

III Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO

MASTERCLASS 14



“Estabilización e higienización
de fangos mediante
digestión termófila.
Caso de la EDAR de Tudela”

Andrea **L**ópez

Técnica de I+D+i **N**ilsa



 Ciclo de 20
MasterClass
AGUASRESIDUALES.INFO

Navarra de Infraestructuras Locales S.A. (NILSA)

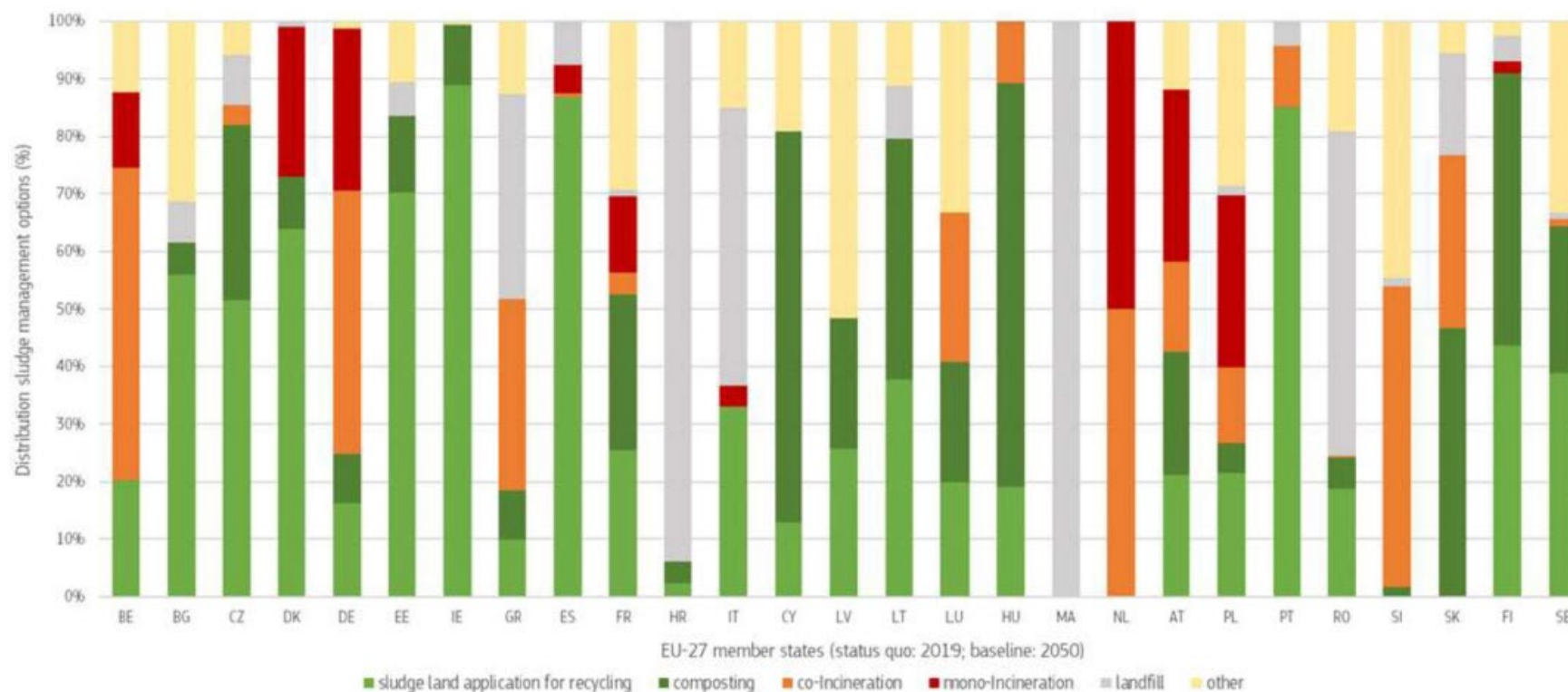
- Es un instrumento de gestión pública cuyo objetivo es el saneamiento de los ríos de Navarra
- Ley Foral de Saneamiento de Aguas Residuales (1988)
- Diseñamos, construimos, operamos y mantenemos las instalaciones
- Canon de Saneamiento (recurso de la Hacienda Pública)

Fango

- Partiendo del agua residual como materia prima, se obtiene tras el tratamiento en una Estación Depuradora de Aguas Residuales (EDAR) un producto, FANGO o LODO, y un subproducto, el AGUA TRATADA.
- Producción: Los últimos datos del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico calculan que se generan 1.200.000Tn/año (en m.s.)
- Destino final:
 - España: 80% agricultura
 - Navarra: 100% agricultura

Fango

Trabajo JRC: Defining phosphorus “reuse and recycling rates” in the revised Urban Waste Water Treatment Directive



Tipo de Fango

- Primario: separación física de lo que llega por el colector.
- Secundario

	Fangos activos	MBBR	Lechos bacterianos
Grasas (g/100 g ms)	5,80	10,20	26,09
Proteínas (g/100 g ms)	46,10	40,90	24,64
Hidratos de Carbono (g/100 g ms)	29,80	24,00	15,94
Cenizas (g/100 g ms)	18,3	24,90	33,33
Porcentaje corregido de Carbohidratos	39,26	36,98	39,29
Porcentaje corregido de Proteínas	60,74	63,02	60,71

Composición fango

- Humedad
- Materia orgánica
- Nitrógeno
- Fósforo
- Potasio

- Metales, microorganismos y compuestos orgánicos

Legislación aplicada

- RD 1310/1990 (trasposición directiva 86/278/CEE)
- RD 1051 /2022
- Legislaciones autonómicas
- ¿nueva directiva?

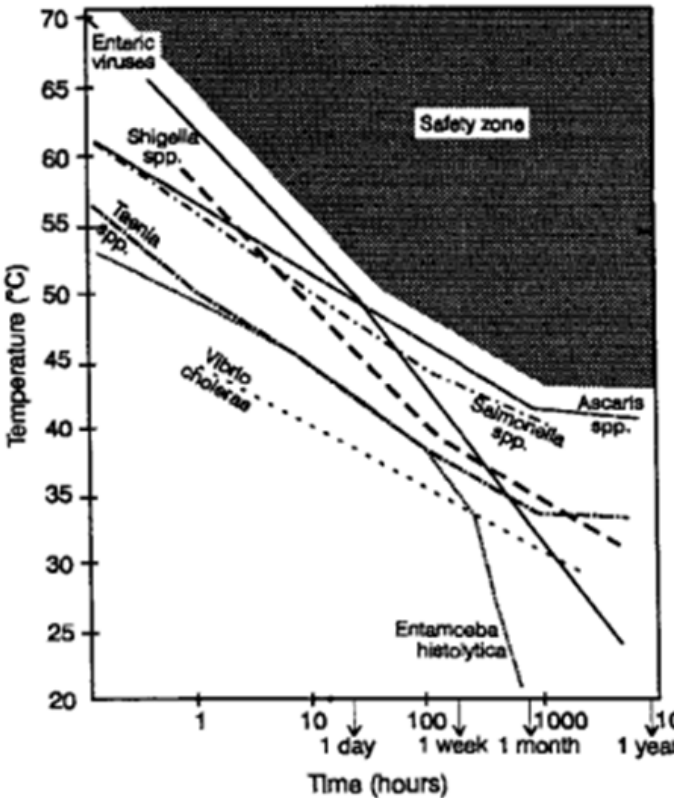
Normativa

- ISO 19698 aplicación fango en suelos (adaptación a UNE)

Estabilización

- Estado en el que el sustrato capaz de generar una rápida actividad microbológica no se encuentra disponible (U.S. EPA)
- Tratamiento del fango urbano para reducir volumen, patógenos y volatilidad de la materia orgánica

