

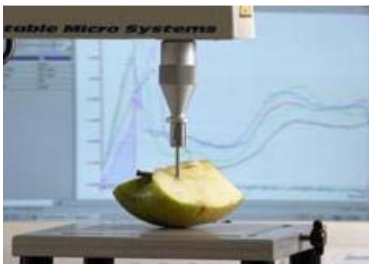
ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS DEYECCIONES GANADERAS

María Cruz García González
ITACyL

Huesca 12 de mayo de 2016, Escuela Politécnica Superior
Universidad de Zaragoza

XXVII Jornadas de Ciencia y Tecnología

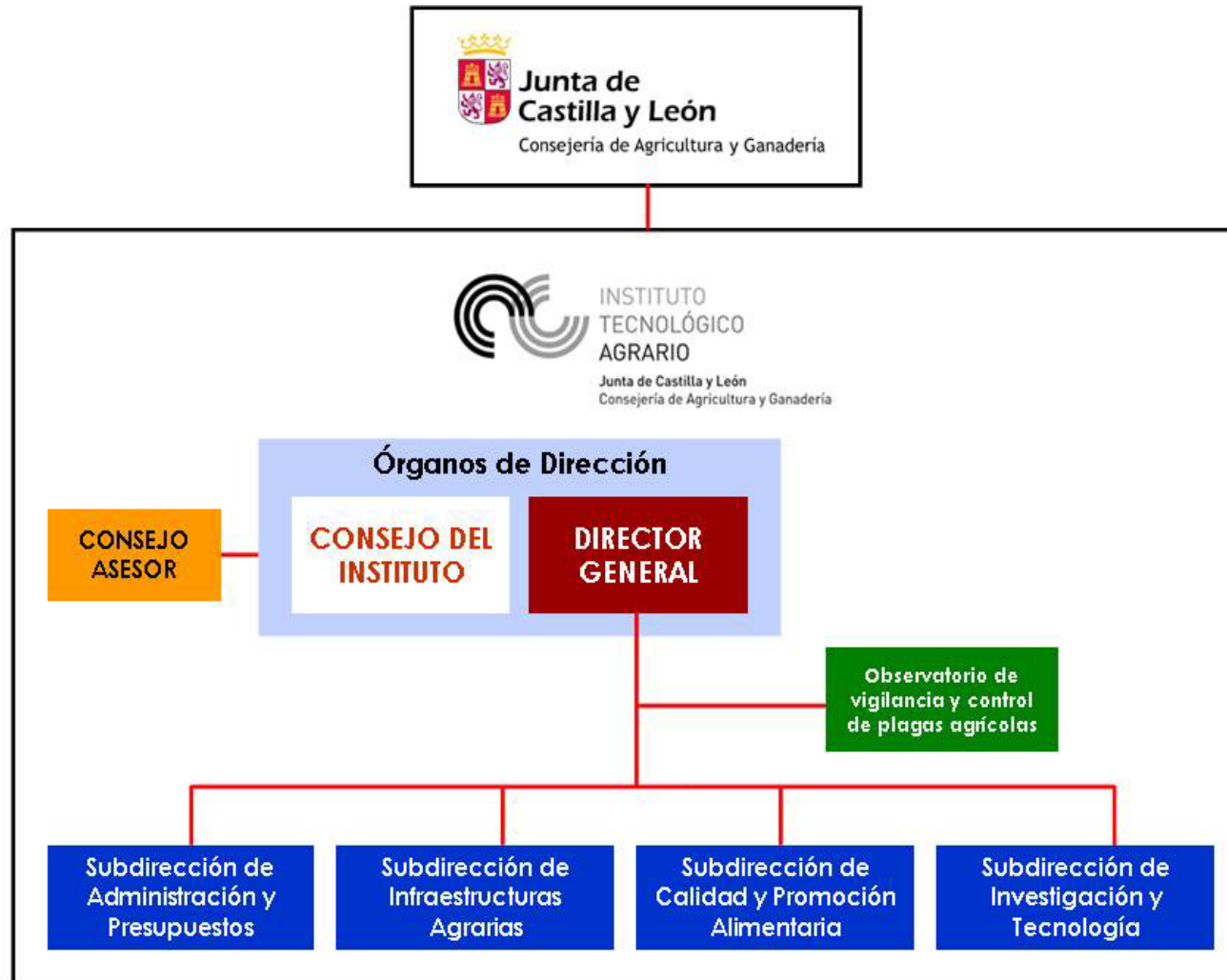
**Soluciones técnicas para los purines
generados en el sector porcino**



INDICE

1. ITACyL: ¿quienes somos?
2. Introducción: aspectos ambientales
3. ¿Dónde está el valor fertilizante del purín?
4. Tecnologías de tratamiento del purín
 - Separación sólido-líquido
 - Compostaje (fracción sólida)
 - Tratamientos de la fracción líquida
 - Digestión anaerobia

ESTRUCTURA ORGÁNICA DEL ITACyL



ESTRUCTURA DE LA SUBDIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y TECNOLOGÍA DEL ITACyL





OBJETIVOS EN I+D+i DEL ITACyL

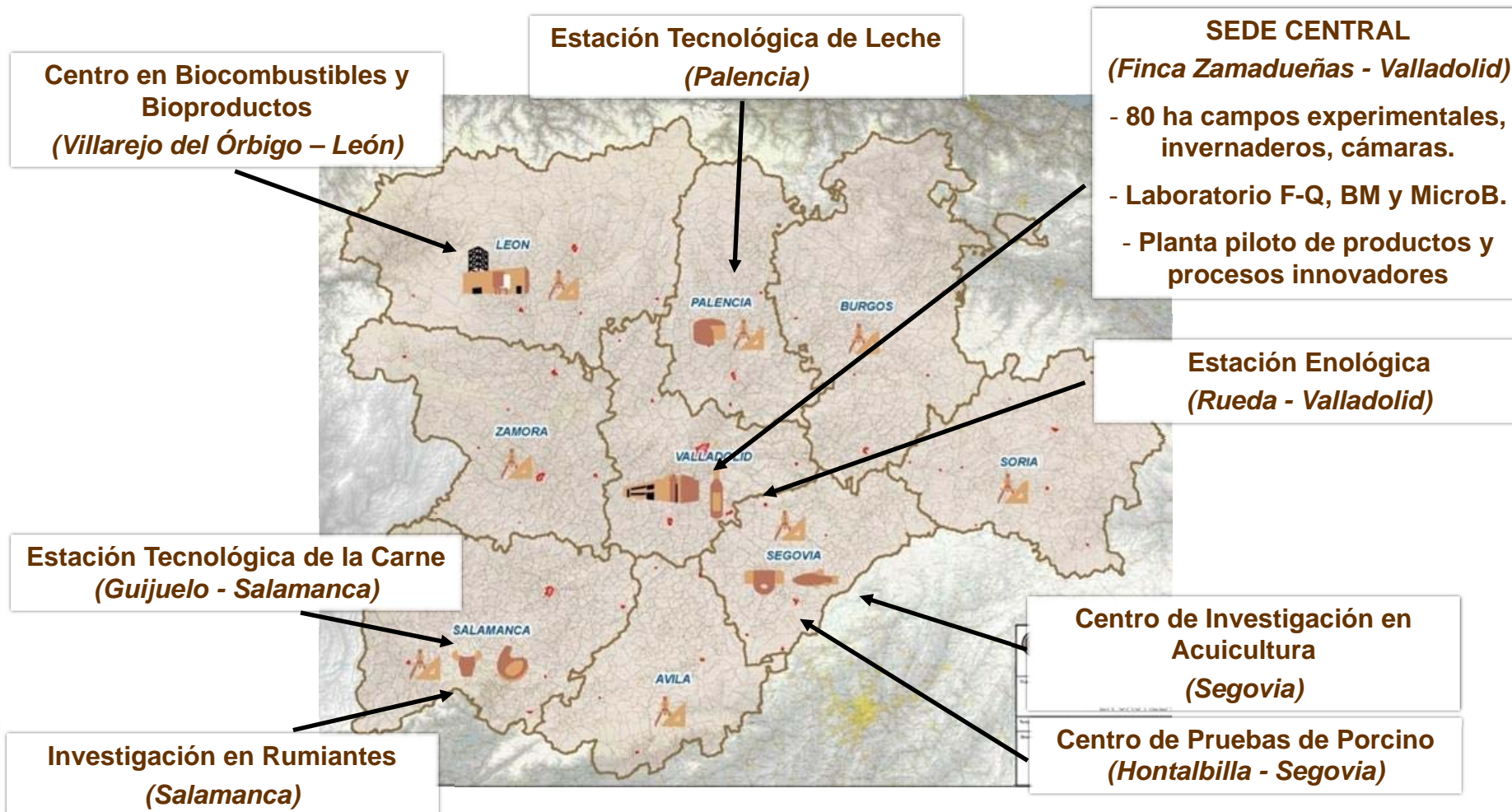
- Identificar y analizar, desde el punto de vista científico y tecnológico, las necesidades y limitaciones del sector agrario y agroalimentario de Castilla y León.
- Obtener soluciones prácticas a los problemas detectados con la finalidad de contribuir al posicionamiento de Castilla y León desde el punto de vista competitivo y sostenible.
- Transferencia de resultados al sector, de manera que tengan una repercusión directa.







