

# Eliminación de las aguas residuales porcinas

## Aspectos económicos y ambientales (I)

La presente investigación se ha puesto como objetivo estudiar las principales tecnologías adoptadas por los criadores de cerdos y su impacto sobre el medio ambiente. El estudio se ha realizado sobre una muestra de explotaciones medias y grandes italianas, representativas de las diferentes técnicas de alimentación, limpieza, depuración y eliminación de los purines.

**ANTONIO PICCININI.** Instituto de Zootecnia. Universidad de Bolonia (Italia).

La presente investigación se pone como objetivo el análisis comparativo de los aspectos económicos y ambientales de las diferentes técnicas para la eliminación de las aguas residuales, adoptadas en las explotaciones porcinas.

En el transcurso de los últimos años, como consecuencia de una evolución no siempre coordinada de la normativa en materia de eliminación de las aguas residuales con competencias nacionales, regionales y locales, muchas explotaciones han adoptado diversas soluciones técnicas, para hacer compatible la eliminación de los purines con las exigencias ambientales.

Algunas explotaciones han intervenido en los diversos segmentos del ciclo

productivo, bien modificando las infraestructuras de la explotación para reducir en su conjunto la cantidad de los purines producidos, o bien modificando sus características haciéndolas más afines a la eliminación; otras han preferido intervenir directamente en el purín producido, instalando dispositivos de depuración o de pretratamiento, dirigidos también a la producción de diversos tipos cualitativos de materiales de más fácil colocación ambiental.

En definitiva, el control cualitativo y cuantitativo de los purines asume cada vez más un papel fundamental en la economía del ciclo productivo de la explotación, incidiendo en el volumen del capital fijo invertido, en los costes de producción, en la organización del tra-

bajo, etc., hasta determinar un crecimiento efectivo del coste de la carne producida.

La fuerte demanda de mercado de tecnologías de tratamiento, incrementada proporcionalmente a la incidencia de la presión normativa sobre el control de los purines, ha determinado también una cierta evolución a nivel de las soluciones propuestas: son de relevante interés, por ejemplo, la recuperación de las técnicas de cría sobre "camas" y su desarrollo con "camas profundas y acondicionadas". Ambas soluciones prevén la cría de los cerdos sobre substratos de material celulósico o lignocelulósico (paja y virutas), con el "acondicionamiento", en el segundo caso, de los procesos fermentativos por medio de la utilización de enzimas activadores.

### PRODUCCION Y CONTROL DE LAS AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales producidas en la explotación están constituidas por las deyecciones de los animales, mezcladas con un volumen variable de agua de lavado de las porquerizas, dependiente de los tipos de cría adoptados.

La composición de las deyecciones es variable en función del estado de crecimiento del animal, del tipo de dieta a la que está sometido, "en seco" o "en húmedo", y de los componentes utilizados para la formulación misma de la dieta.

En las características finales de las aguas residuales incide igualmente el sistema de evacuación de las heces de las cochiqueras: en algunos casos en seco, más frecuentemente con agua a alta o baja presión para el lavado de toda la superficie de la explotación o de los pasillos de defecación.

De cuanto se ha dicho, parece evidente la dificultad de caracterizar "las aguas residuales porcinas" y, como consecuencia, identificar soluciones estandarizables para su tratamiento y eliminación; por otra parte, la disponibilidad de tantos factores de influencia amplía considerablemente los potenciales sectores de intervención para conseguir

CUADRO I. COMPARACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN DE UNA PROTEÍNA IDEAL (INRA) Y LA APORTACIÓN DE AMINOÁCIDOS DE ALGUNOS PIENSOS SENCILLOS, SIENDO 100 EL CONTENIDO EN LIBINA

Aminoácidos	Soja 40%	Maíz	Cebada	Proteína ideal
Lisina	100	100	100	100
Metionina + cistina	47	156	114	60
Treonina	62	128	92	60
Triptófano	21	24	30	18
Isoleucina	80	140	103	60
Leucina	121	452	189	72
Istidina	39	104	60	26
Fenilalanina + tirosina	135	340	232	100
Valina	81	184	143	70

Fuente: Morlacchini et al., 1992

una total reducción del impacto de la actividad de cría porcina.

