

## TRATAMIENTOS de DEYECCIONES PORCINAS

La vocación natural de los estiércoles es su valorización como fertilizantes y regeneradores de suelos.

Sin embargo, antes de incorporarlos al suelo es posible llevar a cabo algunos tratamientos que van a permitir reducir su carga contaminante. Por otra parte, estos tratamientos van a disminuir su contenido en N, por lo que el producto resultante exigirá una superficie de cultivo menor que la que sería necesaria si no se hubiera efectuado el tratamiento.

Es preciso tener en cuenta que cada explotación tiene sus peculiaridades, tales como:

- Volumen y composición de las deyecciones producidas
- Tamaño de la superficie agrícola disponible
- Climatología
- Tipo de suelos, cultivos y rendimientos
- Localización (distancia a núcleos urbanos, a cauces de agua, mercado para los subproductos producidos, carreteras, etc.)

Por eso una buena solución para una determinada granja o región no tiene porque ser adecuada a otra explotación.

Los tratamientos a gran escala (grandes centros de recolección y tratamiento de purines con cogeneración de energía eléctrica) necesitan de considerables ayudas públicas, su viabilidad a largo plazo es dudosa (por razones sanitarias, entre otras) y, en términos generales, la solución más sostenible es la reducción de la carga ganadera (en determinadas zonas) y, en cualquier caso, una adecuada utilización agrícola.

TIPOS de TRATAMIENTOS	
METODOS FISICOS: SEPARADORES DE SOLIDOS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Por gravedad</li><li>• MECANICOS: Tamices, separadores de tornillo, prensas, etc.</li></ul>
METODOS FISICO-QUIMICOS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Evaporación</li><li>• Filtración</li><li>• Procedimientos mixtos</li></ul>
METODOS BIOLOGICOS	<ul style="list-style-type: none"><li>• LAGUNAS</li><li>• Digestores</li><li>• COMPOSTAJE</li></ul>

Muchos de estos tratamientos pueden establecerse conjuntamente, con lo que se mejora el rendimiento.

Para decidir la solución más idónea para cada explotación es preciso conocer:

- El volumen de deyecciones producido anualmente.
- La cantidad de N y P producido
- La superficie agrícola disponible.
- La cantidad de N y P que puede “absorber” dicha superficie.

Con estas variables podremos calcular los excedentes de nutrientes y, en función de los mismos, decidiremos el tratamiento a aplicar.

Para una granja de 2.400 madres de producción de lechones de 18-20 kilos, y considerando una producción anual de 6,12 m3 de purin por plaza, tenemos:

Nº de cerdas	2.400		Excedentes
Producción anual de purin/cerda (m3)	6,1		
Producción total de purin (m3)	14.688		
Kg de N/m3	3,5		
Kg de P/m3	2,1		
Producción anual de N (Kg)	51.408		
Producción anual de P (Kg)	30.845		
<b>CASO I</b>			
Nº de Has.	<b>300</b>		
Máximo Kg de N aportados por Ha	170	51000	408
Máximo Kg de P aportados por Ha	80	24000	6.845
<b>CASO II</b>			
Nº de Has.	<b>40</b>		
Máximo Kg de N aportados por Ha	170	6800	<b>44.608</b>
Máximo Kg de P aportados por Ha	80	3200	<b>27.645</b>

*Vemos que en el Caso I existe un equilibrio entre la superficie agrícola (300 Has.) y el nº de animales en la explotación, en este caso no sería preciso hacer ningún tratamiento, sería suficiente con disponer del volumen de almacenamiento preciso para poder aplicar el purín en las fechas adecuadas.*

*Ahora bien, en el Caso II, se impone hacer un tratamiento adecuado para hacer frente al excedente de nutrientes que se produce. Como veremos más adelante una adecuada SEPARACION de FASES y un tratamiento BIOLÓGICO nos permitirán evitar los excedentes de nutrientes que se producen.*

Como sea que la gran mayoría de las explotaciones porcinas no disponen de una superficie agrícola suficiente (Caso II) para “asimilar” los purines producidos, entendemos que los tratamientos de más fácil aplicación pasan por:

- SOLUCION 1: Separación de sólidos-líquidos + un tratamiento mediante lagunaje, o
- SOLUCION 2: BALSAS de DESECACION.

No obstante, si se dispone de:

1. suficiente superficie agrícola (Caso I) y de un tamaño adecuado de balsas o fosas de almacenamiento de los purines (mínimo para almacenar la producción de seis meses) y de
2. los medios adecuados de aplicación

la mejor solución pasa por la utilización de las deyecciones como fertilizante, sin necesidad de hacer tratamiento alguno.

## SOLUCION 1: Separación de sólidos + lagunas

### 1.1. SEPARACION de SOLIDOS

De los diferentes sistemas de SEPARACION de SOLIDOS entendemos que los más idóneos, con una homogeneización previa, son:

- a) Los TAMBORES ROTATIVOS (con criba o tamiz de 1,5 mm)
- b) Las PRENSAS con TORNILLO sinfín (con criba de 0,5 mm). Se trata de un tornillo sinfín que prensa el purin contra una criba cilíndrica de ranuras de 0,5 mm.

