

Uso agronómico de residuos orgánicos de origen animal

N. Sosa¹, J.M. Orcellet² y S. Gambaudo³

Los suelos de la región pampeana argentina han perdido en promedio entre el 30 y el 50% del contenido inicial de materia orgánica (MO), producto de la prolongada historia agrícola de los mismos (Sainz Rozas et al., 2011). La MO de los suelos, entre otras funciones, es una importante reserva de nutrientes especialmente de nitrógeno (N) y azufre (S). En los cultivos agrícolas de región pampeana se ha incrementado el uso de fertilizantes, y con ello la relación de aplicación de nutrientes con respecto a la remoción en la producción de los principales granos, pero este incremento ha sido insuficiente para el mantenimiento de balances aparentes de fertilidad de suelos (García y Díaz Zorita, 2015) (**Figura 1**).

Frente a dicho panorama, el reciclado de nutrientes por medio del uso de subproductos orgánicos de origen animal (efluentes y residuos sólidos) podría contribuir en gran medida a mitigar dicha falta de reposición. El uso de estos subproductos no sólo puede aumentar la producción de los cultivos por su función como fertilizante, sino también contribuir a generar un sistema sustentable, dado que mejora las condiciones físicas y biológicas de los suelos.

La producción animal en Argentina evoluciona hacia sistemas intensivos y concentrados (mayor densidad de animales por unidad de superficie), que generan una mayor cantidad de residuos recuperables. Esta evolución no ha sido exclusiva de nuestro país, sino una tendencia generalizada en el mundo, acompañada a su vez, por un mayor interés por el ambiente asociado a las características de producción y al desarrollo sustentable (Gambaudo y Sosa, 2015). El proceso de intensificación, fue acompañado por mejoras en el sistema de producción (mayor uso de tecnologías de insumos y procesos, bienestar animal, genética, nutrición, sanidad, formación del personal, entre otros). Sin embargo, en muchos casos, no hubo una planificación previa sobre la disposición final de los residuos generados, los cuales de no gestionarse adecuadamente, pueden generar un grave impacto ambiental.

Caracterización de subproductos

Los residuos ganaderos presentan una enorme variabilidad en su composición y por lo tanto en el contenido de nutrientes para los vegetales. Esto depende de muchos factores tales como: sistema de estabulación, alimentación, sistema de limpieza, tratamiento y duración del almacenaje, etc. (Sosa et al., 2015). Básicamente, los fertilizantes orgánicos constituyen una importante fuente de MO y nutrientes como N, fósforo (P) y potasio (K) necesarios para el

crecimiento de los cultivos, pero en algunos casos presentan un desequilibrio en relación a las necesidades de los cultivos. Para una correcta utilización de los residuos orgánicos como abono agrícola es necesario considerar la composición de los mismos, la oferta de nutrientes del suelo y las necesidades de los cultivos a fertilizar.

Los subproductos orgánicos se comportan de manera diferente según la relación carbono/nitrógeno (C/N) que presentan. Aquellos con relación C/N alta tienen una tasa de mineralización más lenta y contribuyen a incrementar la MO del suelo. La aplicación de estos subproductos orgánicos (compost, estiércol) se recomienda para el mantenimiento de la MO del suelo. Los subproductos orgánicos con relación C/N baja (guano de ponedora, efluentes de cerdo) tienen una contribución neta final a la MO del suelo reducida, en cambio, se comportan de forma más parecida a los abonos minerales ya que los nutrientes que aportan están rápidamente disponibles para los cultivos (Ubacht et al., 2005).

La siguiente caracterización de residuos orgánicos es orientativa, por lo que se recomienda a cada establecimiento, realizar un correcto muestreo y análisis de los mismos previo a su uso.

A- Subproductos de la producción porcina

Existe una enorme variabilidad en la composición físico-química del efluente porcino dependiendo del sistema de producción, tipo de explotación, la edad del animal, la dieta y el manejo de las granjas porcinas (tipo de bebedero, manejo del agua, etc.). En la **Tabla 1** se observa la composición media de efluentes porcinos en ciclo cerrado.

