



TECNOLOGÍA

Aprovechamiento de los purines del porcino como fertilizante

F. Pomares García

INSTITUTO VALENCIANO
DE INVESTIGACIONES AGRARIAS

El auge alcanzado en los últimos años por las explotaciones intensivas de ganado porcino ha provocado un cambio drástico en el sistema de eliminación de las deyecciones del ganado. Antiguamente, las excretas y la orina se mezclaban con paja de cereales u otros residuos vegetales adecuados para producir estiércol sólido, que permite su amontonamiento antes de su aplicación; en la actualidad, en cambio, los excrementos se evacúan en forma líquida (purines) que en muchos casos, cuando no se dispone de suficiente superficie de suelo agrícola en las proximidades de las granjas, son vertidos directamente sin tratamiento a los cauces hidráulicos dando lugar a graves problemas de contaminación medioambiental.

Teniendo en cuenta que los purines de porcino presentan un contenido relativamente importante de nutrientes, particularmente, nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y cinc, un vertido controlado en los campos agrícolas de estos residuos puede constituir una práctica altamente interesante para reciclar los nutrientes que contienen, con lo cual se puede lograr una reducción considerable en

las necesidades de fertilizantes minerales y una disminución de la contaminación medioambiental.

CONTENIDOS DE NUTRIENTES EN LOS PURINES DE PORCINO

A pesar de que en los purines de porcino como en cualquier otro estiércol se encuentran la totalidad de los nutrientes esenciales para las plantas, desde el punto de vista de la fertilización, los elementos contenidos en estos residuos que tienen mayor importancia son el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

NITRÓGENO

En los purines el nitrógeno se puede presentar en las siguientes formas:

a) Nitrógeno inorgánico (principalmente amoniacal), constituye del 50-70 % del nitrógeno total, y resulta igual de asimilable que el de los fertilizantes minerales.

b) Nitrógeno orgánico fácilmente mineralizable. A este tipo corresponde el nitrógeno contenido en la urea, ácido úrico, proteínas, aminoácidos, etc.



c) Nitrógeno orgánico lentamente mineralizable, se encuentra asociado a los compuestos lignocelulósicos.

El nitrógeno orgánico no es directamente asimilable por las plantas. Tras su aportación al suelo, el nitrógeno sufre una mineralización o conversión en nitrógeno amoniacal, el cual puede ser absorbido por las plantas como tal, o posteriormente tras su transformación en nitratos mediante la nitrificación.

La mineralización del nitrógeno orgánico, por ser un proceso microbiano, depende tanto de las características propias del estiércol (contenido en lignina, relación C/N, etc.) como de las del suelo (temperatura, textura, pH, humedad, etc.).

De ahí que del nitrógeno orgánico aportado con los purines una parte sea aprovechada por el cultivo durante el primer año tras su aplicación y el resto quede incorporado en la materia orgánica (humus) del suelo siendo lentamente mineralizada a lo largo de varios años.

La eficacia del nitrógeno contenido en los purines de cerdo en relación a la obtenida cuando se aportan dosis similares de nitrógeno en forma de fertilizantes minerales, es del 65% según Gostick (1982).

FÓSFORO

En las dietas alimenticias del ganado porcino, el fósforo se encuentra principalmente en forma inorgánica, de ahí que en los purines la mayor parte del fósforo (80-85%) se encuentra en la fracción inorgánica, principalmente en forma de fosfatos de calcio.

Asimismo, alrededor del 90% del fósforo total se encuentra en la fracción sólida, y el resto (10%) en la fracción líquida.

Aunque en los purines se han

identificado compuestos fosforados orgánicos como fitina (hexafosfato de inositol), la mayor parte del fósforo orgánico se encuentra en forma de compuestos de composición química desconocida.

La disponibilidad para las plantas del fósforo contenido en los purines de porcino es equivalente al que presentan los fertilizantes fosforados minerales (Azevedo y Stout, 1974).

POTASIO

La casi totalidad del potasio contenido en los purines de porcino se encuentra en forma de sales minerales solubles. Por lo que, en general, se considera que la eficacia del potasio de los purines es similar a la de los abonos minerales como el sulfato o cloruro potásico.

Dado que el contenido de potasio en los purines de porcino suele ser más bajo que los de nitrógeno y fósforo, el aprovechamiento de los purines como fertilizante de los cultivos exige en la mayoría de los casos aportar abonos potásicos minerales.

