
GESTIÓN DE ESTIÉRCOLES EFICIENTE Y CON MENOS EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO



Análisis de casos.
Proyectos clima.

Eva Herrero Mallén
Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA)



PROYECTOS CLIMA



La producción de biogás en España se apoya indirectamente a través del programa de los **Proyectos Clima**. El programa prevé básicamente una compensación por las emisiones evitadas de CO₂ equivalente en los sectores difusos en España, que pueden recibir entre otras instalaciones las de biogás por un período de 4 años. Es un suplemento a los ingresos de la instalación, aunque no es suficiente para justificar una inversión.



DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proyectos Clima

- Ubicados en España
- En los “sectores difusos” (fuera del régimen europeo de comercio de derechos de emisión): transporte, agricultura, residencial, residuos, etc.
- Las reducciones de emisiones deben:
 - Ser adicionales a las derivadas de las normas sectoriales.
 - Ser medibles y verificables, de modo que tengan reflejo en el inventario de gases de efecto invernadero de España.
 - Serán calculadas con arreglo a metodologías que deberá aprobar el Consejo Rector.



DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proyectos Clima



Sector Agrícola

- Proyectos de **tratamiento de residuos orgánicos** ricos en nitrógeno.
- Proyectos de **sustitución de combustibles fósiles** por energía solar en una instalación de riego aislada nueva o ya existente.
- Proyectos de **energía térmica**



DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proyectos Clima



Sector Agrícola

Residuo orgánico rico en nitrógeno : aquel que contenga cantidades suficientes de nitrógeno que hagan que su aplicación en campo conlleve un enriquecimiento excesivo del suelo en este nutriente y por tanto genere problemas de contaminación.

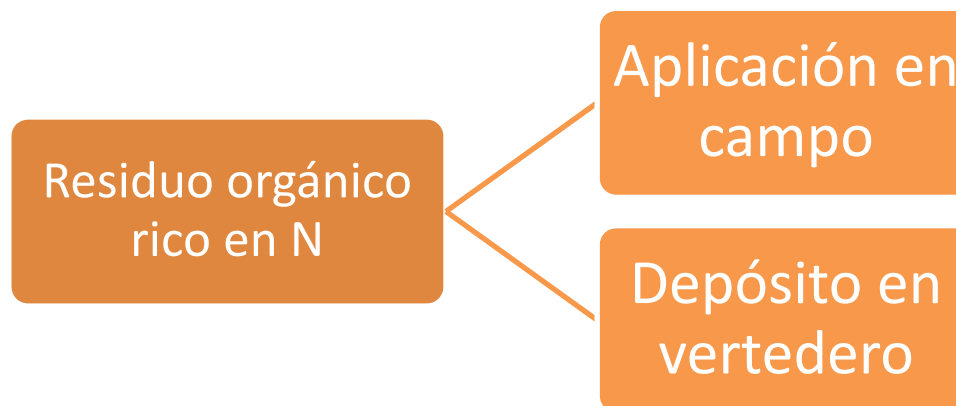
Proceso. Combinación de tratamientos : digestión anaerobia, compostaje, secado, tratamientos de NDN, separación o almacenaje

Fracciones finales.

1. Fracción líquida
2. Fracción sólida
3. Fracción gaseosa:
 - CO_2 : combustibles fósiles + consumo eléctrico
 - CH_4 y N_2O : producidos durante el proceso: fugas y emisiones directas

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proyectos Clima – ESCENARIO BASE (PRE-PROYECTO)



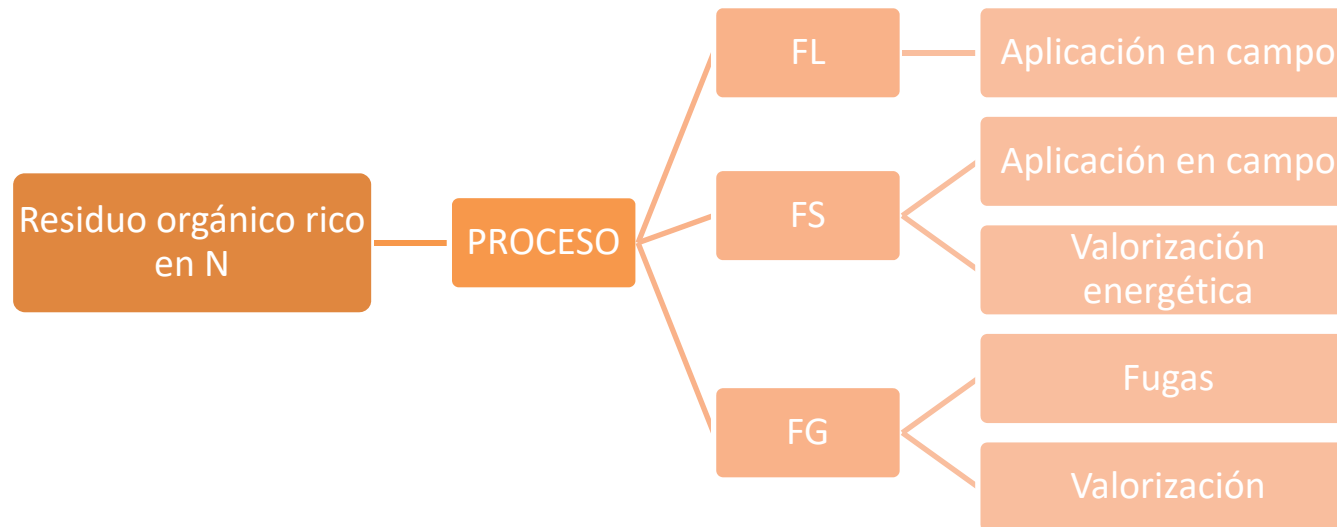
Fuente	Gas
Almacenaje	CH ₄ , N ₂ O
Suelos agrícolas (aplicación al campo)	N ₂ O
Depósito en vertedero	CH ₄ , N ₂ O

EEB
t CO₂ eq.

FE del Inventario Nacional

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proyectos Clima – ESCENARIO PROYECTO



Fuente	Gas
Fugas o emisiones directas a la atmósfera	CH ₄ , N ₂ O
Uso de combustibles auxiliares	CH ₄ , N ₂ O, CO ₂
Aplicación de la fracción sólida y líquida al campo	N ₂ O

FE del Inventario Nacional

Excluidas emisiones combustión biogás y compostaje: BIOGÉNICAS.

