

## Eliminación de las aguas residuales porcinas

ANTONIO PICCININI. INSTITUTO DE ZOOECONOMIA. UNIVERSIDAD DE BOLOGNA. ITALIA. (II)

La eliminación de las aguas residuales porcinas puede seguir esencialmente dos vías:

- Depuración en instalaciones con el fin de conseguir características que permitan su posterior vertido en aguas superficiales o en alcantarillas.
- Distribución sobre suelo cultivado de las aguas residuales sin tratar o después de diversos niveles de tratamiento realizados para mejorar las características agronómicas de las mismas aguas residuales.

El elemento que más condiciona la elección entre estas soluciones es la disponibilidad de terreno agrario sobre el cual distribuir los purines; a falta de éste, la perspectiva de construir instalaciones tecnológicas para la depuración se presenta muy costosa, tanto por los costes de inversión, como por los de gestión.

### La depuración

La depuración de los purines se presenta como solución difícilmente realizable por motivos de orden económico y práctico; sin embargo, es inútil hacer algunas consideraciones, ya que, en determinadas condiciones (por ejemplo, elevada concentración territorial de instalaciones), puede representar el único camino viable como alternativa al traslado de la explotación ganadera o a su cierre.

El sistema de elección para la depuración de las aguas residuales porcinas son las instalaciones de «fangos activos», en las cuales los microorganismos producen la degradación de la fracción orgánica en presencia de oxígeno, que se suministra al sistema a través de energía mecánica.

La presencia de un alto contenido de materia orgánica incrementa sensiblemente los costes energéticos para el suministro del oxígeno. Por ello, los purines a depurar son

siempre sometidos a pretratamientos, cuya finalidad es separar una fracción sólida que contenga la mayor parte de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica.

En el proceso de depuración, la biomasa bacteriana se incrementa a expensas de la fracción orgánica y de las sales nutrientes presentes en el purín, determinando la formación de fangos que se separan al final del proceso de tratamiento.

La depuración no resuelve, por tanto, el problema de la eliminación completamente, pero separa la fracción líquida de una sólida, en la que se concentra la mayor parte de los elementos contaminantes, y que de todas formas debe ser después evacuada.

Las aguas tratadas difícilmente logran alcanzar un nivel de reducción de elementos nutrientes tal como lo exige la normativa sobre su vertido en aguas superficiales, y esto porque la relación C/N está ya equilibrada en el agua residual sin tratar, y el nitrógeno presente se encuentra en exceso en cuanto a su posible utilización para la producción de nueva biomasa bacteriana.

En efecto, en los purines tratados los

parámetros relativos a los componentes nitrogenados (y también al fósforo), es decir amoníaco, nitratos y nitritos, son siempre superiores a lo que se permite por ley.

La posterior reducción de estos elementos requiere la introducción en las instalaciones de tecnologías más complejas de gestionar, que difícilmente se adaptan al grado de conocimientos técnicos de los operarios agrícolas.

La construcción de una instalación de depuración puede ser considerada en el caso de que sea necesaria una separación forzada de la fracción sólida, y se pueda efectuar la fertirrigación con la fracción líquida, desvinculada de los límites cuantitativos de distribución por unidad de superficie en virtud de la reducción de concentración de N y P respecto a las aguas residuales sin tratar.

Una solución alternativa puede prever el vertido de las aguas residuales en una alcantarilla, si ésta está unida a un depurador urbano convenientemente dimensionado para absorber el exceso de carga.

En este caso, el efecto de dilución de la carga nitrogenada con las aguas urbanas tiende a reequilibrar la relación C/N hacia valores aceptables a los fines de una ópti-



La depuración de las aguas residuales es de difícil ejecución por motivos de orden económico y práctico.

ma remoción de este elemento de la fase líquida.

El tratamiento de digestión anaeróbica, que muchas veces se enumera entre los sistemas de depuración, hay que considerarlo como un pretratamiento realizado para la transformación de una cuota de la fracción orgánica en energía reutilizable; en efecto, al final del tratamiento biológico, las aguas residuales tienen todavía una elevada capacidad contaminante, y los elementos nitrógeno y fósforo no tienen rápidamente ninguna variación cuantitativa (salvo en valores no significativos).

### Distribución sobre suelo cultivado

La utilización agronómica representa ciertamente el sistema más práctico y económico de eliminación de las aguas residuales, cuyos límites vienen determinados por:

- Adecuado grado de maduración de la fracción orgánica, para evitar fermentaciones en el campo que originen olores desagradables.
- Equilibrada relación entre nutrientes y cultivos en ejecución, para evitar que el exceso de N y P no utilizado se disperse en el ambiente, contaminando aguas freáticas y superficiales.
- Baja presencia de metales pesados, que con el tiempo podrían acumularse en el suelo.
- Reducido volumen en su conjunto para limitar los gastos de transporte.

La distribución de las aguas residuales sin tratar, entendida únicamente como forma de eliminación de los purines, es combatida cada vez más, como consecuencia de los evidentes fenómenos de contaminación y de molestias sociales que ocasionan, en especial en las áreas de alta concentración de explotaciones, en favor de una recuperación del uso tradicional de las deyecciones como enmendantes y/o abono natural que hay que integrar con otros sintéticos

En efecto, el mayor obstáculo sigue siendo la disponibilidad para la empresa de una superficie agrícola suficiente para la recogida de todos los purines producidos, y los sistemas de tratamiento normalmente adoptados tienen como fin la reducción del contenido de nutrientes en la fase líquida (las formas del nitrógeno y del fósforo solubles son las más movibles en el suelo y fácilmente dispersables en el medio ambiente) y la conservación de los purines en la misma finca durante los períodos en los que la fase vegetativa de los cultivos esté en descanso.

