



## INFORME TÉCNICO

# Evaluación comparativa del efecto sobre la producción y la fertilidad del suelo de cuatro años de aplicación de efluente sólido de tambo versus fertilizante químico en General Viamonte

📍 INTA 9 de Julio

👤 RICHMON, Pablo (INTA); TORRENS BAUDRIX, Lisandro (INTA)

📄 Diseño y edición: BALDONI, César (INTA Rojas)

🏷️ fertilidad, efluentes, ensayo

Se agradece a la familia Luberriga y personal del establecimiento Santa María su permanente colaboración para la realización de esta experiencia.

## Introducción

Los efluentes generados por las producciones animales intensivas son considerados un residuo contaminante difícil de gestionar. Sin embargo, en los últimos años, han comenzado a visualizarse como una oportunidad para su uso agronómico.

La distribución en lotes como enmienda orgánica, luego de diferentes procesos de acondicionamiento, aporta a la reducción de la contaminación ambiental, a partir del reciclaje de los nutrientes contenidos en los efluentes, en el marco de lo que se denomina economía circular (TURNER *et al*, 1990).

Se puede pensar a nivel de establecimiento en un ciclo cerrado, donde el efluente generado vuelve a ser aprovechado por el sistema productivo (SOSA, 2018). Esta estrategia debería reducir la necesidad de ingreso de nutrientes al sistema mediante la adquisición de fertilizantes químicos fuera de la empresa.

En el caso del ganado bovino lechero, este devuelve al ambiente, en promedio, el 60% del nitrógeno (N) y 80 % del fósforo (P) que ingiere por los alimentos en forma de heces y orina. (HAYNES y WILLIAMS, 1993). Se debe considerar, además, que en las instalaciones de ordeño quedan entre el 20 y 30% del total de nutrientes eliminados por los animales.

Asimismo, los efluentes no solo aportan nutrientes con disponibilidad inmediata para los cultivos, también hacen un aporte de materia orgánica (MO) que libera nutrientes en el largo plazo mediante su oxidación (HERRERO *et al*, 2020).

Este aporte de carbono propiciaría, a su vez, una mejoría en las condiciones físicas del suelo, la estabilidad de estructura, de los poros y en consecuencia la capacidad de infiltración y la aireación (RICHMOND, 2016). Es difícil-

so predecir la tasa de liberación que tendrán estos nutrientes previamente a su aplicación. Por lo tanto, también lo es la comparación del efecto sobre los cultivos y el suelo de nutrientes contenidos en el efluente aplicado en relación a una fertilización química tradicional. No obstante, varios grupos de investigadores han realizado este tipo de evaluaciones.

Algunos ensayos de aplicación de efluentes usando cantidades y fuentes de diferentes tipos de almacenamiento, han mostrado luego de tres años, mejor respuesta en los cultivos de verano respecto a los invernales. Por otra parte, no hubo diferencias entre abono orgánico y fertilizante inorgánico cuando se aplicaron similares dosis de nitrógeno y fósforo en una rotación. (LA MANNA, 1995).

SOSA *et al*. (2015), trabajando con residuo de la producción porcina, refiere que el efluente sustituyó la aplicación de fósforo y nitrógeno en las dosis empleadas. Esta bibliografía considera posible que una fertilización basada en aportes de estiércol podría reducir o sustituir parte de la fertilización inorgánica. También se observó un importante incremento de la fertilidad potencial (en MO y P) y actual del lote.

CHARLON *et al*. (2007), en un ensayo realizado en Esperanza (Santa Fe) sobre un suelo Argiudol típico, aplicando residuo sólido de tambo en un lote en el que se sembró sorgo forrajero, encontró respuesta a la aplicación de residuo con respecto al testigo sin fertilizar, pero no diferencia estadística a la misma dosis de N y P aplicada como urea y superfosfato triple (SPT). Concluyó que el uso de los residuos del tambo aumentó la producción forraje de un sorgo forrajero para silo pero con una menor eficiencia con respecto al uso de urea, encontrándose una respuesta

General  
Viamonte



Ubicación ensayo  
Ruta 65 | 35°09'40" S, 60°57'31" O



aparente de 20,5 kg de materia seca (MS) por kg de nitrógeno en residuo agregado y de 36 kg de MS para el caso en que se utilizó urea.

