

DOSSIERTÈCNIC

FORMACIÓ Y ASESORAMIENTO AL SECTOR AGROALIMENTARIO

N 14 | BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS (II)

Julio 2006

P02 Presentación P03 Medidas agroalimentarias para reducir el impacto medioambiental
P07 Almacenamiento de deyecciones ganaderas P11 Maquinaria para la aplicación de las
deyecciones ganaderas P19 Tratamiento de las deyecciones ganaderas P24 La Entrevista



ruralCat

La comunitat virtual agroalimentària
i del món rural

www.ruralcat.net



Generalitat de Catalunya
Departament d'Agricultura,
Ramaderia i Pesca
www.gencat.net/darp





PRESENTACIÓN



Salvador Puig i Rodríguez
Presidente de GESFER

El sector agroalimentario catalán, uno de los más modernizados en el estado español y de Europa, constituye un sector estratégico de la economía catalana y un factor clave del equilibrio territorial. El espíritu emprendedor de nuestra casa ha hecho evolucionar la agricultura hacia formas de intensificación que incrementan la producción de alimentos y de valor, y generan muchos puestos de trabajo a lo largo de la cadena. Esta intensificación se ha producido en producciones vegetales (huerta, fruta, flor y planta ornamental) pero de una manera muy especial, en la ganadería.

En consecuencia, debemos saber afrontar y resolver con el máximo rigor aquellos problemas que las nuevas formas de producción puedan generar, como es el caso del exceso de deyecciones ganaderas sobre los suelos y acuíferos de determinadas zonas de Cataluña. Es una problemática que se tiene que solucionar. El país lo necesita y la sociedad lo exige.

Este DOSSIER TÈCNIC es una muestra de los excelentes técnicos e investigadores que tenemos en el país, especializados en buenas prácticas agrarias, a los cuales agradecemos su colaboración, que será de gran utilidad para los agricultores y ganaderos.

Por parte del gobierno de la Generalitat, durante los dos últimos años se ha puesto en marcha el "Nuevo modelo de gestión de la fertilización",

presentado en el año 2004 al Parlamento de Cataluña por los consejeros del DARP y de Medio ambiente y Vivienda.

Este nuevo modelo se ha ido desarrollando, conjuntamente con el sector, a través de la Mesa de Fertilización. La Agencia de Residuos de Cataluña ha destinado más de 4 millones de euros a ayudas para instalaciones de tratamientos de deyecciones. Se han hecho gestiones para asegurar el futuro de las plantas de cogeneración existentes y para poder crear nuevas y se ha planteado el apoyo a otras tecnologías con aprovechamiento energético. También se ha publicado un nuevo decreto de zonas vulnerables que protege los acuíferos más amenazados. Se han simplificado las gestiones administrativas, a través de los ayuntamientos. Se han creado el centro de búsqueda público de Gestión Integral de Residuos Orgánicos (GIRO) y el consorcio para la Gestión de la Fertilización de Cataluña (GESFER). Y se han llevado a cabo una gran cantidad de actividades de formación y asesoramiento, desde los servicios de Transferencia Tecnológica y de Formación Agraria del DARP y desde las organizaciones profesionales y cooperativas

Pero todavía queda mucho por hacer. Es necesario adelantar más en la aplicación efectiva de buenas prácticas en las granjas y en los suelos agrícolas del país, disponer de más instalaciones de tratamiento, resolver la comercialización de los productos que se generan y desarrollar una estructura de asesoramiento y formación para ayudar a la adaptación de técnicos, empresarios y activos del sector a los nuevos requisitos.

En este sentido, la Administración y el sector nos hemos puesto de acuerdo para dotarnos de un instrumento, GESFER, que da respuesta a estas necesidades, potenciar al máximo todas las iniciativas que se están llevando a cabo y garantizar un futuro sostenible para nuestro sector agrícola y ganadero.

Dossier Tècnic. Núm. 14
"Buenas prácticas agrarias (II)"
Julio de 2006

Edición

Dirección General de Producción, Innovación e Industrias agroalimentarias. Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Catalunya.

Consejo de Redacción

Montserrat Gil de Bernabé Sala, Ramón Lletjós Castillos, Ramón Jové Miró, Jaume Sió Torres, Elisabet Cardoner Martí, Xavier Esteve Guiu (DG02), Agustí Fuentes Cavestany (IRTA), Santiago Riera Lloveras (Prensa) y Joan S. Minguet Pla.

Coordinación del presente número

Joan Salvador Minguet Pla.

Producción

Teresa Boncompte Ribera y Joan S. Minguet Pla.

Corrección estilística y lingüística

Teresa Boncompte Ribera.

Asesoramiento lingüístico

Joan Ignasi Elias Cruz.

Grafismo y maquetación

Quin Team!

Impresión

El Tinter
(empresa certificada ISO 14001 y EMAS)

Coordinación y traducción de la versión en castellano

TRAGSATEC

La versión en castellano de este número de Dossier Tècnic, es fruto de la colaboración del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino con el Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Generalitat de Catalunya

Depósito legal

B-16786-05
ISSN: 1699-5465
NIPO 770-10-014-0

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores. DOSSIER TÈCNIC no se identifica necesariamente. Se autoriza la reproducción total o parcial del artículo citando la fuente y el autor.

DOSSIER TÈCNIC se distribuye gratuitamente. Podéis pedir más ejemplares a la dirección: dossier@ruralcat.net.

Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca
Gran Via de les Corts Catalanes, 612, 4a planta
08007 - Barcelona
Tel. 93 304 67 45. Fax. 93 304 67 02
e-mail: dossier@ruralcat.net

Más recursos, enlaces y la versión electrónica en la web de RuralCat: www.ruralcat.net

Foto portada

Vista de un campo con aplicación uniforme de purines para una correcta fertilización. Foto: W. Eltink.

MEDIDAS ALIMENTARIAS PARA REDUCIR EL IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DE LAS DEYECCIONES GANADERAS



Aplicación localizada de purines de porcino. Foto: M. R. Teira.

01 Introducción

La intensificación de la producción ganadera, y su desvinculación del cultivo de la tierra, comporta la producción de excedentes de estiércoles o purines que pueden originar problemas medioambientales, relacionados principalmente con la contaminación de las aguas. Además, hace falta añadir una elevada sensibilización de la sociedad respecto a otras emisiones causadas por la ganadería intensiva, como pueden ser los malos olores. Entre los componentes del purín que pueden causar problemas medioambientales, destaca el nitrógeno, que puede causar problemas de eutrofización, nitrificación y lluvia ácida, el fósforo, que puede causar problemas de eutrofización y los metales pesados (principalmente cobre y zinc). La legislación actual sólo prevé un límite máximo de aplicación para el N de 210 kg/ha/año que, en los casos de zonas vulnerables de contaminación de las aguas por nitritos, es de 170 kg/ha/año. Es posible que en el futuro también se apliquen limitaciones para el fósforo y los metales pesados. El año 2000 el DARP estableció unos valores de referencia de producción de N para las diferentes especies animales y estados productivos (tabla 1), a partir

de los que se pueden calcular las necesidades de terreno necesarias para diseñar los planes de deyecciones ganaderas.

Puesto que la producción de N se puede modificar con el tipo de alimentación que reciba el ganado, más tarde el mismo DARP conjuntamente con el ASFAC y el DMA acordaron aceptar estrategias alimentarias (básicamente el uso de un mayor número de piensos y la reducción de su contenido de proteína) que modificaran a la baja los valores de referencia mencionados (tabla 2). El presente dossier se centra en la descripción de medidas para mejorar la eficiencia de utilización de nutrientes en el pienso y reducir el impacto medioambiental. Las medidas descritas son para la alimentación de cerdos de engorde, pero los mismos principios se pueden aplicar a otras especies.

02 Nitrógeno

02.01 Eficiencia de utilización del N del pienso

Se considera que en las condiciones actuales sólo un 35% del nitrógeno del pienso que consume un

cerdo de engorde entre 20 y 95 kg es aprovechado y que el 65% restante es eliminado al medio ambiente. Se estima que una cuarta parte de este N no utilizado se volatiliza en forma de amoníaco dentro de la propia granja y tres cuartas partes permanecen en las deyecciones. Durante el almacenamiento de las deyecciones, la volatilización del N en forma de amoníaco puede aumentar. El N volátil en forma de amoníaco es igualmente contaminante y se debe tener en cuenta a la hora de calcular las emisiones al medio ambiente.

La eficiencia de utilización del nitrógeno depende en primer lugar de las características de los animales.



Se considera que, en las condiciones actuales, sólo se aprovecha un 35% del nitrógeno del pienso que consume un cerdo de engorde entre 20 y 95 kg

El tipo de genética, el estado sanitario, etc. determinan las necesidades proteínicas de mantenimiento de los animales que nos determinarán el que conocemos como pérdidas obligatorias de N. En segundo lugar, la eficiencia depende también de las características del alimento, básicamente de la digestibilidad y del equilibrio de aminoácidos de su proteína. Alimentos con una digestibilidad baja contribuyen a un mayor contenido de N en los excrementos y proteínas desequilibradas favoreciendo el metabolismo de los aminoácidos en urea que es excretada a la orina. Por último, la eficiencia también depende de la precisión con la cual la composición del pienso se corresponda a los requerimientos nutritivos del animal. Una aportación excesiva de proteína, aunque sea con un buen equilibrio de aminoácidos, favorece su metabolismo en urea y excreción en la orina. Evitar un exceso en el aporte de proteína y mejorar el equilibrio entre aminoácidos son los aspectos en los cuales se puede dar una actuación más efectiva por parte nuestra. En el caso teórico que la aportación de aminoácidos a la dieta fuese exactamente la cantidad requerida por el animal, la excreción total de nitrógeno podría disminuir a la mitad del actual.

La excreción de N en una granja se puede calcular a partir de la diferencia entre el N consumido en el pienso y el N retenido por el animal. El consumo de N (kg) lo podemos calcular multiplicando el consumo de pienso (kg) por su contenido de proteína (en %) y por un factor de 0,0016. La retención de N (kg) en un cerdo de engorde se puede calcular a partir de la ganancia de peso del animal (peso final menos peso inicial) multiplicado por un factor de 0,0256 (asumiendo un contenido de proteína en el cerdo del 16%).

02.02 Estrategias para reducir la excreción de N

De acuerdo con las causas de la baja eficiencia de utilización del N del pienso descritas anteriormente, se pueden adoptar tres grupos de

medidas alimentarias para reducir la cantidad de nitrógeno en las deyecciones: incrementar la digestibilidad de la proteína del pienso, mejorar el equilibrio entre los aminoácidos de la dieta y evitar un exceso de proteína en relación a las necesidades del animal.

02.02.01 Mejora de la digestibilidad de la proteína del pienso

En el cerdo, la proteína y los aminoácidos que no han sido digeridos y absorbidos en el intestino delgado (íleon) ya no podrán ser

utilizados para sintetizar proteína. Al pasar al intestino grueso, estos aminoácidos pueden ser eliminados directamente a los excrementos o bien pueden ser utilizados por la microflora bacteriana para sintetizar proteína microbiana o para obtener energía. En este último caso, el N se convierte en amoníaco que es eliminado en forma de urea en la orina. Por eso es por lo que conviene mejorar la digestibilidad ileal de la proteína y aminoácidos de la dieta.

Conviene, pues, separar ingredientes con la mejor digestibilidad ileal de la proteína posible.

Tabla 1. Valores de referencia de excreción de N de diferentes especies (DARP, 2000).

	kg N / plaza/ año	ciclos /año	kg N /animal
Vaca Leche	73	-	73
Vaca amamantando	51,1	-	51,1
Ternero cría (1-4 m)	7,7	3	2,6
Ternero engorde	21,9	1,2	18,3
Cerda	15	-	15
Porcino (6-20 kg)	1,2	5,5	0,22
Porcino (20-100 kg)	7,25	2,2	3,3
Gallina ponedora	0,5	-	0,5
Pollo engorde	0,2	5	0,04

Tabla 2. Estrategias nutricionales para reducir los valores de referencia de excreción de N en cerdos (acuerdo DARP-ASFAC-DMA, 2003).

Nivel	Estrategia	Máximo (%) de PB	(%) de reducción
0	Referencia	libre	0%
1	3 fases en engorde con (%) PB	libre	5%
2	3 fases en engorde con limitación del (%) PB		
	· lechones (<20 kg)	18%	12%
	· cerdos (20 a 40 kg)	16,5%	
	· cerdos (40 a 70 kg)	15%	
	· cerdos (70 kg a sacrificio)	14%	
	· cerdas gestantes	14%	
	· cerdas lactantes	16,5%	
3	Multifases	libre	Cálculo individualizado

Tabla 3. Necesidades de aminoácidos esenciales en función de la proteína ideal (% lisina) para cerdos de diferente peso vivo.