El paso de la simple distribución sobre el suelo a la utilización agronómica ha im-



La primera emisión de amoníaco se obtiene ya en el interior de los establos, sobre los pavimentos y sobre todo en las fosas que están debajo.

puesto a las explotaciones la adopción de técnicas de pretratamiento y tratamiento de los purines, de espacios para el almacenamiento temporal, la adquisición del equipo específico para la gestión misma de la práctica de su distribución (carrocubas con ripper, regadores con tuberías discontinuas o no, etc.) y el establecimiento de una estructura organizativa para la gestión administrativa de la práctica (registro de carga y descarga, planes de distribución y abonado, etc.), ocasionando un sensible incremento de los costes de esta modalidad de distribución.

Por esto motivos, las líneas de investigación más recientes están trabajando para modificar las características cualitativas de las aguas residuales y su total reducción, por medio de intervenciones realizadas aguas arriba de la producción del purín, es decir, actuando sobre las dietas alimentarias y sobre las mismas infraestructuras de la explotación.

### Tratamientos para la distribución de las aguas residuales

La distribución de las

aguas residuales sobre el suelo cultivado requiere que éstas sean previamente sometidas a tratamientos en la finca, algunos de los cuales son indispensables para que la práctica sea compatible con los cultivos en ejecución y con el medio ambiente, y otros tienen sencillamente como fin incrementar las cantidades distribuibles por unidad de superficie.

En síntesis, los tipos más difundidos de tratamiento, efectuados individualmente o en combinación entre sí, se indican seguidamente (CRPA, 1990):

- Almacenamiento.
- Separación de las fracciones sólidas volúminosas.
- Separación de los sólidos en suspensión.
- Oxigenación de las aguas residuales.
- Compostaje de las fracciones sólidas orgánicas.

### Almacenamiento y conservación

En el recorrido legislativo, el almacenamiento asume inicialmente la función de permitir la «maduración» de la fracción orgánica y la higienización de las aguas residuales.

La distribución sobre el

**La utilización agronómica es el sistema más práctico y económico de eliminación de las aguas residuales**

# INFORME

suelo de aguas residuales sin tratar, no suficientemente estabilizadas, determina un aporte considerable de materia orgánica que puede fermentar, cuya rápida degradación producida por los microorganismos saprófitos del suelo requiere una considerable cantidad de oxígeno; en estas condiciones, fácilmente se determinan zonas anódicas en perjuicio de los cultivos en ejecución («quemado» de los cultivos). Asimismo, los coloides presentes en las aguas residuales sin tratar tienden a recubrir las partículas del suelo, impidiendo o ralentizando el cambio con el oxígeno de la atmósfera.

En estas condiciones, además del daño cultural (si hay presentes cultivos en ejecución), la fermentación produce olores desagradables que provocan molestias sociales a las eventuales poblaciones presentes en las proximidades (¡pero los vientos llevan también estos olores a considerable distancia!), y un reclamo para insectos y ratas que encuentran condiciones ideales de desarrollo y de alimentación. Por ello se hace esencial una primera retención de las aguas residuales en estanques durante un tiempo suficientemente largo para permitir la completa fermentación de la fracción orgánica putrescible (fase de estabilización).

**El tiempo mínimo requerido para el almacenamiento de las aguas residuales es de 90 días**

La estabilización de la fracción orgánica presenta igualmente otro aspecto positivo, como es la reducción del contenido del nitrógeno amoniacal; este elemento es muy volátil y la exposición al aire y más variaciones de las condiciones físico-químicas realizadas por la fermentación facilitan su volatilización.

Desde el punto de vista estrictamente ambiental, esto significa sencillamente el paso de un elemento contaminante de la fase líquida a la gaseosa; sin embargo, desde el punto de vista agro-

nómico, esta pérdida, que puede alcanzar entre el almacenamiento y las sucesivas fases de distribución el 20-30%, permite una cierta reducción de la necesidades de terreno para la empresa.

Los procesos de fermentación que se ponen en marcha en los estanques de almacenamiento, la competencia entre microorganismos, la variación de las condiciones físicoquímicas con respecto al ambiente de producción (el intestino de los animales), unido a la acción del aire y de las radiaciones solares sobre las capas superficiales, contribuyen igualmente a la reducción de la carga microbiana potencialmente patógena normalmente presente en la heces.

Del análisis de las normativas nacionales y regionales en esta materia se desprende que el tiempo mínimo requerido para el almacenamiento de las aguas residuales es de 90 días, y se considera también suficiente para reducir significativamente la carga bacteriana patógena; Strauch (1988) ha demostrado que diversas especies de Salmonella tienen tiempos de supervivencia en los estanques que no superan los 50 días, precisando de todas formas que factores como el pH, la temperatura y la concentración de las aguas residuales inciden sensiblemente en la capacidad de resistencia.

Mayor resistencia al almacenamiento presentan las formas de supervivencia de algunos organismos: quistes y huevos de parásitos intestinales, por ejemplo, consiguen superar condiciones negativas durante períodos muy largos.

Además de estas funciones de estabilización de la fracción orgánica y de higienización, el almacenamiento ha asumido la función de almacenamiento de las aguas residuales durante el período en el que su uso en el campo no es productivo (ausencia de cultivos en fase activa) y, por tanto, son mayores las dispersiones en el ambiente, o durante los períodos en los que las condiciones atmosféricas o del terreno no permiten su uso racional (terrenos helados o nevados, frecuentes lluvias, etc.).

