

## **La producción de purines secos en el marco de una gestión integral de residuos ganaderos**

**X. Flotats, A. Bonmatí, E. Campos, M. R. Teira**  
**Laboratori d'Enginyeria Ambiental**  
**Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl**  
**Universitat de Lleida**  
**Rovira Roure 177, 25198 Lleida**

### **Resumen**

Un plan de gestión de residuos ganaderos es un programa de actuaciones conducentes a adecuar la producción de residuos a las necesidades de mejora y mantenimiento de la calidad de suelos, y de nutrientes de los cultivos, en el espacio y el tiempo. La adecuación temporal se consigue con grandes volúmenes de almacenamiento, lo cual contribuye a la activación de procesos de descomposición de los residuos de forma incontrolada en el propio almacén: producción de ácidos grasos volátiles (AGV) y emisiones de NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S y CH<sub>4</sub>, entre otros.

Un plan de gestión ha de contemplar los tratamientos a aplicar, los cuales son procesos de modificación de las características del residuo para su adecuación a la demanda como producto de calidad. Para obtener sistemas de gestión y tratamiento sostenibles, debe conseguirse la implicación de la industria y el sector de los fertilizantes orgánicos y minerales, con el fin que los productos que se obtengan cumplan con los condicionantes del mercado. Esto implica la implantación de sistemas de control de calidad.

Una limitación importante de los purines para su gestión y aprovechamiento es su elevado contenido en agua, lo cual no permite su aplicación a todos los cultivos durante cualquier época del año, ni la exportación a zonas geográficas lejanas, deficitarias en nutrientes. Esto supone, en cualquier caso, un elevado coste en transporte. La separación del agua es siempre posible, pero aparte del consumo energético asociado, la calidad del producto final ha de ser objeto preferente de atención, así como los parámetros de diseño de las instalaciones necesarias para controlar esta calidad. Así, la digestión anaerobia previa permite liberar N-NH<sub>4</sub>, descomponer materia orgánica, eliminar materia orgánica fácilmente degradable, reducir las emisiones de malos olores, eliminar AGV (tóxicos para los cultivos a elevadas concentraciones), modificar la alcalinidad del producto, obtener un producto de calidad cuantificable y obtener energía utilizable en el proceso de secado.

En la presente ponencia se abordan los conceptos de planes de gestión de residuos ganaderos, los tratamientos aplicables y su diagrama de flujo; se analiza la conveniencia del proceso de secado y el tratamiento previo necesario para facilitar el proceso y el control de la calidad del producto final.

## **1.- INTRODUCCIÓN**

Como cualquier otra actividad industrial de transformación, la ganadería actúa sobre el entorno con diferentes grados de intensidad. No escapa a aquello que caracteriza al metabolismo industrial: consume materia y energía, y produce unos bienes y residuos. Los residuos producidos por la propia actividad pueden afectar al suelo, las aguas superficiales y subterráneas y el aire, si estos no se gestionan correctamente.

Mientras la ganadería fue una actividad complementaria a la agricultura, la oferta de estiércol y la demanda de abono orgánico se complementaban, creándose un precario y forzado equilibrio. En las casas de campo se mantenía el montón de estiércol suficiente tiempo, volteándolo de vez en cuando, para conseguir un abono no agresivo a los cultivos. A menudo se hacían mezclas de residuos orgánicos diferentes para controlar su composición, se tenía en cuenta la luna para cualquier manipulación, y se utilizaban mil y un métodos para mantener el montón protegido de las heladas. Las balsas de purines del corral eran suficientemente grandes para almacenar durante el tiempo de espera necesario hasta la aplicación. No hay duda que en estas circunstancias el estiércol era considerado un recurso, y el conocimiento empírico del campesinado, transmitido y enriquecido de generación en generación, ayudaba a mantener el equilibrio. Con el tiempo, el huerto familiar ha sido sustituido por los cultivos intensivos o extensivos, y el corral por las granjas industriales, pero paralelamente la cultura popular no ha sido sustituida, ni por una cultura tecnológica que valore adecuadamente los residuos producidos, ni por un conocimiento público de la verdadera problemática de gestión de los mismos (Flotats y Boixadera, 1998).

