

Viabilidad de distintos equipos de aplicación de purines para una óptima fertilización

En este artículo se repasa de forma sucinta la variabilidad de los purines en su contenido en nutrientes, las herramientas disponibles para conocer este contenido, las necesidades en nutrientes procedentes de purines que tienen los cultivos extensivos y las principales características de la maquinaria disponible para la aplicación de este tipo de deyecciones. Finalmente, se muestran los resultados de un trabajo realizado por los autores sobre la posibilidad práctica de aplicación de las dosis agronómicas requeridas de purines, por parte de diferentes equipos de distribución utilizados actualmente en las explotaciones agrícolas y ganaderas.

Carles Mallol Nabot,
Francesc Domingo Olivé.

IRTA Mas Badia, Estación experimental agrícola, La Tallada d'Empordà (Girona).

Las deyecciones ganaderas líquidas, purines, se caracterizan por tener un alto contenido de los nutrientes principales para las plantas (nitrógeno, fosforo y potasio) y una elevada variabilidad de estos contenidos. En las zonas donde hay disponibilidad de estos productos es muy común su uso como fertilizante de los cultivos extensivos de invierno y de verano, tanto en regadío como en secano, considerando principalmente su contenido en nitrógeno.

Para una correcta gestión agrícola de estas deyecciones es necesario conocer el contenido en nutrientes de los purines a aplicar y las dosis de nutrientes, principalmente N, requeridas por el cultivo en cada momento. Con esta información se puede determinar la cantidad de purín a aportar. Posteriormente, es necesario disponer de maquinaria que permita aplicar

las dosis requeridas y distribuirlas de forma homogénea sobre el terreno.

Es necesario pues disponer de las herramientas que permitan conocer estos datos, faciliten ajustar las dosis a las necesidades de los cultivos en cada momento y permitan una aplicación homogénea de los mismos en las parcelas de cultivo.

Riqueza en nutrientes de los purines

Variabilidad en el contenido en nutrientes

Muchos trabajos han mostrado la elevada variabilidad entre muestras que se observa cuando se analiza el contenido en nutrientes de los purines, aunque éstas se agrupen para las diferentes especies animales y orientaciones productivas (engorde, maternidad, etc.) de las explotaciones. En el cuadro I se muestran algunos datos referidos a purines de porcino. También puede existir variación estacional de las características de los purines.

La programación de las dosis de purines a aplicar en una determinada superficie en base a los contenidos medios en nutrientes, normalmente N, comporta que en la práctica real las dosis de nutrientes aplicadas puedan ser muy distantes, tanto en exceso como por defecto, de las que teóricamente se pretendían aplicar.

Así por ejemplo, para aplicar 100 kg N/ha

CUADRO I.

Características y contenido en nutrientes del purín de cerdo (engorde, cerdas y ciclo cerrado) en Cataluña. Muestreo realizado entre los años 2007-2010 (n: 305). Adaptación de Parera *et al.*, 2010a.

	Engorde (n: 123)				Cerdas (n: 92)				Ciclo cerrado (n: 90)			
	X	Min	Max	Desv std	X	Min	Max	Desv std	X	Min	Max	Desv std
Materia seca (%)	6,7	0,7	17,5	3,1	2,7	0,4	11,9	2,4	3,8	0,6	13,1	3,1
Densidad (kg/m ³)	1.050	964	1.166	45	1.033	1.001	1.097	24	1.043	987	1.100	29
N amoniacal (kg/m ³)	4,0	1,0	7,2	1,3	2,0	0,5	4,9	0,7	2,5	0,7	5,5	0,9
N total (kg/m ³)	5,9	1,2	9,8	1,8	2,6	0,6	6,4	1,0	3,5	0,9	7,5	1,5
P ₂ O ₅ (kg/m ³)	3,2	0,2	13,6	2,0	1,7	0,1	9,4	1,8	2,2	0,1	10,0	2,1
K ₂ O (kg/m ³)	4,4	1,1	9,8	1,6	1,9	0,2	4,8	0,8	2,5	0,9	6,5	1,2
CE (dS/m)	30,4	10,7	46,2	7,2	18,5	6,2	37,9	5,5	21,9	10,5	38,2	6,1

X: Valor promedio; Min: Valor mínimo obtenido en el conjunto de muestras; Max: Valor máximo obtenido en el conjunto de muestras; Desv std: Desviación estándar del conjunto de muestras.



CoteN Mix

Fertilizante de liberación controlada

El secreto está en la capsula



Pioneering the Future

Haifa Iberia | Telf: 91 591 2138 | E-mail: Iberia@haifa-group.com | www.haifa-group.com

(dosis habitual en la fertilización de fondo del cereal de invierno en muchos casos) a partir de purín de porcino de engorde, tomando de referencia el valor medio de N total del **cuadro I**, se deberían aplicar 17 m³/ha. Pero usando muestras reales extremas (**cuadro I**) en realidad se podría estar aplicando una quinta parte (20,4 kg N/ha) o casi el doble (167 kg N/ha) de la dosis de N deseada. El razonamiento es también válido para los otros nutrientes (P y K). Esta elevada imprecisión no es compatible con una gestión agrícola sostenible de estas deyecciones.

Estimación rápida del contenido en nutrientes

Por esta razón es altamente recomendable la utilización de herramientas que permitan determinar de forma rápida, fiable e *in situ*, el contenido en nutrientes de los purines, para así poder decidir y ajustar las dosis (m³/ha) de purines a aplicar en las parcelas, según las necesidades de los cultivos. Existen distintos métodos que permiten esta estimación. Esencialmente se trata de dos tipos de aproximaciones.