TRANSFORMACIONES DE LOS PURINES DE PORCINO DURANTE EL ALMACENAJE

Cuando las heces y la orina del ganado se depositan en los establos, la urea y el ácido úrico contenidos en la orina se hidrolizan rápidamente a amoníaco (NH_3) y dióxido de carbono mediante enzimas segregados por las bacterias fecales. Posteriormente, el amoníaco se transforma en amonio (NH_4^+) a través del proceso de la amonización, que finalmente, si las condiciones imperantes son aerobias puede dar lugar a nitratos por medio del proceso de la nitrificación. Por lo que el contenido de nitratos puede servir como índice de las condiciones de aireación existentes durante el almacenamiento de los residuos ganaderos.

Puede suceder, como es frecuente en las fosas de purines, que los residuos ganaderos estén expuestos a condiciones anaerobias, en cuyo caso se produce una degradación de los compuestos orgánicos de elevado peso molecular tales como fi-

Balsa de purines de ganado porcino.



bra vegetal y proteínas para dar lugar a compuestos de bajo peso molecular que son volátiles y malolientes. Entre los productos susceptibles a liberarse a partir de los residuos ganaderos en condiciones anaerobias destacan el metano, dióxido de carbono, varios ácidos orgánicos de cadena corta (acético, propiónico y butírico), y cantidades menores de otros ácidos grasos. La aireación de los residuos ganaderos es una práctica interesante para reducir la formación de estos productos que pueden ser ambientalmente nocivos como el metano y dióxido de carbono (efecto invernadero) o fitotóxicos (ácidos orgánicos), si bien puede contribuir a incrementar las pérdidas de nitrógeno por volatilización en forma de NH_3 .

PÉRDIDAS DE NITRÓGENO POR VOLATILIZACIÓN DE AMONIACO

El nitrógeno contenido en los purines de porcino puede perderse a través de diferentes procesos como son: la volatilización, la lixiviación y la desnitrificación. De los cuales el primero es el más importante.

El nitrógeno amoniacal (NH_4^+) resultante de la hidrólisis de la urea de la orina o de la mineralización del nitrógeno orgánico en presencia de un pH muy alcalino (suelos muy calizos), puede transformarse en amoníaco, que es un gas que puede pasar a la atmósfera por volatilización.

Este proceso tiene un doble interés, ya que además de disminuir el valor fertilizante de los residuos ganaderos provoca un enriquecimiento de la atmósfera en amoníaco, lo que contribuye a agravar el problema ambiental atribuido a la lluvia ácida.

Las pérdidas de amoníaco pueden tener lugar tanto en los establos como durante el almacenamiento o en el campo tras su aplicación.

La cuantía de las pérdidas de nitrógeno por volatilización que tienen



Equipo para aplicar los purines en la acequia de riego.

lugar en el suelo depende entre otros factores del pH, contenido de materia seca y de nitrógeno amoniacal de los purines, de las características del suelo (pH, humedad, textura, capacidad de intercambio catiónico, etc.) así como de las condiciones ambientales (velocidad del viento, temperatura, etc.).

El nitrógeno amoniacal que se pierde por volatilización cuando se aportan purines de porcino pueden variar entre 9-78% según Smith y Chambers, (1993).

La mayor parte de las pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco (70-90%) tienen lugar durante el primer día tras su aportación, alcanzando la máxima intensidad (40-50 %) durante las 6 primeras horas.

Con la inyección directa en el suelo o con una incorporación de los purines en el suelo se consigue una gran reducción de estas pérdidas.

MEDIDAS PARA MEJORAR EL APROVECHAMIENTO DE LOS PURINES DE PORCINO

Para aprovechar adecuadamente el valor fertilizante de los purines de porcino se deben seguir las orientaciones técnicas siguientes:

- Realizar el análisis químico de los purines.

- Establecer las necesidades en fertilizantes del cultivo en base al rendimiento previsible y a la fertilidad del suelo.

- Evitar las dosis excesivas de purines que puedan provocar una acumulación excesiva de nutrientes en el suelo.

- Realizar las aplicaciones en las épocas más adecuadas y siguiendo las prácticas idóneas para evitar las pérdidas de nutrientes.

CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LOS PURINES

El conocimiento de la riqueza de los purines de porcino es esencial para un buen aprovechamiento de los mismos.

Los residuos ganaderos se caracterizan por presentar una enorme variabilidad en el contenido de elementos nutritivos (Cuadro 1), dependiendo de muchos factores como son:

- Edad y tipo de animal (engorde, reproductores).
- Sistema de estabulación (cerrado, abierto).
- Tipo de pienso (riqueza en proteínas).
- Sistema de limpieza (cantidad de agua gastada).
- Duración del almacenaje de los purines en la fosa.
- Tratamiento aplicado a los purines.