Los depósitos de almacenamiento (algunos de considerable dimensión definidos como «lagos») deben estar impermeabilizados: donde sea posible por sus dimensiones se utilizan estanques de cemento;

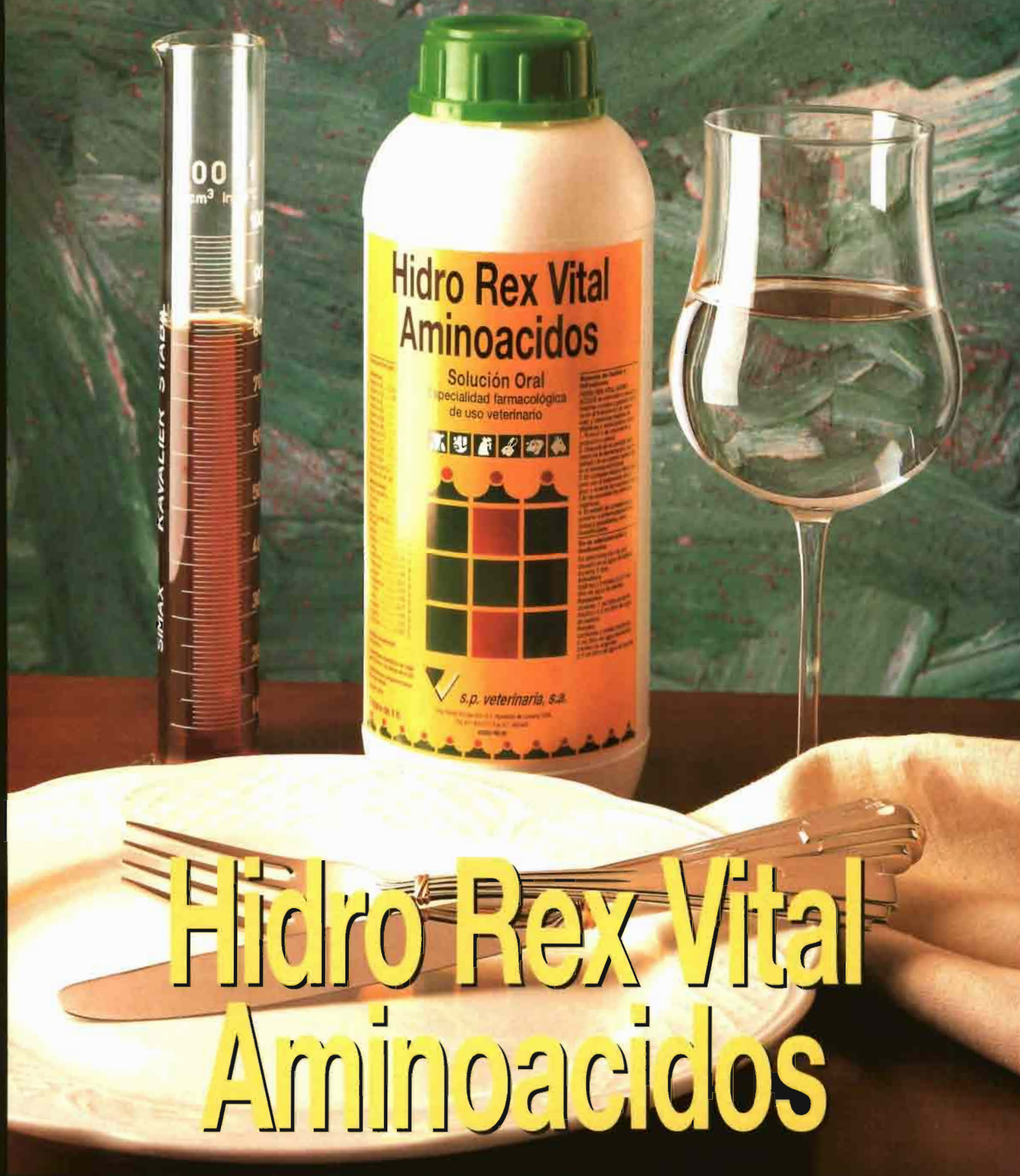
**CUADRO I. ELEMENTOS FERTILIZANTES PRESENTES EN LAS AGUAS RESIDUALES PORCINAS SIN TRATAR Y DESPUES DE SEPARACION DE LA FRACCION SOLIDA DE LA LIQUIDA (kilos de elemento fertilizante por tonelada de producto)**

Elementos fertilizantes contenidos en una tonelada de fracción líquida de aguas residuales, según las diversas técnicas (kg/t)

	Aguas residuales después de 180 días de almacenamiento (kg/t)		Cribado		Centrifugación		Cribado + Sedimentación		Cribado + Sedim. + Oxigenación		Centrifugación + Depuración		
	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	
<b>Pavimento continuo</b>													
- Agua a baja presión (a)	1,4	0,4	1,1	0,4	0,9	0,2	0,9	0,3	0,6	0,2	0,2	0,1	
- Agua a baja presión (b)	1,1	0,3	0,9	0,3	0,7	0,1	0,7	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	
- Agua a alta presión (a)	1,6	0,5	1,2	0,5	1,0	0,2	1,0	0,3	0,7	0,2	0,2	0,1	
- Agua a alta presión (b)	1,3	0,4	1,0	0,4	0,8	0,1	0,8	0,2	0,5	0,1	0,2	0,1	
<b>Pavimento enrejado parcialmente</b>													
- Agua a baja presión (a)	2,0	0,7	1,5	0,5	1,1	0,2	1,1	0,3	0,7	0,3	0,2	0,1	
- Agua a baja presión (b)	1,6	0,5	1,1	0,4	1,0	0,1	1,0	0,2	0,6	0,2	0,2	0,1	
- Agua a alta presión (a)	2,7	0,9	1,9	0,8	1,2	0,3	1,2	0,3	0,8	0,3	0,3	0,1	
- Agua a alta presión (b)	2,2	0,7	1,6	0,6	1,1	0,2	1,1	0,2	0,7	0,2	0,2	0,1	
<b>Pavimento totalmente enrejado</b>													
- Sin uso de agua (a)	4,2	1,4	2,8	0,9	1,3	0,4	1,3	0,3	0,9	0,3	0,4	0,1	
- Sin uso de agua (b)	3,4	1,0	1,7	0,6	1,1	0,2	1,1	0,2	0,7	0,2	0,2	0,1	
<b>Pavimento enrejado parcialm.</b>													
- Limpieza «en seco» (a)	4,8	1,6	2,0	0,9	1,3	0,4	1,3	0,3	0,9	0,3	0,3	0,1	
- Limpieza «en seco» (b)	3,8	1,2	1,7	0,6	1,1	0,2	1,1	0,2	0,7	0,2	0,2	0,1	
<b>Elementos fertilizantes contenidos en una tonelada de fracción sólida o densa de aguas residuales (kg/t)</b>			33	16	39	23	25	13	25	13	39	27	

