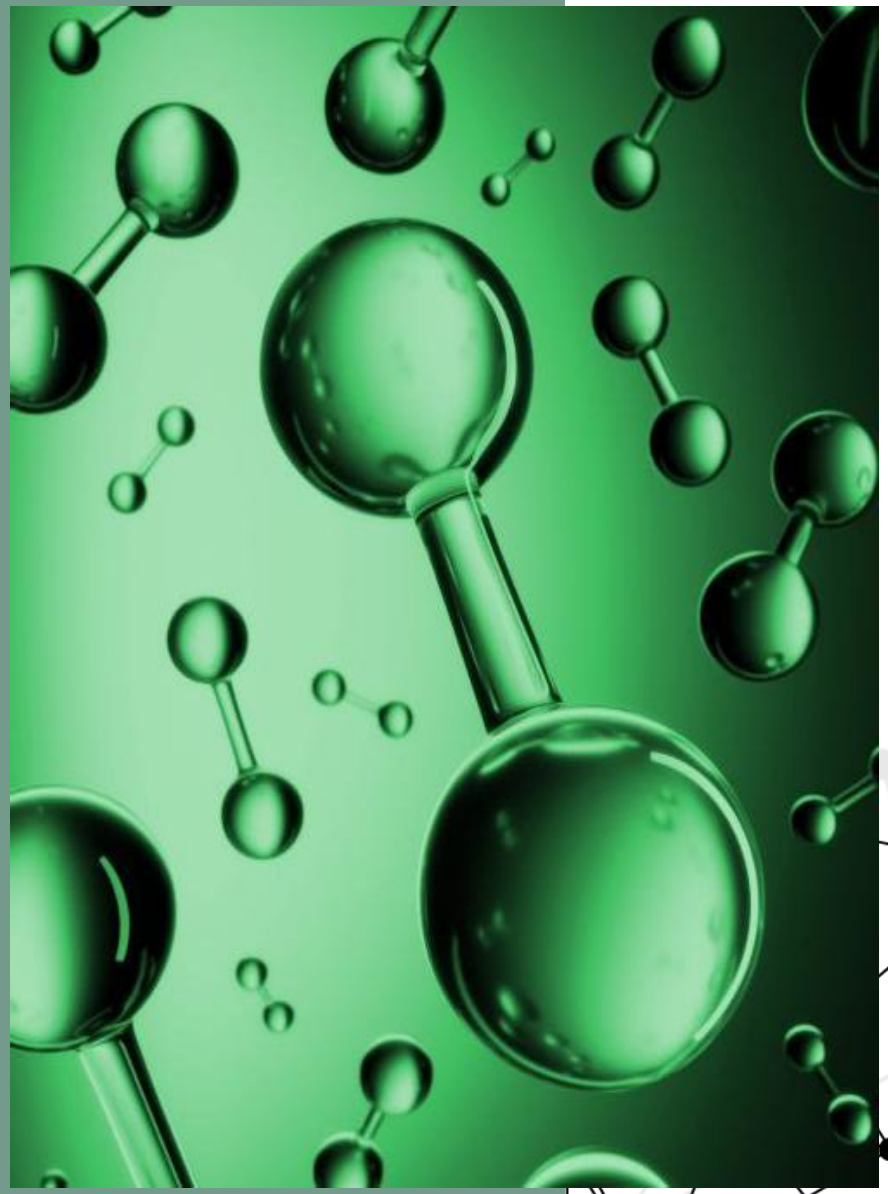


Uso de diferentes lodos anaerobios para producir biohidrógeno por fermentación oscura

Dr. Miguel Ángel Sánchez Gatón
Área de Economía Circular
FUNDACIÓN CARTIF

¿Qué es CARTIF?