La primera consiste en la determinación directa de alguno de los parámetros deseados, principalmente el contenido en N amoniacal, mediante la adaptación para su uso en campo de algún método de análisis químico. Un ejemplo claro de esta aproximación es el método Quantofix. Se basa en la reacción de una solución reactiva con el nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺) del purín, que da lugar a la producción de N₂ (gas). El gas producido, en las condiciones estancas del kit, se mide a través de la elevación de una columna de agua en un recipiente graduado que proporciona directamente el contenido en N amoniacal del purín (**foto 1**). Otros kits basados en la misma reacción miden el volumen de gas desprendido a través del aumento de presión que se produce.

Este tipo de método precisa de la toma de una muestra representativa del purín de la fossa o de las cubas de aplicación antes de realizar el análisis, con los posibles errores de muestreo, homogeneización, etc., que son difíciles de evitar en campo. La determinación, además, suele tomar unos minutos para la preparación, proceso de reacción y lectura.

La otra aproximación consiste en la medida de la conductividad eléctrica (CE) del purín, que se relaciona con su contenido en sales o



Foto 1. Equipo Quantofix para la medida en campo del contenido en N amoniacal de muestras de purines.

CUADRO II.

Coeficiente de regresión y significancia de la relación lineal entre la conductividad eléctrica (dS/m) y el contenido en nutrientes (N amoniacal, N total, P₂O₅ y K₂O) del purín de porcino para muestras (n: 305) de toda Cataluña. Adaptado de Parera *et al.*, 2010a.

Nutriente (kg/m ³) estimado	Sig	r ²	Constante	b1
N amoniacal	***	0,711	-0,453	0,139
N total	***	0,600	-0,598	0,197
P ₂ O ₅	***	0,1	1,043	0,058
K ₂ O	***	0,735	-1,191	0,177
N: nitrógeno				
Sig.: Significación; (***): p<0,001				

iones. Distintos trabajos han demostrado la relación entre esta medida y el contenido en los principales nutrientes del purín. Pero esta relación no es universal y es necesario disponer de calibraciones adaptadas a diferentes zonas o tipologías de manejo de las deyecciones. Se trata pues de una estimación indirecta del contenido en nutrientes basada en trabajos de calibración que deben realizarse previamente al uso en la práctica de este método.

En Cataluña (Domingo *et al.*, 2009; Marqués Miret, 2002; Parera *et al.*, 2010a y 2010b) se han determinado estas relaciones entre la medida de la CE y el contenido en nutrientes de los purines de porcino y de bovino. Las relaciones encontradas son satisfactorias para su uso en campo para la estimación del contenido en nitrógeno (N) y potasio (K) de los purines. La relación es menos satisfactoria pa-

ra la estimación del contenido en fósforo (P), pero también se puede usar en la práctica para la mayor parte de casos. En el **cuadro II** se muestran estas rectas para el caso del porcino. Estas relaciones se han obtenido a partir del muestreo y análisis de más de 300 muestras de purines de cerdo recogidas en diferentes zonas geográficas. Aunque no se muestran, en algunas de estas zonas se obtienen mejores resultados con las relaciones encontradas para el conjunto de datos de la propia zona que con las del global del estudio. En el **cuadro III** se muestra un ejemplo de hoja de campo con la relación entre la CE medida por el conductímetro y el contenido estimado en nutrientes de la muestra para la zona de Girona.

Esta metodología también precisa, en general, de la toma de una muestra representativa del purín. Contrariamente al método de aná-



**El abono más rentable
para sus cereales.**

ENTEC® cereal

ENTEC®, la mayor innovación en el abonado de los cereales en los últimos años, permite obtener cosechas abundantes y de calidad, y respetando el medio ambiente. El nitrógeno de ENTEC® se encuentra estabilizado por el inhibidor de la nitrificación DMPP, desarrollado por BASF y comercializado por K+S.

Ahora en K+S Nitrogen hemos adaptado nuestra estrategia para que todavía más agricultores puedan utilizar ENTEC® y beneficiarse de sus excelentes resultados en cereal.

® Marca registrada del grupo K+S

K plus S Iberia, S.L.
División K+S Nitrogen
Joan d'Austria 39-47 08005 Barcelona
Tel. +34 93 224 72 22 Fax. +34 93 225 92 91
Una empresa del grupo K+S



K+S nitrogen

lisis directo descrito anteriormente, el tiempo para estimar el contenido en una muestra es mínimo ya que la lectura de la CE es inmediata (**foto 2**) y cuadros como el del **cuadro III** permiten una estimación inmediata del contenido en nutrientes a partir de esta lectura.

Actualmente existen equipos (conductímetros) preparados para ser instalados en cisternas de aplicación de purines (**foto 3**) a un precio asequible. Se puede medir así la CE de los purines cada vez que se llena la cisterna sin necesidad de muestreo, con las ventajas de precisión y ahorro de tiempo que esto conlleva. Estos equipos constan de un sensor de conductividad instalado en la cisterna y de un monitor en la cabina del tractor en el que se debe introducir la calibración entre CE y contenido en nutrientes, realizada con anterioridad, que se ha comentado. De esta manera, sin necesidad de muestreo y desde la cabina se puede conocer el contenido en nutrientes del purín y decidir, en cada caso, la dosis del mismo a aplicar. Se agiliza mucho, así, la toma de decisiones y favorece la gestión agrícola correcta de los purines.