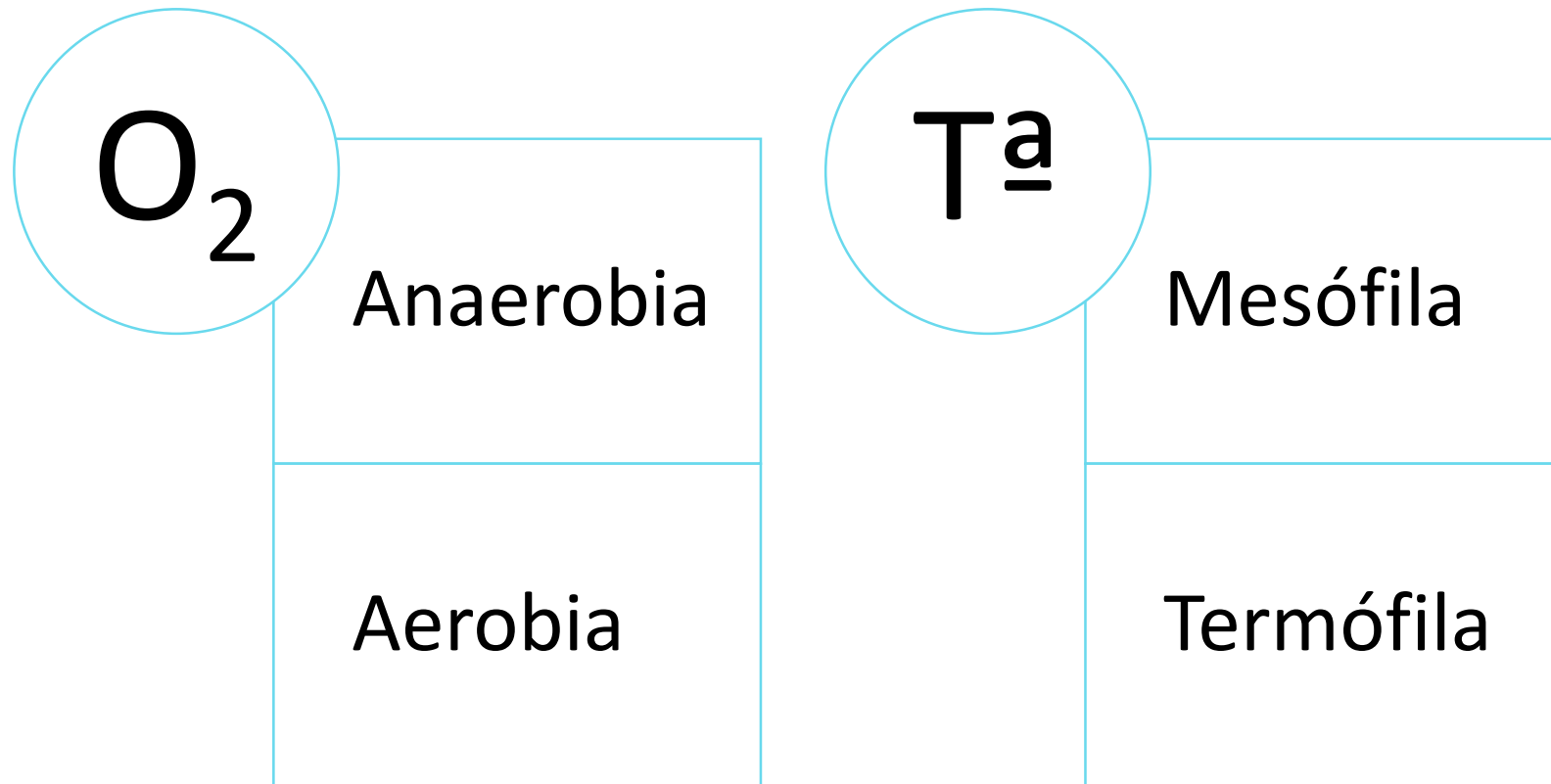
Higienización



INDICADOR MICROBIOLÓGICO	REFERENCIA	CRITERIO DE CALIDAD	
		Valor	Unidades
<i>E.coli</i>	Documento de trabajo, UE, 2000	Reducción 6log	UFC/ml
		$<5 \cdot 10^2$	UFC/ml
	Propuesta de Directiva, UE, 2003	Reducción 99.99% (4log)	UFC/g
		$<1 \cdot 10^3$	UFC/g
	Documento de trabajo UE 2010	$<5 \cdot 10^5$	UFC/ml

Hay normas de calidad pero no de obligado cumplimiento salvo en algunas zonas

Estabilización biológica: Digestión



No hay que olvidar los
objetivos

Estabilización biológica: Digestión



Descripción del proceso

Fases:

Hidrólisis

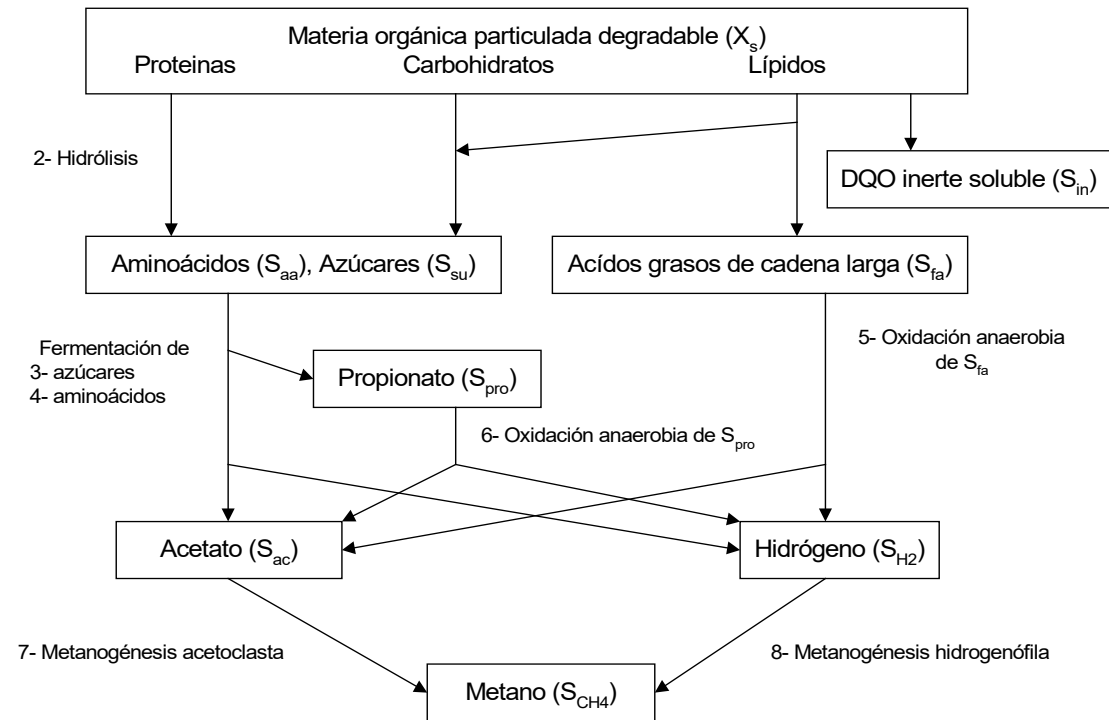
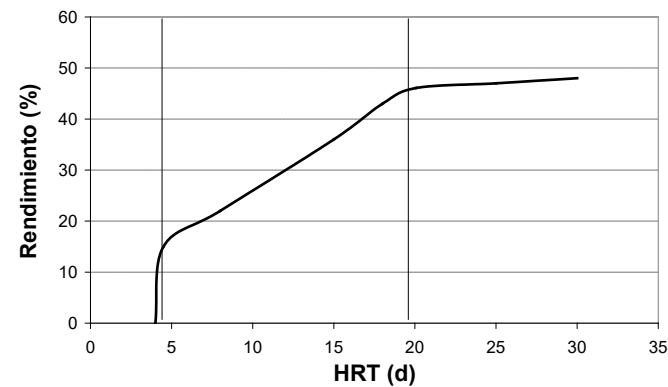
Fase ácida

