



1º Jornada técnica en depuración de aguas residuales: Digestión Anaerobia

Cátedra FACSA de Innovación en el Ciclo Integral del Agua
Jueves 7 y viernes 8 de julio 2016.
Universitat Jaume I. Edifici Consell Social i Postgrau

Implantación de la digestión anaerobia en el sector agropecuario

Xavier Flotats



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Enginyeria Agroalimentària
i Biotecnologia

GIRO

integral management
of organic waste

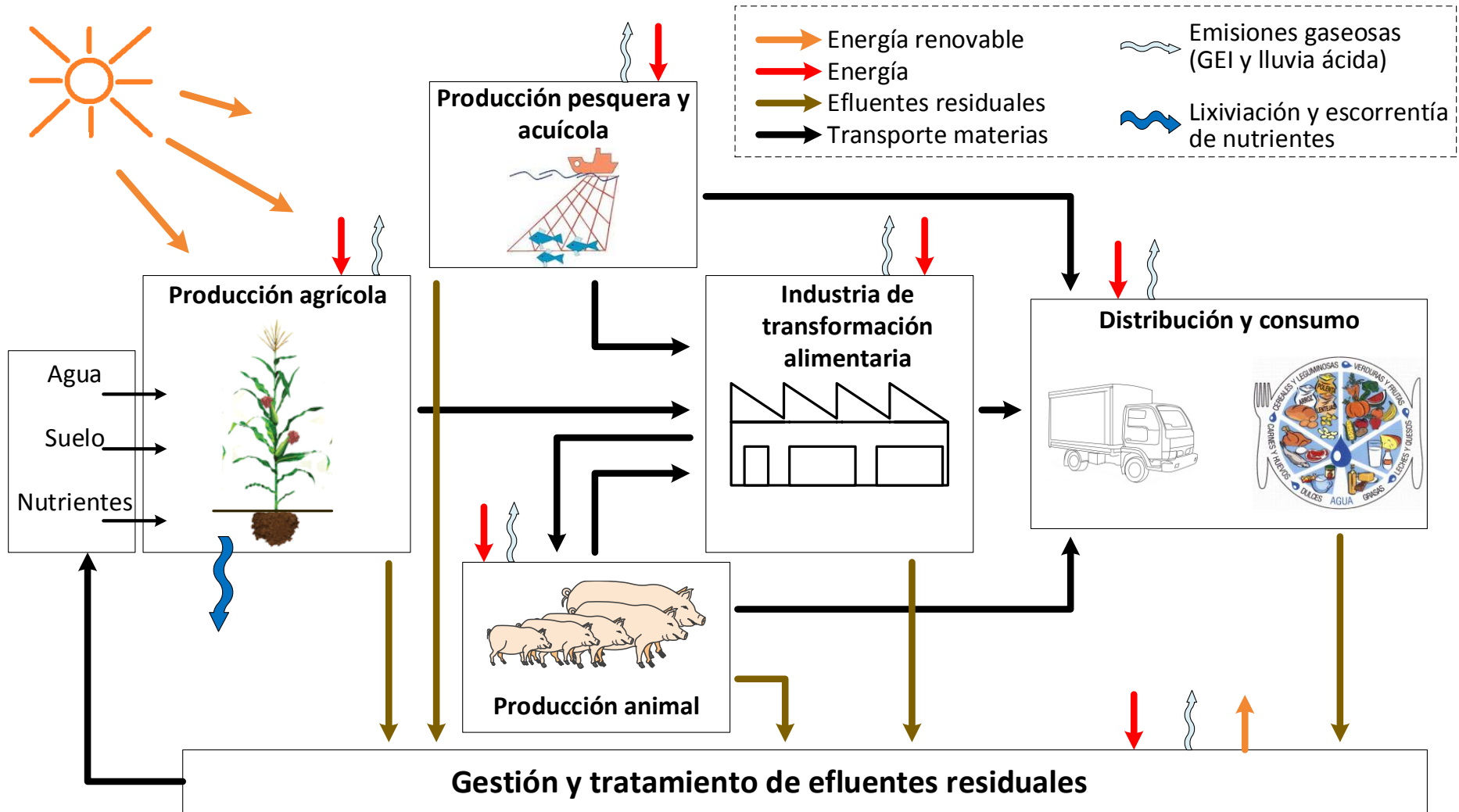


UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

- El complejo agroalimentario
- Vencer percepciones ancestrales
- Conflictos y oportunidades
- ¿Qué nos ofrece la digestión anaerobia?
- Planes de gestión - planificación
- La componente geográfica y el transporte
- Instalaciones individuales vs colectivas
- Estrategias de recuperación de nutrientes



El complejo agroalimentario





El quinto trabajo
de Hércules:
limpiar los
establos del rey
Augías



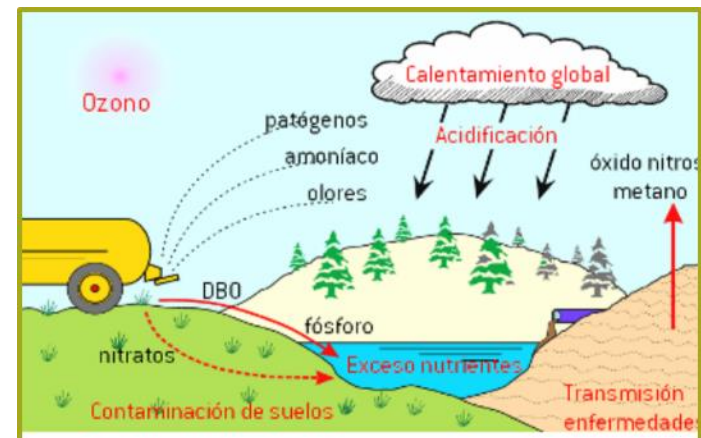
Hércules cambiando los cursos
de los ríos Alfeo y Peneo, para
limpiar los establos. Mosaico
romano, III DC.



- Las deyecciones ganaderas son el subproducto residual orgánico que se produce en mayor cantidad
- Ocasiona multitud de problemas si no se gestiona adecuadamente:
 - Contaminación atmosférica: emisiones de CH₄, N₂O, NH₃, COV,...
 - Contaminación de aguas: nitratos, fosfatos, xenobióticos, ...
 - Contaminación de suelos: xenobióticos, metales, reducción de O₂, efectos de toxicidad a cultivos,...
 - Consumos de energía
 - Aspectos sanitarios
 - Aspectos económicos,
 -

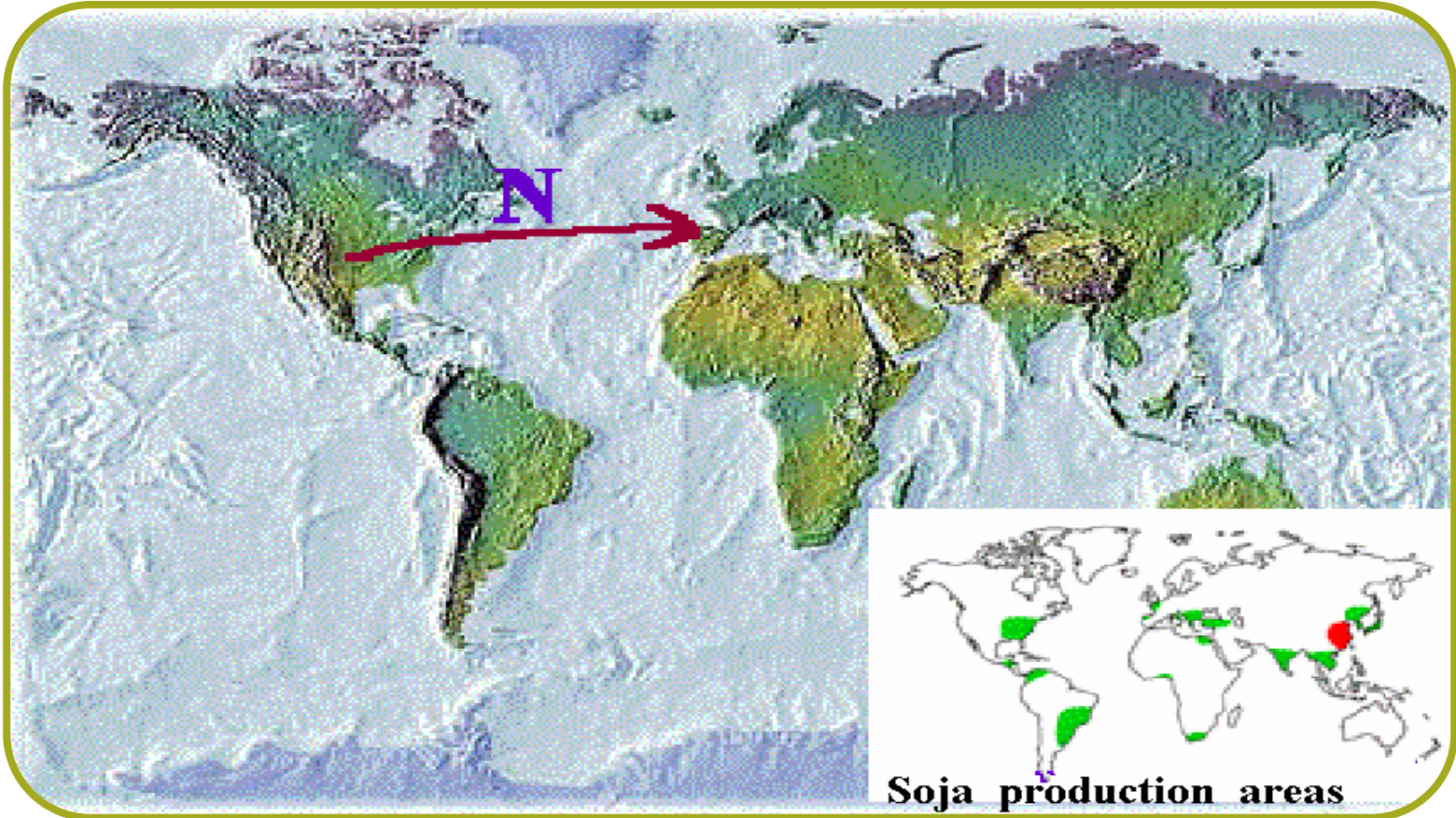
Producción estimada (miles de toneladas) de deyecciones en Europa y en los ocho estados con mayor producción (Foged *et al.*, 2011a)

	Purines cerdo	Purines y estiércol bovino	Gallinaza	TOTAL
France	17.098	229.436	16.732	263.264
Germany	31.039	159.756	11.218	202.013
United Kingdom	5.312	122.190	16.161	143.663
Spain	30.351	74.297	13.120	117.766
Poland	16.485	70.344	11.801	98.630
Italy	10.681	75.578	2.472	88.731
Ireland	1.696	82.885		84.580
Netherlands	13.978	49.315	9.222	72.515
TOTAL UE (2011)	126.640	863.801	80.726	1.381.911



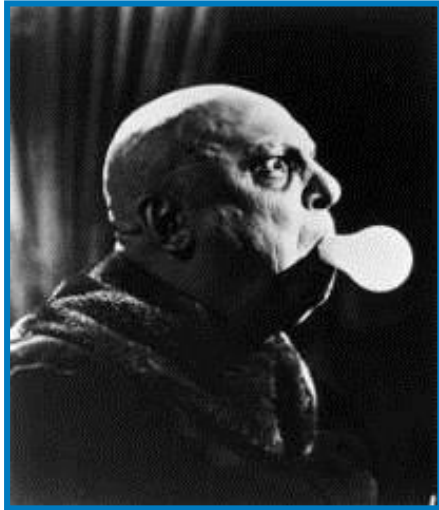


Desequilibrios locales por importación masiva de nutrientes



Preguntas de difícil respuesta:

- **Eliminar/depurar para mantener el flujo?**
- **Reducir/recuperar para substituir importaciones?**



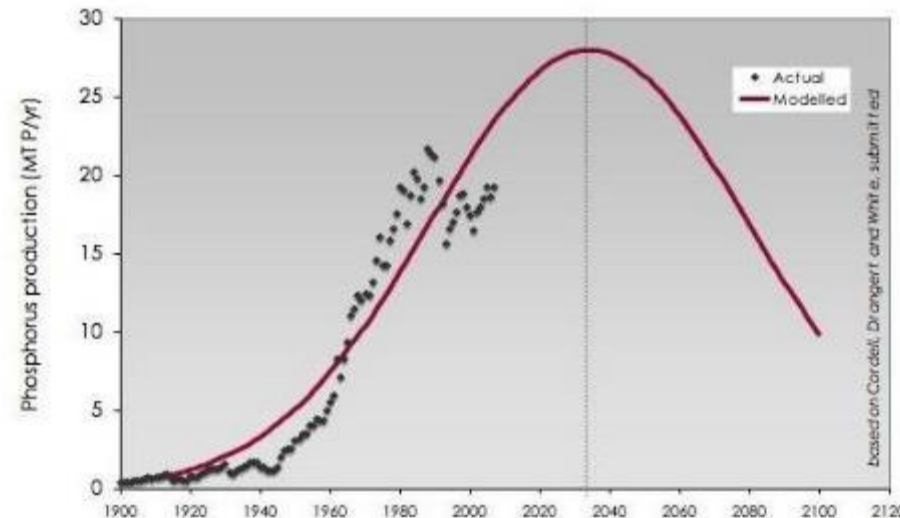
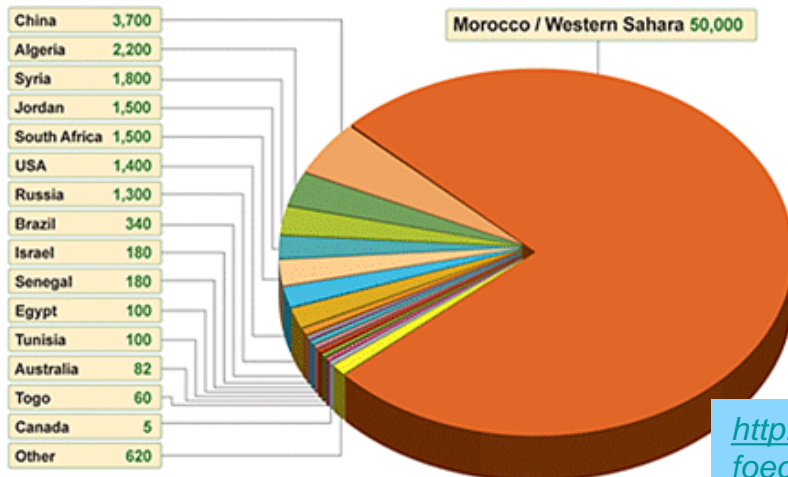
- Fertilizantes nitrogenados. Producción mediante el proceso Haber-Bosch:



40-45 MJ/kg $\text{NH}_3 \rightarrow$ Bombilla de 60W @ 208 h

Coste de los fertilizantes nitrogenados muy ligado al coste de la energía

- Fósforo: Reservas mundiales limitadas, y muy localizadas (¿problema geo-estratégico en un futuro cercano?)