	5-20 kg	20-50 kg	50-110 kg
Lisina	100	100	100
Treonina	65	67	70
Triptófano	17	18	19
Metionina	30	30	30
Cisteína	30	32	35
Isoleucina	60	60	60
Valina	68	68	68
Leucina	100	100	100
Phe+Tyr	95	95	95
Histidina	32	32	32



Sin aplicar medidas correctoras, un 70% del fósforo suministrado en el pienso de cerdos se elimina en las deyecciones

Aun cuando esto puede suponer un encarecimiento del precio del pienso, en algunas situaciones esto puede ser económicamente factible, especialmente si prevemos un coste medioambiental del N de las deyecciones. Para poder aplicar esta medida, es imprescindible formular el alimento en base a su contenido en aminoácidos digestibles ileales. También se debe de evitar que los ingredientes tengan un alto contenido en nitrógeno no proteico, puesto que este, a pesar de ser digerido, no puede ser utilizado por los animales monogástricos. El uso de tratamientos tecnológicos como la granulación o una molturación fina puede mejorar la digestibilidad ileal de los aminoácidos de los ingredientes. Por último, la adición de enzimas en la comida puede facilitar la digestión de algunos carbohidratos indigestibles de la pared celular (β -glucanasa, arabinosilanos), y favorecer así el acceso de las enzimas digestivas a la proteína.

02.02.02 Mejora del equilibrio entre los aminoácidos del pienso

Una vez digeridos, los aminoácidos son utilizados en los tejidos para realizar la síntesis de proteínas. Las proteínas sintetizadas tienen una proporción predeterminada de cada uno de los aminoácidos. En el caso hipotético de que un solo aminoácido no se encuentre en el lugar de síntesis, esta no se podrá llevar a cabo. En esta situación el resto de aminoácidos son catabolizantes, y su nitrógeno es excretado por la orina. Por eso es por lo que es muy importante que todos los aminoácidos se encuentren en las proporciones necesarias para la síntesis de proteínas. A la proporción de aminoácidos resultante de la suma de aminoácidos necesarios para sintetizar todas las proteínas de un animal se la conoce como proteína ideal. A causa de los cambios cuantitativos en la síntesis de diferentes proteínas con la edad del animal, la proteína ideal varía ligeramente (tabla 3).

Para mejorar el equilibrio entre los aminoácidos se puede formular el pienso con ingredientes que tengan un patrón de aminoácidos parecido a la proteína ideal, o bien hacer combinaciones de ingredientes que se compensen las carencias entre ellos. Una manera muy sencilla de mejorar el equilibrio es la utilización de aminoácidos libres de origen comercial. De hecho, los aminoácidos que se encuentran en las proporciones más bajas respecto a la proteína ideal (lisina, treonina, metionina y triptófano), denominados aminoácidos

Tabla 4. Efecto de la sustitución de soja por cebada y aminoácidos libres disponibles comercialmente sobre el crecimiento, el consumo de agua, la producción de purines y la excreción de nitrógeno en cerdos de engorde.

Contenido de PB en el pienso				
	19%	15%	14%	12%
Ensayo crecimiento				
Peso Inicial (kg)	20,59	20,83	20,74	20,82
Peso Final (kg)	55,73 ^a	56,49 ^a	54,78 ^a	50,86 ^b
Consumo (g/d)	1.634 ^a	1.655 ^a	1.552 ^{ab}	1.480 ^b
Ganancia peso (g/d)	748 ^a	759 ^a	724 ^a	639 ^b
I. Conversión	2,179 ^a	2,177 ^a	2,135 ^a	2,314 ^b
Ensayo balance				
Consumo pienso (g/d)	1.722	1.733	1.697	1.720
Consumo agua (g/d)	3.568 ^a	3.056 ^b	2.498 ^c	2.761 ^{bc}
Producción purín (g/d)	2.348 ^a	1.915 ^b	1.436 ^c	1.767 ^{bc}
Consumo N (g/d)	49,2 ^a	43,0 ^b	38,8 ^c	34,7 ^d
Retención N (g/d)	23,1 ^a	24,2 ^a	23,5 ^a	20,1 ^b
Excreción N (g/d)	26,1 ^a	18,8 ^b	15,4 ^c	14,5 ^c

^{abc} Valores en una misma fila con diferente letra son diferentes ($P < 0,05$)

Tabla 5. Efecto de la reducción del contenido de P inorgánico y de la adición de fitasa sobre el crecimiento y la excreción de P en cerdos de engorde.

Contenido P total	Normal	Reducido	Normal	Reducido
Adición de fitasa	No	No	Sí	Sí
Ensayo crecimiento				
Peso Inicial (kg)	23,7	23,7	23,7	23,7
Peso Final (kg)	43,4 ^a	41,3 ^b	43,8 ^a	44,1 ^{ab}
Consumo (g/d)	1091	1084	1082	1109
Ganancia peso (g/d)	533 ^a	475 ^b	544 ^a	552 ^a
I. Conversión	2,07 ^a	2,29 ^b	1,99 ^a	2,02 ^a
Ensayo balance				
Consumo P (g/d)	7,23 ^a	5,88 ^b	7,19 ^a	6,09 ^b
Excreción P excrementos (g/d)	4,08 ^a	4,09 ^a	3,19 ^b	2,80 ^b
Excreción P orina (g/d)	0,018 ^{ab}	0,018 ^{ab}	0,024 ^a	0,016 ^b
Excreción P total (g/d)	4,09 ^a	4,10 ^a	3,23 ^b	2,80 ^b
Retención P (g/d)	3,13 ^a	1,76 ^c	3,93 ^b	3,29 ^a

^{abc} Valores en una misma fila con diferente letra son diferentes ($P < 0,05$)

limitantes, se encuentran disponibles en el mercado a precios competitivos. Con el uso de estos se puede mejorar el equilibrio entre aminoácidos, reducir el contenido proteico del pienso de cerdos de engorde hasta un 14% sin afectar al crecimiento de los animales y, por lo tanto, reducir la excreción de nitrógeno en las deyecciones (Tabla 4).

02.02.03 Mejora en la precisión aportación - requerimientos de aminoácidos

Por último, conviene que la cantidad de aminoácidos suministrados por el pienso coincida con las necesidades reales de los animales. En el caso de una aportación excesiva, en la cual haya más aminoácidos disponibles de los que el animal puede utilizar, porque el animal ya ha logrado su máximo crecimiento, estos aminoácidos serán catabolizados y el nitrógeno excretado en orina. En el caso contrario, de

una aportación insuficiente, el animal no puede expresar su máximo potencial y crecerá más lentamente; esto alarga el periodo productivo y aumenta por lo tanto las pérdidas obligatorias totales de nitrógeno. El requerimiento de cada uno de los aminoácidos para un animal o grupo de animales es la cantidad mínima de cada uno de estos aminoácidos que permite una óptima respuesta cuando el resto de nutrientes no son limitantes. Expresados en función de su concentración en el pienso, los requerimientos de aminoácidos disminuyen progresivamente al aumentar la edad del animal. Si podemos satisfacer las necesidades de los animales a lo largo de su vida productiva, el uso de un número limitado de piensos (por ejemplo, 2 fases) diferentes supone que haya periodos largos durante los cuales se suministra una cantidad de aminoácidos excesiva que se elimina en los purines. Al contrario, un cambio frecuente en la composición del pienso (alimentación multifase) mi-

nimiza esta aportación excesiva y reduce el nitrógeno de las deyecciones (Figura 1).

Implementar un número elevado de fases puede traer problemas logísticos importantes y por eso es por lo que cada explotación se habrá de adaptar a sus posibilidades (número de silos, frecuencia de rellenado, posibilidades de suministro, etc.). Una posibilidad interesante es la que se conoce como alimentación multifase y que consiste en la mezcla, en la propia granja, de dos o más piensos (con alta y baja concentración de aminoácidos, respectivamente) de forma que modificando las proporciones se puede variar la concentración de aminoácidos de la mezcla final, tan a menudo como nos convenga (Figura 2). Los nuevos sistemas de alimentación líquida ofrecen grandes posibilidades en este aspecto.

03 Fósforo y metales pesados

Aunque no hay una legislación específica sobre los niveles de aplicación de P y de metales pesados en forma de estiércoles y purines, en algunos países de la UE este aspecto ya está legislado. La problemática del Cu y el Zn está relacionada con su uso a altas concentraciones (de hasta 30 veces las necesidades) para prevenir las diarreas de los lechones. Aunque este uso ha sido prohibido por la UE, en algunos países (entre ellos España) todavía está autorizado durante las dos primeras semanas postdestete. La prohibición del uso de antibióticos promotores del crecimiento y la carencia de alternativas eficaces y económicas, explican este hecho.

03.01 Eficiencia de utilización del P del pienso

Sin aplicar medidas correctoras, un 70% del fósforo suministrado en el pienso de cerdos es eliminado en las deyecciones. Esto es debido a que los piensos han sido formulados con un alto contenido de ingredientes de origen vegetal que tienen una elevada proporción del P en forma de fitatos. Este tipo de P no puede ser utilizado para los animales monogástricos y se excreta en los excrementos.

03.02 Estrategias para reducir la excreción de P

La adición de fitasas exógenas al pienso mejora la eficiencia de utilización del fósforo fítico de los vegetales, puesto que permite una mejor digestibilidad del fósforo y una reducción de la aportación en la dieta (tabla 5).

Figura 1. Evolución con el peso del requerimiento y de las aportaciones de lisina para cerdos de engorde con un programa de dos fases o un programa multifase.

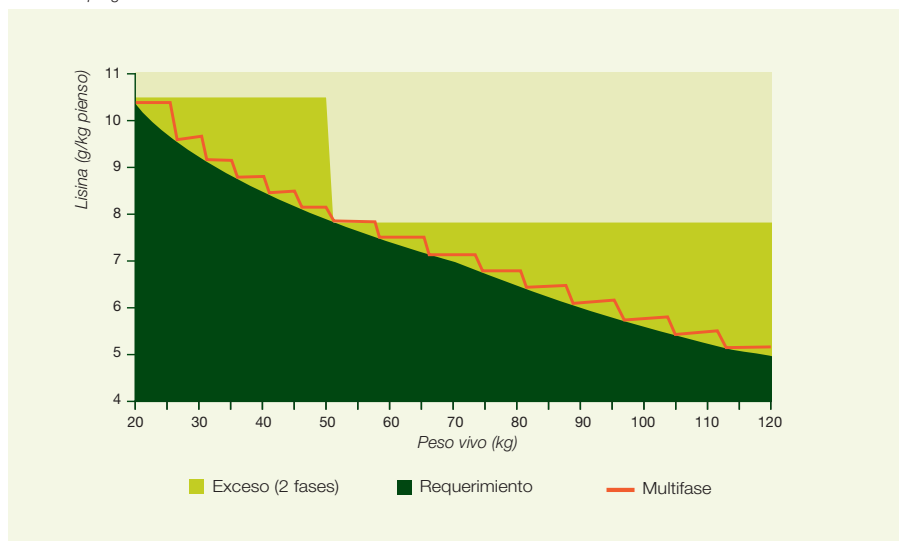
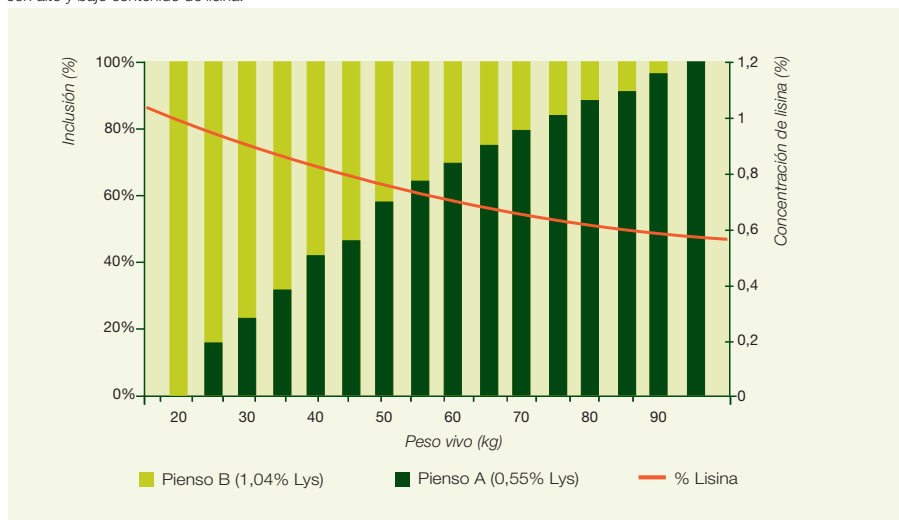


Figura 2. Evolución de la concentración final de lisina en el pienso obtenido de la mezcla de diferentes proporciones de dos piensos con alto y bajo contenido de lisina.