Metanogénesis

Paso limitante: Hidrólisis

Relación tiempo
de retención-rendimiento

Metanogénesis



Descripción del proceso

Fases:

Hidrólisis

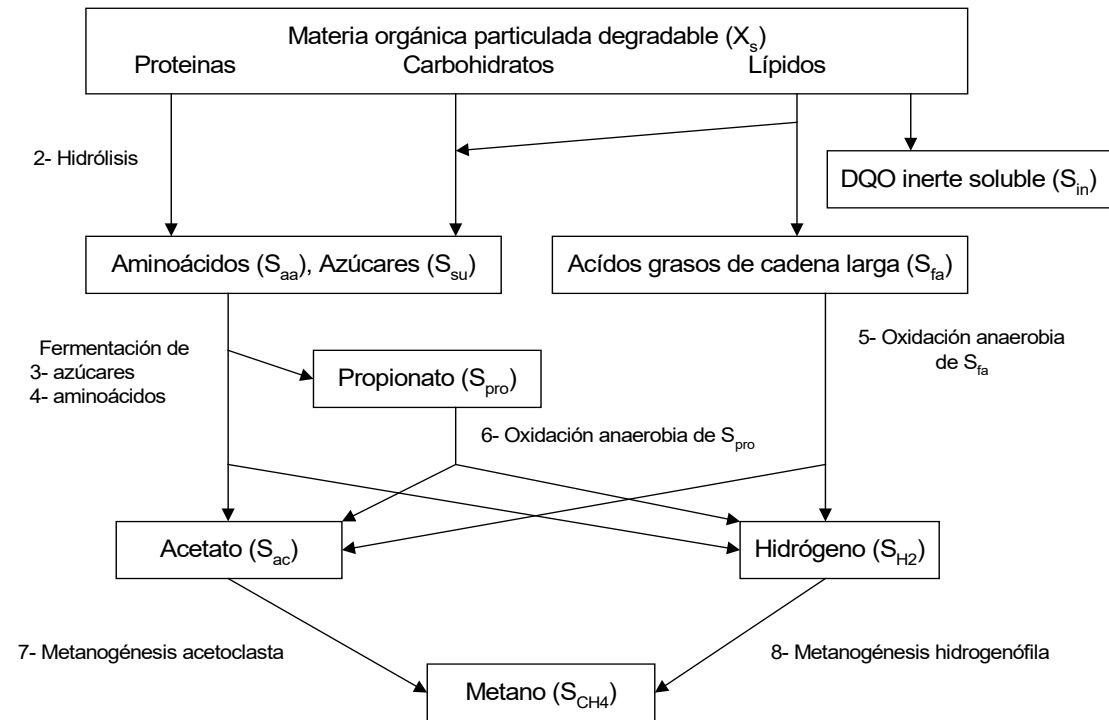
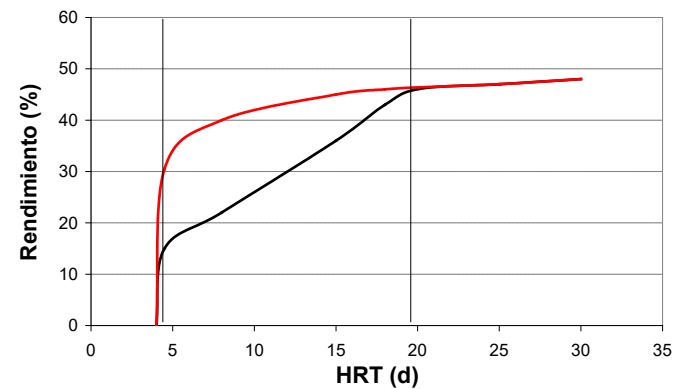
Fase ácida

Metanogénesis

Paso limitante: Hidrólisis

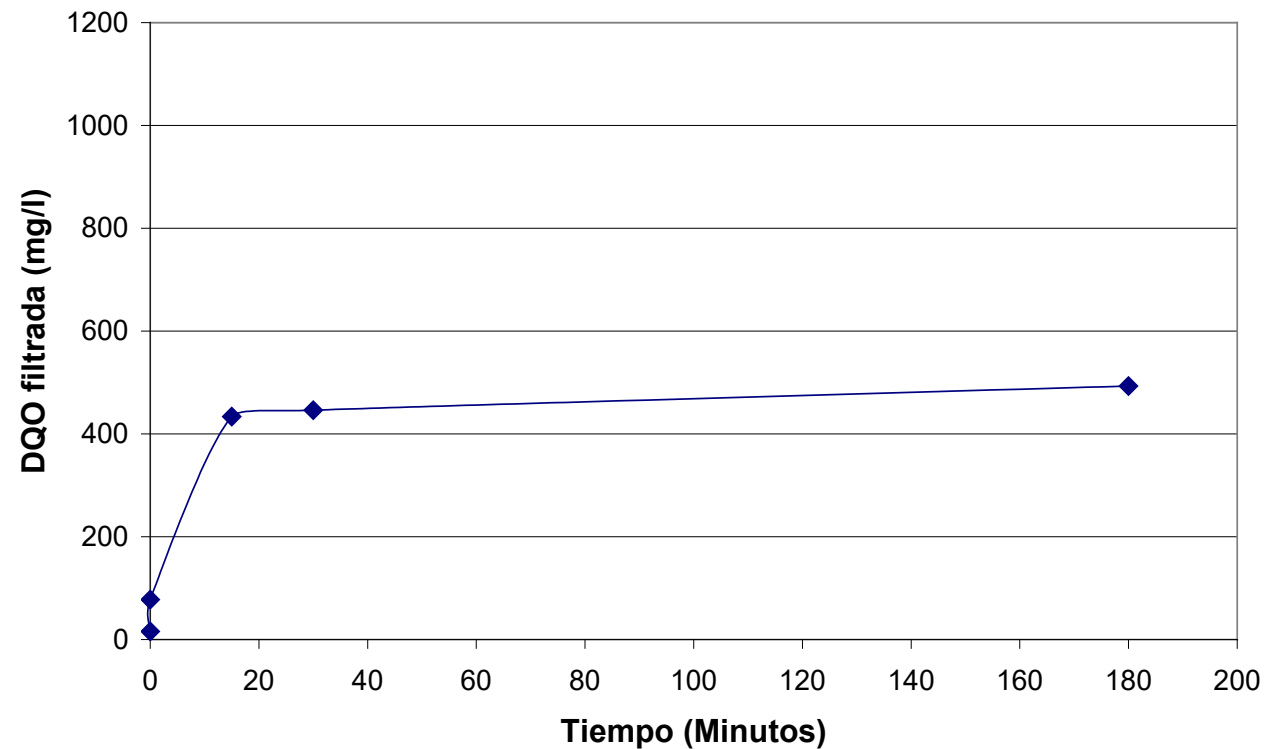
Relación tiempo
de retención-rendimiento