Purines de cerdo, ¿Cómo son ?

- Variabilidad
- Mucha agua
- Poca materia orgánica
- Mat. org. particulada
- *N*, *P* y *K* elevado
- *N* en forma amoniacal
- *Cu* elevado
- Alcalinidad elevada
- Grado de envejecimiento

Parámetro(símbolo)	Unidades	Rango		
		Mínimo	Máximo	Media
Sólidos totales (ST)	g/kg	13,68	169,00	62,16
Sólidos volátiles (SV)	g/kg	6,45	121,34	42,33
Porcentaje SV/ST	%	46	76	65
Sólidos totales suspendidos (STS)	g/kg	3,68	155,23	49,47
Sólidos volátiles suspendidos (SVS)	g/kg	3,14	115,21	38,70
Porcentaje SVS/STS	%	55	97	79
Sólidos totales solubles (STs)	g/kg	0,79	3,28	1,80
Porcentaje STS/ST	%	50	97	75
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	g/kg	8,15	191,23	73,02
Ácidos grasos volátiles (como Acético)	g/kg	0,13	10,84	5,06
Nitrógeno amoniacal (N-NH ₄ ⁺)	g/kg	1,65	7,99	4,54
Nitrógeno total Kjeldhal (NTK)	g/kg	2,03	10,24	5,98
Nitrógeno orgánico (Norg)	g/kg	0,40	3,67	1,54
Porcentaje N-NH ₄ ⁺ /NTK	%	57	93	75
Fósforo (P)	g/kg	0,09	6,57	1,38
Potasio (K)	g/kg	1,61	7,82	4,83
Cobre (Cu)	mg/kg	8,9	191,8	39,7
Zinc (Zn)	mg/kg	7,1	130,8	65,7
pH		6,56	8,70	7,68
Alcalinidad total (como CaCO ₃)	g/kg	5,08	59,25	21,47
Alcalinidad parcial (como CaCO ₃)	g/kg	3,50	30,00	12,20
Relación de alcalinidad		0,17	0,70	0,42

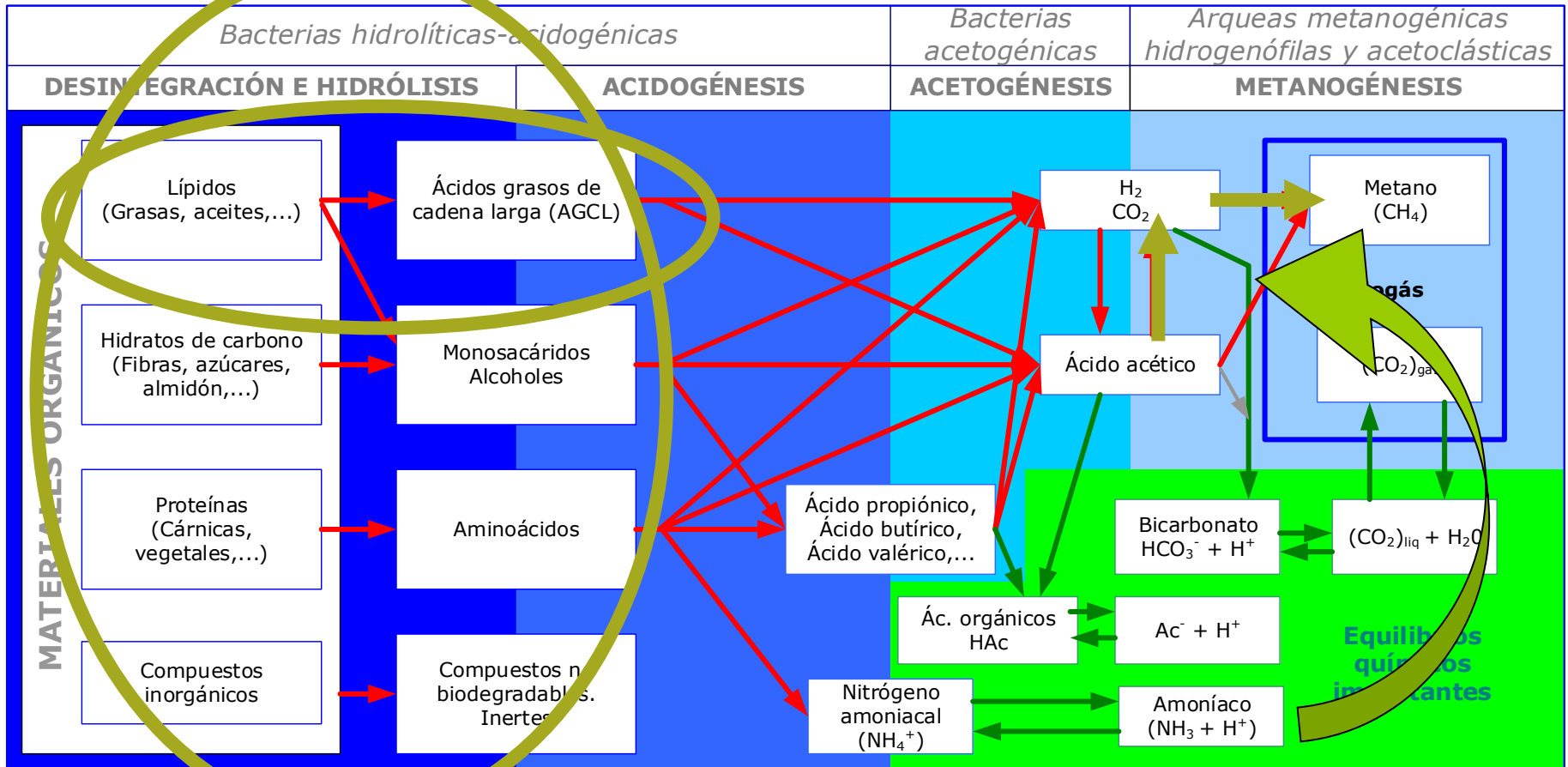
Fuente: Bonmatí, 2001



Aguas residuales de la industria alimentaria

Sector alimentario	Nivel de contaminación (g DBO₅/l)
Conservas vegetales	5-20
Fabricación de levaduras	40-50
Industrias lácteas	2-6
Industrias azucareras	2-4
Mataderos e industrias cárnicas	1-5
Industria cervecera	8-12
Bodegas	10-25
Ind. Extractivas de aceite	50-60
<i>Aguas residuales urbanas</i>	<i>0,1-0,4</i>

¿Qué nos ofrece la digestión anaerobia?

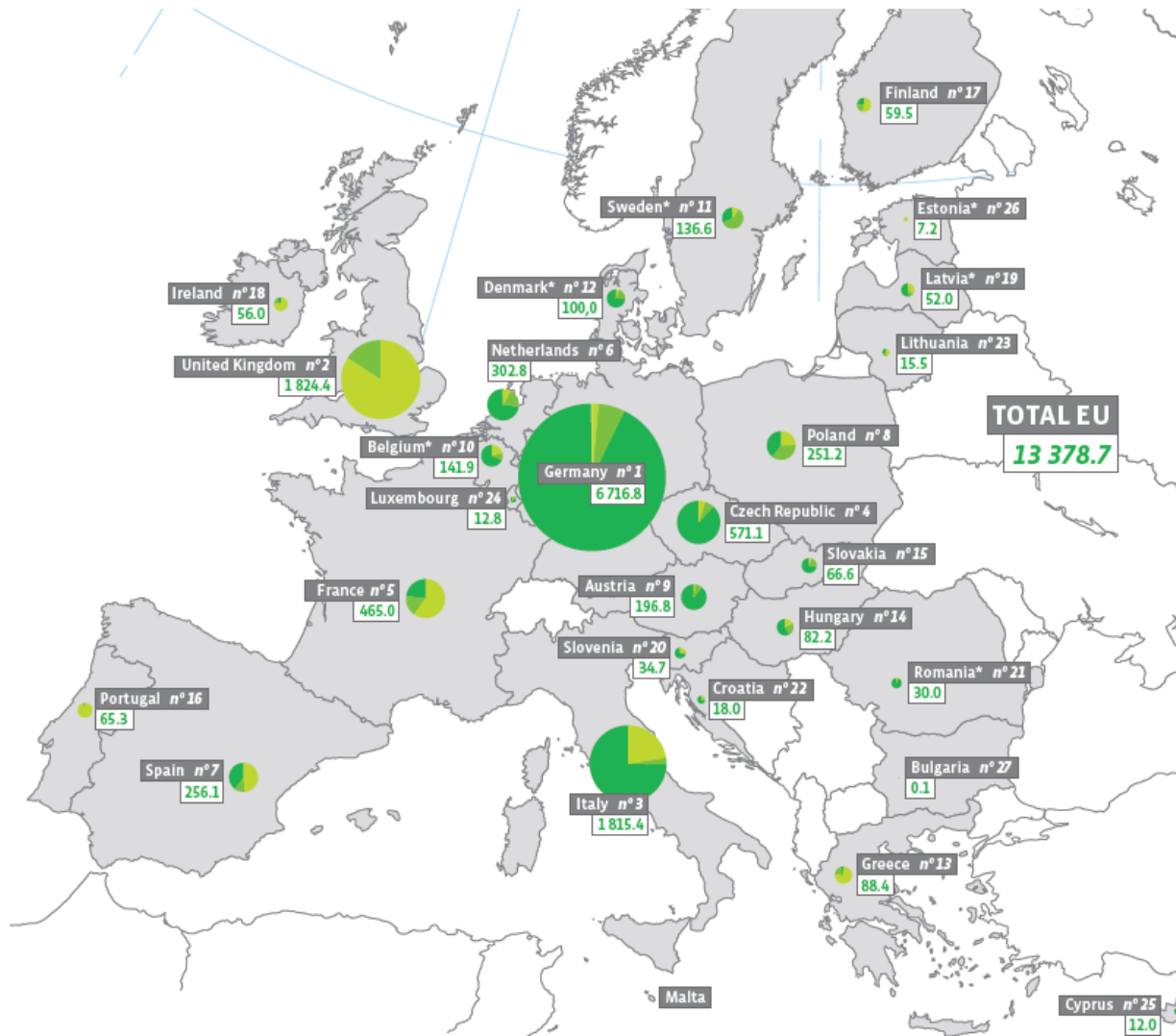


- Limitantes para residuos sólidos:
 - Velocidad de desintegración e hidrólisis
 - Inhibición por ácidos grasos de cadena larga
 - Inhibición por amoníaco



Biogás en Europa (2013).

Unidades: ktep/año



Key

349.6 Green figures show total biogas production in ktoe.

Landfill gas.

Urban sewage and industrial effluent sludge gas.

Other biogas.
Decentralised agricultural plant, municipal waste methanisation plant, centralised co-digestion plant.



Las oportunidades

- El tratamiento de residuos orgánicos: una nueva actividad empresarial de importancia estratégica
- Objetivos:
 - Producir energía
 - Evitar / reducir emisiones de gases de efecto invernadero y lluvia ácida
 - Producir compuestos de valor económico
 - Contribuir a la calidad de los suelos y al reciclaje
- Debe dignificarse este nuevo sector económico
- Deben modificarse la nomenclatura y los indicadores
 - Cambiar “tratar” por “producir”
 - Cambiar toneladas de residuo eliminado por toneladas de productos obtenidos, por toneladas de fertilizantes minerales substituidos, por toneladas de petróleo ahorrado, por emisiones de CO₂ ahorradas, por tonelada de materia orgánica incorporada al suelo,