En efecto, mientras hasta hace pocos años la atención de los ganaderos y de los investigadores se concentraba únicamente en las técnicas de tratamiento y las modalidades de eliminación de las aguas residuales, las direcciones más recientes de la investigación se ponen como objetivo la reducción total de las cantidades de purines producidos, su menor carga de contaminantes y una caracterización cualitativa que permita su recirculación en el ámbito del mismo sector agrícola; objeto de estudio son, en efecto, las formulaciones de piensos y nuevos tipos de infraestructura de las explotaciones.

**ALIMENTACION**

Por medio de intervenciones realizadas en las dietas alimenticias del ganado, es posible perseguir dos objetivos: la reducción del contenido de elementos contaminantes (nutrientes y metales pesados).

En cuanto al volumen de las aguas residuales, la sola sustitución de las raciones alimenticias "en húmedo" por otras "en seco" permite una reducción del 30% (Barbari y Rossi, 1992), facilitando las posteriores operaciones de eliminación y reduciendo sus costes.

Resultan interesantes las investigaciones actuales dirigidas a la reducción de los elementos contaminantes presentes en las deyecciones. Las tecnologías normales de tratamiento de los purines han resuelto, al menos en parte, el problema cuali-cuantitativo del componente orgánico, mientras que la carga de nitrógeno, fósforo y metales pesados no sufre reducciones significativas.

Estos elementos constituyen el principal factor de presión ambiental de los purines, y su acción contaminante afecta tanto a las aguas (freáticas y de superficie) como al aspecto sanitario de los cultivos en ejecución en las zonas de eliminación; su presencia es directamente proporcional a su contenido en las raciones alimenticias de los animales.

En cuanto al nitrógeno, por ejemplo, recientes investigaciones han evidenciado que de 20 kg de nitrógeno suministrado por cerdo en forma proteica, solamente son retenidos 6 kg por el animal, mientras que los 14 kg restantes se eli-



**Interviniendo sobre la dieta es posible reducir el volumen de las aguas residuales y rebajar su contenido en elementos contaminantes.**

minan en forma de deyecciones, líquidas (urea) o sólidas (alimentos no digeridos, biomasa bacteriana, etc.).

Una de las causas de esta baja eficiencia en la utilización del componente proteico de la dieta hay que buscarla en el hecho de que en las proteínas de origen vegetal, normalmente utilizadas para la formulación de los piensos, la relación entre los diversos aminoácidos está más bien desequilibrada con respecto a las exigencias nutricionales de los animales monogástricos (cuadro I), por lo cual, para garantizar una suficiente aportación de todos los aminoácidos esenciales, se acaba suministrando algunos de ellos en fuerte exceso (Morlacchini et al., 1992).

Igualmente, las necesidades nutricionales del animal varían en las diferentes fases de crecimiento, y la eficiencia de utilización de los aminoácidos disminuye al aumentar la edad, como consecuencia de la natural reducción de la eficiencia anabólica del aparato gastrointestinal.

Analizando el componente nitrogenado excretado (20% con las heces, 80% con la orina) y su formación anabólica, el control reductivo del nitrógeno se puede conseguir actuando en tres direcciones distintas, manteniendo inalterada la productividad y la condición higiénico-sanitaria del animal: a) mejora cualitativa del grado de asimilación de las proteínas suministradas a los animales; b) mejora genética de los ani-

males dirigida a la modificación del metabolismo intermedio; y c) utilización de fórmulas alimentarias capaces de optimizar la relación entre aminoácidos esenciales en el crecimiento, reduciendo el contenido de los que superan estas necesidades.

Mientras las dos primeras direcciones de investigación se ponen objetivos a largo plazo, la tercera es actualmente objeto de numerosos estudios, y ya está en fase de aplicación en algunas explotaciones: a esta línea de investigación se le ha dado convencionalmente el nombre de "proteína ideal", y prevé la formulación de dietas que tomen como aminoácido de referencia generalmente a la Lisina.

