ITEA (2001), Vol. 97A N.° 3, 180-203

ASPECTOS SANITARIOS DE LA PRODUCCIÓN Y UTILIZACIÓN DE LOS RESIDUOS DE GANADO PORCINO. LEGISLACIÓN

A. Picot Castro*,[1], J.A. Amigot Lázaro**

* Veterinario de Administración Sanitaria, Jefa Sección de Monogástricos, Centro de Técnicas Agrarias, SIA, DGA, Zaragoza, España

** Veterinario, Profesor Asociado de la Facultad de Veterinaria, Zaragoza, España

RESUMEN

Estudiando los aspectos higiénicos de la producción y uso de los residuos animales, se ha investigado en los siguientes aspectos, como son: los agentes patógenos presentes en dichos residuos en el contexto de transmisión de enfermedades y en la epidemiología de patógenos bajo diferentes condiciones ecológicas, en el contexto de la cadena alimentaria desde el suelo al hombre, en los efectos higiénicos de los residuos animales en el agua, efectos de los agentes utilizados para incrementar la producción animal o usados con propósitos médicos que están presentes en los residuos animales y pueden ser peligrosos para la salud pública, efectos de los purines en los procesos microbiológicos del suelo, efectos del polvo y las emisiones aéreas microbianas de la producción animal, y finalmente, procesos de autodepuración del purín durante el almacenamiento, como medida para reducir la polución medioambiental procedente de los desinfectantes químicos.

Palabras clave: Salud, Purín, Cerdo, Patógeno, Microbiano, Bacteria.

SUMMARY

HYGIENIC ASPECTS OF THE PRODUCTION AND USE OF PORCINE WASTES. LEGISLATION IN ARAGÓN (SPAIN)

Regarding the hygienic aspects of the production and use of animal wastes, further research on the following aspects is essential: pathogenic agents present in residues of animal production in the context of transmissible multifactorial diseases and the epidemiology of pathogens under different ecological conditions; in animal wastes in the context of the food chain from soil to humans; hygienic effects of animal wastes on water as regards the standards required by medical authorities; effects of agents used to increase animal production, or used for medicinal purposes, which are present as residues in animal excreta and may be hazardous to public health; effects of animal excreta on microbiological processes in the soil; effects of dust and airborne microbial emissions from animal production, and finally, processes of self-disinfection of manure and livestock slurry during storage as a means of reducing the amounts of chemical disinfectants used, of reducing environmental pollution.

Key words: Health, Manure, Pig, Pathogen, Microbial, Bacteria.

1. Autor al que debe dirigirse la correspondencia. Ana Picot Castro, Centro de Técnicas Agrarias (Unidad de Monogástricos), Apdo. 727, 50080 Zaragoza, España.

Introducción

El aumento de la población urbana y la progresiva mejora del poder adquisitivo experimentados en las últimas décadas en los países occidentales, han exigido la intensificación de las actividades ganaderas (incluidas las explotaciones de ganado porcino). La necesidad, en un primer momento, de incrementar la producción para dar respuesta a una mayor demanda de proteínas y, en una fase posterior, de aumentar la rentabilidad y eficiencia de esas producciones han sido determinantes de dicha transformación. En consecuencia, ha tenido lugar una profunda alteración del medio natural debida, principalmente, a la gran concentración de explotaciones de gran tamaño. Ésta se ha producido a favor de las zonas más próximas a los puntos de aprovisionamiento de materias primas para pienso y/o a los centros de transformación y consumo o bien de aquellas en las que resulta compleja o poco rentable la realización de otras prácticas agrarias más respetuosas con el medio ambiente. Con ello, se ha roto el tradicional equilibrio agricultura-ganadería generándose un evidente impacto ambiental negativo acompañado de un riesgo sanitario, menos evidente y no siempre considerado, pero así mismo preocupante.

Es frecuente que las explotaciones de porcino en régimen intensivo carezcan de tierra de cultivo suficiente para absorber, en forma de fertilizantes, la producción de residuos que generan dejando éstos de ser condiderados subproductos o recursos con valor propio. También es poco probable que dispongan de las adecuadas instalaciones para el almacenamiento prolongado de los mismos y, menos aún, de algún tipo de tratamiento de depuración previo a la eliminación. Situación que se ve agravada debido a que razones técnicas y económicas han dado lugar a un manejo distinto del estiércol que se obtiene en forma líquida y, por tanto, en mayores cantidades.

La capacidad autodepurativa del medio se ha sobrepasado constituyendo, en este caso la porcinocultura intensiva, un grave peligro de contaminación de suelos y aguas superficiales y profundas si no se toman las medidas oportunas.

La carga contaminante de los purines viene dada por su contenido en materia orgánica, elementos nutrientes (fosfatos, nitratos, minerales), compuestos inorgánicos (amoníaco, nitritos, metales pesados), compuestos orgánicos (fenoles), componentes volátiles (amoníaco, metano), residuos de antibióticos y otros medicamentos y organismos diversos entre los que se encuentran agentes potencialmente patógenos.

Muchos microorganismos patógenos para el hombre y/o los animales son excretados por heces, orina, fluidos corporales y otras secreciones de animales enfermos o portadores asintomáticos pudiendo depositarse y permanecer en los purines por algún tiempo. Evidentemente, estos patógenos pueden llegar al hombre u otros animales por contacto directo, aerosoles generados durante el manejo, la cadena alimentaria o el agua contaminada. De esta manera, los purines pueden constituirse en vectores inanimados de enfermedades transmisibles (incluidas algunas zoonosis) causadas por bacterias, virus, hongos, protozoos y parásitos, jugando un importante papel epidemiológico.

Por otra parte hay que tener en cuenta que, en la producción intensiva de los animales, el empleo de antimicrobianos con fines terapéuticos, profilácticos y promotores del crecimiento se ha convertido en una práctica habitual. Se ejerce, con ello, una presión selectiva sobre la flora bacteriana, especialmente la intestinal, en la que actúan directamente los antibióticos administrados

por vía oral y los incorporados a los piensos a dosis subterapéuticas. Las deyecciones de los animales así criados son una fuente de contaminación del medio ambiente por bacterias multirresistentes con el consecuente riesgo ecológico y sanitario.

Los objetivos que nos planteamos con éste trabajo son básicamente dos: 1. Conocer la transcendencia sanitaria que se atribuye en la bibliografía a la contaminación biótica debida a la producción y utilización de purines. 2. Poner en evidencia los tratamientos aplicables sobre dichos residuos con el fin de reducir y/o eliminar los posibles problemas de salud pública que, eventualmente, pueden ocasionar.

Revisión y discusión

Aspectos generales

Censo de ganado porcino

España es el segundo país productor de porcino de la Unión Europea, detrás de Alemania, con un censo de 19,3 millones de cabezas en el año 1997 (MAPA, 1997). De la misma manera que en el resto de los países, este tipo de ganadería, eminentemente intensiva, se concentra en zonas determinadas. En la Comunidad Autónoma de Aragón, situada actualmente entre las principales regiones productoras de porcino de Europa, es un sector de gran importancia económica y social. En 1999 el censo ya se situaba en 3.570.418 animales distribuidos en 7.032 explotaciones de manera que en la última década, el número de cabezas se ha multiplicado por dos.

No obstante, en los últimos años dada la gran extensión del territorio aragonés y las peculiaridades de cada zona, su desarrollo se ha producido de forma desordenada y poco homogénea de suerte que aproximadamente el 70% del censo se encuentra localizado en sólo 7 de las 21 comarcas existentes (cuadro 1).

Producción de estiércol

Antes de la intensificación de la agricultura y del aumento del tamaño de los rebaños, se recogían los excrementos animales

Cuadro 1. Distribución del censo de porcino en Aragón por comarcas
Table 1. Distribution of porcine census in Aragon (Spain) by zones

Huesca		Teruel		Zaragoza	
Comarca	Total animales	Comarca	Total animales	Comarca	Total animales
Jacetania	25.190	Jiloca	143.078	Ejea de los C.	345.361
Sobrarbe	46.398	S. Montalbán	18.551	Borja	74.596
Ribagorza	185.246	Bajo Aragón	363.004	Calatayud	31.732
Hoya Huesca	478.693	S. Albarracín	5.093	La Almunia	92.260
Somontano	178.326	Hoya Teruel	21.447	Zaragoza	258.956
Monegros	220.694	Maestrazgo	62.009	Daroca	42.136
La Litera	499.135			Caspe	168.060
Bajo Cinca	310.463				
	1.944.135		613.182		1.013.101

Fuente: Anuario Estadístico Agrario 1999. D.G.A.

junto con la paja de desecho de las camas para compost. En la mayoría de las granjas, aún se produce algo de compost pero este sistema ha sido sustituido por el estiércol líquido. Este material consiste en una mezcla de heces, orina y agua, con un mínimo de paja (STRAUCH, 1987).

La mayor parte de las instalaciones actuales de cría de porcino, principalmente, por razones técnicas y económicas, presentan suelos emparrillados sobre los que se alojan los animales. Esta nueva concepción produce como residuo un estiércol fluido mezcla de heces, orina, aguas de limpieza y desechos de alimentación que comúnmente se conoce como purín (LEVASSEUR, 1998).

El volumen de residuos vertidos por las instalaciones agropecuarias en España supera los 100 millones de toneladas por año. De ellos 25 millones corresponden a granjas de porcino, cifra equivalente, en términos de carga orgánica a una población de unos 45 millones de habitantes.