Fuente: Nuestra elaboración sobre datos de CRPA y autores diversos. (a) Animales sometidos a un racionamiento «ordinario». (b) Animales sometidos a racionamientos especiales o con «proteína ideal».

**El menú más completo para sus animales**



# Hidro Rex Vital Aminoácidos

**PRESENTACIONES:**

**SOLUCIÓN ORAL**

ENVASES DE 250ML, 1LT. Y 5 LT.



**s.p. veterinaria, s.a.**

TEL. (977) 85 01 70\*. FAX (977) 85 04 05. AP. CORREOS 1.005. CTRA. REUS-VINYOLS KM. 4,1. 43200 REUS (TARRAGONA)

**CUADRO II. TECNICAS DE LIMPIEZA QUE PRETENDEN REDUCIR EL VOLUMEN DE LAS AGUAS RESIDUALES PORCINAS PRODUCIDAS ANUALMENTE (metros cúbicos anuales por quintal de peso vivo criado)**

	Producción de aguas residuales m <sup>3</sup> por quintal de peso vivo		Metros cúbicos año «fracción líquida» de aguas residuales por quintal de peso vivo criado						
	Racionamiento hídrico		Cribado		Centrifugación		Cribado+Sedimentación		
	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	
Pavimento continuo									
- Agua a baja presión	10	9	9,5	8,6	8,3	7,4	7,6	6,7	
- Agua a alta presión	8	7	7,6	6,7	6,7	5,8	6,2	5,3	
Pavimento enrejado parcial									
- Agua a baja presión	7	6	6,8	5,8	6,0	5,0	5,5	4,5	
- Agua a alta presión	5	4	4,9	3,9	4,5	3,5	4,0	3,0	
- Con reciclaje de aguas residuales (1)	7,8	6,8	-	-	-	-	2,0	1,0	
Pavimento totalmente enrejado									
- Sin uso de agua	4	3,2	3,9	3,1	3,5	2,8	3,0	2,5	
Pavimento enrejado parcial									
- Limpieza «en seco»	3,5	2,6	3,4	2,5	3,0	2,2	2,6	2,0	

Fuente: Nuestra elaboración sobre datos de CRPA y autores diversos.

El cuadro indica las cantidades que salen de la explotación sin tratar en las dos primeras columnas. En las otras columnas figura sólo la fracción de líquido a distribuir anualmente, fuera del «salvado fino» separado previamente.

(1) Técnica que prevé en lugar del agua la utilización de la fracción líquida del estiércol convenientemente clarificada.

para volúmenes superiores se recurre a impermeabilizaciones artificiales con telas de material plástico (por ejemplo, goma butílica, geomembrana del tipo usado para las descargas de Rsu, etc.), o simplemente por adición de capas de arcilla o telas de bentonita. La certificación de impermeabilidad del estanque es bueno que esté siempre acompañada de un informe geológico, que certifique la no peligrosidad para la capa freática y/o la estabilidad de los terrenos de las zonas en las que se construyen estos depósitos de almacenamiento.

La división en varios depósitos tiene el objetivo de permitir la maduración correcta de los purines (fase de relleno) durante el período de distribución (fase de vaciado de otro contenedor).

Desde el punto de vista ambiental, el almacenamiento durante períodos muy largos, cuando se realiza en explotaciones de grandes dimensiones, presenta algunos riesgos debidos a la suspensión de la actividad o a la no disponibilidad de superficies agrícolas destinadas a la distribución; así, la acumulación de ingentes cantidades de aguas residuales, que en algunos casos puede superar los cien mil metros cúbicos, crea una difícil situación de recuperación y/o de saneamiento del área interesada.

También por estos motivos, aun considerando esencial la posibilidad de almacenar los purines durante tiempos largos para satisfacer las diferentes exigencias ambientales, es necesario identificar y favorecer las soluciones productivas que reduzcan drásticamente los volúmenes de las deyecciones producidas.

**CUADRO III. EMISIONES DE AMONIACO EN EUROPA (Asman, 1990)**

Fuente	Emisiones de amoníaco	
	Miles de toneladas por año	%
Zootecnia	6.808	80,6
- Bovinos	4.660	55,2
- Cerdos	1.059	12,6
- Aves	570	6,7
- Ovinos	435	5,1
- Equinos	84	1,0
Fertilizantes	1.626	19,2
Industrias	13	0,2

**CUADRO IV. EMISIONES DE AMONIACO DEL SECTOR PORCINO EN HOLANDA (t/año) (por Bonazzi, Navarotto, 1991)**

Categoría animal	NH <sub>4</sub> t/a Total	NH <sub>4</sub> t/a por refugios y almacenamientos	NH <sub>4</sub> t/a por distribución
Cerdos	66.700 (100%)	25.900 (38,8%)	40.800 (61,2%)

### Separación sólido/líquido

En las aguas residuales sin tratar están presentes numerosos sólidos en suspensión (pelos, salvado fino, material orgánico), cuya separación permite la reducción del volumen de la fracción líquida y de los nutrientes presentes; éstos se concentran en la fracción sólida, que tiene una consistencia «palable», una mayor concentración de nitrógeno y fósforo, pero en forma orgánica y por tanto más afín a la utilización agronómica y, aspecto nada despreciable, un mayor agradecimiento por

parte de los agricultores que deben utilizarlo.

