materia Seca (MS) (g/l)	11,6
Cenizas (g/l)	5,8
N (g/l)	7,72
N de amonio ($N\text{-}NH_4^+$) (g/l)	2,05
pH	7,97
Na (g/l)	0,88
P (g/l)	0,10

Se realizó un diseño en bloques completamente aleatorizados con dos repeticiones. Los tratamientos evaluados se presentan en el cuadro 2. Cada unidad experimental estaba compuesta por una parcela de 1000 m^2. La distribución del efluente se realizó en julio de 2013 sobre un residuo de soja. Se utilizó un carro estercolero de 10.000 l de capacidad con un ancho de labor de 10 m.

Cuadro 2. Tratamientos evaluados.

Tratamientos	l de efluente ha^{-1}	kg de N ha^{-1}
Testigo absoluto (T)	0	0
Efluente simple (ES)	20000	0
Efluente doble (ED)	40000	0
Fertilización mineral (FM)	0	150

En septiembre de 2013, previo a la siembra del cultivo de maíz, se realizó un muestreo del suelo solo en los distintos tratamientos que recibieron efluente porcino, para evaluar su impacto sobre la calidad del suelo. Se tomaron 6 submuestras hasta los 60 cm de profundidad, en estratos de 0-20 cm, con barreno de 2,5 cm de diámetro. En el procesamiento, las muestras fueron tamizadas por 2 mm y secadas a temperatura ambiente por 24 h como mínimo.

Las determinaciones químicas fueron $N\text{-}NO_3^-$ (Bremmer, 1965) hasta los 60 cm de profundidad, mientras que N anaeróbico (Nan) (Keeney & Nelson, 1982), materia orgánica particulada (MOP) 106 µm (Cambardella & Eliott, 1993), fósforo disponible (P) (Bray & Kurtz, 1945), pH (1:2,5) según método potenciométrico (Page, 1982) y conductividad eléctrica (CE) en relaciones suelo agua 1:2,5 (Richards, 1973) se determinaron de 0-20 cm de profundidad.

La siembra del cultivo de maíz se realizó en octubre de 2013 y se utilizó el hibrido NK 900. El tratamiento FM se realizó en el estadio de V6 utilizando como fuente SolMIX 80-20 (28-0-0-5.2), en una dosis equivalente a la aplicación de 150 kg N ha^{-1}. Se cosechó en mayo de 2014, por medio de una cosechadora de 4,20 m de ancho de labor.

Los resultados fueron evaluados estadísticamente a través de análisis de varianza (ANOVA) y test de comparación de medias LCD de Fisher del programa estadístico INFOSTAT (2009).

Resultados y discusión

Nutrientes aportados por el efluente porcino y su impacto sobre el suelo

La caracterización del efluente y la dosis utilizada permite inferir la cantidad de nutrientes aportados al suelo, siendo el N el más importante. El tratamiento ES (20.000 l/ha^{-1}) equivale a una aplicación de 335,5 kg ha^{-1} de urea (US$ 171,16), mientras que el tratamiento donde se utilizó ED (40000 L ha^{-1}) equivale a 669,6 kg ha^{-1} de urea (US$ 341,50) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Nutrientes aportados solo por el efluente porcino (kg ha^{-1}).

Tratamiento	MS	Ceniza	N	P	Na
Efluente simple	232	116	154,4	2	17,6
Efluente doble	464	232	308	4	35,2

En cuanto al contenido de P (Cuadro 1), el efluente presenta una alta relación N:P (77,2:1), lo que provoca una menor cantidad de P aportado, en comparación con la cantidad de N adicionado. Sosa *et al.* (2010) también observaron una alta relación N:P (53:1), en comparación con los valores reportados como normales (2:1 a 6:1) (Smith *et al*., 1998). Esto puede llegar a ser limitante en este tipo de suelos, debido a que posee bajas concentraciones de P disponible de 0-20 cm de profundidad. Además, ambas aplicaciones están adicionando MS y minerales que pueden ser de utilidad para el cultivo. También hubo una adición de sodio (Na), el cual no es favorable debido a que su incremento en el suelo ocasiona una disminución en la tasa de infiltración y de la conductividad del agua en el suelo (Ghiberto *et al*., 2007) (Cuadro 3). Sin embargo, no afectó el crecimiento del cultivo de maíz. Similares resultados fueron reportados por Sosa *et al.* (2010), los cuales agregaron hasta 104 kg Na ha^{-1} con efluente porcino.

