

## Uso de efluente de tambo en la producción de maíz para silo

*Nicolás Sosa, Juan Manuel Orcellet, Sebastián Gambaudo  
Profesionales del Área de Investigación en Producción Vegetal, INTA EEA Rafaela.*

*Ignacio Minetti*

*Estudiante de Ingeniería Agronómica, FCA - UNL*

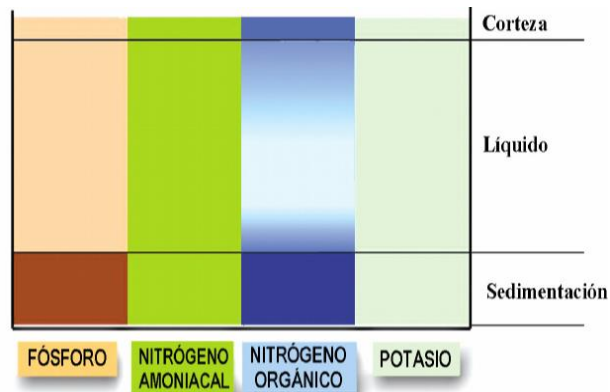
### Introducción

La intensificación y concentración de la producción en los sistemas lecheros argentinos, trae aparejado el problema de la generación y acumulación de efluentes. Su aplicación al suelo como enmienda orgánica brinda una alternativa de solución al permitir recuperar la fertilidad de los suelos y aumentar la producción de los cultivos. La producción de leche en el país para la serie de años 1983-2010, se incrementó de 5696,80 a 10307,52 millones de litros (Minagri, 2013). Si bien, hubo una reducción del número de tambos, se produjo un aumento en la escala productiva en aquellos que lograron permanecer en la actividad, donde muchos han cambiado su sistema de producción tradicional a campo por sistemas estabulados. Esto ha provocado un fuerte incremento de las cantidades de efluentes generados, donde además, no existe, una adecuación de la infraestructura de las instalaciones de ordeño, ni una planificación sobre su destino final (García y Charlón, 2011).

La intensificación de la producción no sólo debe ser considerada como un aumento en el uso de insumos, sino que debería incluir también la tecnología de procesos y de conocimientos (Andrade, 2011). En este sentido, la aplicación de residuos orgánicos al suelo es el método más económico y constituye uno de los mejores ejemplos de reciclaje de nutrientes dentro del establecimiento. El desconocimiento sobre la composición de los diferentes residuos, la eficiencia de uso de los nutrientes que contienen y su posible efecto residual entre otros factores, dificulta una adecuada aplicación de los mismos. Para la utilización de los residuos orgánicos como fertilizante agrícola es necesario considerar la composición de los mismos, especialmente el contenido en macronutrientes y los requerimientos nutricionales del cultivo al que se va a aplicar.

En principio, estos "fertilizantes" disponen de la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, pero en algunos casos presentan un desequilibrio en nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en relación a las necesidades de los cultivos (LAF, 1999). Los residuos ganaderos presentan una enorme variabilidad en su composición y por lo tanto en el contenido de nutrientes, dependiendo de muchos factores como son: sistema de estabulación, alimentación, sistema de limpieza, tratamiento y duración del almacenaje, etc. El contenido en N, referido a la materia seca de los estiércoles, varía en un amplio rango desde 1 a 4% (Pomares y Canet, 2001), correspondiendo normalmente los valores más bajos al estiércol de bovino y los más altos a los de gallinaza. En los efluentes de porcino los niveles de N son mucho más bajos, entre 5,2 y 7,2 kg N/m<sup>3</sup> (Irañeta et al, 1999).

Cuando el efluente se encuentra almacenado en lagunas, tiene lugar un proceso de sedimentación, que afecta la distribución de los nutrientes en las diferentes profundidades o niveles de la fosa (Figura 1).



**Figura 1:** Estratificación en laguna. Fuente: Iraneta *et al*, 2002

En la estratificación de los nutrientes en la laguna se pueden diferenciar tres capas: una de material sedimentado en la parte inferior de la fosa, densa, rica en elementos minerales principalmente fósforo y nitrógeno orgánico, una fracción líquida que contiene los elementos solubles como el nitrógeno amoniacal y el potasio, y una costra o corteza superficial formada por materias celulósicas, con parte del nitrógeno orgánico. La sedimentación de nutrientes del efluente en los distintos estratos de la laguna tendrá implicaciones en el momento de repartir los elementos nutritivos del mismo.

