

PREMIO TFM

Tratamiento y valorización del digestato de residuos ganaderos mediante bacterias fototróficas púrpuras basado en un esquema de economía circular

Rosa Edith Atayupanqui Dueñas

Tutor: Ramón Barat Baviera

Cotutor: Josué González Camejo

Master Universitario en Ingeniería Ambiental



ÍNDICE

- I. Introducción
- II. Objetivo
- III. Principales resultados
- IV. Próximos trabajos
- V. Conclusiones

I. Introducción

La digestión anaerobia (AD) es una tecnología clave para la gestión sostenible de residuos.

Sin embargo, la gestión y disposición del digestato están convirtiéndose en un desafío creciente y es esencial para integrar el proceso dentro de un marco de economía circular.

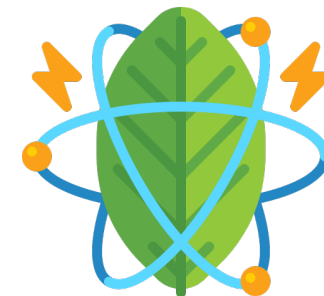


I. Introducción

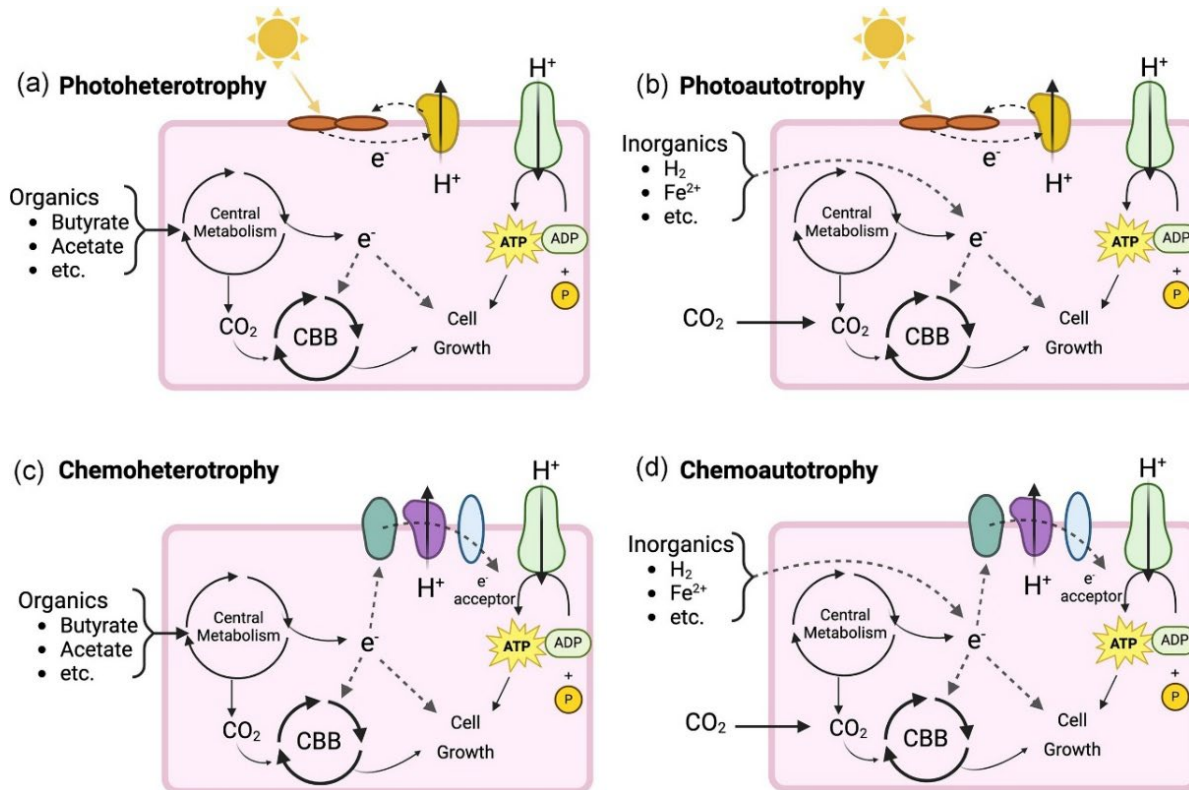
- Digestato de residuos ganaderos es una fuente valiosa de nutrientes.
- Su aplicación directa, es un riesgo por su variación de composición y el incremento de lixiviación de N y P.
- Es necesario evaluar tecnologías para la valorización de la fracción líquida del digestato (LFD).



