

## El tratamiento del **estiércol** en las explotaciones ganaderas

### Separadores sólido-líquido

J.M. Pereira\*

El aprovechamiento del estiércol y los purines se ha realizado tradicionalmente, aplicándolo directamente al suelo como abono o fertilizante. Las explotaciones contaban con suficiente base territorial para absorber estos subproductos y el sistema productivo mantenía un cierto equilibrio con el medio.

Sin embargo los procesos de intensificación, caracterizados por un constante descenso en el número de explotaciones y un considerable aumento del tamaño de las mismas, ha roto este equilibrio comenzando a crear problemas ambientales por el vertido incontrolado de purines, que producen la contaminación de terrenos, ríos, acuíferos y malos olores, en ciertas zonas o áreas geográficas. Esto se debe fundamentalmente a la utilización de agua a presión en la limpieza de los establos, lo cual mejora las condiciones higiénicas, pero tiene la desventaja de producir un estiércol licuado que presenta problemas de manejo (Rosario 2004). Como ejemplo de lo comentado, en la **tabla 1**, se muestra la evolución del número de explotaciones y vacas lecheras en algunos de los principales países de la Unión Europea (MA-PA. 2003; COAG. 2003; EUROPEAN

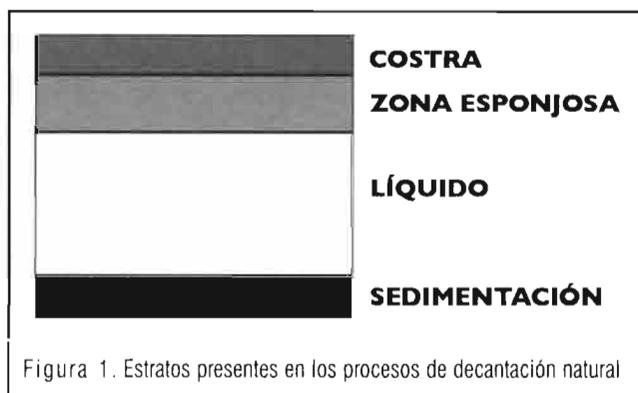


Figura 1. Estratos presentes en los procesos de decantación natural

COMMISSION 1999). Esta tendencia también se observa en los Estados Unidos de América, donde en el periodo de 1955 – 1995 el número de establos pasó de 2.7 millones a 137,000; mientras el tamaño medio se incrementó de 8 a 69 cabezas (Palmer, 2001).

Para esparcir los purines sin dañar el suelo o contaminar las aguas se hace necesario trabajar en cuatro niveles:

- Minimizar la producción, tanto en caudales como en contenido de contaminantes.
- Tratar los productos orgánicos para reducir su carga contaminante.
- Determinar las dosis óptimas aplicables a suelos y cultivos.
- Programar adecuadamente la gestión de las aplicaciones.

Es en este contexto donde cobran interés los sistemas de separación sólido-líquido. La separación sólido-líquido es

un proceso físico de tratamiento del estiércol que mejora las posibilidades de manejo permitiendo (Bicudo 2001):

- Reciclar el agua para la limpieza de las estabulaciones
- Reducir la materia orgánica en la fracción líquida
- Concentrar los nutrientes en la fracción sólida
- Un transporte y manejo más fácil
- Reducir la emisión de malos

olores

Además la producción de grandes cantidades de purín con una concentración baja de nutrientes, encarece el costo de transportar esos nutrientes desde las granjas y zonas geográficas excedentarias a las granjas o zonas deficitarias. Sin embargo, el costo puede reducirse separando la parte sólida de la líquida (Møller et al 2000). Existen diferentes sistemas de separación como por ejemplo, la decantación estática o natural, la separación mecánica, tratamientos biológicos y ósmosis inversa. La decantación, la separación mecánica mediante cribas o rejillas y la centrifugación son sistemas sencillos con un coste asumible, en ciertos casos, mientras que los tratamientos biológicos, ultra filtración y ósmosis inversa son técnicas complejas y caras (Burton, 1997)