La producción de estiércol de origen porcino en Aragón en 1999 fue de 4.389.900 toneladas (casi un 46,5% del total de estiércol producido por las distintas especies animales) según datos del Anuario Estadístico Agrario de la D.G.A. de 1999. El valor económico que se le adjudica es de más de 2.500 millones de pesetas.

Parece lógico, por tanto, que su aprovechamiento y/o eliminación, sin dañar el medio se haya convertido en un problema de máximo interés en nuestra Comunidad Autónoma.

DE JUANA SARDÓN (1983), recoge los valores de producción de purines porcinos según el tipo de animales (cuadro 2):

Características físico-químicas

La problemática medioambiental de los purines se deriva del volumen producido y de su composición (MUÑOZ REOYO, 1999).

La determinación de la composición del purín resulta difícil debido a su variabilidad inicial, la evolución de la concentración de nutrientes y las dificultades de muestreo (ASIEGBU y OIKEH, 1995). Esta variabilidad inicial es consecuencia de los numerosos factores que influyen en la composición del

Cuadro 2. Volúmenes de purín producidos, según el tipo de ganado
Table 2. Volume of manure pig according to animal type

Clase de ganado	Peso vivo (kg)	Volumen en litros / día	
		Variación	Media
Cerdas secas jóvenes	90-140	5-10	6
Cerdas en lactación y su camada	150-180	6,5-15	12
Verracos	120-180	6,5-10	8
Lechones	1-15	0,5-1,5	1
Lechones al destete	15-30	1-3	2
Cerdos en cebo	50-80	3-5,5	4
Cerdos en cebo	Más de 80	4-7	5,5

Fuente: DE JUANA SARDÓN (1983).

purín entre los que BELLIDO y col. (1997) destacan:

- Raza del animal.
- Alimentación.
- Tamaño del animal.
- Época del año.
- Estado fisiológico.
- Cantidad de agua de limpieza.
- Tipo de almacenamiento del purín.
- Utilización o no de cama.

Según TURZO (1993), la composición de los residuos ganaderos, en general, es compleja y básicamente están formados por materia orgánica en suspensión, así como por elementos y compuestos minerales, acompañados de poblaciones microbianas.

En estos residuos se encuentra materia orgánica, así como una serie de microorganismos provenientes de la actividad fisiológica de los animales. La composición referida a la materia orgánica, en lo que a valores medios se refiere (para cerdos de 100 kgs) es la siguiente: MS = 700g/día, MO = 590 g/día, DBO = 160 g/día y H.E.= 2,7 g/día.

Estas cifras tienen, únicamente un valor indicativo pero, en cualquier caso, revelan una composición basada en cantidades o elementos que junto a un carácter contaminante, cuando son mal utilizados, tienen un valor agronómico como unidades fertilizantes orgánicas (GASPAR y col., 1987).

No obstante, resulta interesante conocerlos puesto que la composición física y química del purín puede determinar los tipos de patógenos presentes (STRAUCH, 1991).

Riesgos sanitarios relacionados con los purines

Aspectos epidemiológicos

Para RODRÍGUEZ FERRI (1993), la explotación ganadera intensiva, y de modo particular la explotación de ganado porcino y aves, paralelamente a sus ventajas en la producción de alimentos y otras utilidades, plantea problemas de agresión al Medio Ambiente. Estos problemas tienen su origen en la acumulación de restos y residuos que contaminan el suelo y el agua, producen malos olores, atentan contra la estética del paisaje y pueden ocasionar problemas patológicos de naturaleza microbiana y parasitaria. Es decir, la explotación intensiva de animales produce residuos que impactan en el ambiente y facilitan la difusión de microorganismos y parásitos (MARTÍNEZ PEREDA y CARBONELL, 1996).

Desde el punto de vista sanitario, por tanto, este sistema de producción animal puede representar un problema de transmisión de enfermedades tanto para los animales como para el hombre debido a que una parte de esos microorganismos son patógenos.

En este sentido, podemos considerar las granjas como importantes núcleos de contaminación biótica dado que a través de distintos elementos van a poder difundir agentes microbianos capaces de producir enfermedad.

Según MAYR-HARTING y col. (1982) y STRAUCH (1982), las vías posibles de excreción directa de agentes patógenos por animales infectados son:

- Secreciones nasales y faríngeas.
- Heces.
- Orina.

• Placenta.

• Esperma y secreciones vaginales.

• Secreciones y descamaciones de la piel y membranas mucosas.

Desde todas estas vías de excreción directa, los patógenos pueden alcanzar el suelo y el estiércol líquido de las granjas, constituyendo un reservorio para todos los patógenos excretados y comportándose como vectores inanimados de enfermedades transmisibles entre los propios animales y de zoonosis. De forma similar se han manifestado autores como RODRÍGUEZ MOURE y col. (1990), TURZO (1993), RODRÍGUEZ FERRI (1993).

HILLIGER (1982), afirma que a través del estiércol, potencialmente, se pueden transmitir enfermedades causadas por bacterias, protozoos, rickettsias, hongos, parásitos y virus.

En el catálogo elaborado en el congreso de Dublín de 1977, organizado por la Dirección General de Agricultura de la Comisión de las Comunidades Europeas, sobre riesgos para la sanidad humana y animal asociados con la utilización de efluentes animales, que recoge STRAUCH (1987), se listan los siguientes contaminantes bacterianos susceptibles de afectar a la salud del hombre y los animales cuando están presentes en los efluentes fecales: *Salmonella spp., Leptospira spp., Treponema hyodysenteriae, Erysipelothrix rhusiopathiae, Mycobactrium (paratuberculosis, tuberculosis, bovis, avium), Mycobacterias* atípicas, *Brucella spp., Bacillus anthracis, Escherichia coli, Rickettsia spp.*, y *Clamydia spp.*

JONES (1980), cita como enfermedades que pueden ser diseminadas por los purines: salmonelosis, tuberculosis, paratuberculosis, leptospirosis, anthrax, infecciones por clostridios, y enfermedades víricas como fiebre aftosa y enfermedad vesicular del cerdo además de otras producidas por protozoos y helmintos.

TORRE (1989), no obstante, afirma que para conseguir una evaluación objetiva del riesgo sanitario relacionado con los efluentes porcinos, no basta con conocer los patógenos presentes, sino que se requiere asociar a esos resultados nociones más complejas como la dosis infectante, así como los datos epidemiológicos disponibles y, por otra parte, según HILLIGER (1982), los efluentes animales, si son utilizados correctamente, no constituyen un problema sanitario importante.

Para STRAUCH y BALLARINI (1994), la aplicación del purín puede tener implicaciones en la salud de la población humana. El problema potencial más obvio ocurre cuando cultivos de consumo en crudo se han fertilizado con purín líquido o con estiércol sólido no compostado resultando menos obvia la amenaza potencial a ganaderos o agricultores que aplican el purín o a la gente que vive cerca de las explotaciones donde se crean aerosoles durante la aplicación.

Factores que determinan el riesgo sanitario

Como factores que influencian el riesgo sanitario de estos residuos, HILLINGER (1982), destaca los siguientes:

• Las especies patógenas presentes y su concentración, por lo que es necesario conocer los microorganismos que se encuentran y su tiempo de supervivencia en este medio.

• La microflora común para evaluar el efecto beneficioso que representa en la competencia por los nutrientes frente a los patógenos.

• El manejo del estiércol o purín, pues su almacenamiento, agua añadida, pH, uso, características del suelo, temperatura, inciden en la supervivencia de los microorganismos patógenos.

• Las condiciones durante y después del abonado: tipo de aplicación, estación, vegetación, generación de aerosoles, contaminación de aguas superficiales,...

• La susceptibilidad de los animales y el hombre a los patógenos y potenciales patógenos.

• Los tratamientos adicionales que normalmente favorecen la reducción o desaparición de estos agentes infectivos.

CANCELLOTI y col. (1993) y SURESH y col. (1996), afirman que es indudable que los riesgos están directamente asociados a la eventualidad y/o sinergismo de múltiples factores propios de los organismos (tipo, cantidad, capacidad de resistencia, factores de virulencia) y del medio ambiente en sentido amplio (práctica de gestión de residuos, condiciones climáticas, densidad de los establecimientos zootécnicos, proximidad a establecimientos humanos, ...)

Presencia de patógenos en el purín

La carga bacteriana del purín porcino depende de múltiples factores: sus características fisico-químicas, la tasa de dilución, el tipo de animal del que procede (lechones, cebados, reproductores), el tipo de almacenamiento, etc. Por ello resulta extremadamente complejo establecer una carga bacteriana característica para estos residuos.

No obstante, según diversos estudios (DAUDÉN, 1995) la concentración de bacterias en el purín se encuentra entre los siguientes rangos:

Entre 2×10^4 y 3×10^{11} bacterias mesófilas/ml.

Entre 4×10^2 y 10^6 coliformes totales/ml.

Entre $2{,}6 \times 10^3$ y 10^4 coliformes fecales/ml.

Entre $1{,}8 \times 10^3$ y 10^4 estreptococos fecales/ml.

Entre 2×10^3 y 7×10^3 clostridios sulfito reductores/ml.

LARSEN y MUNCH (1982), establecieron una relación de bacterias de origen fecal o no, que potencialmente pueden ser vehiculadas por el estiércol líquido (cuadros 3 y 4).