La situación actual está caracterizada por una serie de paradojas. Mientras se plantean sistemas de tratamiento local, para eliminar el nitrógeno contenido en los purines, mediante la combinación adecuada de los procesos de nitrificación y desnitrificación, con el consumo energético correspondiente, en España se consumen del orden de 4 millones de toneladas de fertilizantes minerales al año. El consumo energético para su producción se encuentra entre 37 y 130 MJ, según el método utilizado, por cada kg. de nitrógeno fijado de la atmósfera y convertido en abono nitrogenado, y una media de 14 MJ por cada kg. de fósforo. Mientras que el nitrógeno contenido en los residuos orgánicos se presenta como excedentario en muchas zonas del país, España continua importando productos proteicos base para la producción de piensos, con elevado contenido nitrogenado. Mientras que el uso de purines y estiércoles como fertilizantes y enmiendas se plantea como la solución idónea para el reciclado de los nutrientes, paralelamente no se plantea la reducción correspondiente de fertilizantes minerales clásicos. Para aproximarse a un ciclo cerrado de los nutrientes, y tender a sistemas de producción sostenibles, es necesaria la complicidad de la industria y el sector de los fertilizantes minerales, así como el de la producción de piensos.

Asimismo, en la actualidad, el mercado del estiércol aplicable a los suelos, como abono o enmienda orgánica, encuentra competencia: fangos de estaciones depuradoras, residuos orgánicos de la industria alimentaria y fracción orgánica de residuos sólidos urbanos. Esta situación de competencia es positiva a fin de tender a un mercado que evolucione hacia cotas de calidad en los productos que se aplican a los suelos y cultivos, ya que en ningún caso debe considerarse al suelo como un vertedero, pero requiere de un marco global que ordene esta evolución y de las herramientas de gestión, control y tecnológicas que lo hagan posible. Para encontrar mecanismos de solución no parcial

hay que tener una visión global de los diversos sectores productivos y avanzar en el concepto de gestión integrada, mediante la confección de planes de gestión integral de residuos orgánicos de diferentes orígenes por áreas geográficas, preferentemente cuencas hidrográficas. El objetivo final de un plan de gestión ha de ser convertir los residuos en recursos agronómicos y, en su caso, energéticos.

## **2.- PLANES DE GESTIÓN**

Un plan de gestión de residuos ganaderos es un programa de actuaciones conducentes a adecuar la producción de residuos a las necesidades de los cultivos, en el espacio y en el tiempo. Un plan de gestión ha de incluir otros residuos orgánicos, producidos en la zona geográfica objeto de estudio, susceptibles de ser aplicados, también, a suelos y cultivos.

Un plan de gestión ha de contemplar actuaciones en los tres ámbitos que a continuación se indican.

### **2.1.- Medidas de reducción en origen.**

- *Medidas de reducción de caudales.* Esta medida es especialmente importante para los residuos líquidos, tales como purines de cerdo, los cuales tienen un contenido en agua superior al 90%. Su aplicación debe traducirse en un ahorro para la empresa generadora y para la reducción de costes de transporte y tratamiento.

- *Medidas de reducción de componentes limitantes,* tales como nitrógeno, fósforo y metales pesados. Su aplicación concierne a la modificación en las dietas del ganado, para lo cual es necesario un esfuerzo en investigación, el cual se ha de ver compensado con la posibilidad de aplicar dosis superiores de residuos en cultivos cercanos, reduciendo los costes de transporte.

### **2.2.- Plan de aplicación a los suelos y cultivos.**

Un plan de aplicación ha de ser confeccionado a partir del conocimiento de la composición de los residuos, el mapa de suelos de la zona de aplicación, y características de los cultivos, del sistema agrícola, climatológicas e hidrológicas. Éste ha de contemplar:

- *Dosis por aplicación:* número de aplicaciones al año y dosis anual total.
- *Momento de aplicación:* días entre precipitaciones y aplicación, en función de la pluviometría, el período de heladas, y meses sin posible aplicación.
- *Forma de aplicación:* superficial, inyección, etc.
- *Medidas complementarias,* tales como la determinación de las distancias mínimas entre área de aplicación y riachuelos o canales de regadío.