Siguiendo las indicaciones suministradas por la "proteína ideal", es posible estimar una reducción del nitrógeno en los purines porcinos del 25-30%.

También para el fósforo existe un problema de exceso de presencia en la dieta, ligado al bajo grado de utilización del elemento en las formas en las que está presente en los ingredientes de los formulados, y también por esto están en curso experimentaciones dirigidas a la búsqueda de factores capaces de reducir su presencia en la ración alimenticia y, por tanto, en las deyecciones.

De particular interés resultan algunas experimentaciones que prevén la utilización de enzimas, como la fitasa, que incrementan el grado de asimila-

El enrejado del pavimento del box ha contribuido a limitar los consumos de agua, con notables repercusiones sobre el volumen final de las aguas residuales producidas.



ción del fósforo presente en los componentes de origen vegetal. También para el fósforo son variables las necesidades en relación con el estado fisiológico y de crecimiento del animal y, a los fines de su reducción en las deyecciones, resulta esencial una correcta dosis diferenciando las dietas por los diversos estados de crecimiento de los animales.

Los metales pesados son adicionados a las raciones alimenticias a través de formulados definidos como "integradores", que permiten microelementos y sustancias de acción bioestimulante; su presencia, en particular para el cobre y el zinc, ha sido recientemente reglamentada por medio de una adecuada normativa que limita su uso. Además de esto, es sin duda posible reducir posteriormente su empleo por medio de la utilización de elementos, en fase de estudio, que incrementen su retención a nivel intestinal.

En cuanto a la reducción de los metales pesados y otros microelementos, se abren interesantes perspectivas en la cría sobre cama profunda, en la que estos ele-

mentos permanecen en el substrato de las cochiqueras y vuelven a entrar en el ciclo alimenticio del animal, a través de la acción del hozado e ingestión de los materiales fibrosos, permitiendo una clara reducción de las cantidades adicionales a las raciones alimenticias.

**AGUAS DE BEBIDA**

En la producción del volumen de los purines tienen una fuerte incidencia el suministro del agua de bebida y el tipo de abrevadero utilizado.

La disponibilidad de agua desempeña un papel de primera importancia en la ración alimenticia de los cerdos, pero al mismo tiempo se ha comprobado que las necesidades de agua están considerablemente diversificadas en relación con las características del animal (edad, estado fisiológico y sanitario, etc.) y el nivel alimenticio adoptado.

Se considera que la relación óptima entre agua y pienso ingerido es aproximadamente 2:1. Para las cerdas lactantes, esta relación se debe elevar a 3:1 =,

mientras que para los animales más jóvenes, hasta el destete, es preferible suministrar agua a voluntad (Barbari y Rossi, 1992). En el cuadro II figuran las necesidades hídricas de los cerdos en relación con el estado de crecimiento.

Empleando dietas "en seco" y racionalizando el flujo de agua en los abrevaderos es posible conseguir una reducción del volumen de los purines del 30%; para alcanzar este objetivo, reviste también particular importancia el tipo de abrevadero adoptado, su posicionamiento y su densidad de distribución en el interior de los boxes.

En efecto, los animales con mucha frecuencia, en particular en verano, se acostumbran a "jugar" con el agua, acentuando mucho su consumo; asimismo, el no correcto posicionamiento de los distribuidores (en altura o en el interior del box) induce muchas veces a un comportamiento anómalo de los animales, incrementando el derroche del agua.

Además de con un correcto posicionamiento de los abrevaderos, se obtiene una sensible reducción de los derroches con distribuidores "protegidos", del tipo "come-bebe" por ejemplo, en los que el flujo del líquido es regulado por el animal en fase de alimentación y el agua se recoge en el comedero, mezclándose directamente con la ración alimenticia en harina. Igualmente eficaces, a los fines antiderroche, son los abrevaderos dotados de protección, en los que el exceso de agua se puede recoger en el interior de "cuencos" en vez de dispersarse directamente por el suelo.