RODRÍGUEZ MOURE y col. (1989) por un lado y TARRAFETA RUBIO (1991) por otro aislaron en purín porcino las bacterias que se recogen en las cuadros 5 y 6 respectivamente.

En cuanto a los agentes fúngicos implicados en residuos ganaderos de origen porcino, se encuentran (DAUDÉN, 1995):

• Hongos miceliares: *Geotrichum, Aspergillus, Scopulariopsis, Absidia* y *Mucor*, principalmente, que pueden actuar como complicantes de algunos procesos patológicos.

• Hongos levaduriformes: *Candida, Cryptococcus* y *Rhodotorula*. Los dos primeros implicados directamente en patologías graves animales y del hombre.

En opinión de STRAUCH (citado por CANCELLOTI y col., 1993), los residuos zootécnicos no son considerados como fuente de contaminación por hongos patógenos, si bien pueden constituir un substrato favorable para el desarrollo de micetos en general.

Por otra parte, respecto a los virus, a pesar de los pocos estudios realizados en animales, se ha constatado que un número importante se excreta por las heces y que muchos de ellos utilizan normalmente como método de difusión la ruta fecal-oral (DAUDÉN, 1995).

Cuadro 3. Bacterias que pueden ser excretadas por las heces
Table 3. Bacterial species excreted by feces

Bacterias	Transmisibles a	
	Animales	Hombre
Salmonella grupo gastroenteritis	+	+
Escherichia coli patógena	+	+
Yersinia enterocolítica	+	+
Clostriduim perfringens	+	+
Clostridium tetani	+	+
Clostridium botulinum	+	+
Pseudomona aeruginosa	+	+
Listeria monocytogenes	+	+
Erysipelothrix rhusiopathiae	+	+
Mycobacterium bovis	+	+
Mycobacterim avium	+	+
Mycobacterium paratuberculosis	+	–
Corynebacterium equi	+	–
Treponema hyodisenteriae	+	–
Bacillus anthracis	+	+
Campylobacter sputorum	(+)	+
Campylobacter fetus subsp. jejuni	(+)	+
Fusobacterium necrophorum	+	+

Fuente: LARSEN y MUNCH (1982).

Cuadro 4. Bacterias patógenas con localización prioritaria extra-enteral, que pueden ser excretadas al medio ambiente
Table 4. Bacterial pathogen with extra-enteric location, that could be excreted to environment

Bacterias	Transmisibles a	
	Animales	Hombre
Estafilococos	+	+
Estafilococos patógenos	+	+
Leptospira	+	+
Corynebacterium pyogens	+	–
Corynebacterium renale	+	–
Corynebacterium suis	+	–
Bordetella spp.	+	–
Haemophilus spp.	+	–
Brucella spp.	+	+

Fuente: LARSEN y MUNCH (1982).

Cuadro 5. Bacterias aisladas en purín porcino
Table 5. Bacterial species isolates from manure pig

Gram negativas		Gram positivas
Escherichia coli	*Achromobacter sp.*	*Corynebacterium spp.*
Enterobacter aglomerans	*Alcaligenes denitrificans*	*Staphylococcus sp.*
Edwarsiella tarda	*Alcaligenes odorans*	*Staphylococcus epidermis*
Morganella morganii	*Alcaligenes bronchisepticus*	*Micrococcus sp.*
Providencia alcalifaciens	*Pseudomonas cepacia*	*Micrococcus roseus*
Proteus vulgaris	*Pseudomonas testosteroni*	*Streptococcus faecalis*
Citobacter freundii	*Pseudomonas aeruginosa*	*Bacillus sp.*
Aeromonas salmonicida	*Pseudomonas maltophylia*	*Bacillus polymyxa*
Flavobacterium sp.		*Clostridium sp.*

Fuente: RODRÍGUEZ MOURE y col. (1989).

Cuadro 6. Diversidad bacteriana en los purines de una explotación de ciclo cerrado
Table 6. Microbial diversity in manure pig

Escherichia coli	*Acinetobacter sp.*	*Streptococcus faecalis*
Enterobacter sp.	*Moraxella sp.*	*Micrococcus sp.*
Serratia sp.	*Pseudomonas sp.*	*Kurtia zopfii*
Proteus mirabilis	*Pseudomonas aeruginosa*	*Arthrobacter sp.*
Proteus vulgaris	*Alcaligenes sp.*	*Bacillus sp.*
Salmonella sp.	*Staphylococcus*	*Clostridium sp.*
Citobacter sp.	*Streptococcus sp.*	

Fuente: TARRAFETA (1991).

CANCELLOTI y col. (1993) y STRAUCH y BALLARINI (1994) hacen referencia a una clasificación realizada por SELLERS (1981), según la cual establecen cuatro grupos de virus:

• Heces como principal vehículo de virus: enterovirus, reovirus, rotavirus, diarrea vírica porcina, gastroenteritis transmisible del cerdo, coronavirus, peste bovina, parvovirus, adenovirus, astrovirus .

• Heces como vehículo de virus: fiebre aftosa, enfermedad vesicular porcina, coxsackie, peste porcina clásica y peste porcina africana.

• Virus presentes probablemente en heces: exantema vesicular, fiebre del valle del Rift.

• Virus que no suelen estar presentes en heces: lengua azul, influenza porcina, rabia, peste equina, Louping ill, Maedi/visna, Parainfluenza, Aujeszky, Poxvirus, Ectima.

Por lo que respecta a parásitos, CANCELLOTTI y col. (1993), señala que las heces de porcino (cuadro 7) contienen regularmente ooquistes de *Eimeria* y frecuentemente huevos de diversos nemátodos intestinales. Entre éstos, *Ascaris* y ooquistes de coccidios representan el mayor peligro por su elevada resistencia.

Cuadro 7. Prevalencia y resistencia de agentes parasitarios en efluentes porcinos
Table 7. Prevalence and resistance of parasites in manure pigs

Parásito	Prevalencia[1]	Resistencia[2]
Protozoos		
Eimeria	+++	+++
Balantidium	+++	?
Helmintos		
Ascaris	++	+++
Oesophagostomun	++	++
Strongyloides	++	+
Hyostrongylus	+	++
Trichuris	+	++(+)
Fasciola	+	+++
Artrópodos		
Sarcoptes	+	?
Haematopinus	+	?

(1) +++ elevada, ++ frecuente, + ocasional.
(2) +++ alta, ++ intermedia, + baja.
Fuente: BÜRGER y STOYE (1978).

Factores que determinan la presencia y aislamiento de patógenos en el purín

Como factores que determinan la presencia de patógenos en el purín, al menos de los más relevantes: *Salmonela, Escherichia coli, Yersinia, Listeria, Erysipelothris rhusiopatiae, Micobacterias, Brucella, Treponema, Leptospira y Aeromonas hydrophila*; JONES (1982) señala los siguientes:

• Existencia de animales infectados en la explotación.

• Localización geográfica y especie animal.

• Número de microorganismos que pueden tener acceso al purín.

• Composición físico-química del purín. *Leptospira* es sensibles a pH extremos.

• Condiciones de almacenamiento y tiempo de retención. Normalmente, tras un periodo de almacenamiento de 20 días a 1 mes, la mayoría de los patógenos desaparecen o disminuyen considerablemente.

• Posibilidades técnicas de aislamiento. Algunos microorganismos requieren para su aislamiento técnicas selectivas y de enriquecimiento (*E. coli, Salmonella*). Otros, como *Brucella* o *Leptospira* sólo pueden aislarse si se encuentran en un número elevado.

• Por último, son factores asimismo importantes la longevidad y la resistencia de los microorganismos.

Supervivencia de patógenos en el purín

El uso de estiércol líquido supone la aparición de nuevos tipos de riesgos, derivados de la supervivencia (a veces durante largos periodos) e incluso multiplicación durante su almacenamiento, de muchos microorganismos de interés (RODRÍGUEZ FERRI, 1993).

Por regla general, los microorganismos patógenos no se replican en los efluentes zootécnicos. Los más resistentes y peligrosos, como *Salmonella spp.*o *Cryptosporidium*, pueden sobrevivir largo tiempo (hasta 1 año), pero la reducción progresiva de título tiende a reducir la carga microbiana, haciéndola relativamente peligrosa (CANCELLOTTI y col. 1993).

Los factores que condicionan la persistencia de microorganismos bacterianos, en relación a su supervivencia han sido puestos de manifiesto por distintos autores. Así, referidos a suelos y pastos JONES (1980) cita los siguientes:

- Número inicial de microorganismos.
- Humedad.
- Presencia de materia orgánica utilizable.
- Existencia de predadores.
- Concentración en sales orgánicas.
- pH.
- Efecto de la flora bacteriana del suelo.
- Temperatura ambiente.

STRAUCH (1987), destaca, entre los factores que determinan la longevidad de un microorganismo en el purín: el tipo de purín, la temperatura de almacenamiento, el serotipo (en el caso de *Salmonella*), el número de microorganismos presentes, el contenido en sólidos, el pH y la flora natural.

Según RODRÍGUEZ FERRI (1993), la temperatura (supervivencia mayor a temperaturas inferiores a 10 °C) y el contenido en materia seca del estiércol (mayor supervivencia en estiércol con más del 5% de materia seca) condicionan en su conjunto la viabilidad de los microorganismos. También han de considerarse otros factores como: tipo de estiércol, tipo de microorganismo o número inicial de gérmenes.