Contaminación ambiental



I. Introducción: Bacterias Fototróficas púrpuras (PPB)

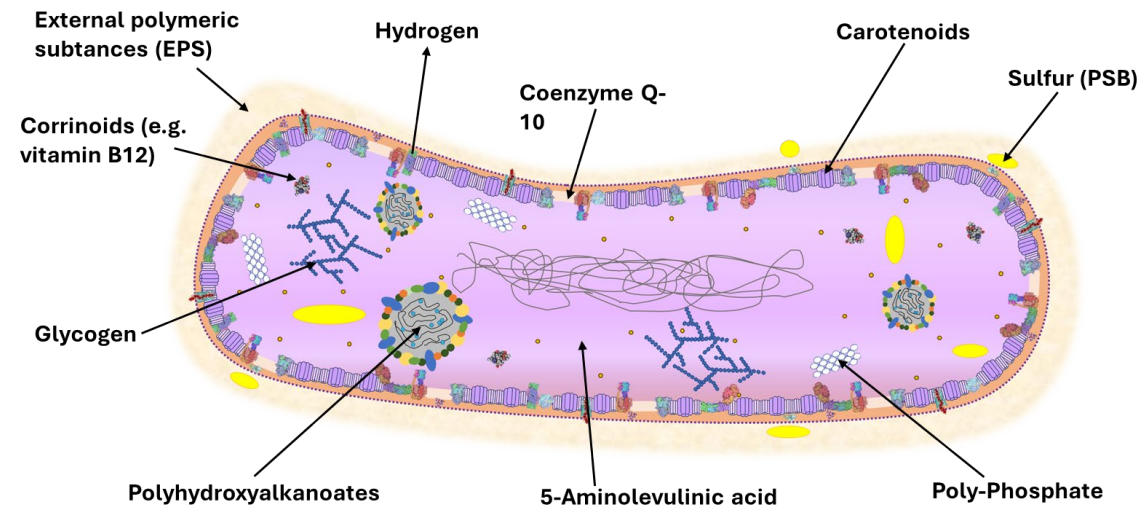


El crecimiento fototrófico anaerobio tiene ventajas:

- Mayor rendimiento de biomasa con valores alrededor de 1 g de biomasa en DQO formada por g de DQO absorbida.
- Mayor eficiencia de recuperación de recursos.
- Ningún gasto asociado a la aireación.
- Selección y enriquecimiento efectivo de PPB en entornos no estériles.

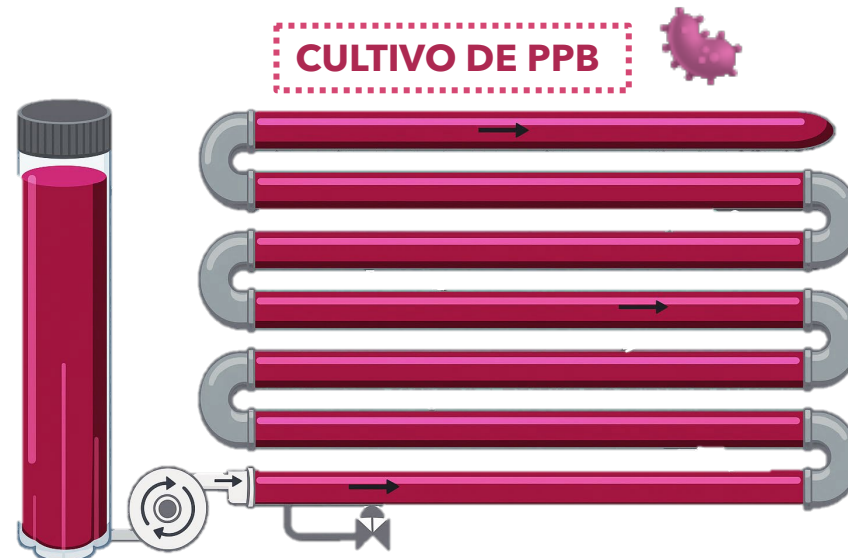
I. Introducción: Bacterias Fototróficas púrpuras (PPB)

El cultivo de PPB utilizando LFD podría ser una tecnología poderosa para producir biomasa valiosa. Las PPB toleran altos niveles de turbidez y altas concentraciones de nitrógeno, alrededor de $4.5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ de N-NH_4^+ .