También es necesario tener en cuenta otros parámetros tales como:

- La mayor parte del N que contiene se encuentra en forma amoniacal, rápidamente disponible para el cultivo.
- Los valores de pH son básicos, del orden de 7 a 8.5.
- La conductividad eléctrica es elevada, varía según la calidad del agua.
- La relación C/N es muy baja, con valores entre 3 y 5, hecho que explica la elevada disponibilidad del N que aporta.

Cuando el efluente se encuentra almacenado en lagunas, ocurre un proceso de sedimentación, que afecta la

¹ EEA INTA Manfredi, Córdoba

² EEA INTA Rafaela, Santa Fe

³ Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral (UNL), Santa Fe

distribución de los nutrientes en las diferentes profundidades o niveles de la fosa (**Figura 2**). Únicamente el K y el N amoniacal se localizan de forma homogénea en diversas profundidades. En cambio, el P y el N orgánico se encuentran concentrados en los sedimentos. La sedimentación de nutrientes del efluente en los distintos estratos de la laguna tendrá implicancias en el momento de repartir los elementos nutritivos del mismo. Actualmente, el tamaño de muchas fosas dificulta o impide la homogeneización del efluente previamente al vaciado. Ello implica un reparto irregular de los nutrientes concentrados en el fondo.

B- Subproductos de la producción de leche: efluentes y residuos sólidos de tambo

En el proceso de concentración actual de la producción de leche, es clave un correcto manejo y tratamiento de los efluentes generados en el sistema. Los efluentes de tambo están conformados por una fracción sólida (materia fecal, restos de alimentos y barro) y una líquida (agua, orina, restos de leche y soluciones de limpieza del equipamiento de ordeño) (Charlón et al., 2009). Con la finalidad de reducir la carga orgánica y cantidad de sólidos en los efluentes, se puede implementar como alternativa de manejo y tratamiento de efluentes, la separación mecánica y/o física de los residuos sólidos en el sistema de tratamiento. En la **Tabla 2**, se observa la caracterización promedio del efluente crudo de tambo y del material semisólido retenido en el tamiz.

La separación de sólidos de los subproductos de tambo por acción física y/o mecánica, genera la concentración de nutrientes y MO en la fracción sólida. La menor carga orgánica en el efluente líquido remanente garantiza una mayor eficiencia del sistema de tratamiento secundario previo a su disposición final.

Otros parámetros a destacar en la composición de estiércol de vacas lecheras (LAF, 1999) son:

- Contribución importante de calcio (Ca) de 4.45% sobre MS.

Tabla 1. Composición media de efluentes de cerdo.

Variable*	MS	MO	N	P
	----- % -----			
Efluente porcino	2.00	58.92	0.36	0.08

* Materia seca (MS) expresada en % sobre muestra fresca. MO, N y P expresados en % sobre muestra seca.

Fuente: Laboratorio de Gestión Ambiental - EEA INTA Marcos Juárez.

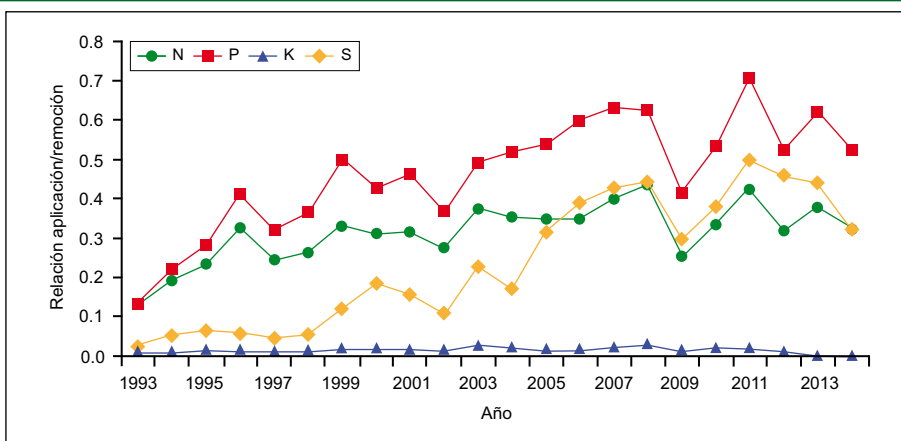


Figura 1. Relación aplicación/remoción de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y azufre (S) para soja, maíz, trigo y girasol en Argentina en el periodo 1993-2014. Fuente: IPNI, elaborado en base a información de MinAgri y Fertilizar AC.

