

Efecto de la aplicación de efluente sólido de tambo sobre la producción de forraje y el suelo en General Viamonte (Bs. As.)

*Ing Agr. Pablo Richmond

*Lic. Econ. Agr. Lisandro Torrens Baudrix

Agosto 2018

Introducción

Los efluentes que se generan en los tambos están compuestos básicamente por agua, bosta, orina, y restos de leche. En la mayoría de los establecimientos de la zona centro oeste de la Pcia. de Bs. As. se acumulan en fosas o lagunas de fondo permeable, sin ningún tratamiento.

De acuerdo al punto de vista desde el cual se los mire, pueden constituir un desecho o un recurso. Cuando simplemente se acumulan sin tratar, son un desecho, fuente de malos olores y con alta probabilidad de contaminar las napas de agua subterránea por infiltración desde el fondo de la fosa que los contiene. Estas napas contaminadas constituyen a su vez la fuente de agua para el establecimiento.

Este mismo material, también es un recurso generalmente no aprovechado. Es una excelente fuente de nutrientes disponible para su aprovechamiento como enmienda orgánica de los lotes.

Los animales, al pastorear, están ingiriendo elementos nutritivos que absorbieron las plantas forrajeras del suelo de los distintos lotes. Parte de los nutrientes se exportan con la leche, una porción pequeña queda retenida en los tejidos de los animales y otra parte se elimina en la orina y la bosta. Una parte de las deyecciones queda en las instalaciones de ordeño formando parte de lo que denominamos efluente.

Se considera que queda en las instalaciones de ordeño entre el 20 y 30 % del total de nutrientes eliminados por los animales. Ellos devuelven al ambiente en promedio, el 60 % del Nitrógeno (N) y 80 % del fósforo (P) que ingieren por los alimentos en forma de heces y orina. (*Haynes, R., Williams, P., 1993*).

Al distribuirlos en los lotes, se reciclan dentro del mismo establecimiento elementos que de otra manera se deberían importar como fertilizantes para mantener y aumentar la producción forrajera.

Cada vez es mayor el número de empresas tamberas que toman conciencia de esta dualidad y han comenzado a aprovecharlos.

En principio se debe consignar que existen diferentes modos de aplicación en función del contenido de humedad del material.

Existen aplicaciones en forma líquida. Una de las modalidades disponible es el uso de estercoleras para líquidos, donde se carga directamente el material extraído de la fosa de deposición, se transporta a los lotes y se aplica. (*Richmond, P. 2017*). También existen diferentes modelos de aspersores y cañones regadores adaptados a estos fines.

En otros casos, y de acuerdo a las instalaciones que se hayan construido para hacer un tratamiento, las aplicaciones pueden hacerse con grados decrecientes de humedad, hasta el extremo de aplicaciones sólidas. Este es el caso, por ejemplo, de establecimientos donde se han construido separadores de sólidos y piletas de decantación. Permiten hacer un reciclado del agua para el lavado de los corrales reduciendo el caudal total requerido por el tambo, pasando a disponer de un efluente prácticamente seco. Este es el caso del modelo propuesto por el INTA en la E.E.A. Rafaela (Sta. Fe) (*García, K., 2008*).

Una ventaja importante del efluente sólido de tambo (E.S.T.) es su mayor concentración de nutrientes respecto al líquido. Al distribuirlo, se evita el transporte de grandes cantidades de agua, con el consiguiente ahorro por unidad de nutriente aplicado en tiempo,

combustible y tránsito sobre los lotes. En la práctica, esto redundaría en la posibilidad de llegar a distribuirlo en los sectores más alejados del establecimiento. Muchas veces el efluente líquido tiene el inconveniente que llega a aplicarse solo en las áreas cercanas a la instalación de tambo.