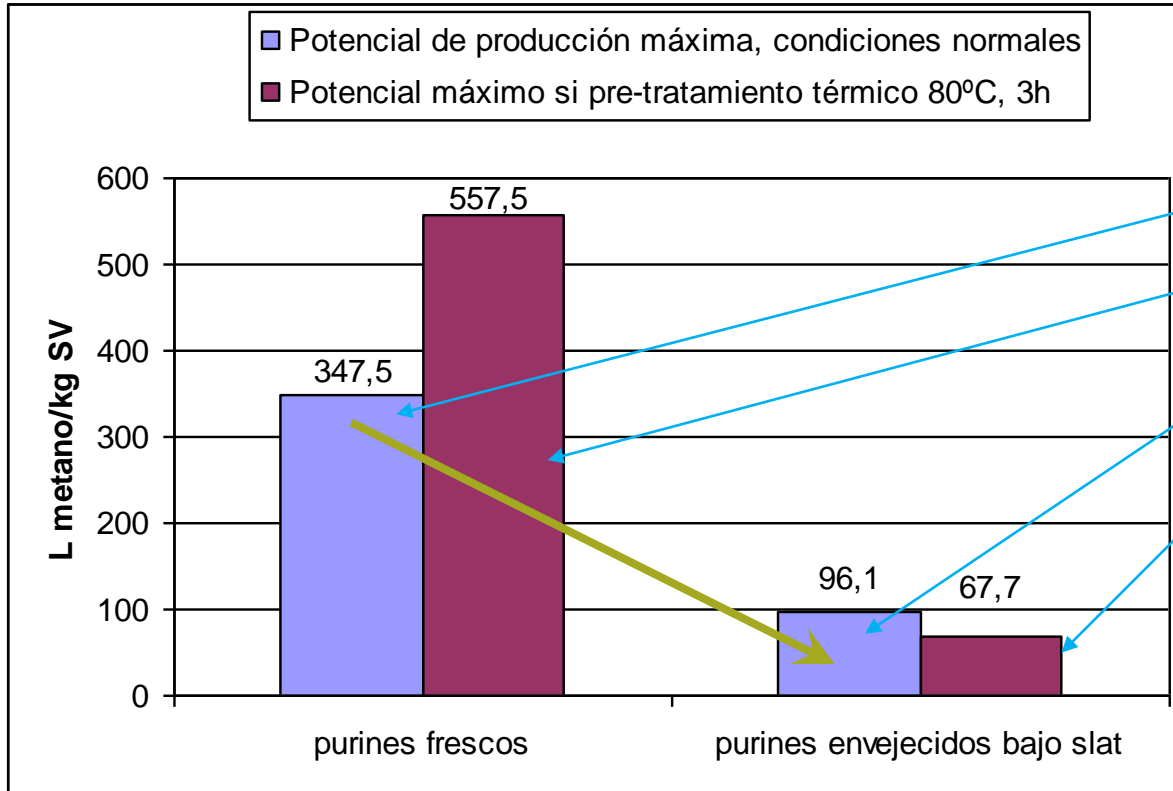
Biodegradabilidad anaerobia de deyecciones ganaderas

Algunos resultados de ensayos de biodegradabilidad realizados en GIRO y LEA-UdL

	Purines cerdo	Gallinaza	Purines bovino	Tierras filtrantes aceites	Residuos de matadero	Lodos de depuradora biológica (con grasa)
SV (g/kg)	33.9	200.8	90.2	323.2	239.2	100.8
DQO (g/kg)	56.2	264.8	80.0	491.6	323.3	167.0
% biodegradabilidad	54.9	59.0	56.7	84.4	68.3	63.9
m³ CH₄/kg SV	0,347	0,272	0,196	0,449	0,319	0,373
m³ biogás/ton (65% CH₄)	18.1	84.1	27.2	223.3	117.6	57.8

Flotats y Sarquella (2008)

La producción de biogás también depende de la “edad” de los purines



Con 3,4% SV:

18,1 m³ biogás/m³

29,1 m³ biogás/m³

5,0 m³ biogás/m³

3,5 m³ biogás/m³

Son potenciales. Su realización depende del tiempo de retención del digestor. Usual realizar 60-75%

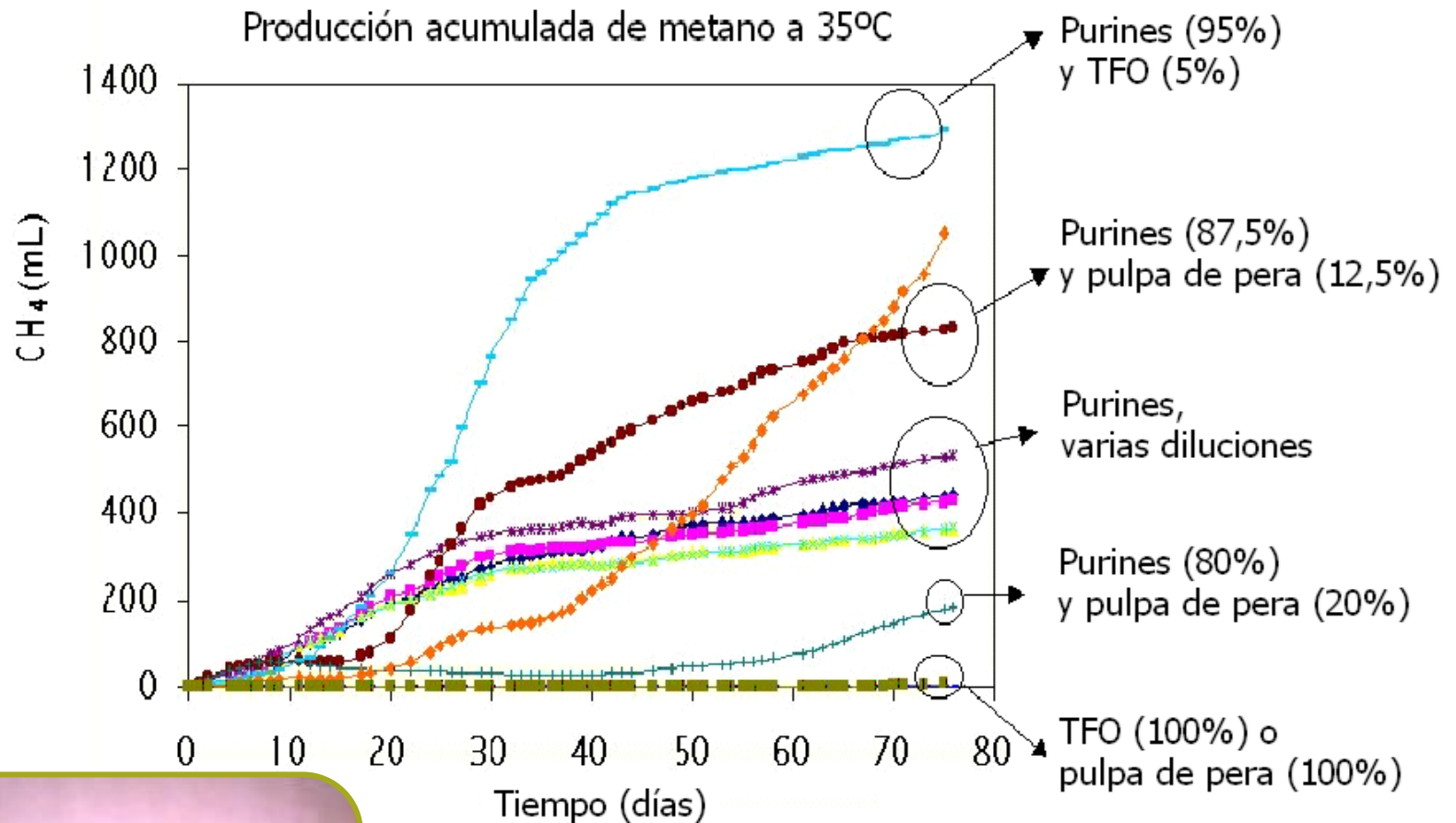
- Los valores bajos de producción explican las bajas producciones de plantas de biogás a principios de los años 80.
- Se han de tratar los purines tan pronto sea posible y evitar la práctica de almacén en la fosa. También para mejorar separación S/L (Kunz *et al.*, 2009)



Potencial de producción de biogás de diferentes residuos de la industria alimentaria

Tipo	Sólidos volátiles (%)	Producción de biogás (m³/tonelada)
Intestinos + contenidos	15-20	50-70
Fangos de flotación	13-18	90-130
BBO (tierras filtrantes de aceites, con bentonita)	40-45	350-450
Aceites de pescado	80-85	350-600
Suero	7-10	40-55
Suero concentrado	18-22	100-130
Hidrolizados de carne y huesos	10-15	70-100
Mermeladas	50	300
Aceite soja/ margarinas	90	800-1000
Bebidas alcohólicas	40	240
Lodos residuales	3-4	17-22
Lodos res. concentrados	15-20	85-110

Co-digestión anaerobia

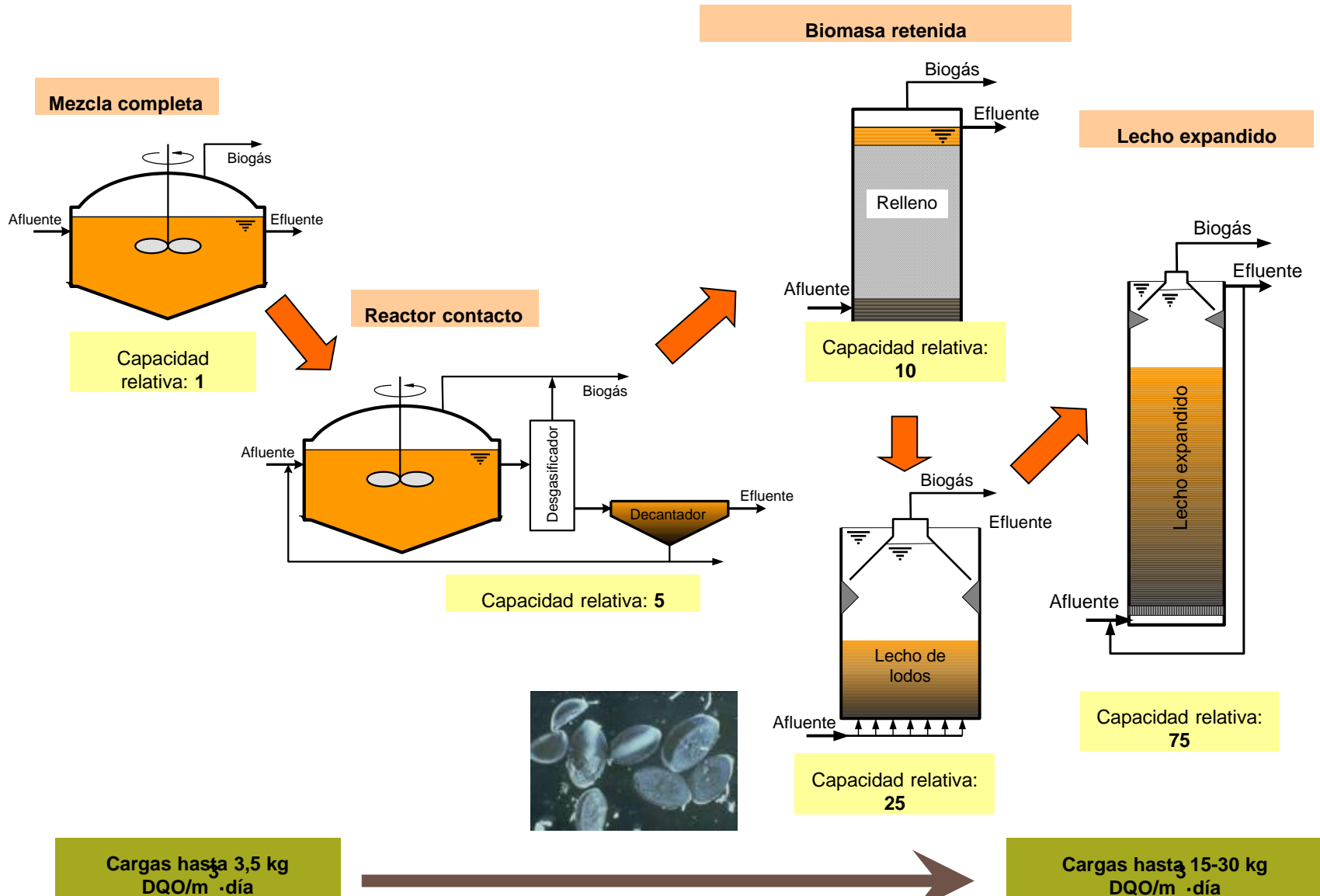


Fuente: E. Campos (2001). Tesis doctoral, Universitat de Lleida

Planta centralizada de Sinding (Dinamarca)

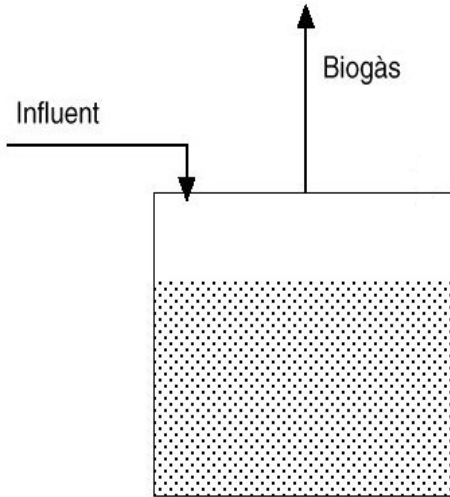


Desarrollo de sistemas anaerobios de tratamiento



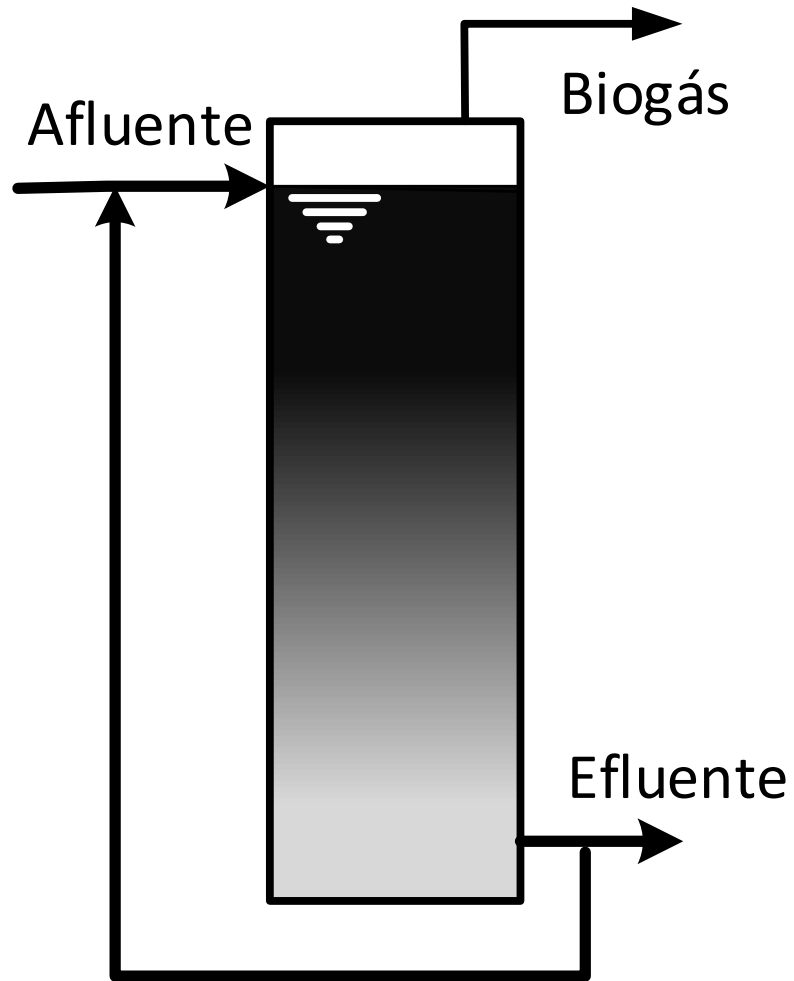
[Van Lier, 2008]