	Líquido Entrante	Tambores rotativos		Prensa tornillo	
		Efluente	% reducción	Efluente	% reducción
TS (kg/m <sup>3</sup> )	56		20	11	<b>80</b>
TSS (kg/m <sup>3</sup> )	50			8	<b>84</b>
DQO (mg/l)	40000		20	20000	<b>50</b>
N-NH <sub>3</sub> (kg/m <sup>3</sup> )	2,1			2,1	-
N total (kg/m <sup>3</sup> )	<b>2,9</b>		10	2,4	15
P total (kg/m <sup>3</sup> )	0,9		10		20
P disuelto (kg/m <sup>3</sup> )	0,34			0,32	6
K (kg/m <sup>3</sup> )	0,91		10	0,81	10
Salinidad (kg/m <sup>3</sup> )	0,012			0,011	8
Humedad sólidos separados		85 %		70 %	
<b>TS</b>	Total sólidos , compuestos por TSS (sólidos en suspensión) y TSD (sólidos disueltos)				
<b>TSS</b>	Total sólidos suspendidos (es la fracción de sólidos sobre los que actúa el separador)				
<b>TSD</b>	Los sólidos disueltos (<0,105 mm), representan entre un 35 y 55% del total de sólidos, en ellos se encuentra el 70% del N total, el 47% de la DQO y el 75% del P total.				
<b>N-NH<sub>3</sub></b>	Es soluble y está asociado a los sólidos disueltos, en consecuencia, la eficiencia del separador es mínima.				
<b>K</b>	Es soluble y está asociado a los sólidos disueltos, en consecuencia, la eficiencia del separador es mínima.				
<b>P</b>	Es el elemento sobre el que más debería actuar el separador puesto que, como es relativamente insoluble, asumimos que está asociado con la fracción sólida.				

Fuente: FAN

## 1.2. LAGUNAS ANAEROBIAS

### OBJETO de las LAGUNAS ANAEROBIAS

Las lagunas anaerobias se diseñan para almacenar y tratar las deyecciones porcinas diluidas con agua.

Una laguna es un tanque biológico en el que las deyecciones son parcialmente descompuestas antes de utilizarlas, como una fuente de fertilizantes, para el riego de parcelas.

Puede proyectarse una única fase o bien dos fases, en este caso a la o las lagunas de la segunda fase se las denomina FACULTATIVAS.

La o las lagunas propiamente ANAEROBIAS son lagunas profundas (más de 3 metros de altura) que tienen como objetivo principal la reducción de la carga orgánica.

Las lagunas FACULTATIVAS tienen como objetivo la reducción de nitrógeno y fósforo, además de seguir reduciendo la carga orgánica que les llega de las lagunas anaerobias de la primer etapa.

Las ventajas de las lagunas son:

- ✓ Alta eficiencia para la eliminación de la materia orgánica y el N.
- ✓ Capacidad de adaptación a variaciones bruscas de caudal y de la carga orgánica aplicada, por los elevados tiempos de retención.
- ✓ Un manejo hidráulico de las deyecciones.
- ✓ Reducción de los olores durante la aplicación del líquido final resultante, disminución debida al alto grado de estabilización del efluente.
- ✓ La alta reducción del contenido de nitrógeno minimiza la superficie de tierra necesaria para su aplicación.
- ✓ Un almacenamiento a largo plazo con un coste mínimo.
- ✓ Bajos costes de operación y mantenimiento.
- ✓ Posibilidad de recircular el líquido de la última laguna y utilizarlo para el llenado de fosas.
- ✓ Posibilidad de proyectarlas de modo que su ampliación sea fácil, lo que le da una gran flexibilidad al sistema

Pero también existen desventajas:

- La opinión pública las ve como un “depósito abierto de deyecciones”.
- Exigen una cantidad importante de terreno para su construcción.
- La producción de malos olores en los cambios de estación (principalmente en primavera) y cuando se hacen trabajos de mezcla (agitación) y extracción.
- El hecho que su rendimiento se vea afectado por la meteorología.
- La necesidad de impermeabilizarlas, en caso de que no se disponga de un terreno impermeable.
- La pérdida del valor fertilizante del efluente final.
- La colmatación de las primeras lagunas por sedimentación de barros.

## **LOCALIZACION y DISEÑO**

Es preciso respetar unas distancias mínimas frente a:

- Vecinos y áreas de uso público.
- Ríos, embalses u otras corrientes de agua
- Pozos de captación de aguas de bebida.

También es necesario situarlas teniendo en cuenta la dirección de los vientos dominantes en verano, para que lleven los olores lejos de residencias cercanas.

Respecto al diseño se debe tener en cuenta que:

- Los purines lleguen a la laguna por gravedad
- Es necesario prever una altura libre, mínima de 50 cm, por encima de la lámina de agua para evitar el deterioro de los taludes por el oleaje.
- La parte superior del terraplén perimetral (coronamiento) tendrá una anchura de al menos 3 metros. El terraplén perimetral deberá tener una altura mínima sobre el terreno natural de al menos 0,75 m para evitar la entrada de aguas de escorrentía.  
Se deben evitar las plantaciones de árboles altos cerca de las lagunas, puesto que evitan el paso del viento y la luz solar.
- Las ENTRADAS a las lagunas se pueden hacer con tubos de plástico de al menos 150 mm de diámetro. La descarga de agua puede estar por debajo o por encima del nivel de agua de la laguna, las entradas por debajo del nivel son más propensas a la obstrucción mientras que las entradas por encima del nivel de agua están sujetas a congelarse durante las épocas de mucho frío. Los dispositivos de entrada y salida deben estar en lados opuestos de la laguna.
- Las SALIDAS deben tener la toma de agua 50 cm por debajo del nivel de la lámina de agua, para ello se debe instalar una “T” en la boca del caño de salida, e forma que la toma se haga por debajo de la superficie de agua. Se dará una pendiente de un 1% a los caños de interconexión de lagunas.
- Geometría: Es aconsejable que las dimensiones de largo y ancho guarden una proporción de al menos 2:1 (dos largos por un ancho) para que el flujo de agua se haga de manera lenta y uniforme.