La parte líquida, que sigue el camino del almacenamiento, requiere un período de estabilización más breve, y posee una menor cantidad de contaminantes que reduce las necesidades de terreno disponible para la distribución. La separación de la fracción sólida se puede conseguir con cribas, mecánicas o estáticas, o con máquinas centrífugas de más elevada eficiencia; en el **cuadro I** se compara el nivel de eficiencia sobre la reducción de N y P de los diversos sistemas de tratamiento (y sus combinaciones), que son frecuentemente adoptados en las granjas porcinas, relacionados también con el tipo de infraestructuras presentes y con los sistemas de limpieza adoptados.

En el **cuadro II** se compara la reducción de la fracción líquida conseguible con la adopción de los diferentes tipos de separación sólido/líquido, siempre relacionada con las infraestructuras de la granja y con los sistemas de limpieza.

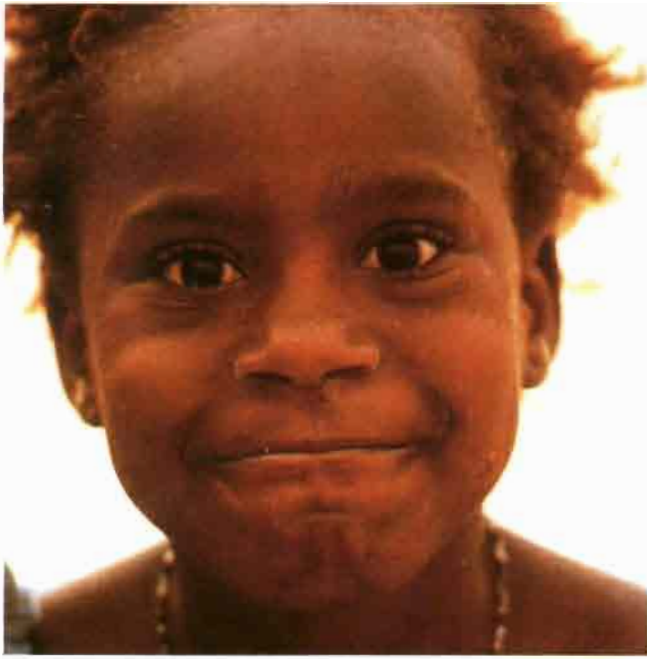
**CRIBADO.** Los líquidos recogidos en un pequeño pozo de homogeneización son periódicamente elevados a unas estructuras con rejas o tamices de mallas finas para la separación de los materiales voluminosos; en el caso de cribas estáticas, se efectúa la elevación hacia una reja inclinada sobre la cual se obtiene la selección de los sólidos voluminosos, que son recogidos en una adecuada superficie impermeabilizada y dotada de un canalillo de recuperación de las aguas de precipitación que todavía posean.

Las cribas mecánicas (de tambor rotatorio o de estructura vibrante) tienen una mayor eficiencia de separación del líquido y llevan la fracción sólida separada hasta el 20% de materia seca.

Con el simple cribado es posible reducir el volumen de la fracción líquida en un 4-7%, consiguiendo también una pérdida de nitrógeno del 8-10% y de fósforo del 15-20%, que permanecen concentrados en el sólido separado (Piccinini y Cortellini, 1988).

**CENTRIFUGACION.** El uso de centrífugas o decantadoras (de eje vertical u horizontal) permite obtener una mayor separación de la fracción líquida, pero también al mismo tiempo, en especial con la ayuda de reactivos coagulantes que favorecen la agregación de los sólidos en suspensión (de las partículas coloidales sobre todo), un considerable incremento del sólido separado.

El empleo de decantadoras incide sensiblemente en los costes, tanto de inversión como de gestión, por la utilización de productos químicos de efecto coagulante



# Gracias a un veterinario,

*tal vez no necesite a un médico.*

*No te extrañes! Cuando uno de los problemas fundamentales de los niños del Tercer Mundo es la alimentación, un veterinario puede hacer mucho por ellos.*

*Un veterinario como tú puede ayudarles colaborando a financiar proyectos de desarrollo agropecuario. Juntos podremos combatir una de las peores "enfermedades" que existen: el hambre.*

*Ayúdanos a crear un fondo rotativo de crédito bovino en **República Dominicana**, a capacitar promotores pecuarios en **Guatemala**, proporcionar alimentación a los niños **ruandeses** refugiados en **Zaire**, construir y equipar un laboratorio de análisis veterinario en **Uruguay**, y muchos otros proyectos como estos que están a la espera.*

*Estamos trabajando en los rincones más necesitados de la tierra. Allí, con tu ayuda, podemos hacer mucho por los seres humanos que necesitan de los animales para sobrevivir.*

*En su nombre, querido colega, GRACIAS POR TU AYUDA.*



## Veterinarios sin Fronteras

Josep Anselm Clavé, 6 1º 1º 08002 BARCELONA  
Telf. 412 71 08 Fax 412 40 36

**Este anuncio ha sido posible gracias a la colaboración desinteresada de Edagricole ESPAÑA**

Deseo formar parte de VETERINARIOS SIN FRONTERAS (VETERMON), como miembro colaborador, con la aportación de \_\_\_\_\_ ptas.

NOMBRE \_\_\_\_\_ APELLIDOS \_\_\_\_\_ EDAD \_\_\_\_\_ PROFESION \_\_\_\_\_

DIRECCION \_\_\_\_\_ POBLACION \_\_\_\_\_ C.P. \_\_\_\_\_ TELF. \_\_\_\_\_

Esta cantidad, la haré efectiva mediante:

Transferencia bancaria a la c/c de "La Caixa" nº 875-30, agencia 424.