### **2.3.- Tratamientos.**

Un tratamiento es una combinación de procesos unitarios cuyo objetivo es la modificación de las características del residuo para su adecuación a la demanda como producto de calidad (Teira et al., 1999). Esta adecuación puede ser para

- 1.- Para equilibrar oferta y demanda en el tiempo
- 2.- Para mejorar el transporte y aplicación
- 3.- Para mejorar la composición

La idoneidad de un proceso de tratamiento dependerá de cada zona geográfica, de las necesidades que hayan puesto de manifiesto los estudios preliminares del plan de gestión, de la calidad del producto final obtenido y de los costes económicos asociados. En todo caso, el objetivo básico que se debe perseguir es el de **augmentar la capacidad de gestión sobre el residuo**. Los objetivos particulares pueden ser

- 1.- Adecuar la producción de residuos a las necesidades estacionales de los cultivos.
- 2.- Transportar fuera de la zona de aplicación del plan de gestión
- 3.- Valorar económicamente el residuo
- 4.- Adecuar la composición a los requerimientos del entorno (de suelos, de cultivos, de mínimo impacto ambiental - malos olores)
- 5.- Extraer y recuperar nutrientes valorizables (nitrógeno, fósforo,...)
- 6.- Higienizar –reducir o eliminar patógenos

Sin ser exhaustivos, en la Tabla 1 se sintetizan las características básicas de los procesos susceptibles de ser aplicados en el tratamiento, indicando las formas de energía necesarias limitantes para el proceso. En todos los casos, la energía eléctrica se refiere a consumo de energía mecánica para separar fases, agitar o transferir O<sub>2</sub>, producible mediante motor eléctrico.

La promulgación del Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre, sobre producción de energía eléctrica, residuos y cogeneración, ha propiciado un cambio en la percepción del concepto tratamiento; ha alterado la estructura de precios y por tanto la relación oferta/demanda en el mercado; ha modificado las prioridades de las líneas de investigación y desarrollo, y las prioridades en las estrategias y objetivos de los tratamientos. Es necesario aclarar, aunque parezca obvio, que **el proceso de cogeneración**, con los beneficios asociados a la coyuntura actual, **no es un tratamiento; es un medio para hacer económicamente asequibles aquellos procesos de tratamiento cuyo limitante sea el aporte de energía térmica**. Dado que la coyuntura económica es, o puede ser, cambiante, la estrategia prioritaria de tratamiento, que haya puesto de manifiesto el plan de gestión ha de tener un peso específico elevado en el proceso de toma de decisiones, con vistas a tender a sistemas sostenibles.

### 3.- ESTRATEGIAS DE TRATAMIENTO EN BASE AL PRODUCTO

En la Tabla 2 se indican algunas estrategias de tratamiento, a nivel ilustrativo y de forma no exhaustiva, con el fin de notar que el diagrama de flujo a aplicar depende de los condicionantes del entorno y de los objetivos a cumplir. Estos dependen, a su vez, de la demanda del mercado de fertilizantes, orgánicos o minerales, en la zona de aplicación del plan de gestión, o en zonas lejanas cuando la situación es de excedente estructural, esto es, cuando no hay posibilidad de uso de residuos, o sus derivados, en la zona y es necesaria su transformación para facilitar su transporte a largas distancias.

Tabla 1. Síntesis de operaciones aplicables al tratamiento de residuos ganaderos, en especial a purines de cerdo (T: residuo íntegro; S: fracción sólida; L: fracción líquida)

Proceso	Aplicado a fracción S, L, o T	Objetivo	Necesidades energéticas limitantes
1. Balsas homogeneización, estercoleros	T, S, L	Regular la producción continua al consumo estacional de cultivos. Regular entradas discontinuas a plantas de tratamiento. Reducir patógenos	
2. Separación de fases	T	Separar para propiciar líneas específicas de tratamiento, transporte o aplicación a fracción S o L resultante	Energía eléctrica
3. Aplicación de enzimas y bacterias a balsas	T	Aumentar concentración de sólidos. Transformar N amoniacal a orgánico	
4. Nitrificación	L	Transformar N amoniacal a nítrico	Energía eléctrica
5. Desnitrificación	L	Transformar N nítrico a N <sub>2</sub> . Eliminar materia orgánica fácilmente degradable	
6. Descomposición aeróbica heterótrofa	L, T	Eliminar materia orgánica	Energía eléctrica
7. Digestión anaerobia	T, L, S	Producir CH <sub>4</sub> (energía). Eliminar materia orgánica. Higienizar	
8. Compostaje	S	Eliminar/estabilizar materia orgánica. Higienizar. Obtener abono orgánico de calidad	Energía mecánica/ eléctrica
9. Reducción biológica de fósforo (P)	L	Transferir P soluble a fase biológica sedimentable. Eliminar materia orgánica fácilmente degradable.	Energía eléctrica
10. Precipitación química	L	Transferir algunos componentes a fase sedimentable. Separar P (apatitas, estruvita)	
11. Secado/peletización	S	Separar agua. Reducir volumen	Energía térmica
12. Evaporación/concentración	L	Separar agua. Reducir volumen	Energía térmica
13. Stripping/absorción	L	Recuperar N amoniacal	Energía eléctrica/ térmica
14. Higienización térmica	T	Eliminar/inactivar patógenos. Hidrólisis térmica	Energía térmica
15. Dosificación de aditivos	T, S, L	Modificar composición para adecuarla a cultivos o posibilitar otros procesos	
16. Ozonización	L	Oxidación compuestos orgánicos recalcitrantes	Energía eléctrica
17. Filtración en membrana/osmosis inversa	L	Separar sales. Reducir conductividad	Energía eléctrica