## **IMPERMEABILIZACION**

Las lagunas se deben impermeabilizar para evitar la posible contaminación de acuíferos. Del estudio de suelos se podrá conocer la impermeabilidad del terreno, de tener un suelo permeable se procederá a impermeabilizarlo, mediante arcillas o láminas de polietileno. El tipo de lámina elegido para impermeabilizar será polietileno alta densidad, HPDE de 1,5 mm. (ISO 9.001) sobre geotextil de polipropileno PP de 250 g.

**DIMENSIONES (Según criterios de la Universidad de IOWA)**

El volumen total de una laguna esta determinado por la suma del volumen mínimo de diseño, el volumen de deyecciones aportado durante el período de almacenamiento, el volumen de dilución (no menos que un 50% del volumen mínimo de diseño y el volumen de acumulación de barros o fangos

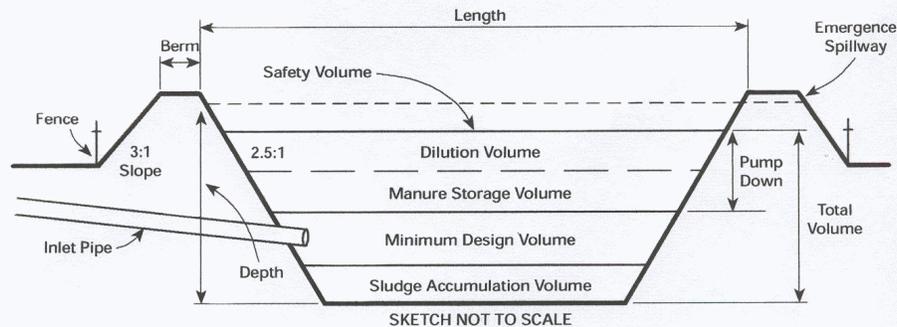


Figure 1. Single-stage anaerobic lagoon

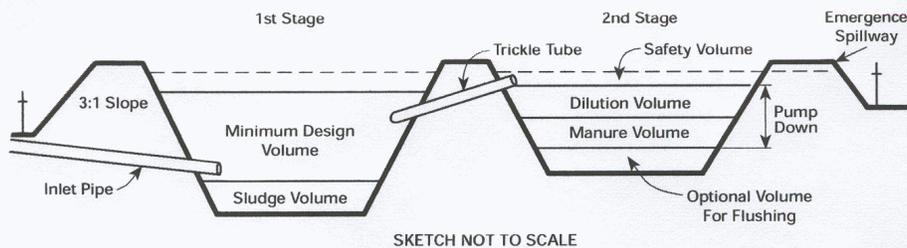


Figure 2. Two-stage anaerobic lagoon

a) **VOLUMEN MÍNIMO de DISEÑO**

Es el volumen requerido para asegurar la acción bacteriana.

El nivel del agua en la primer laguna nunca debe bajar de este mínimo, lo que significa que la laguna I, en el caso de que haya dos etapas, debe estar siempre llena.

Este volumen mínimo esta determinado por la producción de sólidos volátiles y la máxima carga diaria de sólidos volátiles.

Se considera que los **SOLIDOS VOLATILES** son un 80% de los **SOLIDOS TOTALES**.

b) **ALMACENAMIENTO de DEYECCIONES**

Este volumen es igual a la cantidad de deyecciones producidas durante el período de almacenamiento (un año)

c) **VOLUMEN de DILUCION**

Es un 50% del volumen mínimo de diseño, incluye las aguas de lavado, pérdidas en bebederos, agua de precipitaciones, etc.

d) **VOLUMEN para ACUMULACION de LODOS**

Los sólidos que no pueden ser licuados por las bacterias se acumulan en el fondo en forma de barros o lodos (Aún cuando la entrada se realiza separando gran parte de los

sólidos). En la tabla 3.1. anexa se considera el volumen necesario para 10 años de funcionamiento.

e) VOLUMEN TOTAL

Los datos a tener en cuenta para el cálculo de la primer laguna son:

- 0,58 pies3/libra de peso de cerdas en gestación
- 1,07 pies3/libra de peso de cerdas en maternidad
- 2,10 pies3/libra de peso de lechones

Los datos a tener en cuenta para el cálculo de la segunda laguna son:

- 0,44 pies3/libra de peso de cerdas en gestación
- 0,79 pies3/libra de peso de cerdas en maternidad
- 1,27 pies3/libra de peso de lechones

		Laguna I		Laguna II		TOTAL I+II
GESTACION						
Nº de cerdas	1920					
Peso (lb)	275					
Total libras	528000	0,58	306240	0,44	232320	
MATERNIDAD						
Nº de cerdas	480					
Peso (lb)	375					
Total libras	180000	1,07	192600	0,79	142200	
LECHONES						
Nº de LECHONES	7200					
Peso (lb)	30					
Total libras	216000	2,1	453600	1,27	274320	
TOTAL pies3			952440		648840	
TOTAL m3			26954		18362	45.316
Volumen total si se realiza una SEPARACION de SOLIDOS						33.987

Si se realiza una SEPARACION de SOLIDOS antes de la entrada en las lagunas .el volumen total se puede reducir en un 25%

## DIMENSIONES (Según el Método del Banco Mundial)

### a) LAGUNAS ANAEROBIAS

El Método del Banco Mundial basa el tamaño de las lagunas en función de la carga orgánica (DBO<sub>5</sub>) del influente, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$V = \frac{COT}{TA} = \frac{Co \times Q}{0,10}$$

Donde:

V =	Volumen necesario de laguna, en m <sup>3</sup>
COT =	Carga orgánica total que se aplica a la laguna (Kg de DBO <sub>5</sub> /día)
TA =	Carga volumétrica o tasa de aplicación aceptable para un buen funcionamiento de la laguna = 0,1 kg de DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> /día, considerando una temperatura media del mes más frío inferior a 10°C. La TA se puede calcular de acuerdo con la fórmula: $TA = 20 T - 100$ (para 10°C < T < 20°C)
Co =	Carga de DBO <sub>5</sub> del líquido que entra en la laguna (Kg de DBO <sub>5</sub> /m <sup>3</sup> )
Q =	Volumen diario de líquido entrante

En el caso de una granja de 2.400 madres de producción de lechones de 18-20 kilos, y considerando una DBO<sub>5</sub> inicial de 24.000 mg/l ( 24 kg/m<sup>3</sup>), tenemos

$$V = \frac{24 \times 40}{0,10} = 9.600 \text{ m}^3$$

Se ha considerado.