#### Decantación estática o natural

Esta decantación consigue separar entre un 45 y un 57% de las partículas en suspensión susceptibles de sedimentarse que tengan una dimensión superior a las 400 µm, puesto que las partículas de menos de 40 µm no sedimentan. Este proceso natural de decantación presenta diferentes estratos (**Figura 1**): Una capa superior de restos sólidos (costra), una zona intermedia líquida y una zona inferior con sedimentos, aunque en oca-

**Tabla 1.** Número de explotaciones y vacas lecheras en algunos países de la UE, 1985-2002

	Nº explotaciones		Nº de vacas		Vacas/explot.	
	1985	2002	1985	2002	1985	2002
Alemania	362,000	107,650	5,567,000	4,306,000	15	40
Francia	351,000	123,743	6,609,000	4,331,000	19	35
Reino Unido	54,000	33,652	3,147,000	2,221,000	58	66
Holanda	58,000	31,478	2,367,000	1,448,000	41	46
Italia	299,000	71,939	2,782,000	2,374,000	9	33
España	270,000	44,385	1,891,000	1,154,000	7	26

\* Departamento de Ingeniería Agroforestal. Universidad de Santiago de Compostela

siones puede presentarse entre la parte superior (sólida) y la intermedia (líquida) un extracto esponjoso de transición (Ballester 1993).

Para conseguir buenos resultados se debe tener en cuenta lo siguiente: la entrada del estiércol se realizará por debajo de la capa superior (permite reducir los olores y mejora el proceso), la fosa deberá tener una capacidad tal que permita mantener el líquido unos 30 días como mínimo (aunque puede variar en función de las características del estiércol), evitar la presencia de bactericidas (pueden provocar la paralización del proceso impidiendo la decantación), la salida del líquido deberá ser continua (se necesitan al menos dos depósitos o tanques, ver **figura 2**, ya que las cisternas acopladas al tractor extraen todo el líquido y rompen el equilibrio del proceso), extraer los sedimentos de la capa inferior de forma periódica.



Figura 2. Tanques de un sistema de decantación estática (Mukhtar et al 1999)

Aunque el sistema es barato, en relación a otros sistemas de separación, el sedimento obtenido tiene un alto contenido en humedad necesitando de un proceso complementario de deshidratación o secado. Conseguir un residuo sólido con bajo contenido de humedad pasa por la utilización de separadores mecánicos.

### La separación mecánica

Existen en el mercado una gama relativamente grande de mecanismos que permiten separar la parte sólida de la líquida. En general se clasifican en tres categorías: filtros o tamices, centrifugas, y prensas, aunque existen mecanismos

resultado de combinar estas tres categorías, con diferentes grados de eficacia en la separación de los estiércoles derivado de la pastosidad y la adherencia de los efluentes a tratar, y del grado de sequedad del sólido resultante. Entre los métodos utilizados se pueden señalar los siguientes:

- Tamices o filtros fijos
- Tamices o filtros con sistemas de vibración
- Filtros banda
- Filtros banda a presión
- Filtros banda a vacío
- Tamiz rotativo
- Tamiz rotativo con presión
- Separadores de rosca a presión
- Centrifugas

Independientemente del mecanismo todo el proceso de separación mecánica debe seguir unas pautas comunes, que podemos estructurar en cuatro puntos:

#### 1. EVACUACIÓN - TAMIZADO GRUESO.

Es conveniente utilizar un sistema de evacuación continua, ya que al mismo tiempo que se eliminan los malos olores se facilita la separación de los elementos. Se debe intercalar una reja o tamiz grueso, antes del depósito de recepción, que permita detener elementos

voluminosos o no deseados tales como piedras, plásticos, ramas, trapos, etc, los cuales pueden interferir en el proceso posterior. Puede no ser necesaria su instalación si prevemos que no existe riesgo de presencia de elementos extraños.

#### 2. RECEPCIÓN - HOMOGENEIZACIÓN.

El estiércol que entre en el separador será lo más homogéneo posible, con este fin deberá enviarse a una fosa totalmente estanca, pero no excesivamente grande ya que su fin no es almacenar, si no servir como recipiente para homogeneizarlo. En el interior de esta fosa se dispondrá de un agi-

tador que homogeneizará el producto y evitará sedimentaciones y costras superficiales, facilitando el bombeo posterior hacia el separador.