Tabla 2. Algunas estrategias de tratamiento en función de la caracterización de la situación y de los objetivos particulares a cubrir

Situación	Condicionante/objetivo	Estrategia/diagrama
Equilibrio anual entre producción y necesidades de cultivos	A. Regulación de caudales (individual o colectivo)	1
	B. Cubrir necesidades específicas de los cultivos	
	C. Cubrir consumos propios de energía	
	D. Modificar relación NPK	1+15
Excedente anual para el nitrógeno. Equilibrio para otros componentes	E. Eliminar parte del nitrógeno.	
	F. Recuperar nitrógeno	
Excedente estructural en la zona y en zonas cercanas. Demanda del mercado de enmiendas orgánicas	G. Eliminar nitrógeno no orgánico. Obtener enmienda orgánica higienizada y peletizada. Depuración terciaria de la fracción líquida (17 puede ser negligible)	
	H. Eliminar nitrógeno no orgánico. Obtener abono orgánica estructurado, de calidad, higienizado (compost). Depuración terciaria de la fracción líquida (17 puede ser negligible)	
Excedente estructural en la zona y en zonas cercanas. Demanda del mercado de fertilizantes minerales	I. Obtener un producto seco, de fácil transporte, mineralizado. Nitrógeno en forma amoniacal	
	J. Obtener un producto seco, de fácil transporte, mineralizado. Nitrógeno en forma amoniacal y nítrica	

Para solucionar un problema de excedente único del nitrógeno, sería suficiente una estrategia del tipo E o F. La situación general es la de que este excedente viene acompañado del de fósforo, sobretodo en el sector porcino, con lo cual deben plantearse estrategias conjuntas de recuperación (I y J) o de separación (G y H).

Las combinaciones posibles de los procesos de la Tabla 1, para cumplir con la casuística de objetivos planteables, es muy elevada. Cuando la situación es de excedencia estructural, sólo caben estrategias que tiendan a la generación de productos de alto valor añadido, con demanda en el mercado de los fertilizantes orgánicos y minerales, o de enmiendas orgánicas, que justifiquen económicamente el transporte y el control de calidad sobre el producto ofertado.

En el planteamiento del proceso de tratamiento, y de los objetivos a cumplir, es muy importante la calidad y variabilidad del producto a tratar. Para purines, su composición varía según la dieta alimentaria, el estado fisiológico de los animales, la edad del purín, y las prácticas de manejo y limpieza de cada granja. La práctica usual, en granjas de engorde por ejemplo, es vaciar los fosos una vez acabado el ciclo, con lo cual se obtienen purines envejecidos, con elevada relación de alcalinidad, materia orgánica hidrolizada y elevada concentración de ácidos grasos volátiles. Para evitar problemas de emisiones atmosféricas de compuestos orgánicos, los cuales son, junto al amoníaco, los principales causantes de males olores, caben dos estrategias:

1. Transformar parte de los materiales disueltos (orgánicos y minerales) a formas en suspensión (biomasa), mediante el proceso aeróbico heterótrofo, con el consecuente consumo de energía, para la obtención de un compuesto final de tipo orgánico. La calidad de la materia orgánica, estable o fácilmente degradable, estructurante o no, depende de si se opta por la estrategia G o H.
2. Transformar parte de los materiales orgánicos a formas gaseosas combustibles (biogas), mediante el proceso anaerobio heterótrofo, para la obtención de un compuesto final de tipo mineral. Necesariamente contendrá una parte de materia orgánica, aunque sea mínima, y su calidad dependerá, básicamente, de los parámetros de control del proceso anaerobio, independientemente de si se opta por la estrategia I o J.