En cuanto al impacto sobre el suelo, el efluente no provocó un incremento significativo en las concentraciones de NO_3^- previo a la siembra de maíz, en ambas dosis de aplicación comparado con el T. Esto puede deberse, a que una parte del N total (26,55%) estaba compuesto por $N\text{-}NH_4^+$, susceptible a perdidas por volatilización (Rochette *et al*., 2001).

En el cuadro 4 se presentan los resultados de la determinaciones de nitrato por tratamiento y profundidad.

Cuadro 4. Nitratos (ppm) por estrato previo a la siembra de maíz.

Profundidad	Testigo	Efluente simple	Efluente doble
0-20	39,90	70,10	68,15
20-40	43,80	53,75	47,25
40-60	45,10	43,20	42,35
Total	**128,80**	**167,05**	**157,75**

Tampoco se encontraron cambios significativos en la MOP, Nan, P, pH y CE del suelo en los primeros 20 cm. Sin embargo, se puede observar una tendencia interesante en la mayoría de las variables estudiadas (Testigo<Efluente) que podría indicar un beneficio a largo plazo de las aplicaciones de efluente. Por su parte, Pegoraro *et al.* (2014) tampoco observaron un incremento en la MOP, Nan y pH a mayor dosis de aplicación en la profundidad de 0-5 cm sobre un suelo Argiudol típico, mientras que sí evidenciaron incrementos en P y CE. Estas diferencias pueden deberse a las características propias de cada efluente evaluado. Sin embargo, estos residuos se caracterizan por tener una baja relación C:N, y a su vez el efluente de este ensayo presentó una elevada relación N:P. Por lo tanto, podría haberse provocado una rápida degradabilidad del C y un escaso aporte de P con el efluente porcino.

Los tratamientos con efluente presentaron en los primeros 20 cm de profundidad, mayores concentraciones de NO_3^- y menores de Nan. Esto podría estar indicando que el N aportado por el efluente ha sido mineralizado previo a la siembra de maíz, existiendo un potencial riesgo por lixiviación del N mineral. Por lo tanto, se debería evaluar la fecha de aplicación del efluente para que la mineralización de los nutrientes coincida con los requerimientos del cultivo.

En el cuadro 5 se presentan los resultados de los indicadores químicos en la profundidad 0-20 cm previo a la siembra, según tratamientos.

Cuadro 5. Indicadores químicos en la profundidad de 0-20 cm previo a la siembra de maíz.

Tratamientos	MOP (kg ha^{-1})	Nan (ppm)	P (ppm)	pH	CE (dS m^2)
Testigo	21403,35	49,35	5,58	5,30	0,20
Efluente simple	22329,98	52,85	6,38	5,40	0,11
Efluente doble	24929	61,78	5,95	5,35	0,13

Rendimiento

Se observaron diferencias estadísticamente significativas (*p<0,05*) entre todos los tratamientos evaluados. El tratamiento FM fue el que presentó mayor rendimiento con un incremento del 26,59 % con respecto al T, mientras que los tratamientos con aplicación de efluente incrementaron en 19,07 y 7,5 % para ES y ED, respectivamente, con respecto al T (Gráfico 1). Similares resultados fueron reportados por Biau *et al*. (2012) los cuales obtuvieron mayor rendimiento con FM (300 kg N ha^{-1}) que con la misma cantidad de N adicionado con efluente porcino.

Estos resultados reflejan el efecto de diferentes estrategias de aplicación, en donde el efluente porcino fue adicionando tres meses previos a la siembra, mientras que la FM se realizó en el estadio de V6. Por lo tanto, el efluente no estaría siendo utilizando de manera eficiente por el cultivo, con posibles pérdidas por volatilización y una mineralización anticipada.

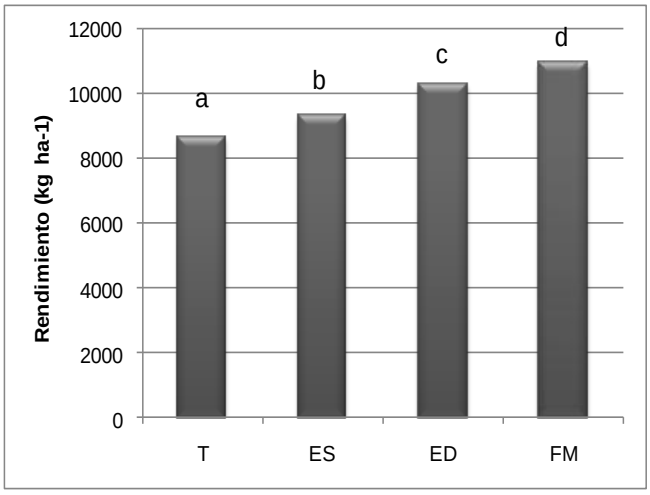

Gráfico 1. Rendimiento del cultivo de maíz en los tratamientos evaluados. Letras distintas indican diferencias significativas entre los tratamientos (*p<0,05*).