- Valores de pH básicos (7.5 a 8).
- Conductividad eléctrica entre 1.2 y 4.2 dS m⁻¹.
- Relación C/N muy variable según el grado de madurez del estiércol.

Si valorizamos los subproductos generados en un tambo, el retorno económico por uso de residuos pecuarios como fertilizante es significativo. A modo orientativo, anualmente en un tambo de 100 vacas se generan heces y orina (sin considerar las pérdidas por volatilización, lixiviación, eficiencia del método de aplicación, etc.) que equivalen a:

- 576 bolsas de urea (46-0-0).
- 86 bolsas de fosfato diamónico (18-20-0).
- 126 bolsas de cloruro de potasio (0-50-0).
- 380 bolsas de yeso agrícola (0-0-0-18S).

C- Subproductos de la producción de carne (feedlot)

El estiércol fresco de feedlot está compuesto por una mezcla de heces y orina, cuya composición es un factor clave para entender no sólo la magnitud de los niveles de nutrientes y sales acumulados en el suelo, sino además los potenciales cambios en las propiedades y atributos de calidad del sistema edáfico (García, 2009). En la **Tabla 3**, se presentan las propiedades químicas

Tabla 2. Composición química promedio de subproductos de tambo.

Variable*	MS	MO	N	P	K
	----- % -----				
Efluente crudo	0.60	0.34	0.19	0.02	0.36
Residuo semisólido	5.09	83.04	1.86	0.36	1.17

* MS expresada en % sobre muestra fresca. MO, N, P y K expresados en % sobre muestra seca.

Fuente: García et al., 2008; 2011.

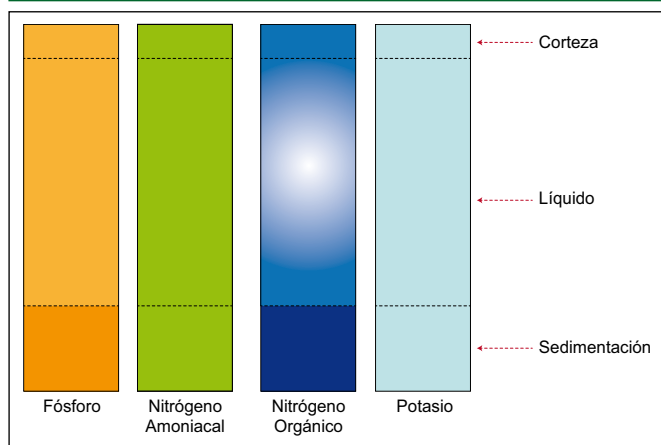


Figura 2. Estratificación en laguna (Irañeta et al. 2002).

Tabla 3. Propiedades químicas de estiércol de feedlot.

Variable*	MS	MO	N	P	K
	----- % -----				
Estiércol de feedlot	14.7	84.7	4	1.08	2.47

* MS expresada en % sobre muestra fresca.
MO, N, P y K expresados en % sobre muestra seca.

Fuente: ASAE, 2003.

del estiércol fresco registradas como valores estándares por organismos internacionales (ASAE, 2003).

Investigaciones realizadas ponen de manifiesto que las heces frescas presentan un pH cercano a 7, y que este aumenta (> alcalinidad) con el tiempo de almacenamiento.

Otros parámetros a destacar en la composición de estiércoles son:

- Contribución de calcio y magnesio (1.65% y 0.57%, respectivamente sobre MS).
- Relación C/N muy variable según el grado de madurez del estiércol.
- Valores de sodio (Na) de 0.35% sobre MS, que suponen aportes de 5 kg de Na por cada 10 t de estiércol.