Aun así, al igual que para el N, las necesidades de P de los animales disminuyen con la edad de los animales y, por lo tanto, conviene realizar cambios frecuentes en la composición del pienso (alimentación multifase) que minimicen aportaciones excesivas.

04 Malos olores

Aunque hasta 331 sustancias están relacionadas con el olor procedente de explotaciones porcinas, estas se han clasificado en cuatro grupos principales: (1) ácidos grasos volátiles, procedentes de la fermentación microbiana de la fibra y algunos aminoácidos; (2) indoles y fenoles, provenientes de la degradación de los aminoácidos aromáticos fenilalanina, tirosina y triptófano; (3) compuestos sulfurados, procedentes de la degradación de los aminoácidos sulfurados metionina y cisteína; y (4) amoníaco y

aminas volátiles, procedentes de la degradación de la urea y de aminoácidos, respectivamente. El segundo y tercer grupo de compuestos son en gran medida los causantes de los malos olores, puesto que son altamente ofensivos y tienen un umbral de detección muy bajo. Dado que estos provienen de la degradación de aminoácidos, todas las medidas descritas anteriormente para reducir la excreción de N contribuirán en gran medida a reducir también los malos olores. Aun así, hay que evitar el uso de fuentes de proteína ricas en aminoácidos sulfurados como las harinas de pescado y harinas de plumas.

05 Conclusiones

La emisión de sustancias contaminantes en las deyecciones ganaderas puede ser reducida mediante una mejor alimentación del ganado. El principal mecanismo de reducción es la uti-

lización de piensos con un menor contenido en proteína y fósforo. Esto, se debe de conseguir sin que se vea afectada la productividad de los animales. La utilización de aminoácidos libres de síntesis para mejorar el equilibrio entre los aminoácidos, así como el uso de fitasas para aumentar la digestibilidad del fósforo fítico son de especial interés. Para evitar aportes excesivos de nutrientes, es también muy importante realizar cambios frecuentes en la composición del pienso para poder adecuar la aportación de N y de P a las necesidades de los animales, las cuales disminuyen con la edad.

06 Autor



Torrallardona Llobera, David
Departamento de Nutrición Animal.
IRTA-Centro de Mas Bové.
David.Torrallardona@irta.es

ALMACENAMIENTO DE DEYECCIONES GANADERAS



Foto 1. Sistema de recogida de fluidos del estercolero hacia un depósito para el líquido de escorrentía. M.R. Teira.



Foto 2. Balsa de purines impermeabilizada con una lámina plástica y cierre perimetral. M.R. Teira.

01 Introducción

El uso principal de las deyecciones ganaderas es la aplicación al suelo, ya sea como abono o bien como enmienda orgánica. Esta es la mejor manera de valorarlas económica y ambientalmente.

Para optimizar el uso de las deyecciones como abono, es decir, aplicarlas en el momento necesario y en la dosis adecuada, es imprescindible disponer de un sistema de almacenamiento apropiado a las características de la explotación

agroganadera. En cualquier caso, el sistema de almacenamiento debe ser impermeable y lo suficientemente "robusto" (de suficiente capacidad) para hacer frente a la realidad cambiante de la explotación (rotaciones de cultivo, épocas de lluvia continuada que impiden entrar a los campos, etc.). Además, el almacenamiento puede reducir la carga inicial de microorganismos patógenos de manera significativa, aun cuando no garantiza la higienización total.

02 Sistemas de almacenamiento

La cantidad y composición de las deyecciones producidas depende tanto del tipo de animal como de las instalaciones y prácticas de manejo que se realicen (Babot et. al., 2004). En términos generales, se denomina estiércol las deyecciones que presentan más de un 15% de materia seca (MS) y se pueden apilar. Cuando el contenido de MS es inferior al 15%, se denominan deyecciones semisólidas y cuando el contenido de MS es próximo al 5% o inferior se denomina purín.



El sistema de almacenamiento debe ser impermeable y de suficiente capacidad para hacer frente a la realidad cambiante de la explotación (rotación de cultivos, lluvias, enfermedades, etc.)

Las deyecciones ganaderas líquidas se almacenan en tanques (rectangulares o circulares), balsas y fosos. Los tanques rectangulares suelen ser de obra, de hormigón, y han de estar impermeabilizados por una lámina de plástico o por cualquier otro sistema que garantice el sellado y la impermeabilización total. Con respecto a los tanques circulares, se suelen construir con láminas curvas de acero o con bloques de hormigón. Los tanques pueden estar totalmente o parcialmente enterrados. Las balsas pueden ser excavadas en tierra o bien de obra siempre que se garantice la impermeabilidad. El purín también se puede almacenar temporalmente en los fosos (situados bajo las instalaciones de la explotación que alojan el ganado) hasta que se vacían en la balsa o tanque de almacenamiento o se aplica al suelo.

Para preservar el valor fertilizante de las deyecciones, es aconsejable cubrir las balsas. Así se evita la entrada de aguas de lluvia y la volatilización de amoníaco. Se pueden cubrir con plásticos o bien con una cubierta flotante, como por ejemplo paja picada o la costra que se forma espontáneamente. Estas cubiertas pueden implicar limitaciones técnicas y operacionales. Es decir, la decisión de qué tipo de cubierta es preferible, se debe tomar en cada caso particular. Para la gestión de los estiércoles hace falta disponer de estercoleros debidamente impermeabilizados y que garanticen la recogida de los lixiviados. Los lixiviados se recogen con un sistema de colectores y se canalizan en cabeza al depósito por líquidos (Foto 1). Cuando el estiércol no está muy líquido, puede ser suficiente disponer de un estercolero construido en contra pendiente (Figura 1) de forma que los lixiviados queden confinados dentro del estercolero y absorbidos por el estiércol sin crear un charco.

Las deyecciones semisólidas se deben de almacenar en una balsa. El complicado manejo de estas deyecciones se facilita con una separación de fases (sólida y líquida) previa al almacenamiento. La separación de las dos fases se puede hacer dejando escurrir las deyecciones líquidas

Figura 1. Ejemplo de un estercolero con contrapendiente (vista lateral).

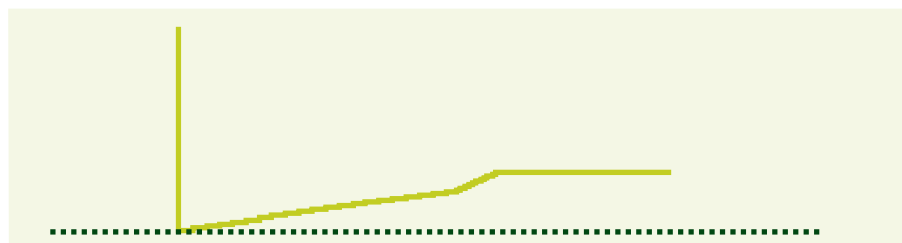
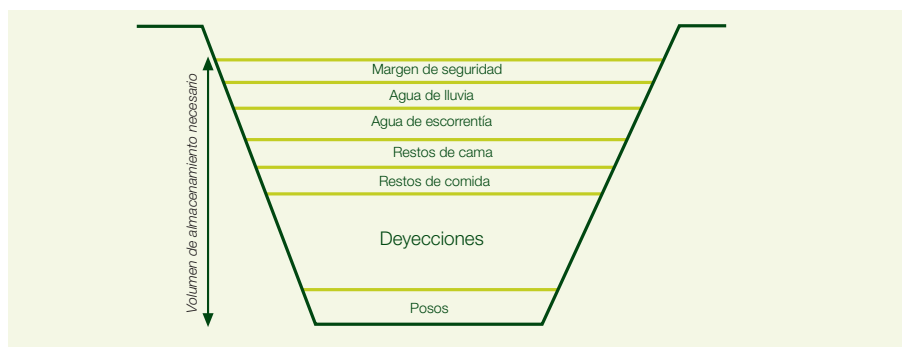


Figura 2. Volumen de almacenamiento necesario (adaptado de ASAE, 2004).



hacia la balsa y empujando el resto hacia el estercolero, o bien con un filtro de prensa capaz de separar las dos fases.

03 Capacidad de los sistemas de almacenamiento

Las explotaciones ganaderas deben disponer de una capacidad de almacenamiento suficiente para que quepan, durante el tiempo en que la aplicación agrícola como abono no sea posible, las deyecciones ganaderas generadas, los restos de comida, las aguas residuales de limpieza de los abrevaderos, etc. (Figura 2). Se recomienda evitar la entrada del agua de lluvia al sistema para no incrementar innecesariamente las necesidades de almacenamiento.

Para estimar la frecuencia de vaciado, hace falta considerar:

- la superficie de tierras cultivadas de la explotación
- la rotación de cultivos
- las épocas óptimas de aplicación de deyecciones
- la dosis óptima para cada cultivo

Esto permite hacer una primera aproximación de las salidas (volumen y momento) de deyecciones ganaderas del sistema de almacenamiento.

La única forma de garantizar la correcta aplicación agronómica de las deyecciones ganaderas es disponer de un sistema de almacenamiento

lo suficientemente robusto para poder hacer frente a situaciones adversas que alteran la planificación de la gestión de las deyecciones ganaderas de la explotación. Por ejemplo, lluvias continuadas coincidentes con la época de aplicación de las deyecciones pueden retrasar las aplicaciones hasta 2 ó 3 meses. Las condiciones sanitarias también pueden impedir la aplicación al suelo de las deyecciones ganaderas, etc.

Desde el punto de vista de la normativa, la capacidad de almacenamiento debe ser superior a 4 meses y debe permitir una correcta gestión de las deyecciones. El Departamento de Agricultura Ganadería y Pesca (DARP) considera que la autonomía suficiente mínima, medida en meses, en función de las posibilidades de aplicación de las deyecciones ganaderas es la que se presenta a la tabla 1

La naturaleza de las deyecciones ganaderas fuerza a realizar las aplicaciones básicamente en fondo. Normalmente, sólo los productos más líquidos (y de relación C/N baja) como los purines, se pueden aplicar cuando el cultivo ya está implantado. Por lo tanto, se considera que la autonomía mínima de almacenamiento debe ser superior para deyecciones ganaderas sólidas y de mayor valor orgánico que para líquidas (tabla 1).

04 Características constructivas de los sistemas de almacenamiento

Desde el punto de vista normativo, el Real Decreto 324/2000 establece que los sistemas de almacenamiento deben ser totalmente impermeables.

04.01 Sistemas de almacenamiento para deyecciones sólidas

Según la Orden de 22 de octubre de 1998, del Código de buenas prácticas agrarias en relación con el nitrógeno, los estercoleros se deben construir sobre suelo impermeable y de resistencia suficiente para soportar el peso del producto, como también el de los vehículos que puedan entrar a cargar y descargar. El estercolero debe disponer:

- De un sistema de recogida de fluidos (Foto 1) y de aguas pluviales.
- de protecciones laterales para garantizar que el estiércol no salga fuera y privar la entrada de líquidos, otros materiales, de personas o animales.

Es aconsejable, también, situar el almacén de estiércoles de nueva construcción en emplazamientos donde se ocasione el mínimo de molestias por malos olores. Para esto, se tendrá en cuenta la dirección dominante del viento. En zonas de alta pluviometría, es recomendable cubrir los estercoleros para evitar perder valor fertilizante de los estiércoles y generar más lixiviados.

04.02 Sistemas de almacenamiento para deyecciones líquidas y semisólidas

Los tanques o balsas deben ser estancos para evitar los flujos de líquidos (tanto las infiltraciones hacia las capas subterráneas como las infiltraciones hacia el interior del sistema de almacenamiento).

La profundidad de la balsa de purines no debe superar nunca la altura máxima a la que puede trabajar la bomba de extracción de los purines de la balsa. De esta manera se minimiza el peso.

Para la correcta construcción de depósitos para almacenar deyecciones líquidas y semisólidas el Código de buenas prácticas agrarias, en relación con el nitrógeno, recomienda:

- Cuidar la elección del terreno. Los suelos deben ser estables e impermeables
- Garantizar la resistencia de las paredes del depósito a las presiones laterales del líquido. En depósitos rectangulares o cuadrados hace falta reforzar los ángulos, mientras que si son cilíndricos las fuerzas se reparten uniformemente.
- En depósitos enterrados hay que garantizar la resistencia de las paredes a la presión exterior de la tierra y de las aguas de infiltración, principalmente cuando están vacíos
- Usar materiales de recubrimiento impermeables. Si son de lámina plástica (Foto 2), caucho, etc.,

Tabla 1. Autonomía de almacenamiento (en meses) de las deyecciones necesaria en las explotaciones ganaderas según la ubicación (cultivos de la zona) y la consistencia del producto (DARP, 2005).