Hay que tener en cuenta que los efectos de un manejo inadecuado de residuos orgánicos puede provocar contaminación asociada fundamentalmente al lavado de los nitratos. La utilización del suelo como medio receptor de residuos ganaderos tiene como objetivo restituir al mismo los nutrientes que son asimilables por las plantas, lo que disminuye además, la necesidad de aportar fertilizantes minerales. El objetivo del ensayo fue evaluar diferentes dosis de estiércol bovino sobre la producción y calidad del maíz para silaje.

### Materiales y métodos

La experiencia se realizó en una empresa tampera de la zona rural de Lehmann (Sta Fe), en un lote cuya unidad cartográfica era RAF08, compuesta por un complejo de suelos: 30% serie Rafaela (Argiudol típico), 40% serie Lehmann (Argiudol ácuico), 30% serie Castellanos (Argialbol típico). El cultivo antecesor fue maíz. Un mes antes de la siembra se realizó un control químico de malezas con 3l de glifosato y 4l de atrazina.

La distribución del efluente se realizó mediante una máquina estercolera marca Fliegl de 5 m<sup>3</sup> de capacidad, 20 días previos a la siembra de maíz. La aplicación fue superficial en forma de abanico (Figura 2).



**Figura 1 y 2:** Toma de efluente de la laguna y aplicación a campo.

La fecha de siembra del ensayo fue el 14 de septiembre y la emergencia el 20 del mismo mes. El híbrido de maíz utilizado fue PAN6P-563 RR2. El distanciamiento entre hileras fue de 0,52 m y el stand de plantas logrado fue de 72.300 plantas ha<sup>-1</sup> (3,8 sem/m). En el momento de la siembra se aplicó fertilizante mezcla química 40-20-20 aplicada en la siembra a razón de 100 kg ha<sup>-1</sup>

Las dosis de efluentes comparadas fueron 0, 30, 60 y 90 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> y el diseño experimental utilizado fue el de parcelas apareadas con 2 repeticiones y las parcelas fueron de 50 m de largo por 16 m de ancho.

El efluente de tambo se obtuvo de la segunda laguna de tratamiento de efluente del sistema (figura 3). Con la finalidad de conocer su composición, se tomaron muestras del mismo y se enviaron a laboratorio para su análisis. En la Tabla 1 se pueden observar los valores de pH, conductividad eléctrica, sólidos totales, sólidos volátiles, sulfuros, Nitrógeno Total (Nt), Nitrógeno amoniacal (N-NH<sub>4</sub>), Fósforo Total (P), Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Sodio (Na) y Potasio (K) del efluente utilizado.

**Tabla 1.** Caracterización físico química del efluente empleado.

Parámetro	Efluente de tambo
pH	6,69
Conductividad (mS/cm)	6,50
Sol. Totales (mg/l)	90430
Sólidos volátiles (mg/l)	39778
Sulfuros (mg/l)	1
Nt (g/l)	1,59
N-NH <sub>4</sub> (g/l)	0,64
P (mg/l)	39,8
Ca (mg/l)	149
Mg (mg/l)	86
Na (mg/l)	487
K (mg/l)	628

A partir de los valores de la Tabla 1, es posible destacar el alto contenido de Nt, N-NH<sub>4</sub> y K. El contenido de P fue menor a los citados en la bibliografía (García *et al.*, 2008). En cuanto al Na, la aplicación de 10.000 l ha<sup>-1</sup> de efluente, significaría el agregado de casi 5 kg ha<sup>-1</sup> de Na. Este no es un valor alto, no obstante es aconsejable un seguimiento de su efecto en el suelo en el tiempo.

Al momento de la siembra se analizaron las propiedades químicas del suelo, que se detallan en la Tabla 2.