CENTROS E INSTALACIONES DEL ITACyL DEDICADOS A LA I+D+i



INTRODUCCIÓN

Aspectos ambientales



« Mixed farms »

Early days



Nowadays

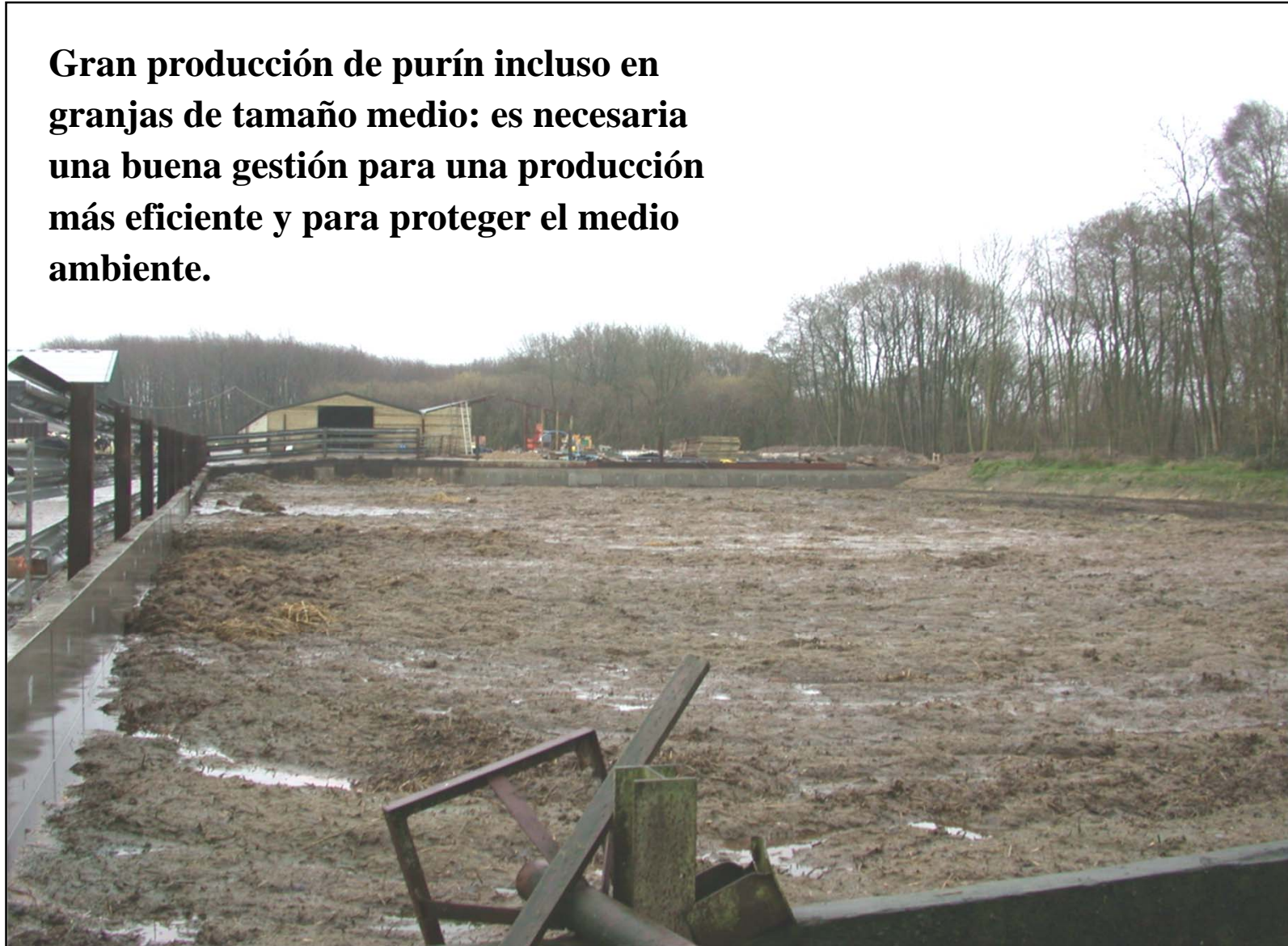


« *Specialised farms* »



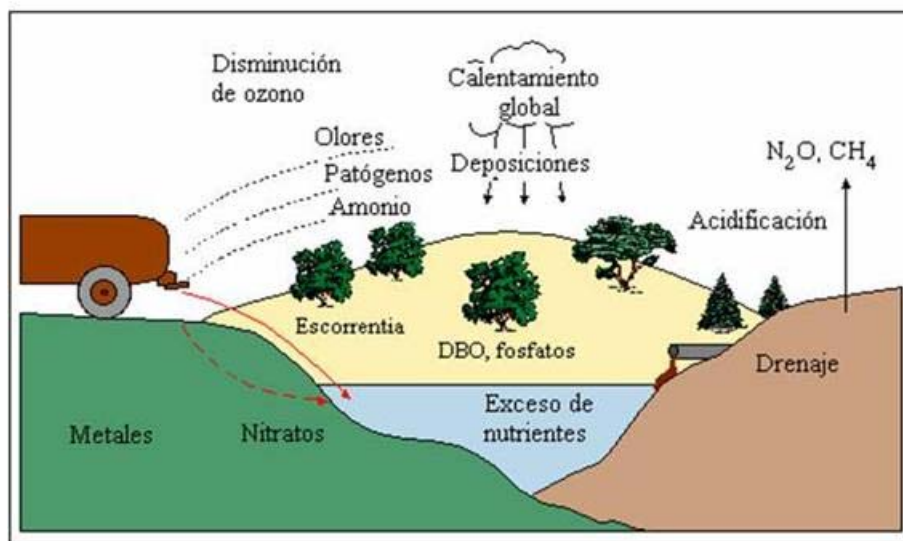
Purín : ¿un recurso o un problema ?

Gran producción de purín incluso en granjas de tamaño medio: es necesaria una buena gestión para una producción más eficiente y para proteger el medio ambiente.

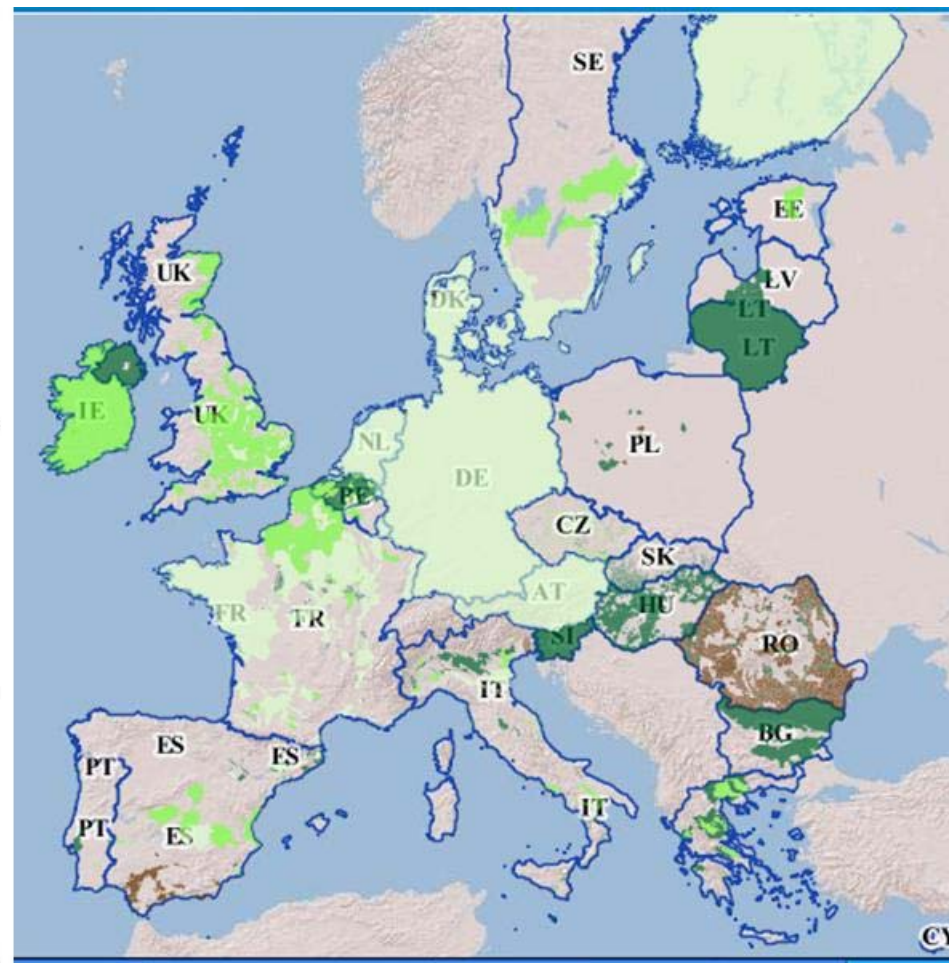


Contaminación:

- Aire
- Agua
- Suelo



Fuente: Adaptado de Burton and Turner, 2003



<http://fate.jrc.ec.europa.eu/elisa-viewer>

¿Donde está el valor fertilizante
(N, P, K) del purín?
Separación sólido-líquido

Composición del purín

Table 1

Characteristics of liquid manure before and after each unit of the treatment system, and overall system efficiency. Standard deviation is shown in brackets.

	Sampling points ^a				System efficiency ^b (%)
	Raw manure (1)	Influent coagulation–flocculation unit (2)	Influent NDN (3)	Effluent NDN (4)	
pH	7.2 (0.2)	–	7.7 (0.2)	7.7 (0.3)	–
EC (mS cm ⁻¹)	9.9 (1.6)	10.6 (1.0)	11.0 (1.1)	4.7 (1.0)	51.0 (9.8)
TS (g L ⁻¹)	18.3 (6.6)	12.5 (3.2)	5.3 (0.5)	4.7 (0.7)	71.4 (9.8)
VS (g L ⁻¹)	13.9 (5.5)	8.7 (2.6)	2.5 (0.3)	1.5 (0.2)	87.9 (4.1)
TCOD (g L ⁻¹)	17.2 (8.2)	13.2 (4.0)	4.5 (1.1)	0.5 (0.2)	96.8 (1.3)
SCOD (g L ⁻¹)	5.2 (1.7)	–	3.6 (0.8)	0.4 (0.2)	92.6 (3.9)
TKN (mg L ⁻¹)	1424 (316)	1430 (168)	1051 (139)	44 (42)	97.1 (2.3)
NH ₄ ⁺ -N (mg L ⁻¹)	1022 (233)	1063 (147)	1006 (134)	20 (36)	98.3 (3.0)
TP (mg L ⁻¹)	384 (145)	365 (105)	46 (7)	39 (10)	89.0 (3.2)
SP (mg L ⁻¹)	224 (66)	–	44 (9)	38 (11)	87.8 (7.1)
Copper (mg L ⁻¹)	5.5 (1.6)	–	<1.0	<1.0	>90.0
Zinc (mg L ⁻¹)	26.3 (10.0)	–	<1.0	<1.0	>95.0

72%

Fuente: Riaño y García, 2014

Distribución de las partículas en el purin

Depende de (Chastain 2013):

Especie animal, composición del pienso

Otros sólidos (del pienso, cama, arena...), transformaciones bacterianas del purin

Table 4. Retention of suspended solids and nutrients in flushed swine manure using screens of various sizes.^[a]

Screen Size ^[b]	Solids		TKN		TP	
	Amount Retained (g/L)	Fraction of TSS (%)	Amount Retained (mg/L)	Fraction of Non-soluble N (%)	Amount Retained (mg/L)	Fraction of Non-soluble P (%)
3.360 mm	0.41	2.6	35	2.7	3.3	0.6
1.588 mm	1.01	6.4	100	7.8	11.1	2.2
1.000 mm	1.66	10.5	152	11.9	17.2	3.4
0.794 mm	2.18	13.8	199	15.6	21.9	4.3
0.590 mm	2.41	15.2	219	17.1	24.7	4.8
0.297 mm	3.10	19.6	278	21.8	38.0	7.4
<0.297 mm ^[c]						
Suspended	12.75	80.4	1000	78.2	475.4	92.6
Dissolved	9.03		1164		71.7	
Initial sample ^[d]						
Total suspended	15.84	100.0	1278	100.0	513.4	100.0
Total concentration	24.87		2442		585.1	

^[a] Data are average of three replicate tests performed on run 7 effluent.