Firma \_\_\_\_\_

Talón bancario que adjunto a nombre de VETERMON.

Orden bancaria. (Por favor sírvase cursarla a su Banco, Caja de Ahorro o Tarjeta de Crédito)

(aportación mínima: 3.000 ptas.)  
 anual  
 semestral  
 trimestral



o floculante; asimismo, en la gestión de la granja, la presencia de estas máquinas requiere una cierta diligencia manual para la preparación de los reactivos, la frecuente limpieza de los rotores y la manutención debida al desgaste producido por la arena, siempre presente en las aguas residuales de explotaciones con boxes de cemento.

Los resultados que se pueden conseguir son no obstante muy interesantes: reducción en la fracción líquida del nitrógeno en un 25-30% (45-55% con el uso de polielectrolitos) y del fósforo en un 60-65% (70-80% con el uso de polielectrolitos); reducción total del volumen líquido en un 15-20% (Piccinini y Cortellini, 1988).

La fracción sólida puede alcanzar una concentración de sólidos del 22-25%, e incluso superior según los productos químicos utilizados; a este propósito es bueno señalar que, debido a que esta fracción separada está destinada a ser también utilizada en agricultura, la elección de los productos químicos y la cantidad utilizada deben ser compatibles con estos fines.

Algunas experimentaciones han sido realizadas también con otras máquinas para la separación de la fracción sólida con más alta eficiencia: cintaprensas y filtoprensas; estas máquinas comprimen el purín transportado entre dos telas (continuas o dispuestas sobre bastidor fijo), dejando pasar la fracción líquida y reteniendo la sólida.

Estas máquinas no están, sin embargo, muy adaptadas para trabajar con aguas residuales zootécnicas en general, ya que su componente coloidal tiende a obstruir frecuentemente los poros de las telas, que requieren así una frecuente manutención, aún en el caso de utilización de floculantes u otros reactivos.

La pérdida de eficiencia de estas máquinas exige una constante presencia de un operador para la limpieza manual de las telas y la extracción, en algunos casos, de la torta de materiales sólidos.

Donde encuentran aplicación, se llega a obtener una fracción sólida con un contenido en materia seca que puede superar el 30%.

**SEDIMENTACION.** El proceso de sedimentación tiene lugar naturalmente en todos los estanques de almacenamiento, en los cuales es preferible, no obstante, intentar homogeneizar las aguas residua-

**Hoy se investiga la reducción de contaminantes por medio del control de la ración alimenticia**

les antes de recogerlas para su distribución.

En la parte inferior de los sistemas de separación sólido líquido es posible insertar un sedimentador de dimensiones convenientes (del tipo de los usados en las instalaciones de fangos activos), para la separación de una ulterior fracción de mayor densidad, que puede ser mezclada con paja (estercolamiento) o con la fracción sólida obtenida con los sistemas mecánicos y almacenada en estercoleros.

Intercalando la sedimentación después del cribado, por ejemplo, es posible reducir en su conjunto el volumen líquido en un 25-30%, con una pérdida de nitrógeno del 30-40% y del fósforo del 50-60%.

El objetivo principal es la obtención de una fracción líquida de bajo contenido en nutrientes, que permita su distribución para uso de fertirriego en el período estival, reduciendo sensiblemente las necesidades de terreno.

La distribución de los fangos se simplifica y se hace más económico por el reducido volumen del material a transportar.

### Aireación de las aguas residuales

La aireación de las aguas residuales no dirigida a su depuración tiene como objeto incrementar la pérdida de nitrógeno y limitar la formación de olores, que inevitablemente se producen durante el almacenamiento por obra de los procesos fermentativos.

La descomposición de la fracción orgánica con escasez de oxígeno o en su ausencia (es decir, en las condiciones de los estanques de almacenamiento) determina la producción de compuestos orgánicos intermedios volátiles (indol, escatol, mercaptanos, etc.), que contienen radicales amónicos y sulfhídricos, además de amoníaco y ácido sulfhídrico, caracterizados por olores desagradables perceptibles por nuestro olfato aún en concentraciones muy bajas.

La producción de estos compuestos es especialmente evidente en las fases iniciales de relleno de los estanques de almacenamiento, cuando las fermentaciones anaeróbicas no se han estabilizado todavía, y tienden a decrecer con el tiempo; sin embargo, su presencia se manifiesta

**CUADRO V. DEFINICIÓN DE LA EFICIENCIA DEL NITROGENO DE AGUAS RESIDUALES EN FUNCION DE LOS CULTIVOS Y DE LAS EPOCAS DE SUMINISTRO**

Cultivo practicado	Epoca de distribución		Eficiencia
Maíz y sorgo de grano	Prearado	(otoño)	Baja
	Terreno desnudo	(otoño)	Baja
	Presiembra	(primavera)	Alta
	Cobertura	(primavera)	Alta
	Fertirrigación	(verano)	Media
Cereales otoño-invierno	Prearado	(verano)	Baja
	Presiembra	(otoño)	Baja
	Cobertura	(otoño)	Media
	Recogida	(primavera)	Alta
Cultivos forrajeros otoño-primavera	Prearado	(verano)	Baja
	Presiembra	(otoño)	Media
	Cobertura	(otoño)	Media
	Recogida	(primavera)	Alta
Cultivos de segunda cosecha	Presiembra	(primavera)	Alta
	Cobertura	(primavera)	Alta
	Fertirrigación	(verano)	Media
	Presiembra	(primavera)	Alta
Cultivos forrajeros primavera-verano	Cobertura	(primavera)	Alta
	Fertirrigación	(verano)	Media
	Presiembra	(primavera)	Alta
	Cobertura	(primavera)	Alta
Prados de gramíneas o mixtos	Fertirrigación	(verano)	Media
	Implantación		Media
	Arranque vegetativo		Alta
	Cortes primaverales		Alta
	Cortes estivales u otoñales		Media
	Otoño precoz		Baja
Alfalfa	Implantación	(primavera)	Media
	Último año	(otoño precoz)	Baja
	Último año	(primavera)	Alta
Remolacha	Prearado	(otoño)	Baja
	Presiembra	(primavera)	Alta
Chopos	Mayo-septiembre		Media
	Arranque vegetativo	(primavera)	Media
Viñedos y frutales	Formación leño	(otoño)	Baja

Fuente: Ley Regional Emilia-Romana.

aún durante las fases de manipulación de las aguas residuales: recogida y distribución sobre el suelo.