Ubicación de la explotación		Autonomía de almacenamiento (meses)		
Comarcas	Municipio	Estiércol	Gallinaza	Purín
Alt Urgell, Alta Ribagorça, Berguedà, Cerdanya, Pallars Sobirà, Ripollès, Val d'Aran	Todos los municipios	7	6	5
Anoia, Bages, Garrigues, Noguera, Pallars Jussà	Municipios en zona de secano (*)	7	6	6
Pla d'Urgell, Segarra, Segrià, Solsonès, Urgell	Municipios en zona de regadío (*)	6	5	4
Alt Empordà, Baix Empordà, Garrotxa, Gironès, Pla de l'Estany, Selva, Osona, Vallès Occidental, Vallès Oriental	Todos los municipios	6	5	5
Alt Camp, Alt Penedès, Baix Camp, Baix Ebre, Baix Llobregat, Baix Penedès, Barcelonès, Conca Barberà, Garraf, Maresme, Montsià, Priorat, Ribera d'Ebre, Tarragonès, Terra Alta	Todos los municipios	7	6	6

(*) Consultas www.genecat.net/darp/c/ramader/dejecram/dejec13.htm

Figura 3. Estratificación natural de los nutrientes debido al almacenamiento de los purines (Irañeta et. al., 2002).

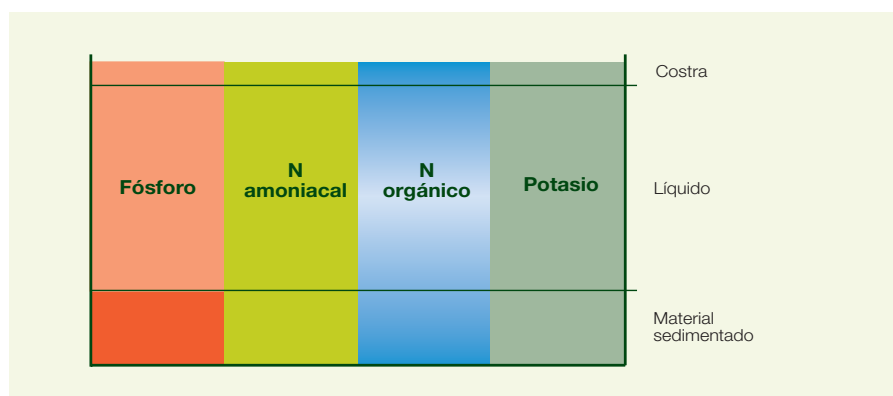


Figura 4. Evolución del contenido de nutrientes durante el vaciado de una balsa (Irañeta et. al., 2002).

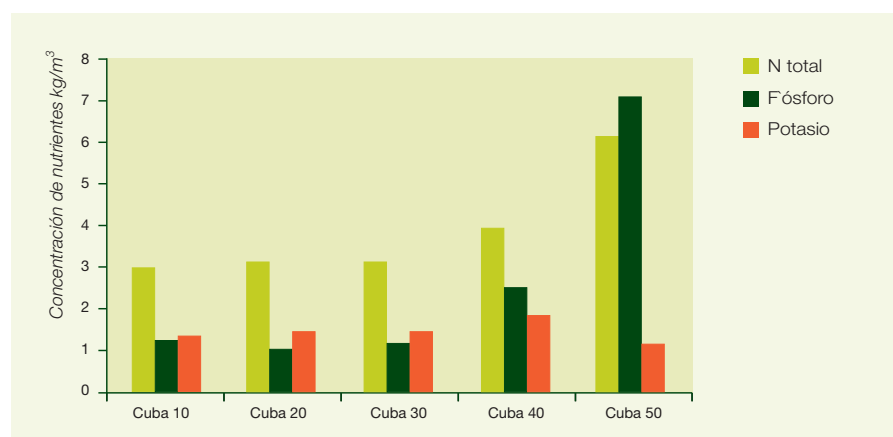




Foto 3. Balsa de purines con cierre perimetral. M.R. Teira.



Foto 4. Agitador instalado permanentemente al tanque de purines. A. Magri.

hay que tener presente la vida útil del material y evitar agresiones mecánicas,

- Que la tierra de los depósitos tenga una pendiente del 5 al 10% hacia la salida o punto de bombeo.

05 Medidas de seguridad en el manejo de las deyecciones

Se recomienda que las balsas exteriores enterradas dispongan de un cierre perimetral para evitar accidentes y la entrada de animales (foto 3).

Durante el almacenamiento, las deyecciones ganaderas (tanto sólidas como líquidas) se degradan y fermentan, y dan lugar a gases tóxicos: el sulfato de hidrógeno (H_2S), el dióxido de carbono (CO_2), el amoníaco (NH_3) y el metano (CH_4).

Todos estos gases tienen efectos negativos sobre la salud humana y el medio ambiente. Por ejemplo, a concentraciones bajas el sulfato de hidrógeno provoca olor a huevos podridos y la irritación de los ojos y la nariz. Nunca se debe bajar a un tanque o balsa que esté enterrado sin extremar al máximo las medidas de seguridad. En el interior se pueden acumular gases tóxicos, más pesados que el aire, que pueden provocar mareo y pérdida de conciencia, con consecuencias muy graves. Remover manualmente el purín, entrar en la balsa o depósito tras vaciarlos para reparar o hacer alguna inspección del estado de la balsa, romper la capa seca superior de la masa de estiércol, etc., son operaciones altamente peligrosas y pueden causar accidentes muy graves.

06 Optimización del aprovechamiento de las deyecciones ganaderas: homogeneización de las deyecciones líquidas y semisólidas

Una correcta fertilización con deyecciones ganaderas pasa por conocer el producto que se aplica, ajustar la dosis de aplicación a las necesidades de los cultivos y hacer esta aplicación de forma homogénea en toda la parcela. En este sentido, se debe tener en cuenta que en los depósitos de almacenamiento para deyecciones líquidas y semisólidas se produce una estratificación natural de los purines (Figura 3). En la parte superior del depósito se forma una costra de materiales menos densos que tiende a secarse. Al fondo, sedimentan los materiales más densos, y en la parte central resta la fracción líquida.

Mientras que el potasio y la fracción amoniacal del nitrógeno se distribuyen de manera homogénea en profundidad, el fósforo y el nitrógeno orgánico se concentran en uno o dos estratos (Figura 3).

Si no se homogeneizan las deyecciones antes del vaciado, el valor fertilizante de las deyecciones varía durante el vaciado del depósito (Figura 4). El purín de las últimas cubas es mucho más rico en nitrógeno y en fósforo

Por lo tanto, es imprescindible homogeneizar el producto antes del vaciado para hacer un buen uso de las deyecciones ganaderas como abono. Los agitadores permiten mejorar la uniformidad de la composición del producto que se aplica al suelo (foto 4).

El vaciado de los depósitos de almacenamiento se puede hacer por gravedad (hará falta disponer de un desnivel con respecto a la solera) o bien por bombeo (imprescindible cuando el depósito está soterrado). El bombeo mejora la homogeneidad del valor fertilizante del producto.

07 Bibliografía

ASAE STANDARDS (2004) *Manure Storages*. EP393.3.

BABOT D., ANDRÉS N., DE LA PEÑA L. i CHÁVEZ E. R. (2004) *Técnicas de gestión medioambiental en producción porcina*. Fundación Catalana de Cooperación. También disponible en Internet: http://www.projectetrama.com/interior.asp?mod=guies&u=gga_guies. Página consultada el 3 de mayo de 2006.

IRAÑETA J.G., ABAIGAR A. i SANTOS A. (2002) "Purines: ¿fertilizante o contaminante?". *Navarra agraria*, ISSN 0214-6401, núm. 132, 2002, pág. 9-24. ISSN 0214-6401.

Mejores técnicas disponibles. Documento de referencia sobre las mejores técnicas disponibles para la cría intensiva de aves y ganado porcino. 2002. Disponible en <http://www.gencat.net/mediamb/ipp/documentacio/ramaderia%20intensiva-sumari-executiupdf>. Consultado el 3 de mayo de 2006

ORDEN de 22 de octubre de 1998, del Código de buenas prácticas agrarias en relación con el nitrógeno (DOGC núm. 2761, de 9.11.1998)

Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. B.O.E. núm. 58, de 8-03-2000.

08 Autores



Ubach Miró, Núria
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo, UdL.
nubach@macs.udl.es



Teira Esmatges, M. Rosa
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo, UdL.
rosa.teira@macs.udl.es

MAQUINARIA PARA LA APLICACIÓN DE LAS DEYECCIONES GANADERAS COMO REGULAR PARA MEJORAR LA DISTRIBUCIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS EN LA PARCELA



Aspiración de purín a una cisterna. Foto: CMA.



Carga de estiércol en el esparcidor. Foto: CMA.

01 Introducción

La utilización de deyecciones ganaderas o abonos orgánicos de diferente procedencia, aviar, porcino o vacuno, como elementos fertilizantes en la agricultura es tan antiguo como la propia actividad agrícola.

El aporte de materia orgánica al suelo, junto con el suministro de las unidades fertilizantes necesarias para el buen desarrollo del cultivo, permite mejorar los aspectos estructurales del suelo, incrementar la presencia de la fauna útil y reducir el nivel de utilización de fertilizantes de origen químico.

Pero el abuso y uso indiscriminado de distribuciones de estiércoles, a menudo sobre las mismas superficies de cultivo, pueden originar graves problemas al medio ambiente.

01.01 Código de buenas prácticas agrarias

Esta distribución de estiércoles debe cumplir los requerimientos especificados en la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrícola, y traspasada a la legislación española mediante el RD 261/1996, de 16 de febrero.

En este Real Decreto, en su artículo 5, se establece que las comunidades autónomas elaborarán un código de buenas prácticas agrarias.

En Cataluña, este código de buenas prácticas agrarias en relación con el nitrógeno se encuentra publicado en la Orden de 22 de octubre (DOGC núm. 2761, de 9 de noviembre de 1998).

De esta manera los agricultores pueden poner en práctica este código con el fin de reducir la contaminación de las aguas por nitratos de origen agrario.

En el apartado de Fertilización del portal RuralCat se pueden consultar textos referentes a buenas prácticas agrarias, ver página web: www.ruralcat.net.

01.02 Caracterización del estiércol

Se considera estiércol sólido al abono mineral de origen orgánico con contenido de materia seca (MS) superior al 15%. Aquellos estiércoles cuyo contenido sea inferior al 15% se denominan estiércoles semilíquidos y cuando el valor de la MS está próxima al 5% se habla de purín, fracción líquida de las deyecciones animales. Tanto el estiércol como el purín se pueden considerar como residuo orgánico.

02 Distribución del residuo orgánico

La problemática medioambiental originada actualmente es debida, mayoritariamente, a la distribución de residuo orgánico líquido, originado de la unión de deyecciones sólidas y líquidas, junto con aportaciones de agua necesaria para la limpieza de las instalaciones. Consecuentemente hará falta tomar las medidas oportunas para evitar los problemas que se derivan de la contaminación del agua, emisión de olores, problemas higiénicos sanitarios y efectos en las características del suelo.

Por lo tanto, será necesario determinar bien la dosis y escoger la época adecuada para la distribución del residuo orgánico.

El cálculo de la dosis a distribuir se debe hacer de acuerdo con las consideraciones ambientales ya mencionadas y en función de las necesidades en elementos nutrientes del cultivo. Estos planteamientos son básicos para conseguir una buena gestión medioambiental y agronómica. Véase la página web:

http://www.arc-cat.net/ca/publicacions/pdf/altres/fulleto_dej.pdf



Las máquinas distribuidoras de estiércol y de purín deben cumplir con los requerimientos de la directiva de máquinas 98/37/CE



Las máquinas distribuidoras de deyecciones ganaderas están fabricadas con material resistente y protegido contra la capacidad corrosiva del estiércol. Foto: CMA.

03 Problemas derivados de la utilización de máquinas

La utilización de máquinas para distribuir estiércol y purín origina una serie de problemas de organización y operativos como:

- Reducida utilización de las máquinas, debido a la discontinuidad de las operaciones de distribución y su concentración en determinados periodos del año.
- Elevada incidencia del tiempo de transporte en relación al total necesario para la distribución.
- Dificil control de la dosis a distribuir.
- Compactación del terreno derivada del exceso de peso de las máquinas a plena carga y de su pequeña anchura de trabajo.

Respecto a la compactación del terreno es interesante mencionar que:

- Después de una distribución de estiércol, en terrenos ligeros y medianos es adecuado un pase de arado.
- Sería interesante marcar en las parcelas las rodadas de tránsito (tránsito controlado).
- Hay que reducir la presión ejercida del terreno, limitando la masa por eje a 5-6 t y utilizando neumáticos anchos y de baja presión.
- Se ha de evitar la aplicación si el terreno está húmedo.
- Si las aplicaciones son de purín, hace falta separar las fases de transporte y de aplicación, utilizando máquinas de dimensiones más pequeñas en el campo.