En base a estos antecedentes, se han iniciado en los últimos años en la AER INTA 9 de Julio ensayos para evaluar el efecto de los efluentes sobre el suelo y la producción forrajera en establecimientos del partido. En una evaluación previa, durante un período de cuatro años, utilizando efluente líquido de tambo, se encontraron diferencias en la producción de forraje y en las condiciones físicas y de fertilidad del suelo al final del período de evaluación, en el tratamiento con aplicación de efluente. (*Richmond P., 2.017*)

En este nuevo trabajo se presentan los resultados de un ensayo que tuvo los siguientes objetivos:

- Evaluar la aplicación de E.S.T. sobre la producción de forraje de maíz para silo y su efecto remanente en un cultivo posterior.
- Detectar posibles efectos sobre las condiciones físicas del suelo.
- Comparar el resultado de la aplicación de una misma dosis de nutrientes por dos vías: E.S.T. y fertilizantes químicos.

Materiales y métodos

El ensayo se desarrolló en el establecimiento Santa María de la familia Luberriaga, ubicado en proximidades de la ruta provincial N° 65, 20 km al sur de la ciudad de Los Toldos; partido de Gral. Viamonte.

La gestión del efluente generado por el tambo consiste en su derivación desde las instalaciones de ordeño a una fosa, previo paso por un separador de sólidos. Como resultado de su limpieza periódica se genera una pila de efluente, que luego de un período de escurrimiento y oreo se destina a la aplicación en los lotes.

Topográficamente el sitio del ensayo se ubicó en una media loma, sobre un suelo Hapludol éntico de textura arenoso-franco.

Se analizó el contenido de nutrientes del suelo al inicio de la experiencia en el sitio del ensayo en el estrato 0-60 cm. de profundidad.

Sobre una muestra del E.S.T. utilizado se realizó un análisis químico en el Laboratorio de Aguas y Alimentos de la Universidad Tecnológica Nacional, sede Trenque Lauquen.

Se trabajó sobre un cultivo de maíz destinado a confeccionar silo en la campaña 2016-2017. Con posterioridad, se evaluó un cultivo de centeno que le siguió en el mismo lote, con la finalidad de analizar la posible existencia de efectos residuales sobre el suelo.

Los tratamientos evaluados fueron los siguientes:

1. Testigo.
2. Aplicación de E.S.T.
3. Fertilización química igualando el aporte de N, P y S de T2.
4. Fertilización química en la dosis habitual del productor.
5. Fertilización combinada (T2 + T4).

El ensayo tuvo un diseño en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, con parcelones de 11 m por 20 m. de largo. El ancho se estableció en base al patrón de aplicación de la estercolera que llegó a 10 m. La distribución dentro del ancho de trabajo

se determinó disponiendo sobre el suelo antes del pasaje de la máquina trabajando a régimen, cinco aros ciegos de 0,25 m² de área, ubicados uno en el centro de la pasada y a ambos lados a 2.5 m. y 5 m. de distancia del primero.

A los efectos del ensayo y en virtud de esta heterogeneidad en la aplicación se decidió hacer tres pasadas en cada uno de los parcelones de los tratamientos 2 y 5: una central y dos a una distancia de 2,5 m. del centro. Así se obtuvo un solapamiento que permitió una aplicación uniforme en los 5 m. centrales del parcelón.

De esta forma, el 18 de agosto de 2016, cuarenta días previo a la siembra se aplicaron 12.573 kg ha⁻¹ de efluente con un contenido de MS de 59.53 %, representando una aplicación de 7.485 kg ha⁻¹ MS en T2 y T5.

El T4, dosis habitual del productor, consistió en la aplicación de 70 kg ha⁻¹ de Fosfato diamónico (PDA) a la siembra y 100 kg ha⁻¹ de Urea en estado de 4 hojas desarrolladas del maíz.

El maíz para silo se sembró el día 26 de septiembre. Se utilizó el híbrido KWS KM 4360. La semilla estaba inoculada con kinetina y ácido giberélico. El espaciamiento entre líneas fue de 52 cm., y la densidad de 3,5 semillas por metro lineal, lo que representa 67.308 semillas por hectárea.