Para evaluar la supervivencia de los patógenos en el purín, el parámetro más utilizado es la tasa de descenso de la concentración (T 90) o tiempo de reducción decimal, es decir, el tiempo requerido para que se reduzca la población de un microorganismo determinado en un 90%. Para STRAUCH (1987), este parámetro es más significativo que el tiempo absoluto de extinción.

Diversos autores han estudiado la T 90, tanto para patógenos como para la flora indígena, en el purín porcino.

Salmonella, de acuerdo con STRAUCH (1987), puede sobrevivir más de 150 días en el purín, pero el 90% muere durante las primeras semanas, momento que coincide con un descenso del pH debido a la proliferación de ácidos grasos tóxicos para esa bacteria producidos por la flora bacteriana natural. Para *Leptospira*, según el mismo autor, se han descrito tiempos de permanencia de hasta 138 días, en diques de oxidación.

Según MUNCH y col. (1987), *Erysipelothrix rhusiopathiae*, persiste hasta 2-3 meses en tanques aireados de purín (a 18-20 °C) y 6-9 meses en los no aireados (6-9 °C). *Fusobacterium necrophorum*, no se detectó después de 6 días en lotes no aireados. *Yersinia enterocolítica* fue inactivada de forma rápida en condiciones de almacenamiento. *Clostridium perfringens* permanece durante períodos prolongados de tiempo, independientemente de la temperatura y aireación, dada su capacidad de esporulación. Los Estreptococos fecales sobreviven más que otros microorganismos, al menos a nivel experimental, independientemente de las condiciones de almacenamiento.

Respecto a los parásitos, en el purín de porcino, los huevos de *Ascaris suum* pueden aparecer en gran número sobreviviendo con capacidad infestante durante 267 días en suelo. No obstante, la viabilidad de los huevos de parásitos y larvas puede variar muy ampliamente, siendo especialmente prolongada en el caso de los huevos de *Ascaris spp.* y ciertos estadios larvarios de *Trichostrongylus.*

En el caso de los virus, por su propia naturaleza, la difusión indirecta de los mismos está condicionada íntimamente con su capacidad de supervivencia en el medio ambiente. No obstante, en relación con la supervivencia en los efluentes de explotaciones animales, se dan cifras muy diversas dependiendo de la época del año (por ejemplo, para el virus de la fiebre aftosa, entre 21 y 103 días), aunque, por lo general se dispone de pocos datos (RODRÍGUEZ FERRI, 1993). También para el virus de la Fiebre Aftosa, DONALDSON (1987) señala una pesistencia de 4 días en materia fecal sólida y 6 meses en purín en invierno. TURNER y col. (1999a, 1999b), afirman que el virus de la Enfermedad Vesicular Porcina se inactiva a temperaturas de 50-55 °C. En el purín acidificado la inactivación requiere 55-60°, debiéndose tal diferencia a la presencia de amoniaco libre en el purín no acidificado. El virus de la Peste Porcina Africana se inactiva a temperaturas de 53 °C con un pH de 8.

SOISSONS (1982), citado por DESCHAMPS y col. (1984), señala algunos ejemplos de supervivencia de microorganismos entre los que se encuentran: bacilo tuberculoso (en purín, 155 días y en suelo contaminado con purín, 2 años), bacilo paratuberculoso (246 días en heces), *Brucella abortus* (8 meses en purín), *Salmonella dublín* (de 20 a 130 días en purín según esté a 10° ó 30 °C), virus de la enfermedad de Aujeszky (30 minutos a 56 °C, 8 días a 37 °C y 30 días a 4 °C), larvas de helmintos (permanecen vivas en purín, aunque con la vitalidad disminuida, en torno a 3 meses).

Transferencia de resistencia a agentes antimicrobianos

La cría animal intensiva necesita del uso de medicamentos veterinarios para prevenir y tratar enfermedades.

Sustancias de acción antimicrobiana son usadas a propósito e inoportunamente en la explotación zootécnica, con fines diversos y por medio de vías diferentes. En muchos casos su empleo se prolonga en el tiempo (promotores de crecimiento) y en otros las dosis y modalidad de suministro son decididos por el ganadero sin ningún control veterinario. No es infrecuente encontrar aplicaciones de terapias antibióticas sin ninguna motivación lógica. Todo ello está favoreciendo la creación y/o aumento de poblaciones de microorganismos resistentes en los organismos animales y, como consecuencia, su difusión en el medio ambiente y su presencia en los alimentos de origen animal y vegetal destinados al hombre CANCELLOTI y col. (1993).

Los primeros casos de resistencia observados se detectaron en el hombre y los animales tras iniciarse el empleo de los antibióticos y de las sulfamidas. Su aparición es consecuencia de la capacidad de las bacterias de evolucionar y de adaptarse al medio en que habitan. Esta aparición de cepas resistentes puede ocurrir en una zona geográfica determinada y en una especie bacteriana. Sin embargo, las bacterias tienen capacidad para compartir su información genética, diseminando la resistencia a otros géneros de bacterias (ANADÓN y col. 1999, ANADÓN y MARTÍNEZ-LARRAÑAGA, 1999).

STRAUCH y BALLARINI (1994) señalan que el incremento del uso de antibióticos en ganadería produce un aumento del número de bacterias resistentes y que la transmisión de bacterias patógenas resistentes de animales al hombre se considera una amenaza. Así, *E. coli* resistente de origen animal también puede alcanzar el intestino del hombre por contacto directo con excrementos animales o vía cadena alimentaria. Hay cepas de *E. coli* resistentes de origen animal que pueden permanecer en el tracto digestivo humano durante algún tiempo.

Si bien es cierto que algunos estudios realizados a cerca de la persistencia en estiércol de antibióticos ampliamente empleados en producción porcina, como la tylosina, demuestran que en condiciones metanogénicas, su vida media es inferior a 2 días (LOKE y col., 2000).

Efectos de los tratamientos de depuración

La gestión y el tratamiento del estiércol y de los purines, en las explotaciones de porcino, es un aspecto que adquiere mayor relevancia dada la sensibilidad social hacia el tema y el obligado cumplimiento de una legislación cada vez más restrictiva al respecto (LANAJA y col. 1997).

Para la consecución de una optimización en la gestión y tratamiento del estiércol y purines, generados en una explotación, es esencial minimizar antes su producción tanto a nivel de su volumen como de su poder contaminante (VILAFRANCA, 1997).

Para STRAUCH y BALLARINI (1994), a pesar de la gran cantidad de agentes infectivos que pueden estar presentes en el purín (bacterias, virus, hongos y parásitos) hay pocas publicaciones sobre la transmisión de enfermedades de animales al hombre a través del purín, tratado o no tratado. Sin embargo, existe un riesgo que puede ser reducido a proporciones aceptables si se tiene cuidado en el uso y tratamiento del mismo (GASPAR y col. 1990).

DE LA PUENTE REDONDO (1998) asegura que el estiércol filtrado presenta menor contenido en bacterias que el no filtrado.

El tratamiento más simple a que pueden someterse los purines es el almacenamiento. Este, según numerosos autores, permite reducir el número de microorganismos viables JONES (1982), MUNCH y col. (1987), STRAUCH (1987), TORRE (1989), RODRÍGUEZ FERRI (1993).

Sin embargo, y aunque con carácter general, se admite que la mayoría de los patógenos bacterianos se reducen durante el almacenamiento, RODRÍGUEZ FERRI (1993), señala que se ha descrito no sólo la supervivencia sino también la multiplicación de algunas bacterias como las salmonellas en el purín durante el almacenamiento.

En consecuencia, resulta evidente que no se puede asumir que el mero almacenamiento garantice una desinfección por lo que los sustratos infectados requieren otros tratamientos (STRAUCH, 1982).

Los tratamientos aplicables a los purines pueden clasificarse en cuatro grandes grupos:

- *Pretratamientos*: Separación de las aguas pluviales del purín, separación de sólidos-líquidos, fluidificantes y/o desodorizantes.

- *Tratamientos: Físico-químicos* (adición de coagulantes y floculantes, desecación, acidificación con deshidratación, espesamiento) y *biológicos*. Estos últimos aprovechan la flora microbiana propia de los purines y permiten la degradación y reducción de su carga contaminante con generación de procesos de nitrificación/desnitrificación (aerobios y ana-

erobios) (BORTONE y TILCHE, 1994, COILLARD 1990, COILLARD y col. 1994).

• *Post-tratamientos*: Lagunaje, filtro verde, físico-químicos.

• *Tratamientos integrales*: Combinan los anteriores.

Por sus efectos sobre los microorganismos presentes nos referiremos principalmente a los tratamientos biológicos, tanto los aerobios como los anaerobios.

Con el tratamiento aerobio se reduce el número de *Staphylococcus, Enterococcus, Salmonella* y coliformes pero aumenta la presencia de *Acinetobacter*. En general, la T-90 es menor en todos los microorganismos, incluso en los enterococos (DAUDÉN, 1995).

HEROLD y col. (1999) señalan que las fermentaciones aerobias a 50° durante 3 horas, producen una reducción efectiva de la capacidad de supervivencia de *Salmonella typhimurium y E. coli*. Por el contrario las variaciones en el pH que se producen durante la fermentación no tienen influencia sobre la supervivencia de las bacterias, incluso cuando se emplean en condiciones mesófilas. A su juicio, la realización práctica de fermentaciones aerobias-termófilas con vistas a la desinfección de los estiércoles resulta cuestionable dadas las complicaciones técnicas que exige y ello a pesar de que resulte muy efectiva como método de higienización de los productos finales de la fermentación.