- Una producción anual de 6,12 m<sup>3</sup> de purin por plaza, lo que representa 40 m<sup>3</sup>/día para las 2.400 plazas de madres.
- Que se hace una separación de sólidos antes de la entrada en las lagunas, de manera que se hace una reducción de un 40% de la DBO<sub>5</sub> inicial.

Se debe construir una laguna de 35 x 70 m, con una altura útil de 4 m

<i>Laguna ANAEROBIA</i>	
<i>Dimensiones fondo</i>	<i>35x70</i>
<i>Superficie fondo (A<sub>1</sub>)</i>	<i>2.450</i>
<i>Talud</i>	<i>1:2</i>
<i>Altura útil (h)</i>	<i>4</i>
<i>Dimensiones lámina de agua</i>	<i>51x86</i>
<i>Superficie lámina de agua (A<sub>2</sub>)</i>	<i>4.386</i>
<i>VOLUMEN útil (m<sup>3</sup>)</i>	<i>13.500</i>
<i>Altura total</i>	<i>4,5</i>

Para determinar el volumen de las lagunas se aplica la fórmula:

$$V = \frac{1}{3} h (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \times A_2})$$

**b) LAGUNAS FACULTATIVAS**

El cálculo de dimensiones se hace de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A = \frac{COT}{TAS} = \frac{COT}{140}$$

Donde:

A =	Superficie necesaria de laguna facultativa, en Ha
COT =	Carga orgánica total que se aplica a la laguna (Kg de DBO <sub>5</sub> /día)
TAS =	Tasa de aplicación superficial aceptable para un buen funcionamiento de la laguna = 140 kg. De DBO <sub>5</sub> /Ha y día La TAS se calcula según la ecuación: TAS = 20T – 60

*En el caso de una granja de 2400 madres de producción de lechones de 18-20 kilos, y considerando una DBO<sub>5</sub> del líquido que llega de la laguna anaerobia de inicial de 3.000 mg/l (3 kg/m<sup>3</sup>), tenemos*

$$A = \frac{COT}{140} = \frac{3 \times 40}{140} = 0,86 \text{ Has}$$

*Se debe construir una laguna de 60 x 120, con una altura útil de 2 m*

<i>Laguna FACULTATIVA</i>	
<i>Dimensiones fondo</i>	<i>60x120</i>
<i>Superficie fondo (A<sub>1</sub>)</i>	<i>7.200</i>
<i>Talud</i>	<i>1:2</i>
<i>Altura útil (h)</i>	<i>2</i>
<i>Dimensiones lámina de agua</i>	<i>68x128</i>
<i>Superficie lámina de agua (A<sub>2</sub>)</i>	<b><i>8.704</i></b>
<i>VOLUMEN útil (m<sup>3</sup>)</i>	<b><i>15.800</i></b>
<i>Altura total</i>	<i>2,5</i>

**c) VOLUMEN TOTAL de LAGUNAS (volumen útil)**

<i>Laguna ANAEROBIA</i>	<i>13.500</i>
<i>Laguna FACULTATIVA</i>	<i>15.800</i>
<b><i>TOTAL (m<sup>3</sup>)</i></b>	<b><i>29.300</i></b>

### TABLAS ORIENTATIVAS para DIMENSIONAR LAGUNAS

Existen diferentes métodos para el cálculo de las lagunas, la Sociedad Americana de Ingenieros Agrónomos (ASAE) recomienda los volúmenes de lagunas anaerobias (m<sup>3</sup> por plaza) que se indican en la tabla anexa.

Las capacidades indicadas son mínimas y se indican en función del tipo de animal y la zona climática.

LAGUNA ANAEROBIA (m <sup>3</sup> /plaza o cerda)			
Tipo de plaza	Zona climática		
	Fría	Templada	Cálida
Cerda en gestación	<b>7</b>	5	4
Cerda en maternidad + lechones	<b>15</b>	11	9
Lechón* (6-20 kg.)	<b>15</b>	10	9
Cebo* (20-100 kg.)	<b>13</b>	9	7
Cerda** + lechones 20 kg.	<b>20</b>	14	11
Cerda ciclo cerrado**	<b>220</b>	160	125

Las zonas climáticas se definen en función de la carga de sólidos volátiles.

Zona fría: Carga del orden de 0,06 kg de SV/ m<sup>3</sup> y día)

Zona templada: Carga del orden de 0,08 kg de SV/m<sup>3</sup> y día

Zona cálida: Carga del orden de 0,10 kg de SV/m<sup>3</sup> y día

LAGUNA FACULTATIVA (m <sup>3</sup> /plaza o cerda)	
Tipo de plaza	
Cerda en gestación	<b>3</b>
Cerda en maternidad + lechones	<b>10</b>
Lechón* (6-20 kg.)	<b>4</b>
Cebo* (20-100 kg.)	<b>3</b>
Cerda** + lechones 20 kg.	<b>8,6</b>
Cerda ciclo cerrado**	<b>22</b>

\*Por plaza

\*\* Por cerda, considerando 20 cerdos vendidos/cerda y año

*Según estas tablas de la ASAE, en el caso de la explotación de 2400 madres con lechones de hasta 20 kilos las lagunas necesarias, en una zona fría, serían:*