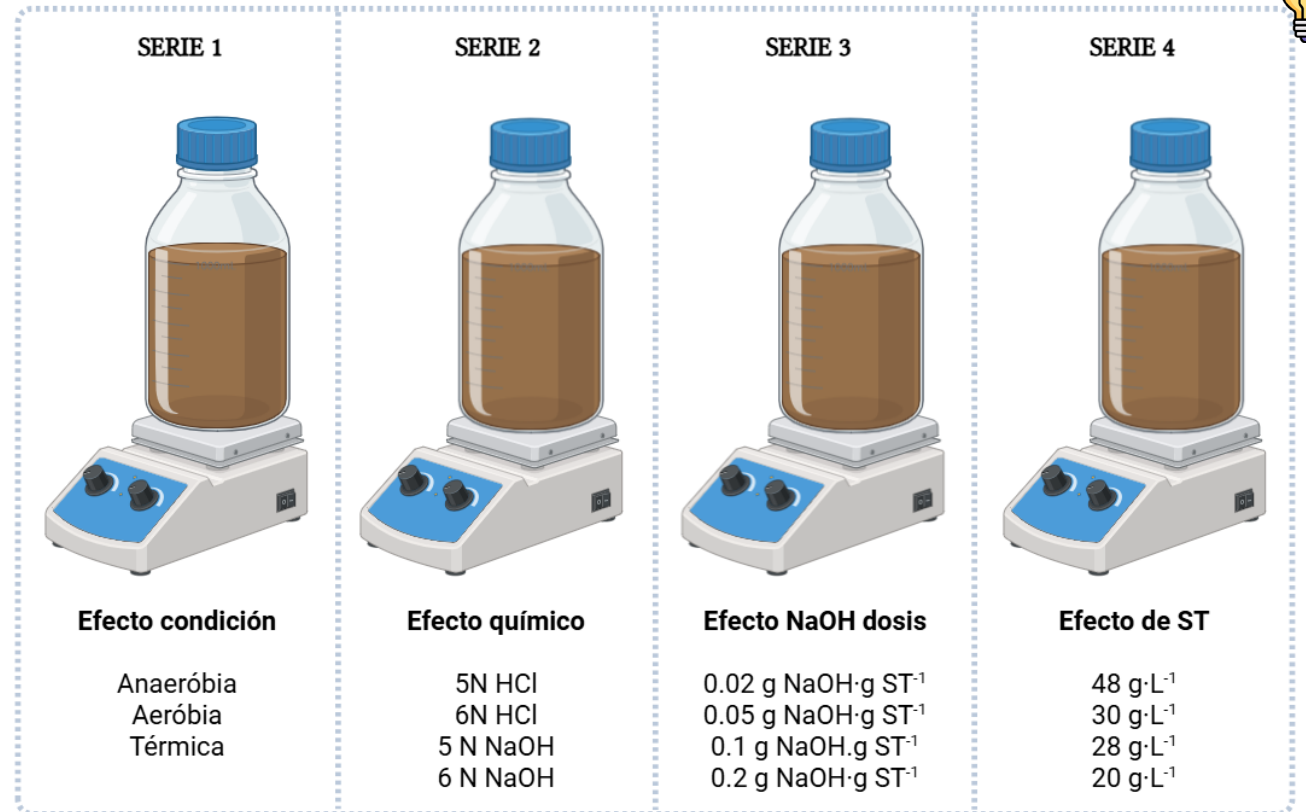
II. Objetivo

Evaluar el potencial y las limitaciones de un proceso combinado de pretratamiento fisicoquímico y tratamiento biológico con bacterias fototróficas púrpuras (PPB) del género *Rhodobacter*, para la recuperación de nutrientes del digestato generado en una planta de biogás a partir de residuos ganaderos.



III. Principales resultados

- 1 La hidrólisis anaeróbica (35%) fue mejor que la aeróbica (28%) y la térmica (14%)
- 2 La hidrólisis alcalina es 39 veces mayor que la hidrólisis ácida (15,4% frente a 0,4%)
- 3 Dosis bajas de 0-0,05 g de NaOH·gTS-1 (4-18%) y dosis altas de 0,1-0,2 gNaOH·gTS-1 (30-34%)
- 4 La más alta solubilización se logró ~20 g L⁻¹ TS (51%).