^[b] 3.360, 1.000, 0.590, and 0.297 mm size screens are ASTM standard wire screen sieves with numbers 6, 18, 30, and 50, respectively. 1.588 and 0.794 mm size screens are stainless steel screens with round perforations of 1/16 and 1/32 in., respectively, commonly used in commercial screen separators.

^[c] <0.297 mm is the fraction passing through this screen. This fraction was then filtered with a glass microfiber filter to separate between suspended and dissolved (soluble) components.

^[d] Initial sample is the homogenized flushed manure before screening (table 1).

¿Donde están los nutrientes en el purín?

Aprox. el 80% del N no-soluble y del P están en partículas menores de 0.3 mm

¿Y el NH_4^+ ?

Aprox. el 70% del N del purín está disuelto, siendo la mayoría NH_4^+ . Como el NH_4^+ es soluble permanece en la fracción líquida

¿Que podemos hacer para mejorar la recuperación de nutrientes?

¿Para que?



Recuperar el N y P para aplicación al terreno o para compostar



Separar los sólidos del líquido



Separación Sólido-líquido



Fracción Sólida

➤ Aplicación al campo (no es un tratamiento)

➤ Compostaje



Aplicación al terreno

LEGISLACIÓN



Fracción Líquida

➤ Aplicación al campo (no es un tratamiento)

➤ Tratamientos biológicos

➤ Stripping

➤ Filtración con membrana



Reutilización para limpieza de las naves

Reutilización para riego

***¿COMO SEPARAMOS LAS DOS
FRACCIONES?***

***MEDIANTE LAS TECNOLOGIAS DE
SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO***

Objetivos de la separación S-L

- ✓ Eliminación de sólidos para facilitar el tratamiento biológico del líquido
- ✓ Generar sólidos para su compostaje
- ✓ Concentrar el purín previamente a la digestión anaerobia
- ✓ Homogeneizar los sólidos y los nutrientes en el líquido separado
- ✓ Eliminar el exceso de fósforo en el líquido separado

Objetivos de la separación S-L

- ✓ Para reducir la carga de materia orgánica y nutrientes en el líquido y reutilizarlo para limpiar las naves
- ✓ Reducir la materia orgánica que llega al tanque de almacenamiento y reducir la formación de fango

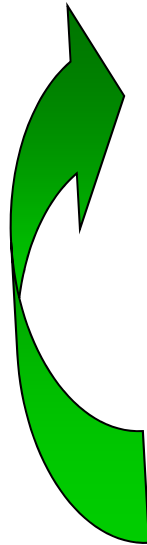
Purines



Técnicas de separación sólido-líquido

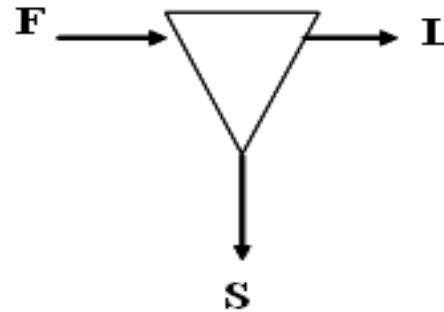


- *Sedimentación* (separación del 56% materia seca, Hjorth et al. 2009)
- *Centrifugación* (separación del 61% ms, Hjorth et al. 2009)
- *Tamizado* (separación del 44% ms, Hjorth et al. 2009)
- *Filtración con presión* (separación del 37% ms, Hjorth et al. 2009)



Coagulación-floculación: adición de químicos para mejorar la separación

Sedimentación



F: purin de entrada, L: fracción líquida, S: fracción sólida



Sedimentadores cilíndricos de base cónica.



Tanque de almacenamiento usado como tanque de sedimentación.

Sedimentación de partículas en el purín

Depende de:

- tamaño,
- densidad,
- forma,
- concentración de partículas sólidas

BUOYANT FORCE

$$F_G = (\rho_P - \rho) g V_P$$

density of particle density of fluid gravitational constant volume of particle

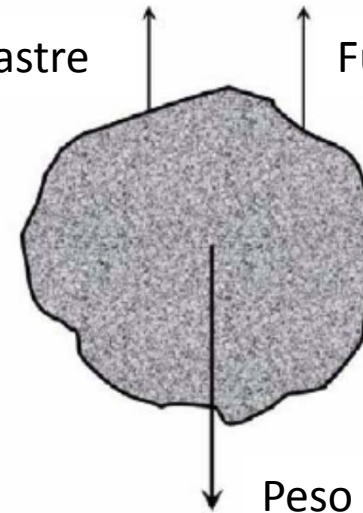
DRAG FORCE

$$F_D = \frac{C_D A_P \rho v_s^2}{2}$$

drag coefficient area of particle fluid settling velocity

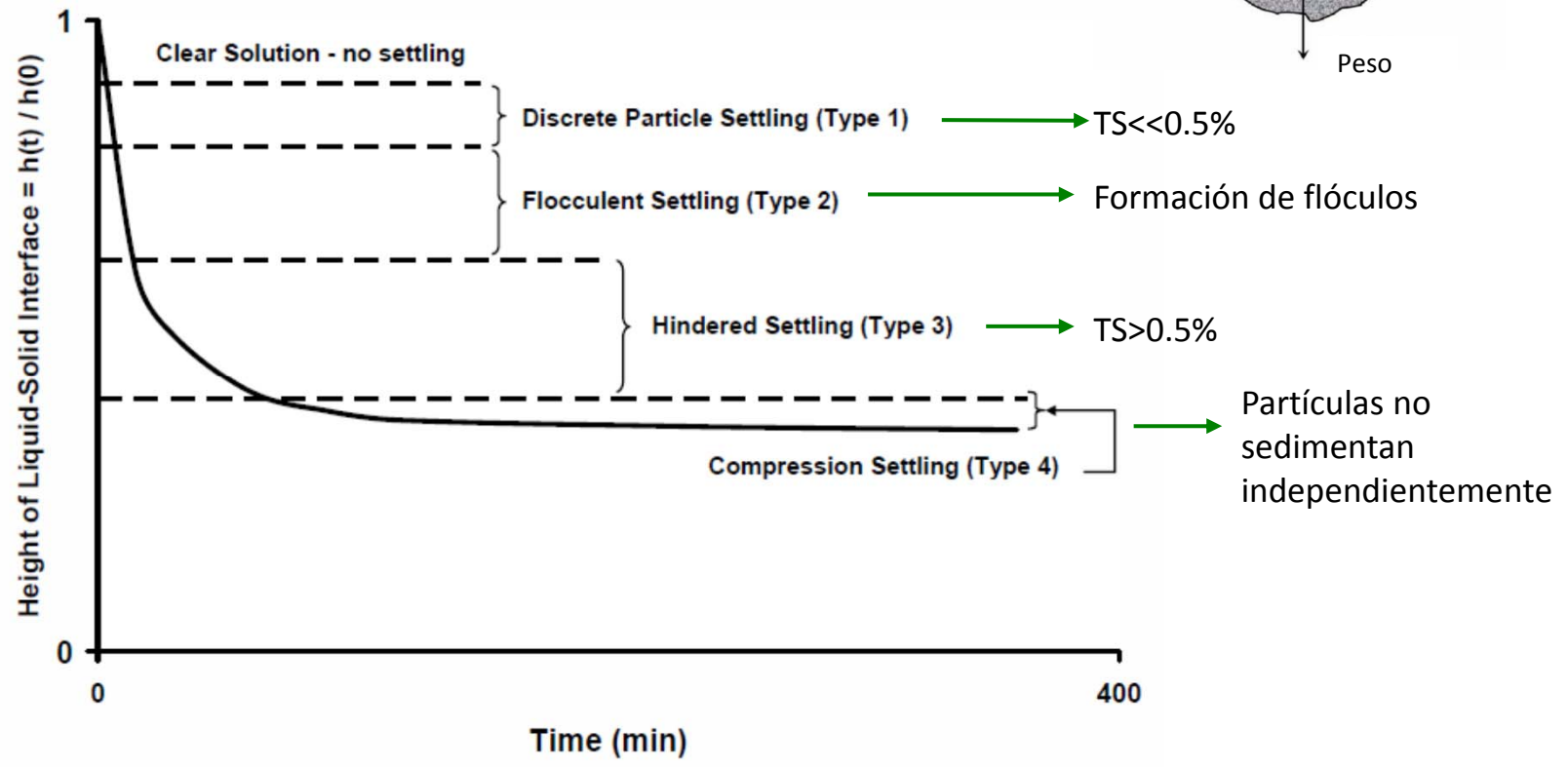
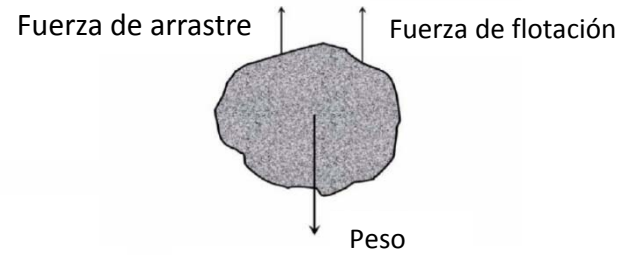
Fuerza de arrastre