En Cataluña existen actualmente ocho de estos equipos instalados en cisternas de aplicación de purines que, pertenecientes a cooperativas o empresas de servicios agrícolas, cada una da servicio a múltiples explotaciones agrícolas y ganaderas.

Los volúmenes imposibles o difíciles de aplicar son más limitantes en los equipos enterradores/inyectores.
Los de aplicación económica no viables no dependen claramente del tipo de aplicador, mientras que el mayor rango de volúmenes fácilmente aplicables se obtiene para el aplicador con rampa de tubos colgantes

Durante diferentes períodos de los años 2008, 2009 y 2010 se han registrado los valores medidos por tres de estos conductímetros automáticos instalados en tres equipos de aplicación de deyecciones ganaderas que operan en diferentes zonas de Cataluña (Girona, Osona y Vallès). Estos equipos dan servicio a distintas explotaciones ganaderas de cada área tanto de porcino como de bovino. Se estimó el

contenido en nitrógeno de los purines en 285 cisternas de purín (un 66% de porcino de engorde, un 24% de porcino de maternidad y un 10% de bovino de leche) a través de medidas de conductividad eléctrica (CE) realizadas con los conductímetros, instalados de forma permanente en las tres cisternas de aplicación, que utilizaban para la transformación de CE en contenido en nitrógeno del purín las rectas de regresión determinadas en trabajos anteriores.

De forma coincidente con los resultados mencionados de otros trabajos, se ha observado una elevada variabilidad en el contenido en nitrógeno de los purines registrados. En el **cuadro IV** se muestran estos datos separados en función de la especie y de la aptitud. El contenido medio estimado ha sido de $3,68 \pm 1,28$ kg N/m³ con un máximo de 8,19 kg N/m³ y un mínimo de 1,63 kg N/m³. Resultados similares se encuentran en otros trabajos realizados también en Cataluña que se han mencionado anteriormente.

Dosis a aplicar en extensivos

Desde hace años existe legislación que limita la cantidad de N procedente de deyecciones ganaderas que se puede aplicar a un cultivo. En las zonas designadas como vulnerables a la contaminación por nitratos este límite se sitúa en 170 kg N/ha y año para la mayoría de cultivos, aunque en ciertos casos el límite se sitúa por debajo de esta cifra.

Cuando se utilizan deyecciones ganaderas, especialmente en zonas donde éstas abundan, existe una tendencia a aplicar dosis de éstas hasta alcanzar, y en ocasiones superar, el límite legal establecido. Esta gestión no coincide a menudo con las recomendaciones agronómicas más básicas que en general indican el fraccionamiento de los aportes de N a los cultivos, para asegurar la disponibilidad de éste durante todo el ciclo de desarrollo, y que habitualmente aconsejan aportes de dosis de nitrógeno inferiores a las extracciones totales de los cultivos, ya que los cultivos disponen de otras fuentes de N aparte de los aportes de deyecciones ganaderas.

De forma general, las deyecciones se pueden aportar al suelo antes de la siembra. En el caso de los purines, existe la posibilidad, además, de aportes en coberturas tempranas, con la planta establecida, aunque esto no es posi-

CUADRO III.

Tabla de campo donde se correlacionan los valores de CE con el contenido en N, P₂O₅ y K₂O de los purines de porcino para la provincia de Girona.

CE (ds/m)	N total	N amoniacal (Kg/m ³)	P ₂ O ₅	K ₂ O
10	1,67	1,07	1,67	1,64
15	2,29	1,53	1,86	2,24
20	2,92	1,99	2,05	2,84
25	3,54	2,45	2,24	3,44
30	4,17	2,91	2,43	4,04
35	4,79	3,37	2,62	4,64
40	5,42	3,83	2,81	5,24
45	6,04	4,29	2,99	5,84
50	6,67	4,75	3,18	6,44
55	7,29	5,21	3,37	7,04
60	7,92	5,67	3,56	7,64
65	8,54	6,13	3,75	8,24
70	9,17	6,59	3,94	8,84
75	9,79	7,05	4,12	9,44
80	10,42	7,51	4,31	10,04

Tabla elaborada por técnicos de IRTA Mas Badia en el marco del Plan para la mejora de la fertilización agraria de las comarcas de Girona.



Foto 2. Conductímetro manual de campo con el que se está realizando una lectura de la CE de un purín.

ble en todos los cultivos. La aplicación de cobertura es posible en el caso de cereales de invierno y otros cultivos forrajeros (p.ej.: rai-grás), pero no es posible en el caso del maíz, con la maquinaria actualmente existente.

Las dosis de N a aportar con las deyecciones dependen de múltiples factores. En este caso se destacan dos: las producciones esperables -a mayor producción objetivo mayor dosis se puede aportar- y el momento de aplicación, que son de los más importantes. A modo de ejemplo, en el **cuadro V** se muestran las recomendaciones generales que, desde los Planes para la mejora de la fertilización agraria en Cataluña, se realizan para la aplicación de purines antes de la siembra de los cultivos extensivos. Se puede observar que, en el caso de maíz para grano, las aportaciones de nitrógeno en forma de purines no deberían superar los 120 kg N/ha en parcelas donde las producciones no superen las 13 toneladas/ha, ni los 170 kg N/ha para producciones superiores. Por otro lado, en la mayoría de cereales de invierno de secano con producciones alrededor de 5 t/ha, no se requieren aportaciones superiores a 120 kg N/ha. Como se ha comentado, en cereales de invierno se pueden, y se recomiendan por su mayor eficiencia (Bosch *et al.*, 2007), realizar aplicaciones de purines en cobertura. La dosis de N que se recomienda aportar en estos casos se sitúa entre 50 y 80 kg N/ha.