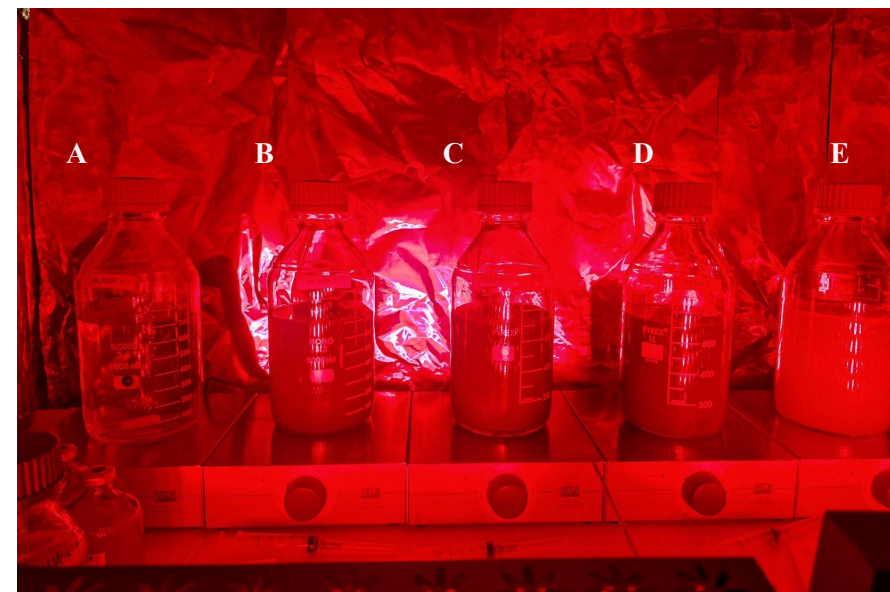
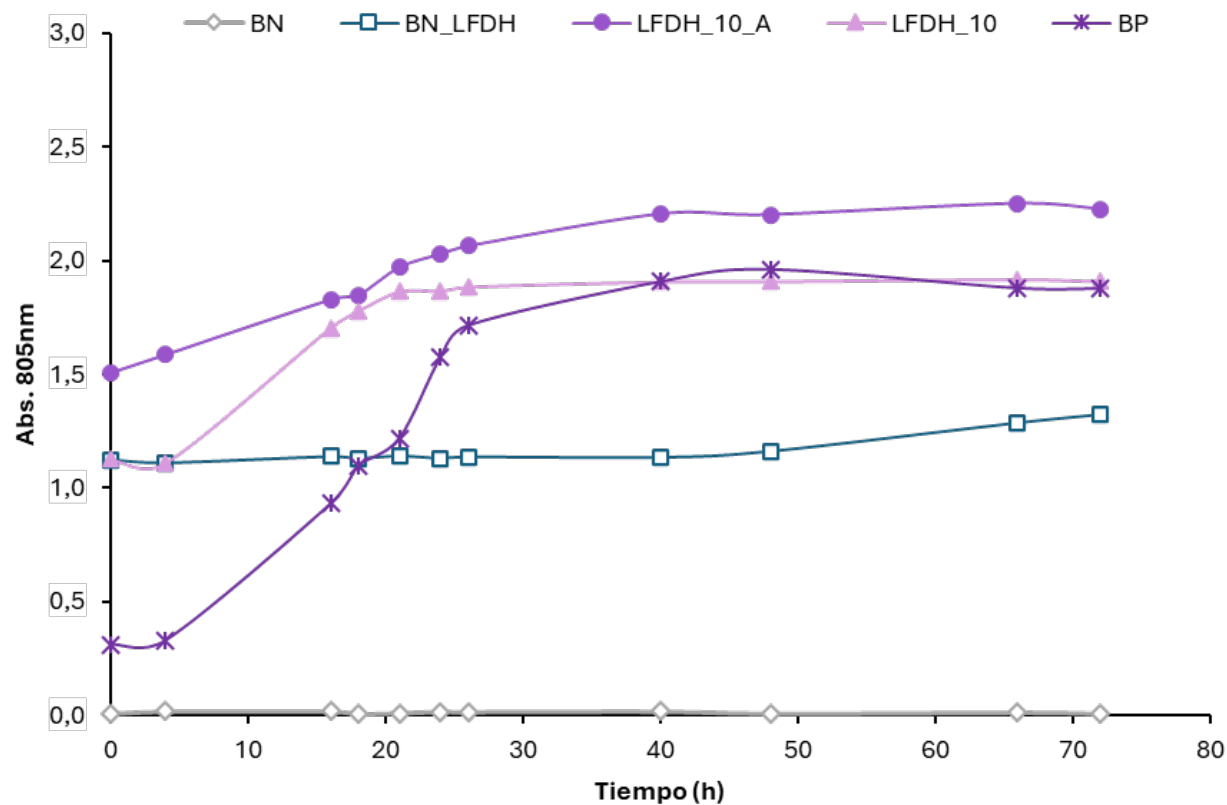
III. Principales resultados