Las propiedades químicas del estiércol de feedlot dependen de diversos factores como tamaño y edad del animal, tipo de animal, consumo de agua, dieta, densidad de animales, superficie de los corrales, clima, productividad y manejo.

D- Subproductos de la producción aviar (guano de gallina ponedora y cama de pollo parrillero)

La producción avícola en Argentina experimentó un sostenido crecimiento en los últimos años, tanto en la producción de huevos como de carne debido al aumento del número de granjas como así también al

Tabla 4. Composición de guano de gallinas ponedoras y cama de pollos parrilleros.

Variable*	MS	N	P	K	Ca
	----- % -----				
Guano de ponedora	40	1.09	0.48	0.52	2.56
Cama de pollo	70	3.14	0.42	0.96	1.27

* MS expresada en % sobre muestra fresca.
N, P, K y Ca expresados en % sobre muestra seca.

Fuente: Adaptado de Maisonnave et al., 2015.

incremento de la escala productiva de las mismas. Esto fue posible a través de la integración, mediante la cual el sector avícola ha desarrollado la elaboración de un producto homogéneo, trazable, seguro y de elevada calidad que es reconocido y demandado por el mercado externo. Esta situación generó por tanto un incremento en la producción de guano y cama de pollo en la región. En la **Tabla 4** se observa la composición físico-química del guano de gallinas ponedoras y de la cama de pollos parrilleros.

La concentración de nutrientes en la cama de pollo es menor a la presente en el estiércol de gallinas ponedoras. Esto se debe a la presencia de cáscara de arroz, viruta de madera o cáscara de girasol en la cama de pollos parrilleros. Otros parámetros a destacar en la composición del guano de ponedora son:

- Los valores de pH varían entre neutros a básicos, de 7 a 8.6.
- La conductividad eléctrica varía entre 7.5 y 10.5 dS m⁻¹.
- El contenido de humedad del estiércol de ponedora presenta valores más altos en galpón automático.
- El contenido de humedad del estiércol de pollos parrilleros se determina en otoño. En verano los valores aumentarían por humedad de los aspersores.

Aplicación de los residuos

Un preciso control de la cantidad de efluentes a aplicar y una correcta utilización de los métodos mecánicos para realizar esta distribución, resultan imprescindibles para garantizar un manejo sostenible, rentable y agrónomicamente correcto de los efluentes. Una aplicación controlada reducirá las desagradables emisiones de olores, disminuirá la emisión de amoníaco y de gases con efecto invernadero, mejorará la calidad del aire y, por lo tanto, también la aceptación social de este tipo de prácticas.

Distribución de estiércol sólido

Los acoplados esparcidores de estiércol sólido son máquinas agrícolas adaptadas para su transporte hasta el campo y para esparcirlo con un cierto grado

de uniformidad. Se construyen sobre una estructura de remolque sin sistema de suspensión, con un solo eje (simple o doble), neumáticos de alta flotación y baja presión de inflado. El vaciado se realiza por desplazamiento de una parte del fondo de la caja del remolque o por una compuerta móvil, que arrastra el estiércol hasta el dispositivo de esparcido. Estos últimos suelen ser tambores cilíndricos, con dientes en la periferia que giran según su eje situado en posición horizontal (de uno o dos cilindros) o vertical de hasta 4 ejes, en algunos casos con puerta de dosificación posterior.

En función del sistema de esparcido, se tendrá un mayor o menor grado de uniformidad, así con los remolques que dispongan de dispositivos centrífugos, se tendrá una mayor caída de estiércol en el centro que en los bordes y en los de esparcido lateral, los elementos más pesados caerán más cerca del remolque que los más ligeros que alcanzan una distancia mayor. En ambos casos será necesario un solapamiento entre pasadas para conseguir una uniformidad aceptable. En la **Tabla 5** se detallan algunas recomendaciones prácticas a la hora de la carga y esparcido de residuos orgánicos.