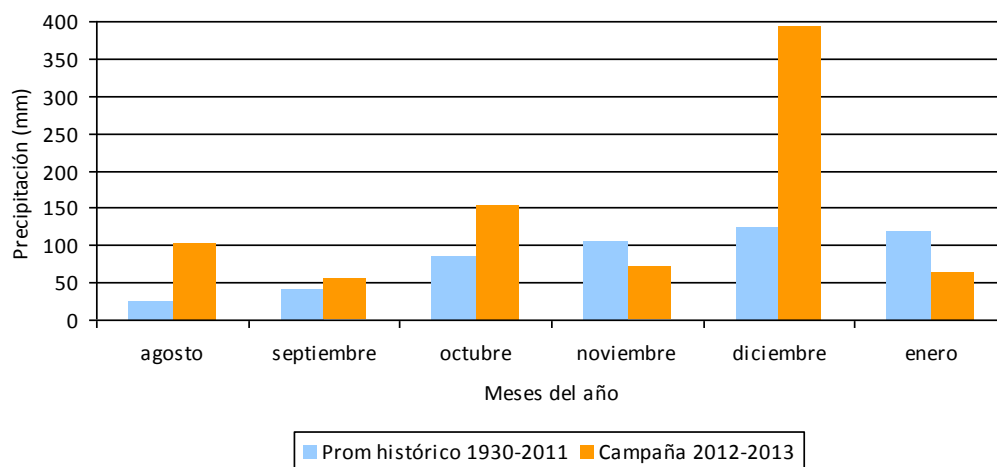
**Tabla 2.** Parámetros químicos del suelo evaluados al momento de la siembra del maíz, campaña 2012/2013.

Profundidad (cm)	M.O.	Nt	N-NO <sub>3</sub>	Fósforo (P Bray I)	S	pH	Valor T	Ca	Mg	Na	K
	%		Ppm				meq/100g				
0 – 20 cm	3,10	0,198	13,5	55,2	39,8	6,3	16,3	9	1	0,4	1,7

Los valores de M.O., Nt, N-NO<sub>3</sub>, S y P extractable fueron altos, mientras que el de los cationes intercambiables Ca y Mg fueron bajos. El resto de los parámetros se encuentran dentro de rangos adecuados.

Las abundantes lluvias registradas en el período de barbecho, determinaron una reserva inicial de agua en el perfil muy favorable. El contenido de humedad hasta 1,5 m de profundidad, fue

de 172 mm de agua útil. En la Figura 3 se indican las precipitaciones ocurridas en el período agosto 2012 - enero 2013 y el período histórico 1930 – 2011.



**Figura 3:** Precipitaciones registradas en la Estación Meteorológica del INTA Rafaela. Registros históricos (1930-2011) y precipitaciones (mm) ocurridos en la campaña 2012/13.

Durante el mes de diciembre se observó un record de precipitación para la localidad de Rafaela con 393,7 mm, siendo el mayor registro para la serie de años 1930-2012 (Figura 3).

Se determinó el contenido de clorofila en los tejidos de las hojas de maíz para los tratamientos ensayados mediante un equipo portátil (SPAD 502 de Minolta) en el estadio de floración. Se tomaron 10 plantas por parcela y las mediciones se realizaron en la parte central de la primera hoja completamente desarrollada opuesta a la espiga.

El rendimiento de maíz se determinó mediante la producción de biomasa acumulada del cultivo en el estado de madurez fisiológica el 9 de enero de 2013. Para ello se midieron 4 metros lineales de 2 surcos apareados y se cortaron las plantas en la base de los tallos (contra la superficie del suelo). Se guardaron 2 plantas que luego fueron picadas enteras, tomando una muestra para determinar humedad y la composición de N. Las muestras se secaron en estufa a 65 °C durante de 48 horas. Por diferencias de peso y teniendo en cuenta la distancia entre hileras (0,52 m), se determinó la biomasa acumulada (Kg m.s. ha<sup>-1</sup>).

Otro parámetro estudiado fue el contenido de N presente en la biomasa según la metodología AOAC. Se analizó el contenido de nitratos en la base de los tallos de maíz cuando se realizó la determinación de biomasa, sobre 3 plantas por parcela, siguiendo la misma metodología ya mencionada.

