

Evaluación del efecto sobre la producción y el suelo de cuatro años de aplicación de efluente sólido de tambo combinado con diferentes dosis de nitrógeno en General Viamonte

Ing. Agr. Pablo Richmond - Lic. Econ. Agr. Lisandro Torrens Baudrix
A.E.R. INTA 9 de Julio

Introducción

En las empresas agropecuarias dedicadas a producciones animales intensivas es cada vez mayor la valoración de los efluentes generados como fuente de materia orgánica y nutrientes para el suelo. Esta recirculación dentro del establecimiento se inscribe en lo que hoy se denomina economía circular. (Sosa, N., 2018) (Turner, R., et al, 1990). Con un buen manejo agronómico, esta práctica permite reducir la contaminación generada por la acumulación de los residuos, sea en pilas, fosas de decantación o aún su vertido directo en cursos de agua. También se mejora la redistribución de nutrientes en los lotes del establecimiento, debido a que suele verificarse un transporte y acumulación en los sectores de alta concentración y permanencia de los animales.

En el caso del ganado bovino lechero, devuelve al ambiente, en promedio, el 60% del N y el 80% del P que ingiere por el forraje en forma de heces y orina. (Haynes, R., Williams, P., 1993).

Los efluentes contienen la mayoría de los nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos, pero no siempre en las proporciones y grado de disponibilidad requeridas, especialmente en Nitrógeno (N), Fósforo (P) y Potasio (K) (LAF, 1999). En este sentido, presentan una enorme variabilidad, dependiendo de diversos factores: especie animal, composición de la dieta, sistema de producción, sistema de limpieza, tratamiento y duración del almacenaje, etc.

El contenido en N, varía en un amplio rango desde 1 a 4% en materia seca (MS) (Pomares y Canet, 2001), siendo los valores más bajos los que corresponden a bovinos y los mayores a los residuos de la producción aviar. En los efluentes de la producción porcina, los niveles de N son mucho más bajos, entre 5,2 y 7,2 kg N/m³. (Irañeta et al, 1999).

El N de los efluentes se encuentra en dos fracciones principales: orgánica y amoniacal. La fracción orgánica, constituida por todo N excepto el amoniacal, se vuelve parcialmente disponible para los cultivos a través de la mineralización, mientras que la fracción amoniacal está sujeta a la volatilización si no se incorpora inmediatamente al suelo. (Gambaudo S. et al 2014, Beauchamp, 1983; Jokela, 1992).

Por otra parte, en el caso del P, son muchos los ensayos donde se observa un progresivo aumento del contenido en el suelo ante reiteradas aplicaciones de efluente de producciones bovinas intensivas (Richmond, 2016).

Diversos autores han evaluado la aplicación combinada de efluente de producciones bovinas y porcinas con diversas dosis de N, a fin de lograr un aporte de nutrientes más adecuado a los requerimientos de los cultivos. (Berenger et al. 2008; Zebarth B. et al 1996).

En base a estos antecedentes se diseñó un ensayo cuyo objetivo es la evaluación del efecto de la aplicación de efluente sólido de tambo (EST) solo y con la adición complementaria de cuatro dosis diferentes de N en forma de urea sobre la producción de los cultivos y las características químicas del suelo, sobre la premisa que la adición de N permitiría un mejor balance y aprovechamiento del P contenido en el EST. Se presenta el resultado de cuatro años de experimentación.

Materiales y Métodos

El ensayo se desarrolla en el establecimiento Santa María ubicada 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, (35 ° 09'40''S, 60 ° 57'31'W), propiedad de la familia Luberriaga.

El diseño es en parcelones de 135 m² con tres repeticiones, en un sector tendido, sobre un suelo Hapludol típico. El lote se maneja en siembra directa.

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, que luego de un período de escurrimiento y oreo se destina a la aplicación en los lotes.

La rotación durante el período del ensayo, a partir de 2017, fue maíz de silo/cebada (cobertura)/maíz/maíz/soja (mayor detalle se presenta en el Cuadro 1).

Los tratamientos fueron:

- T0- Testigo
- T1- Efluente sólido de tambo (EST)
- T2- EST + N dosis 1 (10 kg ha⁻¹)
- T3- EST + N dosis 2 (25 kg ha⁻¹)
- T4- EST + N dosis 3 (40 kg ha⁻¹)
- T5- EST + N dosis 4 (55 kg ha⁻¹)

El EST utilizado en cada aplicación se analizó en el laboratorio de análisis agronómico de la EEA INTA Pergamino. Esta información se utilizó para el cálculo de las dosis de nutrientes aplicados. Del mismo modo, se analizaron muestras de suelo para cada tratamiento (Cuadro 4).