DIGESTIÓN ANAEROBIA

Proyectos Clima – REDUCCIÓN DE EMISIONES



$$RE_a = EEB_a - EP_a$$

EJEMPLO

100.000 m³ purín/año
2.600 t cosustratos/año
DA + NDN (80%)



EEB = 18.864 t CO₂ eq
EEP = 2.833 t CO₂ eq.
Reducción: 1.837 t CO₂ eq.
Reducción: 18,37 kg CO₂ eq./m³ purín

EUA: 7,02 €/t CO₂ eq. 19/09/17 → 0,129 €/m³ purín



Es necesario llevar a cabo un **Plan de seguimiento** durante todo el proyecto

EVALUACIÓN DE PLANTAS DE TRATAMIENTO

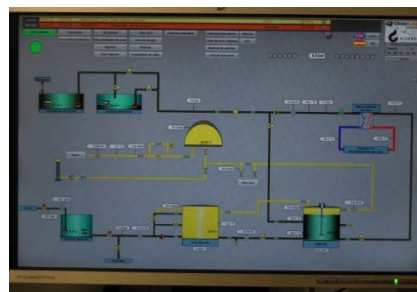
Proyecto LIFE+ MANEV (SARGA)

Seguimiento durante **un año natural** en condiciones estables de operación de plantas de tratamiento a gran escala

- ➔ Registros diarios manuales y automáticos de los principales parámetros: caudales, temperaturas, consumos energéticos....
- ➔ Campañas de muestreo mensuales y análisis en laboratorio

TAI	Recorrido de bombeo	Cantidad ayer
UEH1-CF001	Depósito de recepción > Pasteurización	657.7 m³
UEH1-CF003	Pasteurización > Digestor	665.7 m³
UEH1-CF005	Pasteurización > Digestor 1	321.0 m³
UEH1-CF003	Pasteurización > Digestor 2	344.6 m³
UEE01-CF001	Digestor 1 > Depósito de almacenamiento 1	326.6 m³
UEE02-CF001	Digestor 2 > Depósito de almacenamiento 2	325.9 m³
UEE01-CF001	Depósito de almacenamiento > Dekantador	814.0 m³
UEE01-CT001	Temperatura superior digestor 1	41.4 °C
UEE01-CT002	Temperatura inferior digestor 1	41.4 °C
UEE02-CT001	Temperatura superior digestor 2	41.2 °C
UEE02-CT002	Temperatura inferior digestor 2	41.5 °C
UEE01-CL001	Nivel digestor 1	97.0 %
UEE02-CL001	Nivel digestor 2	97.0 %
UEF01-CL001	Nivel depósito de almacenamiento 1	16.1 %
UEF02-CL001	Nivel depósito de almacenamiento 2	17.3 %

TAI	Recorrido de gas	Cantidad ayer
EK001-CF001	Flujo de gas digestor 1	8620.0 m³
EK002-CF001	Flujo de gas digestor 2	8632.9 m³
EK001-CF001	Flujo de gas PCCE 1	18014.3 m³
EK001-CF002	Flujo de gas PCCE 2	13845.0 m³



Evaluación de 3 escenarios en España:

- Sistemas de gestión centralizada de estiércol
- Plantas de tratamiento a gran escala



ESCENARIO 1



ESCENARIO 2

Capacidad de tratamiento	190.000 t/año	100.000 t/año
Sustratos	Purín de vaca; Gallinaza Residuos industria agroalimentaria	Purín de cerdo
Periodo de evaluación	Mayo 2012 – Agosto 2014	Julio 2013 – Agosto 2014

Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

Datos generales del escenario 1

Tiempo de residencia (digestor + postdigestor)	días	63
Temperatura de la digestión anaerobia	°C	41
Potencia de la unidad de cogeneración	kW	2.900
Producción media de biogás	m ³ /día	28.200
	m ³ biogás/m ³ alimentado	44,1
Composición del biogás	% CH ₄	59,6
Producción media de E _{eléctrica}	kWh/m ³ biogás	2,10
	kWh/m ³ alimentado	92,79



Parámetros	Unidades	Entrada (n = 17)		Pasteurizado (n = 17)		Digerido (n = 16)	
		Average	Std. Dev.	Average	Std. Dev.	Average	Std. Dev.
Materia seca	%	8,3	1,0	8,1	1,2	4,6	1,1
Nitrógeno total	Kg N/m ³	3,9	1,5	4,1	1,4	4,0	0,9
Nitrógeno amoniacal	Kg N/m ³	2,6	0,8	2,5	0,9	3,1	0,9
Fósforo total	Kg P ₂ O ₅ /m ³	2,0	1,8	1,9	1,7	1,6	1,4
Potasio	Kg K ₂ O/m ³	2,2	0,5	2,3	0,5	2,3	0,6
Sólidos volátiles	% sms	76,4	3,6	76,7	3,4	60,9	5,8

Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

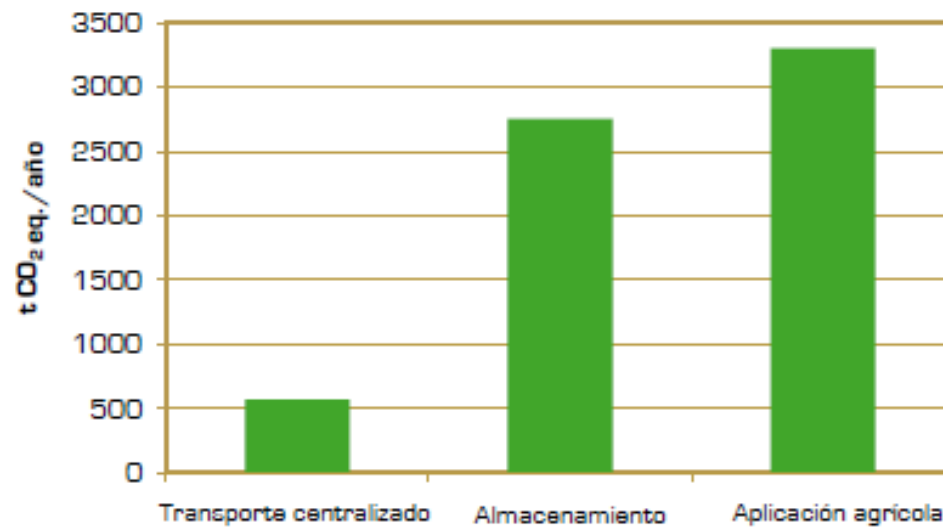


Figura 6.1.4. Emisiones de GEI en las diferentes etapas del sistema de gestión de purín evaluado.