	Plazas	M <sup>3</sup> /plaza	Volumen necesario (m <sup>3</sup> )
Laguna anaerobia	2400	20	48.000
Laguna facultativa	2400	8,6	20.640
<i>Total</i>			<i>68.640</i>

*La ASAE recomienda la laguna facultativa para reciclar el agua de la misma para la limpieza de fosas (flush water), para mejorar la calidad de la misma y para reducir los niveles de organismos patógenos.*

*Vemos que según los diferentes criterios necesitaremos:*

	<i>Volumen total (m3)</i>		
	<i>Sin separar fases</i>	<i>Separando fases (1)</i>	<i>Por cerda</i>
<i>Universidad de IOWA</i>	<i>45.300</i>	<i>34.000</i>	<i>14</i>
<i>Método del Banco Mundial</i>	<i>-</i>	<i>29.300</i>	<i>12</i>
<i>Sociedad Americana de II.AA.(ASAE)</i>	<i>68.600</i>	<i>51.000</i>	<i>21</i>

(1) Haciendo una separación de fases se puede reducir el volumen total del orden de un 25%

*Para las condiciones climáticas de España se deben aplicar los valores obtenidos con las recomendaciones de la ASAE.*

## **MANTENIMIENTO**

### **a)PUESTA en FUNCIONAMIENTO**

Una laguna anaerobia nueva debe ser llenada con agua limpia hasta al menos un 50% de la profundidad de diseño antes de comenzar a cargarla. Su puesta en marcha se debe hacer preferentemente en primavera o verano para lograr la máxima concentración de bacterias antes de que llegue el invierno.

### **b)MANTENIMIENTO**

El pH de la laguna debe ser del orden de 7,5 (ligeramente básico) de lo contrario se pueden producir problemas de olores. Para corregir un pH de 6,5 (que puede ser normal en lagunas nuevas) y llevarlo a valores cercanos al pH recomendado, se deberá aplicar cal hidratada (0,5 kilos de cal por cada 100 m<sup>2</sup> de laguna) en el momento del primer llenado.

Es conveniente cargar todos los días las lagunas para que su rendimiento sea mejor.

En caso de que se practique la recirculación de efluentes, o en zonas de alta evaporación o con alto contenido de sales en las aguas utilizadas, es preciso tener en cuenta que se pueden alcanzar concentraciones altas de sales en el líquido de las lagunas. Concentraciones por encima de 5000 ppm pueden llegar a inhibir la acción bacteriana.

De llegarse a estas cifras es preciso extraer, hasta un 50% del contenido de las lagunas, hacer una aplicación agrícola y rellenar parcialmente las lagunas con agua limpia.

Las lagunas se deben inspeccionar periódicamente para asegurarse que los dispositivos de entrada y salida funcionan correctamente. Es preciso cortar la hierba y malezas que haya alrededor del terraplén perimetral.

También deben estar bien señalizadas y cercadas.

## **DEPURACION OBTENIDA**

### **EFLUENTE LAGUNA ANAEROBIA**

En esta etapa se consigue una reducción del:

- 90-95% sobre DBO<sub>5</sub>
- 30-40% sobre el N

**EFLUENTE LAGUNA FACULTATIVA**, en éstas la reducción es del orden de:

- 50 – 60% sobre DBO<sub>5</sub>
- 80-90% sobre el N

## RENDIMIENTO GLOBAL DE DEPURACION

	Entrada Laguna I	Salida Laguna II	% reducción
DBO <sub>5</sub>	24.000	1.200	95%
DQO	52.000	2.600	95%
N	3.500	420	85%

### UTILIZACION del PURIN TRATADO

El líquido resultante, con una composición de 0,420 kilos de N/m<sup>3</sup>, debe utilizarse en campos muy próximos a las lagunas.

La eficiencia del sistema permite reducir la superficie agrícola en un 85% respecto a la que se necesita si se aplica el purín nada más salir de las fosas de almacenamiento.

**Serán necesarias del orden de 36 Has para absorber el N resultante.**

Las lagunas garantizan el almacenamiento del producto final por un amplio período.

## SOLUCION 2: BALSAS de DESECACION

Se entiende por balsas de desecación: las instalaciones que tengan por finalidad la desecación de los estiércoles fluidos por efecto de la evaporación natural.

Con la construcción de las balsas se pretende dar una solución a la producción de purines de la citada explotación de producción (2.400 madres + lechones), debido a que no dispone de una base territorial suficiente.

Se da por supuesto que la propiedad asume la responsabilidad individual del mantenimiento de la instalación y la gestión de los residuos obtenidos.

Asimismo existe la garantía suficiente de que las balsas, alcanzado el fin de su vida útil, serán clausuradas adoptando las medidas necesarias para evitar daños al Medio Ambiente.

La explotación dispone de una balsa para el almacenamiento de los purines, impermeabilizada con lámina de PVC y cubierta con una capa flotante de arcilla expandida, con una capacidad para 3.700 m<sup>3</sup>.

### BALANCE de PRODUCCION de PURINES

2.400 cerdas x 6,12 m<sup>3</sup>/plaza y año = 14.688 m<sup>3</sup>

### BALANCE HIDRICO.

Según datos obtenidos de la caracterización agroclimática de la provincia de Zaragoza y de la Estación Meteorológica de Pina de Ebro, tenemos:

Evapotranspiración potencial media anual	914,2 mm
Pluviometría anual	353,6 mm
<b>BALANCE HIDRICO resultante</b>	<b>560,6 mm</b>

### SUPERFICIE NECESARIA DE BALSAS

La superficie necesaria de balsas es:

$$S = \frac{14.688.000l. \text{ de purín producido/año}}{560,6 \text{ litros/m}^2} = 26.200 \text{ m}^2 \text{ de superficie necesaria}$$

### UTILIZACION del RESIDUO SECO RESULTANTE de la DESECACION de PURINES como FERTILIZANTE

El purín es almacenado durante 2-3 meses en una fosa en la que se producen reacciones de tipo anaerobio. Al estar esta fosa cubierta, por una capa flotante de arcilla, se han considerado unos coeficientes de reducción de los niveles de nutrientes más bien bajos o prudentes, lo que nos da un mayor margen de seguridad.