El EST se aplicó previo a la siembra en todos los tratamientos excepto T0 (Cuadro 2) mientras que el N como Urea se aplicó con posterioridad a la emergencia de cada cultivo (Cuadro 1). Para Soja 20/21 se comparó el resultado de los tratamientos con y sin aplicación de EST.

Cuadro 1: Cultivos en la rotación

Cultivo/año	Mz Silo 17/18	Cebada Cob.18/19	Mz grano 18/19	*Mz grano 19/20	Soja 20/21
-------------	------------------	---------------------	-------------------	--------------------	---------------

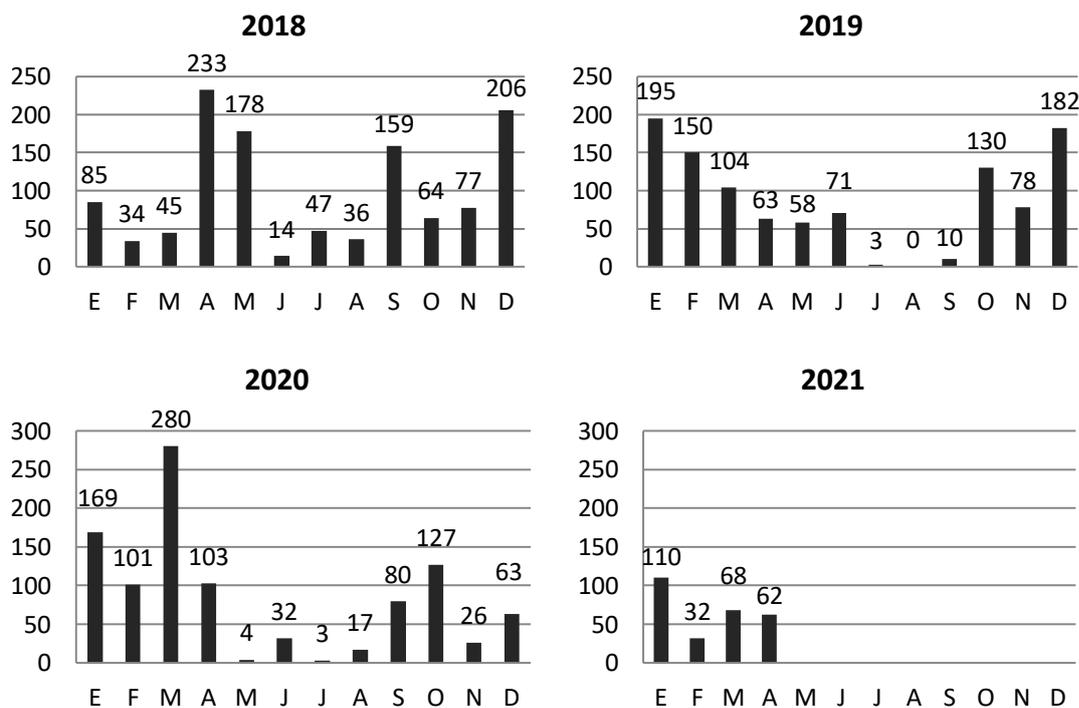
Material	Borax (ALZ)	Scarlett	Buyan	Illinois 550	DM 40R16
F. Siembra	15-10-17	20-03-18	10-10-18	22-10-19	08-11-20
Densidad	76000 pl ha ²	100 kg ha ⁻¹	4 pl m ⁻¹	4 pl m ⁻¹	85 kg ha ⁻¹
Dist. e/hileras	52 cm	26 cm	52 cm	52 cm	26 cm
F Aplicac. Urea	28-11-17	06-04-18	16-10-18	07-11-19	26-11-20
F. Cosecha	23-01-18	29-06-18	22-05-19	No se cosechó	20-04-21

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

Cuadro 2: Fechas de aplicación y dosis de efluente:

Fecha	Efluente (MS kg ha ⁻¹)	MS (%)
28-11-17	4.452	34,8
01-03-18	1.493	29,9
02-08-18	12.180	58,0
12-07-19	9.080	42,3
13-08-20	4.800	40,0
Total	32.005	

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.

Cuadro 3: Análisis del efluente

	Septiembre 2017	Agosto 2018	Julio 2019	Agosto 2020
MS (%)	34,8	58	48	40
pH	8,17	7,8	7,6	5,9
CE (dS/m)	SD	1,63	1,87	2,54
MO(%)	11	14	32	22
NK (%)	0,89	0,50	0,83	1,04
Pt(%)	0,41	0,18	0,25	0,10
S (%)	0,079	0,130	SD	SD
N NH ₄ (mg kg ⁻¹)	SD	31	274	107
N NO ₃ (mg kg ⁻¹)	620	SD	29	213

Es de destacar la variabilidad observada en el contenido de MS y el resto de los parámetros del análisis para cada fecha de aplicación. En parte atribuible a la sencillez del sistema de separación y falta de un proceso de acondicionamiento y homogenización del material. También, debido a otros factores entre los que puede jugar un papel importante la variación en la composición de las raciones.