En otro trabajo, sobre un lote de avena, CHARLON *et al.* (2005) comparando efluente sólido de tambo (EST) con urea como fuentes de nitrógeno en distintas dosis y momentos de aplicación, concluyó que para las condiciones del ensayo, resultó indistinta la fuente de N, diferenciándose en todos los casos estadísticamente del testigo. Consideró que se pueden utilizar los residuos del tambo como una fuente de nitrógeno, mejorando la producción y calidad del verdeo, aprovechando un recurso disponible en los tambos.

MASINO *et al.* (2014), trabajando con efluente líquido de producción porcina, evaluaron el resultado sobre el rendimiento de maíz de la aplicación de dos dosis de efluente (20.000 y 40.000 litros/ha-1) y una dosis de N de 150 kg/ha-1, equivalente al contenido en la dosis menor de efluente. Todos los tratamientos se diferenciaron del testigo, siendo el mayor rendimiento el de fertilización mineral con un incremento de 26,59 % en materia seca, con in-

crementos de 7,5 y 19,07 % de MS para la dosis menor y mayor de efluente respectivamente. Similares resultados fueron reportados por BIAU *et al.* (2012) los cuales obtuvieron mayor rendimiento con fertilizante mineral (300 kg N ha-1) que con la misma cantidad de nitrógeno adicionado con efluente porcino.

En 2016, Richmond, P. y Torrens Baudrix, L., realizaron un ensayo exploratorio en el mismo establecimiento donde se desarrolla el ensayo objeto de este artículo, donde se incluyó la comparación del efecto sobre la producción de un maíz destinado a silo de la aplicación de una misma dosis de nutrientes como efluente sólido de tambo (EST) y como fertilizantes minerales, donde ambos superaron el rendimiento del testigo pero no se diferenciaron entre sí.

En base a estos antecedentes, en 2017 se inició un ensayo de largo plazo con la finalidad de evaluar el efecto acumulado de la aplicación de EST en comparación a similares dosis de nutrientes aplicados como fertilizante químico, sobre la producción de los cultivos y sobre la fertilidad del suelo.

## ➔ Materiales y métodos

El ensayo se desarrolla en el establecimiento Santa María, ubicado en zona rural, Cuartel III del partido de General Viamonte, Provincia de Buenos Aires, a 5 km de la Ruta Provincial 65, entre las localidades de Los Toldos y 9 de Julio, (Coordenadas 35°09'40''S, 60°57'31''O), propiedad de la familia Luberriaga.

El diseño es en parcelones de 135 m<sup>2</sup> con tres repeticiones, en un sector tendido, sobre un suelo Hapludol típico. El lote se maneja en siembra directa.

La rotación durante el período del ensayo fue maíz de silo/cebada (cobertura)/maíz/maíz/soja (ver Cuadro 1).

Los tratamientos evaluados son:

- T0: TESTIGO
- T1: EFLUENTE SÓLIDO DE TAMBO (EST)
- T2: FERTILIZANTE QUÍMICO\*

El efluente sólido de tambo (EST) utilizado en cada aplicación se analizó en el Laboratorio de análisis agronómico de la Estación Experimen-

tal Agropecuaria INTA Pergamino. Del mismo modo, se analizaron muestras de suelo para cada tratamiento (ver Cuadros 4 y 5).

El EST se aplicó previo a cada siembra en el Tratamiento 1 (ver Cuadro 2) y su equivalente como fertilización química en N, P y S en el Tratamiento 2, una vez implantado el cultivo.

En el caso de nitrógeno, se adoptó el criterio de utilizar en T2 la dosis de N promedio liberado del efluente y disponible para el cultivo en el primer año luego de su aplicación. De acuerdo a trabajos de la Universidad Nacional del Litoral, se obtuvieron valores promedio de 17% del total.

En el trabajo se comparó el resultado de los análisis realizados al efluente utilizado en cada una de las aplicaciones para determinar las dosis, los valores de producción de biomasa o grano obtenidos en cada cultivo por tratamiento y se evaluaron los efectos sobre los parámetros químicos del suelo de los tratamientos durante el período evaluado.