La aireación de las aguas residuales, previamente sometidas a cribado o centrifugación, permite que una parte de la fracción orgánica se oxide, reduciendo, proporcionalmente al oxígeno introducido, la producción de olores; la agitación de las máquinas para la aireación favorece también una cierta liberación del  $\text{NH}_3$  en la atmósfera, reduciendo su contenido en la fase líquida.

En un sistema compuesto de cribado, sedimentación y almacenamiento con aireación es posible obtener una reducción del N en la fase líquida del 60-70% y del P del 50-60%; la fracción sólida (cribado y fangos) constituye el 25-30% del volumen inicial.

### Compostaje de la fracción sólida

El compostaje se define como un proceso biológico aeróbico de degradación del componente orgánico, caracterizado por una fuerte exotermia que eleva la temperatura de la biomasa en fermentación hasta más de 50-60°C. Es un proceso que interesa típicamente a masas con contenido de humedad inferior al 65-70%, y por tanto específico para materiales definidos como «palables».

En el sector porcino, en relación con la fracción sólida separada con sistemas mecánicos (cribas y decantadora), se puede hablar de compostaje solamente de tipo natural, es decir, de inicio espontáneo de los procesos de fermentación en el interior de los montones, si éstos se han mantenido en lugares cubiertos y ventilados y durante un período de tiempo suficientemente largo.

El compostaje de la fracción orgánica requiere no menos de 50-60 días en condiciones controladas, que se prolongan a más de 90 días en los casos de procesos espontáneos. De compostaje se puede hablar a su vez en el caso de las «camas profundas o acondicionadas».

### Desodorización de las aguas residuales

Las emisiones gaseosas producidas por las explotaciones ganaderas han sido en el pasado origen de molestias preferentemente de orden social (malos olores), mientras que se está considerando como más importante el impacto ambiental de algunos componentes como  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$  y  $\text{CO}_2$ .

Recientemente se esté prestando especial atención a las emisiones de  $\text{NH}_3$ , como responsables de la acidificación de las lluvias y consiguientemente de los suelos; a nivel europeo, las emisiones de amoníaco se estiman en unos 8,5 millones de to-

neladas, el 80% de las cuales proceden del sector zootécnico (**cuadro III**).

Estudios realizados en Holanda, donde el fenómeno es objeto de observación desde hace varios años, han estimado la aportación de amoníaco en el suelo por deposición aérea en unos 26 kg/ha/año en Holanda y de 23 kg/ha/año en Bélgica; además de la acidificación del suelo, estas cantidades de nitrógeno constituyen una aportación no considerada de nutrientes que se añade a las normales prácticas de abonado, incrementando la dispersión en el ambiente de este elemento.

El amoníaco se produce rápidamente por degradación de la urea y de otros compuestos nitrogenados presentes en las heces, y la velocidad de emisión, determinada por el metabolismo bacteriano, es

ben permanecer durante largos períodos de tiempo, en cumplimiento de las vigentes normativas. El lagunado, y en especial el aireado, son precisamente citados como dos sistemas para la reducción del contenido de amoníaco en las aguas residuales a distribuir, que puede alcanzar el 70% (35% con el sólo almacenamiento durante 180 días).

Cuotas más altas de amoníaco son liberadas como consecuencia de la distribución (**cuadro IV**), no tanto durante las operaciones de dispersión, como durante la permanencia en el suelo, donde, según las condiciones climáticas y las características del suelo y de los cultivos, pueden alcanzar en los 5 primeros días el 40% de la cuota distribuida (Bonazzi y Navarotto, 1991).



Las aguas residuales aportan materia orgánica y elementos fertilizantes a los suelos.

proporcional a la temperatura y al tiempo de maduración de la fracción orgánica y, por tanto, mayor en verano que en el período invernal.

La primera emisión se obtiene ya en el interior de los establos (en los que se requiere propiamente una adecuada ventilación para evitar patologías en las vías respiratorias determinadas por la presencia del amoníaco), sobre los pavimentos y sobre todo en las fosas que se encuentran debajo de los pavimentos enrejados, en las que el tiempo de retención es superior. Su reducción a este nivel se puede conseguir con un frecuente lavado y evacuación de las heces, consiguiendo sin embargo su excesiva dilución.

Con frecuentes lavados, la producción de amoníaco se rebaja en los estanques de almacenamiento, donde los purines de-

En el estado actual, no existen muchas intervenciones eficaces para el control de las emisiones: respecto a las explotaciones ganaderas, se trata de separar rápidamente las deyecciones y alejar, por tanto, la fuente de emisión a otro lugar. En los estanques de almacenamiento, el control de la producción realizado con el auxilio de productos biológicos específicos (bacterias y enzimas adicionadas a las aguas residuales) se ha mostrado poco eficaz, sobre todo en proporción al incremento de los costes de tratamiento.