En base a información aportada por Ing. M.A. Pilatti, profesor de la Universidad Nacional de Esperanza (Sta. Fe), (comunicación personal), el N presente en el E.S.T. no se liberaría totalmente por mineralización durante el período correspondiente a un solo cultivo. Se podría considerar que, aun teniendo en cuenta una alta variabilidad, durante el ciclo del maíz se aprovecharía en promedio un 17 % del N presente en el efluente distribuido con anterioridad a la siembra. Ese valor se tomó como N aplicado y disponible para el Maíz. La Tabla 1 detalla el momento de aplicación, el producto y el contenido de nutrientes para cada tratamiento. Los valores de T2 se obtuvieron del análisis realizado al E.T.S. El T3 recibió una dosis de P mayor al T2 fruto de un error operativo.

Tabla 1. Detalle de la fertilización por tratamiento

Tratamiento	Momento Aplicación	Producto	Elemento/dosis
1	0	0	0
2	Presiembra	E.S.T.	N mineralizable: 8.14 kg ha ⁻¹ P*: 26,20 kg ha ⁻¹ S: 44,90 kg ha ⁻¹
3	N: 4 hojas P: Presiembra S: 4 hojas	N: Urea P: SPT* S: SO ₄ Ca*	N: 8.14 kg ha ⁻¹ P: 44,00 kg ha ⁻¹ S: 44,90 kg ha ⁻¹
4	N: Siembra 4 hojas P: Siembra S: 0	N: PDA*/línea siembra Urea/voleo P: PDA/línea siembra S: 0	N: 12,60 kg ha ⁻¹ 46,00 kg ha ⁻¹ P: 32,20 kg ha ⁻¹ S: 0

5	Fertilización química: N: Siembra 4 hojas P: Siembra S: 0 E.S.T.: Presiembra	Fertilización química: N: PDA/línea siembra Urea/voleo P: PDA/línea siembra S: 0 E.S.T.	Fertilización química: N: 12,60 kg ha ⁻¹ 46,00 kg ha ⁻¹ P: 32,20 kg ha ⁻¹ S: 0 E.S.T.: N mineralizable: 8,14 kg ha ⁻¹ P: 26,20 kg ha ⁻¹ S: 44,91 kg ha ⁻¹ TOTAL: N: 66,74 kg ha ⁻¹ P: 58,40 kg ha ⁻¹ S: 44,90 kg ha ⁻¹
---	--	--	--

* Referencias: P: Fósforo elemento, SPT: Superfosfato triple de Calcio, SO₄Ca: Sulfato de Calcio, PDA: Fosfato diamónico, E.S.T.: Efluente sólido de tambo

Con posterioridad al cultivo de maíz para silo, cosechado el 20 de Enero de 2017, y para detectar la existencia de posibles efectos residuales de los tratamientos, se evaluó la producción de biomasa de un cultivo de centeno destinado a picado que le siguió en el mismo lote.

Para el centeno se preparó el suelo con labranza reducida. La siembra se realizó el día 13 de Marzo de 2017, con la variedad Don Ewald. La densidad fue de 340 semillas por m², en hileras separadas a 26 cm. No recibió fertilización química ninguno de los tratamientos.

En fecha 27 de Abril de 2017 se realizó una evaluación física del suelo, con el centeno próximo a cerrar el surco, con la finalidad de detectar variaciones fruto de los tratamientos. Los indicadores utilizados fueron infiltración básica y la resistencia a la penetración.

La infiltración básica se midió por el método del cilindro a presión constante, utilizando anillos de 21,5 cm de diámetro y 12 cm de altura. El equipo se completa con una jarra graduada de 30 cm de altura. El cilindro se clava 6 cm en el suelo y la lámina de agua constante producida en el interior del mismo fue de 40 mm. Se realizaron cuatro muestras por parcelón.

La resistencia a la penetración se evaluó en el rango de 0-45 cm de profundidad con lecturas a intervalos de 2,5 cm mediante un penetrómetro electrónico que cuenta con un cono de 0,505" de diámetro y ángulo de 30°, en veinte puntos por parcelón de cada tratamiento.