Posteriormente el purín pasa a las balsas de desecación en las que se procede a su evaporación de manera natural.

Durante el tiempo de permanencia en las balsas, el N va disminuyendo (por procesos de fermentación aeróbica y por emisiones a la atmósfera), llegando a alcanzarse una pérdida del orden de un 75%.

Nº cerdas	2.400				
Producción anual/cerda	6,1				
Producción total (m <sup>3</sup> )	14.688				
		MS	N total	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Composición purín a la salida granja (kg/m <sup>3</sup> )		26,0	3,5	2,1	3,0
TOTAL nutrientes en el purín (kilos)		381.888	51.408	30.845	44.064
Reducción fosa almacenamiento (%)		10	10	10	10
Purín entrada BALSAS		343.699	46.267	27.760	39.658
Reducción en balsas (%)		10	75	50	50
TOTAL nutrientes sedimento balsas (kilos)		309.329	11.567	13.880	19.829
Densidad sedimento (kg/m <sup>3</sup> )	450				
Volumen sedimentos (m <sup>3</sup> )	442				
Composición sedimento o lodos balsas (kg/m <sup>3</sup> )		700	26	31	45

Se obtendrán del orden de 11.567 kilos de N por lo que, aplicados a razón de 170 kg/Ha, se necesitarán 68 Has.

### **DESCRIPCION de las balsas a construir**

La profundidad establecida para las balsas es de 0,60 m., para que queden 0,50 m. útiles de altura de columna de purín. (La balsa en sí tiene una profundidad de 80 cm., pero hay unos 20 cm. en el fondo de aportación de terreno vegetal para facilitar la limpieza de los fangos sin deteriorar el fondo en sí del vaso).

#### **Transporte desde la fosa**

El transporte del fluido se hace mediante una tubería de PV. de Ø 315 mm, por gravedad se evacuará a cada una de las balsas.

#### **Vallado perimetral**

Deberá existir un cercado perimetral del conjunto de las balsas, con malla metálica 50 x 50 x 14 mm. y con una altura de 2 m. desde el nivel del suelo. Se dejarán al menos 2 puertas de acceso de 4 x 2 m. y 1 puerta de acceso de personal de 1 x 2 m.

### **CRITERIOS CONSTRUCTIVOS**

La realización de una balsa estanca con materiales térreos no depende únicamente de la litología y la hidrogeología, sino que depende de la permeabilidad del terreno y del seguimiento de los trabajos realizados durante su construcción.

#### **Litología y adecuación del emplazamiento:**

Hay que determinar las condiciones hidrogeológicas de la zona (especialmente la profundidad del nivel freático) y la permeabilidad del terreno. En suelos permeables o muy permeables o en zonas con el nivel freático a menos de 1 m. de la base de la balsa se ha de desaconsejar la posibilidad de realizar la balsa con materiales térreos.

Una balsa de desecación hecha con tierras se podrá emplazar únicamente en un sitio donde el terreno se pueda calificar como impermeable. Es decir, cuando cumpla de manera natural y simultáneamente las dos condiciones siguientes:

$$K < 1 \times 10^{-7} \text{ cm/s}$$

$$\text{Espesor} > 1 \text{ metro}$$

El espesor se refiere a la capa de terreno medida desde el fondo de la balsa.

### **Mantenimiento**

#### **Mantenimiento de las instalaciones**

El mantenimiento de las instalaciones dadas las características de las mismas, es muy sencillo y se resume en los siguientes puntos:

- Mantenimiento de los taludes y de la rampa que hayan podido deteriorarse por las condiciones ambientales.
- Mantenimiento de las cunetas de recogida de agua en dirección a la balsa.
- Eliminación periódica de la vegetación que vaya apareciendo.
- Limpieza de la balsa y gestión de los residuos obtenidos.
- Garantía de que las balsas, alcanzando el fin de su vida útil, serán clausuradas adoptando las medidas necesarias para evitar daños al medio ambiente.

#### **Limpieza de la balsa y reposición para preservar el fondo**

La limpieza de la balsa es el punto más importante del mantenimiento, tanto por su implicación en la funcionalidad de todo el sistema, como por su coste económico.

El objetivo de la construcción de las balsas de desecación de purines es la eliminación de los mismos por efecto de la evaporación.

Debido a la actividad biológica, al estancamiento de las aguas y a la evaporación, se produce una decantación de las partículas sólidas en suspensión, dando lugar a una acumulación de fangos en el fondo.

La extracción de estos fangos se realizará con una retroexcavadora, con cuchara y sin dientes, para no dañar la capa superficial de la solera de la misma, procediéndose a la carga en camión, remolque agrícola, etc., para su posterior traslado e incorporación a terrenos agrícolas.

## CONCLUSIONES

En este trabajo se estudian dos posibles tratamientos de las deyecciones animales producidas en una explotación de 2400 madres y su producción de lechones de 18-20 kilos. Asimismo se dan pautas para calcular sistemas similares en otras granjas.

En el caso de utilizar el sistema de LAGUNAS se requiere una base agrícola de 36 Has mientras que si se utilizan BALSAS de DESECACION la base agrícola necesaria es de 68 Has.

Cualquiera de los dos tratamientos puede ser válido pero ambos tienen en común que no requieren elevados gastos de operación y mantenimiento.