Fuerza de flotación



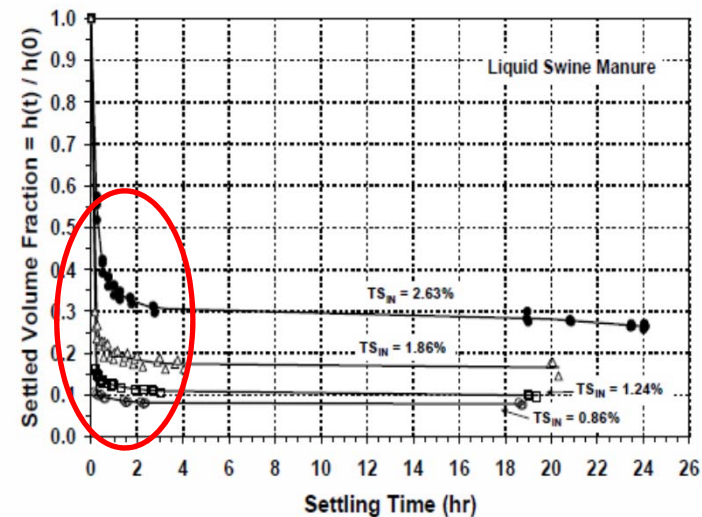
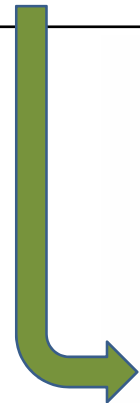
Peso= volumen partícula * densidad partícula * constante gravitacional

Sedimentación de partículas en el purín



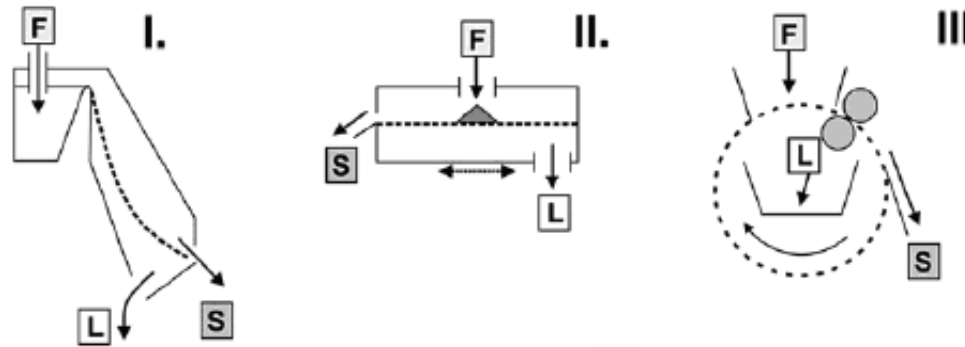
Source: Chastain (2013)

Factor	Comentario
Tipo de purin	Porcino y vacuno
Contenido en sólidos	La eficiencia de separación disminuye para purin con un contenido en sólidos < 1% y > 4%. Entre este intervalo, la eficiencia aumenta al aumentar los sólidos (Ndegwa et al., 2001). No se recomienda cuando los sólidos totales son >4% (Chastain, 2013).
Tiempo de sedimentación	La mayoría de los sólidos sedimentan durante la primera hora.



Settling data for liquid swine manure.

Tamizado



I: Tamiz estático, II: Tamiz vibratorio, III: Tamiz rotativo. F: Purin de entrada, L: Fracción líquida, S: Fracción sólida. Adaptado de Burton and Turner (2003).



a) Tamiz estático instalado en una granja de vacuno; b) y c) tamices rotativos.

Factor	Comentario
Tipo de estiércol	Purín de porcino y vacuno (Flotats y col., 2011)
Contenido de sólidos	Esta tecnología de separación sólido-líquido no se recomienda cuando el contenido de sólidos totales en el estiércol de entrada es mayor del 6% (Chastain, 2013).
Tamaño de poro del tamiz	En el caso del estiércol de ganado porcino, utilizar tamices con tamaños de poro más pequeños de 0,5 mm causa continuos problemas operativos. En el caso de estiércol de ganado lechero, el tamaño de tamiz que se suele utilizar con mayor frecuencia está entre 1,5-1,7 mm.

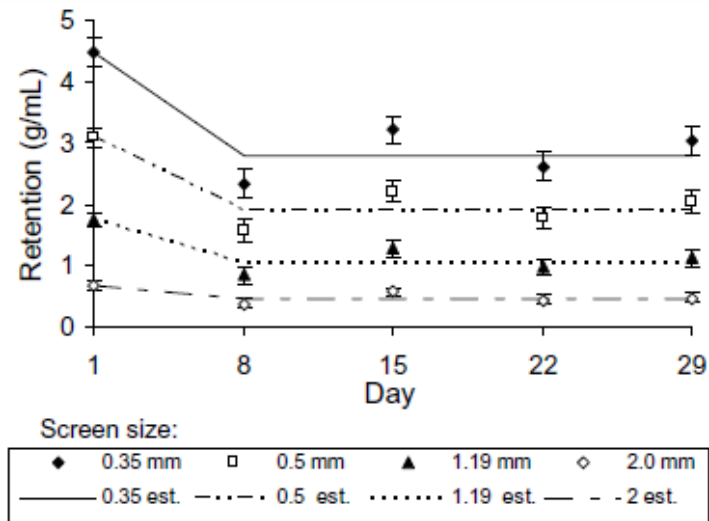


Fig. 1. Solid retention efficiency at different screen size submitted to different storage time.

Influencia del tiempo de almacenamiento en el tamizado (Kunz et al., 2009)

La retención disminuye cuando el tiempo de almacenamiento aumenta

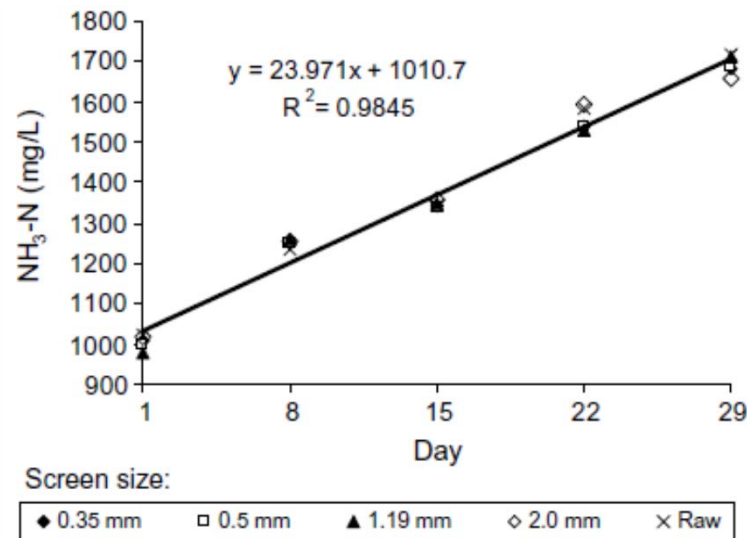
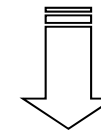


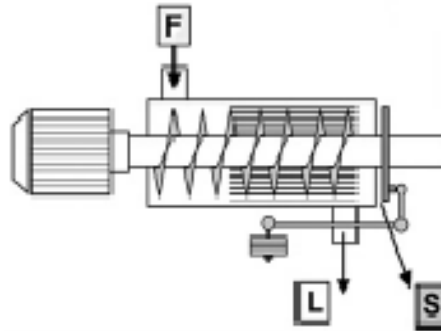
Fig. 4. Effect of manure age and screen size on NH₃-N concentration.

La concentración de amoniaco aumenta con el tiempo de almacenamiento



Aumenta la volatilización de amoniaco

Filtración con presión



Esquema de un tornillo prensa. F: influente, L: fracción líquida, S: fracción sólida. Adaptado de Burton y Turner (2003).

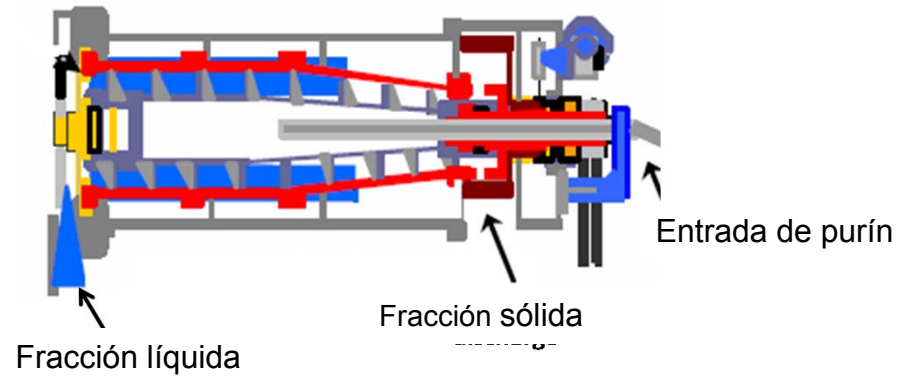


Tornillo prensa en una granja porcina



Factor	Comentario
Tipo de estiércol	Purín de porcino y vacuno (Flotats y col., 2011)
Contenido de sólidos	Esta tecnología de separación sólido-líquido no se recomienda cuando el contenido de sólidos totales en el estiércol de entrada es menor del 2% (Chastain, 2013).
Presión aplicada	Al aumentar la presión aplicada aumenta el contenido de materia seca en la fracción sólida (Hjorth y col., 2010).

Centrifugación



Centrífuga. Adaptado de Moller et al. (2007).



Centrífuga.

Factor	Comentario
Tipo de estiércol	Purín de porcino y vacuno y digerido procedente de la digestión anaerobia (Flotats y <i>col.</i> , 2011)
Contenido de sólidos	La eficiencia de separación aumenta al aumentar el contenido de materia seca (MS) del purín (Flotats y <i>col.</i> , 2011). Sin embargo, no se recomienda cuando el contenido total de sólidos en el estiércol de entrada es mayor del 10% (Chastain, 2013).
Velocidad	Al aumentar la velocidad de la centrífuga se aumenta el contenido de MS de la fracción sólida, aunque este hecho no tiene efectos en la separación de K y N (Hjorth y <i>col.</i> , 2010).
Tiempo de retención	Se ha observado que aumentar el tiempo de retención reduciendo la tasa de alimentación volumétrica aumenta la eficiencia de la separación del purín.