La composición del producto final obtenido, en cada una de las estrategias anteriores, depende de la materia prima, de su composición y variabilidad temporal, de la tecnología aplicada y del ajuste del proceso, por lo cual no se pueden generalizar calidades concretas. El propio mercado de los fertilizantes marcará las tendencias a seguir según la demanda de productos. Las características generales que ha de cumplir el producto seco, según opiniones recogidas en el sector de los fertilizantes, pueden sintetizarse como sigue,

- a.- producto estable, mínima concentración de materia orgánica fácilmente degradable,
- b.- mínimo volumen con máxima concentración de nutrientes,
- c.- relación N:P:K adecuada, equilibrada para cumplir objetivos de fertilización,
- d.- mínima concentración de metales pesados y tóxicos,
- e.- higienizado; nula concentración de patógenos, semillas de malas hierbas, larvas o huevos de insectos, etc.,
- f.- olor agradable, o en todo caso que no recuerde su origen,
- g.- composición estable, con mínimas variaciones temporales.

Los condicionantes anteriores justifican la necesidad de estrategias de tratamiento previo al secado, para mantener un control de calidad sobre el producto. El proceso de compostaje (estrategia H) cumpliría con las premisas, salvo la *b* y la *d*. La *d* depende, básicamente, de la calidad de la materia prima y no del proceso de tratamiento. La *b* sería aplicable cuando el objetivo consiste en obtener un producto mineralizado, aplicable para abonados de cobertera, y por tanto un mercado diferente al del compost. El condicionante *c* es compatible con cualquier estrategia, ya que implica añadir la operación 15 (ver Tabla 1) al diagrama de flujo correspondiente, cuando sea necesario.

Otro proceso que cumple con los condicionantes anteriores es el de digestión anaerobia que, a diferencia del compostaje, cumpliría con el condicionante *b*. Las ventajas de la inclusión del proceso de digestión anaerobia, en la estrategia de tratamiento, se sintetizan en la Tabla 3.

Tabla 3. Ventajas del proceso de digestión anaerobia en relación a los factores que se indican

FACTOR	VENTAJAS DE LA DIGESTIÓN ANAEROBIA
<b>Variabilidad en la composición</b>	Homogeneización de la composición, más intensa cuanto mayor es el tiempo de retención.
<b>Malos olores y compuestos orgánicos volátiles</b>	Eliminación de ácidos grasos volátiles (AGV) y otros compuestos fácilmente degradables. La materia orgánica resultante es lentamente o difícilmente degradable; los purines digeridos no presentan olor desagradable y es un producto más estable. En procesos térmicos posteriores se evitan problemas por volatilización de compuestos orgánicos. La reducción o eliminación de AGV disminuye la fitotoxicidad a los cultivos por estos compuestos.
<b>Reducción de materia orgánica y total. Mineralización</b>	Reducción de sólidos totales y volátiles. Reducción de materia orgánica degradable y mantenimiento de las concentraciones de nutrientes. Transformación de nitrógeno orgánico a amoniacal. En caso de separar fase acuosa, el producto resultante presentará menor volumen, manteniendo la misma riqueza fertilizante
<b>Distribución de partículas y de fracción soluble</b>	Homogeneización en la distribución de partículas, lo cual favorece el diseño y aplicación de procesos posteriores de secado. Hidrólisis de partículas de pequeño tamaño y coloidales, y reducción de orgánicos solubles, con lo cual se facilita la separación entre fases solubles y en suspensión.
<b>Consistencia</b>	Consistencia pastosa de la fracción sólida de los purines digeridos, lo cual favorece su manipulación y peletización
<b>Alcalinidad</b>	Disminución muy significativa de la relación de alcalinidad. Aporte de alcalinidad para favorecer un proceso posterior de nitrificación, total o parcial. A su vez, y debido a la reducción de materia orgánica, el consumo energético en este proceso será inferior al de la nitrificación de la fracción líquida de purines frescos.
<b>Balance energético</b>	Balance energético positivo y proceso productor neto de energía renovable. Contribuye a disminuir las necesidades externas de energía para procesos térmicos posteriores. Permite el tratamiento de mezclas con otros residuos para optimizar la producción energética (codigestión), y facilitar la gestión integral de residuos orgánicos en la zona de aplicación del plan (cogestión).
<b>Emisiones de gases de efecto invernadero</b>	El proceso contribuye a la disminución en la generación de gases de efecto invernadero, si el metano producido sustituye una fuente no renovable de energía.

Los beneficios económicos y ambientales de la digestión anaerobia están ampliamente documentados (DEA, 1995), el interés técnico de la codigestión de residuos orgánicos de diferente tipología ha sido profundamente estudiado (Ahring et al., 1992; Bonmatí, 1998; Campos et al., 1999; Flotats et al., 1999), las experiencias prácticas de implantación en España han sido escasas, pero en algunos casos exitosas (Flotats, 1998), y el proceso se configura como uno de los más idóneos para la reducción de emisiones de efecto invernadero, el aprovechamiento energético de los residuos orgánicos, su higienización y el mantenimiento del valor fertilizante de los productos tratados.