04 Máquinas para la distribución de estiércoles

Entre las máquinas de distribución de deyecciones ganaderas que pertenecen al grupo 05.2. Equipos distribuidores de estiércoles, de acuer-

do con la clasificación funcional de maquinaria agrícola (ISO 3339/09), hace falta mencionar los esparcidores de estiércoles, los esparcidores de estiércoles hacinados, tanques o cisternas de purines e inyectores de purines.

Estas máquinas deben cumplir la normativa de seguridad de maquinaria agrícola (UNE-EN 1553) y de máquinas distribuidoras de estiércol (UNE-EN 690) y cisternas esparcadoras de purín (UNE-EN 707), Tabla 1 .

Las máquinas para la distribución de estiércoles deben tener la marca CE y el fabricante o distribuidor facilitará el certificado CE conforme y el manual de instrucciones, de acuerdo con la Directiva de Máquinas 98/37/CE.

Las máquinas para distribuir cualquier tipo de residuo orgánico tienen un problema en común: el alto desgaste de las partes móviles, debido a la gran cantidad de productos a distribuir y de la capacidad corrosiva del estiércol y del purín. Por este motivo, estas máquinas son fabricadas con materiales resistentes o adecuadamente protegidos (acero galvanizado, vitrificado, acero inoxidable, barniz resistente a los ataques químicos).

04.01 Distribución de estiércol sólido

En las características exigibles a este grupo de máquinas de distribución de estiércol sólido son:

- Accionamiento directo desde el lugar de conducción con sistemas hidráulicos para la distribución.
- Control de la dosis de distribución.
- Elevada capacidad de carga.

Los **remolques esparcadores de estiércol sólido** son máquinas agrícolas arrastradas, adaptadas al transporte del estiércol hasta el campo y esparcido con un cierto grado de uniformidad. Están constituidos por las partes siguientes: chasis, caja con fondo móvil, sistema de distribución y transmisiones para el accionamiento del fondo móvil y distribución.

La señalización de los remolques esparcadores de estiércol debe de estar asegurada de manera eficaz como cualquier otro remolque que circula por la carretera.

El sistema de distribución puede ser de descarga lateral o de descarga posterior. Actualmen-

Tabla 1. Normativa técnica de las máquinas de distribución de estiércoles

Norma	Ámbito de Aplicación
UNE-EN 690:1995	Maquinaria agrícola. Distribuidores de estiércol. Seguridad.
UNE-EN 707:2000	Maquinaria agrícola. Cisternas esparcadoras de purines. Seguridad.
UNE-EN 13080:2003	Maquinaria agrícola. Distribuidores de estiércol. Protección medioambiental. Requisitos y métodos de ensayo.
UNE-EN 13406:2003	Maquinaria agrícola. Cisternas esparcadoras de purín y dispositivos de aplicación. Requisitos y métodos de ensayo para la uniformidad de la distribución.



La distribución de purines localizada en superficie y mejor en profundidad favorecerá la eliminación de los olores

Cisterna de purín con sistema de distribución: localización en profundidad, mediante enterradores o inyectoros. Foto: CMA.

te, predominan los remolques esparcidores de estiércol que traen rotores de descarga posterior, y que pueden ser horizontales o verticales. Los rotores horizontales, en general, giran en el mismo sentido, mientras que los verticales lo hacen en sentido contrario, uno contra otro. Los rotores verticales pueden lograr una anchura de esparcimiento de 2 a 4 veces mayor que los horizontales. El trabajo de los rotores esparcidores consiste en atacar la masa de producto a esparcir por el fondo móvil, desmenuzar y proyectar.

Como dispositivos adaptables a los esparcidores de estiércol clásicos con los que se consiguen mejoras de distribución, mencionamos:

- La **compuerta de dosificación** que permite regular el caudal del estiércol que pasa a los rotores. Se abre verticalmente y se encuentra situada entre la masa del producto y los rotores de esparcimiento
- Los dispositivos complementarios de distribución o "**discos de distribución**", que se

sitúan en la prolongación posterior del fondo de la caja del remolque y tienen asociada una puerta o panel deflector que cubre los rotores convencionales.

- La **cubierta orientadora** colocada posteriormente a los rotores horizontales hace de pantalla y permite proyectar el estiércol desmenuzándolo encima de los platos rotativos.

A continuación se facilitan algunos consejos para evitar problemas de obstrucciones mediante la realización de una carga adecuada del remolque:

- Cargar por la parte delantera en los equipos de fondo móvil y por la parte trasera en los de tablero deslizante.
- Cargar en capas regulares y homogéneas.
- No superar con la carga el nivel de la barandilla superior del sistema esparcidor.
- Reducir la altura de carga en la caja para evitar la compactación del estiércol, si este presenta un alto contenido de paja.
- Igualar la superficie del estiércol en la caja.
- Evitar la entrada de piedras con el estiércol.

- Comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de seguridad.

En el momento de distribuir el estiércol se debe tener presente:

- Mantener constante el régimen de la toma de fuerza y la velocidad de avance.
- Trabajar de manera interrumpida, sin llegar a finalizar completamente el contenido de la caja.
- Evitar esparcir el estiércol contra el viento.
- Verificar la buena adherencia en los elementos de propulsión, puesto que la variación de la velocidad de avance afecta la dosificación.
- Hacer un gran solape entre pases para conseguir una uniformidad aceptable.

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



Los remolques esparcidores de estiércol y las cisternas de purín deben cumplir la normativa de seguridad viaria. Foto: CMA.



Regular la maquinaria de aplicación de deyecciones ganaderas permitirá distribuir la dosis de estiércol y de purín correctamente a la parcela

En la incorporación de estiércol sólido al terreno en cultivos como frutales, viña, olivo, etc., puede resultar interesante su localización entre las líneas de la plantación y a una profundidad adecuada, para no dañar las raíces en esta operación.

Por esto, se utilizan remolques esparcidores de pequeña medida que disponen de una barra central, lo suficientemente ancha para permitir la descarga de estiércol en el surco que se abre.

Con respecto a la dosificación, esta será proporcional al avance del equipo y, por lo tanto, del fondo móvil del remolque. Por otro lado, se aconseja la utilización de estiércol hecho para evitar posibles obstrucciones en la distribución.

04.02 Distribución de purín

Los **tanques distribuidores de purín**, también denominados **cisternas de purín**, son generalmente arrastrados, aunque también se encuentran alguno autopropulsado. Están constituidos por:

- Remolque de uno, dos o tres ejes, con un depósito de acero galvanizado en caliente de 3.000 a 25.000 l de capacidad.
- Sistema de seguridad.
- Sistema de bombeo (distribución neumática, compresor o distribución mecánica, con bombas volumétricas) y de los circuitos neumáticos y hidráulicos para alimentar y transmitir la energía necesaria para el llenado y la distribución.
- Circuito de llenado.
- Sistema de distribución o reparto.

La señalización de las cisternas de purín ha de estar asegurada de manera eficaz como cualquier otro remolque que circula por la carretera.

Los frenos que traen las cisternas de purín, igual que en los esparcidores de estiércol, suelen ser de accionamiento hidráulico asistido y las lanzas de enganche pueden estar preparadas con sistemas de amortización.

Las cisternas de purín traen, en general, un sistema de carga neumática de presión. La energía neumática es suministrada por un compresor rotativo, de palas, accionado por la toma de fuerza del tractor. Un sistema de válvula de compuerta permite conectar la aspiración del compresor con el interior de la cisterna en la carga.

El operador vigila el nivel de ocupación de la cisterna durante la carga mediante un indicador de llenado. Éste no debe superar el 90% del volumen total de la cisterna.

Clasificación de las cisternas de purín según la manera de distribuir el purín:

a) Distribución en proyección para toda la superficie. Se puede realizar mediante una **boca o cono** desde el que el chorro impacta en un plato. Según la posición del cono, la dirección de la fragmentación del purín puede ser hacia arriba o hacia abajo. Cuando es hacia arriba, la fuerza del viento favorece la difusión de los olores y el chorro puede ser desviado en relación al sentido de avance, mientras que hacia abajo, el problema del viento no es tan significativo pero la anchura útil de trabajo es más pequeña.

Cualquiera que sea el principio, la distribución del dispositivo de boca única es de mala calidad y difícilmente se consigue una dosis precisa.

En resumen, los inconvenientes de este sistema son:

- Carencia de precisión en el reparto transversal y en la anchura de dispersión
- Favorece la emisión de olores.
- Provoca la volatilización del amoníaco (NH_3).

La distribución mediante un **cañón deflector** no es recomendable, puesto que los inconvenientes mencionados anteriormente con este sistema todavía se ponen más de manifiesto.

Otro sistema es la **distribución mediante una barra de distribución con bocas** que se basa en el principio de boca único, pero las salidas son múltiples de 2 a 16. La anchura de trabajo de una boca es de 0,75 a 3 m, por lo tanto la anchura de trabajo estará en función del número de bocas. Una buena proporción parece ser 8 bocas para 12 m, el aumento de bocas aumenta los riesgos de obstrucción



Cisterna de purín con sistema de distribución en toda la superficie mediante un cono-plato. Foto: CMA.



Cisterna con sistema de inyección localizado en superficie: barra con alargadores o conducciones independientes. Foto: E. Gil.

Este sistema debe tener dispositivos antigoteo que, a veces, se combinan con el dispositivo de plegado hacia arriba de cada una de las conducciones secundarias que alimentan cada una de las bocas.

La utilización de las barras está aconsejada para purines líquidos en asociación con un **repartidor-cortador**, con cuchillas circulares, para impedir las obstrucciones en las salidas individuales, de diámetro entre 40 y 60 mm. Las exigencias medioambientales en la distribución de purín han provocado el interés por los sistemas que utilizan varias bocas, reducen la altura de lanzamiento y por lo tanto la emisión de olores.

b) Localización en superficie mediante un sistema de barra en hilera con alargadores o conducciones independientes. Este sistema está constituido por una estructura donde cuelgan de 20 a 80 tubos flexibles, en un ancho de 6 a 24 m, la distancia entre las salidas es de 25 a 30 cm.

La utilización de una barra con conducciones colgadas supone también la asociación de un **repartidor-cortador**. La principal ventaja de las mangueras colgadas es depositar el purín a pocos centímetros del suelo. Por lo tanto, la reducción de los olores es significativa. Además la ausencia de salpicaduras permite su distribución en cultivos altos como cereales de invierno, maíz, etc.

c) Localización en profundidad, mediante enterradores o inyectores que se diferencian según su utilización, Tabla 2.

- **Los inyectores para cultivos**, antes de la siembra, efectúan a menudo un trabajo de arado de vertedera, al mismo tiempo que inyectan el purín a una profundidad de 10 a 20 cm. Este trabajo se realiza con la ayuda de rejas, montadas encima de brazos más o menos flexibles con punta escarificadora o extirpadora, tipos “cola de golondrina”.
- **Los inyectores para pastos** trabajan en unas profundidades menos importantes, entre 3 y 5 cm. Permiten depositar el purín directamente en contacto con el sistema radi-

cular y no dejan tras su paso más que un ligero surco, y se utilizan discos acanalados. Los surcos suelen estar entre los 25 y 30 cm. La potencia de tracción es menos elevada que la de un inyector para cultivos.

- **Los inyectores mixtos o polivalentes**, por su concepción, así como por su anchura y profundidad variables, pueden trabajar en terrenos desnudos o en pastos.

Estos equipos resuelven, en parte, los problemas ligados a la distribución de purines. El producto está directamente preparado para su enterramiento y las pérdidas de abono son mínimas. Además, cada uno de ellos presenta ventajas e inconvenientes (tabla 3).

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de la localización en profundidad mediante enterradores o inyectores de purín.

Ventajas	Inconvenientes
No impregna la parte aérea de las plantas.	Mayor complejidad de distribución.
Evita las emisiones de nitrógeno a la atmósfera.	Mayor consumo energético en la aplicación.
Se controla mejor la emisión de malos olores.	Posibles daños en los pastos por la acción de los discos o rejas de las botas.
No hay problemas de escorrentía de purín por el suelo, no se contaminan las aguas superficiales.	No se puede transitar por el terreno tras la distribución.
Permite distribuir el purín cerca de las zonas urbanas.	Origina desplazamiento no deseado en los surcos de enterramiento, provocando el fenómeno de alisado.

Tabla 2. Diferencias entre los tipos de enterradores o inyectores de purín según se apliquen a pastos, a suelos labrados o a ambos.

Tipo de enterradores o inyectores de purín	Profundidad de trabajo	Distancia entre los elementos enterradores o inyectores	Características
Para pastos	Reducida de 4 a 10 cm	De 20 a 25 cm	Reja inyectora estrecha colocada detrás de un disco liso que corta verticalmente el suelo. Rueda posterior con el fin de regular la profundidad y compactar el surco abierto.
Para suelos labrados	De 10 a 20 cm	De 50 a 70 cm	El tipo de elemento de preparación del suelo asociado al inyector dependerá de la cantidad de rastrojos: - Inyectores con rejas acompañados o no de algún mecanismo nivelador rotativo. - Inyectores con disco y cuchilla simple con o sin disco de cierre o ruedas compactadoras. - Inyectores con dos discos.
Polivalentes (para pastos y suelos labrados)	De 10 a 20 cm	De 40 a 70 cm	Inyectores de discos verticales (planos o cóncavos / lisos o acanalados). Hay que tener cuidado en la regulación en función de la naturaleza particular del suelo por las fugas, en particular pastos en pendiente.