FLOCCULANTES y COAGULANTES

Polímeros orgánicos sintéticos:

Poliacrilamidas

No tóxicos

Polímeros naturales

Chitosan (quitosano)

Goma guar

No tóxicos
Biodegradables



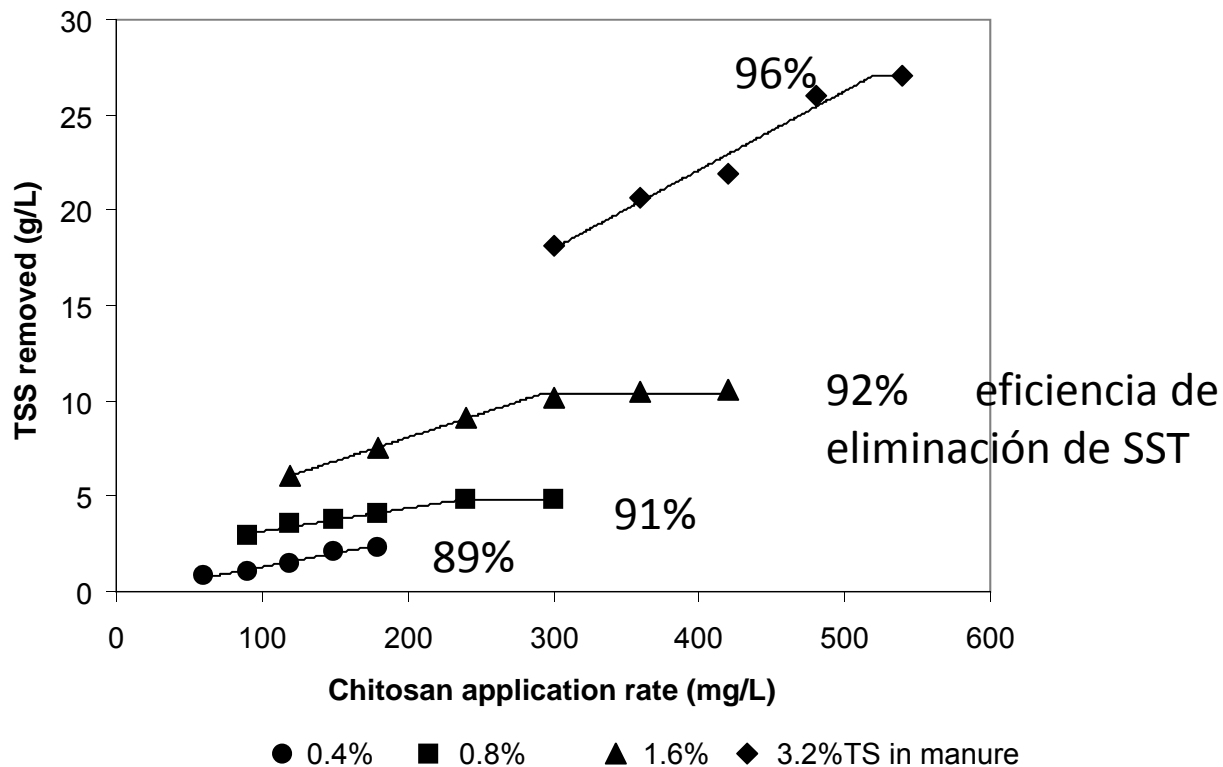
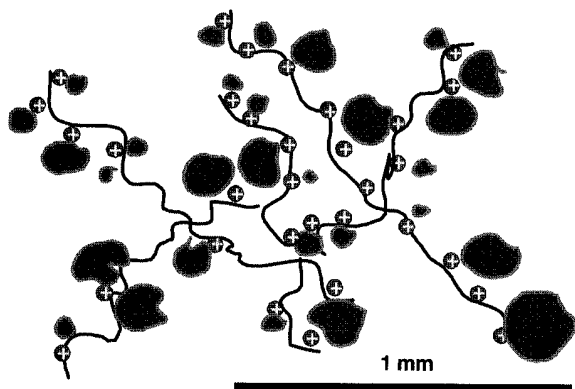
Para agricultura, ganadería ecológicas

Quitosano: se obtiene del caparazón de crustáceos (ricos en quitina).

Goma guar: polisacárido de algunas leguminosas.



Eficiencia del floculante quitosano



Tamiz de 1mm

Fuente: Vanotti et al., 2002

Fuente: García et al., 2009

CASO REAL

Coagulante + floculante \Rightarrow Separación de sólidos



Coagulante: 0.49 kg/m³ purin tratado
Hyfloc CE 289

Floculante: 0.11 kg/m³ purin tratado
Himoloc DR 2200 (Poliacrilamida
catiónica de alto peso molecular)



Datos orientativos de eficiencias de separación

Tecnología	Eficiencia de separación (%)	Referencia
Sedimentación	31-56	Chastain and Vanotti, 2003
Tamizado	11-15 (1mm)	Vanotti et al., 1999; Vanotti et al., 2002
Tornillo prensa	33	Riaño and García 2015
Centrifugación	47-69	Sneath et al., 1988; Moller et al., 2007
Tornillo prensa +coagulación- floculación	68%	Riaño and García 2015

Resumen

Table 3.1. Relative performance of major types of solid-liquid separators treating fresh animal manure.

Type of Separator	Total Solids of Influent Manure (%)							
	≤ 1	2	3	4	5	6	8	10
Gravity Settling Basin	++++ ¹	+++	++	+	NR ²	NR	NR	NR
Screen Separators								
Stationary	+	++	+++	++++	++++	NR	NR	NR
Vibrating	+	++	+++	++++		NR	NR	NR
Rotary	+	++	+++	++++	++++	NR	NR	NR
Press								
Screw Press	NR	NR	++	+++	+++	++++	++++	++++
Belt Press	NR	NR	++	+++	+++	++++	++++	++++
Centrifuge	++++	++++	+++	+++	++	++	+	NR

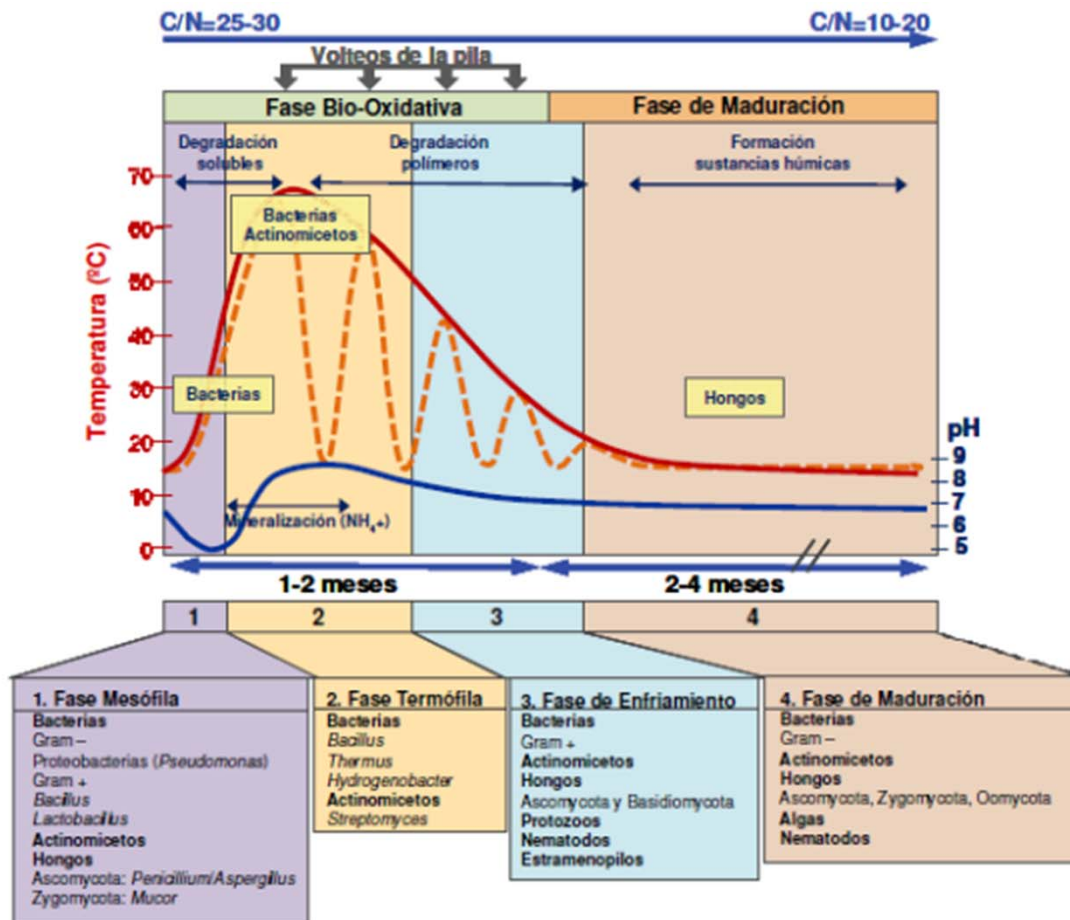
¹ The greater the number of "+" signs the more effective the separator will be for a given value of [TS].

² NR = not recommended based on available data or no data exists in the literature.

Source: Chastain, 2013

COMPOSTAJE

Es un proceso biológico por el cual la materia orgánica se descompone en presencia de oxígeno. Es necesaria la adición de un material estructurante y su producto final es el compost.



CASO REAL COMPOSTAJE DEL PURÍN DE CERDO

GRANJA CON INSTALACIÓN DE SEPARACIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO



ESTABLECIMIENTO DEL COMPOSTAJE

MEZCLA CON EL AGENTE ESTRUCTURANTE
(paja de cereal)

Fracción sólida: MS 10 %
pH 8.1
MO 74 % (ms)
COT 403 g kg⁻¹
N-total 13,9 g kg⁻¹



DESARROLLO DEL COMPOSTAJE

ESTABLECIMIENTO Y CONTROL DE LA PILA

Pila de compostaje 4.8 m³
Volteos periódicos
Proporción fracción sólida:paja de cereal 2:1
(en volumen)



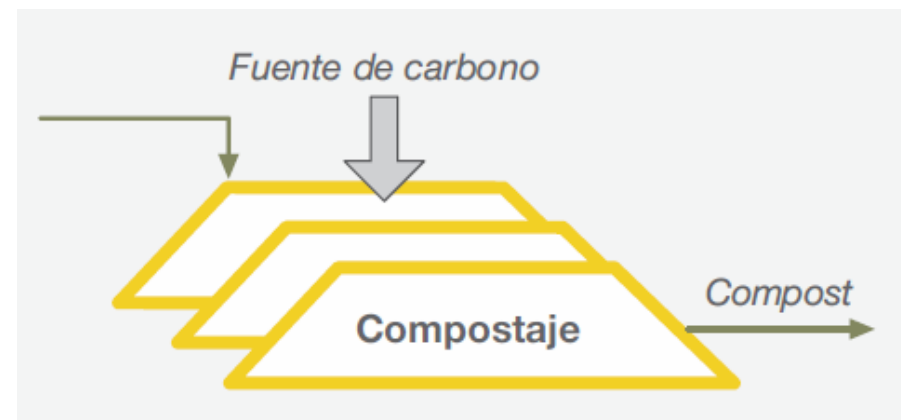
Compostaje

Ventajas

- Enmienda orgánica: compost
- Facilita la gestión y transporte por reducción del peso y volumen (entre 40-50%)
- Reducción de olores
- Higieniza el material
- Materiales alternativos a sustratos no renovable: turba.