\*Dosis de N, P y S equivalente al aporte de T1.



\*El ensayo no pudo ser cosechado en la campaña 19/20.

Cultivo / año	Maíz Silo 2017/2018	Cebada Cobertura 2018/2019	Maíz grano 2018/2019	*Maíz Grano 2019/2020	Soja 2020/2021
Material	Boraz (ALZ)	Scarlett	Buyan	Illinois 550	DM 40R16
Fecha Siembra	15 OCT 2017	20 MAR 2018	10 OCT 2018	22 OCT 2019	08 NOV 2020
Densidad	76000 plantas/ha <sup>2</sup>	100 kg/ha <sup>1</sup>	4 plantas/m <sup>2</sup>	4 plantas/m <sup>2</sup>	85 kg/ha <sup>1</sup>
Distancia entre hileras	52 cm	26 cm	52 cm	52 cm	26 cm
Fecha aplicación Tratamiento 2	28 NOV 2017	06 ABR 2018	16 OCT 2018	07 NOV 2019	26 NOV 2020
Fecha de cosecha	23 ENE 2018	26 JUN 2018	22 MAY 2019	No se cosechó	20 ABR 2021

CUADRO 1: CULTIVOS EN LA ROTACIÓN

Fecha	Efluente (MS kg ha <sup>-1</sup> )	MS (%)
28/11/2017	4.452	34,8
01/03/2018	1.493	29,9
02/08/2018	12.180	58
12/07/2019	9.080	42,3
13/08/2020	4.800	40
<b>Total</b>	<b>32.005</b>	

CUADRO 2: FECHAS DE APLICACIÓN Y DOSIS DE EFLUENTE:

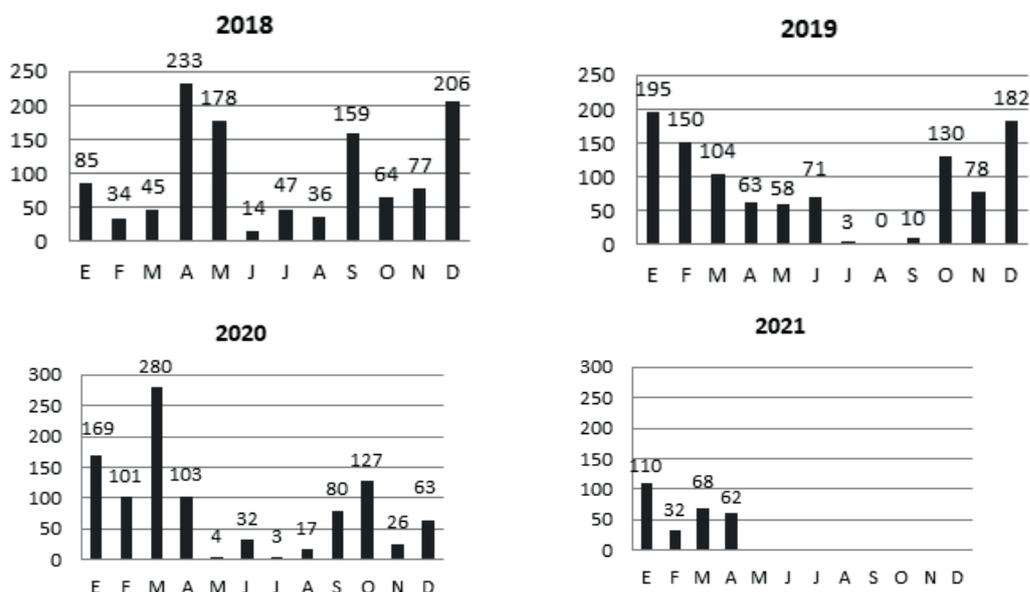


GRÁFICO 1: PRECIPITACIONES ANUALES



## ➔ Resultados y discusión

El Cuadro 3 muestra los resultados de los análisis químicos realizados a las muestras de efluente aplicado en cada oportunidad.