Los parámetros más importantes que interesa analizar en los purines son: el nitrógeno (amoniacal y orgánico), fósforo y potasio. Con un interés secundario, se pueden incluir también las determinaciones de la salinidad (conductividad eléctrica), cobre y cinc.

TOMA DE MUESTRAS DE PURÍN

La muestra a analizar tiene que se

CUADRO 1. COMPOSICIÓN QUÍMICA MEDIA DE LOS PURINES DE PORCINO DE CATALUÑA SEGÚN DIFERENTES TIPOS DE EXPLOTACIÓN.
(Navés y Torres, 1994)

PARÁMETRO		Tipo de granja		
		Engorde	Reproductores	Ciclo Cerrado
Materia Seca	(MS)%	11,1	9,2	9,7
	kg/m ²	111	91,8	97,2
Materia org.	%MS	66,3	66,3	65,6
	%MF	7,28	6,18	6,28
N total	kg/m ²	7,63	5,17	5,40
	% MS	7,65	6,38	5,78
N orgánico	kg/m ²	3,00	1,97	2,22
	kg/m ²	4,63	3,20	3,18
N amoniacal	kg/m ²	6,52	5,91	6,23
	%MS	5,89	6,74	6,44
P ₂ O ₅	kg/m ²	4,47	2,31	2,81
	%MS	4,33	2,86	2,96
K ₂ O	%MF	0,45	0,45	0,39
	%MS	3,90	4,90	4,07
Ca	%MF	0,12	0,11	0,12
	%MS	1,06	1,28	1,34
Mg	%MF	0,07	0,04	0,05
	%MS	0,68	0,55	0,59
Na	(mg/l)MF	67,0	19,1	36,0
	(mg/kg)MS	624	193	430
Zn	(mg/l)MF	70,7	68,8	64,6
	(mg/kg)MS	658	759	719
Fe	(mg/l)MF	437	345	372
	(mg/kg)MS	3.752	3.620	3.730
Mn	(MG/L)MF	46,1	38,5	37,7
	(mg/kg)MS	407	428	405

MS = materia seca MF = materia fresca

representativa del purín que se aporte a los cultivos, para lo cual en la toma de muestra de purín se deben seguir determinadas normas:

1. Antes de coger la muestra se debe mezclar bien el purín de la

fosa mediante la acción de un agitador mecánico durante al menos 2 horas.

2. Tomar varias muestras (tres ó cuatro) con un cubo y mezclarlas para obtener una muestra compuesta de alrededor de 1 l

de purín, e introducir en un recipiente hermético.

3. Si la granja no dispone de equipo de agitación, es recomendable tomar la muestra en el momento de la aplicación del purín en el campo. En este caso se deben tomar muestras de varias cubas para obtener una muestra representativa de la fosa que se está vaciando.
4. El envío de las muestras al laboratorio debe realizarse inmediatamente, y si no es posible se deben mantener las muestras en un frigorífico a 4 °C hasta su envío, que no debe demorarse más de 48 horas.

MÉTODO DEL DENSÍMETRO

El problema de la caracterización química es la extremada variabilidad de los purines, por lo que hace falta analizar un número muy alto de muestras para obtener valores fiables del contenido nutritivo, con el consiguiente alto coste que ello representa. De ahí que exista un gran interés en desarrollar métodos rápidos de análisis para la caracterización química de los residuos ganaderos. De entre estos métodos uno de los más prometedores es el método del hidrómetro.

Este método es el más sencillo y económico de los existentes en la actualidad. Se basa en la estrecha relación existente entre el contenido de materia seca del residuo y el peso específico, así como entre el contenido de nutriente si el porcentaje de materia seca, de donde se infiere que a partir de las lecturas del densímetro se puede obtener una estima de la riqueza de los purines en elementos fertilizantes (Tunney, 1985).

En los cuadros 2 y 3 se presentan datos obtenidos en Francia y Cataluña para realizar la estimación de la composición de los purines de porcino a partir de su densidad.

CUADRO 2. ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LOS PURINES DE PORCINO A PARTIR DE SU DENSIDAD. (CEMAGREF, Rennes)

Densidad (g/l)		Composición			
Purín sin diluir	Purín diluido (1)	MS % (2)	NT Kg/m ³	P ₂ O ₅ Kg/m ³	K ₂ O Kg/m ³
1.004	1.002	0,7	1,9	0,4	1,1
1.008	1.004	1,5	2,3	1,0	1,3
1.012	1.006	2,3	2,8	1,7	1,7
1.016	1.008	3,1	3,2	2,4	2,0
1.020	1.010	4,0	3,7	3,1	2,3
1.024	1.012	4,8	4,2	3,7	2,6
1.028	1.014	5,6	4,6	4,4	3,0
1.032	1.016	6,4	5,1	5,1	3,3
1.036	1.018	7,2	5,5	5,8	3,6
1.040	1.020	8,0	6,0	6,5	3,9
1.044	1.022	8,9	6,5	7,2	4,3
1.048	1.024	9,9	6,9	7,8	4,6
1.052	1.026	10,5	7,4	8,5	4,9
1.056	1.028	11,3	7,8	9,3	5,3

(1): Densidad del purín diluido con agua (1:2) para facilitar la lectura. (2): MS: materia seca.