#### 3. SEPARACIÓN SÓLIDO - LÍQUIDO.

El estiércol fresco es bombeado al mecanismo separador. La eficiencia del mecanismo viene determinada por las características del estiércol a separar, el cual no deberá contener partículas superiores a las 400 mm, y por el tipo de mecanismo de separación.

#### 4. DEPÓSITO DE ALMACENAMIENTO.

Realizada La separación la fase líquida puede pasar por gravedad a una fosa o balsa impermeabilizada donde puede recibir tratamiento con la finalidad de reducir la carga contaminante y utilizarlo directamente para riego agrícola, para la limpieza de las estabulaciones, o bien podría someterse a un proceso de depuración y posterior vertido de agua depurada. La fase sólida puede amontonarse para elaborar compost o transportarse a otros lugares como abono.

### Tamices fijos

Constan de un tamiz normalmente de acero inoxidable o materiales plásticos, con un enrejado o filtro especial, instalado sobre un bastidor, con aberturas entre 0'2 e 6 mm., colocado con una inclinación de 45° - 65° (**figura 3**). El estiércol es bombeado a la parte superior del tamiz deslizándose por gravedad hacia la parte inferior de la banda filtrante. El líquido pasa a través del tamiz, mientras que el sólido se acumula en la parte inferior del mismo. Este tipo de separadores es muy utilizado para separar partículas fibrosas y gruesas de estiércol de vacuno. Tiene como principal inconveniente que necesita un sistema de retirada adicional en la parte inferior y que el

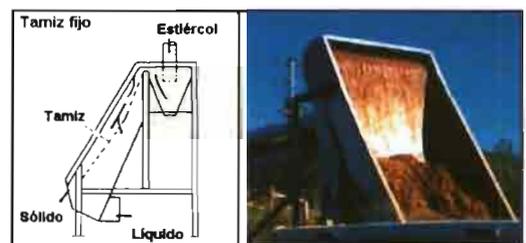


Figura 3. Tamiz fijo (Sheffield and Rashash 2000, FSA Environmental)

tamiz debe ser limpiado con frecuencia para mantener la eficacia del sistema. La eficacia del sistema varía mucho con el tipo de estiércol, pero en condiciones óptimas de trabajo pueden llegar a separar hasta el 60 % de los sólidos totales presentes en el estiércol de ganado vacuno (Chastain et al. 2001).

## Tamices vibrantes

El estiércol es vertido en un tamiz horizontal dotado con un motor eléctrico capaz de transmitirle vibraciones, de forma que los sólidos resbalan al borde del tamiz mientras que el líquido lo atraviesa (Figura 4). Pain et al. (1978) realizaron ensayos en estiércol de ganado vacuno y porcino, con un contenido del 4% -15% de sólidos, utilizando tamices con malla de 0,75 y 1,5 mm. Observaron que el sistema era ineficaz cuando los sólidos superaban el 8%, ya que la fracción sólida se acumulaba en la parte superior del tamiz. Con estiércoles en torno al 7% de sólidos los rendimientos son elevados, pueden alcanzar valores de hasta el 50%, aunque descienden rápidamente a medida que también desciende el % de sólidos. Con un 4% de sólidos la eficacia desciende hasta el 15% (FSA Environmental).