Durante el ciclo del cultivo se realizaron monitoreos para evitar la incidencia en los resultados de factores no deseados (malezas, insectos, enfermedades). Los datos de los parámetros evaluados fueron analizados mediante análisis de varianza, efectuándose las correspondientes comparaciones de medias con el test de Fisher (LSD,  $\alpha = 0,05$ ).

## Resultado y discusión

### Contenido de clorofila en la hoja (SPAD)

Para esta variable, no existieron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos ensayados (Tabla 3). El valor medio de unidades SPAD fue de 60, con máximos de 61 para E30 y mínimos de 58 para E90.

**Tabla 3:** Efecto de la dosis de efluente en el contenido de clorofila en la hoja.

Efluente (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Lectura SPAD
0	60

<b>30</b>	61
<b>60</b>	60
<b>90</b>	58

Piekielek *et al.*, (1995) consideran que el punto crítico, a partir del cual no hay respuesta al abonado nitrogenado, se corresponde con una lectura SPAD de 52 unidades. La media de todos los tratamientos del ensayo se encontraron por encima de este valor, lo que indica que las plantas no sufrieron carencias de N, al menos hasta floración.

### **Producción de biomasa**

La biomasa total acumulada (kg m.s. ha<sup>-1</sup>) al final del ciclo de cultivo con el tratamiento estadístico correspondiente se presenta en la Tabla 4. No existieron diferencias significativas entre ninguno de los tratamientos ensayados (debido a la variabilidad de esta determinación), pero resultó evidente una producción de biomasa inferior en la parcela control, respecto del resto. Los mismos resultados fueron obtenidos por Berenguer *et al.*, (2008) y Yagüe y Quílez, (2010), en ensayos donde la enmienda se aplicó previo a la siembra.

**Tabla 4:** Efecto de la dosis de efluente sobre la biomasa del maíz, extracción de nitrógeno en la planta y nitrógeno en la base del tallo (NBT).

<b>Efluente (m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Biomasa (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>N planta (%)</b>	<b>N extraído por hectárea (kg)</b>	<b>NBT (g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-1</sup>)</b>
<b>0</b>	21690	1,51	327,5	0,90
<b>30</b>	23720	1,69	400,8	0,82
<b>60</b>	25500	1,55	395,2	0,91
<b>90</b>	25160	1,76	442,8	1,25

### **Extracciones de N del cultivo**

La eficiencia agronómica y la eficiencia de absorción de N son grandes cuando la dosis de N aplicada es pequeña. Este comportamiento ha sido observado en diferentes experimentos con abonos orgánicos (Paolo y Rinaldi, 2008; Ma *et al.*, 1999). En este estudio, no se encontraron diferencias significativas para las extracciones de N del cultivo para ninguno de los tratamientos comparados, aunque si fue posible apreciar que la extracción de N por parte del cultivo fue superior a la parcela control (Tabla 4).

Aplicaciones adecuadas de efluente pueden tener la misma eficiencia potencial que N mineral. Resultados similares fueron obtenidos por otros autores (Daudén y Quílez, 2004; Zebarth *et al.*, 1996). Los valores de las extracciones de N en planta (327,8-445,2 kg N ha<sup>-1</sup>) superan los obtenidos por Andrade *et al.*, (1996) que publicó variaciones entre 240-300 kg N ha<sup>-1</sup>.

### **Nitratos en la base del tallo**

El contenido de N-NO<sub>3</sub> en la base de los tallos (NBT) es un parámetro útil para detectar las deficiencias en el contenido de N del maíz y planificar la próxima campaña de cultivo (Blackmer *et al.*, 1997).

El contenido de N-NO<sub>3</sub> en la base de los tallos no resultó afectado por la dosis de efluente ni por la fertilización a la siembra. No se observaron diferencias significativas para ninguno de los tratamientos (Tabla 4).

Concentraciones entre 0,7 y 2 g N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup> kg<sup>-1</sup> en la base de los tallos, coinciden con el rango óptimo de fertilización (Blackmer y Mallarino, 1996). Todos los tratamientos se encuentran dentro de este rango, por tanto, los niveles de abonado no se caracterizan ni por exceso ni por defecto, aportando al maíz la cantidad necesaria de N para cubrir sus necesidades.