Con la distribución localizada en profundidad mediante las cisternas de purín con inyectores se consigue evitar las pérdidas de nitrógeno a la atmósfera



Esparcidor de estiércol con descarga lateral, adecuada para localizar el estiércol en una línea de plantación. Foto CMA.

05 Regulaciones de las máquinas de distribuir estiércol y purín

Para hacer una correcta distribución de estiércol se deben considerar los parámetros: dosis por hectárea (ha), velocidad de avance, anchura de trabajo y caudal.

a) Dosificador por hectárea, D

La dosis por hectárea se calculará de acuerdo con el balance de fertilizantes a aportar a la parcela de cultivo.

La determinación de la dosis de producto a distribuir en campo está condicionada a la velocidad de avance y a la anchura de trabajo.

Por lo tanto, la dosis, D, en t/ha, viene determinada por la relación:

$$D \text{ (t/ha)} = [q/(a \cdot d)] \cdot 10$$

Dónde:

q = cantidad de estiércol, en kg

a = anchura de trabajo, en m

d = distancia recorrida hasta vaciar la carga de estiércol establecida, en m

b) Velocidad de avance, v

Para saber la velocidad de avance teórica hace falta consultar las curvas de funcionamiento del tractor o bien preguntar al tractorista, con tal de fijar un régimen del motor y una marcha del tractor.

A continuación, hace falta determinar la velocidad real del conjunto tractor más máquina de distribuir, determinando el tiempo que tarda en

recorrer una distancia prefijada. Se recomienda 100 m.

La velocidad, v, en km/h, viene determinada por la relación:

$$v \text{ (km/h)} = (e/t) \cdot 3,6$$

Dónde:

e = distancia recorrida, en m

t = tiempo, en s

c) Anchura de trabajo, a

El fabricante de la máquina distribuidora de estiércol o de purín debe facilitar la anchura teórica de trabajo en sus catálogos técnicos.

La anchura de trabajo es la distancia comprendida entre el centro de dos pasos adyacentes

La anchura de proyección es la distancia comprendida entre los extremos derecho e izquierdo de una distribución transversal. Por lo tanto, la determinación correcta de la distancia entre pases permitirá obtener el solapamiento adecuado para una distribución uniforme. Hace falta saber, pues, la anchura de proyección de la máquina. Esta puede coincidir o no con la anchura de trabajo. En el caso de un esparcidor de estiércol no coincide, pero, en el caso de una cisterna de purín con inyectores localizados en superficie o en profundidad si coinciden.

El parámetro coeficiente de variación, CV, en porcentaje, informa de la calidad de la distribución, es decir del reparto del estiércol en la parcela. De esta manera para un CV inferior al 20% la distribución de las cisternas de purín es sa-

Tabla 4. Escala de evaluación de la precisión de distribución transversal en cisternas de purín. Font :HADO, Suiza (1999).

Coeficiente de Variación CV	Evaluación de la distribución transversal
< 10 %	Muy buena
10 – 15 %	Buena
15 – 20%	Satisfactoria
20 – 30 %	Regular
> 30 %	insuficiente

tisfactoria (Tabla 4) mientras que para los esparcidores de estiércol es un CV inferior al 30%.

La anchura de trabajo y la anchura de proyección se pueden determinar en el campo, adaptando el procedimiento establecido a la norma UNE-EN 13080:2002 para esparcidores de estiércol y a la UNE-EN 13406: 2002, para cisternas de purín.

Otro método práctico de determinación de la anchura de trabajo está explicado en RuralCat, en la página web:

http://www.ruralcat.net/ruralcatNews/resources/612723_10_calibracio_equips.pdf

Por lo tanto, de acuerdo con el manual de instrucciones adecuaremos el sistema de distribución con tal de conseguir la anchura de trabajo correcta.

d) Caudal de estiércol, Q

El caudal, en kg/s, viene determinado por la relación:



Determinación de la uniformidad de distribución transversal de un esparcidor de estiércol mediante cajas, de acuerdo con Norma UNE-EN 13080:2003. Foto: CMA



Diagrama triangular de recogida de líquido de las cajas de una cisterna con cono y plato. Foto: CMA.

$$Q \text{ (kg/s)} = (D \cdot a \cdot v) / 36$$

Dónde:

D = cantidad de estiércol a distribuir, en t/ha

a = anchura de trabajo, en m

v = velocidad de avance, en km/h

Ahora, hace falta regular el sistema de dosificación de la máquina para obtener el caudal determinado. Según la tipología de la máquina se procederá de una manera u otra de acuerdo con el manual de instrucciones.

Como resumen, las fases para regular una máquina de distribución de deyecciones ganaderas son:

- Determinar la velocidad de avance del conjunto tractor más máquina.
- Determinar la anchura de trabajo.
- Adecuar el sistema de dosificación para obtener el caudal determinado.

05.01 Ejemplo de regulación de un esparcidor de estiércol

En primer lugar, se identifica el conjunto tractor más máquina de distribuir: marca, modelo y características técnicas.

De acuerdo con el balance de fertilización y una prueba de distribución de la máquina en campo se fija la dosis: 18 t/ha

A continuación se determina la velocidad de avance:

- Para una distancia de 100 m, el tiempo de recorrido del tractor más el esparcidor de estiércol es 60 s.

Por lo tanto, la velocidad es:

$$v = (100/60) \cdot 3,6 = 6,0 \text{ km/h}$$

Se determina en campo la anchura de trabajo:

- Realizados los diferentes pasos, se pesa el estiércol recogido en las diferentes cajas distribuidas transversalmente en la dirección de avance del conjunto tractor más máquina, y con los datos se elaboran las gráficas y se determina la anchura de trabajo: 10 m.

Por lo tanto, el caudal teórico a suministrar será:

$$Q = (18 \cdot 10 \cdot 6) / 36 = 30 \text{ kg/s}$$

Entonces hará falta ajustar el sistema de dosificación del esparcidor de estiércol para conseguir este caudal de 30 kg/s.

- Una manera de determinar el caudal es pesar el esparcidor de estiércol con la carga. Después, durante un tiempo determinado, por ejemplo

3 min., se distribuye el estiércol por la parcela de acuerdo con la velocidad de trabajo y con el previo ajuste del sistema de dosificación y de distribución, y a continuación se vuelve a pesar. De esta manera, por diferencia se puede saber la cantidad que se ha vaciado, y como se sabe el tiempo invertido, se puede determinar el caudal emitido. En consecuencia, hace falta ajustar el sistema de dosificación hasta conseguir el caudal determinado.

El conocimiento de la anchura de trabajo nos ayudará a corroborar en campo que se está distribuyendo la dosis correcta.

Es importante recordar que las características del estiércol y del purín tienen una gran influencia en el caudal de la máquina. Por esto se recomienda realizar una regulación previa para cada tipo de estiércol y de purín.

06 Incorporación de innovaciones tecnológicas a las máquinas de distribución de deyecciones ganaderas

Para solucionar la problemática que supone mantener exactamente la dosis teórica durante la distribución de estiércol o purín en campo, puesto que la velocidad de avance se ve afectada por las variaciones relacionadas con el estado del terreno, los fabricantes están introduciendo sistemas electrónicos para controlarla. Por lo tanto, presentan las soluciones siguientes:

a) Incorporación de sensores

Un sensor determina el caudal de estiércol, mediante la medida de la rotación de la bomba, y otro, graba la velocidad de avance mediante



Determinación del caudal de cada una de las salidas de una cisterna de purines. Foto AAMS Iberica.

la medida de la velocidad de rotación de una rueda motriz.

La información es almacenada y procesada electrónicamente, y así en todo momento facilita al conductor la dosis aplicada en tiempo real.

Por lo tanto, si la dosis sobrepasa el porcentaje máximo de variación, el conductor puede modificar la dosis variando la velocidad de avance.

El inconveniente de este sistema es la variación que experimenta el caudal de la bomba en función del contenido de estiércol en materia seca.

b) Sistema de regulación del caudal proporcional al avance (CPA)

El papel de los sistemas CPA es mantener constante la dosis pese a las variaciones de la velocidad de avance, y actuar automáticamente en la posición de apertura de la válvula de distribución.

Cuando la velocidad de avance tiende a disminuir (patinaje o baja el régimen del motor o cambia la relación de velocidad), la válvula se cierra para reducir el caudal.

Un CPA puede traer incorporado:

- Válvula motorizada, comandada por un servomotor o un mecanismo eléctrico.
- Caudalímetro electromagnético o de ultrasonidos.
- Sensor de velocidad de avance (de rueda o de radar).
- Sensor de presión.
- Unidad de tratamiento de la información.

Pantalla de visualización

En cisternas de purines, el sistema CPA permite asegurar una regulación de apertura de la válvula de salida de la cisterna, en función de la velocidad de avance y del caudal deseado. En remolques distribuidores de estiércol sólido, la colocación de un sistema de célula de carga que pesa las cantidades que salen del equipo y mantiene la dosis constante, permite actuar en modo CPA.

07 Conclusiones

Es muy importante que los fabricantes de la maquinaria de distribución de estiércoles faciliten en sus catálogos información técnica, derivada de los ensayos de las máquinas, con el fin de mejorar la uniformidad de la distribución y controlar la dosis aplicada.

Para reducir la contaminación producida por los nitratos de origen agrario, se han de incorporar las nuevas tendencias tecnológicas: sistemas electrónicos de regulación de caudal, dispositivos GPS para establecer mapas de distribución, sistemas de control hidráulicos y electrónicos, etc., con la finalidad de aumentar la precisión de la distribución de las deyecciones ganaderas.

También hace falta ser conscientes de la importancia de la regulación de la máquina y de la manera de actuar por parte del agricultor, con la finalidad de conseguir un mejor reparto, una eliminación de los olores, mediante el enterramiento del purín, y una reducción de la aplicación de las cantidades de estiércol líquido.

Y, finalmente, señalar que los remolques o cisternas distribuidoras de estiércol sólido y líquido deben cumplir con todos los requerimientos técnicos exigidos por el Reglamento general de vehículos, en relación a la circulación viaria.

08 Bibliografía

BUENO, J.; PEREIRA, J.M. (2006) Maquinaria especializada en distribución de fertilizantes orgánicos. *Vida Rural*, N°227, Año XIII-6/2006, pp.46-52

GIL, E. (2004) Ponencia: *Maquinaria para la aplicación de fertilizantes orgánicos*. Jornada técnica y demostración de aplicación mecanizada de fertilizantes orgánicos, en Almenar. UPC. ESAB.

MÁRQUEZ, L. (2004) *Cuadernos de Agronomía y Tecnología. Maquinaria Agrícola. Maquinaria agrícola*. Madrid. B&H Editores. pp.449-480
THIRION, F.; CHABOT, F. (2003) *Épandage des boues résiduaires et effluents organiques. Matériels et pratiques*. París, Cemagref Editions. pp.191

GRACIA, F. (2001) *La maquinaria de aplicación como factor de calidad de la aplicación de residuos*. 5º Curso de Ingeniería Ambiental. Aplicación agrícola de residuos orgánicos. Lleida. Jaume Boixadera, M. Rosa Teira (eds.). Universitat de Lleida. pp.229-243

09 Autor



Gràcia Aguilà, Felip
Departamento de Agricultura, Ganadería y Pesca.
Centro de Mecanización Agraria
felipj.gracia@gencat.net

TRATAMIENTO DE LAS DEYECCIONES GANADERAS



Explotación vacuna donde las deyecciones del ganado se acumulan en un estercolero anejo. Foto: D. Lozano.



Balsa de almacenamiento de purines en una explotación porcina. Foto: A. Magrí.

01 Introducción

Agricultura y ganadería han sido actividades complementarias durante muchos años. En esta coyuntura, las deyecciones del ganado son un recurso valioso para abonar la tierra a la vez que su aplicación al suelo permite cerrar el ciclo de la materia. La profunda transformación experimentada por el sector agropecuario en las últimas décadas ha provocado la aparición de una ganadería industrial separada de la actividad agrícola. Con la intensificación de la producción se acentúa la necesidad de una correcta gestión de las deyecciones para evitar que estas causen un problema medioambiental. Aunque la actuación a priorizar continúe siendo su empleo como fertilizante de acuerdo con las necesidades de los cultivos (véase Dossier Tècnic núm. 6), varios factores pueden hacer recomendable un tratamiento.