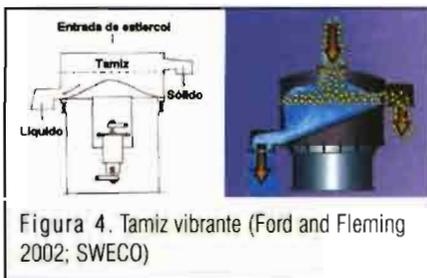


Figura 4. Tamiz vibrante (Ford and Fleming 2002; SWECO)

## Filtros banda

Los filtros de banda son un conjunto de sistemas de separación con alimentación continua y drenaje por gravedad. El sistema más simple está formado por una banda filtrante inclinada, que puede ser colocada en el propio canal, o en el

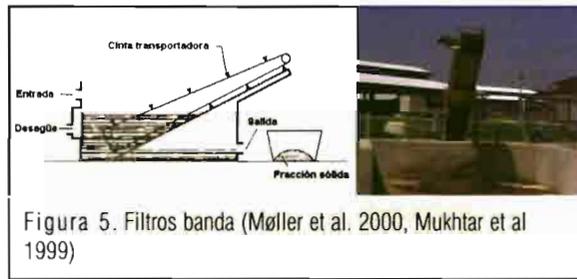


Figura 5. Filtros banda (Møller et al. 2000, Mukhtar et al 1999)



Figura 6. Filtro banda (Ford and Fleming 2002, Maximizer)

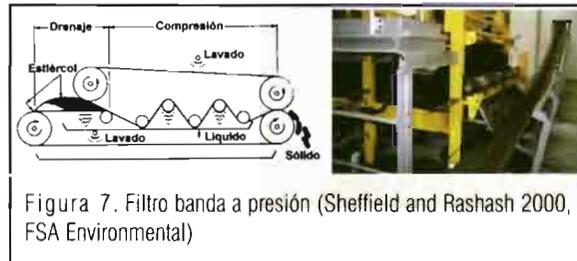


Figura 7. Filtro banda a presión (Sheffield and Rashash 2000, FSA Environmental)

exterior (figura 5). El líquido pasa a través de la banda filtrante drenando por gravedad, mientras que el sólido es separado debido al avance de la banda siendo depositado en un contenedor o zona de apilado. Estos sistemas pueden llegar a separar entorno al 30-% de los sólidos totales presentes en el efluente.

Frecuentemente se complementa el sistema con la aplicación mecánica de presión, para incrementar la deshidratación de los sólidos: Tornillo sinfín (rosca a presión) colocado al final de la banda inclinada (figura 6), rodillos de presión sobre banda colocada en horizontal (figura 7). Resultan ser efectivos para casi todos los tipos de fangos, aunque con los estiércoles del ganado las bandas se colman con relativa frecuencia, siendo necesario una instalación con agua a contracorriente (normalmente se utiliza

el propio líquido obtenido después de la separación), que permita su auto-limpieza. Algunos sistemas incorporan como elemento filtrante una tela o banda biodegradable que se elimina junto con los sólidos separados o incluso un sistema de producción de vacío para incrementar el proceso de drenaje y disminuir el contenido de humedad de la fracción sólida.

## Tamiz rotativo

El estiércol es bombeado al interior de un tamiz o criba con forma cilíndrica y giratoria (figura 8), que suele tener unas paletas dispuestas de forma helicoidal en su cara interior. La fracción líquida cae por gravedad a través de las ranuras del tamiz, siendo recogida y conducida al depósito o tanque de almacenamiento correspondiente. La fracción sólida avanza impulsada por las paletas y la rotación del sistema, siendo descargada por la

parte frontal del cilindro.

Algunas investigaciones (Piccinini y Cortellini 1987) han puesto de manifiesto que la eficacia de la separación pue-

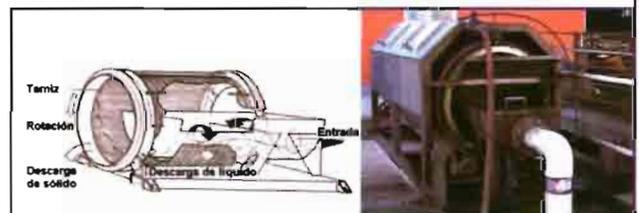


Figura 8. Tamiz rotativo (Vanderholm 1984; ACCENT manure)



Figura 9. Tamiz rotativo con sistema de presión (ACCENT)