Se observa, por tanto, que en numerosas ocasiones las dosis de N que se deberían aportar a los cultivos son menores que las le-



Foto 3. Imágenes de la sonda y el monitor del equipo Fertimeter (conductímetro automático) y de la sonda instalada en la cisterna para realizar las lecturas de conductividad del purín.

EN VALLEY® TENEMOS LO QUE TU NECESITAS.

Maximiza la superficie regada con el Corner Valley® y el Bender 160 .



Con el corner Valley® se optimiza el riego de las esquinas mediante su brazo extensible. Disponible con tecnología GPS-RTK.



Bender160™ permite a cualquier pivot flexionarse hasta 160° en cualquier dirección, aumentando así la superficie regada.

VALMONT S.A.U.
www.valley-es.com
inforiego@valmont.es
 Tlf. 91 679 43 00

CUADRO IV.

Estimación del contenido en nitrógeno total de muestras de purín (n: 285) porcino y bovino, a partir de medidores de CE instalados en cisternas de 3 equipos de aplicación de purines de las zonas de Girona, Osona y el Vallès. Años 2008, 2009 y 2010.

	Total muestras (n:285)			Porcino Engorde (n: 189)			Porcino maternidad (n: 69)			Bovino leche (n: 27)		
	X	Min	Max	X	Min	Max	X	Min	Max	X	Min	Max
N total (kg/m ³)	3,68	1,63	8,19	3,79	1,84	8,19	3,15	1,63	5,98	4,32	2,04	7,36
CE (dS/m)	26,2	9,8	62,2	27,0	11,5	62,2	21,9	9,8	44,6	31,3	13,1	55,6

X: Valor promedio; Min: Valor mínimo estimado en el conjunto de muestras; Max: Valor máximo estimado en el conjunto de muestras.

CUADRO V.

Recomendaciones de aporte de N (kg N/ha) para distintos cultivos extensivos en el marco de los Planes para la mejora de la fertilización agraria en Cataluña.

		Dosis de N en fondo recomendada (kg N/ha)
Maíz	Producción > 13 t/ha	170
	Producción < 13 t/ha	120
Cereal de invierno	Producción > 4,5 t/ha	120
	Producción < 4,5 t/ha	80
Raigrás	En rotación de dos cultivos anuales	170
	Como único cultivo anual	100

galmente permitidas y que las habitualmente aplicadas. Y, consecuentemente, también serán menores las dosis de purines a aplicar.

Maquinaria para su aplicación

A parte de aplicar la dosis de purín necesario para el cultivo en cada momento, es necesario disponer de herramientas o equipos de aplicación adecuados que nos permitan apor-

tar las dosis deseadas y hacerlo teniendo en cuenta el estadio del cultivo y evitando efectos indeseables en el medio. Los equipos de aplicación a utilizar deben ser, al menos, capaces de aportar dosis bajas de purines y de realizar una distribución homogénea de éstos en la parcela.

Cada equipo de aplicación (conjunto de tractor, cisterna y aplicador) es diferente. Las características del tractor (potencia, forma de control de las revoluciones en la toma de fuerza, etc.), el volumen de la cisterna, la presión a la que ésta puede trabajar, el tipo de aplicador que se utiliza (abanico, enterradores con rejilla, rampa con tubos colgantes, etc.) y sus dimensiones y características, pueden influir en el volumen (m³/ha) de purín que se aplicará en la práctica.

Los principales factores derivados de las características del equipo y que pueden influir en la dosificación final son la velocidad de avance, la anchura de trabajo y el caudal de salida. La uniformidad de la aplicación depende principalmente de las características del aplicador. El sistema y tipo de aplicación es, por tanto, el factor más determinante y el que se debe elegir con mayor rigurosidad, ya que

incide sobre todos los parámetros anteriormente citados. Existen como mínimo tres grupos distintos de aplicadores: abanico, enterradores/inyectores y rampas con tubos colgantes (**foto 4**). En el **cuadro VI** se resumen comparativamente las principales características de estos tres tipos de aplicadores.

Como se ha dicho anteriormente, de un equipo de aplicación se pretende que sea capaz de aplicar dosis bajas de purines y que realice una distribución homogénea de los mismos.

Equipos para aplicación de dosis bajas

La posibilidad de aplicar dosis bajas de purines con un determinado equipo de aplicación depende principalmente de la velocidad de avance que se puede alcanzar, de la anchura de trabajo del mismo y de la posibilidad de regulación del caudal de salida del purín. La velocidad de avance incide directamente en la dosis que se aplica. Así pues a mayor velocidad que alcance el equipo, menor será la dosis aplicada. Este parámetro depende de la potencia del tractor, del peso del remolque o cisterna, del estado del terreno y de si el aplicador que se utilice incluye un cierto grado de trabajo del suelo. La anchura de trabajo también influye claramente en la dosis aplicada. Para aportar dosis bajas es necesario que la anchura de trabajo del equipo sea elevada. Equipos con anchuras de trabajo altas permiten la aplicación de dosis bajas. Este parámetro depende íntegramente del tipo de aplicador. En el **cuadro VI** se observa que las rampas de tubos colgantes son herramientas adecuadas si se desean anchuras de trabajo grandes.