Metanogénesis



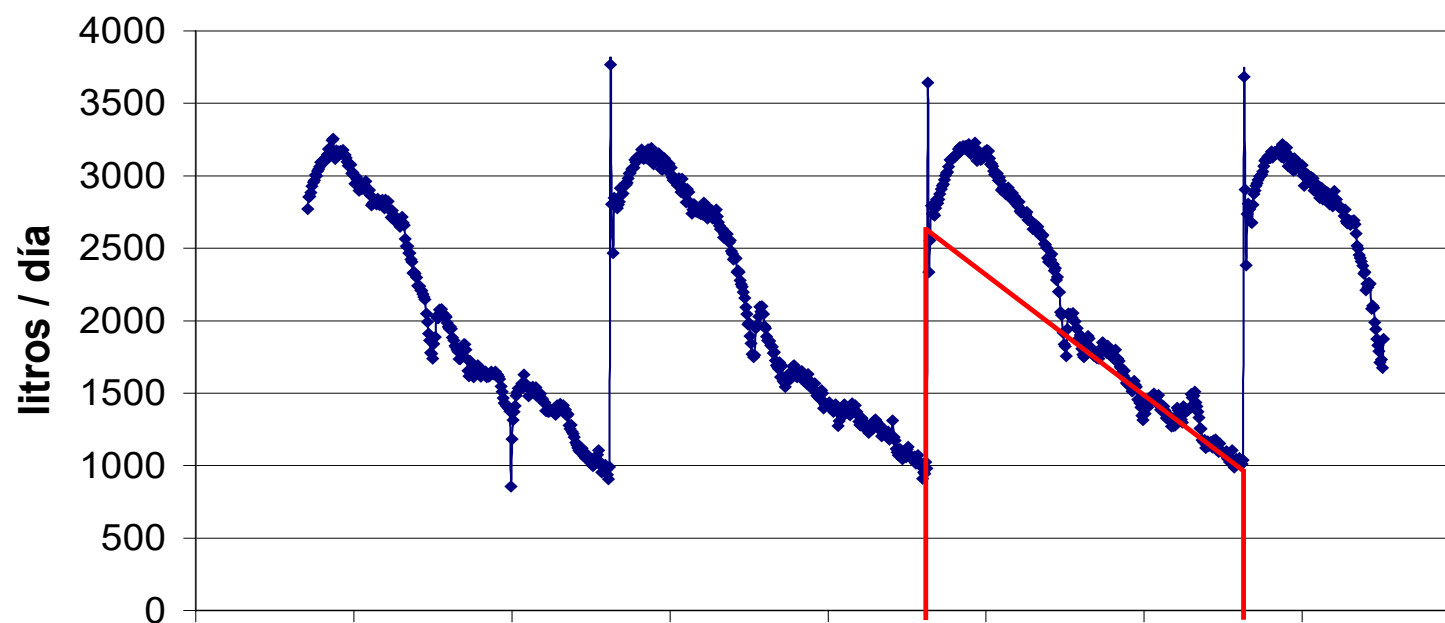
Descripción del proceso

Pretratamiento por calentamiento fango secundario



Descripción del proceso

Producción de biogás



$$dX_s/dt = k_h * X_s$$

Descripción del proceso

Producción y composición de biogás

Composición:

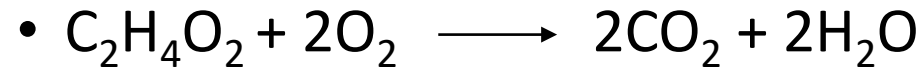
Metano	55 – 75 %
CO ₂	25 – 45 %
SH ₂	0,01 – 1 %
Nitrógeno	2 – 6 %
Hidrógeno	0,1 – 2 %

Producción: 750 – 1100 l biogás/kg SV eliminado
0,35 l Metano/g DQO eliminado

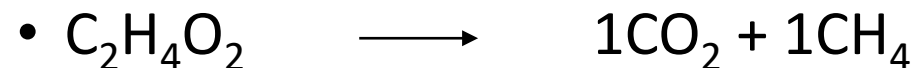
Poder calorífico: 5000 – 6000 Kcal/m³ biogás

Descripción del proceso

Producción y composición de biogás



60 gramos de acético = 64 gramos de DQO



0,0156 moles por gramo de DQO x 22,4



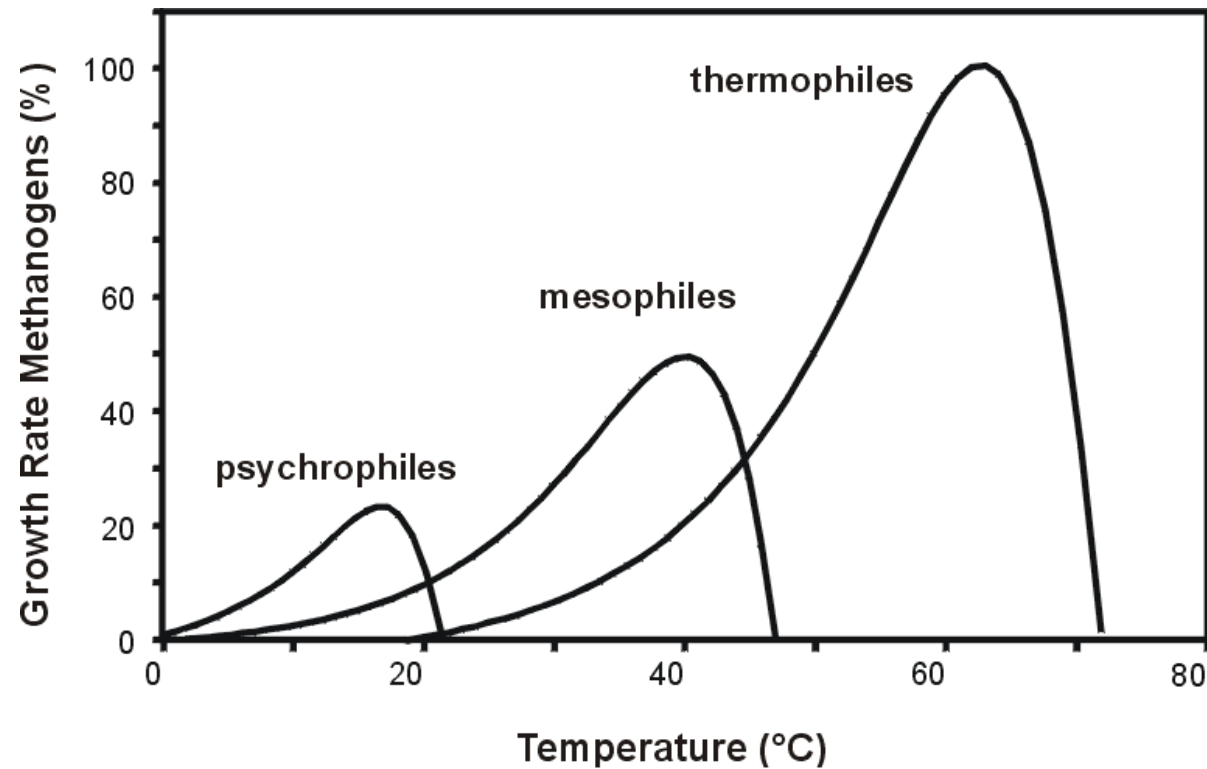
Relación DQO / SV: 1,4 – 2,0



Temperatura y tiempo de digestión

- De la temperatura depende el tiempo mínimo de digestión necesario para obtener una destrucción de SV eficaz.
- La hidrólisis de la materia orgánica particulada se acelera con la T^a
- $T > 65^{\circ}\text{C}$ disminuye la actividad bacteriana.
- No variaciones $> 1^{\circ}\text{C}/\text{día}$.
- Mesófila: $30 - 38^{\circ}\text{C}$
- Termófila: $50 - 60^{\circ}\text{C}$
 - Aumenta la capacidad de tratamiento
 - Mejora las características de deshidratación del fango
 - Aumenta la destrucción bacteriana: Higienización
 - Mayor necesidad energética
 - Peor calidad sobrenadante
 - ¿Menor estabilidad del proceso?: NO