La producción de biomasa del centeno se evaluó el día 2 de Junio de 2017 en estado encañado, por corte con motosegadora de 0,80 m. de ancho de trabajo.

Resultados y discusión

Las Tablas 2 y 3 muestran el resultado de los análisis del E.T.S. aplicado y del suelo.

Tabla 2. Resultado del análisis químico del efluente

MS:* 59,53 %
pH: 5,05
CE:* 1,212 us cm⁻¹
S:* 0,6 %
P:* 0,35 %
Nt:* 0,64 %
N amoniacal:* 0,08 %

*Referencias: MS: Materia Seca, CE: Conductividad eléctrica, S: Azufre, P: Fósforo, Nt: Nitrógeno total, N amoniacal: Nitrógeno amoniacal.

Tabla 3. Resultado del análisis de suelo (0-60 cm.)

Prof (cm)	M.O. (%)	P (ppm)	N-NO ₃ (ppm)	S-SO ₄ (ppm)	pH	C.E. (dS/m)	K (meq/100 gr)	Na (meq/100 gr)	PSI
0-20	2,3	49,7	36,2	6,50	5,5	0,23	1,32	0,09	1,262
20-40			9,5						
40-60			3,9						

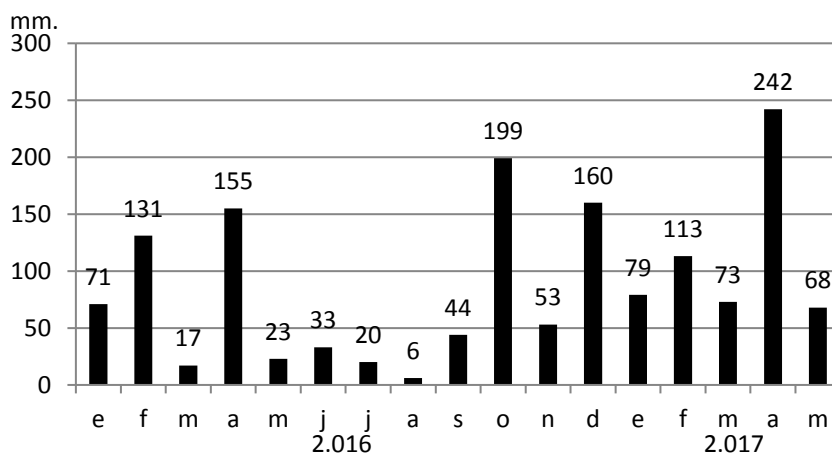
Prof (cm)	Ca (meq/100 gr)	Mg (meq/100 gr)	Zn (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	B (ppm)
0-20	4,6	1,12	1,4	88,4	1,1	24,2	0,6
20-40							
40-60							

Referencias: P: Fósforo, M.O.: Materia Orgánica, N-NO₃: Nitrógeno de nitratos, S-So₄: Azufre de sulfatos, C.E.: Conductividad eléctrica, Ca: Calcio, Mg: Magnesio, K: Potasio, Na: Sodio, PSI: Porcentaje de sodio intercambiable, Zn: Cinc, Fe: Hierro, Cu: Cobre, Mn: Manganeso, B: Boro

Del análisis se desprende que el suelo tiene un pH fuertemente ácido y un contenido de M.O. relativamente bajo. El S se encuentra en valores bajos. Los nitratos disponibles son adecuados. Se destaca una alta dotación de P. La cercanía a la cresta de la loma puede explicar en parte este valor.

El Gráfico 1 muestra las precipitaciones durante el período del ensayo, que no resultaron limitantes para el desarrollo del maíz ni del centeno posterior.

Gráfico 1. Precipitaciones



A la cosecha del maíz para silo se verificaron los valores de producción de biomasa por tratamiento expresados en la Tabla 4.

Tabla 4. Producción de Materia Seca (MS) por tratamiento y variación porcentual respecto al testigo (T1).