Si se trabaja con un aplicador de púas, el equipo ve limitada su velocidad debido a la resistencia que ofrece el trabajo del suelo por las púas del aplicador. Además, estos aplicadores



Foto 4. Distintos tipos de aplicadores de purines. De izda. a dcha: abanico; enterradores/inyectores, y rampas con tubos colgantes.

suelen caracterizarse por anchuras de trabajo bajas. Por estos motivos se trata de aplicadores no aptos para aplicar dosis bajas o agronómicas. En el caso de los aplicadores en abanico, la anchura de trabajo de un equipo puede verse modificada por factores como la velocidad del viento, la densidad del purín, etc., y por tanto, se trata de un parámetro variable para un determinado equipo en función de variables externas al mismo.

Cuando la velocidad y anchura de trabajo no permiten la aplicación de dosis bajas, existe la opción de regular el caudal de salida del equipo. Esto se puede realizar incorporando instrumentos específicos, manuales o automáticos, en la cisterna, que permitan regular, hasta cierto punto, el caudal de salida del purín.

Equipos para distribuciones homogéneas

Realizar aplicaciones homogéneas de los purines es muy importante para evitar zonas de déficit o exceso de fertilización y alcanzar eficiencias del fertilizante elevadas. La homogeneidad puede variar mucho según el tipo de aplicador que se utilice.

CUADRO VI.

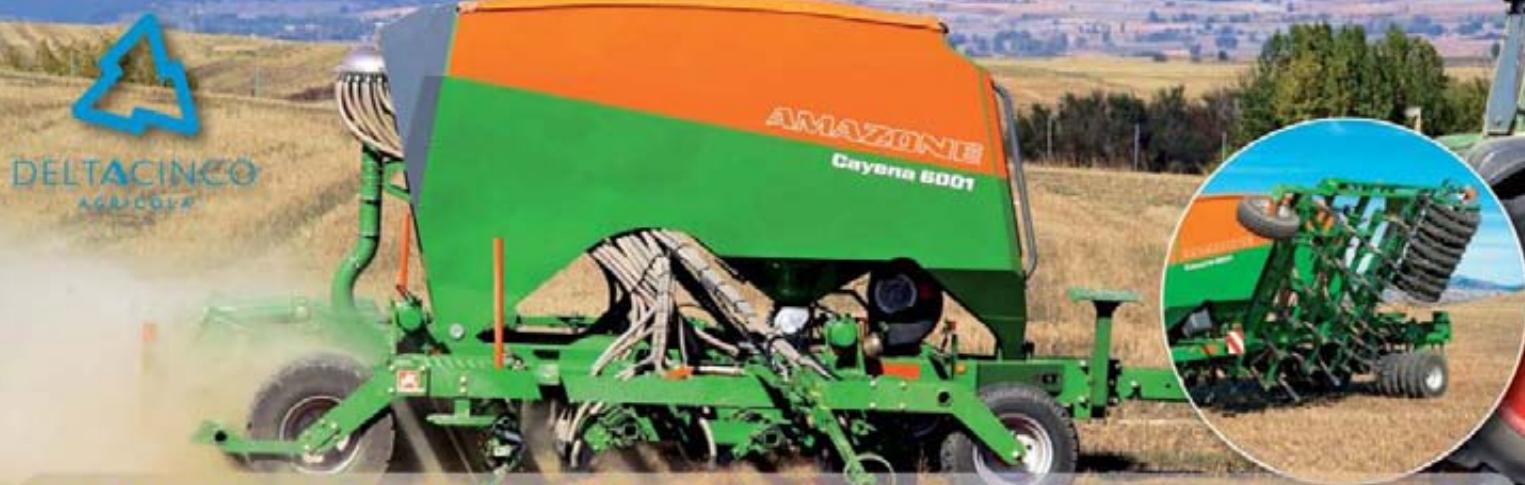
Comparativa de los parámetros principales, de tres tipos de aplicadores, a tener en cuenta en el momento de escoger un aplicador de purines.

	Abanico	Rampa con tubos colgantes	Enterrador con reja
Anchura de trabajo	Variable (8-18 m)	Grande (12-15 m)	Pequeña (3-5 m)
Uniformidad de aplicación	Baja	Buena	Buena
Necesidad de trabajar la parcela antes o después de la aplicación	En la mayoría de los casos se debe enterrar	En algunos casos enterrar después de aplicar	Es necesario trabajar el terreno antes de aplicar
Posibilidad de aplicación sobre el cultivo desarrollado	Sí, pero no es la herramienta más adecuada	Sí, es la herramienta más adecuada	NO
Emisión de olores	Muy alta	Baja	Inapreciable
Volatilización de amoníaco	Muy alta	Baja	Inapreciable
Velocidad de avance (km/h)	1,5-9	1,5-9	1,5-6
Posibilidad de aplicar dosis bajas	Variable	Sí	NO

En los aplicadores en abanico la homogeneidad de distribución depende de múltiples factores, desde la forma y posición del objeto sobre el que impacta el chorro de purín al salir de la cisterna, hasta la dirección e intensidad del viento en el momento de la aplicación, pasando por la densidad del purín que se aplica,

la pendiente de la parcela, etc. Es el sistema de aplicación con menor homogeneidad de aplicación y en el que ésta es más difícil de controlar.