Inconvenientes

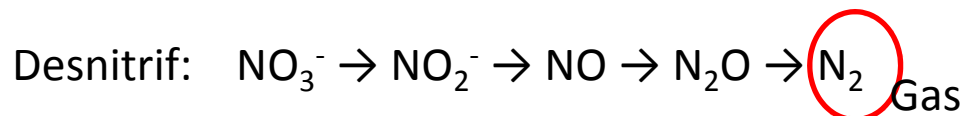
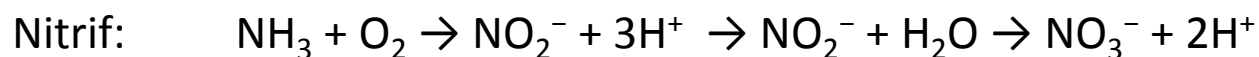
- Necesita espacio, una superficie impermeabilizada y un sistema de recogida de lixiviados
- Se concentran los metales pesados
- Se puede perder N si la relación C/N es baja.



TECNOLOGÍAS DE TRATAMIENTO DE LA FRACCIÓN LÍQUIDA

- Objetivos del proceso:
 - Eliminar nitrógeno (por ejemplo, en ZV)
 - Concentrar nitrógeno

Tratamiento biológico de nitrificación-desnitrificación

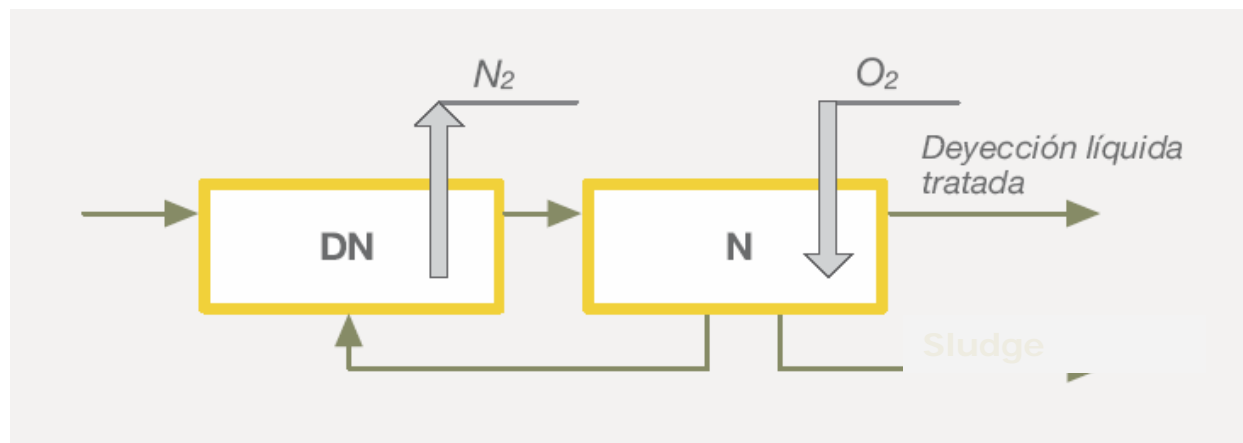


Ventajas

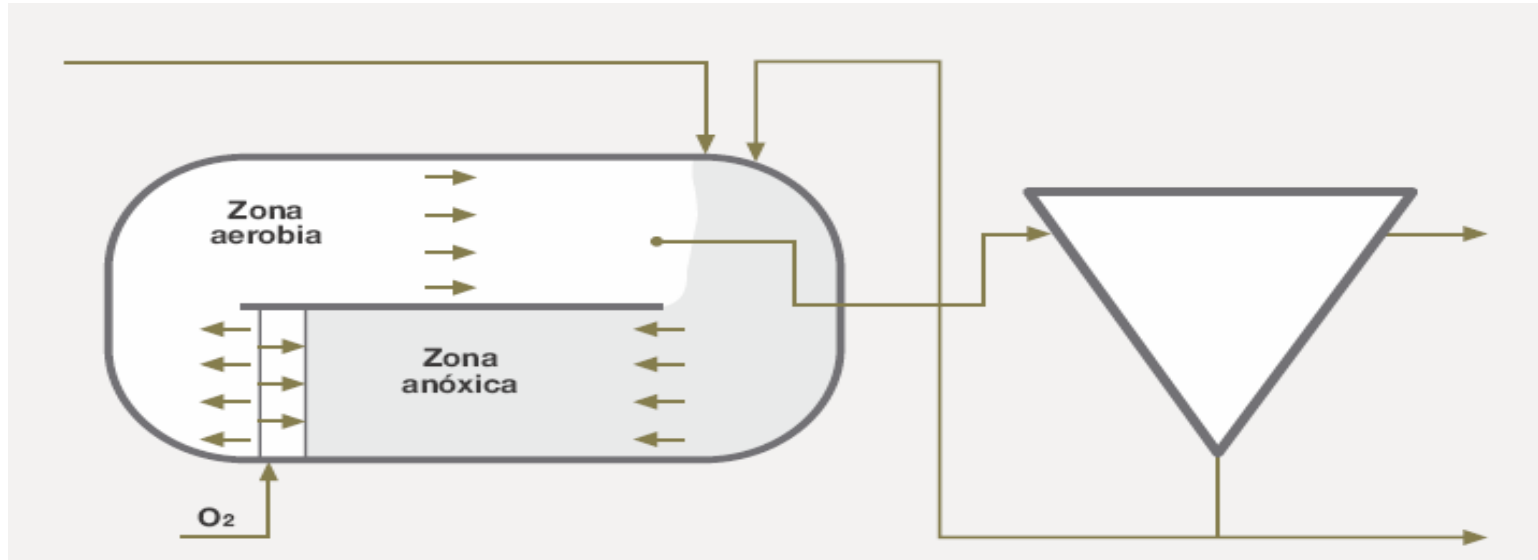
- Eliminación de N
- Eliminación de MO
- Reducción de olores

Inconvenientes

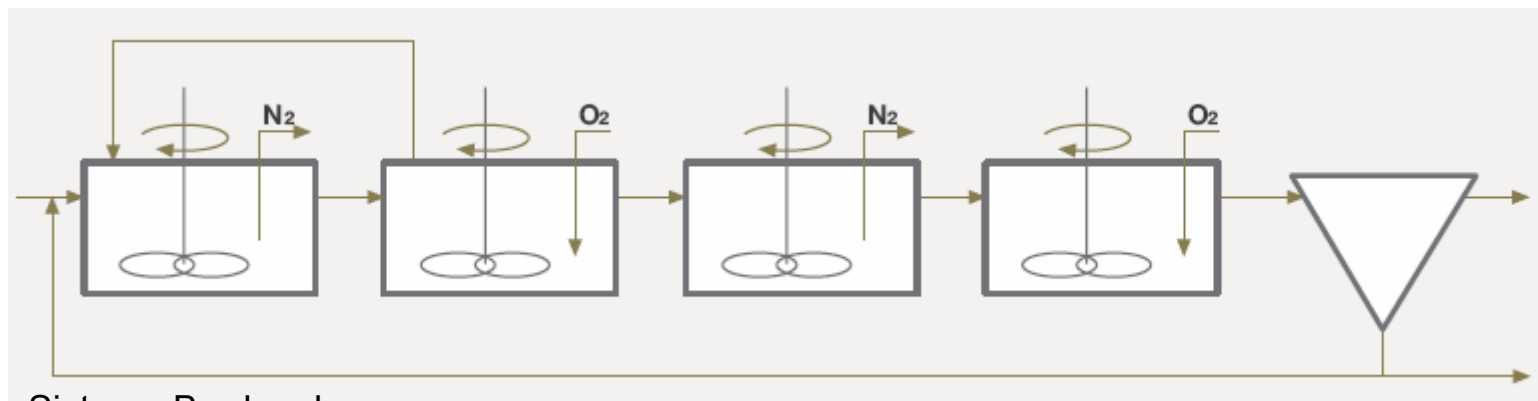
- Coste de inversión medio-alto
- Costes de explotación dependen del consumo de la aireación
- Sensible a presencia de tóxicos



Fuente: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas 2004.



Canal de oxidación



Sistema Bardenpho .

Fuente: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. 2004

CASO REAL

Tratamiento biológico de la fracción líquida

⇒ Eliminación de N y MO

Caudal tratado: 38m³/d

TRH: 9 d



Anammox



Las bacterias Anammox pueden oxidar el amonio en condiciones anaerobias, usando nitrito como aceptor de electrones y produciendo N gas. Nitritación parcial.

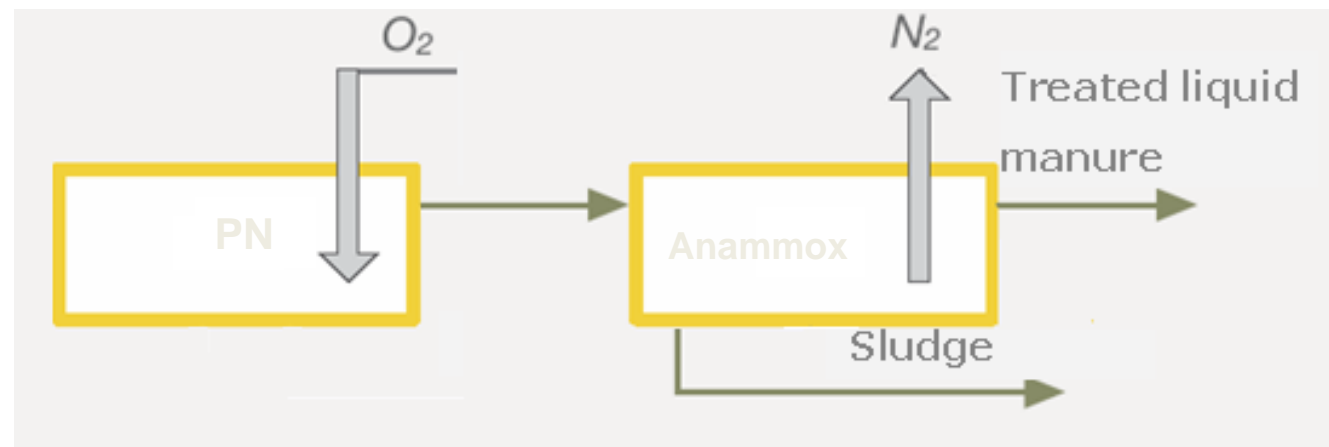
Anammox

Ventajas

- Elimina nitrógeno
- Bajo coste energético
- Baja producción de fango

Desventajas

- Es necesario reducir la MO para evitar procesos de inhibición.
- Se necesita nitrificación parcial
- Proceso difícil de controlar