CALENTAMIENTO GLOBAL

Contribución por gases
kg CO₂ eq./t entrada

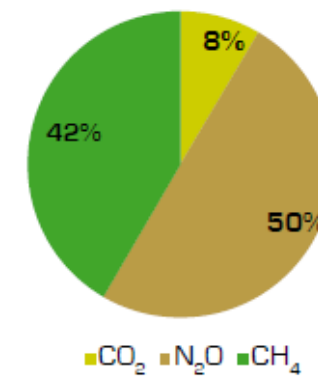
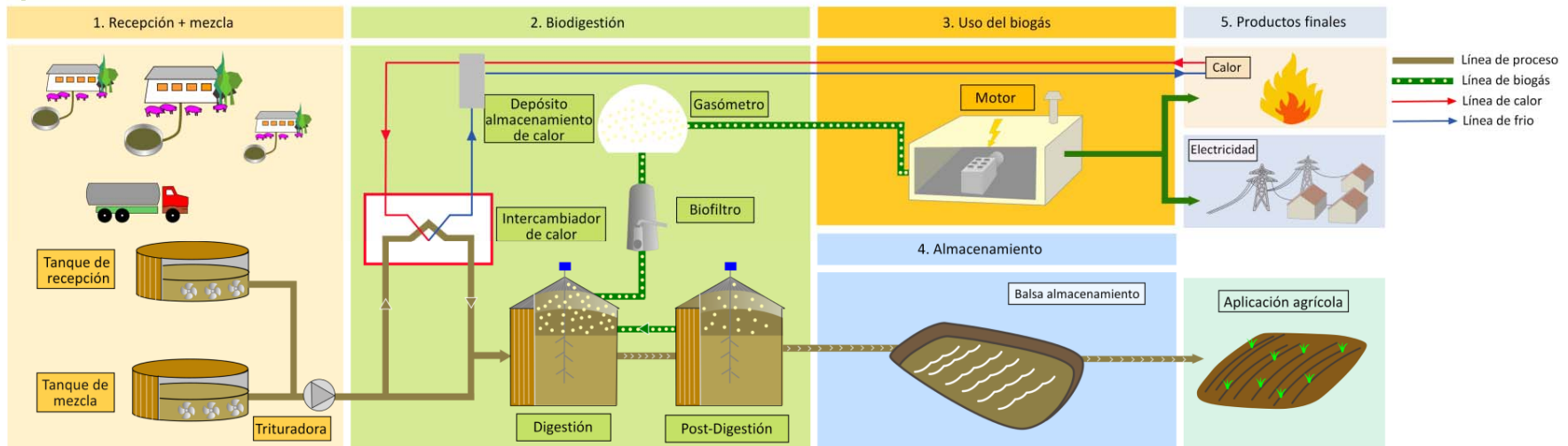


Figura 6.1.3. Contribución al calentamiento global de las emisiones de GEI generadas en el sistema de gestión de purín evaluado.

ESCENARIO 2: Digestión anaerobia sin cosustratos (purín porcino)



Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

Datos generales del escenario 2

Tiempo de residencia (digestor + postdigestor)	<i>días</i>	36
Temperatura de la digestión anaerobia	<i>°C</i>	38
Potencia de la unidad de cogeneración	<i>kW</i>	250
Producción media de biogás	<i>m3/día</i>	1.500
	<i>m3 biogás/m3 alimentado</i>	11,4
Composición del biogás	<i>% CH₄</i>	65,4
Producción media de E_{eléctrica}	<i>kWh/m3 biogás</i>	2,16
	<i>kWh/m3 alimentado</i>	70,3

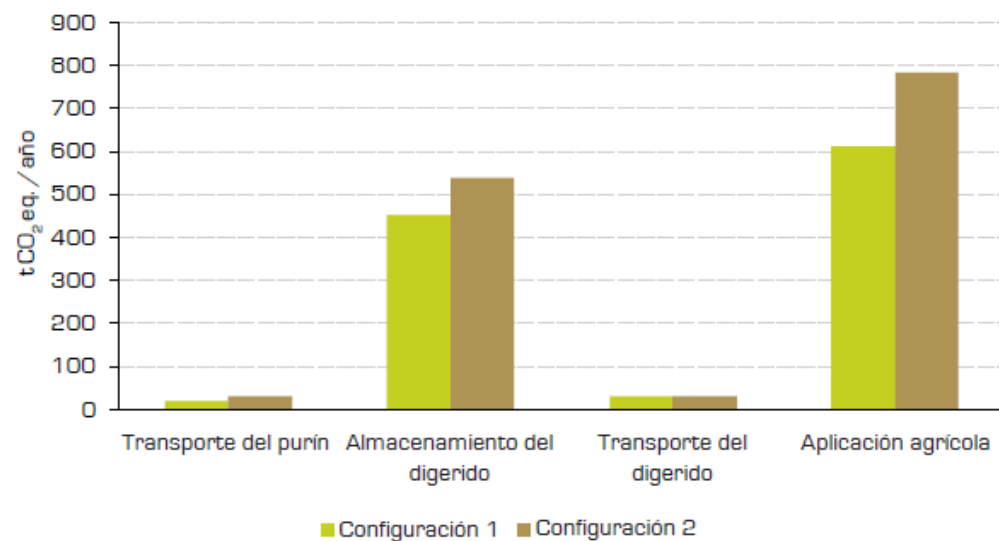


Parámetros	Unidades	Purín de cerdo (<i>n</i> = 11)		Digerido (<i>n</i> = 11)	
		Average	Std. Dev.	Average	Std. Dev.
Materia seca	%	2,9	1,9	2,1	1,1
Nitrógeno total	<i>Kg N/m³</i>	3,5	0,9	3,6	0,7
Nitrógeno amoniacal	<i>Kg N/m³</i>	2,8	0,8	3,0	0,9
Fósforo total	<i>Kg P₂O₅/m³</i>	0,9	0,5	0,7	0,7
Potasio	<i>Kg K₂O/m³</i>	2,2	0,6	2,2	0,3
Sólidos volátiles	% sms	65,9	4,7	57,4	9,1