En los sistemas de enterrado/inyección y de rampas con tubos colgantes las homogeneidades de aplicación suelen ser elevadas, siempre que la distancia entre tubos de salida del purín sea baja (menor de 30 cm) y se ase-



Sembradora de Rejas AMAZONE CAYENA

- Trabajo perfecto en todas las condiciones: SIEMBRA DIRECTA, MÍNIMO LABOREO O LABOREO CONVENCIONAL.
- Nuevas rejillas de siembra TINE-TEC en tres filas, con gran resistencia al desgaste y sin mantenimiento.
- Ancho de trabajo 6 m.
- Tolva de semilla de hasta 3.600 litros de capacidad.
- Distancia entre líneas 16,6 cm.
- Dosificación completamente eléctrica controlada por el ordenador AMADRILL + ó AMATRON +



AMAZONE

IMPORTADOR EXCLUSIVO
PARA ESPAÑA

KRONE

gure la libre salida del purín en todos los tubos. Normalmente esto se realiza mediante la anteposición de un equipo triturador-distribuidor, o varios, entre la salida de la cisterna y los tubos de salida del purín. Cuando este equipo no está presente y/o la distancia entre tubos es elevada, la homogeneidad de distribución del equipo puede disminuir mucho. Esto ocurre en enterradores sencillos con pocos tubos de salida y sin triturador, que además suelen tener anchuras de trabajo muy bajas, provocando aportes de dosis de purines muy elevadas y de distribución muy irregular. Pero, en general, los sistemas de enterrado/inyección y de rampas de tubos colgantes son los más adecuados para conseguir una correcta distribución del purín en la parcela.

Adaptación de la maquinaria

¿Son todos los equipos de aplicación igualmente aptos para aplicar un determinado purín a dosis agronómicamente adecuadas? Para responder a esta pregunta se realizó, durante el año 2010, el estudio de diferentes equipos de aplicación consistente en:

1. Caracterizar los equipos en cuanto a sus prestaciones y posibilidades.
2. Determinar los rangos de volúmenes de purines que técnica y económicamente cada equipo es capaz de aplicar.
3. Escoger un grupo de muestras reales de purines de las que se conoce su contenido en N.
4. Para cada muestra definir qué dosis de purín se debería aplicar para diversos cultivos y momentos de aplicación.
5. Clasificar estas muestras según la posibilidad de aplicación real de las dosis requeridas para cada uno de los equipos estudiados.

CUADRO VII.

Características de los cinco equipos de aplicación de purines evaluados.

Equipo	Aplicador		Cisterna	Tractor			Rango velocidades (km/h)
	Tipo	Anchura de trabajo (m)		Capacidad (l)	Marca	Modelo	
1	Enterradores con rejillas	4,67	15.500	Case IH	CVX 1195	195	1,5 - 6
2	Enterradores con rejillas	5,10	24.000	Fendt	927	270	1,5 - 9
3	Abanico	8,00	23.000	John Deere	8430	250	1,5 - 9
4	Abanico	15,20	17.000	John Deere	7720	170	1,5 - 9
5	Rampa con tubos colgantes	12,00	15.500	Case IH	CVX 1195	195	1,5 - 9

Caracterización de los equipos

Se caracterizaron cinco equipos de aplicación en los que se evaluaron los principales factores que pueden incidir en la dosis máxima y mínima que estos equipos pueden aplicar (**cuadro VII**): la anchura de trabajo, el volumen del depósito, el tractor utilizado, etc. También se determinó para cada equipo el tiempo de descarga a distintas presiones de trabajo en la cisterna.

Volúmenes aplicables

Se definieron cuatro clases o categorías de volúmenes de aplicación:

A. Volúmenes bajos de imposible aplicación. Precisarían que el equipo trabajase a presiones demasiado bajas y velocidades demasiado altas.

B. Volúmenes bajos difícilmente aplicables. Para aplicarlos el equipo debe trabajar a presiones bajas y velocidades altas posibles, pero no recomendadas ni fácilmente asequibles para el equipo en cuestión.

C. Volúmenes aptos para ser aplicados. Se encuentran en el rango en que el equipo trabaja a presiones y velocidades óptimas.

D. Volúmenes de aplicación altos económicamente inviables. Aplicar estos volúmenes es más costoso en términos económicos que aportar el nitrógeno en forma mineral.

Los valores límite de cada clase se determinaron en base a criterios técnicos (dependientes de la características de los equipos) y económicos (dependientes de la rentabilidad de las aplicaciones). Los umbrales técnicos separan la clase A de la B y la B de la C y se definieron para cada equipo evaluado a partir del conocimiento experto aportado por los usuarios de los equipos de aplicación, las características técnicas de los equipos y el tiempo medido de descarga según la presión de trabajo de la cisterna.

Los umbrales económicos separan la clase C de la D, para diferentes dosis de nitrógeno a aportar, y se definieron, para cada dosis, con el volumen de purín cuyo coste igualaba el coste de aplicación de un complejo NPK mineral de riqueza 15-15-15. El coste de aplicación del purín se ha calculado para cada equipo con su coste horario específico y asumiendo que el tiempo medio de aplicación de un tanque (desde el inicio de su llenado hasta que vuelve a estar a punto para reiniciar el llenado) es de una hora. Para el coste del abono mineral se ha utilizado la media de los precios de los años 2007, 2008 y 2009 según datos estadísticos del Departamento de Agricultura, Ganadería, Pesca y Medio Natural de la Generalitat de Cataluña.

Estos rangos se detallan, para cada equipo, en el **cuadro VIII**. Se puede observar que los volúmenes imposibles o difíciles de aplicar son más limitantes en los equipos enterradores/inyectores que en los de abanico o de rampas con tubos colgantes, a causa de las menores anchuras de trabajo y de las menores velocidades alcanzables por los primeros. Por el contrario, los rangos de aplicación económicamente no viables no dependen claramente del tipo de aplicador, sino que dependen más del equipo de aplicación en su conjunto. El mayor rango de volúmenes fácilmente aplicables se obtiene para el equipo que incluye un aplicador con rampa de tubos colgantes.