AGROALIMENTACIÓN Y PROCESOS

- Economía Circular
- Biotecnología y Química Sostenible
- Recursos Naturales y Clima
- Alimentación
- Laboratorio de Ensayo

ENERGÍA

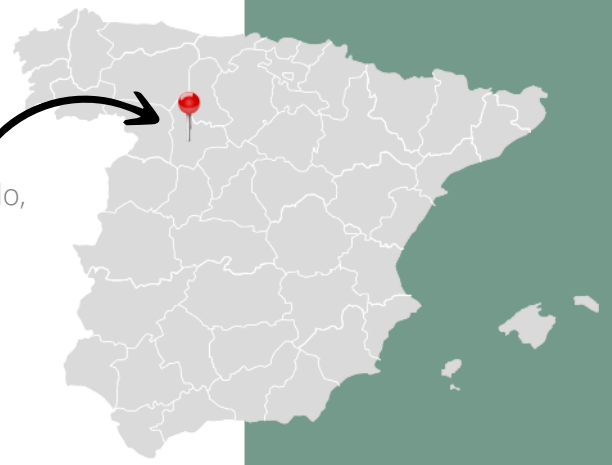
- Eficiencia energética
- Smart Cities
- Sistemas de Energía
- Smart Grids
- Políticas Energéticas

SISTEMAS INDUSTRIALES Y DIGITALES

- Industria 4.0
- Patrimonio
- Soluciones Industriales
- Infraestructuras
- Salud y Bienestar

Centro Tecnológico CARTIF

Avda. Francisco Vallés 4,
Parque Tecnológico de Boecillo,
47151 Boecillo, Valladolid



15

Proyectos en marcha

1

Proyectos financiados con fondos públicos

67%

Proyectos financiados con fondos privados

33%

15,2 M€
Ingresos (2024)

263
Clientes (2024)

252
Personal
(40 PhD)

1. Introducción y contexto

FERMENTACIÓN OSCURA

- Proceso biológico anaerobio alternativo para producir **biohidrógeno** (CO_2, AGVs)
- Es una tecnología poco madura (TRL 4–5), que aún encierra retos importantes que afectan a la eficiencia:
  - Inestabilidad del pH
  - Variabilidad del inóculo
- Investigación orientada a estudiar el proceso de fermentación oscura con **diferentes fangos**.