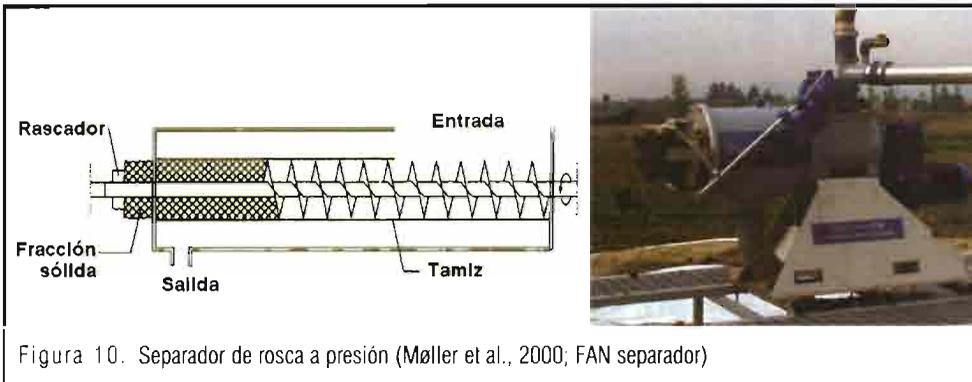


Figura 10. Separador de rosca a presión (Møller et al., 2000; FAN separator)

de alcanzar casi el 25%, aunque es posible variar el grado de sequedad de los sólidos aumentando o disminuyendo la inclinación del cilindro, variando la velocidad de rotación o el tamaño de las aberturas del tamiz. Incluso, más recientemente, en algún modelo se ha incorporado un sistema de presión formado por uno o dos rodillos, colocados en la boca de descarga, que permiten disminuir el contenido de humedad en la fracción sólida (figura 9).

### Separación de rosca a presión

El estiércol bruto es bombeado previa homogeneización al separador (figuras 10-11). En el interior del separador existe una criba cilíndrica de acero inoxidable, y en el interior de la criba un tornillo helicoidal que comprime la materia sólida y la expulsa al exterior. La fracción líquida pasa a través de los orificios de la malla o tamiz y es recogido por una tubería de salida por la parte inferior del separador. Se adapta bien a todo tipo de estiércoles y es posible regular el grado de sequedad de la fracción sólida resultante. Una baja velocidad del tornillo helicoidal producirá sólidos más secos, si bien la capacidad de procesado decrece. Un elevado caudal y velocidad del tornillo incrementa la capacidad de procesado pero produce sólidos más húmedos. La eficacia en la separación depende del tipo de estiércol, del contenido en sólidos del mismo, del tamaño de apertura de la criba, del flujo, de la presión y de la velocidad de giro del tornillo. Yu (1992) obtuvo, en estiércol de porcino con 5% de sólidos, una eficacia del 67% con cribas de 0,75 mm y del

79% con cribas de 0,5 mm. Converse et al. (1999) obtuvo, en estiércol de ganado vacuno, una eficacia del 24 al 69% en función del nivel de presión del tornillo, el % de sólidos del estiércol y del modelo de separador (FAN separator, VICENT separator).

### Separadores centrífugos

Están formados por un tambor con una cámara en su interior, a la cual llega el efluente transportado por una bomba, donde se produce una aceleración centrífuga que provoca a sedimentación de los sólidos en la pared del tambor siendo transportados por un tornillo sinfín hacia o exterior. Los líquidos salen por unos conductos de retorno, en dirección contraria a la salida de los sólidos. El proceso de centrifugación es muy utilizado en la industria para separación de sólidos y deshidratación de fangos, obteniéndose buenos rendimientos y eficacia en la separación. En el sector ganadero no es muy empleado debido a que los costes energéticos e de mantenimiento, del proceso de separación por centrifugación, son elevados, por lo que solo resulta com-

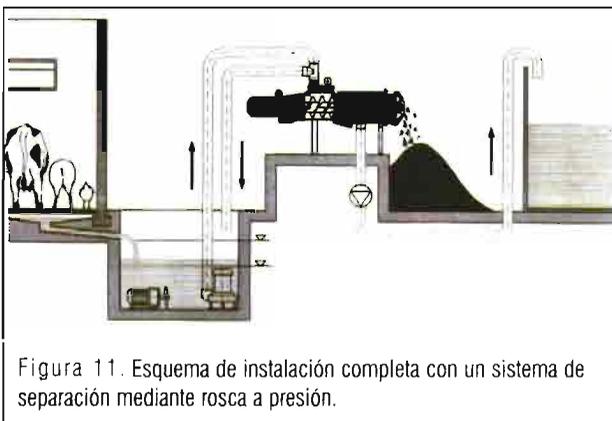


Figura 11. Esquema de instalación completa con un sistema de separación mediante rosca a presión.