Temperatura y tiempo de digestión

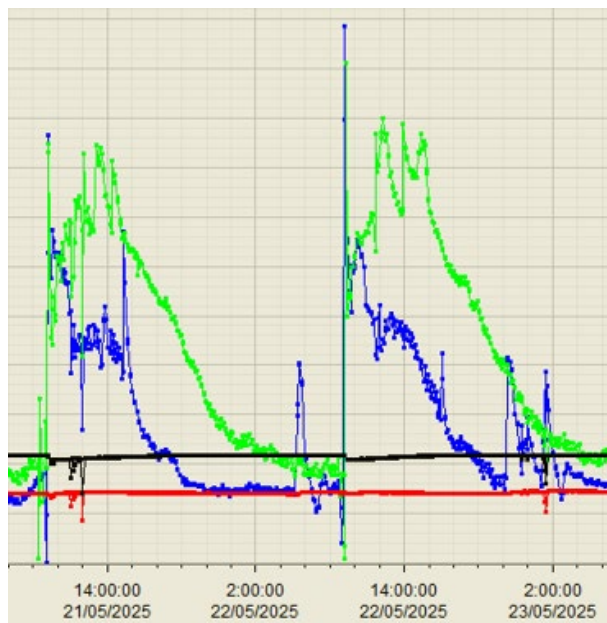


Van Lier et al, 1997

Comparación mesófilo-termófilo

<i>Parámetro</i>	<i>Unidad</i>	<i>Fango fresco</i>	<i>Mesófilo</i>	<i>Termófilo</i>
<i>pH</i>		---	7.8	8.0
<i>ST</i>	<i>g/l</i>	40.92	29.49	28.83
<i>SV</i>	<i>g/l</i>	28.35	16.22	15.83
<i>FV</i>	<i>%</i>	69.28	55.05	54.90
<i>DQO_F</i>	<i>mg/l</i>	14200	3464	8833
<i>N-NH₄⁺</i>	<i>mg N/l</i>	447	447	456
<i>Alc. Bicarbonatos</i>	<i>mgCaCO₃/l</i>	395	4320	3559
<i>Alc. Total</i>	<i>mgCaCO₃/l</i>	2755	6164	5832
<i>Alc. AGVs</i>	<i>mgCaCO₃/l</i>	3160	1833	2273
<i>Ratio Alcalinidades AGV/Total</i>			0.29	0.39
<i>Carga Orgánica Alimentada</i>	<i>kg/m³·d</i>		1.33	1.80
<i>Carga Orgánica Eliminada</i>	<i>kg/m³·d</i>		0.61	0.83
<i>TRH</i>	<i>Días</i>		20	15
<i>Rendimiento eliminación SV</i>	<i>%</i>		45.69	46.02

Comparación mesófilo-termófilo

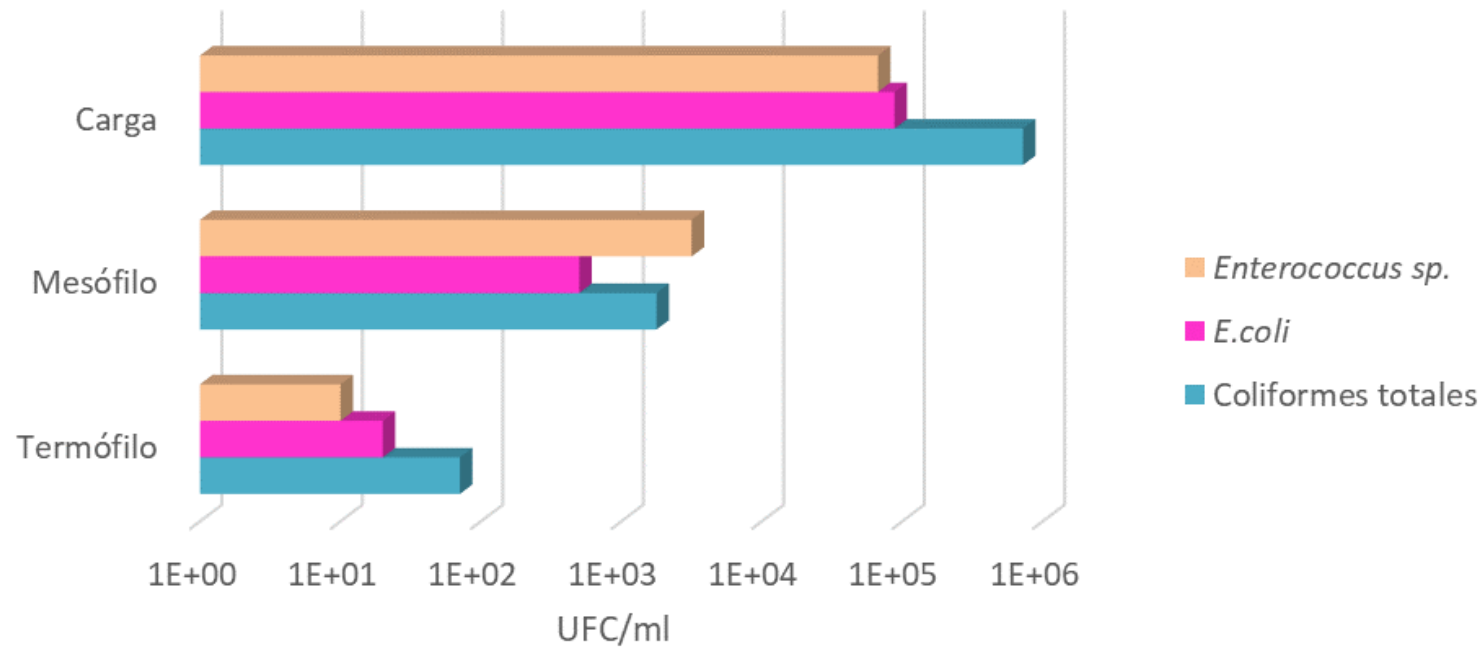


0,9-1,0 litros de biogás / gramo SV eliminado

Termófilo 33 % mas de biogás por m³ de reactor

Comparación mesófilo-termófilo

PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS



Reducciones entre 1-2 log en mesófilo y 3-4log en termófilo



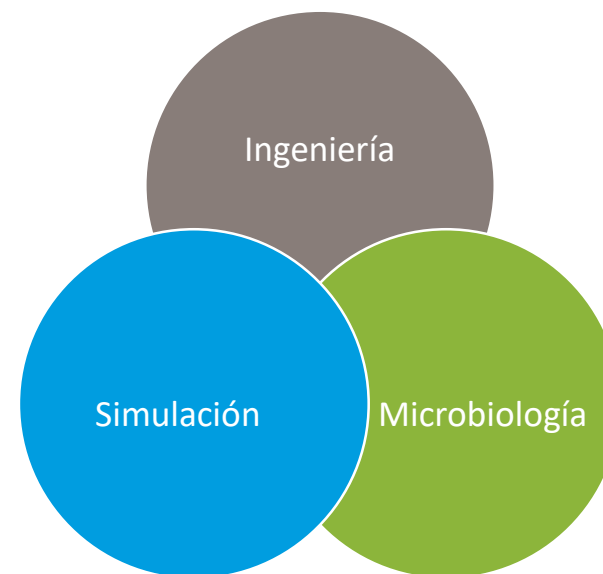
PROYECTO COLABORACIÓN PÚBLICO-PRIVADA

TRATAMIENTO DE FANGOS MEDIANTE DIGESTIÓN ANAEROBIA
TERMÓFILA: ESTUDIO Y OPTIMIZACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DESDE LA
MICROBIOLOGÍA, LA INGENIERÍA Y LA SIMULACIÓN”



thermogás

Estudiar, optimizar y analizar en entorno real la viabilidad técnica de la DAT de fango para **recuperar nutrientes, producir energía e higienizar** de manera eficaz y segura.