2. Objetivo del estudio

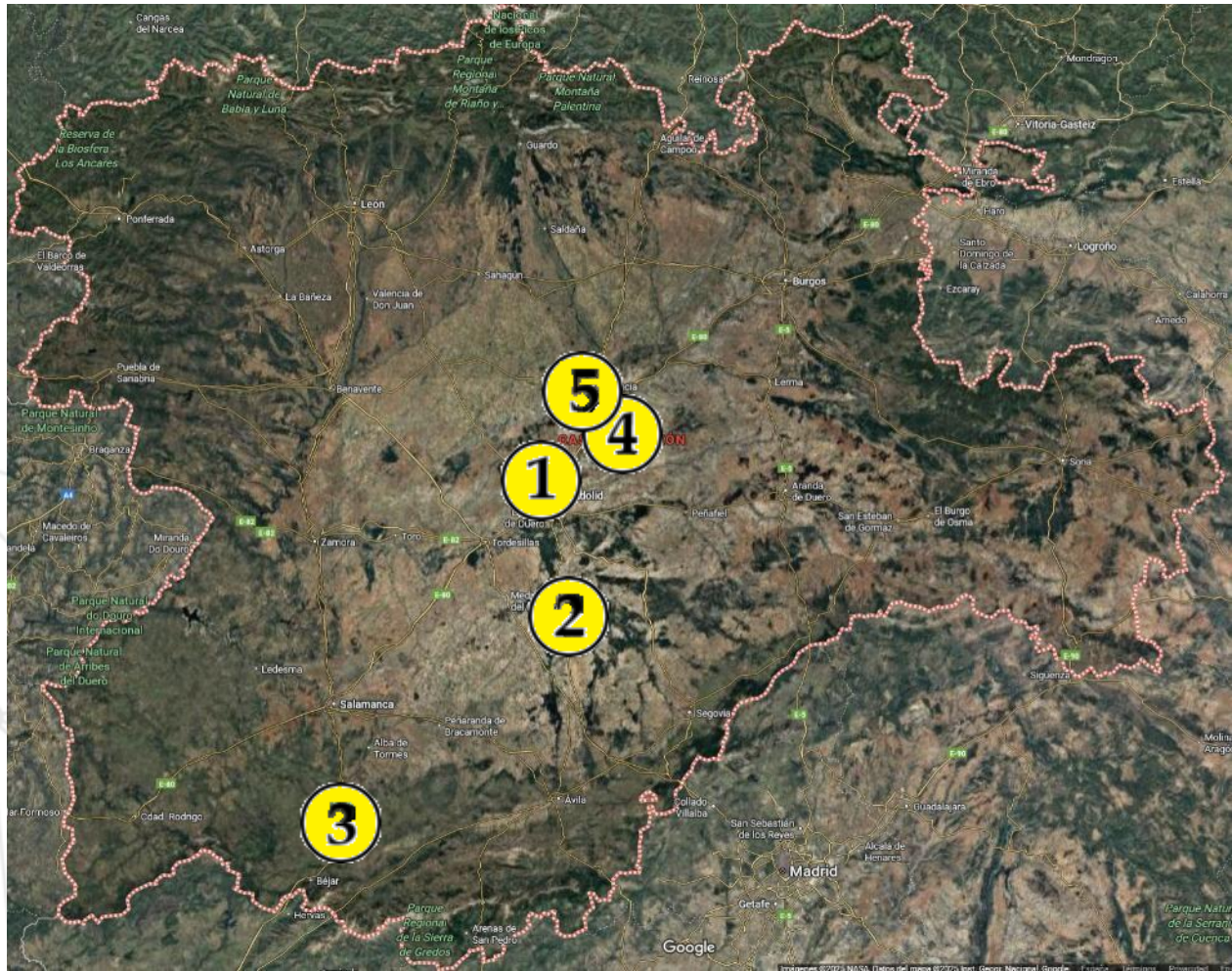
Muestreo de 5 tipos de fangos

- EDAR urbana – MTP (Valladolid) (1)
- Azucarera – SGF (Olmedo, VA) (2)
- Cárnica - MPI (Guijuelo, SA) (3)
- Papelera - PPI (Dueñas, P) (4)
- Panificación - BKI (Venta de Baños, P) (5)

Ensayo de fermentación oscura

Evaluación de la producción de bioH_2

Objetivo:
¿El origen del fango afecta a la producción de H_2?



3. Metodología y materiales (I)

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1. Caracterización de fangos
2. Pretratamiento ácido (pH 5,5)
3. Ensayos FO '*batch*' con glucosa
4. Medición de producción de gas (mL/g)
5. Composición de gas (H_2, CO_2, CH_4)
6. Análisis microbiano

CONDICIONES DE ENSAYO

Reactores de 1 L
Ensayos por triplicado (SD < 5%)
Pretratamiento pH ácido
Régimen mesófilo: 34ºC
Agitación orbital: 150 rpm
Relación S/X: 1

Origen del Inóculo	pH	ST (%)	SV (%)
EDAR	7,45	18,6	16,5
Azucarera	6,96	12,0	5,4
Cárnica	7,24	13,4	8,0
Papelera	7,89	73,0	65,1
Panificación	7,32	29,1	16,2

3. Metodología y materiales (II)

TECNOLOGÍAS EMPLEADAS

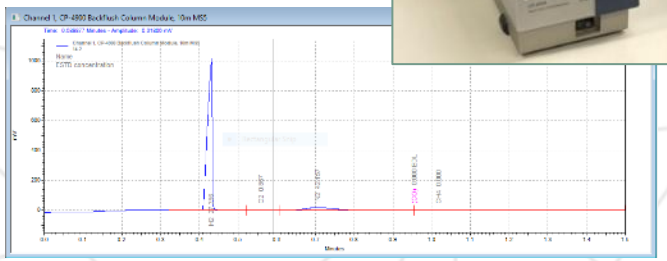
Caracterización: equipos isotermos y pHmetro convencionales

Composición de gases: Cromatografía (MicroGC)