Al final siempre es necesaria una BASE AGRICOLA en la que aprovechar el producto final, aprovechamiento que requerirá un PLAN de GESTION de acuerdo con los cultivos que se vayan a realizar.

**TABLAS**

**Tabla 1.-  
PRODUCCION ANIMAL DIARIA**

Tipo estiércol / Animal	Peso (Kg)	Cantidades producidas (Kg/día)		
		N	P2O5	K2O
<b>Estiércol LIQUIDO</b>				
Cerdas con lechones	175	0,090	0,08	0,08
Cerdas en gestación	160	0,028	0,022	0,022
Cerdas (310 días gest.+55 lactac.)	160	0,037		
Lechones (transición)	16	0,008	0,005	0,005
Cerdo engorde (peso medio)	60	0,031	0,023	0,024
<b>Estiércol SEMILÍQUIDO</b>				
Gallinas ponedoras	1,8	0,0014	0,0011	0,0006
<b>Estiércol SOLIDO</b>				
Ovino	45	0,020	0,007	0,018
Pollos (peso medio)	1,1	0,0012	0,0006	0,0004
Vacuno de leche	630	0,26	0,10	0,21
Vacuno engorde	225	0,08	0,06	0,07
Vacuno engorde	350	0,12	0,09	0,10
Vacuno engorde	450	0,15	0,11	0,13
Caballos	450	0,12	0,05	0,10

Fuentes:

Livestock Waste Facilities Handbook

Agricultural Waste Management Field Handbook (Midwest Plan Service, USA)

Según estos datos las cantidades de N producido anualmente serían:

Animal	Kg N/día	Días producción	Kg de N/año	N disponible (2)	Plazas / Ha (1)
Cerdas	0,037	365	13,5	8,1	21
Lechones	0,008	300	2,4	1,44	118
Cerdos engorde	0,031	300	9,3	5,58	30
Pollos	0,0012	250	0,30	0,18	944

(1) Para aportar un máximo de 170 Kg de N

(2) Se estima una pérdida o no disponibilidad de un 40% del N durante la retirada, almacenaje y distribución.

Como se puede ver estos datos son menos restrictivos (para el ganado porcino) que los que se presentan en la Tabla 2, aunque hay diferencias en las cantidades de N producido y aquí se está estimando una pérdida de un 40%, dato éste que es un tanto aleatorio.

**Tabla 2.-  
PRODUCCION ANIMAL ANUAL y plazas/Ha para aportar un máximo de 170 kg de nitrógeno.**

Tipo estiércol / Animal (plazas)	Producción N (Kg/año)	Plazas/Ha para aportar 170 Kg/N
<b>ESTIERCOL LIQUIDO</b>		
Cerdas en producción	17,50	<b>10</b>
Lechones en transición	2,87	<b>60</b>
Cerdo engorde	8,40	<b>17</b>
<b>ESTIERCOL SEMILÍQUIDO</b>		
Gallinas ponedoras	0,50	<b>340</b>
Pollita (recría)	0,08	<b>2.125</b>
<b>ESTIERCOL SÓLIDO</b>		
Oveja (reproductora)	9	<b>20</b>
Oveja (reposición)	4,5	<b>40</b>
Cordero (cebo)	3	<b>60</b>
Pollos (con cama de paja)	0,22	<b>800</b>
Vacuno de leche	73	<b>2</b>
Vacuno (reposición)	36,5	<b>5</b>
Vacuno engorde	22	<b>8</b>
Cabra (reproductora)	7,2	<b>24</b>
Cabra (reposición)	3,6	<b>48</b>
Cabrito (engorde)	2,4	<b>70</b>
Equino	64	<b>3</b>
Coneja (inc/ repos., machos y cebo)	4,3	<b>40</b>

Fuentes:

Manual del Código de Buenas Prácticas Agrarias (Generalitat de Catalunya)

Para el cálculo se parte del nº de plazas de una explotación, del peso de nitrógeno producido por cada animal y día y del nº de días que la plaza está ocupada.

**Tabla 3.-  
PRODUCCION ANUAL de NITROGENO y ESTIERCOL**

Animal	Kg de N/ plaza	Purín (m <sup>3</sup> /plaza)	Estiércol (t/plaza)	Densidad (t/m <sup>3</sup> )
Cerdas en producción (lechones 6 kg)	15	5,1		
Cerdas en producción (lechones 20 kg)	18	6,5		
Lechones en transición (6-20 kg)	2,87	0,45		
Cerdo engorde (20-100 kg)	8,75	1,7		
Gallinas ponedoras	0,50		0,04	0,9
Pollita ponedora (recría en batería)			0,02	0,9
Oveja (reproductora)	9		0,9	
Oveja (reposición)	4,5		0,45	
Cordero (cebo)	3		0,3	
Pollos (con cama de paja)	0,22		0,01	0,4
Gallina reproductora (huevos incubar)			0,05	0,4
Pollita reproductora (recría s/paja)			0,01	0,4
Pollita ponedora (recría s/paja)	0,08		0,008	0,4
Vacuno de leche	73		18	0,8
Vacuno (reposición)	36,5		7	0,8
Vacuno engorde	22		4	0,8
Cabra (reproductora)	7,2		0,72	
Cabra (reposición)	3,6		0,36	
Cabrito (engorde)	2,4		0,24	
Equino	64		11	0,8
Coneja (inc/ repos., machos y cebo)	4,3		0,41	0,75

Los datos de producción de N proceden del RD 324/2000, de 3 de marzo (BOE 8-3-2000) y de la Orden de 22 de octubre de 1998, del Código de Buenas Prácticas Agrarias de Catalunya (DOGC 9-11-1998)  
 Las cifras de volúmenes y pesos son de diversas fuentes (RD 324/2000, "Manual de gestión de purines", ITAVI, ADAS, M° de Agricultura y de Alimentación de Ontario -Canada-, Manure Characteristics (MWPS), etc.)