**LIMPIEZA DE LAS PORQUERIZAS**

El sistema de limpieza, utilizado para el lavado de los boxes de cría y para la extracción de las heces, tiene una considerable influencia sobre el volumen final de las aguas residuales producidas; la limpieza se puede realizar manualmente, con el auxilio de rascadores o escobas, o bien con chorro de agua a presión o a baja presión.

Los sistemas de limpieza, en vista de la sensible influencia que tienen sobre

**CUADRO II. NECESIDADES HÍDRICAS INDICATIVAS PARA LAS DIVERSAS CATEGORÍAS DE CERDOS**

Categoría de cerdos	Litros/cabeza-día
Lechones con teta	0,1-0,5
Lechones en destete (7-25 kg)	1,0-5,0
Cerdos en crecimiento (25-50 kg)	4,0-7,0
Cerdos en engorde (50-100 kg)	5,0-10,0
Cerdos en engorde (100-150 kg)	7,0-15,0
Cerditas de remonta	5,0-10,0
Cerdas en gestación	10,0-20,0
Cerdas lactantes	20,0-35,0
Verracos	10,0-15,0

Fuente: CRPA - Agricultura, n.º 7-8 - 1992

<sup>1</sup> Se señala, de todas formas, que por parte de algunos ganaderos se han suscitado dudas sobre la alimentación "en seco", lamentándose de dificultades en el equilibrio de las dietas y en sus rendimientos.

# BIOMETS

## METIONINATOS DE ZINC, HIERRO Y MANGANESO



- Aumenta tamaño y vigor de la camada
- Disminuye "repeticiones"
- Potencia la inmunidad y reduce el stress
- Mejora los índices y la calidad de la canal

ASEGURE SU FUENTE  
MINERAL

**NOREL**  
**SLA**

Jesús Aprendiz, 19 - 1º A y B

28007 MADRID

Tels: 501 39 55

501 43 26

552 77 17

552 80 28

Fax: 501 93 00



la cantidad y calidad del purín final producido, han sufrido en los últimos años una cierta evolución hacia tipos de menor consumo de agua o de recirculación de la fracción líquida de los mismo purines, previo tratamiento en la explotación dirigido a este fin.

El lavado de los boxes y de las diversas secciones de la explotación tiene como principal fin el mantenimiento de las condiciones higiénico-sanitarias, para garantizar el confort y el estado de bienestar de los animales, y los sistemas adoptados se refieren al tipo de cochiqueras y de infraestructuras presentes en la explotación.

Las porquerizas de tipo tradicional, que provienen principalmente de la transformación de estructuras destinadas a otros usos (explotación bovina,

La separación de un pasillo de defecación llevado por fuera del box mismo, donde el animal concentra la emisión de las heces (preferentemente la fase sólida), permite ya una cierta reducción del curso hídrico, ligada tanto a la menor superficie lavable como a la posibilidad de uso de sistemas de menor consumo, como por ejemplo los cajones que se pueden volcar, que periódicamente producen un chorro de agua suficiente para evacuar las deyecciones acumuladas.

El sucesivo enrejado del pavimento ha llevado a una posterior limitación de los consumos de agua, permitiendo la evacuación natural de la orina y de las heces por medio del normal pisoteo de los animales; las deyecciones se recogen en fosas de diferentes capacidades situa-

exigencia de mantener unas condiciones higiénicas óptimas requiere una constante y rápida extracción de las deyecciones, que en esta fase se presentan más líquidas; las jaulas están dotadas de pavimento enrejado en parrilla muy estrecha (para evitar daños a las patas de los cerditos), y se montan elevadas sobre pavimento continuo e inclinado para evitar que se formen estancamientos de material en fermentación debajo de las mismas jaulas.

En este sector, el lavado se efectúa con agua a presión o a baja presión, y difícilmente es posible conseguir, en los sistemas de cría tradicionales, la contención de los consumos hídricos.