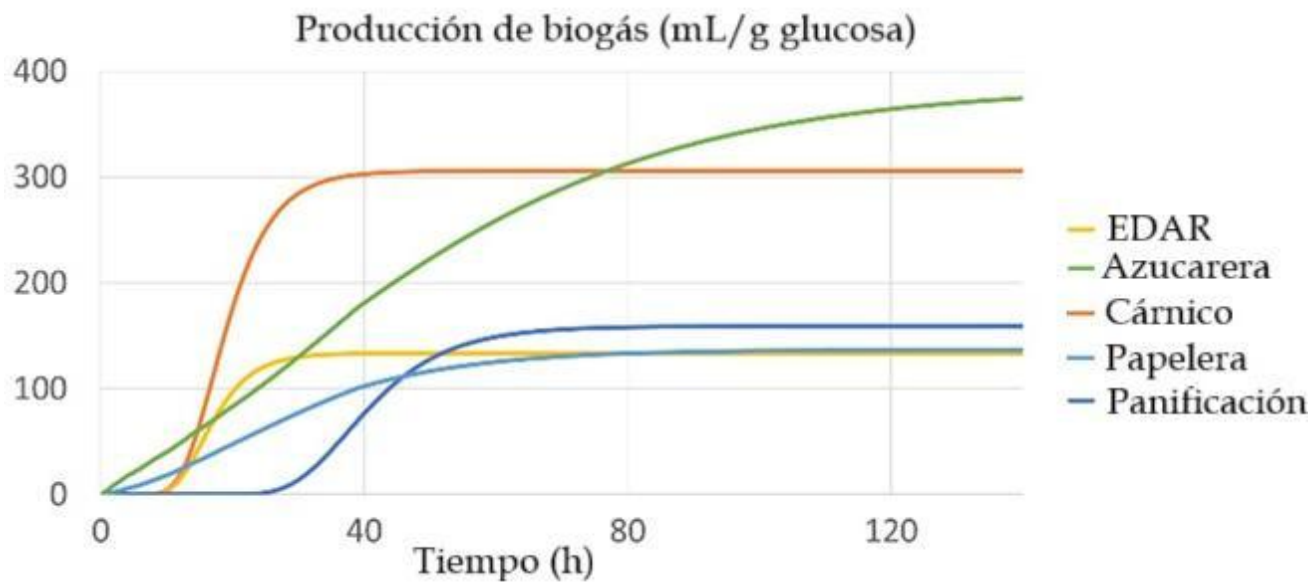
Gasometría: sensores de presión en reactores (GI)

Análisis taxonómico: extracción de ADN y PCR

Análisis morfológico: microscopía SEM



4. Resultados (I). Producción



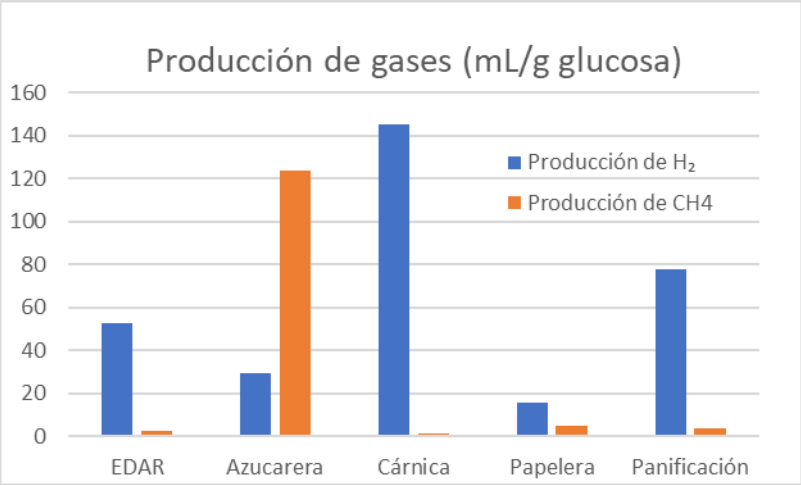
Ajuste de cinética según la *ecuación de Gompertz modificada*

$$P(t) = Pm \,.\, \exp\left\{-\exp\left[\frac{Rm \,.\, e}{Pm}(\lambda - t) + 1\right]\right\}$$

- **P(t)** Gas acumulado (H_2+CO_2+CH_4)
- **P_m** Producción máxima de gas
- **R_m** Ratio max. producción (mL/g·día)
- **λ** Duración fase de latencia
- **e** 2,71828

Origen del Inóculo	Producción de biogás (mL / g SV)	Composición gas (%v/v H_2)*	Producción de H_2 (mL / g glucosa)	Producción de CH_4 (mL/g glucosa)
EDAR	133	95,3	52,6	2,6
Azucarera	386	19,1	29,2	124,0
Cárnica	306	99,0	145,3	1,4
Papelera	137	76,3	16,0	5,0
Panificación	159	95,6	77,7	3,6