Es de destacar la variabilidad observada en todos los parámetros del análisis para cada fecha de aplicación. Alguna atribuible a la sencillez del sistema de separación y falta de un proceso de acondicionamiento y homogenización del material. Otras seguramente debidas a otros factores entre los que pueden jugar un papel las variaciones en la composición de las raciones.

El Cuadro 4 muestra para cada fecha las cantidades de nutrientes (N, P, S) aplicados vía efluente y fertilizantes químicos, en base a la dosis y al análisis de laboratorio.

La producción obtenida el primer año no se diferenció estadísticamente entre los tratamientos (ver cuadro 6). En los años sucesivos siempre existió una tendencia a una mayor producción en los T1 y T2 respecto a T0. El tratamiento 2 siempre alcanzó mayores valores diferenciándose estadísticamente de T0. El tratamiento 1 siempre presentó una producción intermedia a partir de la campaña 18-19 sin diferenciarse de T0 ni T2, a excepción de soja 2020/2021, donde T2 fue diferente a los otros dos tratamientos.

Respecto a las diferencias en el suelo luego de cuatro años y la aplicación acumulada de 32.005 kg ha<sup>-1</sup> de EST en el T1 (Cuadro 5) se observaron las siguientes cuestiones:

No se detectaron cambios significativos entre el testigo, T1 y T2 en algunos de los parámetros. En relación al pH y el porcentaje de sodio intercambiable (PSI) no muestran cambios importantes relacionados a los tratamientos. En el caso del segundo, el análisis muestra menores valores.

Con respecto a la conductividad eléctrica (CE), que siempre debe vigilarse cuando se realizan aplicaciones reiteradas de efluente, se detectó una pequeña diferencia, aunque los valores se mantienen lejos de representar un problema. Igualmente los valores de CE del material aplicado son bajos.

Diferencias entre los tratamientos respecto al contenido de P, tanto total como extraíble.

El tratamiento 0 tiene el contenido menor asociado a la falta de reposición y a la extracción de los cultivos. En los T1 y T2 los valores son más altos por el aporte del efluente y del fertilizante

respectivamente. Debe considerarse que los cultivos extraen nutrientes hasta mayores profundidades que los 10 cm muestreados.

En base a tablas elaboradas por IPNI (GARCÍA, 2005), se realizó un cálculo teórico de balance de fósforo para el tratamiento T1. Se utilizó el P debido a la menor movilidad respecto a los otros dos nutrientes considerados (N y S). Se calculó una exportación de P elemento por los cultivos a lo largo de la rotación de 188 kg ha<sup>-1</sup> (asumiendo igual extracción por el maíz en 2018/2019 y 2019/2020), mientras que fueron aplicados vía efluente 74 kg ha<sup>-1</sup> dando un balance negativo de 114 kg ha<sup>-1</sup>.

El fósforo total aplicado como efluente en los cuatro años, equivalente en valores absolutos a 370 kg ha<sup>-1</sup> de fertilizante químico.

En este proceso, a nivel suelo, interactúa por un lado la tasa de mineralización del P contenido en los compuestos orgánicos propios del efluente y los complejos procesos que hacen a la disponibilidad y secuestro de P que se producen en el suelo. Este secuestro de P, que lo hace poco disponible en el corto plazo para el aprovechamiento por parte de las raíces, también sucede para el caso del aplicado en forma química (T2).

La eficiencia de uso del nitrógeno (EUN) es baja. Al aplicar las mismas dosis teóricamente disponibles en T1 y T2, se observa en todos los cultivos, a excepción del maíz de silo 2017/2018, una mayor eficiencia en la utilización del fertilizante químico. De haber utilizado el criterio de aplicar en T2 el equivalente al nitrógeno total aplicado como efluente seguramente las diferencias de rendimiento en favor de T2 hubieran sido mayores. Al respecto, HERRERO *et al* (2020) y GARCÍA *et al* (2002) encontraron que la EUN tiende a ser menor para los tratamientos con aplicación de efluente respecto al uso de fertilizantes químicos en años de condiciones adversas para la mineralización, mientras que la situación tiende a ser la inversa en años favorables.