## Conclusiones

El reciclado de los efluentes de tambo resultó de suma importancia para aumentar la fertilidad del lote destinado a la implantación de un maíz para silo. El mayor rendimiento se logró al aplicar una dosis de  $60 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  de efluente.

El rendimiento medio del ensayo fue de  $24017 \text{ kg m.s. ha}^{-1}$  que se logró debido a las excelentes condiciones de crecimiento y desarrollo del cultivo durante la campaña 2012-2013.

## Bibliografía

- Andrade, F., Cirilo, A., Uhart, S., Otegui, M., 1996. *Ecofisiología del cultivo de maíz*. Dekalbpres. Editorial La Barrosa, Balcarce, Buenos Aires, Argentina.
- Andrade, F.H., 2011. *La tecnología y la producción agrícola. El pasado y los actuales desafíos*. Balcarce, Argentina. Ediciones INTA. 60p. ISBN 978-987-679-055-0
- Blackmer, A.M., Mallarino, A.P., 1996. Cornstalk testing to evaluate nitrogen management. PM-1584. Coop. Ext. Serv., Iowa State University, Ames. Iowa, USA.
- Blackmer, A.M., Voss, R.D., Mallarino, A.P., 1997. Nitrogen fertilizer recommendations for corn in Iowa. PM-1714. Coop. Ext. Serv., Iowa State University, Ames. Iowa, USA.
- Berenguer, P., Santiveri, F., Boixadera, J., Lloveras, J., 2008. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. *Eur. J. Agron.* 28: 635-645.
- Daudén, A., Quílez, D., 2004. Pig slurry versus mineral fertilization on corn yield and nitrate leaching in a Mediterranean irrigated environment. *Eur. J. Agron.* 21:7-19.
- García, K., Charlón, V. 2011. Recirculación y reutilización del efluente de tambo luego de su tratamiento: cambios en la eficiencia del sistema. III Congreso Internacional de Ambiente y Energías Renovables, Villa María, Córdoba, Argentina. ISBN 978-987-1253-89-0.
- García, K., Charlón, V., Cuatrín, A., Taverna, M., Walter, E. 2008. Evaluación de un sistema de tratamiento aplicado a efluentes generados en las instalaciones de ordeño. *Revista Argentina de Producción Animal*. Vol.28/2008/Sup.I.p-p282-283.
- Irañeta, I., Abaigar, A., Santos, A., 2002. "Purines: ¿fertilizante o contaminante?" *Navarra Agraria*, núm. 132, p. 9-24.
- Irañeta, I., Perez De Ciriza, J.J., Santos, A., Amézqueta, J., Carro, P., Iñigo, J.A., Abaigair, A., 1999. Purines de porcinos: (I) Valor Agronómico. *Navarra Agraria*. 115:14-25.
- LAF, 1999. "Avaluació i aprofitament dels residus orgànics d'origen ramader en agricultura". *Quaderns de divulgació*, núm. 5. Laboratori d'Anàlisi i Fertilitat de sòls. [Sidamon, Lleida].
- Ma, B.L., Dwyer, L.M., Gregorich, E.G., 1999. Soil nitrogen amendment effects on nitrate uptake and grain yield of maize. *Agron. J.* 91:650-656. 24 p.
- Minagri, 2013. <http://www.minagri.gob.ar/site/index.php>
- Paolo, E.D., Rinaldi, M., 2008. Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilization in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 105:202-210.
- Piekielek, W.P., Fox, R.H., Toth, J.D., Macneal, K.E., 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. *Agron. J.* 87:403-408.
- Pomares, F. y Canet, R., 2001. Residuos orgánicos utilizables en agricultura: origen composición y características. En: Boixadera, J., Teira, M.R. (eds.) *Aplicación agrícola de residuos orgánicos*. Universidad de Lleida. Lleida, España.
- Yagüe, M.R., Quílez, D., 2010. Response of maize yield, nitrate leaching, and soil nitrogen to pig slurry combined with mineral nitrogen. *J. Environ. Qual.* 39:1-11.
- Zebarth, B.J., Paul, J.W., Schmidt, O., McDougall, R., 1996. Influence of the time and rate of liquid-manure application on yield and nitrogen utilization of silage corn in south coastal British Columbia. *Can. J. Soil Sci.* 76:153-164.