Se corrobora el bajo contenido de N total del efluente producto de la producción bovina, en línea con lo reportado por la bibliografía (Pomares y Canet, 2001).

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

Cuadro 4: Nutrientes aplicados a los tratamientos T1-T5 vía EST (kg ha⁻¹)

Tratamiento	Fuente	Fecha	28-11-17	1-3-2018	2-8-18	12-7-19	13-08-20
T1-T5	EST	N	39,7	13,3	60,9	75,4	49,9
		P	18,25	6,12	21,92	2270	4,80
		S	3,51	1,18	15,83	11,80	6,24

Como se indicó en la introducción, este contenido total de nutrientes se presenta bajo formas orgánicas e inorgánicas. Para el caso específico del N, Pilatti, M. de la UN del Litoral (comunicación personal) midió en Santa Fe una disponibilidad promedio del 17% del total para el primer año, valor sujeto a importantes variaciones interanuales.

Cuadro 5: Análisis de suelo (0-10 cm) (Abril 2021)

	pH	CE dS m ⁻¹	C g kg ⁻¹	N g kg ⁻¹	Pe mg kg ⁻¹	NNO ₃ mg kg ⁻¹	PSI %	PT mg kg ⁻¹
T0-Test	5,1	0,08	19,9	1,85	9,8	6,6	1,5	325
T1-E	5,1	0,10	18,3	1,79	26,5	8,3	0,7	402
T2-N1	5,0	0,11	17,9	1,58	21,7	13,7	-	384
T3-N2	5,0	0,10	19,1	1,56	13,2	10,8	-	386
T4-N3	4,9	0,09	20,6	1,74	16,1	11,8	-	394
T5-N4	5,0	0,09	17,5	1,74	16,2	8,1	-	428

Luego de cuatro años y la aplicación acumulada de 32.005 kg ha⁻¹ de EST en T1-T5 (Cuadro 5) no se observan cambios significativos en los valores de pH (fuertemente ácido) y CE entre los tratamientos. Respecto a este último parámetro, se mantiene alejado de valores críticos. Igualmente los valores de CE del EST aplicado son bajos. Tampoco se detectó un aumento del PSI en T1 respecto al valor registrado por el tratamiento testigo.

Respecto al C total del suelo, a pesar que la suma de las aplicaciones aportó el equivalente a un 13% del C presente hasta los 10 cm de profundidad, no se observa en los análisis un incremento definido del mismo. Posiblemente juega un papel importante la degradación del material aplicado en superficie que determina una pérdida importante como CO₂ a la atmósfera.

Todos los tratamientos con aplicación de EST tuvieron mayores valores de Pe y PT que el Testigo que presenta una deficiencia moderada. Se observa que el Pe fue mayor en T1 que en los que fueron suplementados con N. La causa podría ser una mayor extracción del P aportado por el EST realizada por la suma de los cultivos durante los cuatro años ante una disponibilidad de N superior, producto de la tendencia a mayores rindes en los tratamientos que contaron con la aplicación de N.

El Cuadro 6 muestra la producción total y relativa respecto al testigo de cada cultivo de la rotación en grano o MS en el caso Cebada para cobertura campaña 2018-19.

Cuadro 6: Rendimiento a humedad de recibo/producción de MS (kg ha⁻¹):

Tratam.	Mz Silo 17-18	Prod. Relat.	Cebada Cob 18-19	Prod. Relat.	Mz Cos. 18- 19	Prod. Relat.	Soja 1º 20-21 CE*	Prod. Relat.	Soja 1º 20-21 SE*	Prod. Relat.
T0- (Test)	13463 b c	100	3049 b c	100	10504 c	100	3770 b	100	3811 a b c	100
T1- (EST)	14570 b	108	3191 a b c	105	12508 b c	119	4698 a	125	3723 b	98
T2- (N1)	12861 c	96	2919 c	96	12503 b c	119	4552 a	121	4174 a b	110
T3- (N2)	13880 b c	103	2990 b c	98	13384 b	127	5046 a	134	3757 a b c	99
T4 -(N3)	13384 c	99	3286 a b	108	14409 a b	137	4789 a	127	3373 c	86
T5 - (N4)	17261 a	128	3474 a	114	16291 a	155	4469 a b	119	4212a	111
	p: 0,0001 cv: 3,38 % DMS: 1134,5 kg ha ⁻¹ 478,00 kg ha ⁻¹		0,0292	5,67 % 325,23 kg ha ⁻¹	0,0048	9,71 %	0,0653	6,43 %	0,0400	4,84 % 752,74 kg ha ⁻¹