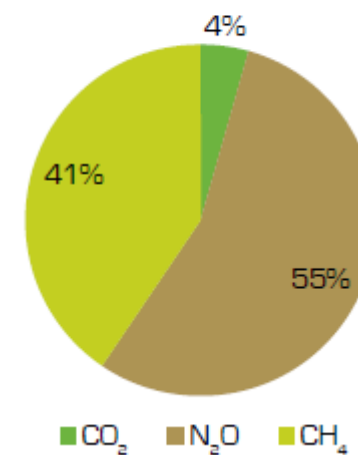
Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV



CALENTAMIENTO GLOBAL



CALENTAMIENTO GLOBAL CONFIGURACIÓN 1 Contribución por gases kg CO₂ eq./t



COMPARATIVA ESCENARIOS 1 Y 2: DA



	ESCENARIO 2	ESCENARIO 1
Estiércol	Purín de cerdo	Purín de vaca y gallinaza
Co-sustratos	-	Residuos agroalimentarios
Tiempo de residencia (digestor + postdigestor) (días)	36	63
Temperatura de la digestión anaerobia (°C)	38	41
Potencia de la unidad de cogeneración (kW)	250	2.900
Producción media de biogás (m ³ /día)	1.500	28.200
Producción media de biogás (m ³ biogas/m ³ alimentado)	11,4	44,1
Composición media del biogás (% CH ₄)	65,4	59,6
Producción media de energía eléctrica (kWh/m ³ biogás)	2,16	2,10
Producción media de energía eléctrica (kWh/m ³ alimentado)	70,3	92,79
Productos finales	Digerido	Digerido: Sólido + Líquido

Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

COMPARATIVA ESCENARIOS 1 Y 2: DA



CONCLUSIONES

- En las dos plantas la **concentración de macronutrientes permanece prácticamente constante** a lo largo de toda la línea de proceso. **La superficie agrícola necesaria para su gestión como fertilizante es la misma que inicialmente.**
- **El nitrógeno orgánico se mineraliza** aumentando la relación N_A/N_T un 14% en el caso de la codigestión y un 4% en el caso del purín de cerdo. Es mayor el aumento cuanto mayor es el porcentaje de nitrógeno orgánico alimentado a la planta y el tiempo de retención.
- La **planta de codigestión** trabaja con tiempos de retención próximos a los 63 días en los que los sólidos volátiles se reducen aproximadamente un 21%. La producción de biogás media es de 44,1 m³ biogás/m³ alimentado y su riqueza en metano es del 59,6%.