Dosis en condiciones reales de cultivo

Con los datos correspondientes a las 285 muestras de purines que se han sintetizado en el **cuadro V**, se han definido las dosis (m³/ha) de cada uno de estos purines que sería necesario aplicar para aportar una dosis de nitrógeno de 170 kg N/ha (dosis recomendada en aplicaciones de fondo en maíz de alta producción y límite anual legal en zona vulnerable), 100 kg N/ha (dosis habitualmente recomendada en aplicaciones de fondo de cereal de invierno) y 50 kg N/ha (dosis adecuada en aplicaciones de cobertura con purines en cereal de invierno). Posteriormente, para cada uno de los equipos, estas dosis de purines a aplicar de cada muestra (según la dosis de N que se pretendía aportar) se clasificaron según las clases definidas anteriormente (**cuadro VIII**).

Posibilidades para aplicar las dosis requeridas

En el **cuadro IX** se presenta el porcentaje de muestras de la base de datos que se sitúa en cada una de las categorías definidas, para cada uno de los equipos evaluados y las distintas dosis de nitrógeno de referencia.

En ningún caso el coste de aplicación del purín es superior al coste de aplicación del abono mineral (coste abono + aplicación), tal como se han calculado. A pesar de la presencia de muestras de purín muy diluidas (mínimo de 1,63 kg N/m³), que podrían considerarse inadecuadas para su aplicación agrícola, el coste de su aplicación es inferior al coste que tendría aplicar una dosis similar de NPK, o N (para dosis en cobertura con abono mineral). Cabe tener en cuenta que en situaciones diferentes a las consideradas (p. ej.: lugar de aplicación muy alejado de la balsa de purín con un tiempo medio de aplicación de un tanque de 1,5 horas) y con purines de menor concentración de nitrógeno, sí podrían encontrarse volúmenes cuya aplicación no fuera viable compara-

CUADRO VIII.

Rango de volumen (m³/ha) de purín que definen, para cada equipo, las diferentes clases de volúmenes que se definieron en el trabajo.

Categorías	Kg N/ha	Enteradores con púas				Abanico				Rampas con tubos colgantes	
		Equipo 1		Equipo 2		Equipo 3		Equipo 4		Equipo 5	
		Volúmenes (m ³ /ha)									
Volúmenes imposibles de aplicar	-	-	< 36	-	< 20	-	< 12	-	< 9	-	< 8
Volúmenes posibles pero difíciles de aplicar	-	36	52	20	32	12	17	9	13	8	11
Volúmenes adecuados	50	53	54	33	63	18	66	14	49	12	54
	100	53	102	33	119	18	124	14	92	12	102
	170	53	169	33	196	18	205	14	152	12	169
Volúmenes económicamente no viables	50	>54	-	>63	-	>66	-	>13	-	>54	-
	100	>102	-	>119	-	>124	-	>92	-	>102	-
	170	>169	-	>196	-	>205	-	>152	-	>169	-

rativamente a la aplicación de nitrógeno mineral. También pueden variar estas conclusiones en función de la evolución del precio del abono mineral.

El mayor porcentaje de volúmenes imposi-

bles o difíciles de aplicar se encuentra para los equipos de aplicación que incorporan el purín al suelo. Para el 98% de las muestras, equipo 1, y el 67%, equipo 2, (promedio de 82%) sería muy difícil o imposible aplicar la dosis reco-

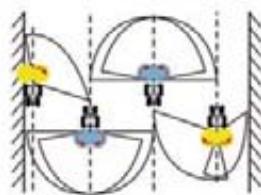


Maquinaria Agrícola **MOLLEDA, S.L.**
IMPORTADORES Y DISTRIBUIDORES DE MAQUINARIA AGRÍCOLA

boqballe

Pesamos cada grano para ponerlo donde túquieres

- Somos más rentables, por que nuestro sistema ahorra producto y lo reparte mejor
- Pesado continuo automático, especial para abonado en laderas.
- Ordenador calibrador de cantidad, velocidad y bordes.



M2plus

M2w

M3w



Ctra. de Madrid, km. 234. 09195 Burgos

Tel.: 947 27 99 00 • Móvil. 670 083 948

amolleda@amolleda.com • www.amolleda.com

CUADRO IX.

Porcentaje (%) de muestras incluidas en cada una de las categorías definidas y para cada tipo de aplicador y dosis de N que se pretende aportar.

	Enterradores con púas (equipos 1 y 2)			Aplicadores en abanico (equipos 3 y 4)			Aplicadores de tubos colgantes (equipo 5)		
	Dosis de N (kg N/ha)			Dosis de N (kg N/ha)			Dosis de N (kg N/ha)		
Clases de volúmenes	170	100	50	170	100	50	170	100	50
Volúmenes imposibles de aplicar	11,5	47	93	0	0	23,5	0	0	4
Volúmenes posibles pero difíciles de aplicar	25,5	35	7	0	6	37	0	0	31
Volúmenes adecuados	63	18	0	100	94	39,5	100	100	64
Volúmenes económicamente no viables	0	0	0	0	0	0	0	0	0

mendada (100 kg N/ha) en fertilización de fondo del cereal de invierno con enterradores con púas. Incluso para el 37% de las muestras (57% y 17% para los equipos 1 y 2, respectivamente) sería difícil o imposible no superar la dosis máxima de nitrógeno permitida (170 kg N/ha) en la normativa de zonas vulnerables con este tipo de aplicadores. De todas formas, existen diferencias entre distintos equipos que incorporan el mismo tipo de aplicador, probablemente debido a diferencias en la potencia del tractor. El equipo 2 incluye un tractor más potente que permite alcanzar mayores velocidades y, en definitiva, dispone de una potencia más adecuada para el uso de un enterrador.