El sistema de distribución ha de garantizar una buena uniformidad transversal del material sobre el terreno y es el elemento que caracteriza a la máquina porque determina la calidad de la operación y la posibilidad de adaptación a los diferentes tipos de estiércol.

Distribución de efluentes líquidos

El método más difundido y adoptado en Argentina es el de boquilla única de aspersión en abanico. El sistema tradicional se basa en una boca de salida de gran diámetro que proyecta el efluente sobre el plato, determinando que sea proyectado hasta una altura de entre 2 y 3 m, formando un abanico con un ancho de aplicación de entre 7-12 m. En este caso, la fuerza del viento o eyección favorece la difusión de los olores y el chorro puede ser desviado en relación al sentido de avance.

Existe una variante de este método en el que el plato se encuentra en posición invertida, en este caso el abanico formado se eleva menos y se atenúan las emisiones. En ambas variantes, la distribución del efluente es heterogénea y difícilmente se consigue una dosis precisa, la dispersión de olores y volatilización del nitrógeno son importantes. Como ventaja, se destaca que es el sistema con menor precio de adquisición, no precisa de tractores de gran potencia y no presenta problemas de obturación con efluentes espesos.

La determinación del caudal de distribución (Q), es la primera etapa de una distribución adecuada a una determinada dosis, D (t ha⁻¹ o m³ ha⁻¹). Esta última surge como resultado de un balance de fertilización de una parcela y de un cultivo. Como en casi todas las distribuciones, el caudal Q en t min⁻¹ (estiércol sólido) o en m³ min⁻¹ (estiércol líquido) es conocido por la relación:

$$Q = (D \times a \times v) / 600$$

Dónde:

D = dosis a distribuir, en t ha⁻¹ (estiércol sólido) o en m³ ha⁻¹ (estiércol líquido)

a = ancho de trabajo, en m

v = velocidad de avance, km h⁻¹

Incorporación de herramientas de agricultura de precisión en la aplicación de enmiendas orgánicas

La agricultura de precisión ha experimentado en los últimos años un gran avance en el ámbito de los equipos de distribución de efluentes y otros abonos orgánicos. Independientemente de sus características y aptitudes como elemento fertilizante como se mencionó, el valor agronómico y económico de los efluentes depende en gran medida del manejo que se haga de ellos. Las tecnologías actualmente disponibles permiten la aplicación variable diseñada mediante la

Tabla 5. Recomendaciones generales para la carga y el esparcido de residuos orgánicos.

Carga del remolque	Esparcido del material
Cargar por delante en los equipos de fondo móvil y por detrás en los de compuerta móvil.	Mantener constante el régimen de la toma de fuerza y la velocidad de avance.
Cargar en capas regulables y homogéneas.	Trabajar de manera ininterrumpida hasta vaciar el contenido de la caja.
No superar con la carga el nivel del travesaño superior del sistema esparcidor.	Evitar esparcir el estiércol contra el viento.
Evitar el ingreso de objetos contundentes con el estiércol.	Verificar la buena adherencia en los elementos de propulsión, ya que la variación de la velocidad de avance afecta a la dosificación.
Igualar la superficie del estiércol en la caja.	El desmenuzado parejo y en trozos pequeños favorece su distribución.

interpretación de mapas de necesidades de fertilizante, y permiten también, predeterminar y prefijar áreas de máxima sensibilidad dónde es necesaria la reducción o la eliminación de la aplicación desde el punto de vista ambiental (Teira y Romaní, 2008).