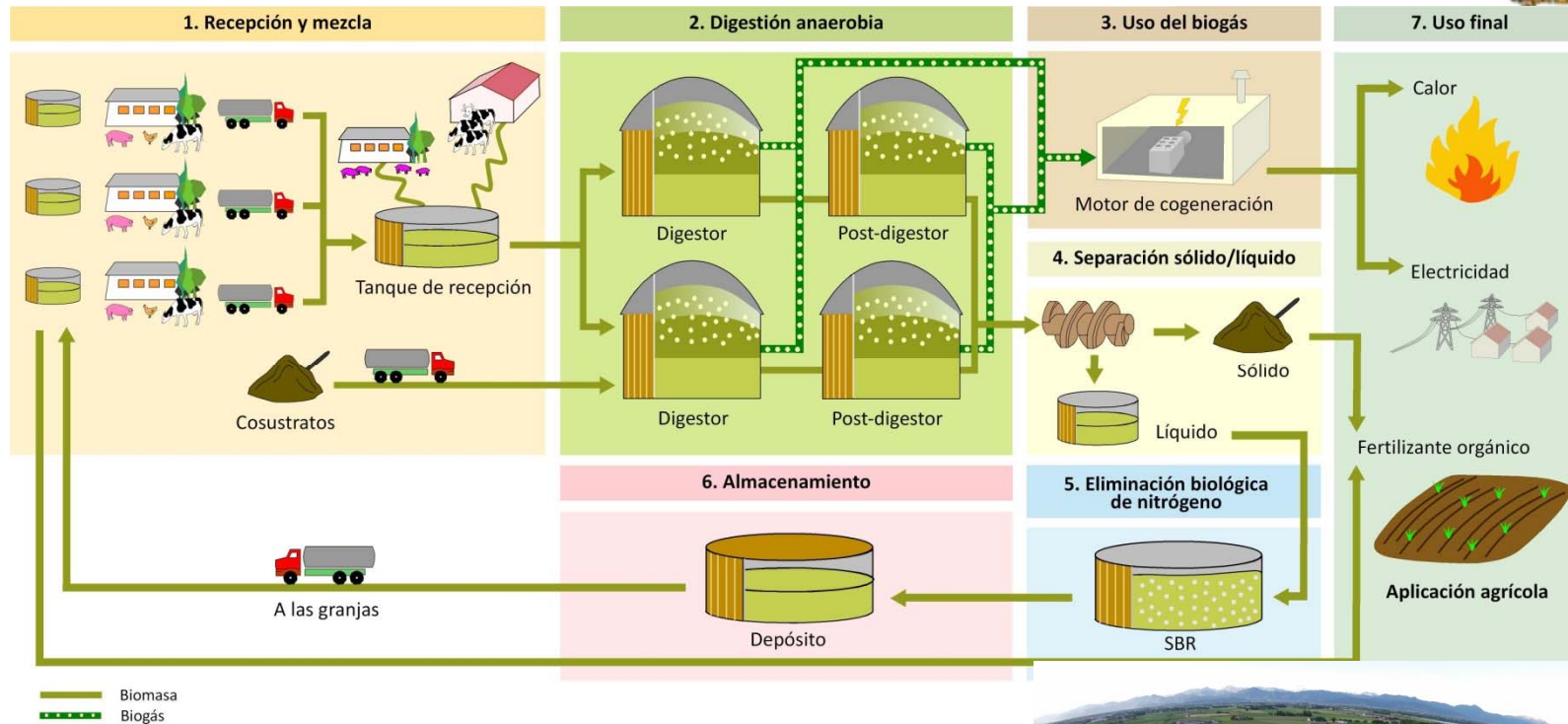
COMPARATIVA ESCENARIOS 2 Y 3: DA



CONCLUSIONES

- La **planta que trabaja sólo con purín** de cerdo utiliza tiempos de retención menores, aprox. 36 días, y la reducción de sólidos volátiles es de aproximadamente el 13%, produciendo **11,4 m³ biogás/m³ alimentado**, con un contenido en **metano del 65,4%**.
- Se observa que en el proceso de codigestión el biogás generado es cuatro veces superior por m³ alimentado, sin embargo la riqueza del mismo en metano es un 6% inferior.
- El decantador-centrífuga de la planta de codigestión separa el 6% de la materia de entrada concentrando aprox. el 41% de la materia seca y el 44% del fósforo.

ESCENARIO 3: DA + Separación + SBR







Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV



Estiércol fresco	Estiércol de vacuno (93,5%), purines de porcino (4,4%) y deyecciones de gallina ponedora (2,1%)	
Cosustratos	Ensilado de maíz, cereales para harina y derivados y melaza	
	PLANTA 1	PLANTA 1 + PLANTA 2
Unidades de ganado	12	24
Estiércol fresco tratado (m ³ /día)	295	685
Unidad de cogeneración o CHP (kWe)	999	1.998
Producción eléctrica (MWh/año)	7.400	13.990
Superficie (ha)	452	927
Productos finales	Fracción líquida y sólida	

Tabla 6.4.3. Resumen de los resultados de seguimiento y evaluación del sistema de tratamiento (original -PLANTA 1- y ampliado PLANTA 1+2).

			Original (PLANTA 1)	Ampliado (PLANTA 1+2)	Sin sistema de tratamiento
 Medio ambiente ¹	Potencial de calentamiento global	kg CO ₂ eq./t	20,79	20,86	74,30
	Potencial de acidificación	kg SO ₂ eq./t	0,90	0,96	1,83
 Energía ²	Balance de energía eléctrica	kWh/t	-	53,73	0
	Balance de energía térmica	kWh/t	-	Excedente	0
	Combustible	kWh/t	-	-0,99	0
 Economía ³	Ingresos	€/t	-	15,78	0
	Gastos	€/t	-	14,40	0
 Agronomía	Balance de nitrógeno	kg N/ha	189	242	355
	Balance de fósforo	kg P/ha	24	32	102
	Balance de potasio	kg K/ha	192	190	221
 Impacto social	Demanda de trabajo - Operario ³	h/año	6.800	11.900	0
	Demanda de trabajo - Técnico especializado	h/año	425	850	0
	Olor	[1-4]	1	1	-
	Ruido	Sí/No	NO	NO	-
	Reducción de patógenos	<i>E. coli</i>	99,6%	99,8%	0%
 Bioseguridad	Reducción de patógenos	<i>Salmonella</i>	Ausencia/ Presencia	Ausencia/ Presencia	Presencia

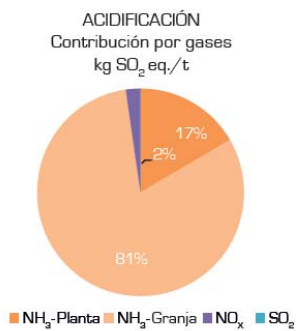
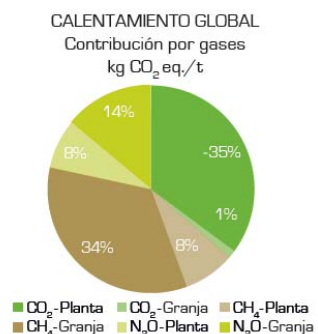
¹Los valores hacen referencia a todo el sistema de gestión desde el almacenamiento en granja hasta la aplicación en el suelo.

² Los valores hacen referencia a los pasos 2, 3, 4 y 5.

³ Los valores hacen referencia a la línea de proceso de la planta de tratamiento, incluyendo el almacenamiento en la planta y el transporte granja/planta.



ESCENARIO 1



ESCENARIO 2

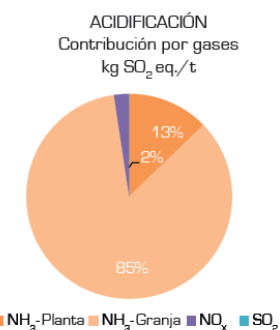
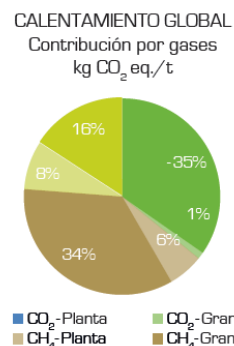
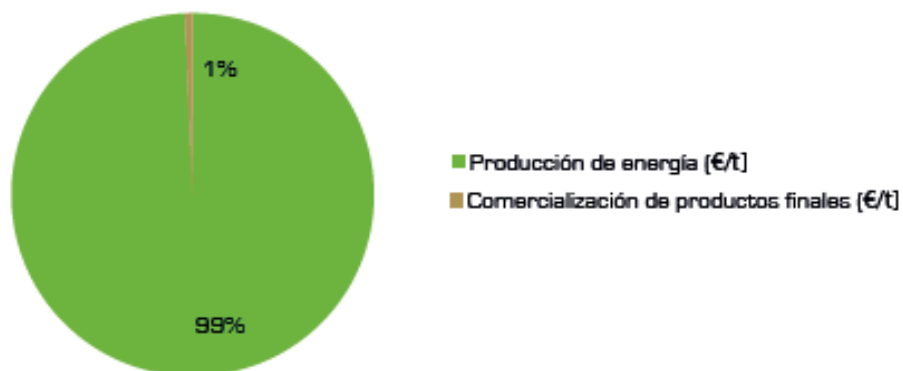
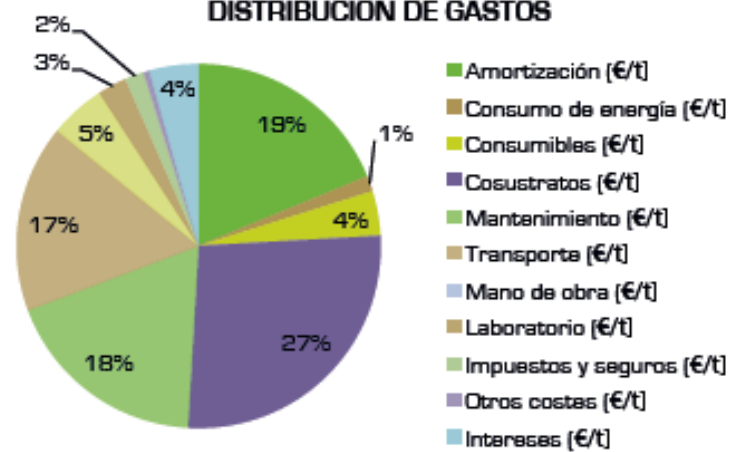