Por otro lado, se estima que una reducción del 99% en el contenido de *Salmonella* a nivel de granja podría lograrse usando un proceso de aireación mantenido durante 2-5 semanas, tanto en los estiércoles de vacuno (*S. infantis*) como de porcino (*S. typhimurium*). Los mecanismos implicados no se han dilucidado pero parece que tiene un efecto importante las variaciones en el pH que se producen durante la oxigenación del purín (HEINONEN y col. 1998).

Tras el tratamiento anaeróbico, *S. typhimurium* desapareció en 9 días, aunque puede sobrevivir más tiempo. En cualquier caso, el microorganismo anterior y otros como *Klebsiella, Shigella, Salmonella, Mycobacterium, Staphylococcus y Pseudomonas* disminuyen considerablemente su número. En cambio, los esporulados *Clostridium perfringens C* y *Bacillus cereus* resisten bien este proceso.

Este tratamiento puede realizarse en condiciones mesofílicas (35 °C) o termofílicas (53 °C), siendo la supervivencia menor con esta última temperatura. Sin embargo, no sólo la temperatura influye en el valor T-90 en este proceso, también lo hacen la especie bacteriana, la falta de oxígeno y la presencia de amoniaco libre.

Normalmente, *E. coli, S. typhimurium, Y. enterocolítica* y *L. Monocytógenes*, disminuyen rápidamente su número por la necesidad de competir por los nutrientes tipo carbohidratos con las bacterias metanogénicas, mientras que *Clostridium jejuni* utiliza aminoácidos y vitaminas liberados durante la degradación del material protéico y células muertas, siendo baja la competencia por estos sustratos, por lo que su persistencia es mayor. En cualquier caso, la digestión anaeróbica resulta más efectiva para la eliminación de partículas víricas (bacteriófagos) que para bacterias (DAUDÉN, 1995, HAAS y col. 1995).

LARSEN y col. (1994) afirman que el tratamiento termófilo unido a la digestión mesófila como pretratamiento termófilo producen una reducción significativa de las bacterias patógenas vegetativas y parásitos intestinales normalmente presentes en los estiércoles, por lo que los productos finales pueden usarse directamente sobre los suelos

de cultivo. No ocurre lo mismo en el caso de la digestión mesófila aislada.

Riesgos ambientales y agrícolas

El destino natural del estiércol, según RODRÍGUEZ FERRI (1993), es su distribución en el terreno con el fin de mejorar su fertilidad, por lo que sólo debe esperarse riesgo de contaminación si existen metales pesados o si se vehiculan patógenos importantes, en coincidencia, sobre todo, con algún tipo de fertilización de elevado riesgo (aspersión, verduras y hortalizas, frutas). Sin embargo, cuando el suelo se utiliza para almacenar estiércol y/o purines, si se produce una grave contaminación de la zona, incluyendo las aguas superficiales o subterráneas.

La mayor parte de los residuos producidos por instalaciones agropecuarias, en España, son vertidos directamente al suelo o a los cauces de agua sin ningún tipo de control o tratamiento (MUÑOZ REOYO, 1998).

Medio acuático

El medio acuático se considera como un medio susceptible de recibir residuos ganaderos, bien por vertido directo a los cauces fluviales o bien de una forma indirecta por escorrentía, desbordamiento, lixiviados, etc. Los efectos se reflejan en modificaciones de la calidad del agua, alteraciones sobre organismos acuáticos, destrucción del hábitat y producción de sustancias tóxicas. La magnitud de las consecuencias está relacionada con la periodicidad y características del vertido y las propias del medio receptor. Se originan así alteraciones que bien pueden llegar a ser asimiladas o por el contrario producen problemas patológicos en las poblaciones que viven y dependen de ese medio. Evidentemente, entre los componentes del residuo relevantes para el medio acuático, se encuentran los microorganismos (CARBALLO SANTAOLALLA, 1997, HOODA y col., 2000).

Los riesgos de contaminación de aguas superficiales y subterráneas están asociados a la dosis máxima por hectárea que depende de la naturaleza del suelo, del relieve y del tipo de cultivo. La importancia de esta vía viene dada por la diseminación de *Y. enterocolitica* responsable de varias infecciones humanas (DAUDÉN, 1995).

Suelo

El estiércol y los purines animales son una valiosa fuente de nutrientes para el suelo que incrementa el contenido en materia orgánica y mejora las condiciones físicas del suelo para el crecimiento de las plantas (BAGUER y col., 2000)

Pero si no se realiza una gestión agroambiental adecuada, que implica una correcta dosificación con criterios definidos la ganadería actuará como foco emisor de contaminación del suelo. En ganadería intensiva es necesario tener en cuenta, la posibilidad de derrames de purines por rebosamiento de las balsas que pueden dispersarse en zonas de pendiente hacia terrenos próximos, el almacenaje incorrecto en zonas elevadas o vaguadas y la incorrecta aplicación de purines.

Según DAUDÉN (1995), las salmonellas pueden sobrevivir en determinadas condiciones en el suelo hasta 3 meses y *E. coli*, más de 12 semanas. En cambio, *L. monocytogenes* posee una supervivencia muy limitada.

No obstante, la mayoría de patógenos disminuyen drásticamente su concentración

en 2-3 meses, solo perviven más tiempo si la concentración inicial es elevada.

Entre las condiciones del suelo que influyen sobre la pervivencia de los microorganismos, se pueden citar:

- pH.
- Sustancias tóxicas presentes en los residuos.
- Temperatura.
- Antibióticos del suelo.
- Luz solar.
- Organismos antagonistas.
- Niveles de nutrientes.

Pastos y cultivos

Es preciso tener en cuenta esencialmente, la no aplicación de residuos sin los debidos tratamientos previos sobre cultivos y el periodo desde la aplicación hasta su recogida o aprovechamiento (VEBA y ANGULO, 1997).

No representa un peligro sanitario claro, pero por ejemplo, *L. monocytogenes* de acantona en la rizosfera y puede pasar a contaminar tubérculos que posteriormente se utilizarán en la alimentación. *E. coli*, sobrevive entre 1 y 2 semanas y *Salmonella* apenas resiste. En general, las condiciones de supervivencia de los microorganismos en estos sustratos son muy limitadas puesto que dependen de factores como:

- Humedad.
- Existencia de predadores
- Temperatura.
- Presencia de materia orgánica utilizable.
- pH.
- Concentración de sales inorgánicas.
- Número inicial de microorganismos.

En cualquier caso, en opinión de BEAUCHAT (1997) patógenos tales como *L. Monocytogenes, Cl. Botulinum, B. cereus*, se encuentran presentes de forma natural en determinados suelos de manera que su presencia en los productos frescos no es rara. Otros microorganismos como *Salmonella, E. coli, Campilobacter jejuni, Vibrio cholerae*, parásitos y virus pueden contaminar los productos frescos a través de muy diversos vehículos: estiércoles no tratados o tratados de forma incorrecta, agua de riego contaminada con ellos y otros vectores.

Sin embargo, GAGLIARDI y col. (2000), afirman que la presencia de estiércol eleva el número total de bacterias en todos los tipos de suelos salvo en los cultivados.

Legislación

La nueva situación creada con la intensificación ganadera y su incidencia sobre el medio ambiente ha obligado a que en las nuevas directivas europeas sobre medio ambiente se contemple la ganadería intensiva, especialmente la porcinocultura y la avicultura, como actividades que deben ser reguladas tanto en lo que respecta a las propias instalaciones ganaderas como en lo referente al correcto reciclado de estiércoles (BIBERIEGO, 2000).

PÉREZ BONILLA (1999), agrupa la legislación medioambiental que afecta a la producción ganadera en cuatro grandes apartados: normativa sobre impacto ambiental de las explotaciones, sobre vertido, sobre residuos y sobre aplicación agrícola del estiércol.

La aplicación de esta normativa se refiere únicamente a las explotaciones ganaderas intensivas, ya que en España el efecto contaminante de la ganadería extensiva es muy escaso puesto que la carga ganadera no supera los límites a partir de los cuales se podría considerar como perjudicial para el medio ambiente.

Aunque desde el punto de vista legislativo las exigencias medioambientales de la ganadería son cada día más amplias, actualmente para el sector ganadero la principal preocupación se refiere a la eliminación de los estiércoles (BIBERIEGO, 2000).