Tecnologías de digestión anaerobia. Sólidos: Sistemas discontinuos

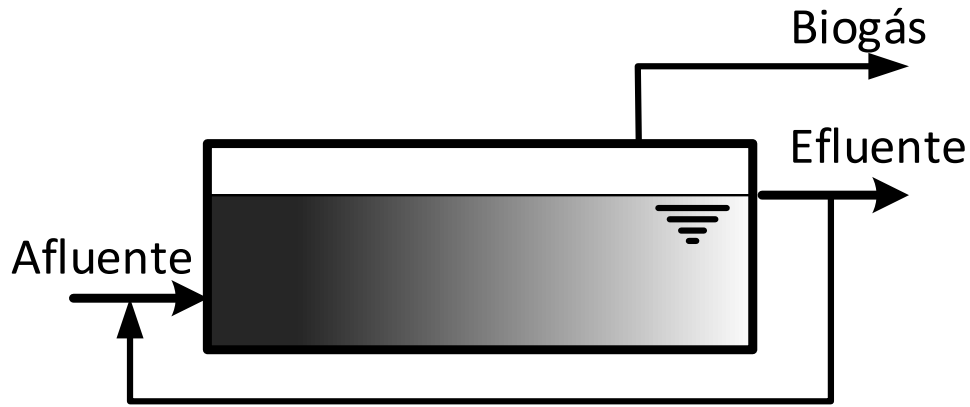


Tecnologías de digestión anaerobia.

Sólidos: Flujo pistón vertical



Tecnologías de digestión anaerobia. Sólidos: Flujo pistón horizontal



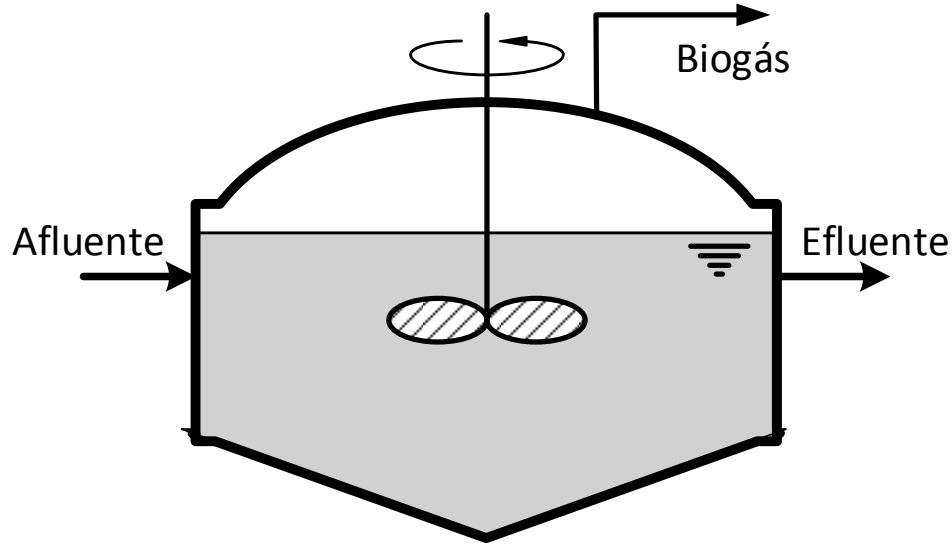
Planta de biogás de Mas El Cros, Girona (1983-2003)

Factores que explican 20 años de funcionamiento:

- Construcción en paralelo a la granja
- Simplicidad conceptual del diseño
- Integración formal y estética en la granja
- Mantenimiento a cargo de técnicos locales, los mismos de la granja
- Visión integral de los purines como fuente de energía y nutrientes, por parte de la propiedad



Tecnologías de digestión anaerobia. 2-15% Sólidos: Mezcla completa





Tecnologías de digestión anaerobia. 2-15% Sólidos: Mezcla completa





Tecnologías de digestión anaerobia. <2% Sólidos/aguas: Lagunas cubiertas

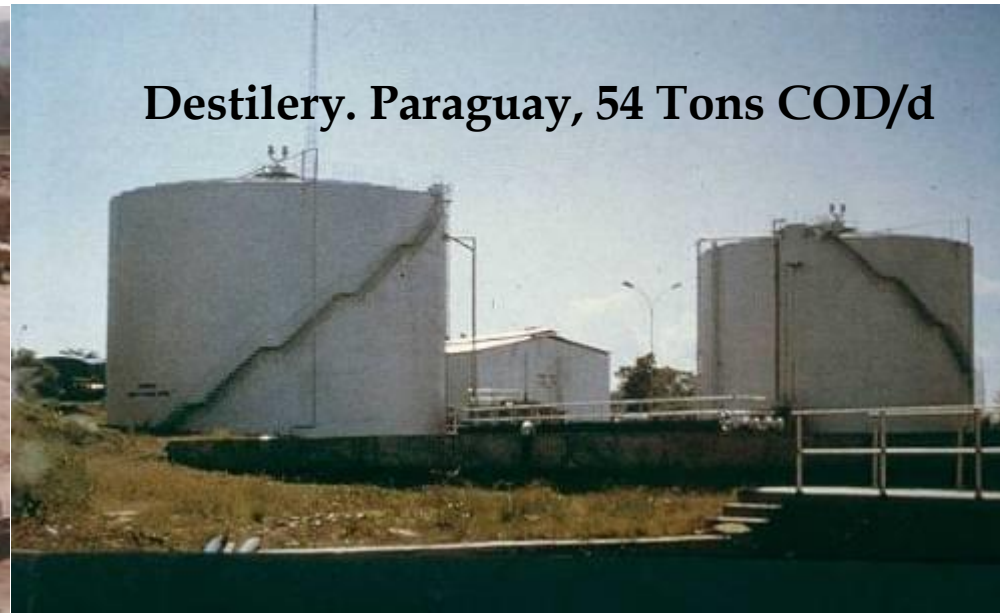
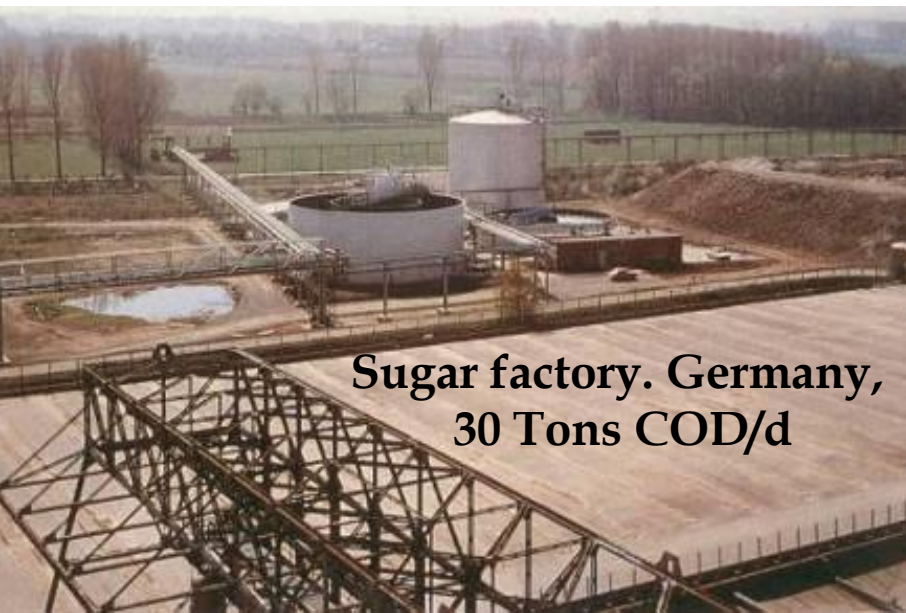
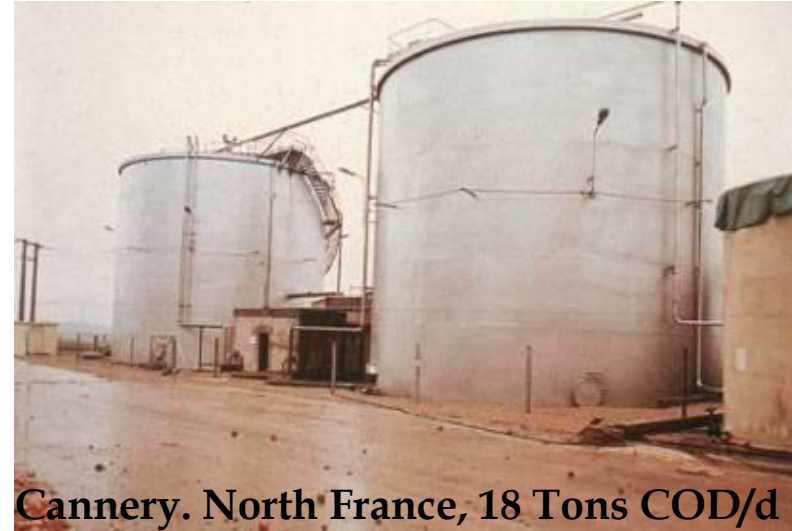
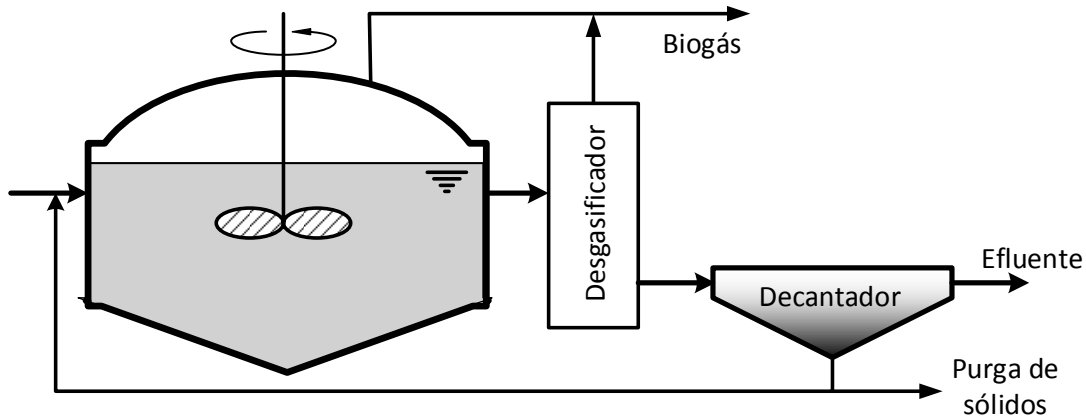


Agrícola AASA (Chile)



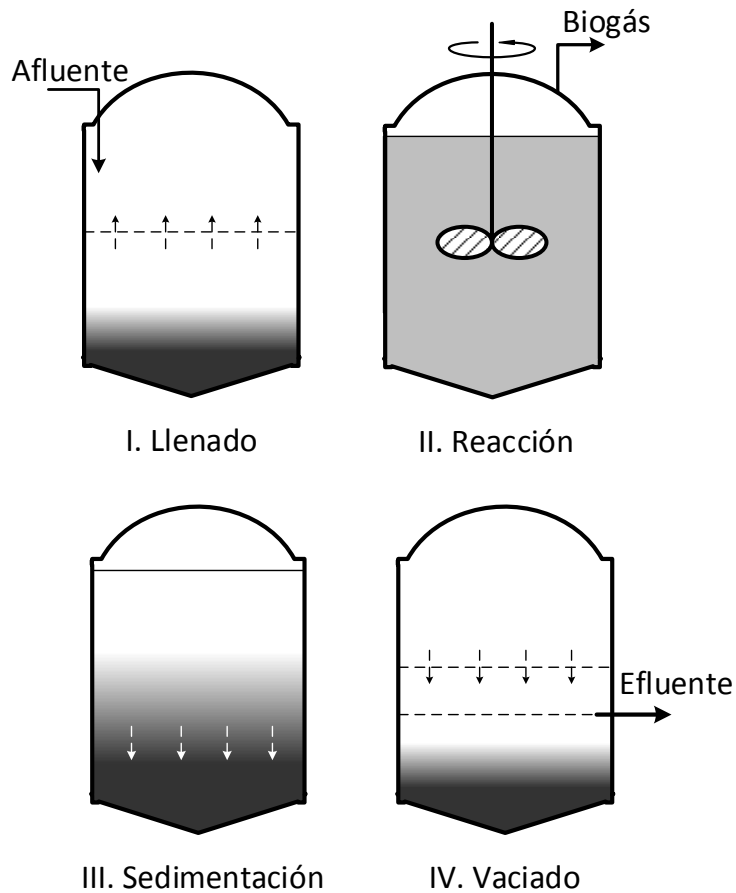
Tecnologías de digestión anaerobia.