Figura 6.4.3. Contribución del gas de las emisiones del sistema de tratamiento al potencial de calentamiento global y al potencial de acidificación. Sistema de tratamiento de la planta original (planta 1) arriba y de la ampliada abajo (planta 1+2).

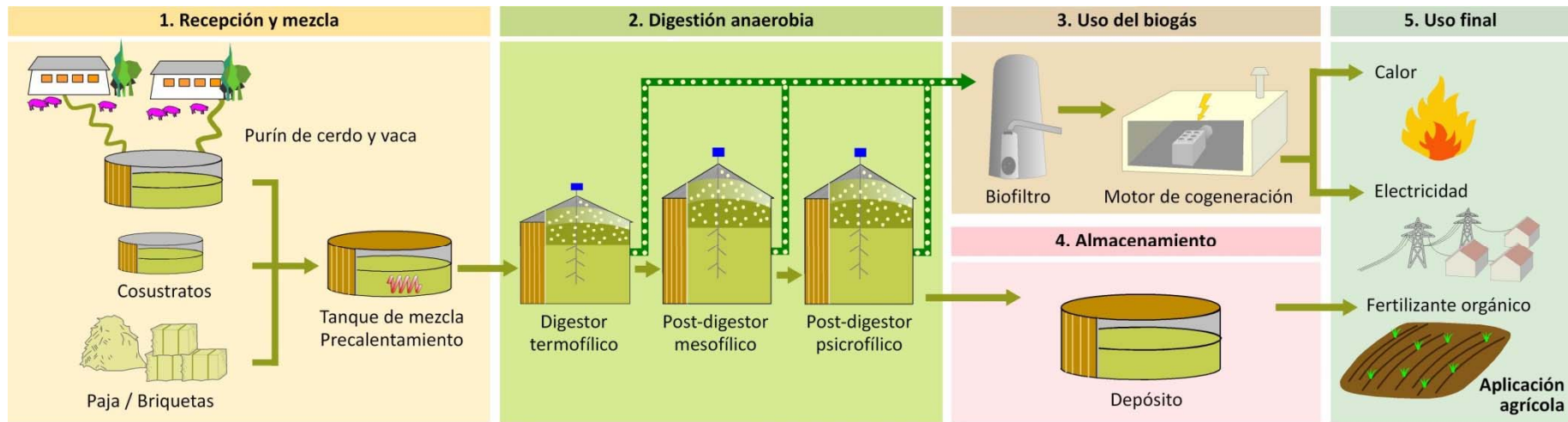
DISTRIBUCIÓN DE INGRESOS



DISTRIBUCIÓN DE GASTOS



ESCENARIO 4: Codigestión anaerobia termófila



— Biomasa
 - - - Biogás



Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

Entrada:		
- Purín diario de vacuno (t/año)		10.972
- Purín de cerdo de engorde (t/año)		10.972
- Briqueta de paja (t/año)		489
- Ensilado de maíz (t/año)		1.493
- Estiércol de lecho compostable, pasto, residuos vegetales (t/año)		4.645
Tiempo de retención hidráulica (días):		
- Digerido (días)		14
- Post-digerido 1 (días)		28
- Post-digerido 2 (días)		28
Temperatura de la digestión anaerobia (°C)		52
Unidad de cogeneración o CHP (kWe)		650
Productos finales:		
- Digerido (t/año)		24.000
- Electricidad (MWh/año)		2.774
- Calor (MWh/año)		4.882



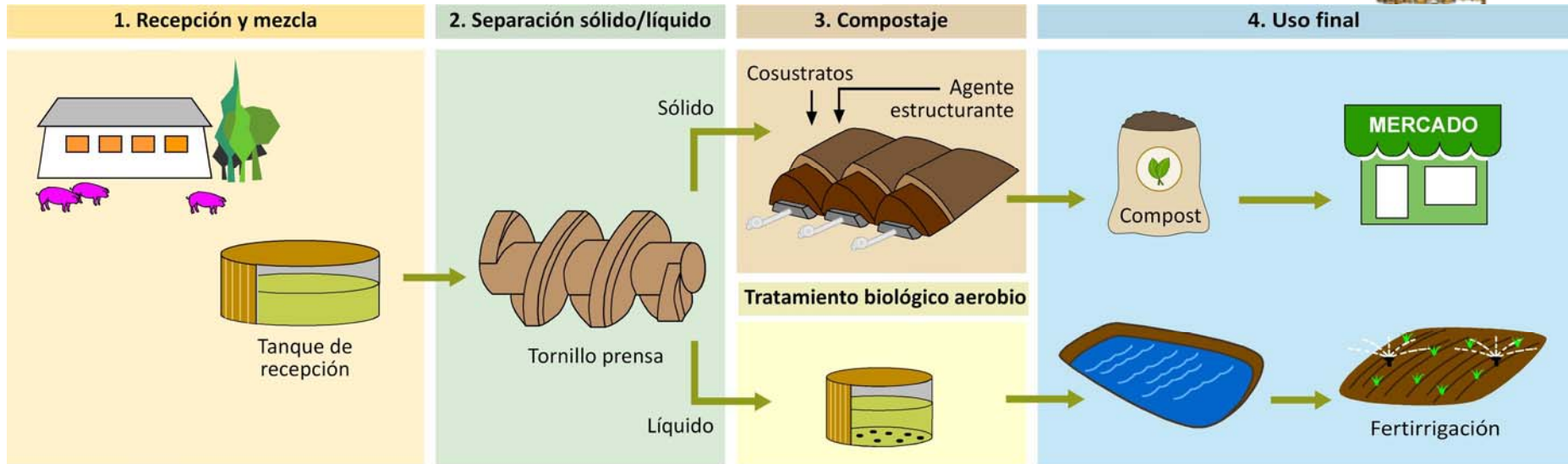
Tabla 6.3.4 Datos principales sobre energía de la planta de tratamiento.