**CASANOVA**

- Mangas de manejo portátiles
- Bebederos
- Básculas electrónicas
- Camas para cubículos
- Inmovilizadores
- Pasos Canadienses
- Puertas y vallas extensibles
- Casetas individuales
- Comederos selectivos para pienso
- Pediluvios y bañeras de inmersión
- Corrales portátiles para exposiciones de ganado
- Forrajeras
- Cornadizas
- Cisternas
- Pescuercas





**Tel. +34 93 824 60 22**  
**Fax +34 93 824 61 21**  
[casanova@intercasanova.com](mailto:casanova@intercasanova.com)

**Ramaderia Casanova SL**  
 Zona Industrial  
 08612 Montmajor-Barcelona

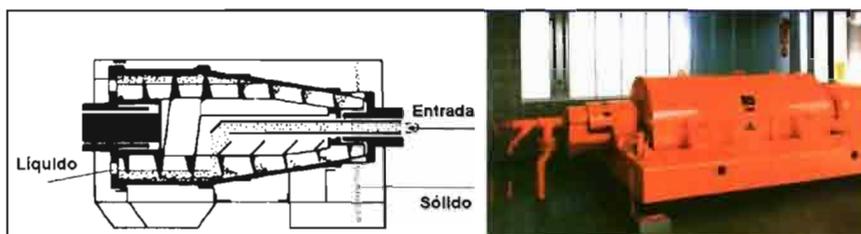


Figura 12. Separador centrífugo (BIRD HHUMBOLDT)

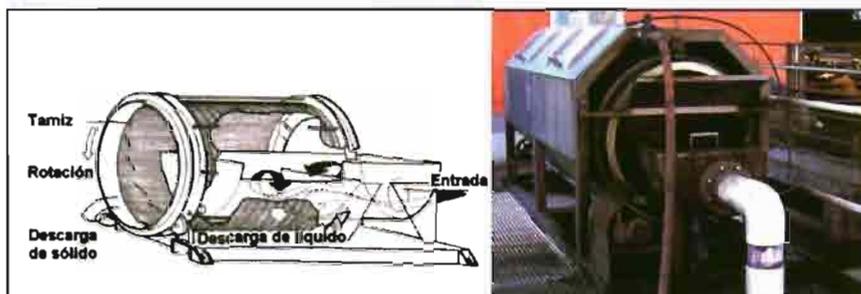


Figura 13. Contenido en materia seca de la fracción sólida obtenida con diferentes separadores en varios estudios (Adaptado de Ford and Fleming 2002)

petitivo en plantas con capacidad superior a 20.000 m<sup>3</sup>/día con disponibilidad de mano de obra cualificada (Metcalf, 1998). Møller et al. (2000) concluye que el coste por tonelada de estiércol procesado, en una granja que produce 4000 Tn/año, es cinco veces superior en un separador centrífugo respecto a un separador de rosca a presión. (figura 12)

## Conclusiones

Existe una amplia gama de sistemas que permiten realizar la separación sólido/líquido del estiércol generado en las explotaciones ganaderas, y aunque también son muchas las investigaciones realizadas al respecto, la selección del sistema más adecuado no es una tarea sencilla. Las variables que pueden incidir en la elección de uno u otro sistema son muchas y no existe información, a menudo, de todas ellas con la suficiente claridad como para despejar todas las dudas en el proceso de selección. La medida en la eficacia de la separación referida al porcentaje de sólidos separados es un indicador muy utilizado, también lo es el referido al porcentaje de materia seca alcanzado con los diferentes separadores (figura 13). Estas dos variables se deberán contemplar junto con otras en la toma de decisión: La dimensión de la explotación, el tipo de ga-

nado, coste de inversión y mantenimiento del sistema, facilidad de manejo, adaptabilidad ante diferentes tipos de estiércol, capacidad de procesado, concentración de nutrientes en la fracción sólida y nivel de reducción de olores entre otras.