Tratamiento	kg ha ⁻¹	Incremento (%)
1	17.824 c	0
2	21.718 b	21,3
3	21.618 b	21,3
4	22.842 a b	28,2
5	23.429 a	31,4

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
 $P : 0,0002$ $CV : 3,78 \%$ $DMS: 1.529 \text{ kg ha}^{-1}$

De la Tabla 4 se realiza el siguiente análisis:

- Todos los tratamientos se diferenciaron estadísticamente del testigo.
- Es posible que el alto contenido de P del suelo haya enmascarado cualquier diferencia en el contenido de este nutriente aplicado entre los diferentes tratamientos.
- La aplicación de E.T.S. en T2 aumentó la producción de MS en 21,3%, diferenciándose estadísticamente del testigo T1.
- El T2 y su equiparación con fertilizante químico en T3 no se diferenciaron estadísticamente. La mayor dosis de P aplicada por error en T3 no habría tenido efecto en el rendimiento, probablemente en virtud al alto contenido de P del suelo, que satisfizo los requerimientos del cultivo en ambos tratamientos.
- La aplicación de fertilizante según dosis del productor T4 aumentó la producción de MS en 28,2% respecto al testigo y 6,9% respecto a la aplicación de efluente solo (T2) y su equiparación con fertilizante químico (T3), no diferenciándose estadísticamente de los mismos. Este tratamiento tuvo aplicados 50 kg ha⁻¹ de N más que T2 y T3 y a diferencia de los mismos, no recibió S.

-La aplicación de la dosis combinada del productor más efluente (T5) dio la mayor producción de biomasa, con un incremento del 31,4 % respecto al testigo (T1), 10,1% respecto a la aplicación de efluente (T2) o su equivalente en fertilizante químico (T3) y 3,2% respecto a la dosis del productor (T4), diferenciándose estadísticamente de todos salvo T4. Este tratamiento contó con los mayores aportes de los tres nutrientes fruto de la combinación de fertilizante químico y efluente. Es probable que la mayor dosis de N, sumado al aporte de S expliquen la diferencia obtenida.

Se presenta en el Tabla 5 los resultados obtenidos en las mediciones físicas del suelo: infiltración básica y resistencia a la penetración. Se da un orden a los tratamientos de situación más favorable (1) a más desfavorable (5) en relación a la producción de biomasa.

Tabla 5. Evaluación física del suelo y ordenamiento entre tratamientos

Tratamiento	M.S. (kg ha ⁻¹)		Infiltración (mm h ⁻¹)		Penetrometría (0-45 cm.) (kPa.)	
	T1	17.824	5	121	3	1.800
T2	21.718	3	107	4	1.927	5
T3	21.618	4	70	5	1.869	4
T4	22.842	2	180	1	1.722	1
T5	23.429	1	151	2	1.846	3

El análisis de las diferencias entre tratamientos en las propiedades físicas evaluadas no permite extraer conclusiones definitivas. Se observaría una tendencia a una mayor capacidad de infiltración en los dos tratamientos que obtuvieron las mayores producciones de biomasa. Los resultados de la medición de la resistencia a la penetración no permiten visualizar una tendencia. Seguramente el efecto de un año de la práctica no fue suficiente para marcar diferencias concluyentes, algo que se podría confirmar o no en ensayos de más largo plazo. Es de suponer que la repetición en el tiempo de plantas mejor nutridas y consecuentemente de mayor desarrollo aéreo y radicular tendría efectos en los dos parámetros evaluados. Igualmente, el agregado repetido de Carbono que implica el efluente, aportaría todos los beneficios conocidos de la M.O. sobre el suelo.

Respecto del efecto residual de los tratamientos sobre un cultivo de Centeno, se presenta la producción de M.S. en la Tabla 7. El porcentaje de M.S. del material cosechado fue del 31%.

Tabla 7. Producción de M.S. del Centeno:

Tratamiento	kg ha ⁻¹	Incremento (%)
1	3.714 c	0
2	5.425 b	46,1
3	8.014 a	115,8
4	7.778 a	109,4
5	8.466 a	127,9

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)
 P : 0,0000 CV: 11,17% DMS: 1149,4 kg ha⁻¹

Se observa un efecto residual de los tratamientos sobre el centeno, con diferencias porcentuales más marcadas que en maíz. Los cuatro tratamientos se diferenciaron estadísticamente del testigo.