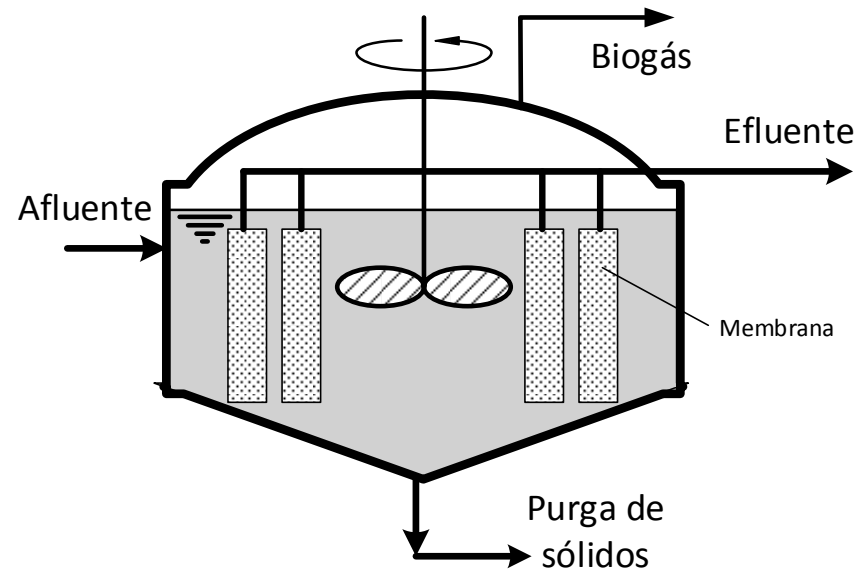
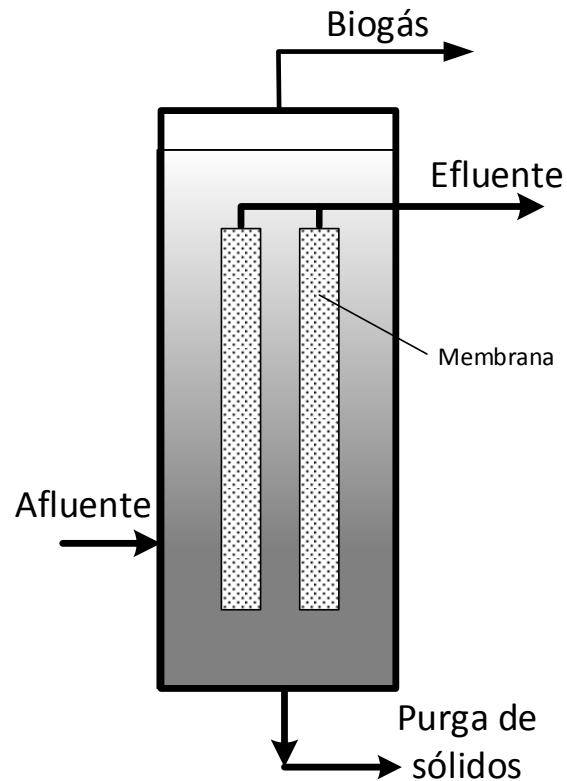
<2% Sólidos/aguas: Contacto anaerobio



Tecnologías de digestión anaerobia.

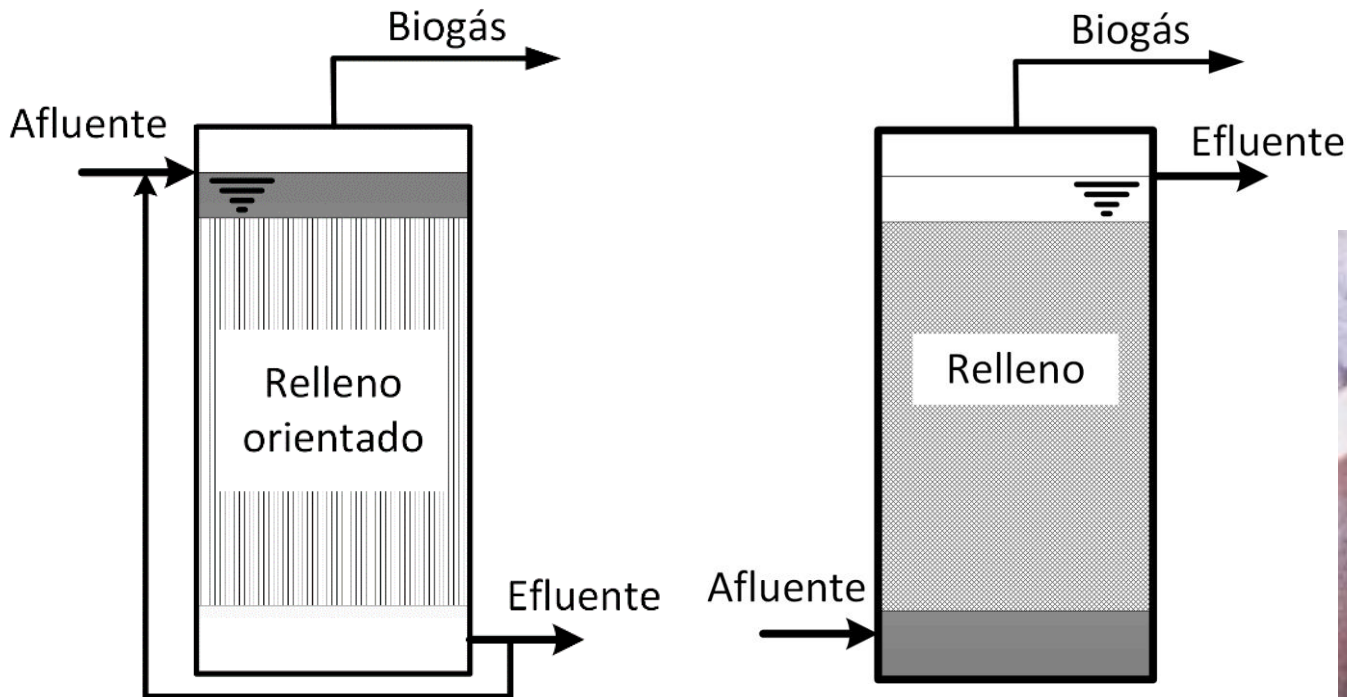
~ <2% Sólidos/aguas: AnSBR



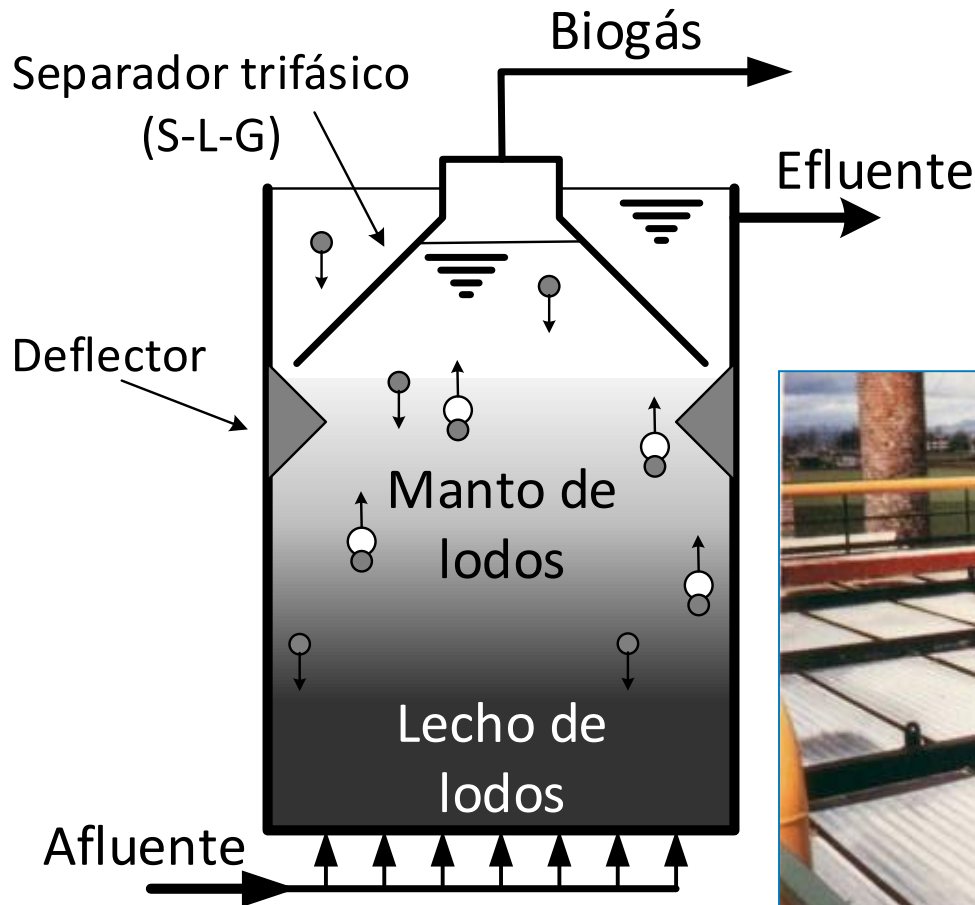


Tecnologías de digestión anaerobia.

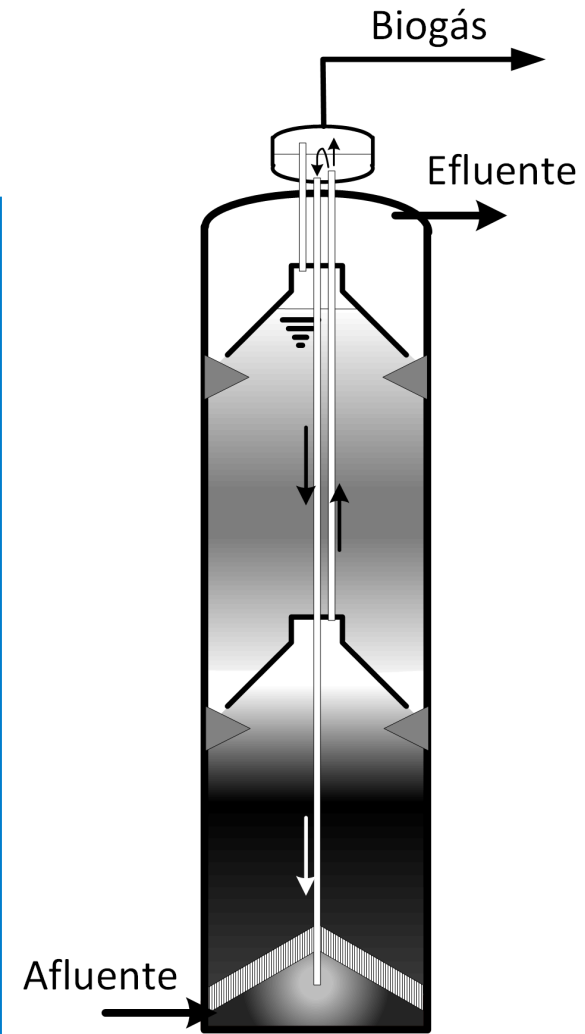
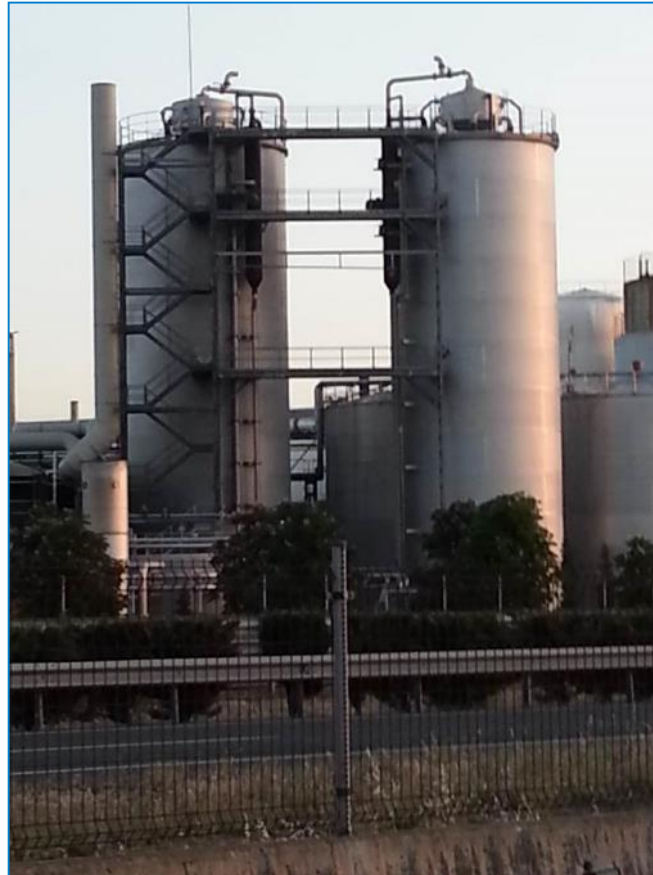
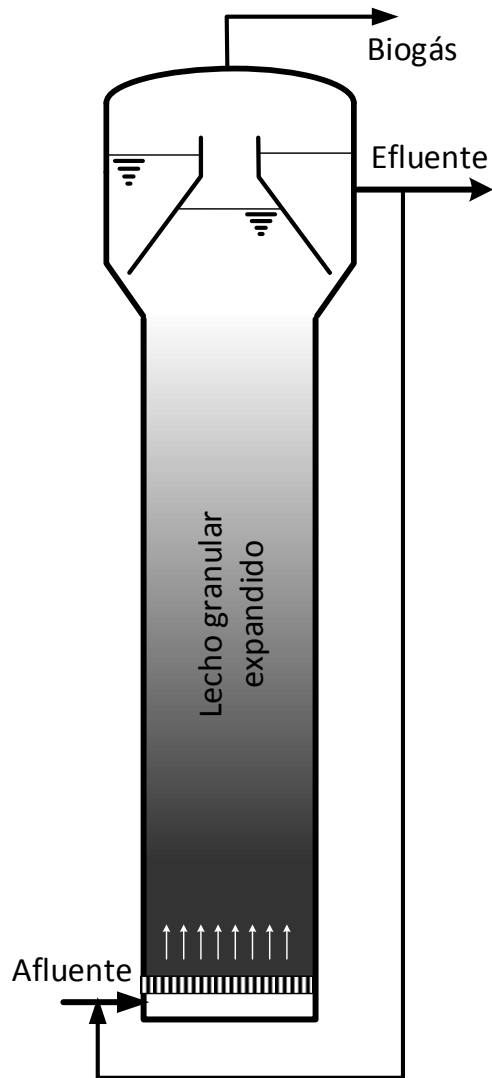
Aguas: biomasa fijada/filtro anaerobio



Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)



EGSB (expanded granular sludge bed)



IC (internal recirculation)



Plan de gestión

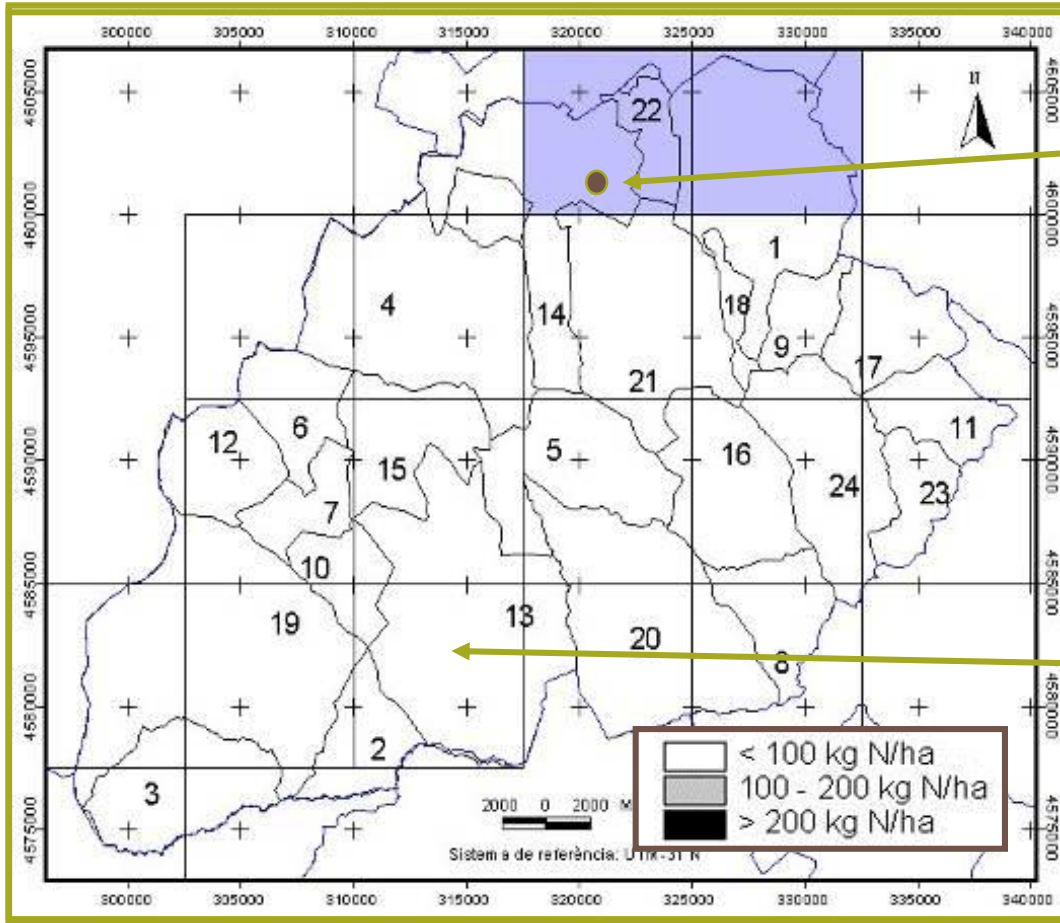
(herramienta básica de planificación)

Programa de actuaciones, individual o colectivo, conducentes a adecuar la producción de residuos a las necesidades de los cultivos, u otras, en el espacio y en el tiempo

Ha de contemplar:

- Medidas de reducción en origen
 - De caudales y de componentes limitantes (*Cu*, *Zn*, *N*, *P*,...agua)
- Análisis de requerimientos. Balance de nutrientes
- Plan de fertilización, adaptado a cada cultivo
- Análisis territorial. Transporte y distancias
- Tratamientos

Componente geográfica. El transporte como factor limitante



N de origen ganadero producido en la comarca de Les Garrigues (kg N/ha-year), en cuadrículas de tamaño creciente



[Teira-Esmatges y Flotats (2003), Flotats et al. (2009)]

Alta densidad e intensidad de granjas en un zona con exceso de nutrientes sugiere la necesidad de plan de gestión colectivo. Una planta centralizada es una herramienta para esta gestión.



Plantas centralizadas vs en granja.

Factores que influyen en la decisión

Gestión y tratamiento colectivo/centralizado

- Perfil económico de la zona: **industrial**, **ganadero**, turístico, servicios, residencial,...
- Densidad e intensidad geográfica de granjas
- Impacto general del transporte de deyecciones: bajo
- Existencia de fuerte liderazgo de algunos ganaderos o empresa cualificada
- Existencia de otros residuos orgánicos (biogás) para ayudar económicamente
- Usos potenciales de calor residual (*district heating*, usos en planta,...
- Existencia de tecnólogos y consultores profesionales
- Tratamiento centralizado como servicio a la gestión colectiva de la zona
- Variables sociales: ¿es fácil unir a los ganaderos en un proyecto común?

[Flotats et al. (2009)]

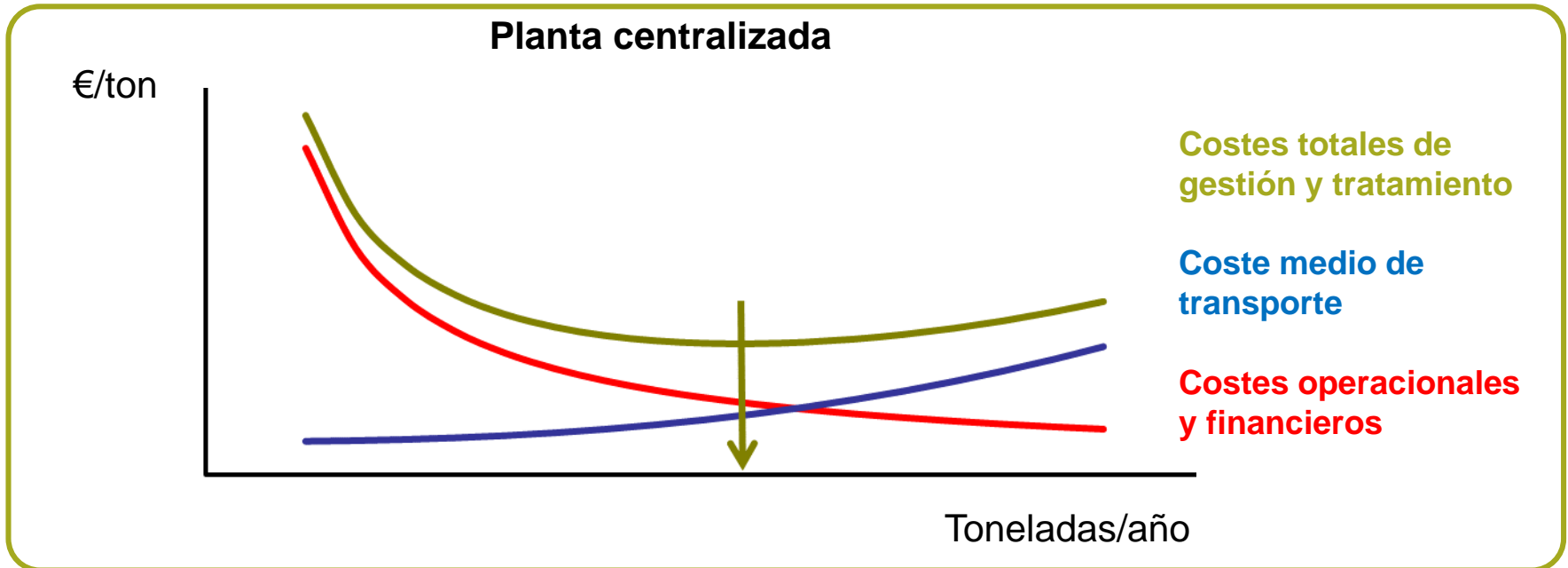
Gestión y tratamiento individual en granja

- Perfil económico de la zona: industrial, ganadero, **turístico**, **servicios**, **residencial**,...
- Impacto general del transporte de deyecciones: alto
- Grado de involucración del ganadero
- Usos de la energía térmica en la granja (si planta de biogás)
- Existencia de tecnólogos y consultores profesionales
- Instalaciones de tratamiento completamente integradas en la granja
- Simplicidad en el diseño y en la operación de las instalaciones de tratamiento

Instalaciones de tratamiento de deyecciones ganaderas en Europa (Foged et al., 2011a)

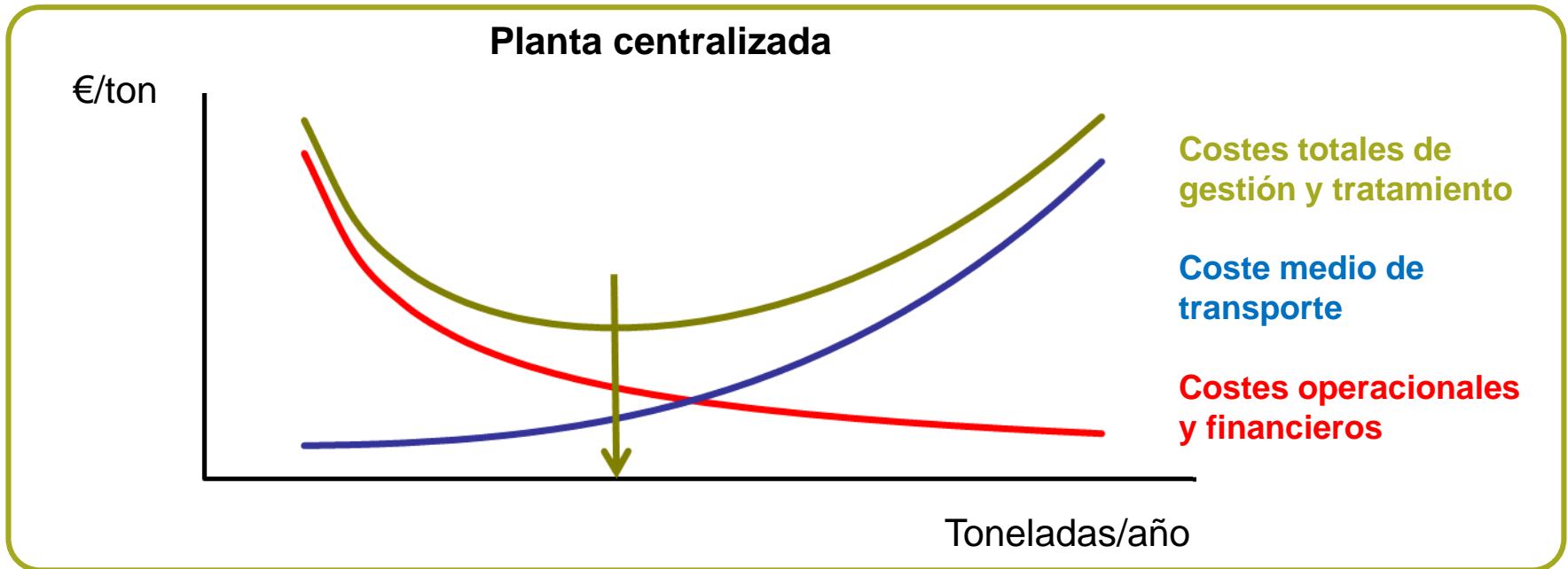
	En granja	<50.000 T/año	>50.000 T/año	Total
Total instalaciones	17.894	943	359	19.196
MTm/año	75,04	13,74	19,21	107,99
Total tratado (%)	69,5	12,7	17,8	100,0

La economía depende de factores locales

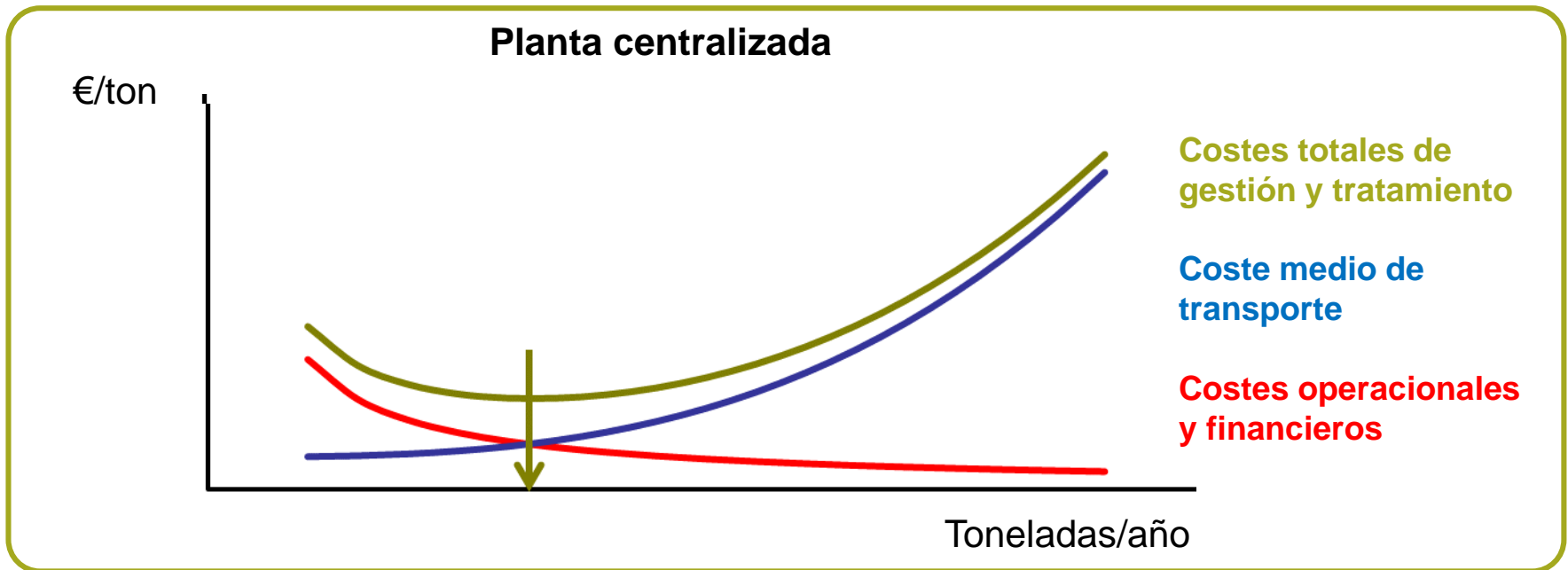


- Alta densidad e intensidad de granjas
 - Coste de transporte baja → tamaño óptimo elevado
- Baja densidad e intensidad de granjas (largas distancias para recoger y gestionar una cantidad dada de deyecciones)
 - Coste de transporte sube → tamaño óptimo baja
- Subsidios para tratamiento o producción de biogás → costes netos de operación bajan → tamaño óptimo baja