**Tabla 4**  
**CONTENIDO de NUTRIENTES EN LAS DEYECCIONES GANADERAS**

Tipo estiércol	MS	Nitrógeno	Fósforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasio (K <sub>2</sub> O)	C:N
<b>Sólidos</b>			<b>Kilos / t</b>		
GALLINAS ponedoras	280	14,0	15,2	10,0	
POLLOS sobre cama	620	26,3	23,4	18,9	10
<b>Líquidos</b>			<b>kilos/m<sup>3</sup></b>		
CERDOS					
Engorde	75	6,1	5,3	3,7	6
Reproductores	26	3,5	2,1	3,0	3

Fuentes:

ADAS/UK

Caracterización y gestión de los estiércoles sólidos y líquidos. Residuos ganaderos/ “La Caixa”

Utilización agrícola del estiércol líquido porcino/ DARP, Generalitat de Catalunya.

Agricultural Waste Management/Department of Agriculture (USA)

ITAVI

Código Buenas Prácticas Agrarias (Aragón)

Engrais de ferme (Ziegler D. y Heduit M., 1991)

Manure Characteristics, MWPS

ITP, 1997

Estación Experimental de Aula Dei (DGA), 2001

**Tabla 5**  
**FORMAS de PRESENTACION del N**

Fuentes:

ADAS/UK

Caracterización y gestión de los estiércoles sólidos y líquidos. Residuos ganaderos/ “La Caixa”

Utilización agrícola del estiércol líquido porcino/ DARP, Generalitat de Catalunya.

Agricultural Waste Management/Department of Agriculture (USA)

Manure Characteristics, MWPS

ITP, 1997

	N orgánico	N amoniacal	N ácido úrico
Pollos	60	30	10
Gallinas	30	60	10
Cerdas reproductoras	50	50	-
Cerdos engorde	30	70	

**Tabla 6**  
**CONSUMO de AGUA (porcino)**

Fuente:  
Swine Housing and equipment Handbook (MWPS-8)

	Nº	litros/día	TOTAL
Nº reproductoras REPRODUCTORES	2400		
Cerdas gestantes	2160	22	47520
Cerdas reposición	240	22	5280
Cerdas en lactación (lechones 5-7 kg)	480	30	14400
TRANSICION o DESTETE (6-20 kilos)	7200	4	28800
ENGORDE (de 20 a 100 kg)		13	0
<b>TOTAL (litros/día)</b>			<b>96000</b>

La tabla incluye, además del agua de bebida, otras necesidades de agua (limpieza, refrigeración, etc.)

**Tabla 7**  
**PRODUCCION de DEYECCIONES**

Fuentes:  
Livestock Waste Facilities Handbook (MWPS-18), 1993  
Manure Management Systems Series, MWPS-18, Section 1, 2000  
Plan M-3700 (Service de plans canadiens)

	Nº	litros/día	litros/d + 40%	TOTAL
Nº reproductoras REPRODUCTORES	2400			
Cerdas gestantes	2160	5	7	15120
Cerdas reposición	240	5	7	1680
Cerdas en lactación (lechones 5-7 kg)	480	11	15,4	7392
TRANSICION o DESTETE (6-20 kilos)	7200	1,6	2,24	16128
ENGORDE (de 20 a 100 kg)		5,2	7,28	
<b>TOTAL (litros/día)</b>				<b>40320</b>
<b>TOTAL PURIN por cerda y año (m3)</b>				<b>6,13</b>

La producción de purín se incrementa un 40% para tener en cuenta las aguas de limpieza, el agua de dilución necesaria (llenado inicial de fosas), las pérdidas de bebederos, etc.

**Tabla 8**  
**DOSIS (orientativa) de ESTIERCOL / Ha.**

ESTIERCOLES y ABONOS ORGANICOS	% de materia seca	Contenido N total por Ud., (Tm o m <sup>3</sup> )	Cantidad orientativa que contiene 170 Kg de N
<b>PORCINO (Estiércol fluido):</b>			
De ciclos cerrados	5,2	4,2 Kg./Tm	40.000 Kg.
De granjas producción lechones	-	2,4 Kg./Tm	70.000 Kg.
De explotaciones de cría	3,2	3,4 Kg./Tm	50.000 Kg.
De cebaderos	8,4	5,9 Kg./Tm	29.000 Kg.
<b>AVES:</b>			
Gallinaza puesta (baterías)	34	15 Kg./Tm	11.500 Kg.
Pollos de carne (s/suelo)	68	17 Kg./Tm	10.000 Kg.
<b>OVINO</b>	35	14 Kg./Tm	12.000 Kg.
<b>CONEJOS</b>	28-50	15-30 Kg./Tm	11.000-6.000 Kg.
<b>VACUNO</b>	20	6,5 Kg./Tm	26.000 Kg.

Cuando decimos que 10.000 Kg de estiércol de pollos aportan 170 kilos de N nos referimos al “contenido inicial”, además es preciso tener en cuenta que no todo el nitrógeno se mineraliza el primer año.

% de N mineralizado el primer año de aplicación:

- PURIN de cerdos: un 30% si se aplica en otoño y un 60% si se aplica en primavera.
- Gallinaza: 60-90%
- Estiércol de pollos con cama de paja: 50%
- Estiércol de ovino: 40-50%
- Estiércol de vacuno: 20-30%

Calcular la superficie agrícola necesaria con esta tabla puede ser menos fiable puesto que el nitrógeno excretado puede estar más o menos diluido o, en el caso de estiércol sólido, la proporción de cama/deyecciones no es siempre la misma.