Digestión Aerobia

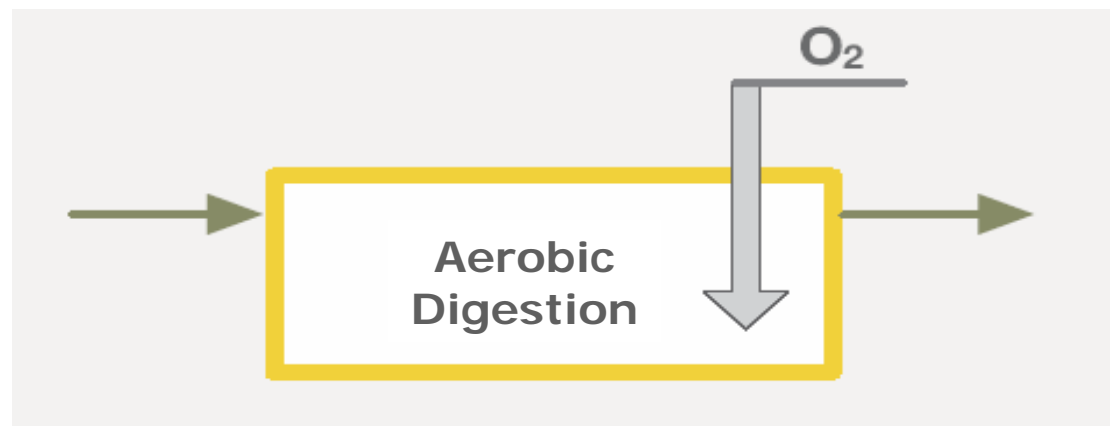
Descomposición biológica de la MO en presencia de O_2 .

Ventajas

- Concentra el N orgánico en el fango para su aplicación al campo
- Mejora la sedimentación de sólidos
- Elimina la MO
- Reducción de patógenos y olores

Desventajas

- Coste de explotación alto debido al consumo de aireación
- Formación de espumas



BAT's Document, 2003
Burton and Turner, 2003

Source: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. 2004

Stripping

Proceso por el cual el N amoniacal pasa a una corriente de aire. Posteriormente el amoniaco se absorbe en una corriente líquida y se recupera en forma de agua amoniacal o una sal de amonio.

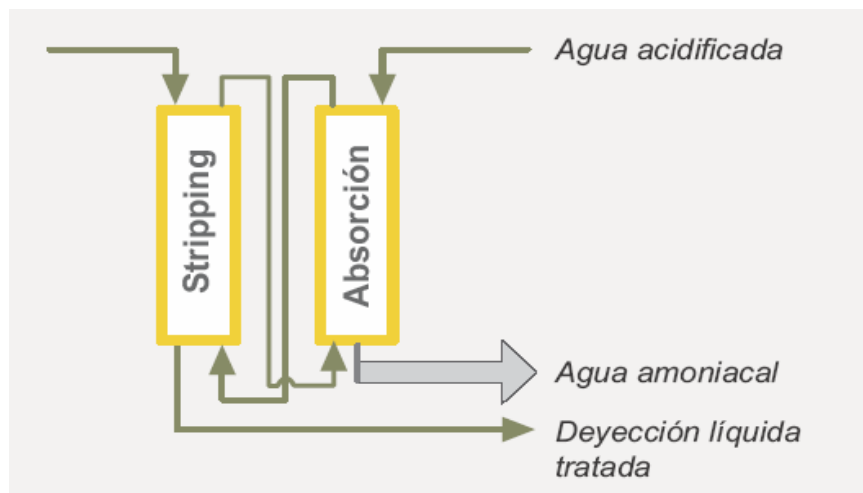
pH purin alto, T^a 60°C, pH agua ácido

Ventajas

- Recuperación del N
- Reducción de la aplicación de fertilizante mineral en los cultivos
- Independiente de compuestos tóxicos

Inconvenientes

- Necesidad de reactivos químicos
- Eliminación previa de la MO a través de otro proceso
- Stripping por vapor: se forma espuma y sedimentan los sólidos
- La calidad del producto final es importante para su venta



Fuente: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. 2004

Filtración con membrana

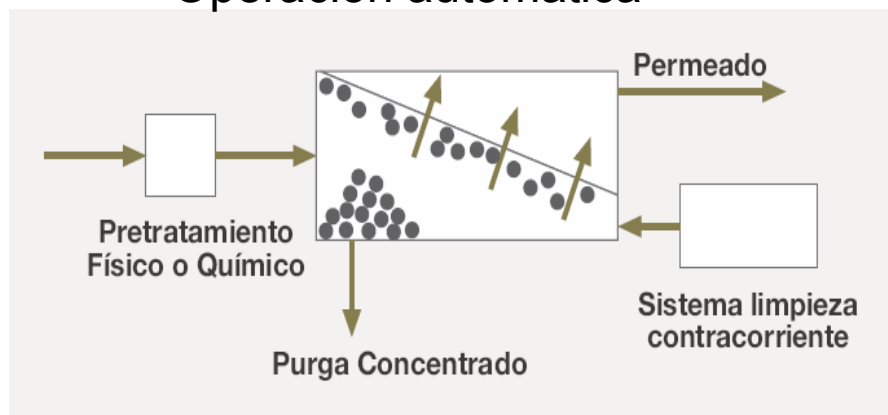
Separación física a través de una membrana semipermeable que retiene las partículas más grandes que el diámetro de poro.

Ventajas

- Recuperación de N
- Eliminación de patógenos
- Tecnología poco voluminosa, ampliable y transportable
- Altos caudales de tratamiento
- Operación automática

Inconvenientes

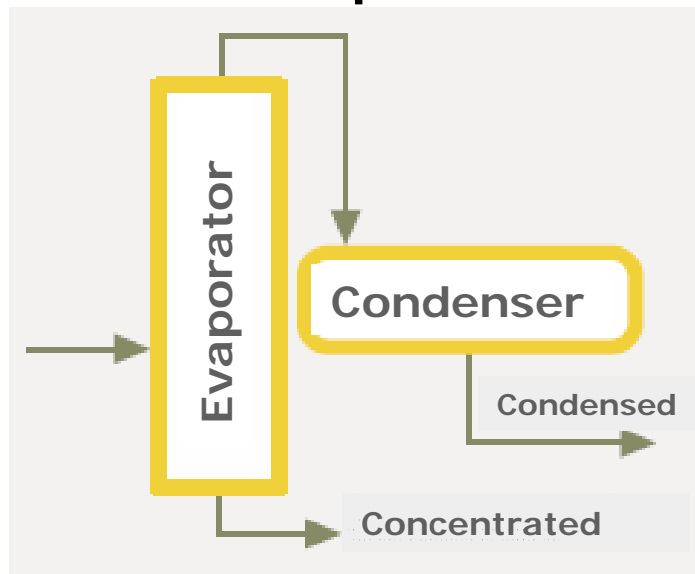
- Eliminación previa de la MO y sólidos a través de otro proceso
- Ensuciamiento de la membrana, limpieza química
- Altos costes de mantenimiento
- Baja eficiencia en eliminación de amonio, no reduce la MO para verter a cauce



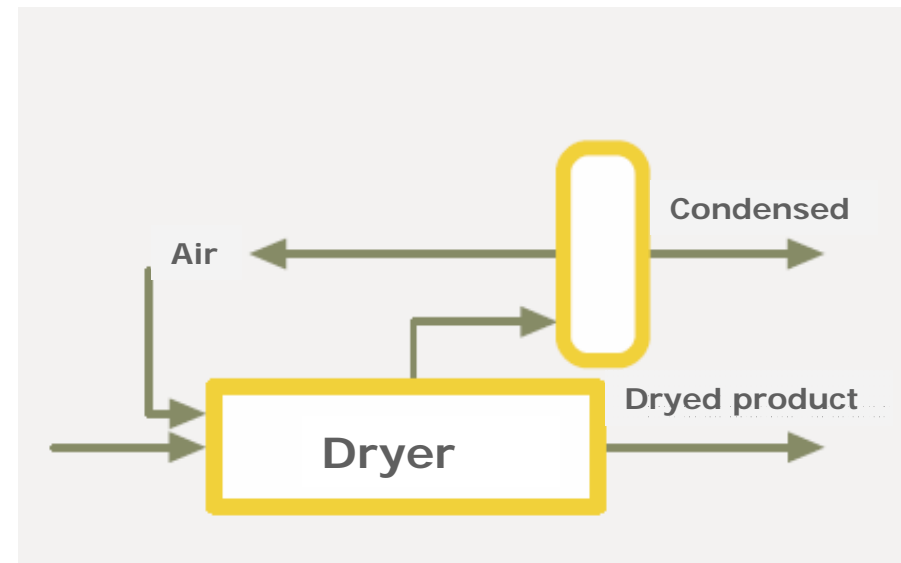
Evaporación y secado

Proceso por el cual se elimina el agua del purín por evaporación. La evaporación se realiza al vacío (baja presión o depresión) y T^a moderada (50-60°C), con condensación posterior de los vapores.