La economía depende de factores locales



- Alta densidad e intensidad de granjas
 - Coste de transporte baja → tamaño óptimo elevado
- Baja densidad e intensidad de granjas (largas distancias para recoger y gestionar una cantidad dada de deyecciones)
 - Coste de transporte sube → tamaño óptimo baja
- Subsidios para tratamiento o producción de biogás → costes netos de operación bajan → tamaño óptimo baja



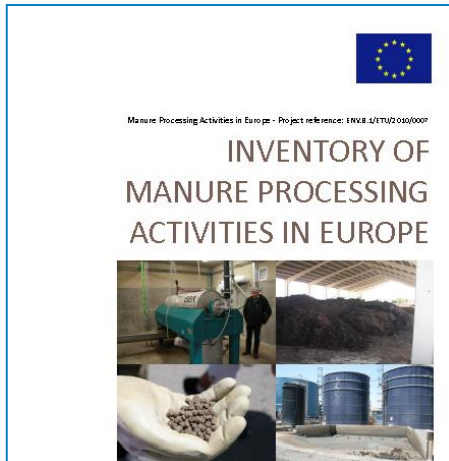
- Alta densidad e intensidad de granjas
 - Coste de transporte baja → tamaño óptimo elevado
- Baja densidad e intensidad de granjas (largas distancias para recoger y gestionar una cantidad dada de deyecciones)
 - Coste de transporte sube → tamaño óptimo baja
- Subsidios para tratamiento o producción de biogás → costes netos de operación bajan → tamaño óptimo baja



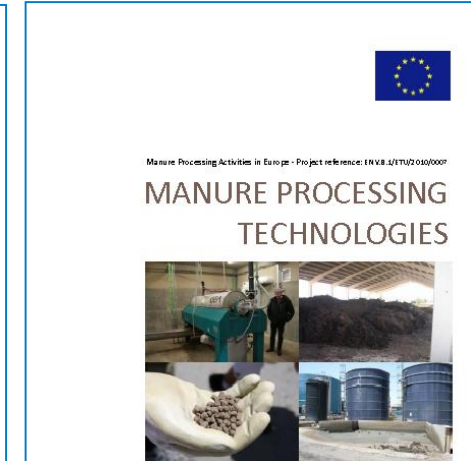
Estrategias de tratamiento

- Combinación de procesos unitarios con el objetivo de modificar las características de las deyecciones para adecuarlas a la demanda como productos de calidad
- Posibles objetivos de las estrategias de tratamiento:
 - *Adecuar la producción a las necesidades estacionales de los cultivos*
 - *Adecuar la composición a la demanda agrícola*
 - *Recuperar nutrientes*
 - *Eliminar nitrógeno*
 - *Estabilizar, eliminando materia orgánica fácilmente biodegradable*
 - *Higienizar*
 - *Eliminar xenobióticos u otros contaminantes orgánicos*
 - *Producir energía renovable*
 - *Reducir emisiones de gases de efecto invernadero*
 - *Reducir emisiones de amoníaco*
 - *Exportar; transportar fuera de la zona de producción (reducir volumen)*
 - *Transformar las deyecciones en productos con valor añadido*

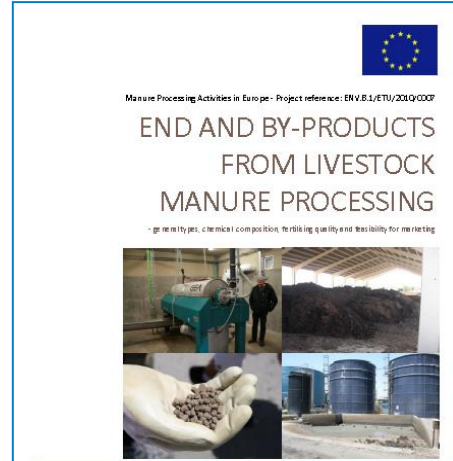
Inventario de las actividades de procesado de deyecciones en Europa (2011)



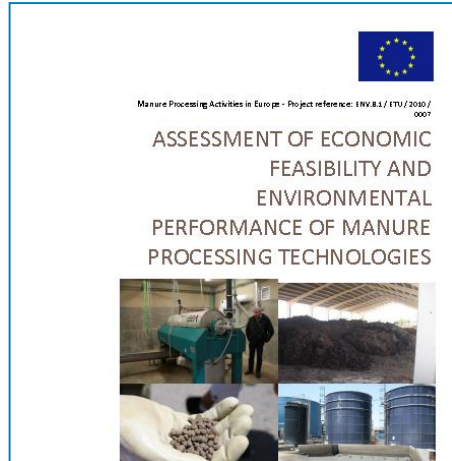
28-10-2011



Technical Report No. II to the European Commission, Directorate-General Environment



Technical Report No. III to the European Commission, Directorate-General Environment



Technical Report No. IV to the European Commission, Directorate-General Environment



Technical Report No. V to the European Commission, Directorate-General Environment



<http://ec.europa.eu/environment/water/water-nitrates/studies.html>

Autores:

- Henning L. Foged (Agropark, DK)*
- Xavier Flotats (GIRO & UPC, ES)*
- August Bonmatí (GIRO, ES)*
- Karl M. Schelde (Agropark, DK)*
- Jordi Palatsi (GIRO, ES)*
- Albert Magrí (GIRO, ES)*
- Zivko Juznic Zonta (GIRO, SLO)*



Procesos unitarios considerados

10: Separation
10A Coagulation-Flocculation
10B Electro coagulation
11 Separation by grate
12 Separation by screw pressing
13 Separation by sieves
14 Separation by filter pressing
15 Separation by centrifuge
16 Air Flotation
17 Separation by drum filters
18 Natural settling separation
20: Additives and other pre/1st treatments
21 Acidification of liquid livestock manures
22 pH increasing (liming)
23 Temperature and pressure treatment
24 Applying other additives to manure
30: Anaerobic treatment
31A Mesophilic anaerobic digestion
31B Thermophilic anaerobic digestion
40: Treatment of the fibre/solid fraction
41 Composting of solid livestock manure or fibre fractions of liquid livestock manure
41A Vermicomposting
42 Bio drying
43 Thermal drying
44 Pelletizing
45 Combustion

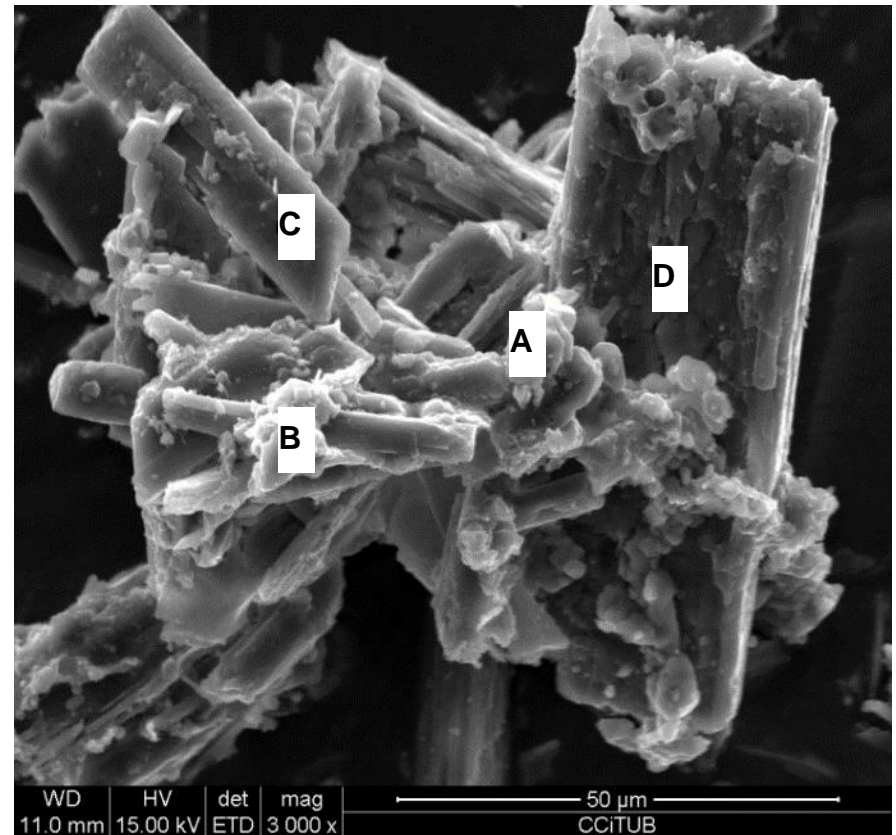
46 Thermal gasification
47 Pyrolysis
48 Wet oxidation
50: Treatment of the liquid fraction
51 Microfiltration
52 Ultra filtration
53 Reverse osmosis
54A Concentration by vacuum evaporation
54B Concentration by atmospheric evaporation
55 Ammonia stripping and absorption
56 Carbon dioxide stripping
57 Electro-oxidation
58 Ozonizing
59A Aerobic digestion (aeration)
59B Auto thermal aerobic digestion (ATAD)
60 Nitrification-denitrification (conventional)
61 Partial nitrification - autotrophic anammox denitrification
62A Struvite (magnesium ammonium phosphate) precipitation
62B Calcium phosphate precipitation
63 Algae production on liquid manure substrates
64 Constructed wetlands
100: Air cleaning (as part of manure processing plant)
101 Air scrubbing
102 Air bio filtration
103 Bioscrubbing (Aerobic biofilter)

- **Recuperación de nutrientes sin digestión anaerobia:**
 - Separación sólido/líquido para **exportar** la fracción sólida
 - Compostaje de deyecciones sólidas o fracción sólida, para reducir volumen, producir compost y **exportarlo**
 - Separación por membranas para concentrar nutrientes y **exportarlos**
 - Evaporación/secado/peletización para **exportar** pelets o el concentrado
- **Recuperación de nutrientes con digestión anaerobia:**
 - Digestión anaerobia (DA) para producir energía
 - DA combinada con compostaje de fracción sólida para **exportar** el compost
 - DA combinada con stripping y absorción de amonio de la fracción líquida para **exportar** el amonio (agua amoniacal o sales de amonio)
 - DA combinada con separación por membrana de la fracción líquida, compostaje de fracción sólida para **exportar** concentrados y compost
 - DA combinada con evaporación, modificación de pH, evaporación y secado, para **exportar** el producto seco
- **Eliminación de nitrógeno:**
 - Nitrificación-denitrificación (NDN)
 - Separación sólido/líquido con NDN de la fracción líquida, con o sin compostaje y **exportación** de fracción sólida o combustión de fracción sólida
 - Combinaciones anteriores con separación por membranas, o evaporación de agua, secado y **exportación** de concentrado o producto seco

- **Precipitación de estruvita:**
Obtención de sales de amonio, fósforo y magnesio (Cerrillo *et al.*, 2015)
- **Stripping y absorción:**
Obtención de aguas amoniacales y/o sales de amonio (Bonmatí y Flotats, 2003a)
- **Concentración térmica:**
Obtención de lodos ricos en sales de amonio y fósforo (Bonmatí y Flotats, 2003b; Bonmatí *et al.*, 2003)

La digestión anaerobia previa favorece estos procesos

Obtención de cristales de estruvita a partir de purines de cerdo digeridos (Cerrillo *et al.*, 2015) :



- **Precipitación de estruvita:**

Obtención de sales de amonio, fósforo y magnesio (Cerrillo *et al.*, 2015)

- **Stripping y absorción:**

Obtención de aguas amoniacales y/o sales de amonio (Bonmatí y Flotats, 2003a)

- **Concentración térmica:**

Obtención de lodos ricos en sales de amonio y fósforo (Bonmatí y Flotats, 2003b; Bonmatí *et al.*, 2003)

La digestión anaerobia previa favorece estos procesos

Obtención de sulfato amónico por stripping/absorción (Bonmatí y Flotats, 2003a):



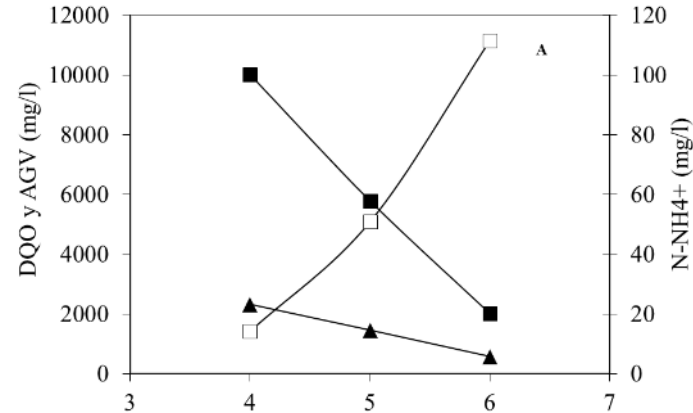
De purines frescos. Fuerte contaminación por materia orgánica. No cristaliza