Los tres que recibieron fertilización química tuvieron una producción marcadamente superior, no diferenciándose entre sí, pero sí de T1 y T2. Se podría considerar la posibilidad, no probada en el ensayo, que la liberación de nutrientes del efluente haya sido de menor cuantía respecto a la residualidad de los fertilizantes químicos. Igualmente, se observa que tanto el efluente aplicado solo (T2), como el aplicado en combinación con fertilizante (T5), se diferenciaron del testigo, obteniendo incrementos del 46,1 % y 127,9 % respectivamente.

Conclusiones

La aplicación de E.S.T. solo en presiembra (T2), aumentó la producción de maíz para silo. Agregado a la dosis de fertilizante químico utilizado por el productor (T5), produjo la mayor cantidad de M.S., aunque sin diferenciarse estadísticamente del T4. Quizás el mayor efecto del E.S.T. en relación a la fertilización química sea producto de la aplicación reiterada en el tiempo donde juegue un papel la acumulación del C agregado, aparte de los nutrientes contenidos en el mismo.

El tratamiento T2 y el que balanceó el aporte de nutrientes N, P y S del T2 mediante fertilizantes químicos (T3) no se diferenciaron estadísticamente. Aun habiendo aplicado mayor dosis de P en T3 por error. Se considera que el alto contenido de P del suelo puede haber enmascarado cualquier diferencia entre tratamientos atribuible a este elemento. Este resultado indicaría en principio que para estos niveles de aplicación de nutrientes el E.S.T. podría suplir al fertilizante comercial. Con la ventaja adicional del agregado de C y el ahorro en la compra de nutrientes por fuera del sistema. A futuro, se podría evaluar el E.S.T. aplicado combinado con diferentes dosis de N, lo que redundaría en un mejor balance de nutrientes.

No se detectaron diferencias concluyentes en los parámetros evaluados como indicadores de salud física del suelo entre tratamientos con la aplicación de efluente en una sola temporada. Probablemente se requieran aplicaciones acumuladas en el tiempo, como se observó en un ensayo anterior con efluente líquido. (*Richmond, 2.017*)

Se observó un efecto residual de los tratamientos sobre la producción de MS de centeno: del tratamiento con efluente solo (T2), y en mayor medida de todos los que recibieron fertilización química.

En virtud al alto contenido de P del sitio y el error de aplicación en T3 se decidió repetir el ensayo en la campaña siguiente en otro sector del establecimiento.

Bibliografía

García, K., Charlón, V., Cuatrín, A., Taverna, M., Walter, E. Gestión y Tratamiento de Efluentes Determinación de las eficiencias de remoción de contaminantes logradas por un sistema de tratamiento de efluentes generados en tambos. INTA - EEA Rafaela. Actas del II Congreso Internacional sobre Gestión y Tratamiento Integral del Agua, Córdoba, Argentina. 2008.

Haynes, R.J. and P.H. Williams. 1993. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. *Advances in Agronomy*, Vol 49: 119-197.

Richmond, P. 2017. Efecto de la aplicación de un efluente líquido de tambo sobre el suelo y la producción forrajera. *Revista RTA. EEA Pergamino Volumen 10 N 34 Agosto de 2017.*

Rillo, S., Álvarez, C., Bagnato, R., Noellemeyer, E., 2013. Cultivos de cobertura: gramíneas y leguminosas en el centro oeste de la provincia de Buenos Aires. *Publicación Contribuciones de los Cultivos de Cobertura a la Sostenibilidad de los Sistemas de Producción*, p 58-69. EEA INTA Anguil, 2013.

Agradecimiento: Los autores agradecen a los integrantes de la familia Luberriaga, propietarios del establecimiento Santa María y al personal que cumple sus tareas en el mismo por la constante colaboración para la realización de esta evaluación.