Líquidos



Sólidos



Source: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. 2004

Evaporación y secado

Ventajas

- Reducción del volumen, facilita el transporte
- Recuperación de nutrientes en el producto seco
- El producto seco emite menos emisiones de amonio
- Eliminación de patógenos

Desventajas

- Alto coste de inversión y explotación
- Se necesita añadir ácido para bajar el pH, evitar emisiones
- Es necesario reducir la MO para evitar la contaminación del agua condensada.
- La heterogeneidad del purín afecta al proceso, se puede formar espuma y elementos corrosivos
- Hay que comercializar el producto

Source: Guía de los tratamientos de las deyecciones ganaderas. 2004
BAT's Document, 2003
Burton and Turner, 2003

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proceso biológico por el cual la materia orgánica se descompone en ausencia de O_2

Productos:

- Biogas: metano (combustible)
- Digestato, donde se encuentran la mayor parte de los componentes minerales (N, P, K). Alto poder fertilizante

COMPOSICIÓN BIOGÁS

Metano CH_4	54-70%
Dióxido de carbono CO_2	27-45%
Hidrógeno H_2	1-10%
Nitrógeno N_2	0,5-3%
Ácido sulfhídrico H_2S	0,1%



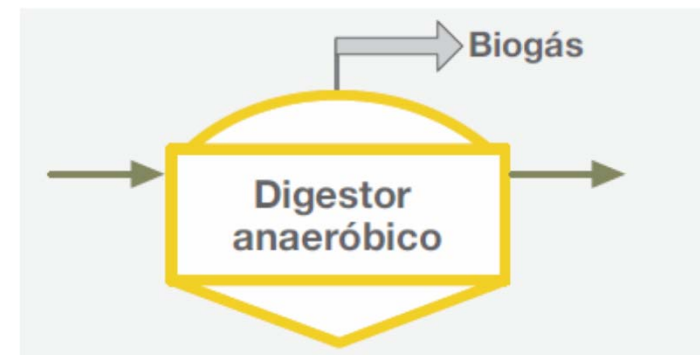
Digestión anaerobia

Ventajas

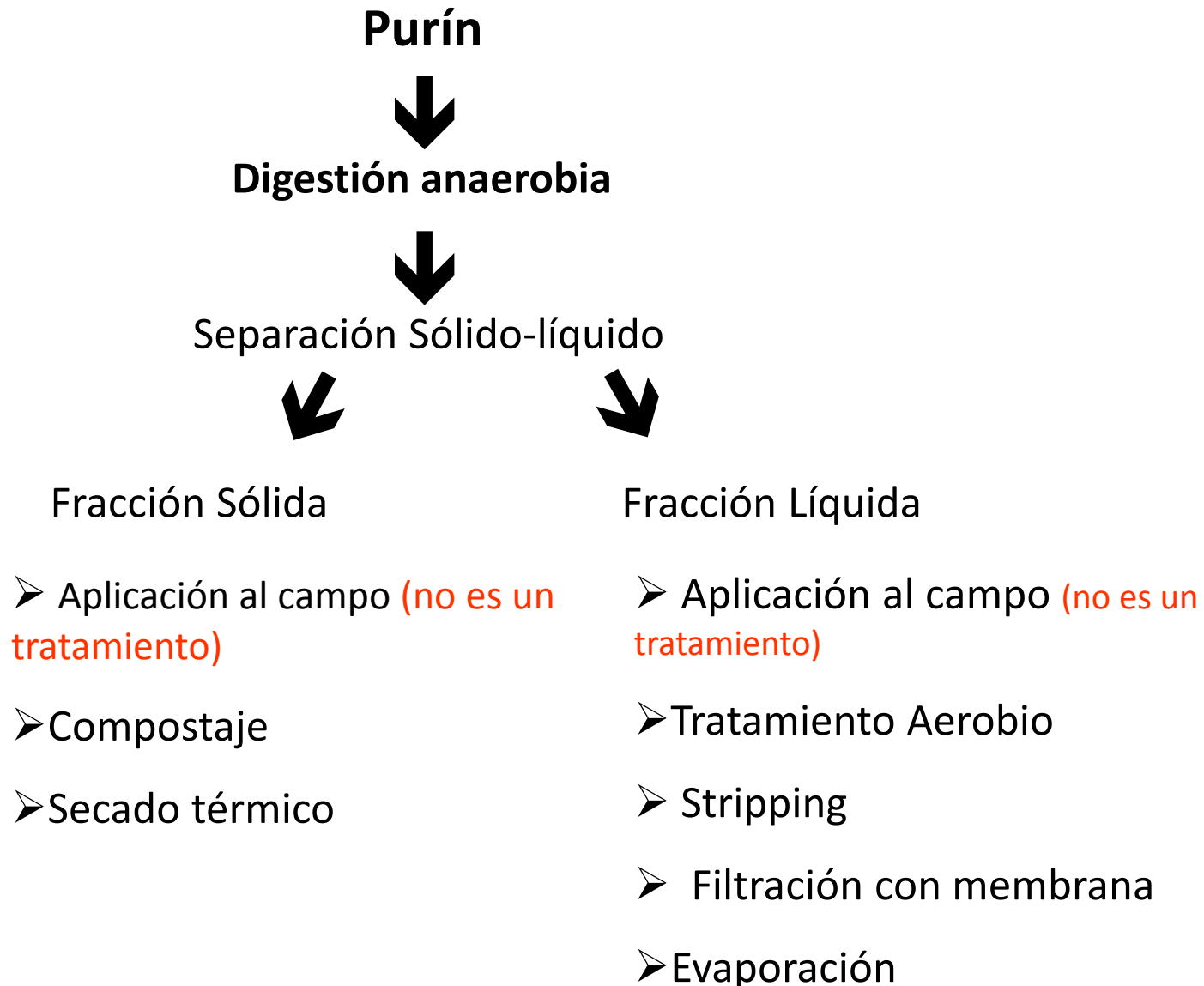
- Genera energía
- Mineralización parcial del C y N
- Higienización parcial
- Reducción de malos olores
- Homogenización
- Reducción de GEI
- Mejora la eficiencia de otros procesos de aplicación posterior (concentración/evaporación o stripping)

Inconvenientes

- Inversiones elevadas
- Supervisión técnica periódica
- Sensible a presencia de tóxicos
- No elimina N

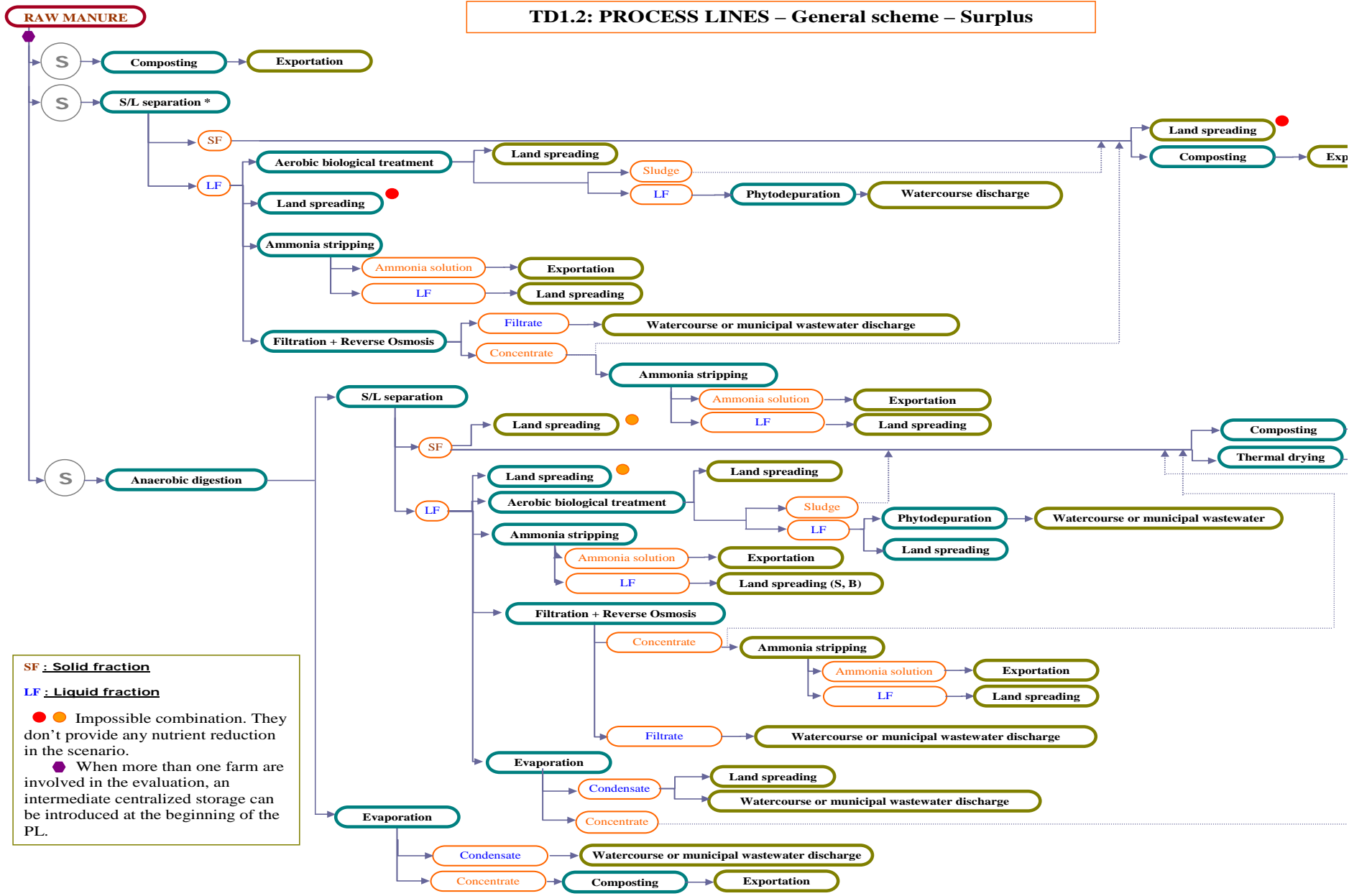


Caso especial en el que la separación S-L se hace después del tratamiento



Existen muchos tratamientos que combinan diferentes tecnologías dependiendo del objetivo final. ¿Cuál es la necesidad del ganadero?

TD1.2: PROCESS LINES – General scheme – Surplus



SF : Solid fraction
LF : Liquid fraction

● ● Impossible combination. They don't provide any nutrient reduction in the scenario.
 ● When more than one farm are involved in the evaluation, an intermediate centralized storage can be introduced at the beginning of the PL.

Tecnología	Costes de operación
Digestión anaerobia (todo el purin)	Varia según el volumen a tratar, ej. planta de 550m ³ : 7.6€/m ³ purin
Compostaje	20 € /Tn producida
Tratamiento biológico aerobio. Nitrificación-desnitrificación	1.5-3 €/Tn purin tratado (sólo el tratamiento de eliminación de N) 2.5-5.2 €/Tn purin tratado (incluida separación S-L y compostaje del sólido)
Stripping	Reactivos:0.87€/m ³ reactivo+2.5-4.5€/kg N stripped
Filtración con membrana	1-7 €/Tn purin tratado

Fuente: Technical Report No. II to the European Commission, Directorate-General Environment, 2011.



Junta de
Castilla y León

Consejería de Agricultura y Ganadería



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
AGRARIO

Junta de Castilla y León
Consejería de Agricultura y Ganadería

ESTRATEGIAS TECNOLÓGICAS PARA EL TRATAMIENTO DE LAS DEYECCIONES GANADERAS

María Cruz García González
ITACyL

gargonmi@itacyl.es

XXVII Jornadas de Ciencia y Tecnología

**Soluciones técnicas para los purines
generados en el sector porcino**