Respecto al carbono total del suelo, a pesar que la suma de las aplicaciones (32.005 kg ha<sup>-1</sup>) equivale aproximadamente a un 13% del C presente hasta los 10 cm de profundidad, no se observa en los análisis un incremento definido del mismo (ver Cuadro 6), posiblemente debido a la degradación del material aplicado en superficie que determina una pérdida como CO<sub>2</sub> a la atmósfera.



\*N disponible teórico  
en la campaña.

	Septiembre 2017	Agosto 2018	Julio 2019	Agosto 2020
<b>MS (%)</b>	34,8	58	48	40
<b>pH</b>	8,17	7,8	7,6	5,9
<b>CE (dS/m)</b>	SD	1,63	1,87	2,54
<b>MO(%)</b>	11	14	32	22
<b>NK (%)</b>	0,89	0,5	0,83	1,04
<b>Pt(%)</b>	0,41	0,18	0,25	0,1
<b>S (%)</b>	0,079	0,13	SD	SD
<b>N NH4 (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	SD	31	274	107
<b>N NO3 (mg kg<sup>-1</sup>)</b>	620	SD	29	213

CUADRO 3: ANÁLISIS DEL EFLUENTE APLICADO

Tratamiento	Fuente		Fecha				
			28/11/2017	1/3/2018	2/8/2018	12/7/2019	13/8/2020
T1	EST	N*	6,74	2,26	10,35	12,81	8,49
		P	18,25	6,12	21,92	2270	4,8
		S	3,51	1,18	15,83	11,8	6,24
T2	Urea	N	6,74	2,26	10,35	12,81	8,49
	SPT	P	18,25	6,12	21,92	22,7	4,8
	CaSO <sub>4</sub>	S	3,45	1,18	15,83	11,8	6,24

CUADRO 4: NUTRIENTES APLICADOS A LOS TRATAMIENTOS (KG HA<sup>-1</sup>)

Tratamiento	pH	CE dS m <sup>-1</sup>	C g kg <sup>-1</sup>	N g kg <sup>-1</sup>	Pe mg kg <sup>-1</sup>	N-NO <sub>3</sub> mg kg <sup>-1</sup>	PSI %	PT mg kg <sup>-1</sup>
T0 (Test)	5,1	0,08	19,9	1,85	9,8	6,6	1,5	325
T1 (EST)	5,1	0,1	18,3	1,79	26,5	8,3	0,7	402
T2 (Q)	5	0,09	20,3	2,03	23,2	7,8	0,7	402

CUADRO 5: ANÁLISIS DE SUELO DE 0 A 10 CM (ABRIL 2021)

Tratamiento	Maíz Silo 2017/2018	Producción Relativa	Cebada Cobertura 2018/2019	Producción Relativa	Maíz Cosecha 2018/2019	Producción Relativa	Soja 1° 2020/2021	Producción Relativa
T0- (Test)	13463 a	100	3049 b	100	10504 b	100	4530 b	100
T1-(EST)	14570 a	108	3191 a b	105	12508 a b	119	4698 b	104
T2 (Q)	13269 a	99	3548 a	116	14091 a	134	5989 a	132
	p: 0,1607		0,0886		0,0611		0,0004	
	cv: 5,11%		6,28%		10,20%		2,67%	
	DMS: 1594,1 kg ha <sup>-1</sup>		464,28 kg ha <sup>-1</sup>		2860,6 kg ha <sup>-1</sup>		307,18 kg ha <sup>-1</sup>	

CUADRO 6: RESULTADO PRODUCTIVO: RENDIMIENTO A HUMEDAD DE RECIBO/PRODUCCIÓN DE MS (KG HA<sup>-1</sup>)



## → Conclusiones

Se observó una tendencia a un aumento de la producción en T1 y T2 respecto al testigo, con los mayores valores alcanzados por la fertilización química.