Los equipos de aplicación con rampas de tubos colgantes o los aplicadores en abanico pueden utilizarse de forma correcta para aplicar las dosis de N más habituales en aplicaciones de fondo (100-170 Kg N/ha) para todo el rango de muestras analizadas. En el caso de aplicaciones de dosis realmente bajas (50 kg N/ha), especialmente en aplicaciones de cobertura, el equipo con aplicadores de tubos colgantes es el que permite aplicaciones correctas con el 64% de las muestras, mientras que solo se consigue en el 40% con los aplicadores en abanico.

Existen diferencias importantes entre los dos aplicadores en abanico evaluados, probablemente a causa de la diferente anchura de trabajo (mayor en el equipo 4 que en el 3). De todas formas, la anchura de trabajo en un equipo de abanico no es constante y varía en función de la densidad del purín, la presión de trabajo, la inclinación o forma de la plataforma de choque del purín, la fuerza y la dirección del viento en el momento de la aplicación, etc. Se hace, por lo tanto, difícil establecer criterios y pautas de trabajo en estos tipos de aplicadores.

Los aplicadores de tubos colgantes, por el contrario, mantienen constante la anchura de trabajo y además realizan aplicaciones de distribución homogénea a lo ancho de la aplicación. Existen, además, equipos de este tipo con anchuras de trabajo superiores a la del equipo 5 que permitirían ampliar el porcentaje de muestras susceptibles de ser adecuadamente aplicadas.

Conclusiones

La variabilidad en el contenido de nutrientes de los purines es un handicap importante para una correcta gestión agrícola de los mismos, ya que sin conocer su contenido en nutrientes es imposible dosificar su aplicación de forma coherente.

Existen herramientas que permiten conocer o estimar este contenido y se aconseja encarecidamente su uso. Por su facilidad de utilización una vez calibrado el método, los autores recomiendan el uso de la medida de la conductividad eléctrica para estimar estos contenidos. Además, este tipo de medidas es posible automatizarlas y es posible entonces que el usuario disponga de esta información para cada cisterna que ha de gestionar, de forma inmediata y sin necesidad de muestreos.

El otro dato importante para dosificar adecuadamente las aplicaciones de purines es conocer la cantidad de nutrientes, especialmente el nitrógeno, que se debe aportar en cada cultivo y momento de aplicación. La práctica de intentar aportar siempre las dosis máximas de nitrógeno permitidas no es agronómicamente recomendable, ya que a menudo estas dosis legales son, de hecho, demasiado altas en un elevado número de ocasiones. En muchas zonas se dispone de recomendaciones de aportes adaptadas a los sistemas agrícolas de las mismas.

Finalmente, es muy importante disponer de equipos de aplicación que, por una parte, permitan aportar dosis bajas de purines, que son habitualmente las más recomendables agronómicamente, y por otra realicen una distribución homogénea de los mismos en la parcela. En general, los aplicadores con rampas de tubos colgantes cumplen ambas premisas ya que, al disponer de anchuras de trabajo elevadas, permiten aplicaciones de dosis bajas, la homogeneidad de distribución es muy alta y, además, permiten aplicaciones en cobertura, una vez el cultivo está establecido, sin daños sobre las plantas. Otros aplicadores presentan problemas en algunos de estos aspectos, la homogeneidad de distribución y la variabilidad de la anchura de trabajo en el caso de equipos de aplicación en abanico, y la escasa anchura de trabajo que impide aportes de dosis bajas en el caso de enterradores/inyectores. ●

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer la inestimable colaboración de los propietarios de los equipos evaluados por su paciencia y la información y recomendaciones proporcionadas. El trabajo expuesto se ha financiado parcialmente a través del *Pla per la millora de la fertilització agrària a les comarques gironines* y del *Pla per la millora de la fertilització agrària al Vallès*.

Bibliografía

- Bosch A. D., Iglesias N., Amat M y Boixadera J. 2007. Efficiency of nitrogen in slurry and mineral fertilization under rain-fed Mediterranean agriculture. En Bosch A.D., Teira M.R., Villar J. (eds.) Towards a better efficiency in N use. pp. 164-166.
- Domingo F., Parera J., Mallol C., Canut N. y Serra J. 2009. Automatic electrical conductivity measurement for a better field management of pig slurry Proceedings of the 16th Nitrogen Workshop: Connecting different scales of nitrogen use in agriculture. p. 284.
- Marquès Miret L. 2002. Caracterització dels subproductes orgànics de les explotacions ramaderes del Baix Empordà. Projecte Final de Carrera de la titulación de Ingeniero Técnico Agrícola. Universitat de Girona. 115 pp.
- Parera J., Domingo F., Mallol C., Canut N. 2010a. Adaptación del uso de la conductividad eléctrica (CE) para determinar de forma rápida el contenido en nutrientes del purín porcino en Catalunya. II congreso Español de Gestión Integral de Deyeccciones Ganaderas. p. 67.
- Parera J., Mallol C., Domingo F., Canut N. 2010b. Determinación rápida de los nutrientes del purín de bovino de leche in situ en base a la lectura de la conductividad eléctrica (CE) para una correcta fertilización. II congreso Español de Gestión Integral de Deyeccciones Ganaderas. p.49.