Conclusiones

El principal nutriente aportado por el efluente porcino fue el N, siendo necesario evaluar en futuros trabajos el momento de mayor disponibilidad para el cultivo, en función de las características del efluente. A su vez, la aplicación de efluente porcino no provocó cambios significativos en los indicadores de fertilidad química a la siembra de maíz. Sin embargo, se observó una tendencia interesante en la mayoría de las variables estudiadas (Testigo<Efluente) que podría indicar un beneficio a largo plazo. Además, la fertilización mineral y las aplicaciones de efluente porcino provocaron un incremento de los rendimientos del cultivo de maíz.

Bibliografía

ASPROCER (Asociacion gremial de productores de Cerdos de Chile). 2008. Manejo de purines. Disponible en: (file:///C:/Users/Usuario/Downloads/alternativasparaelmanejodepurines.pdf).

Biau, A; Santiveri, F; Mijangos, I & J Lloveras. 2012. The impact of organic and mineral fertilizers on soil quality parameters and the productivity of irrigated maize crops in semiarid regions. European Journal of Soil Biology. In press, Uncorrected proof.

Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Sci. 59:39-45.

Bremmer, J. 1965. Inorganic forms of nitrogen. In: Evans, D.D., White, J. L., Ensminger, LE, and Clark, FE (Eds.). Methods of soil analysis. Part 2.Chemical and microbiological properties. American society of agronomy. Madison, Wisconsin, pp. 1179-1237.

Cambardella, C. & Eliott, E. 1993. Methods for physical separation and characterization of soil organic matter fractions. Geoderma, 56: 449-457.

Díez, J; De la Torre, A; Cartagena, M; Carballo, M; Vallejo, A; Muñoz, M. 2001. Evaluation of the application of pig slurry to an experimental crop using agronomic and ecotoxicological approaches. Journal of Environmental Quality 30, 2165–2172.

Ghiberto, P; Pilatti, M; Imhoff, S; Orellana, J. 2007. Hydraulic conductivity of Molisolls irrigated with sodicbicarbonated waters in Santa Fe (Argentine). Agricultural Water Management, 88(1-3): 192-200.
INFOSTAT, 2009. InfoStat/Profesional, Versión 20011 p.1. Software Estadístico. Grupo InfoStat/FCA. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. (http://www.infostat.com.ar).

INTA. 1986. Secretaria de Agricultura y Ganadería de la Nación. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 333-29-2 Cafferata.

Keeney, D & D Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. In: A.L. Page, R.H. Miller (Eds). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, pp. 643-698.

Page, A. 1982. Methods of soil analysis. Madison, Wisconsin. USA. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Publisher Agron. 9(2).

Pegoraro, V; Cazorla, C; Baigorria, T & Boccolini, M. 2014. Influencia del Efluente Porcino como Biofertilizante sobre un Argiudol Típico. XXIV Congreso Argentino de Ciencia del Suelo y II Reunión de Nacional “Materia Orgánica y Sustancias Húmicas”. Bahía Blanca, Buenos Aires. 5 al 9 de mayo.

Richards, L. 1973. Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos. USDA. Limusa. México, D. F.

Rochette, P; Chantigny, M; Angers, D; Bertrand, N; Cote, D. 2001. Ammonia volatilization and soil nitrogen dynamics following fall application of pig slurry on canola crop residues. Can J Soil Sci 82:515–523.

Sisquella, M; Lloveras, J; Alvaro, J; Santiveri, F & C Cantero. 2004. Técnicas de cultivo para la producción de maíz, trigo y alfalfa en los regadíos del valle del Ebro (Management of maize, wheat and alfalfa in the irrigated areas of the Ebro Valley). Proyecto Trama-Life, Lleida, Spain, p. 47 (in Spanish).

Smith, K; Chalmers, A; Chambers, B & P Christie. 1998. Organic manure phosphorus accumulation, mobility and management.Soil Use and Management Nº 14:154-159.

Sosa N; Gambaudo, S; Fontanetto, H & O Keller. 2010. Aplicación de enmienda orgánica en un cultivo de maíz. INTA – Estación Experimental Agropecuaria Rafaela. Información técnica cultivos de verano. Pub Misc. Nº 118.