Este aspecto, sumado a las consideraciones respecto al C, P y N en el suelo dan a entender que:

- **LA APLICACIÓN DE EST EN SUPERFICIE SIN INCORPORACIÓN CONSPIRARÍA CONTRA LA EFECTIVIDAD DEL TRATAMIENTO, DEBIDO A LA PÉRDIDA DE C Y N A LA ATMÓSFERA. SE ESTIMA QUE LA PÉRDIDA DE N A MEDIDA QUE PASA DE FORMA ORGÁNICA A INORGÁNICA ES ALTA DETERMINANDO UNA BAJA EUN.**

- **RESPECTO A P, SE ESTIMA QUE SE COMBINA LA COMPLEJIDAD DE SU DINÁMICA ENTRE FORMAS DISPONIBLES Y NO DISPONIBLES PARA LAS PLANTAS TANTO EN EL EST APLICADO COMO EN EL P DEL SUELO.**

Como indica la bibliografía y ensayos anteriores, se verifica la existencia de una gran variabilidad en la composición del EST entre aplicaciones.

La evolución de pH, CE y PSI del suelo, no denotan que la aplicación de EST signifique un peligro en el corto plazo de salinización ni incremento de la sodicidad.

Esta variabilidad hace pensar que los EST tienen la potencialidad de ser empleados como enmienda y tener impacto sobre los cultivos y el suelo, siendo un complemento de la fertilización química de base, no reemplazándola enteramente.

## Bibliografía

- 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.
- Charlon, V., Romero, L. y Taverna, M.** 2007. Utilización de residuos del tambo en un cultivo de sorgo forrajero para silaje. INTA EEA, Rafaela. Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl. 1.
- Charlon, V., Romero, L., Cuatrín, A. y Taverna, M.** 2007. Utilización de residuos orgánicos en el rendimiento y la calidad de un cultivo de avena. INTA EEA, Rafaela. Revista Argentina de Producción Animal Vol 27 Supl. 1.
- García F.** 2005. Criterios para el manejo de la fertilización del cultivo de maíz. INPOFOS. Presentado en la Jornada "Maíz 2005" organizada por Capacitación Agropecuaria. Córdoba, 1 de Julio de 2005.
- García, F.; Micucci, F.; Rubio, G.; Ruffo, M.; Daverde, I.** 2002. Fertilización de forrajes en la región pampeana. Una revisión de los avances en el manejo de la fertilización de pasturas, pastizales y verdesos. Boletín Técnico del Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS) Cono Sur, Potash and Phosphate Institute (PPI) y Potash and Phosphate Institute of Canada (PPIC), p. 61.
- Haynes, R., Williams, P.**, 1993. Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. Advances in agronomy, Volume 49. Pg 119-199
- Herrero, M. A. ; Charlon, V.; Carbó, L. I.; Cuatrín, A.; Sardi, G.M.; Romero, L.** 2020. Eficiencia de uso del nitrógeno por forrajeras abonadas con estiércol de bovinos lecheros en la región pampeana. INTA – EEA Rafaela, Información Técnica de Producción Animal 2020 Publicación Miscelánea Año VIII - N° 1
- La Manna, A.**1995. Manejo de residuos orgánicos en tambos. INIA La Estanzuela, Uruguay. Boletín técnico N°2.pg 32.
- Masino, A., Pegoraro, V.**, 2014. Efecto del efluente porcino como biofertilizante en el rendimiento del cultivo de maíz. EEA INTA Marcos Juárez. AER Corral de Bustos. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta\\_efluentes\\_porcinos\\_maiz14.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_efluentes_porcinos_maiz14.pdf)
- Richmond, P.** (2016) Evaluación de la aplicación de efluente líquido de tambo sobre la producción y las características del suelo. EEA Pergamino RTA Vol 10 N°34.
- Richmond P., Torrens Baudrix L.** 2018. Efecto de una aplicación de efluente sólido de tambo sobre la producción de forraje y el suelo en General Viamonte (Bs. As.) <https://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-aplicacion-de-efluente-solido-de-tambo-sobre-la-produccion-de-forraje-y-el-suelo-en-general-viamonte-bs-as>
- Sosa, Nicolás.** 2014. Residuos pecuarios para reponer nutrientes al suelo. EEA INTA Manfredi, Segunda jornada nacional de gestión de residuos EEA INTA Oliveros.
- Sosa, Nicolás.**2015. Aprovechamiento de efluente porcino: problemas y oportunidades. Fericerdo 2015.
- Turner R. Pearce D,** 1992. The ethical foundations of sustainable economic development