** Exento de aire.*
Condiciones estándar de 25ºC y 1 atm.
SD < 5%



4. Resultados (II). Evolución pH

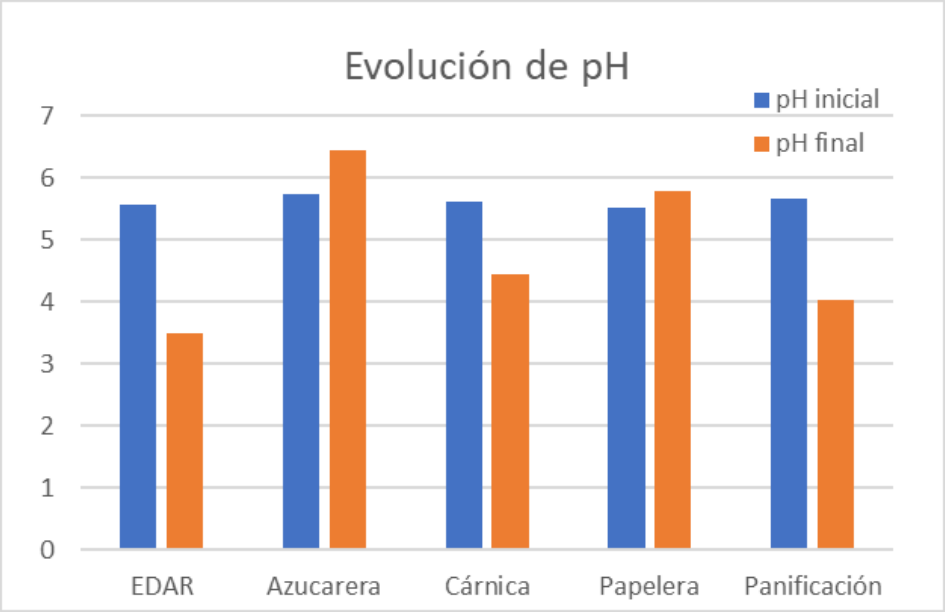
Origen del Inóculo	pH inicial*	pH final
EDAR	5,57	3,50
Azucarera	5,75	6,45
Cárnica	5,63	4,44
Papelera	5,51	5,79
Panificación	5,68	4,04

** Tras ajuste de pH*

Cárnica
Panificación
EDAR

Azucarera
Papelera

Origen del Inóculo	Producción de H_2 (mL / g glucosa)	Producción de CH_4 (mL/g glucosa)
Cárnica	145,3	1,4
Panificación	77,7	3,6
EDAR	52,6	2,6
Azucarera	29,2	124,0
Papelera	16,0	5,0