Una solución fiable es la cobertura de los estanques con telas de goma, estructuras de policarbonatos, etc., pero las amplias superficies requeridas para el almacenamiento por las normativas vigentes llevan los costes de inversión a valores más bien elevados, difícilmente afrontables

**CUADRO VI. INTERACCION ENTRE EPOCAS DE APLICACION, TIPO DE SUELO Y DOSIS DE AGUAS RESIDUALES**

	Textura gruesa			Textura media			Textura fina		
	Dosis			Dosis			Dosis		
	b	m	a	b	m	a	b	m	a
<b>Eficiencia</b>									
- Alta	0,79	0,73	0,67	0,71	0,65	0,58	0,63	0,57	0,50
- Media	0,57	0,53	0,48	0,52	0,48	0,43	0,46	0,42	0,38
- Baja	0,35	0,33	0,29	0,33	0,31	0,28	0,29	0,28	0,25

Fuente: Ley Regional Emilia-Romaña.

aún en el caso de que exista la posibilidad de recuperar el biogas que se produce en los estanques junto con el amoníaco.

Más eficaz puede resultar el control de las emisiones sobre el terreno por medio del enterramiento inmediato de las aguas residuales; esto se consigue con la dispersión en la fase de arado, o sucesivamente con el auxilio de inyectores para aguas residuales. También en este caso, el incremento de los costes de la práctica de la distribución es sensible. El enterramiento de las aguas residuales dentro de las 24 h de su distribución es exigido por las leyes de diversas regiones italianas, precisamente para evitar la exhalación de olores desagradables y del amoníaco; asimismo, el enterramiento acelera el comienzo de los procesos de degradación de la fracción orgánica residual (Chiumenti *et al.*, 1992).

Sin embargo, es preciso observar que la permanencia en superficie, sobre todo si la distribución se realiza correctamente en capas delgadas, tiene un efecto higienizante importante por la acción de las radiaciones solares, efecto que suele faltar en su conjunto. Este aspecto de la presencia del nitrógeno en las deyecciones evidencia además la importancia de las líneas de investigación en curso, que prevén la reducción en el conjunto de la excreción de este elemento por medio del control de la ración alimenticia; tienen igualmente

considerable interés los sistemas de cría que reducen la cuota líquida producida por los animales, como la estabulación sobre cama de paja o camas permanentes controladas.

### Utilización agronómica

La distribución sobre suelos cultivados representa para el ganadero la solución más práctica y racional de eliminación de las aguas residuales, además de que, desde el punto de vista agronómico, estas aguas residuales aportan materia orgánica y elementos fertilizantes que pueden contribuir a reducir los costes de abonado.

No obstante, los graves y reales peligros de contaminación demostrados por esta práctica, cuando se realiza de forma no correcta, han inducido a elaborar normativas específicas en esta materia.

La región italiana de Emilia-Romaña, que en materia de distribución de aguas residuales zootécnicas ha elaborado ciertamente la normativa más completa y restrictiva en este país, ha diferenciado las cantidades de deyecciones distribuibles sobre el suelo en relación con la especie animal de origen (**cuadro VI**), dado que cada tipo de deyecciones tiene un contenido de nutrientes específico.

El ganadero, para obtener la autorización para la distribución, debe presentar

un documento técnico, definido como «Plan de distribución» en el cual se especifique y certifique la disponibilidad de terreno en proporción a la cantidad de ganado criado, y se especifiquen las características del suelo por medio de análisis físico-químicos.

Esta región italiana también ha elaborado unos cuadros que ayudan a la identificación de las cantidades de nitrógeno suministrables para los diversos cultivos, indicando para cada uno de ellos un nivel de eficiencia del N presente en las aguas residuales referido a la época de distribución (**cuadro V**), y los coeficientes de rendimiento referidos a las cantidades suministradas y al tipo de suelo (**cuadro VI**).

Definir el incremento del volumen de las aguas residuales suministrable por unidad de superficie no es sencillo, dado que las necesidades de nutrientes varían mucho según el cultivo practicado (**cuadro VII**); igualmente, es necesario considerar que cada tipo de tratamiento origina unos residuos sólidos o fangosos que entran también, por diferentes motivos respecto al purín líquido, a formar parte del plan de distribución de la finca.

La correcta ejecución de estas prácticas de distribución de las aguas residuales prevé también una pormenorizada gestión administrativa, con registros de carga y descarga y periódicos análisis de los suelos, para permitir una constante comprobación tanto del desarrollo de la práctica misma como del estado de salud del suelo.

Analizando también en detalle la distribución sobre el suelo cultivado, ésta representa todavía la modalidad de eliminación de las aguas residuales más inmediata para la granja, pero los costes de gestión y administrativos (impermeabilizaciones, coberturas, máquinas, automedios específicos, técnicos y personal administrativo) comienzan a asumir un papel relevante, tanto que se puede afirmar que la mejor solución debe ser una vez más investigada en las tecnologías que permitan una reducción en su conjunto de la producción de las aguas residuales, interviniendo sobre las dietas y en las infraestructuras de la explotación. ■

**CUADRO VII. INDICACIONES SOBRE LAS NECESIDADES DE LOS PRINCIPALES CULTIVOS EN ELEMENTOS DE LA FERTILIDAD N/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/K<sub>2</sub>O EXPRESADOS EN UNIDADES/ha**

Cultivo	N (unidades/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (unidades/ha)	K <sub>2</sub> O (unidades/ha)
Trigo	150	100	60
Maíz G	180	130	70
Patata	130	130	60
Remolacha	140	160	60
Hortícolas (tomate, melón, sandía, industriales)	120	70	50
Alfalfa	100	70	50
Prados (estables)	110	80	50
Vid	100	50	50
Manzano	110	60	50
Peral	100	60	50
Melocotonero	130	80	80
Otros frutales (cerezo, albaricoquero, ciruelo)	110	80	80

Fuente: «Agricultura Ambiente». Provincia de Módena, 1988.