thermogás



thermogás

PUNTOS CLAVE

- Arranque del proceso (de mesófilo a termófilo)
- Condiciones de operación para que higienice (tiempos de carga, temperatura)
- Microbiología mesófila y termófila y la transición
- Variaciones o paradas y respuesta del proceso
- Optimización del proceso en términos de % materia seca alimentado
- Modelizado matemático
- Digestión anaerobia seca en condiciones termófilas

thermogás

Plantas piloto anaerobias

23 años funcionando



thermogás

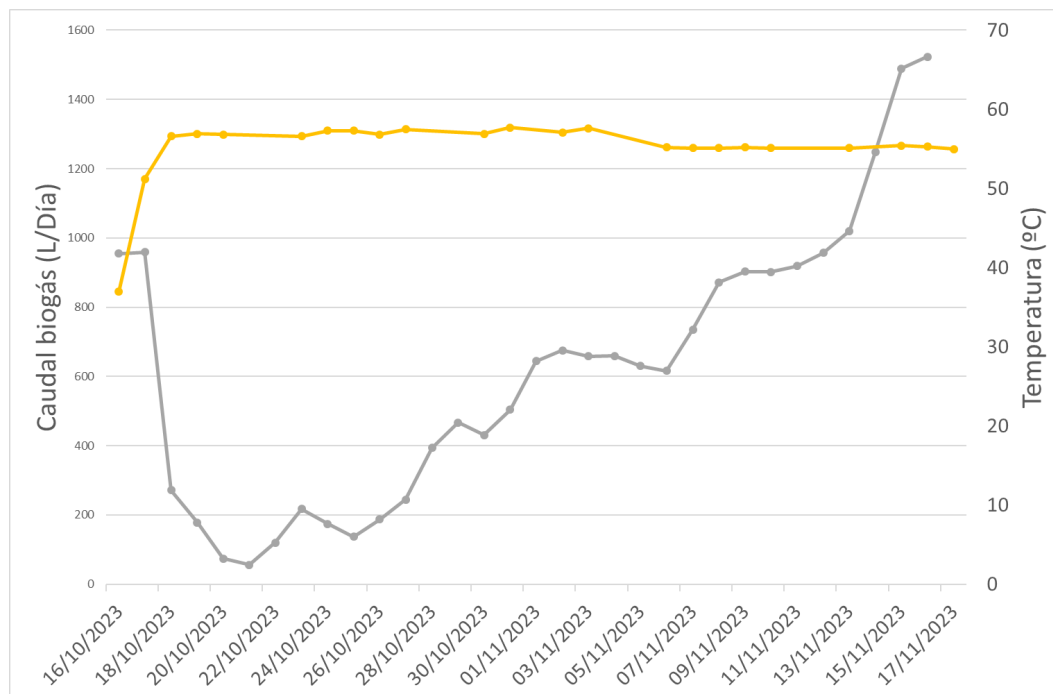
PLANTAS PILOTO ANAEROBIAS

- 2.750 litros de capacidad
- Mesófilo (35-37°C) y Termófilo (T) (55-58°C)
- CSTR
- Calentamiento por recirculación
- TRH: 15-20 días
- Carga 1 vez al día (higienización)
- Sensorización, monitorización y control (SCADA)
- Salida de biogás medición caudal y % CH₄
- Parámetros físico químicos en laboratorio



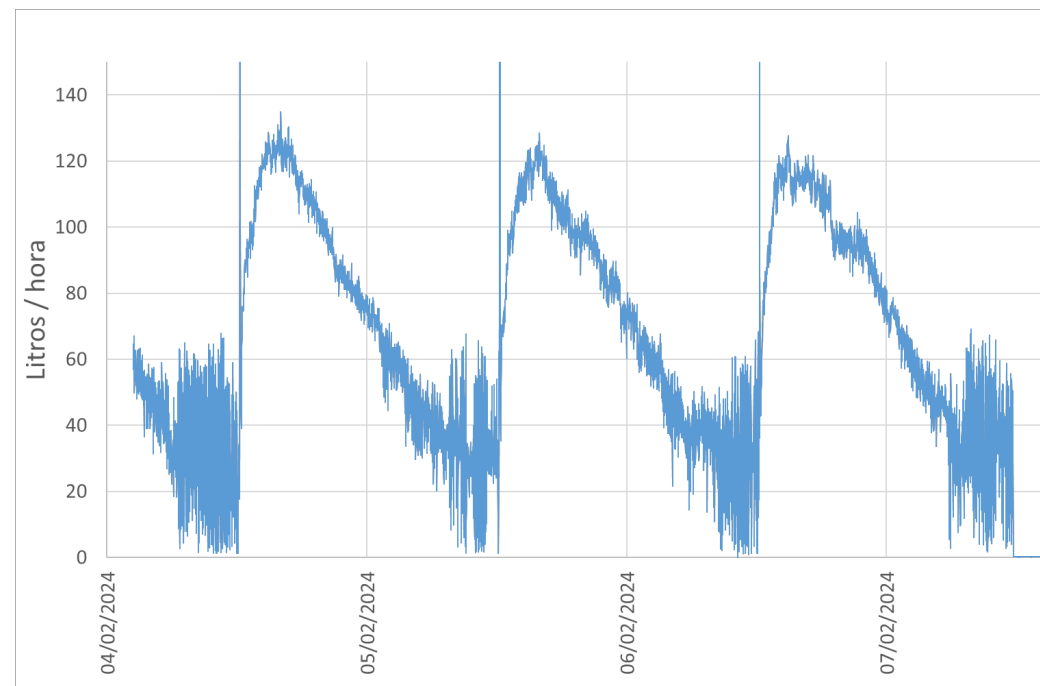
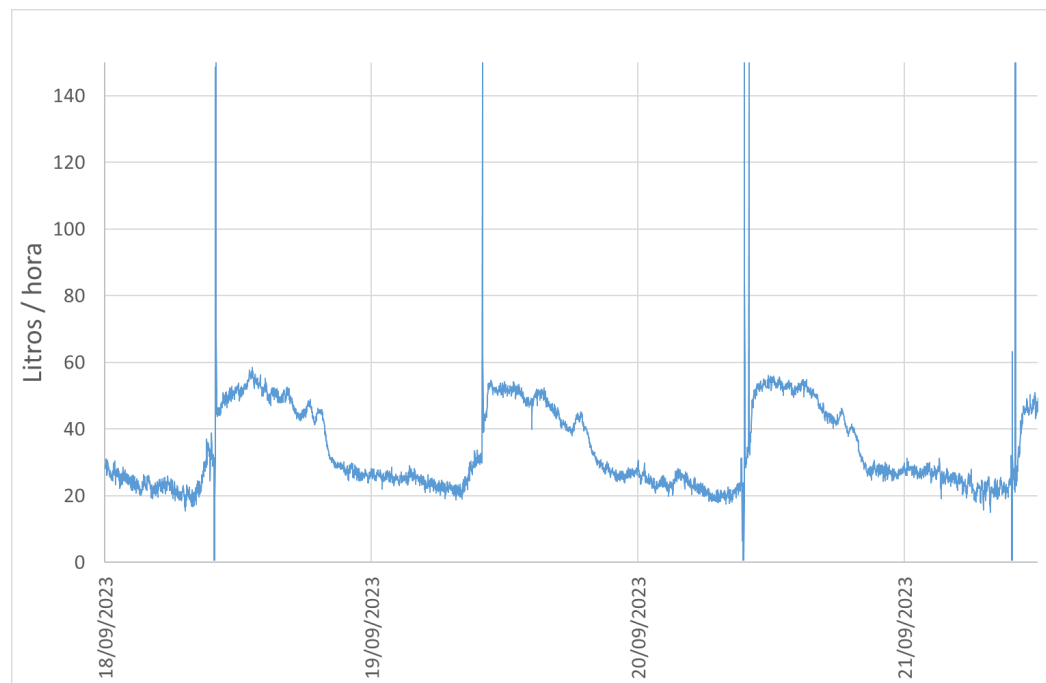
thermogás