En una estrategia de tratamiento dirigida al secado de purines, la digestión anaerobia aporta parte de la energía térmica necesaria para el proceso, posibilitando un margen de maniobra para conseguir costes de producción menos sensibles a la variación de precios del gas natural; contribuye a minimizar los problemas asociados a la volatilización de compuestos orgánicos, que son previamente reducidos a biogas; contribuye a la mineralización y estabilidad del producto final; y, en caso de pretender una gestión integral de residuos en un área geográfica, permite incrementar los beneficios por codigestión.

#### **4.- A MODO DE CONCLUSIÓN**

Con el objetivo de posibilitar el reciclado de nutrientes en los sistemas agrarios, deben favorecerse los sistemas de gestión y tratamiento de los residuos ganaderos, de los purines de cerdo en particular y de los residuos orgánicos en general, cuyo objetivo sea la adecuación de la producción a las necesidades de suelos y cultivos. Debe tenerse en cuenta que el suelo no es un vertedero, que es un valor patrimonial de debe mantenerse o mejorarse, por lo cual no se le deben aplicar residuos sino productos de calidad controlada y contrastada.

Los residuos deben ser objeto de tratamiento para modificar sus características, a fin de obtener productos adecuados a la demanda del sector de los fertilizantes, orgánicos o minerales. La idoneidad de un proceso de tratamiento viene dado por el marco general de situación (plan de gestión de la zona geográfica base de trabajo), por la calidad del producto final obtenido, su mercado y por los costes asociados. Obtener un producto con alto contenido en NPK y poco volumen (producto seco) contribuye a disminuir los costes asociados a la gestión/aplicación y al transporte, posibilitando su entrada en el sector de los fertilizantes minerales. El proceso de digestión anaerobia contribuye a obtener un producto mineralizado y estable; contribuye a la disminución de emisiones gaseosas de efecto invernadero y al ahorro energético.

El proceso de cogeneración, con los beneficios asociados a la coyuntura actual, no es un tratamiento; es un medio para hacer económicamente asequibles aquellos procesos de tratamiento cuyo limitante sea el aporte de energía térmica. Dado que la coyuntura económica es, o puede ser, cambiante, la estrategia prioritaria de tratamiento, que haya puesto de manifiesto el plan de gestión, ha de tener un peso específico elevado en el proceso de toma de decisiones, con vistas a tender a sistemas sostenibles.

## 5.- REFERENCIAS

Ahring, B.K., Angelidaki, I., Johansen, K. (1992). Anaerobic treatment of manure together with industrial waste. *Wat. Sci. Tech.* Vol. 25, No. 7, pp. 311-318.

Bonmatí, A. (1998). Digestió anaeròbia de purins amb altres residus orgànics. Pagès Editors. Pps 158.

Campos, E., Palatsi, J., Flotats, X. (1999). Codigestión of pig slurry and organic wastes from food industry. In Proceeding of the II International symposium on anerobic digestion of solid waste (II ISAD-SW), Barcelona, 15-15 June 1999. Volume II, pp192-195.

Flotats, X., Boixadera, J. , Eds. (1998). 4rt Curs d'Enginyeria Ambiental. Aprovechamiento agronómico de residuos orgánicos. ETSEA-UdL, 26-28 Octubre 1998.

Flotats, X. (1998). Passat, present i futur de la digestió anaeròbia de residus ramaders a Catalunya. En actas de 2s Jornades Tècniques sobre Energia. AEIC, Barcelona, noviembre 1998

Flotats, X., Bonmatí, A., Campos, E., Antúnez, M. (1999). Ensayos en discontinuo de codigestión anaerobia termofílica de purines de cerdo y lodos residuales. Efecto del amonio. *Información Tecnológica*, Vol. 10, N° 1, pp 79-85.

DEA, Denmark Energy Agency (1995). Progress Report on the Economy of Centralized Biogas Plants. February 1995.

Teira, R., Flotats, X., Casañé, A., Magrí, A., Martín, P., Montané, L., Tarradas, J., Campos, E., Bonmatí, A. (1999). A case study on livestock waste management: Juncosa de les Garrigues, Catalonia, Spain. Jornadas Internacionales de Ingeniería Ambiental. Cartagena, 9-10 Septiembre 1999.