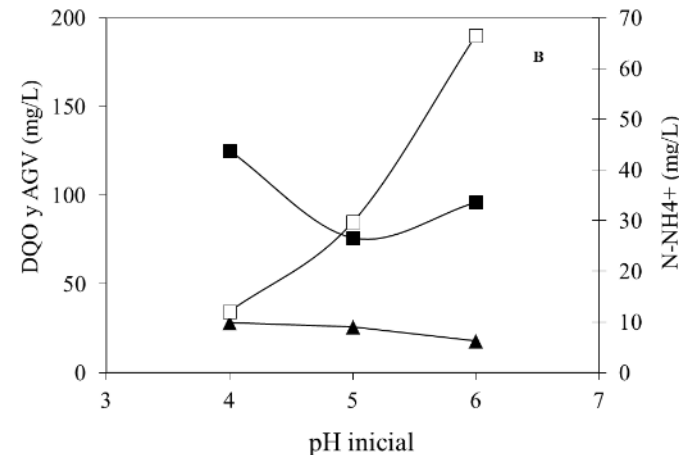
De purines digeridos. Baja contaminación por materia orgánica y sin olor que recuerde el origen

Caracterización de condensados de la concentración por evaporación al vacío (Bonmatí y Flotats, 2003b):

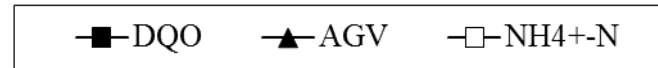
- **Precipitación de estruvita:**
Obtención de sales de amonio, fósforo y magnesio (Cerrillo *et al.*, 2015)
- **Stripping y absorción:**
Obtención de aguas amoniacales y/o sales de amonio (Bonmatí y Flotats, 2003a)
- **Concentración térmica:**
Obtención de lodos ricos en sales de amonio y fósforo (Bonmatí y Flotats, 2003b; Bonmatí *et al.*, 2003)



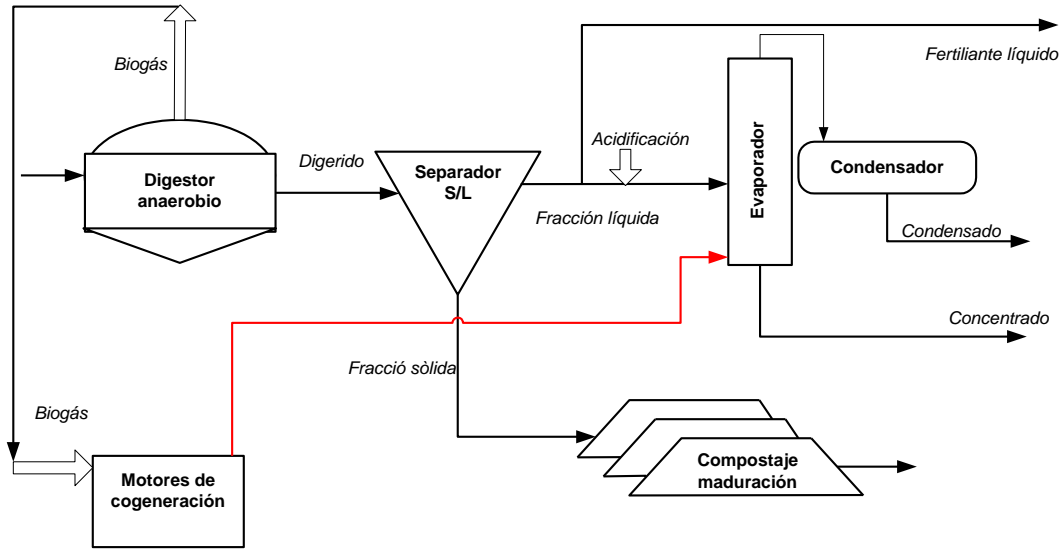
De purines frescos. Fuerte contaminación por materia orgánica.



De purines digeridos. Baja contaminación por materia orgánica y posibilidad de reutilizar el agua



La digestión anaerobia previa favorece estos procesos



(Granja Skaaning, Dinamarca)



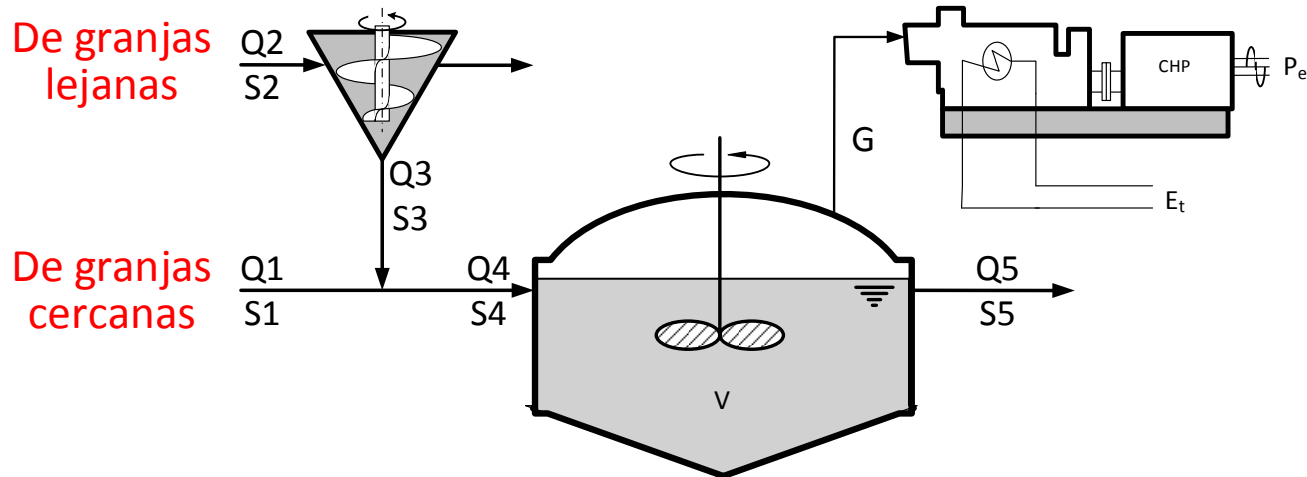
Inventario de instalaciones en Europa



	Instalaciones			Tratamiento (Tm/año)			% deyecciones	Total deyecciones (Tm/año)
	En granja	<50.000 T/año	>50.000 T/año	En granja	<50.000 T/año	>50.000 T/año		
Separación S/L	10.935	120	75	38.935.819	1.616.190	7.993.954	89,6	43.503.000
Aditivos y pre.	606	44	18	4.356.175	1.668.402	1.448.528	78,6	5.877.000
Digestión anaerobia	4.692	459	105	66.901.242	13.364.024	7.773.914	55,7	49.034.000
Trat. Frac. Sólida	1.254	169	63	3.652.172	2.314.110	4.468.104	71,1	7.422.000
Trat. Frac. Líquida	407	121	59	2.841.538	1.903.346	4.656.888	22,9	2.149.000
Trat. Emi. Gaseosas	0	30	39	0	497.657	3.525.287	0,0	0
TOTAL	17.894	943	359	116.686.946	21.363.729	29.866.675		107.985.000

- Las mayores cantidades de deyecciones ganaderas se procesan en Italia (36,8%), Grecia (34,6%) y Alemania (14,8%)
- Como media, en Europa se trata el 7,8% de las deyecciones
- Por orden decreciente, los procesos más utilizados son:
 - Separación sólido/líquido
 - Digestión anaerobia / biogás
 - Compostaje de deyecciones sólidas o fracciones sólidas

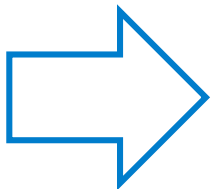
Interés en separación S/L y transportar el sólido a plantas centralizadas



- Baja biodegradabilidad de la fracción sólida de purines de cerdo y de bovino. Aumento de la producción de CH_4 hasta del 200% mediante ataque con amoníaco a $22^\circ C$ durante 3 días (Jurado *et al.*, 2013)



- Políticas gubernamentales con capacidad para promover la digestión anaerobia (Edwards *et al.*, 2015): las relativas a
 - la mitigación del cambio climático,
 - la seguridad en el aprovisionamiento de la energía,
 - la gestión de residuos y
 - el desarrollo regional.



Necesidad de visión de futuro y planificación a largo plazo

- La digestión anaerobia es un proceso clave en cualquier estrategia de tratamiento/procesado sostenible
- Palabras clave:
 - **Conocer**, investigar, aprender, compartir
 - **Agrupar**, esfuerzos, equipos, sectores
 - **Planificar**, a medio y largo plazo
 - **Querer**, deseo de actuar





gracias por su atención



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Departament d'Enginyeria Agroalimentària
i Biotecnologia

xavier.flotats@upc.edu

<http://futur.upc.edu/XavierFlotatsRipoll>

GIRO

gestión integral
de residuos orgánicos



UNIVERSITAT POLITÈCNICA
DE CATALUNYA
BARCELONATECH

- Bonmatí, A., Flotats, X., Mateu, L., Campos, E. (2001). Study of thermal hydrolysis as a pre-treatment to mesophilic anaerobic digestion of pig slurry. *Water Science and Technology*, 44(4): 109-116.
- Bonmatí, A. (2001). Usos de la energía térmica para la mejora del proceso de digestión anaerobia de purines de cerdo y para la obtención de productos de interés. Tesis Doctoral. Universitat de Lleida. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/8230>
- Bonmatí, A., Flotats, X. (2003a). Air Stripping of Ammonia from Pig Slurry: Characterization and Feasibility as a Pre- or Post-Treatment to Mesophilic Anaerobic Digestion. *Waste Management*, 23(3): 261-272.
- Bonmatí, A., Flotats, X. (2003b). Pig slurry concentration by vacuum evaporation: influence of previous mesophilic anaerobic digestion process. *Journal of the Air & Waste Management Association*. 53: 21-31.
- Bonmatí, A., Campos, E., Flotats, X. (2003). Concentration of pig slurry by evaporation: anaerobic digestion as the key process. *Water Science and Technology*, 48(4): 189-194.
- Campos, E. (2001). Optimización de la digestión anaerobia de purines de cerdo mediante codigestión con residuos orgánicos de la industria alimentaria. Tesis doctoral. Universitat de Lleida. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/8229>
- Campos, E., Illa, J., Magrí, A., Palatsi, J., Solé-Mauri, F., Flotats, X. (2004). Guía de los tratamientos de deyecciones ganaderas. Agencia de Residuos de Cataluña. http://www.arc-cat.net/es/altres/purins/guia/pdf/guia_dejeccions.pdf
- Cerrillo, M., Palatsi, J., Comas, J., Vicens, J., Bonmatí, A. (2015). Struvite precipitation as a technology to be integrated in a manure anaerobic digestion treatment plant – removal efficiency, crystal characterization and agricultural assessment. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 90(6): 1135-1143.
- Edwards, J., Othman, M., Burn, S. (2015). A review of policy drivers and barriers for the use of anaerobic digestion in Europe, the United States and Australia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52: 815-828.
- Flotats, X., Gibert, V. (2002). *Mas el Cros biogas plant. Evaluation of 18 years in operation*. In: S. Kalyuzhnyi (Ed.). Proceedings of the 7th FAO/SREN workshop on "Anaerobic digestion for sustainability in waste (water) treatment and re-use". Moscow State University. Vol. 1, pp 172-180. <http://hdl.handle.net/2117/22518>.
- Flotats, X., Palatsi, J. (2003). Tecnologías de tratamiento de purines de cerdo. *Nuestra Cabaña*, marzo 323, pp 48-57. <http://hdl.handle.net/2117/6709>.
- Flotats, X., Campos, E., Palatsi, J. (2004). Concentración de deyecciones ganaderas mediante procesos térmicos. *Actas del II Encuentro Internacional gestión residuos orgánicos. Pamplona (Navarra), 28-29 octubre 2004*. <http://hdl.handle.net/2117/22522>
- Flotats, X., Sarquella, L. (2008). Producció de biogas per codigestió anaerobia. ICAEN. <http://hdl.handle.net/2117/2265>

- Flotats, X., Bonmatí, A., Fernández, B., Magrí, A. (2009). Manure treatment technologies: on-farm versus centralized strategies. NE Spain as case study. *Bioresource Technology*, 100(22): 5519–5526.
- Flotats, X., Foged, H.L., Bonmati, A., Palatsi, J., Magrí, A., Schelde, K.M. (2011). Manure Processing technologies. Technical Report No. II concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 184 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18944>
- Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Foged, H.L. (2013). Trends on manure processing in Europe. In Book of Abstract, 2nd International Conference of WASTES : solutions, treatments and opportunities. Braga (Portugal), 11-13 September. Edition : CVR, Centro para a Valorizaçao de Residuos. ISBN: 978-989-97429-4-9. Pp 339-340. <http://hdl.handle.net/2117/24925>
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Magrí, A., Schelde, K.M. (2011a). Inventory of manure processing activities in Europe. Technical Report No. I concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 138 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18943>;
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Palatsi, J., Magrí, A. (2011b). End and by-products from livestock manure processing - general types, chemical composition, fertilising quality and feasibility for marketing. Technical Report No. III concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 78 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18945>
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A., Schelde, K.M., Palatsi, J., Magrí, A., Juznic-Zonta, Z. (2011c). Assessment of economic feasibility and environmental performance of manure processing technologies. Technical Report No. IV concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 130 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18947>
- Foged, H.L., Flotats, X., Bonmatí, A. (2011d). Future trends on manure processing activities in Europe. Technical Report No. V concerning “Manure Processing Activities in Europe” to the European Commission, Directorate-General Environment. Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007, 34 pp. <http://hdl.handle.net/2117/18948>
- Kunz, A., Steinmetz, R.L.R. Ramme, M.A., Coldebella, A. (2009). Effect of storage time on swine manure solid separation efficiency by screening. *Bioresource Technology*, 100: 1815–1818.
- Teira-Esmatges, M.R., Flotats, X. (2003). A method for livestock Waste management planning in NE Spain. *Waste Management*, 23(10): 917-932.
- Van Lier, J.B. (2008). High-rate anaerobic wastewater treatment: diversifying from end-of-the-pipe treatment to resource-oriented conversion techniques. *Wat Sci Technol* 57(8): 1137-1148.