También el tipo de enrejado y de material utilizado para la pavimentación reviste una gran importancia, ya que puede ser causa de problemas en los pies y en las patas de los animales, o de total reducción del estado de bienestar.

El flujo de las deyecciones desde las cochiqueras tiene lugar por rebosamiento o escurrimiento desde las fosas de recogida; las deyecciones permanecen durante un período más o menos largo debajo de los boxes, durante el cual sufren una "fluidificación", debida a los procesos degradantes biológicos, que facilita el escurrimiento y la evacuación desde la misma fosa.

Durante esta fermentación, particularmente acentuada en el período estival, se desarrollan también moléculas gaseosas (amoníaco  $NH_3$  y sulfuro de hidrógeno  $H_2S$  principalmente), que tienen una acción tóxica sobre los animales y corrosiva sobre las estructuras metálicas de la explotación; por esto, la permanencia de las deyecciones en el interior de la fosa debe ser suficiente para permitir una adecuada fluidificación de las heces, evitando una excesiva producción de elementos tóxicos.

Genéricamente, se puede afirmar que el enrejado del pavimento permite una reducción de las necesidades de agua proporcional a su extensión, pero, si no se aplica correctamente, puede determinar otra reducción proporcional del estado de bienestar del animal criado (limitación del confort térmico durante el invierno, presencia de moléculas gaseosas molestas o nocivas en relación con la concentración, exigencia de mayor recambio de aire, etc.).

En los últimos años, como consecuencia de un creciente desarrollo de



En la producción de los purines tienen una fuerte influencia el suministro de agua de bebida y el tipo de abrevadero utilizado.

cuadras, etc.), se utilizan mucha veces para la fase de engorde del animal, y se construyen con pavimentaciones continuas, cuya limpieza debe ser más bien frecuente, sobre todo en verano cuando se aceleran los procesos fermentativos, y realizada con chorro de agua.

En este caso, la limpieza con agua se puede efectuar tanto con medios de baja presión, como con chorros a alta presión; con este último sistema se obtiene una sensible reducción del consumo de agua, que puede llegar al 25%.

La investigación de los tipos de explotación, con el fin de reducir el consumo hídrico para el lavado, ha llevado a la construcción de diversas soluciones, que prevén la separación de una área de defecación del resto del box, y sucesivamente el enrejado del pavimento del box.

das debajo del pavimento, y desde aquí son conducidas al depósito de almacenamiento por rebosamiento o con la ayuda de agua.

El enrejado puede interesar al pasillo de defecación exterior o, en su ausencia, a la pavimentación del box: en este caso puede ser parcial, es decir interesar al 25-50% de la superficie, separando una zona de defecación de la zona de alimentación y reposo, o bien total.

La elección del tipo de enrejado se realiza también en relación con el estado fisiológico del animal: por ejemplo, un box con pavimento enteramente enrejado (emparrillado) se presta mejor a albergar animales de engorde que a cerditos en crecimiento, para los cuales se preparan boxes parcialmente enrejados.

En las salas de parto y lactación, la

sistemas de pretratamiento de los purines con el fin de su reutilización en agricultura, se está difundiendo la recirculación de la fracción líquida clarificada como agua de lavado, preferentemente de los pasillos exteriores de defecación o de las fosas situadas debajo de los emparrillados. Esta práctica, que permite un considerable ahorro de agua, se efectúa bajo estricto control, para evitar una mengua total de las condiciones higiénico-sanitarias de la explotación, y periódicamente es aconsejable realizar lavados con agua limpia.

Un interesante sistema de evacuación de las deyecciones prevé sistemas "en seco": estos pueden ser completamente manuales (escobas y rascadores), que requieren demasiada mano de obra, o mecánicos. El sistema más difundido prevé la construcción de rascadores montados en las fosas situadas debajo de los emparrillados, movidos por cadena accionada con motores mecánicos, que periódicamente arrastran la parte

sólida de las deyecciones al exterior de las cochiqueras.

El empleo del sistema de limpieza "en seco" puede reducir el volumen de las deyecciones hasta más del 60% ; sin embargo, los elevados costes de inversión y las dificultades de intervención en caso de conservación limitan sensiblemente su difusión en nuestras explotaciones.