Cambio de rango mesófilo a termófilo



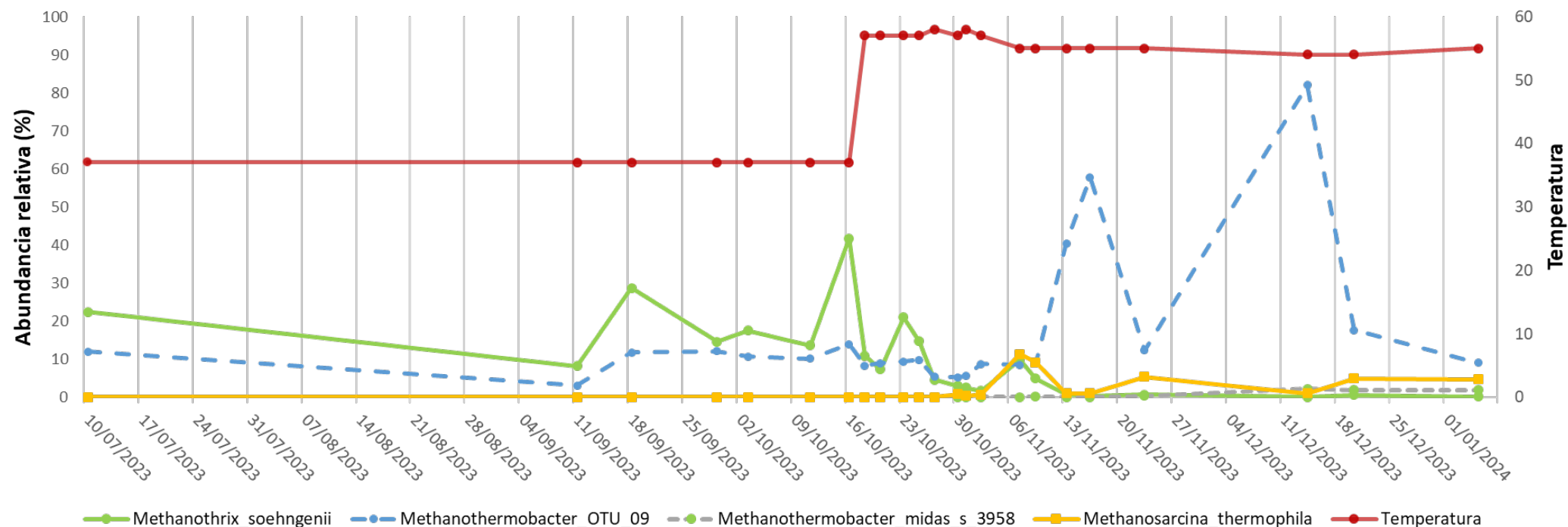
thermogás

Cambio de rango mesófilo a termófilo



thermogás

Cambio de rango mesófilo a termófilo





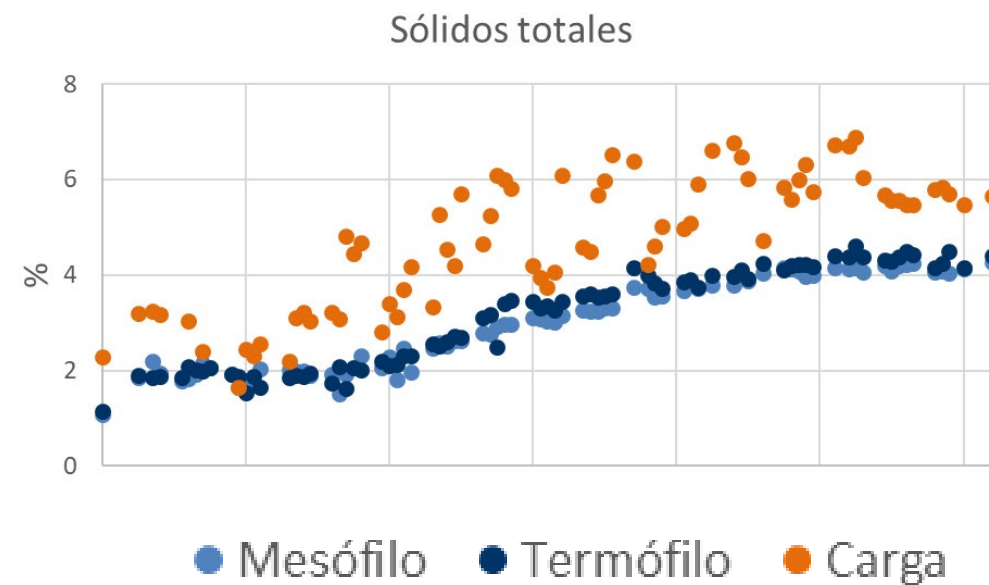
Higienización a diferentes tiempos de carga de fango al digestor

Tiempo de ciclo	<i>E. coli</i>		<i>Enterococcus spp.</i>		GLOBAL	
2 h	2/10	(20 %)	10/10	(100 %)	2/10	(20 %)
4 h	6/10	(60 %)	4/10	(40 %)	5/10	(50 %)
8 h	4/4	(100 %)	2/2	(100 %)	2/2	(100 %)
24 h	10/10	(100 %)	10/10	(100%)	10/10	(100 %)

thermogás

Optimización del proceso en términos de concentración del fango

Promedio ST inicial (%): 2,8
Promedio ST final 1 (%): 5,9
Promedio ST final 2 (%): 7,9



thermogás

Optimización del proceso en términos de concentración del fango

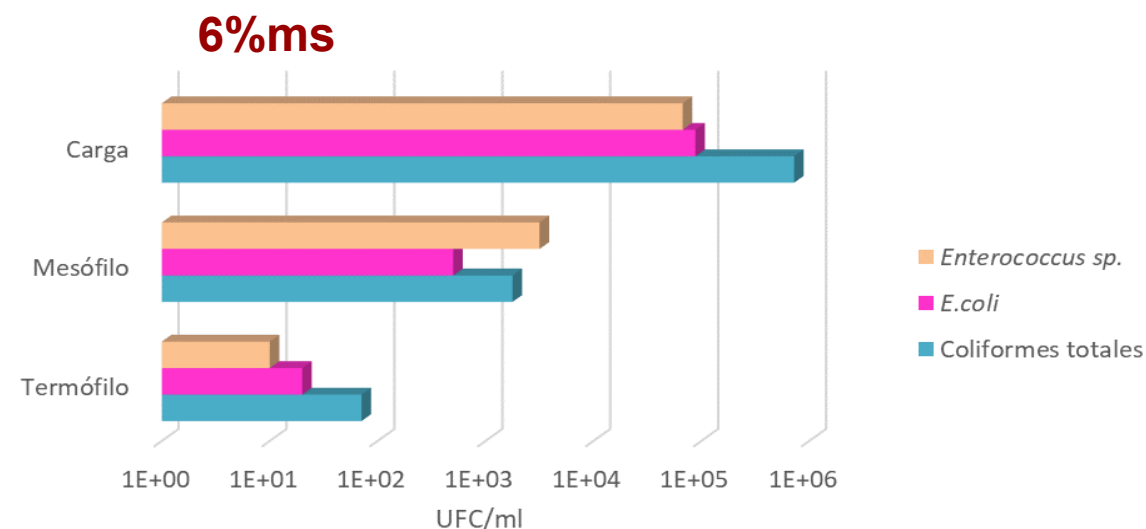
Promedio ST inicial (%): 2,8
Promedio ST final 1 (%): 5,9