La planificación de la gestión de las deyecciones hace falta realizarla en base a dos premisas: 1) la minimización de caudales en origen, 2) la correcta aplicación al suelo en función del cultivo, el espacio y el tiempo. Satisfechos estos requerimientos, puede darse el caso de que el ganadero no disponga de la suficiente superficie accesible para hacer la aplicación, o que el transporte a parcelas lejanas le represente un coste excesivo, o que necesite adecuar su capacidad de almacenamiento a las necesidades

temporales de los cultivos, o que le sobre una parte del nitrógeno que produce, o que los malos olores que genera creen un problema adicional a resolver, etc. Es en este momento cuando hace falta plantearse los tratamientos.

Un tratamiento es una herramienta tecnológica que permite adecuar la calidad y la cantidad de las deyecciones a la demanda existente. Tal y como se apunta en el anterior párrafo, el tipo de tratamiento a aplicar depende de la problemática a resolver, aunque el propósito final siempre sea el mismo: aumentar la capacidad de gestión, y por lo tanto, la capacidad de toma de decisiones. Así que, no hay una solución universal única aplicable en cualquier circunstancia.

En Cataluña, hoy, los nitratos son considerados los compuestos más problemáticos. Como consecuencia de su elevada solubilidad, este ión puede ser lavado del suelo con facilidad, y ser arrastrado fuera de la zona accesible para las raíces de los cultivos, contribuyendo así a la contaminación de aguas subterráneas. Es por esta razón que la legislación actual está muy focalizada en este problema y los planes de gestión se deben realizar en base al balance de nitrógeno. El Manual del Código de Buenas Prácticas Agrarias en relación con el Nitrógeno (<http://www.gencat.net/darp/c/campo/nitrógeno/doc/cnitro01.pdf>) es la guía básica de trabajo. No se puede olvidar, sin embargo, que la legis-

lación evolucionará para conseguir el mínimo impacto ambiental en relación a todas aquellas otras acciones y compuestos potencialmente perturbadores del medio: metales pesados, fósforo, emisiones de gases y malos olores a la atmósfera, consumo de energía, etc. Es pues necesario, escoger el tratamiento más adecuado, evaluar la problemática en su globalidad.

El marco legal actual y los documentos básicos de modificación o ampliación de este orientan la tendencia general respecto a la gestión y el tratamiento de los residuos orgánicos. La Directiva Europea 91/156/EEC de residuos, establece las bases para la gestión de estos, y sus palabras



El tipo de tratamiento a aplicar depende de la problemática a resolver, aunque el propósito final siempre sea el mismo: aumentar la capacidad de gestión

clave son: reducción, reciclaje y reutilización. La Directiva Europea 91/676/EEC, relativa a la protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos utilizados en agricultura, establece restricciones al uso de abonos nitrogenados, entre los cuales se encuentran los residuos orgánicos, en zonas definidas como vulnerables, con el objetivo de luchar contra la contaminación difusa. La Directiva Europea 96/61/EC relativa a la prevención y control integrados de la contaminación, más conocida como Directiva IPPC, establece como objetivos la prevención y reducción integrada de la contaminación (suelos, agua y atmósfera) procedente de una serie de actividades, e introduce los límites de emisión según las mejores técnicas disponibles.

02 Características de las deyecciones ganaderas

No resulta sencillo tipificar la composición de estiércoles y purines. Muchos factores influyen: especie animal, estado fisiológico, alimentación, sistema de manejo, gestión del agua, sistema de limpieza, época del año, etc. Hace falta tener presente que la composición de las deyecciones puede condicionar el éxito de un tratamiento. A nivel de ejemplo, la tabla 1 muestra un rango de valores típico para la composición de purines de cerdo, los cuales, a grandes rasgos se caracterizan por:

- Contenido elevado en agua, superando fácilmente el 90%. Este bajo contenido en sólidos totales (ST) es la principal limitación para su transporte. A nivel terminológico, el contenido en agua de unas deyecciones se utiliza como criterio para diferenciar entre estiércoles y purines.
- Contenido bajo en materia orgánica. Este parámetro se mide a partir de los sólidos volátiles (SV) o bien de la demanda química de oxígeno (DQO). La relación SV/ST indica la fracción de los sólidos asimilable a orgánico. Elevados tiempos de almacenamiento de los purines bajo los emparillados de las naves supone la volatiliza-



En el momento de su generación, las deyecciones ganaderas no contienen cantidades elevadas de nitratos. Este ión se forma con posterioridad, a partir de la oxidación biológica del amonio

Tabla 1. Composición, sobre materia fresca, de purines de cerdo (Bonmatí, 2001).

Parámetro	Unidades	Mínimo	Máximo	Media
pH	-	6,56	8,70	7,68
Alcalinidad total	g CaCO ₃ kg ⁻¹	5,08	59,25	21,47
Sólidos totales	g kg ⁻¹	13,68	169,00	62,16
Sólidos volátiles	g kg ⁻¹	6,45	121,34	42,33
Demanda química de oxígeno	g O ₂ kg ⁻¹	8,15	191,23	73,02
Nitrógeno total Kjeldahl	g N kg ⁻¹	2,03	10,24	5,98
Nitrógeno amoniacal	g N kg ⁻¹	1,65	7,99	4,54
Fósforo	g P kg ⁻¹	0,09	6,57	1,38
Potasio	g K kg ⁻¹	1,61	7,82	4,83
Cobre	mg Cu kg ⁻¹	9	192	40
Zinc	mg Zn kg ⁻¹	7	131	66

ción de compuestos orgánicos volátiles, y esto reduce su disponibilidad para posteriores procesos de tratamiento que requieran de materia orgánica biodegradable, como por ejemplo la producción de biogas o la desnitrificación.

- Contenido alto en nitrógeno amoniacal. El nitrógeno amoniacal (N-NH₄⁺) representa alrededor del 75% del nitrógeno total (N_{TK} = N-NH₄⁺ + N_{ORGÁNICO}) contenido en los purines. Este hecho junto con la poca materia orgánica presente sitúa a los purines más próximos a un fertilizante mineral que a una enmienda orgánica. Hace falta señalar que, en el momento de su generación, las deyecciones ganaderas no contienen cantidades elevadas de nitratos (N-NO₃). Este ión se forma con posterioridad a la aplicación, a partir de la oxidación biológica del amonio en las capas superficiales del suelo.
- Contenido apreciable en fósforo y potasio, elementos fertilizantes necesarios para los cultivos.
- Contenido apreciable en metales. En el caso de aplicación al suelo, estos metales se van acumulando y pueden llegar a ocasionar problemas de fitotoxicidad.
- Elevada capacidad tampón, según indica su alcalinidad. Este hecho favorece algunos procesos de tratamiento, como por ejemplo la nitrificación, pero dificulta otros, especialmente aquellos que requieren una modificación del pH.

03 Procesos y estrategias de tratamiento

Hay que entender como procesos de tratamiento aquellos procedimientos que permiten conseguir un objetivo concreto. Estos procesos a la vez podrán combinarse para dar lugar a estrategias globales de tratamiento.

No hay ningún tratamiento que haga desaparecer completamente los purines o los estiércoles. Los únicos componentes eliminables, mediante su transformación en compuestos gaseosos inoocuos para el medio ambiente, son el agua, la materia orgánica y el nitrógeno, que pueden convertirse en vapor de agua, dióxido de carbono (CO₂) y nitrógeno molecular (N₂). El resto de componentes tan sólo se pueden separar o concentrar.

Sin pretender ser exhaustivos, en la tabla 2 se enumeran algunos de los procesos aplicables al tratamiento de las deyecciones del ganado. Más información sobre estos procesos puede encontrarse a la web <http://www.arc-cat.net/ca/altres/purins/guia.html> (Campos et al., 2004). La combinación de procesos puede llevar a varias estrategias de tratamiento. La solución idónea dependerá de cada problemática. Ante la necesidad de aplicar un tratamiento, hace falta decidir si este se debe hacer en la propia granja o bien, de mane-

ra colectiva, en una planta gestora de residuos. La mejor opción será aquella que implique un menor coste, teniendo en cuenta los costes totales de transporte y tratamiento (inversión y explotación).

04 Soluciones a un excedente de nitrógeno

En caso de que interese dar solución a una situación de excedente de nitrógeno causado por deyecciones de tipología asimilable a un líquido (purines), dos actuaciones pueden ser aconsejables: (04.01) eliminar mediante nitrificación-desnitrificación previa separación de fases o (04.02) concentrar para abaratar la exportación hacia zonas deficitarias. Los procesos de concentración pueden verse favorecidos por una

digestión anaerobia previa. Si las deyecciones responsables del excedente fueran de tipología sólida (estiércoles y gallinazas), la mejor opción sería un tratamiento basado en el proceso de (04.03) compostaje y posterior exportación del compuesto producido.

04.01 Eliminación de nitrógeno

En un contexto de tendencia a cerrar ciclos, hace falta priorizar los procesos de recuperación de nutrientes por encima de los de eliminación. Aún así, condicionantes económicos, de localización, o bien dificultades para valorar los productos recuperados pueden influir en la decisión del tipo de tratamiento a aplicar, y hacer aconsejable eliminar en lugar de recuperar.



Ante la necesidad de aplicar un tratamiento, hace falta decidir si este se debe hacer en la propia granja o bien, de manera colectiva, en una planta gestora de residuos

Tabla 2. Síntesis de procesos aplicables en el tratamiento de las deyecciones ganaderas, principales objetivos y requerimientos energéticos limitantes

Proceso	Principales objetivos	Energía
Almacenamiento <i>estercoleros, balsas</i>	Adecuar la producción a la necesidad de los cultivos Regular entradas y salidas en instalaciones de tratamiento	
Incorporación de aditivos <i>absorbentes, fluidizantes, flocculantes, enzimas, bacterias</i>	Reducir emisiones de olores y gases contaminantes Fluidificar, evitando la formación de costras y deposiciones Transformar parte del nitrógeno amoniacal en orgánico Favorecer la separación de fases	
Separación sólido-líquido <i>tamices, centrifugas, prensas</i>	Propiciar líneas diferentes de tratamiento, transporte o aplicación a las fracciones resultantes	Eléctrica
Compostaje <i>pilas estáticas pilas con volteo</i>	Obtener una enmienda orgánica (compuesto) Estabilizar y higienizar con temperatura Reducir peso y volumen para la descomposición de la materia orgánica y la evaporación de humedad	Eléctrica Mecánica
Digestión aerobia	Eliminar y estabilizar la materia orgánica	Eléctrica
Digestión anaerobia	Producir biogas, fuente de energía Eliminar y estabilizar la materia orgánica Higienizar	
Evaporación y secado	Reducir el volumen Recuperar los nutrientes en la fase sólida Aprovechar la energía térmica excedente de una cogeneración	Térmica
Stripping y absorción	Recuperar el nitrógeno amoniacal	Térmica Eléctrica
Nitrificación y desnitrificación <i>sistema continuo, discontinuo</i>	Eliminar nitrógeno amoniacal y materia orgánica de la fase líquida	Eléctrica
Ultrafiltración y ósmosis inversa	Reducir la conductividad y la presencia de materiales solubles en la fase líquida Higienizar	Eléctrica
Ozonización	Oxidación de compuestos orgánicos recalcitrantes	Eléctrica

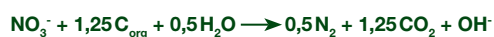


El compost es un material estable, libre de patógenos y, que puede ser aplicado al suelo de forma beneficiosa para los cultivos

En un tratamiento diseñado con el propósito de eliminar nitrógeno, el objetivo básico radica en transformar el N-NH_4^+ contenido en los purines a N_2 . La nitrificación-desnitrificación (NDN) es un proceso biológico combinado que permite esta transformación. Durante la nitrificación, el amonio es oxidado a nitrato (NO_3^-) por microorganismos, en presencia de oxígeno (condiciones aerobias) y carbono inorgánico.



Durante la desnitrificación, el nitrato es reducido por otros microorganismos a nitrógeno molecular en ausencia de oxígeno (condiciones anóxicas) y presencia de carbono orgánico, y se transfieren finalmente a la atmósfera.



Mediante un tratamiento de NDN sólo se debe plantear eliminar la parte sobrante del nitrógeno generado en una explotación. La cuantificación de esta fracción hace falta hacerla de acuerdo con el correspondiente plan de gestión. Si el objetivo planteado fuera eliminar la máxima cantidad posible del nitrógeno, en determinadas



Mediante un tratamiento de ndn sólo se debe plantear eliminar la parte sobrante del nitrógeno generado en una explotación. La cuantificación de esta fracción hace falta hacerla de acuerdo con el correspondiente plan de gestión

situaciones podría darse la paradoja de necesitar adquirir fertilizantes minerales con tal de satisfacer las necesidades de los propios cultivos a la vez que se elimina nitrógeno.