Las crecientes dificultades y el incremento de los costes directos e indirectos, asociados a la evacuación de las aguas residuales, han inducido a los ganaderos a estudiar diversas soluciones de cría con menores necesidades de agua: en este marco, están suscitando considerable interés las crías sobre cama.

Las camas pueden ser de tipo tradicional o permanentes: las tradicionales, que se vuelven a hacer en la explotación de antigua tradición rural, prevén la construcción de una capa de paja que permite separar la fracción sólida de la líquida, recogiendo un "estiércol" que

se puede utilizar mejor en agricultura, separado de la fase líquida de menor volumen y con reducida carga contaminante.

Las camas permanentes representan una evolución tecnológica de las anteriores, constituyendo un reactor biológico en el interior de la misma explotación; en efecto, la cama tiene unas dimensiones que permiten en su interior la total absorción de todas las deyecciones producidas y la puesta en marcha de procesos biológicos de fermentación aeróbica, que llevan a la degradación y reducción de la biomasa excretada.

**CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Sobre la caracterización de las aguas residuales porcinas y sobre el volumen final a evacuar influyen numerosos factores: alimentación, estado fisiológico del animal, tipo de estabulación, sistema de limpieza, etc.

En cuanto a la cantidad de deyecciones producidas "sin tratar" (s.t.), se considera que ésta depende de la edad del animal, de la fase de crecimiento y de su peso; en efecto, a título de ejemplo, un quintal de peso vivo criado produce unos 5 kg/día de deyecciones s.t., si se refiere a cerdas en gestación con cerditos, que ascienden a 5,6 kg en el caso de cerditos en crecimiento y a 6,4 kg/quintal de peso vivo de cerdo de engorde, para descender a sólo 2,6 kg por quintal de peso vivo referido a un verraco (cuadro III). Las características de las deyecciones s.t. son modificadas por la dilución con el agua usada para el lavado de los boxes o la limpieza de las fosas de recogida.

En el cuadro IV se comparan las producciones totales de aguas residuales con relación al tipo de limpieza efectuado en las cochiqueras y el efecto de la dilución sobre las características de las aguas residuales, relativamente a la concentración de elementos nutrientes.

Las características físico-químicas poseídas por las aguas residuales condicionan sensiblemente las sucesivas modalidades de evacuación, tanto en el caso de tratamiento con el fin de la depuración (incremento de los costes de instalación), como en el caso de reutilización con fines agronómicos (incremento de los costes de gestión). ■

Tipo de animal producido	Peso animal kg	Aguas residuales kg/día
Cerda con lechones	200	10,0
Cerda en gestación	160	8,0
Lechones destete (6-15 kg)	10	0,6
Lechones crecimiento (15-35 kg)	25	1,4
Engorde (35-120 kg)	80	5,2
Engorde (35-160 kg)	100	6,4
Verracos	220-300	6,0-8,0
Cerdos remonta	65	4,2

Fuente: CRPA, 1991.

	Aguas residuales m3 por quintal peso vivo criado	Elementos presentes en las aguas residuales kg/ton (1)		
		N	P	K
<b>Pavimento continuo</b>				
— agua a baja presión	10 mc	1,4	0,4	0,9
— agua a alta presión	8 mc	1,6	0,5	1,0
<b>Pavimento enrejado parcial</b>				
— agua a baja presión	7 mc	2,0	0,7	1,4
— agua a alta presión	5 mc	2,7	0,9	1,8
<b>Pavimento totalmente enrejado</b>				
— sin uso de agua	4 mc	4,2	1,4	2,8
<b>Pavimento enrejado parcial</b>				
— limpieza "en seco"	3,5 mc	4,8	1,6	3,1

Fuente: Nuestra elaboración sobre datos CRPA y autores varios.

(1) Los datos indicados deben ser considerados como valores medios indicativos, ya que el contenido de los elementos fertilizantes contenidos en las aguas residuales presenta variaciones muy acentuadas.