Producción media de biogás (m³/día)	4.124
Producción media de biogás (m³ de biogás/ t de entrada)	53,78
Composición media del biogás (% CH ₄)	52
Producción media de energía eléctrica (kWh/m³ biogás)	1,83
Producción media de energía eléctrica (kWh/t de entrada)	99
Producción media de energía térmica (kWh/m³ biogás)	3,25
Producción media de energía térmica (kWh/t de entrada)	174
Consumo medio de energía eléctrica en las instalaciones (kWh/t de entrada)	27,41
Consumo medio de energía térmica en las instalaciones (kWh/t de entrada)	35,29

Tabla 6.3.3. Resumen de los resultados del seguimiento y la evaluación.

			Planta de biogás
🌿 Medio ambiente	Potencial de calentamiento global	kg CO _{2,eq} /t	N/D
	Potencial de acidificación	kg SO _{2,eq} /t	N/D
⚡ Energía	Balance de energía eléctrica	kWh/t	80,92
	Balance de energía térmica	kWh/t	139,17
	Combustible	kWh/t	N/D
€ Economía	Ingresos	€/t	22,49
	Gastos ¹	€/t	1,64
🌾 Agronomía ²	Balance de nitrógeno	kg N/ha	-55
	Balance de fósforo	kg P/ha	-37,7
	Balance de potasio	kg K/ha	N/D
👥 Impacto social	Demanda de trabajo - Operario ³	h/año	200
	Demanda de trabajo - Técnico especializado ⁴	h/año	1900
	Olor	1-4	1
	Ruido	Sí/No	Sí
🛡️ Bioseguridad	Reducción de patógenos	Sí/No	Sí

ESCENARIO 5: Separación + Compostaje



Biomasa









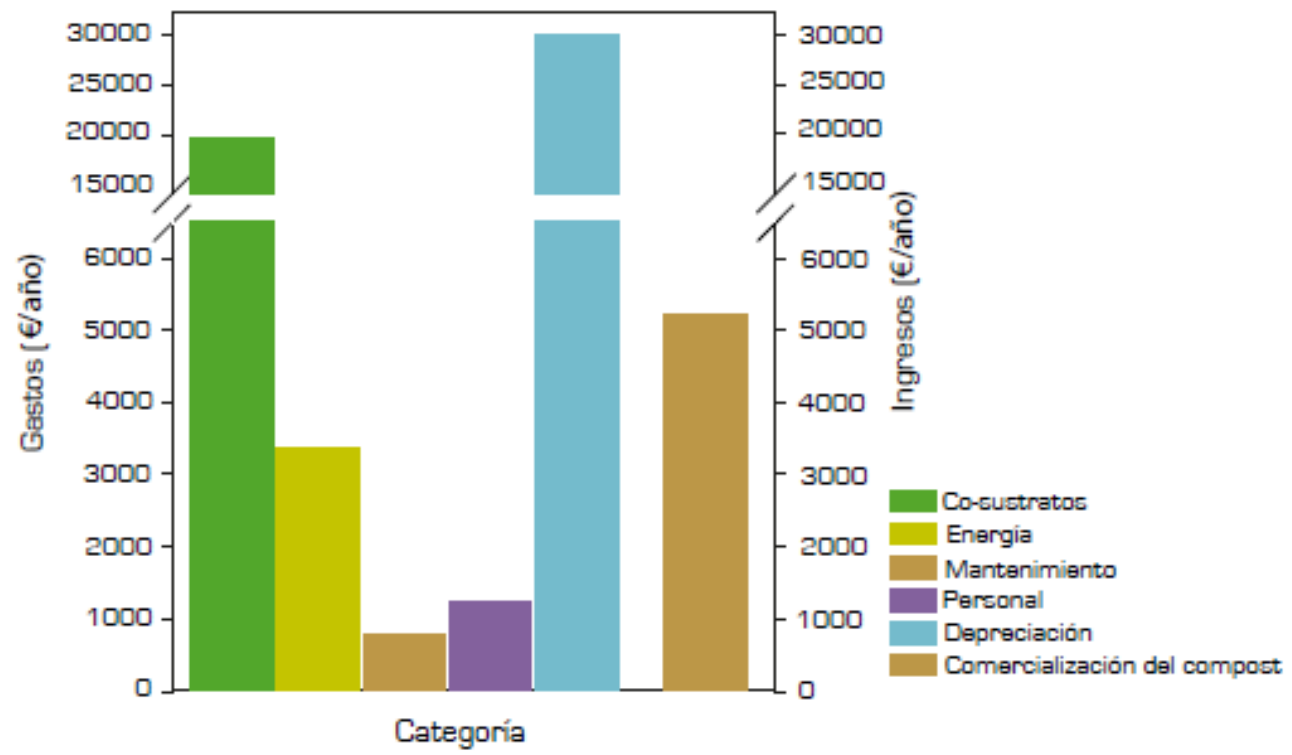
Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

Tabla 6.B.1. Datos más importantes de la línea de proceso.