CUADRO 3. ESTIMACIÓN DE LA COMPOSICIÓN DE LOS PURINES DE PORCINO A PARTIR DE SU DENSIDAD. (Navés y Torres, 1994)

Densidad del Purín (g/l)	Composición			
	MS % (1)	NT Kg/m ³	P ₂ O ₅ Kg/m ³	K ₂ O Kg/m ³
1.004	3,50	2,88	2,47	1,80
1.008	4,50	3,29	2,65	1,98
1.012	5,54	3,71	2,83	2,18
1.016	6,15	4,12	3,03	2,40
1.020	6,82	4,53	3,25	2,64
1.024	7,57	4,94	3,48	2,90
1.028	8,40	5,35	3,72	3,20
1.032	9,32	5,77	3,98	3,52
1.036	10,34	6,18	4,26	3,87
1.040	11,47	6,59	4,56	4,26
1.044	12,73	7,00	4,88	4,69
1.048	14,12	7,41	5,23	5,16
1.052	15,67	7,83	5,60	5,68
1.056	17,39	8,24	5,99	6,26

(1): MS: materia seca.

NECESIDADES NUTRITIVAS DE LOS CULTIVOS

El establecimiento de las necesidades en fertilizantes se debe realizar teniendo en cuenta las extracciones de nutrientes por el cultivo que obviamente dependerán del rendimiento previsto. Y para que el programa de fertilización resulte equilibrado, es fundamental conocer el estado de fertilidad del suelo, que será evaluado mediante el oportuno análisis químico, en el que se determinarán como mínimo el pH, la materia orgánica, los carbonatos, los contenidos asimilables de fósforo y potasio, y la salinidad (extracto 1:5 ó extracto de saturación). Adicionalmente en cítricos y frutales es conveniente realizar también el correspondiente análisis foliar.

Asimismo, las dosis de fertilizantes necesarias por los cultivos dependerán también de los nutrientes aportados con otras fuentes como el agua de riego, las enmiendas orgánicas, los abonos verdes, los restos de cosechas, etc., así como del nitrógeno mineral residual, principalmente NO₃, de los cultivos anteriores.

DOSIS DE PURINES PARA APORTAR LA NECESIDADES NUTRITIVAS DE LOS CULTIVOS

En algunos países las dosis de estiércoles para los suelos agrícolas se basan en el criterio de aportar suficiente cantidad de residuos para lograr un suministro adecuado de nitrógeno para los cultivos, sin tener en cuenta los aportes de otros nutrientes como el fósforo. Esta práctica que cuando los suelos sean pobres en fósforo puede ser satisfactoria, resulta absolutamente inadecuada para los suelos que presentan niveles altos de este nutriente, ya que en tales circunstancias las dosis de estiércoles que se obtengan para suministrar las necesidades de nitró-



Equipo de tratamiento de los purines.



Separación de la fracción sólida de los purines.

geno serán más altas que las requeridas par atender las necesidades de fósforo. Por lo que actuando según esta estrategia se provocará una acumulación excesiva de fósforo en el suelo, que puede dar lugar a problemas nutricionales (por ej. deficiencia de cinc o cobre por exceso de fósforo), o contaminación de aguas superficiales o subterráneas por fósforo (eutrofización).

Para evitar este tipo de problemas, en algunos países como Holanda la legislación obliga a calcular la dosis máxima permisible de residuos ganaderos destinados a los suelos agrícolas, en base a las necesidades en fósforo de los cultivos.