* CE: Con aplicación de EST, SE: Sin aplicación de EST

Desde el primer año, la aplicación de EST (T1) parece mostrar una tendencia a un aumento de la producción de biomasa/rendimiento en grano comparado con el testigo (T0) sin diferenciarse estadísticamente hasta el cultivo de Soja 20-21. En esta campaña, todos los tratamientos con aplicación de EST superaron en rendimiento a sus homólogos sin EST posiblemente debido al diferencial de aporte de P y otros nutrientes. Sin embargo no se observa una tendencia clara de aumento de rendimientos con el aumento de las dosis de N aplicadas, efecto seguramente relacionado con la capacidad de fijación de la leguminosa. No obstante, en esa campaña y cultivo no se detectó un efecto residual de las aplicaciones de EST de años anteriores comparando T1 y T0, ambos en la situación SE. Sí se observa un diferencial con el testigo en el caso de CE. Indicaría un efecto del EST aplicado en el año, con escasa residualidad de nutrientes liberados de aplicaciones de los años anteriores.

No se observó claramente una respuesta a la adición de N en las dosis menores en los primeros años. Para Mz 17-18 y Cebada 18-19 parece haber una tendencia a mayor rendimiento sólo para la mayor dosis de N (T5). Mz 18-19 sí muestra una tendencia a respuestas ascendentes conforme fueron mayores las dosis de N. Este comportamiento podría relacionarse con el progresivo aumento del contenido de P en el suelo producto de la aplicación de EST que haya permitido el mejor aprovechamiento de las dosis de N.

Conclusiones

Se verifica una alta variabilidad de la composición del EST utilizado para las distintas fechas.

No se registró evidencia de salinización ni aumento de sodicidad por el agregado de EST.

La aplicación reiterada de EST produjo un aumento del nivel de P del suelo.

Se verifica una tendencia a una respuesta positiva de la producción al agregado de EST respecto al testigo.

La reiteración de las aplicaciones de EST parecen incrementar la chance de respuesta a dosis crecientes de N en un suelo moderadamente deficiente en P.

Bibliografía

-Beauchamp, EG. 1983. Response of corn to nitrogen in preplant and sidedress applications of liquid dairy cattle manure. Canadian Journal Soil Science 63: 377-386

-Berenguer P., Santiveri F., Boixadera J., Lloveras L.,(2008). Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. European Journal of Agronomy, Vol 28, May 2008. Pg 635-645

-Gambaudo S., Imhoff, S., Carrizo, M., Marzetti, M., Racca, S. Uso de efluentes líquidos de tambo para mejorar la productividad de cultivos anuales y la fertilidad del suelo. Ciencia del suelo (Argentina) 32 (2): 197-208, 2014.

-Haynes, R., Williams, P. (1993). Nutrient Cycling and Soil Fertility in the Grazed Pasture Ecosystem. *Advances in Agronomy*, Volume 49. Pg 119-199

-Irañeta, I., Perez De Ciriza, J., Santos, A., Amézqueta, J., Carro, P., Iñigo, J.A., Abaigair, A., (1999). Purines de porcinos: (I) Valor Agronómico. *Navarra Agraria*. 115:14-25.

-Jokela, WE. (1992). Nitrogen fertilizer and dairy manure effects on corn yield and soil nitrate. *Soil Science Society of America Journal* 56: 148-154.

-LAF, (1999). "Avaluació i aprofitament dels residus orgànics d'origen ramader en agricultura". *Quaderns de divulgació*, núm. 5. Laboratori d'Anàlisis i Fertilitat de sòls. [Sidamon, Lleida].

-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.

-Richmond (2016) Evaluación de la aplicación de efluente líquido de tambo sobre la producción y las características del suelo.

-Sosa, Nicolás. (2018). Residuos pecuarios para reponer nutrientes al suelo. EEA INTA Manfredi, Segunda jornada nacional de gestión de residuos EEA INTA Oliveros.

-Turner R. Pearce D (1992) The ethical foundations of sustainable economic development. <https://www.nature.com/scitable/knowledge/library/sustainability-ethical-foundations-71373239/>

-Zebarth B., Paul J. W., Schmidt O., McDougal R. 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

Los autores agradecen a la familia Luberriaga y personal del establecimiento Santa María su permanente colaboración para la realización de esta experiencia.