Consideraciones finales

- Conocer el tipo de abono que gestionamos (composición físico química y características), así como su correcta utilización y manejo (aplicación al suelo en dosis agronómicas según tipo de cultivo, época de aplicación y suelo receptor), determinarán principalmente el buen uso que se le dé a estos materiales, que sin duda hay que tener presente, dado su importante valor agrícola, a la hora de restituir los niveles de materia orgánica y nutrientes del suelo.
- La fertilización de cultivos y pasturas con residuos orgánicos debe considerarse una alternativa viable de fertilización complementaria al uso de fertilizantes minerales.
- La utilización de subproductos de la producción animal debe ser tomada como una estrategia de fertilización a largo plazo donde se preserva el medio ambiente y se conserva la fertilidad del suelo. Son una alternativa viable para reutilizarlos dentro del sistema y evitar una fuente de contaminación, solucionando así el destino final de los mismos.
- Es importante e indispensable conocer la calidad del subproducto utilizado, para prevenir potenciales daños al suelo e impactos ambientales negativos, además de monitorear periódicamente las propiedades físico-químicas del suelo.

Bibliografía

- ASAE. 2003. Manure production and characteristics. American Society of Agricultural Engineers Standard D384.1. pp. 682-685 in: ASAE (eds). The Society for engineering in agricultural, food, and biological systems. Niles, R.d., St. Joseph, M.I.
- Charlón, V., P. Serrano, K. García, y M. Taverna. 2009. Gestión de los efluentes originados en las instalaciones de ordeño. CREA: Producción de Leche - Edición 2009.
- Gambaudo, S., y S. Sosa. 2015. Residuos pecuarios: problema u oportunidad? 6º Jornada Nacional de Forrajes Conservados. Tecnologías para producir carne, leche y bioenergía en origen. INTA EEA Manfredi, pp. 129-132.
- García, A.R. 2009. Actividades de engorde a corral (feedlot): retención y movilización de nitrógeno y fósforo en un suelo Hapludol éntico, y su potencial impacto en el ambiente. Tesis para optar al título de Magister Scientiae en Ciencias del Suelo. Escuela para graduados de la Facultad de Agronomía UBA. Biblioteca de la FAUBA.
- García, K., V. Charlón, A. Cuatrín, M. Taverna, y E. Walter. 2008. Evaluación de un sistema de tratamiento aplicado a efluentes generados en las instalaciones de ordeño. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 28. Sup.I. pp. 82-283.
- García, K., J. Filipone, M. Arenas, y V. Charlón. 2011. Composición del material retenido en un tamiz utilizado para efluentes de tambo. Revista Argentina de Producción Animal Vol. 31 Supl. I.
- García, F.O., y M. Díaz Zorita. 2015. La fertilidad de los suelos y el uso de nutrientes en la producción agrícola extensiva de Argentina. En: Casas, R., Albarracín, G. (Eds). El Deterioro del Suelo y del Ambiente en la Argentina. Centro para la Promoción de la Conservación del Suelo y del Agua- PROSA.
- Irañeta, I., A. Abaigar, y A. Santos. 2002. "Purines: ¿fertilizante o contaminante?" Navarra Agraria, núm. 132, pp. 9-24.
- Maisonave, R. Lamelas, y K. Mair. 2015. Buenas Prácticas de Manejo y Utilización de Cama de Pollo y Guano. <http://www.minagri.gob.ar>.
- 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. 24 p.
- Sainz Rozas, H.R., H.E. Echeverría, y H. Angelini. 2011. Niveles de carbono orgánico y pH en suelos agrícolas de la región pampeana y extrapampeana argentina. Ciencia del Suelo 29:29-37.
- Sosa, N., M. Alladio, F. Pagnan, J.M. Orcellet, y S. Gambaudo. 2015. Evaluación de aplicación de residuos sólidos de tambo en cultivo de maíz. Planteos Ganaderos. Año 22. Aapresid, pp. 54-58.
- Teira, M.R., y J.M. Romaní. 2008. Informe per a la millora de la gestió dels purins porcíns a Catalunya. Informe del CADS 5. Generalitat de Catalunya, Consell Assessor per al Desenvolupament Sostenible. Barcelona, España.
- Ubacht, N., M.R. Teira, y J. Boixadera. 2005. Labores de incorporación de abonos orgánicos al suelo. Distintos subproductos orgánicos, maquinaria para su distribución y planificación de la aplicación. Vida Rural, pp. 32-35.