EJEMPLOS DE CÁLCULO DE LA DOSIS DE PURÍN

Suponiendo que un cultivo determinado tenga unas necesidades nutritivas de:

N: 250 kg/ha
P₂O₅: 120 kg/ha
K₂O: 300 kg/ha

y que el purín presenta una riqueza en nutrientes de

N orgánico: 2,5 kg/m³
N amoniacal: 3 kg/m³
P₂O₅: 5,0 kg/m³
K₂O: 3,5 kg/m³

CRITERIO DEL NITRÓGENO

Suponiendo unas pérdidas de volatilización del 25% y que la tasa de mineralización del nitrógeno orgánico durante el primer año es del 70%, resultaría:

$$\text{Dosis de purín} = 250 \text{ kg N} / 2,5 \times 0,75 + 3 \times (1 - 0,25) = 60 \text{ m}^3/\text{ha}$$

Con esta dosis de purín se aportarían las cantidades de nutrientes:

N: 250 kg N/ha
P₂O₅: 60 m³/ha x 5 kg./m³ = 300 kg/ha
K₂O: 60 m³/ha x 3,5 kg/m³ = 210 kg/ha.

Por lo tanto, sería necesario aportar un complemento de fertilizante potásico mineral de

$$\text{K}_2\text{O}: 300 - 210 = 90 \text{ kg/ha}$$

Este tipo de cálculo resulta adecuado sólo cuando se trata de aportaciones de purines esporádicas; pero, en el caso de aplicaciones continuadas, habría que tener en cuenta el nitrógeno mineralizado a partir del nitrógeno orgánico residual de los años anteriores.

CRITERIO DEL FÓSFORO

$$\text{Dosis de purín} = 120 \text{ kg P}_{205}/5 \text{ kg/m}^3 = 24 \text{ m}^3/\text{ha}.$$

Los nutrientes que se aportarían con esta dosis de purín serían:

N 24 m³ 2,5 x 0,75 + 3 (1-0,25) = 99 kg/ha
P₂O₅: 120 kg/ha
K₂O: 24 m³/ha x 3,5 kg/m³ = 84 kg/ha

Este criterio de cálculo es más adecuado que el del nitrógeno para los programas en que se aplican purines de porcino con una cierta continuidad.

Por lo que el abono mineral complementario que sería necesario aportar es:

N: 250 - 99 = 151 kg/ha.
P₂O₅: 300 - 84 = 216 kg/ha.

APLICACIÓN EN LAS ÉPOCAS MÁS ADECUADAS Y SIGUIENDO LOS MÉTODOS MÁS IDÓNEOS.

- ✓ Las aplicaciones de purines se deben efectuar en las proximidades de los periodos de máximas necesidades de los cultivos, ya que en estas épocas se minimizan las pérdidas de nitrógeno, y son por tanto las más idóneas para un buen aprovechamiento de estos residuos ganaderos.
- ✓ Ante la gran rapidez con que tienen lugar las pérdidas de nitrógeno por volatilización del amoníaco, la inmediata incorporación de los purines al suelo es de gran importancia para reducir estas pérdidas de nitrógeno.
- ✓ La inyección de los purines en el suelo con equipos adecuados se ha revelado un método muy eficaz para reducir las pérdidas de nitrógeno por volatilización de amoníaco y, simultáneamente, minimizar el problema de los malos olores. Esta práctica tiene el inconveniente de que requiere disponer de equipos mecánicos de coste elevado, que con frecuencia no están al alcance del agricultor o ganadero medio de nuestro país.
- ✓ No es conveniente superar las dosis máximas de purines obtenidas de acuerdo con los criterios indicados en el apartado correspondiente.
- ✓ Al igual que en la fertilización nitrogenada mineral, resulta conveniente fraccionar la cantidad total de purines en varias aplicaciones. Esto es particularmente relevante para los cultivos sensibles a salinidad, ya que en los purines de porcino se pueden registrar conductividades de hasta 20 dSiemens/m.
- ✓ En los suelos con problemas moderados de salinidad, o en cultivos sensibles a salinidad se debe reducir la dosis total de purines.
- ✓ Si las aplicaciones de purines se realizan antes de la siembra o del trasplante, conviene hacerla con suficiente antelación para evitar los efectos tóxicos debidos a una acumulación excesiva de amonio, nitritos o sales en la capa superficial del suelo.
- ✓ Es conveniente evitar las aplicaciones de purines de porcino en los periodos críticos de los cultivos (por ej. en el cuajado de los frutos en los cítricos).
- ✓ Cuando se incorporen los purines al agua de riego, es conveniente aplicarlos a dosis bajas para que el aumento de salinidad derivada del purín no afecte a los cultivos.
- ✓ Cuando la aplicación de purín resulte algo elevada, se deben realizar uno o más riegos entre dos aplicaciones consecutivas.
- ✓ No es conveniente aportar purines en suelos que presenten problemas graves de salinidad, sodicidad, pH muy elevado, o con mal drenaje.
- ✓ Para evitar la contaminación de las aguas no es conveniente realizar aplicaciones de purines en parcelas que presente una capa freática muy superficial, o que tengan un suelo muy permeable.