## Bibliografía

Ballester, A. 1993. "Residuos ganaderos. Tratamiento de los subproductos y explotaciones ganaderas. Separación de los sólidos-líquidos". Fundación "La Caixa". Ed. AEDOS. Barcelona. pp. 142-148

Bicudo, J.R. 2001. Frequently Asked Questions about Solid-Liquid Separation. University of Minnesota: Biosystems and Agricultural Engineering Extension Program. Available online at: [http://www.bae.umn.edu/extens/faq/sol\\_liq\\_faq.html](http://www.bae.umn.edu/extens/faq/sol_liq_faq.html). Fecha de acceso 23/05/2005.

Burton, C.H., 1997. Manure Management ± Treatment Strategies for Sustainable Agriculture. Silsoe Research Institute, Silsoe, UK.

Chastain, J.P., M.B. Vanotti and M.M. Wingfield. 2001. Effectiveness of Liquid-Solid Separation for Treatment of Flushed Dairy Manure: A Case Study. Transactions of the ASAE 17(3): 343-354.

Converse, J.C., R.G. Koegel and R.J. Straub. 1999. Nutrient and Solids Separation of Dairy and Swine Manure Using a Screw Press Separator. ASAE Paper No. 99-4050. St. Joseph, MI: ASAE.

C.O.A.G. 2003. Anuario agrario COAG. Coordinadora de Organizaciones de Agricultores y Ganaderos. Madrid.

EUROPEAN COMMISSION. 1999. Agriculture, environment, rural development. Facts and Figures. A challenge for agriculture. Office for Official Publications, Luxemburg.

FSA Environmental 2002. Solid separation systems for the pig industry. Case study 4 – Vibrating screens. Available online at: <http://>

Ford, M. and R. Fleming 2002. Mechanical solid-liquid separation of livestock manure. Ridgetown College. University of Guelph, Ontario.

M.A.P.A. 2003. Libro blanco de la agricultura y el desarrollo rural. Tomo II. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. Madrid.

Metcalf & Eddy, Inc. 1998. "Ingeniería de aguas residuales". McGraw-Hill

Møller, H.G., I. Lund and S.G. Sommer. 2000. Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. Bioresource Technology 74(2000): 223-229.

Mukhtar, S., J.M. Sweeten and B.W. Auverman 1999. Solid-liquid separation of animal manure and wastewater. Texas Agricultural Extension Service. Available on line at <http://www.biomagic.com/e13.pdf>. Fecha de acceso 23/05/2005

Palmer, R.W. 2001. Dairy modernization planning guide. Dairy Business Communications. Dairy Science Department, UW-Madison.

Piccinini S. and Cortellini L. 1987. 'Solid-liquid separation of animal slurries'. In Agricultural Waste Management and Environment Protection Vol(1). Proceedings of 4th International Scientific Centre of Fertilisers Symposium. Braunschweig, Federal Republic of Germany 11-14 May 1987.

Rosario Suarez, S.A. 2004. Aplicación de tratamiento de residuos ganaderos en Gran Canaria. Consejería de Agricultura Ganadería y Pesca. Servicio técnico de extensión agraria. Cabildo de Gran Canaria.

Sheffield, R., and D. Rashash 2000. Solids separation of animal manure. University of Idaho. Available online at: <http://www.courses.ag.uidaho.edu/bae/>

Vanderholm D.H. 1984. 'Properties of agricultural wastes'. In Agricultural WasteManagement. Meeting of the New Zealand Agricultural Engineers. Institute, Lincoln NZ. 8pp.

Yu J.C. 1992. Evaluation report. FAN Press-Screw separator. Canada-British Columbia Soil Conservation Program. Hog Producers' Sustainable Farming Group 5pp.