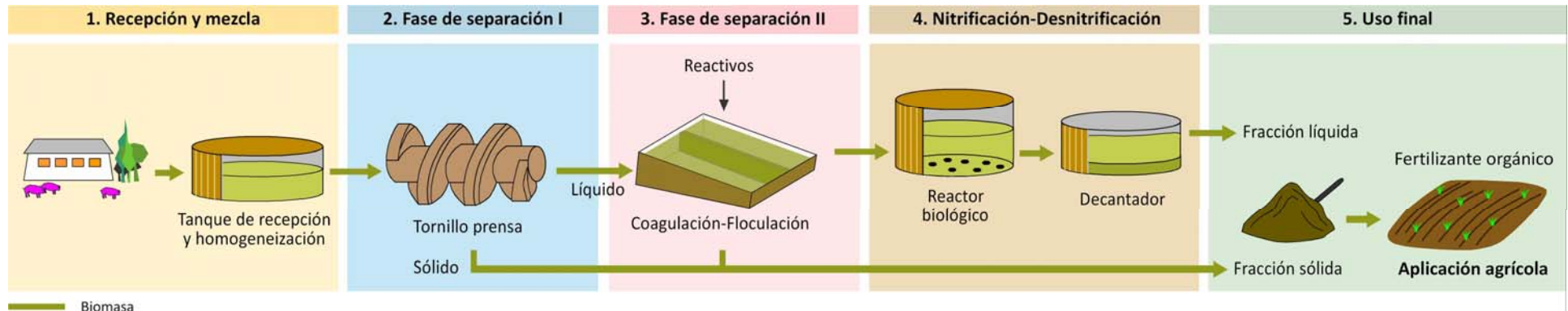
	Estrategia 1	Estrategia 2
Purines porcinos (t/año)	3060	3060
Cosustratos (material estructurante)	Paja de cereal	Residuos de desmotadora de algodón
Cantidad (t/año)	453	283
Sistema de compostaje	Compostaje en hilera semi pasivo	Compostaje en hilera semi pasivo
Productos finales:		
- Compost (t/año)	369	330
- Fracción líquida (t/año)	1928	1928



 Medio ambiente	Potencial de calentamiento global	kg CO ₂ eq./t	39,08
	Potencial de acidificación	kg SO ₂ eq./t	3,47
 Energía	Balance de energía eléctrica	kWh/t	0
	Balance de energía térmica	kWh/t	0
	Combustible	kWh/t	23,82
 Economía	Ingresos	€/t	1,71
	Gastos	€/t	17,88
 Agronomía	Balance de nitrógeno	kg N/ha	6,31
	Balance de fósforo	kg P/ha	3,75
	Balance de potasio	kg K/ha	4,08
 Impacto social	Demanda de trabajo - Operario	h/año	150
	Demanda de trabajo - Técnico especializado	h/año	0
	Olor	1-4	Sí [2]
	Ruido	Sí/No	No
 Bioseguridad	Reducción de patógenos	Sí/No	Sí









ESCENARIO 6: Separación química + NDN



Fuente: SARGA – Proyecto LIFE+MANEV

Tabla 6.7.2. Resumen de los resultados del seguimiento y la evaluación.

			Planta de tratamiento
 Medio ambiente	Potencial de calentamiento global	kg CO ₂ eq./t	37,38
	Potencial de acidificación	kg SO ₂ eq./t	0,76
 Energía	Balance de energía eléctrica	kWh/t	8,70
	Balance de energía térmica	kWh/t	0
	Combustible	kWh/t	0,45
 Economía	Ingresos	€/t	1,20
	Gastos	€/t	5,89
 Agronomía	Balance de nitrógeno	kg N/ha	N/D
	Balance de fósforo	kg P/ha	N/D
	Balance de potasio	kg K/ha	N/D
 Impacto social	Demanda de trabajo - Operario	h/año	1.460
	Demanda de trabajo - Técnico especializado		
	Olor		
	Ruido		
 Bioseguridad	Reducción de patógenos		

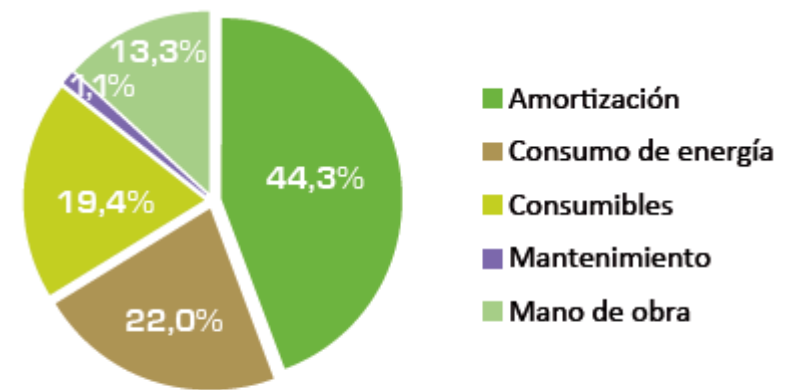


Figura 6.7.5. Distribución de ingresos y gastos de la planta de tratamiento.

CONCLUSIONES



Ninguna opción de tratamiento para la redistribución geográfica de los nutrientes del estiércol es claramente superior con respecto a los posibles impactos ambientales. Por lo tanto, la elección de la tecnología apropiada depende de otras consideraciones, tales como la política local o las prioridades de regulación con respecto a los impactos ambientales, el coste, el olor o la practicidad

Hoeve et al., 2014

CONCLUSIONES



- La **aplicación en campo** como abono es la OPCIÓN PRIORITARIA.
- Las diferentes **tecnologías de tratamiento** son una buena estrategia de gestión para las zonas con alta carga ganadera, ya que permiten reducir la carga de nitrógeno y fósforo.
- **Eliminación** de nutrientes sólo en el caso de que no haya otra opción.
- **Digestión anaerobia** apoyo a la viabilidad del tratamiento de reducción o eliminación.
- El tratamiento del estiércol no es una solución en sí, sino que ha de formar parte de un **sistema de gestión** adecuado.
- El sistema de gestión de estiércoles tiene que tener **equilibrio** entre los costes y los beneficios medioambientales, garantizando su viabilidad y sostenibilidad.

CONCLUSIONES



- Es necesario trabajar en el **desarrollo y optimización de las tecnologías de tratamiento**, no tanto en relación a la eficacia del tratamiento, que se ha demostrado alta, sino desde el punto de **vista económico**.
- Para conseguir una buena gestión es necesaria una **colaboración y cooperación** entre los agentes implicados en el manejo del estiércol.
- Es conveniente realizar una mayor difusión de las tecnologías de tratamiento existentes a los sectores agrícola y ganadero: que la **tecnología y la innovación llegue al usuario final**.



**MUCHAS GRACIAS
POR SU ATENCIÓN**

eherrero@cita-aragon.es

www.lifemanev.eu