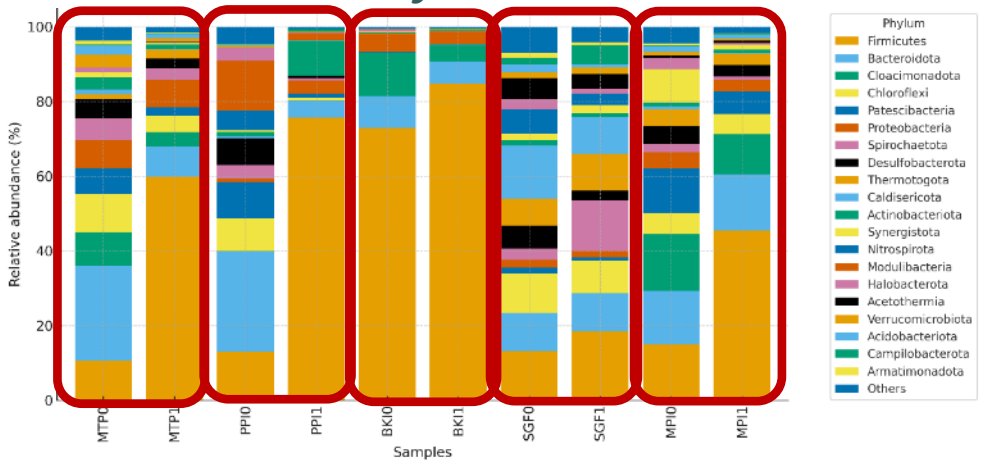


↓ pH → ↑ H_2

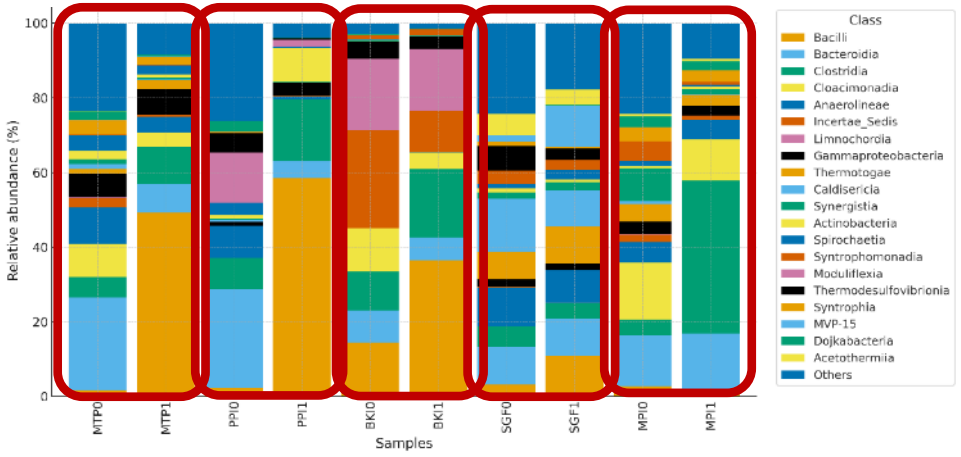
↑ pH → ↑ CH_4

4. Resultados (III). Tendencias microbianas

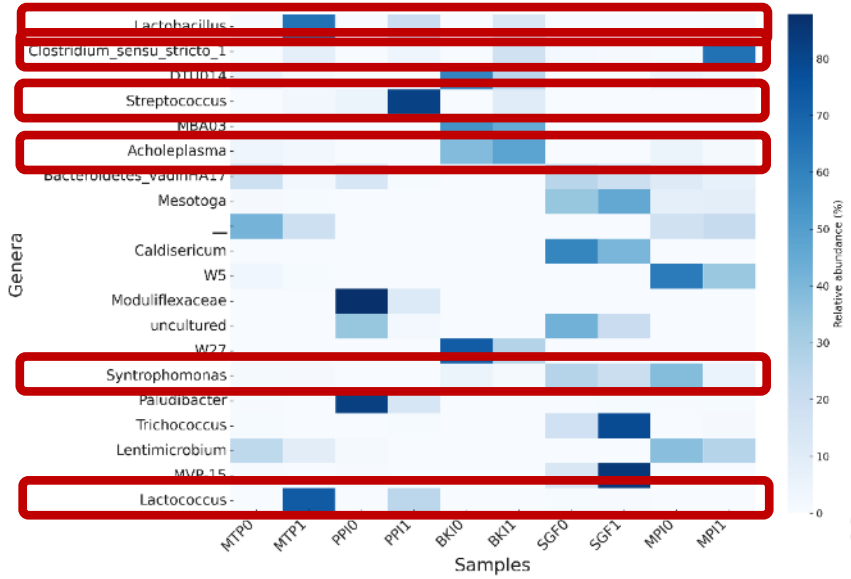
Phylum



Clase



Género



Clostridia / *Clostridium* → Productores de H_2.
Bacilli (*Lactobacillus*, *Streptococcus*) → Reducen la producción de H_2.
Sintrofos + metanógenos (*Syntrophomonas*, *Mesotoga*) → producen CH_4

1. **EDAR (MTP)** → *Lactobacillus*, *Lactococcus* → **H_2 bajo/moderado**
2. **Azucarera (SGF)** → Taxones metanogénicos/sintrofos → **CH_4 alto**
3. **Cárnica (MPI)** *Clostridia (Clostridium sensu stricto)* → **H_2 alto**
4. **Papelera (PPI)** → Bacilli (*Streptococcus*) → **H_2 muy bajo**
5. **Panificación (BKI)** → *Bacilli* + *Clostridia* → **H_2 moderado**

5. Conclusiones

- La selección del fango influye de forma fundamental para optimizar el proceso de FO y la producción de bioH_2.
- El tratamiento ácido previo (ajuste pH) es útil en el proceso FO, pero es dependiente del origen del fango. La alcalinidad favorece la producción de metano.
- El **fango cárnico** se perfila como el más adecuado para maximizar la producción de bioH_2. Su pretratamiento redujo la diversidad microbiana, seleccionando comunidades más simples y funcionales.
- Desde un punto de vista microbiano, fangos como los cárnicos, con comunidades de *Clostridia* favorecen la producción de H_2, y otros como los azucareros y papeleros, con metanógenos/lácticos ofrecen rendimientos muy bajos.

CARTIF

www.cartif.es
983 54 65 04

Muchas gracias!