Las disposiciones que, directa o indirectamente, están relacionadas con los residuos de origen animal, su producción, aprovechamiento, tratamiento y/o eliminación son muy numerosas tanto en el ámbito de la Unión Europea, como en el nacional y en el autonómico. En la relación siguiente se citan aquellas que se han considerado más interesantes:

- De la *Unión Europea*:
  - Directiva 91/156/UE, que modifica la directiva 75/442/CEE relativa a los residuos. D.O. n.° L 337 de 31.12.91. p. 48.
  - Directiva 91/676/CEE, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por nitratos de origen agrario. D.O. n.° L 375 de 31.12. 1991. p. 1.
  - Directiva 96/61/UE relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación (IPPC) n.° L 257/26, de 10.10. 1996. p. 26.
  - Directiva 97/11/UE, que modifica la Directiva 85/337/CEE relativa a la evolución de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente. D.O. n.° L 73 de 14.3. 1997.
- De *ámbito nacional*:
  - R.D. 2414/1961, de 30 de noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Molestas, Insalubres, Nocivas y Peligrosas. BOE n.° 292, 7.12. 1962.
  - Ley 29/1985 de Aguas, de 2 de agosto de 1985, modificada por la Ley 46/1999 de 1 de diciembre de 1999. BOE n.° 298, 14.12. 1999.
  - Ley 10/1998 de Residuos de 21 de abril. BOE n.° 96, 22 de abril de 1998.
  - R.D. 849/1986, de 11 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico. BOE n.° 103, de 30.4. 1986.
  - R.D. 1131/1988, de 30 de septiembre por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del R.D. 1302/1986, de 28 de junio de Evaluación de Impacto Ambiental.
  - R.D. 1310/1990, de 29 de octubre que regula la utilización de lodos de depuración.
  - R.D. 676/1991 sobre contaminación por nitratos.
  - O.M. de 26 de octubre de 1993 sobre utilización de lodos de depuradora en agricultura.
  - R.D. 261/1996, de 16 de febrero relativo a la protección contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. BOE n.° 61. 11.3. 1996.
  - Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos. BOE n.° 96, 22 de abril de 1998.
  - R.D. 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. BOE n.° 58. 8.3.2000. Modifi-

cado por R.D: 3483/2000 de 29 diciembre.

• De la *Comunidad Autónoma de Aragón*:

- Decreto 109/1986, de 14 de noviembre, intervención de la DGA en RAMINP.
- Orden de 28 de noviembre de 1986 que desarrolla la anterior.
- Orden de 8 de abril de 1987, de la DGA por la que se aprueba la Instrucción para la aplicación del RAMINP en instalaciones y explotaciones ganaderas.
- Orden de 13 de octubre de 1989 por la que se determinan los métodos de caracterización de los residuos tóxicos y peligrosos.
- Decreto 88/1994, de 12 de abril, del Gobierno de Aragón, por el que se regula la concesión de subvenciones para el tratamiento de estiércoles fluidos porcinos.
- Orden de 9 de mayo de 1994, conjunta de los Departamentos de Agricultura, Ganadería y Montes, de Medio Ambiente, de Ordenación del Territorio, Obras Públicas y Transportes y de Sanidad y Consumo, por la que se aprueba la Instrucción para la aplicación del RAMINP a las balsas destinadas para la desecación de los estiércoles fluidos generados en las explotaciones porcinas. BOA n.º 74. 20.6. 1994.
- Decreto 116/1994, de 31 de mayo por el que se regula la concesión de ayudas para la mejor de las infraestructuras sanitarias de las explotaciones porcinas.
- Decreto 117/1994, de 31 de mayo por el que se regulan las ayudas para la mejora de las estructuras agrarias.
- Decreto 77/1997, de 27 de mayo, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueba el Código de Buenas Prácticas Agrarias de la C.A. de Aragón y se designan determinadas áreas Zonas Vulnerables a la contaminación de las aguas por los nitratos procedentes de fuentes agrarias. BOA n.º 66. 11.6. 1997.
- Decreto 200/1997, de 9 de diciembre, del Gobierno de Aragón, por el que se aprueban las Directrices Parciales Sectoriales sobre Actividades e Instalaciones Ganaderas. BOA n.º 147. 22.12. 1997.
- Decreto 158/1998, de 1 de septiembre, del Gobierno de Aragón, por el que se regula la capacidad de las explotaciones porcinas en la C.A. de Aragón. BOA n.º 103. 2.9. 1998.

En el ámbito europeo los residuos se regulan por la Directiva 91/156/UE que modifica la Directiva 75/442/CEE, relativa a los residuos y traspuesta a la legislación española por la Ley 10/1998 de Residuos, de 21 de abril. En esta norma se contempla que, no serán considerados como residuos, a los efectos de esta ley, los estiércoles ganaderos y otros residuos agrícolas no peligrosos. Cuando se utiliza en el marco de las explotaciones agrarias, de acuerdo con su disposición adicional 5ª, la regulación se efectuará mediante la aplicación del R.D. 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias, y por la normativa complementaria a lo establecido en dicha norma que se aprobara por el Gobierno. De acuerdo con la mencionada disposición adicional 5ª, cuando los estiércoles se usen en agricultura como abono, no se considerará que se está efectuando una operación de vertido según lo establecido en el artículo 92 de la Ley 29/1985 de Agua.

Con la aparición de esta legislación se devuelve a los estiércoles, incluidos los purines, el papel de fertilizante orgánico-mineral que siempre han tenido y su regulación, cuando se empleen en agricultura, será similar a la del resto de fertilizantes.

Sin embargo, si los residuos procedentes de las explotaciones ganaderas se eliminan vertiéndolos a los cauces públicos deberán someterse previamente a procesos de depuración para cumplir con las exigencias establecidas en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico (R.D. 849/1986) que desarrolla los títulos I, IV, VI, VII de la Ley 29/1985 de Aguas.

El rápido crecimiento experimentado, en los últimos años, por la producción porcina española ha dado lugar a una nueva realidad productora, sanitaria, económica y medioambiental que ha obligado a la promulgación de una nueva norma adaptada a las necesidades actuales y que permita un correcto desarrollo futuro del sector porcino. El R.D. 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas recoge, además, la nueva normativa europea vigente en materia de higiene, sanidad animal, bienestar de los animales y medio ambiente.

Uno de los pilares básicos del Real Decreto, es la regulación de la correcta gestión de los estiércoles de las explotaciones porcinas que podrá realizarse por cualquiera de los siguientes prodedimientos:

a. *Valorización como abono orgánico-mineral:*

Para ello las explotaciones deberán cumplir una serie de requisitos:

- Disponer de balsas de estiércol cercadas e impermeabilizadas con capacidad para almacenar la producción de, al menos, tres meses.
- Distancias mínimas a otras explotaciones, núcleos urbanos y cursos de aguas.
- Acreditar que se dispone de superficie agrícola suficiente, propia o concertada, par la utilización de los estiércoles como fertilizantes.
- Incluye un plan de producción y gestión de estiércol de obligado cumplimiento para todas las aplicaciones de estiércol en zonas vulnerables y en el resto del territorio cuando la aplicación supere la dosis de 210 kg de N por Ha/año.

b. *Tratamiento de estiércoles mediante compostaje, secado artificial y otros procesos:*

En estos casos la regulación se efectuará según los establecido en la Ley 10/1998 de Residuos.

c. *Eliminación de estiércoles mediante vertido*:

Sometido a autorización regulada en la Ley 29/1985 de Aguas y en el Reglamento de Dominio Público Hidráulico.

d. *Entrega de estiércoles a centros de gestión*:

La gestión de estiércoles, bien para su tratamiento o para su uso como abono, podrá ser realizada por un centro de gestión debidamente autorizado y registrado.

La actividad se realizará de tal forma que se evite la difusión de enfermedades.

Recomendaciones y conclusiones

En general, la mayor parte de los residuos ganaderos pueden ser recuperados, reutilizados y reciclados. Para ello, es necesario, según CALLEJO y DÍAZ (1998):

• Reducir al máximo la producción de residuos.

• Reutilizar y reciclar los residuos en la misma explotación ganadera.

• Tratar el mínimo posible, ya que esta operación, generalmente, es costosa.

La gestión correcta del estiércol o del purín, principales causas de impacto ambiental de la ganadería intensiva requiere, como mínimo, incidir en tres aspectos fundamentales:

• Minimizar su producción.

• Modificar su composición.

• Realizar un almacenamiento, transporte y aplicación correctas, siempre pensado en su utilización como fertilizante.

Con objeto de reducir la posible transmisión de agentes infecciosos, MORRISON y MARTIN ya en 1977 (citado por STRAUCH, 1978), aconsejan tener en cuenta las siguientes precauciones respecto a los estiércoles líquidos:

• Los residuos animales y humanos deben ser adecuadamente tratados para reducir la presencia de patógenos a niveles lo más bajos posible.

• No aplicar purines a cultivos que vayan a ser consumidos o pastados, a menos que se deje transcurrir el tiempo necesario para eliminarlos o los productos agrícolas sean minuciosamente limpiados o esterilizados.

• Limitar las cantidades añadidas en una zona determinada, para reducir la probabilidad de una acumulación de los patógenos.

• Poseer un adecuado conocimiento de la geología e hidrología de los campos y de las aguas subterráneas (de modo particular en las cercanías a fuentes).

• Evitar centros de poblaciones humanas de alta densidad, donde vectores como el viento, insectos y roedores puedan actuar como vehiculadores.

• Mantener un elevado nivel de inmunidad donde sea posible en las poblaciones humana y animal con el fin de reducir los riesgos epidemiológicos.

• Control de la sanidad del área, tanto humana como animal, con el fin de reducir los niveles elevados de microorganismos infecciosos en residuos y suelos que los reciben.

Finalmente, y como conclusión, destacaríamos los siguientes aspectos:

• El purín, y el estiércol en general, procedente de explotaciones de cría intensiva de animales, puede contener microorganismos patógenos en concentraciones variables dependiendo de múltiples factores. Por tanto, el manejo de estos residuos debería realizarse con las debidas precauciones y medidas de seguridad.

• La supervivencia de microorganismos patógenos en purín y el efecto sobre la misma de los distintos tratamientos de depuración, se ha estudiado para algunos agentes (*Salmonella, Clostridium, Yersinia*) pero es prácticamente desconocida para muchos otros.

• En general, el papel epidemiológico del estiércol y el purín en el medio ambiente se ha estudiado poco.