	Carga al 3%ms			Carga al 6%ms		
	C	M	T	C	M	T
ST (%)	2,8	1,9	1,9	5,9	4,1	4,4
SI (%)	0,9	0,8	0,8	2,2	2,1	2,1
SV (%)	1,9	1,0	1,0	3,7	2,1	2,2
FV(%)	67	55	56	62	50	51
Rend elim SV (%)	-	45	45	-	43	40
N-NH3 (mg/l)	-	620	750	-	1200	1400
pH	-	7,6	7,9	-	8,0	8,4
DQOf (mg/l)	-	820	2200	-	2300	9700
Ratio alcalinidades	-	0,24	0,24	-	0,20	0,53

thermogás

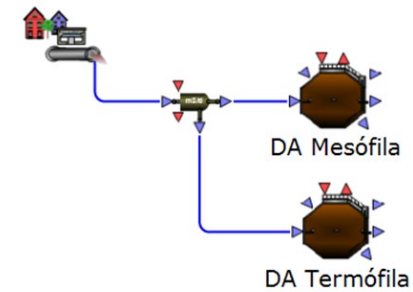
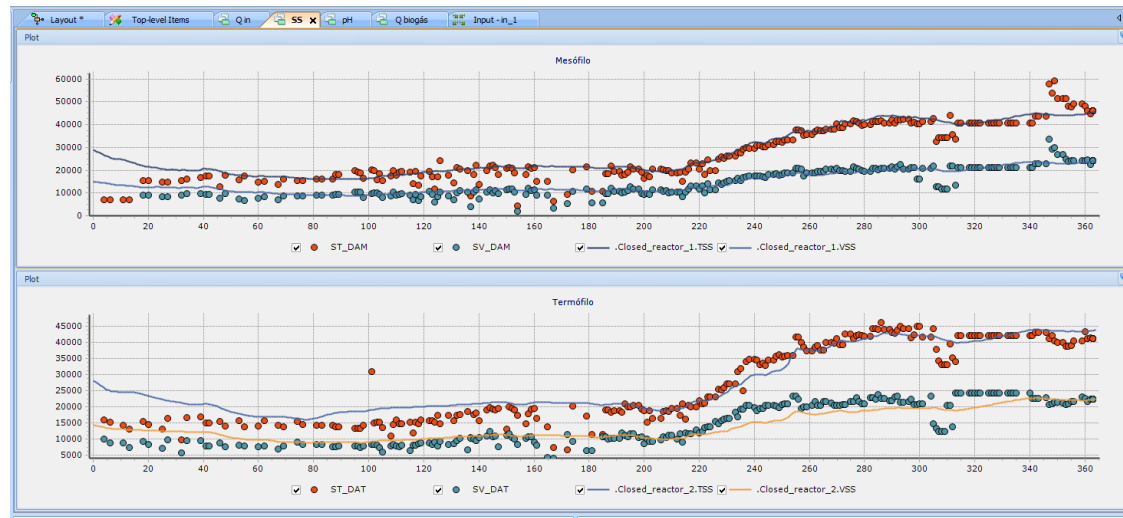
Optimización del proceso en términos de concentración del fango

Promedio ST inicial (%): 2,8
Promedio ST final 1 (%): 5,9



thermogás

Modelizado

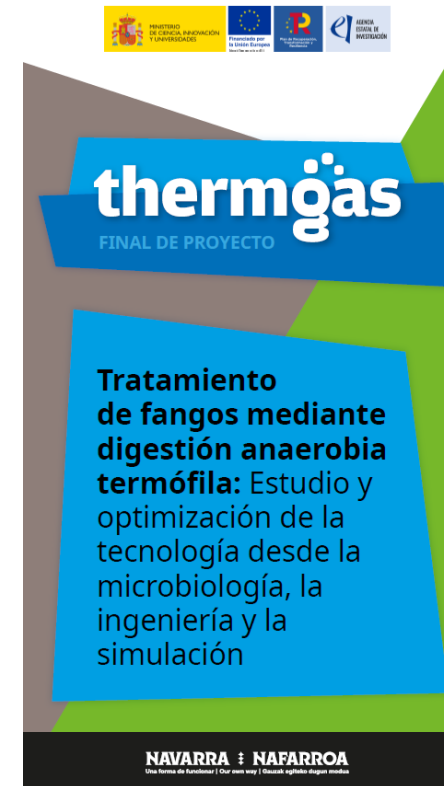


thermogás

Evento final del proyecto

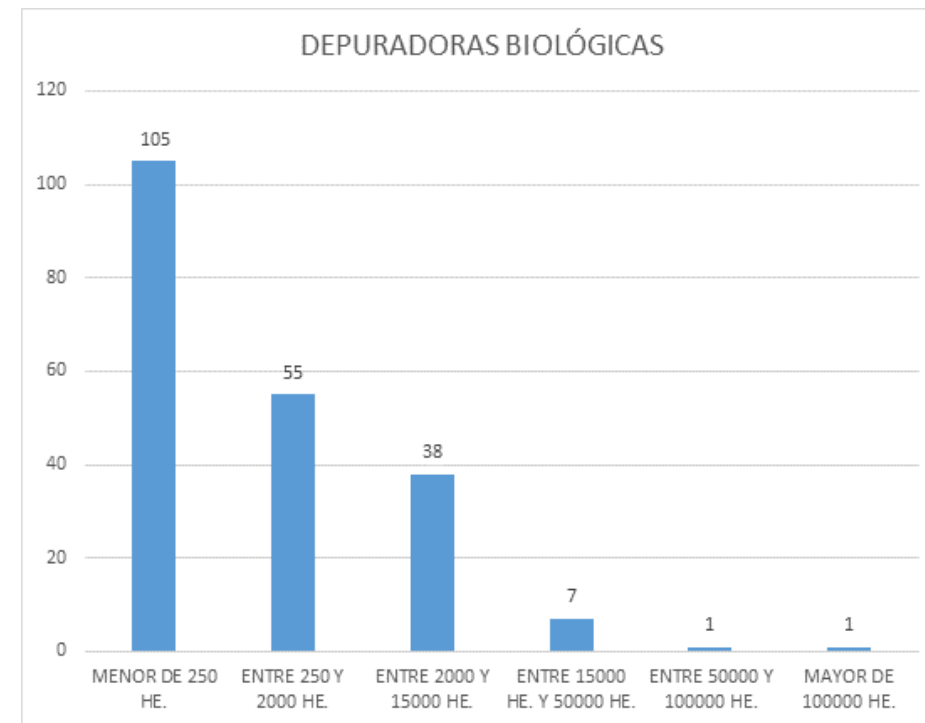
13 de noviembre

Presencial (Pamplona) y on line



Comunidad Foral de Navarra

Instalaciones de saneamiento



	Nº Instalaciones
Depuradoras biológicas	207
Fosas sépticas	415
Total	622

Estrategia tratamiento de fango actual

- Tratamiento avanzado: higienización y estabilización.
- Gestión pública de todo el proceso.
- Neutralidad energética en el Servicio de Saneamiento y Depuración.
- Economía Circular: Energías renovables, recuperación de nutrientes y aplicación agrícola.

Estrategia tratamiento de fango actual

Tratamiento avanzado de fangos centralizado en dos plantas

- **Arazuri:** 40.000 t/año (MS 17 %)
- **Tudela:** 25.000 t/año (MS 25 %)
- **Habitantes equivalentes tratados:** 1.183.000 h eq





Gracias por vuestra atención.

III Ciclo de 20 MasterClass

AGUASRESIDUALES.INFO