Prevía a la etapa de tratamiento biológico, una separación de las fases sólida y líquida de las deyecciones permitirá la gestión diferencial de ambas corrientes resultantes. Las eficiencias de separación conseguidas dependen de la tecnología utilizada (Ford y Fleming, 2002). Únicamente la fracción líquida será susceptible de un tratamiento de NDN. Aquella parte del nitrógeno que haya sido separada en la fracción sólida, así como el nitrógeno acumulado en los lodos generados durante el tratamiento, también habrán de ser considerados en el balance de este elemento. En este contexto, pretender conseguir un agua completamente depurada, a pesar de ser posible, puede resultar económicamente inviable. En cuanto al consumo de energía, son habituales valores entre 10 y 25 kW·h por cada metro cúbico de purín tratado.

04.02 Recuperación de nitrógeno

Diferentes procesos permiten concentrar el nitrógeno presente en las deyecciones ganaderas, y hacen posible la recuperación. El producto concentrado se debe poner a disposición de gestores u otros agentes con capacidad para valorar el producto en el mercado de los fertilizantes. Los procesos de recuperación pueden basarse en principios físicos, químicos y/o térmicos. Los principales son:

- Separación de las fracciones sólida y líquida con la posible adición de algún agente que aumente la eficiencia. La mejora en la gestión que permite este proceso puede hacerlo también interesante en situaciones en qué no haya un problema de excedente.
- Precipitación de sales de amonio en forma de estruvita ($\text{MgNH}_4\text{PO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). La utilización de reactivos químicos permite favorecer fenómenos de precipitación, con la recuperación simultánea de nitrógeno y fósforo. El gasto en reactivos asociado a este proceso puede ser elevado.
- Recuperación de una solución amoniacal mediante el proceso combinado de stripping y absorción. El nitrógeno amoniacal puede ser separado de los purines mediante arrastre con una corriente gaseosa y posterior absorción en una solución ácida. El proceso de stripping se ve favorecido por elevados valores de pH y temperatura.



Vista superficial del reactor aerobio de una instalación para la eliminación de nitrógeno situada en Calldetenes (Osona). Foto: A. Magrí.



Vista de una planta de tratamiento de purines basada en la combinación de los procesos de digestión anaerobia y evaporación, Juneda (las Garrigues). Foto: X. Flotats.



Vista general de una planta de compostaje en Alguairé (Segrià). Foto: F. Solé.

- Evaporación (aplicable a líquidos, con una concentración final del 20-30% en ST) y secado (aplicable a sólidos, con una concentración final que puede superar el 90% en ST).

Los tres últimos procesos de recuperación mencionados mejoran con una digestión anaerobia previa, puesto que este proceso modifica las características de las deyecciones y además puede aportar parte de la energía necesaria para el tratamiento. De hecho, la capacidad de producir energía puede ser motivo suficiente como para hacer interesante una estrategia de tratamiento basada en esta tecnología. Se trata de un proceso biológico fermentativo en qué la materia orgánica se descompone y transforma en una mezcla de gases combustible formada



Planta de compostaje. Foto: ECA de l'Empordà.

mayoritariamente por metano y dióxido de carbono, el biogas, con una potencia calorífica inferior del orden de $22.000 \text{ KJ Nm}^{-3}$. Este proceso se caracteriza por desarrollarse en ausencia de oxígeno. En las últimas décadas, la digestión anaerobia aplicada a purines se ha mostrado como un proceso técnicamente viable a la vez que versátil que se adapta a diferentes condiciones de trabajo (Burton y Turner, 2003). A nivel orientativo, un metro cúbico de purines de cerdo puede generar unos $15\text{-}20 \text{ Nm}^3$ de biogas. Producciones ligeramente superiores pueden ser logradas en el caso de tratar purines de origen vacuno. La producción de biogas puede verse incrementada si se plantea el tratamiento junto con otros residuos orgánicos (codigestión).

04.03 Compostaje

El compostaje consiste en un proceso biológico aeróbico de estabilización de la materia orgánica. Al inicio del proceso, la descomposición del sustrato da lugar a un incremento de la temperatura, y logra condiciones termófilas (entre 50 y 70°C). Esta generación de calor conlleva la evaporación de parte de la humedad del residuo. El proceso requiere de la aportación de aire hasta que la materia orgánica biodegradable se haya agotado, momento en que la temperatura disminuirá y se iniciará la etapa de maduración. El producto resultante (compuesto) es un material estable, libre de patógenos y que puede ser aplicado al suelo de forma beneficiosa para los cultivos.

La forma más simple y asequible de operar consiste en la formación de pilas de unos 2 metros de altura, que se voltean y humedecen cuando

es conveniente. Hay otros sistemas que permiten acelerar el proceso, pero a un mayor coste. Para que se pueda iniciar el proceso, hace falta que se cumplan unas ciertas condiciones de humedad, estructura y composición.

- *Humedad.* Una falta de agua retarda el proceso, y dificulta la descomposición de la materia orgánica. Si por el contrario hay un exceso de agua, el oxígeno no puede entrar dentro de los poros, y limita el crecimiento de los microorganismos. Se considera como óptima una humedad inicial entre el 45 y 60%.
- *Porosidad.* La porosidad del material dificulta o favorece la transferencia del oxígeno, hecho que afecta la descomposición de la materia orgánica. Normalmente habrá que mezclar los estiércoles con material vegetal (paja, restos de poda, corteza de pino, etc.) para conseguir esta porosidad.
- *Relación C/N.* Hace falta ajustar la relación entre el contenido en carbono y nitrógeno del material a compostar dentro el rango 25-35. Las deyecciones ganaderas suelen contener bastante nitrógeno, de forma que será conveniente mezclarlas con materiales complementarios, ricos en carbono pero pobres en nitrógeno.

05 Bibliografía

BONMATÍ, A. (2001). *Usos de l'energia tèrmica per a la millora del procés de digestió anaeròbia de purins de porc i per a la recuperació de productes d'interès*. Tesis doctoral. UdL. Lleida.

BURTON, C. H.; TURNER, C. (2003). *Manure management: treatment strategies for sus-*



Los procesos de recuperación se ven mejorados con una digestión anaerobia previa, puesto que este proceso modifica las características de las deyecciones y además puede aportar parte de la energía necesaria para el tratamiento

tainable agriculture. Silsoe Research Institute. Bedford, UK.

CAMPOS, E.; ILLA, J.; MAGRÍ, A.; PALATSI, J.; SOLÉ, F.; FLOTATS, X. (2004). *Guia de tractaments de les dejeccions ramaderes*. ARC i DARP Generalitat de Catalunya. Lleida. (<http://www.arc-cat.net/ca/altres/purins/guia.html>)

FORD, M.; FLEMING, R. (2002). *Mechanical solid-liquid separation of livestock manure, literature review*. Ridgetown College. University of Guelph. Ontario, Canada. (http://www.ridgetownc.on.ca/Research/documents/fleming_separator.pdf)

GENERALITAT DE CATALUNYA (2000). *Manual del codi de bones pràctiques agràries: nitrogen*. DARP. Barcelona. (<http://www.gencat.net/darp/c/camp/nitrogen/doc/cnitro01.pdf>)

06 Autores



Magrí Aloy, Albert
GIRO Centro Tecnológico.
albert.magri@giroct.irta.es



Palatsi Civit, Jordi
GIRO Centro Tecnológico.
jordi.palatsi@giroct.irta.es



Flotats Ripoll, Xavier
GIRO Centro Tecnológico.
xavier.flotats@giroct.irta.es



Mònica Ros es ingeniera agrònoma, tiene 34 años y, desde noviembre de 2000, dirige la ASFAC (Asociación Catalana de Fabricantes de Piensos), una organización activa y dinámica que cuenta con 107 miembros a los cuales presta diversidad de servicios y acciones; hace un trabajo riguroso y los representa ante la administración pública y otros organismos. Hablamos con ella sobre la tarea y la influencia de la ASFAC en relación a buenas prácticas agrarias y el tratamiento de las deyecciones ganaderas.

Desde hace unos cuantos años la ASFAC estudia y explota alternativas en la alimentación animal. ¿Cuáles han sido los hitos más importantes que habéis conseguido?

El hito más significativo fue la firma el año 2002 de un convenio entre los departamentos de Medio Ambiente, Agricultura y ASFAC, para promover la optimización de la formulación de los piensos destinados a la alimentación animal.

Esto coincidía en el tiempo con la preparación de los planes de deyecciones ganaderas que hacía falta presentar. En algunas áreas surgieron dificultades para disponer de las tierras que la normativa exigía y, por esto, se propusieron unos criterios de reducción de la proteína bruta en las dietas, para disminuir la carga de nitrógeno de los purines y aplicar estas deyecciones como fertilizante con unos criterios más favorables.

“Uno de los principales factores en la minimización de la carga contaminante de los purines es una buena gestión de la alimentación”

En relación a las BPA, ¿Cómo contribuye ASFAC en la mejora de la estrategia alimentaria?

Uno de los principales factores en la minimización de la carga contaminante de los purines es una buena gestión de la alimentación.

LA ENTREVISTA

Mònica Ros i Batlle

Ingeniera Agrònoma,
Directora de ASFAC.

“LOS PURINES SON UN SUBPRODUCTO IDEAL PARA LA FERTILIZACIÓN”

Con la promoción y difusión de las fórmulas que productivamente funcionan, con el mínimo nivel de proteína y de otros nutrientes en cada estado fisiológico del animal, se contribuye a las BPA, puesto que así se obtienen unos purines con un menor nivel de exceso de nutrientes.

¿Cuáles son las principales consecuencias de las mejoras que aplicáis a los piensos?

Pues, que los elementos que el animal no aprovecha no se trasladarán a las deyecciones. Esta es una reducción muy directa para determinados nutrientes, y muy inmediata, aunque no se puede olvidar el resto de factores (manejo de pienso y de agua, instalaciones, etc) que juegan un papel fundamental al hacer que la deyección tenga unos niveles de elementos sobre mínimos.

“El sector productor de piensos se encuentra en un momento en que los criterios medioambientales han tomado mucha importancia y condicionan las dietas que se están formulando.”

¿Cuál es, para vosotros, el modelo ideal de gestión de fertilización orgánica y mineral?

Como en otros ámbitos, la aspiración es lograr un equilibrio total. Este equilibrio, en el caso de Cataluña, puede ser bastante complicado, puesto que tenemos una actividad ganadera muy importante y la desarrollamos con un déficit en muchas de las primeras materias para la alimentación, como en el caso de la proteína que importamos.

No nos gusta hablar de los purines como residuo, puesto que consideramos que son un subproducto ideal para la fertilización. Se trata, pues, de hacer una buena gestión y una buena aplicación con el fin de obtener un valioso fertilizante para los suelos.

¿Cuáles son los componentes y aditivos de los piensos compuestos que tienen más impacto en la reducción de nitratos y las BPA?

Ya hace unos años, se empezaron a utilizar enzimas, como las fitasas, para reducir el impacto del fósforo en el medio ambiente. Esta práctica está muy extendida y funciona bien. En el caso de los nitratos, se trata de no hacer dietas con un exceso de proteína.

Muchas de las reducciones de los niveles máxi-

mos de oligoelementos que se han legislado han tenido como principal motivo la problemática medioambiental. Así pues, el sector productor de piensos se encuentra en un momento en que los criterios medioambientales han tomado mucha importancia y condicionan las dietas que se están formulando.

“Todas las iniciativas para mejorar la situación respecto a los excedentes de nutrientes en las deyecciones ganaderas son buenas.”

El Proyecto Columela se tradujo con la creación de GESFER. ¿Cómo valoráis este tipo de iniciativas de la Administración?

Todas las iniciativas para mejorar la situación respecto a los excedentes de nutrientes en las deyecciones ganaderas son buenas. En este sentido, la creación de organismos específicos para estudiar esta cuestión sirve para adelantar en conocimiento, búsqueda, planificación y evaluación de medidas. Esperamos que la reciente creación del Consorcio contribuya a dar respuesta a la problemática actual que los ganaderos sufren como responsables directos en la gestión de sus excedentes.

¿Cuáles son los planes inminentes de ASFAC?

En el campo de los purines, nos gustaría poder evaluar ahora los resultados de la aplicación del programa de reducción de la carga contaminante de los purines mediante la alimentación animal. Esta evaluación, cuatro años después de poner en marcha la medida, nos puede permitir valorar en qué punto nos encontramos y hacer planes de futuro para continuar adelantando hacia la promoción de mejoras en el ámbito de la formulación de los piensos.

Así podremos contribuir a situar Cataluña en una posición mejor en cuanto a generación y composición de deyecciones que, sin duda, revertirá en mejoras en la gestión, tratamiento y aplicación posteriores de estas deyecciones.

Enlaces relacionados: www.asfac.org
Asociación Catalana de Fabricantes de Piensos

RuralCat.
redaccio@ruralcat.net