• Las medidas legislativas existentes que, en alguna medida, regulan la producción, el uso del purín como fertilizante y su posible tratamiento hacen especial énfasis en su poder contaminante del medio como fuente, principalmente, de nitrógeno. Sin embargo, el papel que juega como posible vector de enfermedades de los animales y del hombre queda relegado a un segundo plano.

Bibliografía

AHL A.S., BUNTAIN B., 1997. Risk and the food safety chain: animal health, public health and the environment. Rev Sci Tech., 1997, 16(2), 322-330.

ANADÓN A., MARTÍNEZ-LARRAÑAGA M.R., 1999b. Residues of antimicrobial drugs and feed additives in animal products: Regulatory aspects. Livest. Prod. Sci., 59(2-3), 183-198.

ANADÓN A., MARTÍNEZ-LARRAÑAGA M.R., MARTÍNEZ M.A., 1999a. Residuos de medicamentos veterinarios en alimentos de origen animal (II). Industria Farmacéutica, XIV(2), 111-120.

ANADÓN A., MARTÍNEZ-LARRAÑAGA M.R., MARTÍNEZ M.A., 1999. Residuos de medicamentos veterinarios en alimentos de origen animal (I). Industria Farmacéutica, XIV(1): 113-118.

ARENAS C., 1993. Introducción al Derecho Medioambiental. Boletín de Estudios Económicos, Vol. XLVIII-n.° 150(12), 503-552.

ASIEGBU J.E., OIKEH S., 1995. Evaluation of the chemical composition of manure from different organic wastes and their potential for supply of nutrients to tomato in a tropical ultisol. Biol. Agric. Hort., 12, 47-60.

BAGUER A.J., JENSEN J., KROGH P.H., 2000. Effects of the antibiotics oxytetracycline and tylosin on soil fauna. Chemosphere, 2000, 40(7), 751-757.

BASCUAS J.A., RODRÍGUEZ A.A., GASPAR P., GIL J., CUADRAT J.M., GRACIA M., TERREROS J., BAGUER A.J., AMIGOT J.A., DÍAZ-OTERO A., 1997. Aspectos de control ambiental de instalaciones de ganado porcino. Información Técnica del Departamento de Agricultura y Medio Ambiente de la D.G.A., 31, 12-22.

BEAUCHAT L.R., RYU J.H., 1997. Produce handling and processing practices. Emerg. Infect. Dis., 3(4), 459-465.

BELLIDO N., PORCEL M.A., DELGADO M., MIRALLES R., BIGERIEGO M., 1997. Estudio sobre la reutilización en agricultura de residuos de ganado porcino. Cultivo de maíz y análisis de lixiviados. Porci, 41, 59-65.

BIBERIEGO M., 2000. La legislación medioambiental y el sector porcino. Real Decreto 324/2000, sobre normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas. Porci, 58, 53-61.

BIGERIEGO MARTÍN DE SAAVEDRA M., 1998. Gestión de purines: depuración y reutilización. SEPOR'98, 24-47, Murcia (España).

BORTONE G., TILCHE A., 1994. El tratamiento de las deyecciones porcinas con los reactores SBR. Mundo Ganadero, 1994(1), 60-67.

BOUZAHER A., LAKSHMINARAYAN P.G., JOHNSON S.R., JONES T., JONES R., 1993. The economic and environmental indicators for evaluating the national pilot projet on livestock and the environment. Staff Report 93-SR 64. Center for Agricultural and Rural Development (Iowa State University). 29 pp.

CALLEJO A., DÍAZ V., 1998. Medidas correctoras de la contaminación ganadera. Mundo Ganadero, 1998 (4), 26-29.

CANCELLOTTI F.M., FARINA L., SELLI L., 1993. Aspectos sanitarios en la gestión de los residuos. Mundo Ganadero, 1993(4), 50-61.

CARBALLO SANTAOLALLA M., 1997. Valoración del impacto ambiental de los residuos ganaderos en el medio acuático. Porci, 41, 29-35.

CARBALLO SANTAOLALLA M., MUÑOZ REOYO M.J., 2000. Principales problemas sanitario-ambientales que afectan a la ganadería extensiva e intensiva. Porci, 58, 63-74.

COILLARD J., 1990. Les procédés de traitement des lisiers de porcs. Techni-Porc, Abr., 45-57.

COILLARD J., PRADAL G., BUATIER C., 1995. Le traitement à la ferme des lisiers de porc. Étude d'un procédé extensif de type "lagunage naturel". Techni-Porc, Ene., 29-45.

COLE D.J., HILL V.R., HUMENIK F.J., SOBSEY M.D., 1999. Health, safety, and environmental concerns of farm animal waste. Occup. Med., 14(2), 423-448.

COMPAIRE FERNÁNDEZ C., 1981. Importancia de las deyecciones de los animales. Nuestra Cabaña, Abr., 19-24.

DALMAU F.I., JOVER M., 1994. Tratamiento de purines. Mundo Ganadero, 4, 46-53.

DAUDÉN IBÁÑEZ A., 1995. Estudio de la microflora bacteriana aeróbica y fúngica de interés sanitario y medioambiental, en los purines porcinos generados en a provincia de Teruel. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza. 297 pp.

DE JUANA SARDÓN A., 1983. La incidencia de las explotaciones ganaderas sobre la contaminación ambiental. Ganado Porcino, 1, 3-13.

DE LA PUENTE REDONDO V.A., GUTIÉRREZ MARTÍN C.B., DEL BLANCO N.G., RODRÍGUEZ FERRI E.F., 1998. The effect of N-duopropenide (a new desin-

fectant with quaternary ammonium iodides) and formaldehyde on survival of organisms of sanitary interest in pig slurry. Zentralbl. Veterinarmed. [B], 45(8), 481-493.

DE LA TORRE A.I., RUEDA O., 1997. Estudio técnico del impacto ambiental de una explotación porcina. Porci, 41, 47-57.

DE LA TORRE A.I., SÁNCHEZ VIZCAÍNO J.M., 1999. Puntos críticos en la sanidad integral de las explotaciones porcinas. Porci, 50, 11-25.

DESCHAMPS V., HEDUIT M., GRISPERAY G., BESSEMOULIN J., 1984. L'Elevage porcin et l'environnement. Recommandations thecniques. Institut Technique du Porc et GIDA. París. 100 pp.

DIPUTACIÓN GENERAL DE ARAGÓN (D.G.A.). 2000. Anuario Estadístico Agrario 1999. Departamento de Agricultura.

DONALDSON A.J., 1987. Foot-and-mouth disease: the principle features. Irish. Vet. J., 41, 325-327.

FLOTATS X., 2000. Gestión y tratamiento de purines de cerdo. Informativo porcino, 11, 40-41.

GAGLIARDI J.V., KARNS J.S., 2000. Leaching of *Escherichia coli* O157:H7 in diverse soils under various agricultural management practices. Appl. Environ. Microbiol., 66(3), 877-883.

GARCÍA-MINA FREIRE J.M., 1999. Utilidad potencial de los residuos ganaderos para usos agrícolas. Frisona Española, 113, 84-95.

GASPAR P., BASCUAS J.A., GRACIA M., TARRAFETA L., 1987. Patología ambiental: evaluación del impacto de dos granjas de ganado porcino. Anaporc, 55, 48-57.

GASPAR SAN MARTÍN P., CALVO IRUEGA M., RODRÍGUEZ MOURL A.A., BASCUAS J.A., TARRAFETA L., TERREROS J., 1990. Evolución de la digestión de purines de cerdo mediante lagunaje profundo: Ensayo físico-químico y aprovechamiento como abono. Anaporc, 88, 82-89.

HAAS B., AHL R., BOHM R., STRAUCH D., 1995. Inactivation of viruses in liquid manure. Rev. Sci. Tech., 14(2), 435-445.

HEINONEN TANSKI H., NISKANEN E.M., SALMELA P., LANKI E., 1998. *Salmonella* in animal slurry can be destroyed by aeration at low temperatures. J. Appl. Microbiol., 85(2), 277-281.

HEROLD T., KLICHE R., HENSEL A., 1999. Effect of aerobic fermentation on the survival *of Salmonella typhimurium* (DT 104) and *Escherichia coli* in swine liquid manure. Berl. Munch. Tierarztl. Wochenschr., 112(12), 448-453.

HILLIGER H.G., 1982. Animal health problems resulting from agricultural wastes. En: WALTON J.R. y WHITE E.G. (eds.). Communicable diseases resulting from storage, handling, transport, and landspreading of manures. Commission of the European Communities, EUR. 7626. Luxembourg: 17-46.

HOODA P.S., EDWARDS A.C., ANDERSON H.A., MILLER A., 2000. A review of water quality concerns in livestock farming areas. Sci. Total. Environ., 250 (1-3), 143-167.

JONES P.W., 1980. Health hazards associated with the handling of animal wastes. Vet. Rec., 106, 4-7.

JONES P.W., 1982. Waste and Animal health. Public. Health. Eng., 10, 35-39.

LANAJA J., CALVO M., VILLALBA J.A., MATESÁNZ J., IGUAL J.R., 1997. Estudio analítico de una planta piloto para el tratamiento de purines. Anaporc, 170, 74-81.

LARSEN, HE; MUNCH, B. 1982. Ocurrence and survival of pathogenic bacteria in cattle and pig slurry. En: WALTON, J.R.; WHITE, EG (eds).- Communicable diseases resulting from storage, handling, transport, and tanspreading of manures. Commission of the European Communities. EUR. 7627. Luxembourg. p: 161-174.

LARSEN H.E., MUNCH B., SCHLUNDT J., 1994. Use of indicators for monitoring the reduction of pathogens in animal waste treated in biogas plant. Zentralbl. Hyg. Umweltmed., 195(5-6): 544-555.

LEVASSEUR P., 1998. Composition des lisiers de porc. Facteurs de variation et methodes d'évaluation. Techni-Porc, 21, 19-25.

LEVASSEUR P., 1998. Mieux connaitre les lisiers de porc. compositions, volumes et analyses. Institut Technique du Porc. París. 30 pp.

LOKE M.L., INGERSLEV F., HALLING-SORENSEN B., TJORNELUND J., 2000. Stability of Tylosin A in manure containing test systems determined by high performance liquid chromatography. Chemosphere. 40(7), 759-765.

MARTÍNEZ PEREDA J.A., CARBONELL G., 1996. Riesgo medioambiental de la utilización agraria de purines. Porci, 31, 27-33.

MAULE A., 2000. Survival of verocytotoxigenic *Escherichia coli* O157 in soil, water and on surfaces. Symp. Ser. Soc. Appl Microbiol., 29, 71S-78S.

MAYR-HARTING A.M., HEDGES A.J., BERKELEY R.C., 1982. Methods for studying bacteriocins. Symp. En: NORRIS J.R. y RIBBONS D.W. (eds.) Academic Press. London/New York. 315 pp.

MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (MAPA). 1998. Anuario estadístico agrario 1997.

MUNCH B., LARSEN H.E., AALBAEK B., 1987. Experimental studies o nthe survival of pathogenia and indicator bacteria in aereated and nonaereated acttle and pig slurry. Biol. Wastes., 22, 49-65.

MUÑOZ REOYO M.J. 1999. Nuevos conceptos de medio ambiente que afectan a la ganadería en general y al sector porcino en particular. Producción Animal, 145, 23-38.

MUÑOZ REOYO M.J., CASTAÑO A., 1997. Las explotaciones porcinas en nuestro país. Gestión medioambiental en el marco de la U.E. Porci, 41, 13-27.

MUÑOZ REOYO M.J., DE LA TORRE A., FERNÁNDEZ C., 1996. Valoración toxicológica de la fracción orgánica de purines de cerdo. Porci, 31, 53-66.

MUÑOZ REOYO M.J., DÍEZ LÓPEZ J.A., 1999. Valoración experimental de la aplicación de purines en campo. Porci, 50, 37-51.

PÉREZ BONILLA Q., 1999. Legislación medioambiental en explotaciones ganaderas. Mundo Ganadero. Abr., 32-37.

PRATS I.LL., 1999. Posibles soluciones al tratamiento de subproductos. Mundo Ganadero, 110, 38-45.

PRATS y ROSELL I., 2000. Legislación sobre las deyecciones ganaderas. Mundo Ganadero, Mar., 52-58.

RODRÍGUEZ FERRI E.F., 1993. Control de excretas en las granjas. Aspectos sanitarios de la contaminación por sus residuos. Porci, 18, 19-28.

RODRÍGUEZ FERRI E.F., 1994. Aspectos sanitarios de la contaminación por residuos. Porci, 19, 19-28.

RODRÍGUEZ MOURE A.A., BASCUAS J.A., GASPAR SAN MARTÍN P., TARRAFETA L., PÉREZ-ORDOYO L., PELLICER ALONSO S., 1989. Microorganismos bacterianos aislados en un ensayo de depuración de purines de cerdo mediante lagunaje profundo. Anaporc, 75, 5-7.

RODRÍGUEZ MOURE A.A., BASCUAS J.A., LATRE CEQUIEL M.V., 1990. Microecología bacteriana aeróbica y facultativa del aparato reproductor de cerdos y de ambiente en explotaciones porcinas. Anaporc, 89, 5-17.

RODRÍGUEZ MOURE A.A., FERRER DE VAL C., PÉREZ PALOMARES C., 1989. Microorganismos bacterianos más significativos, presentes en el medio ambiente de las explotaciones ganaderas. XII Congreso Nacional de Microbiología. Pamplona 24-27 Sept. 1989.

RODRÍGUEZ MOURE A.A., LATRE CEQUIEL M.V., 1991. Ecología microbiana y medio ambiente en explotaciones porcinas. Anaporc, 98, 30-34.

SÁNCHEZ ACEDO C., FLETA ZARAGOZANO J., CLAVEL PARRILLA A., 1990. Criptosporidiosis en el ganado porcino. Estudio epidemiológico. Anaporc – XI Symposium científico. Alcañiz (Teruel). 13-14 Nov. 1990.

STRAUCH D. 1987. Hygiene of animal waste management. En: STRAUCH D. (ed.). World animal science, B6: Animal production and environmental health., 155-202. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

STRAUCH D., 1978. Microbial agents. En: KELLY, W.R. (eds.). Animal and human health hazards associated with the utilization of animal effluents. Commission of the European Communities, EUR. 6009 EN. Luxembourg, 1-24.

STRAUCH D., 1982. Effects of methods of slurry treatment on microbiological safety. En: WALTON, J.R. y WHITE, E.G. (eds.). Communicable diseases resulting from storage, handling, transport, and landspreading of manures. Commission of the European Communities, EUR.7627. Luxembourg., 223-239.

STRAUCH D., 1991. Survival of pathogenic microorganisms and parasites in excreta, manures and sewage sludge. Office International des Epizooties (ed.), Animals, pathogens and environnement. Scientific and Technical Review, 103 pp.

STRAUCH D., BALLARINI G., 1994. Hygienic Aspects of the Production and Agricultural Use of animal Wastes. J.Vet. Med. B., 41, 176-228.

SURESH D.P., KENNETH W.W., SCOTT E.D., STEVEN C.R., 1996. Ocurrence of airborne bacteria and pathogen indicators during land application of sewage sludge. Appl. Environ. Microbiol, 54(3), 296-299.

TARRAFETA RUBIO L.A., 1991. Estudio de un ensayo analítico sobre la depuración de purines en explotaciones industriales. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, 219 pp.

TORRE M., 1989. Problemes sanitaires posés par la reutilisation agricole des eaux résiduaires. Informations Techniques du CEMAGREF, 73(4), 1-7.

TURNER C., WILLIAMS S.M., BURTON C.H., CUMBY T.R., WILKINSON P.J., FARRENT J.W., 1999a. Pilot scale thermal treatment of pig slurry for the inacti-

vation of animal virus pathogens. J. Environ. Sci. Health. B. 34(6), 989-1007.

TURNER C., WILLIAMS S.M., WILKINSON P.J., 1999b. Recovery and assay of African swine fever and swine vesicular disease viruses from pig. J. Appl Microbiol. 87(3). 447-453.

TURZO P.E., 1993. Residuos Ganaderos. Anaporc. 120. 68-72.

TURZO P.E., 1997. Gestión y tratamiento de residuos ganaderos. Mundo Ganadero. 90. 26-34.

TURZO P.E., 1998. Gestión de excretas ganaderas. Factores a tener en cuenta. Producción Animal. 131. 18-26.

VIEBA M.M., ANGULO E., 1997. Estrategias para la valoración de suelos abonados con purines. porci. 41. 37-46.

VILAFRANCA M., 1997. Gestión y tratamiento de los purines en porcino. Producción Animal. 125. 38-47.

Anexo: material y métodos

Para realizar la presente revisión bibliográfica, la búsqueda de documentación relacionada con el tema que nos ocupa se ha llevado a cabo en *bases de datos* de la Universidad de Zaragoza y de la Diputación General de Aragón, además de utilizar Internet en algunos casos.

Cabe destacar, de forma especial la búsqueda realizada a través de *Internet*, mediante la que se ha podido encontrar gran parte de la documentación utilizada, finalmente, en la realización del trabajo y, sobre todo, en la que se ha podido acotar el objeto de búsqueda de manera que únicamente se han obtenido documentos directamente relacionados con el tema que nos ocupa. Para ello se han utilizado como *buscadores*:

- Altavista: http://www. altavista.magallanes.net
- Yahoo: http://www. yahoo.com

Y como *enlaces* de interés:

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación: www.mapa.es
- Ministerio de Medio Ambiente: www.mma.es
- Agencia medioambiental europea: www.eea.dk.
- Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria: www.inia.es
- Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología: www.cicyt.es/wais.html
- Red del Plan Nacional de I+D (REDIRIS): www.rediris.es
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas: www.csic.es y, en especial, el Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA): www.cema.csic.es
- Universidades españolas, bibliotecas y departamentos universitarios: www.virtualsw.es/netmaster/unis
- B.O.E.: www.boe.es
- Brisaweb: www.min.es/brisaweb/LegFrame.htm
- Porci: www.luzan5.es/htm.porci.htm
- 3tres3 Quinidea: www.3tres3.com/noticias.htm.
- EMEA: www.eudra.org/vetdocs/general.htm.
- The Ohio State University: http://ohioline.ag.ohio-state.edu/b604/index.html.
- American Associaton of Swine Practitioners: www.aasp.org.
- Agriculture Network Information Center: www.agnic.org.
- MEDLINE: www.healthgate.com/medline/search-medline.shtml
- National Center for Biotechnology Information: www.ncbi.nlm.nih.gov

(Aceptado para publicación el 4 de diciembre de 2001).