Parámetros	Unidad	LFD	LFDH
pH	-	7.58	10.2
Conductividad	$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	17360	18320
Alcalinidad	$\text{mg CaCO}_3 \cdot \text{L}^{-1}$	7750	8187
Alcalinidad	VFA	2563	3875
VFA Ind.	-	0.3	0.5
DQO	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	20580	19460
DQO s	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	12830	16350
NKT	$\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	1.77	1.58
N-NH ₄	$\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$	1.72	1.47
TP	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	673	659
P-PO ₄	$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$	205	320
DQO/N/P	m/m/m	100:8.35:1	100:7.6:1.6
DQOS/DQO	-	0.62	0.84



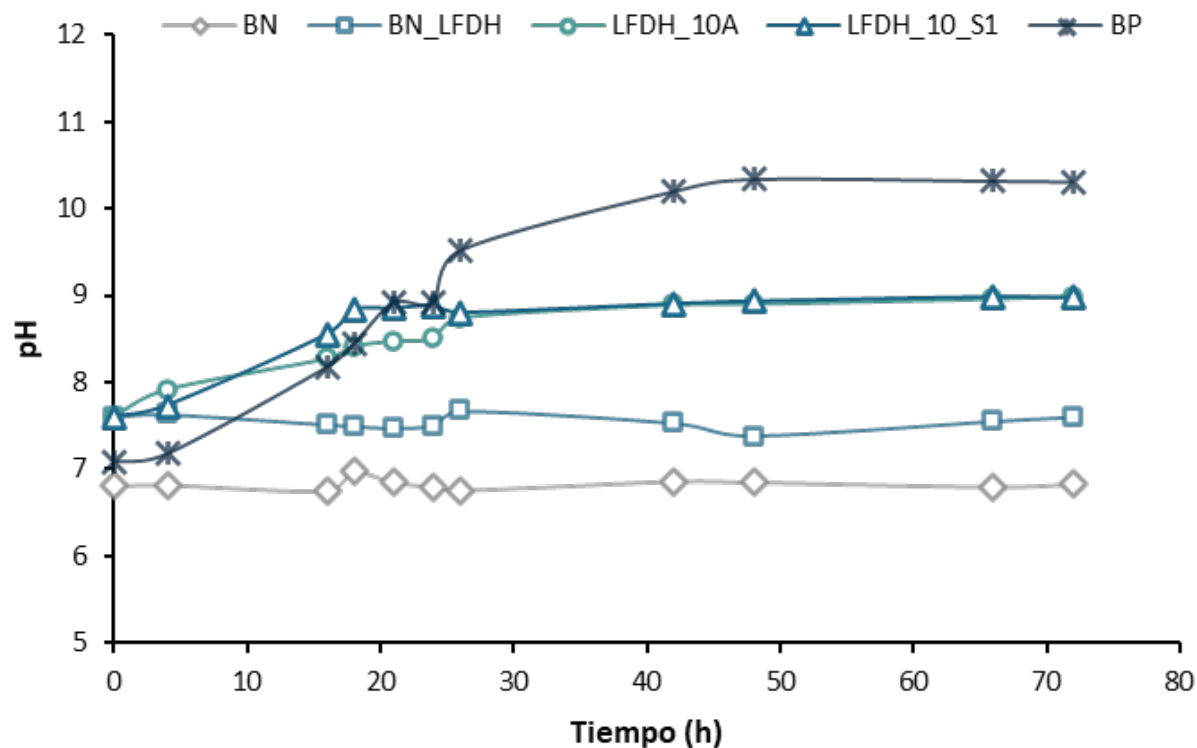
La configuración experimental óptima de este estudio es hidrólisis anaerobia alcalina con una dosis de $0.1 \text{ g NaOH}\cdot\text{g}^{-1} \text{ ST}$ y con una concentración de $\sim 20 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1} \text{ ST}$.

III. Principales resultados



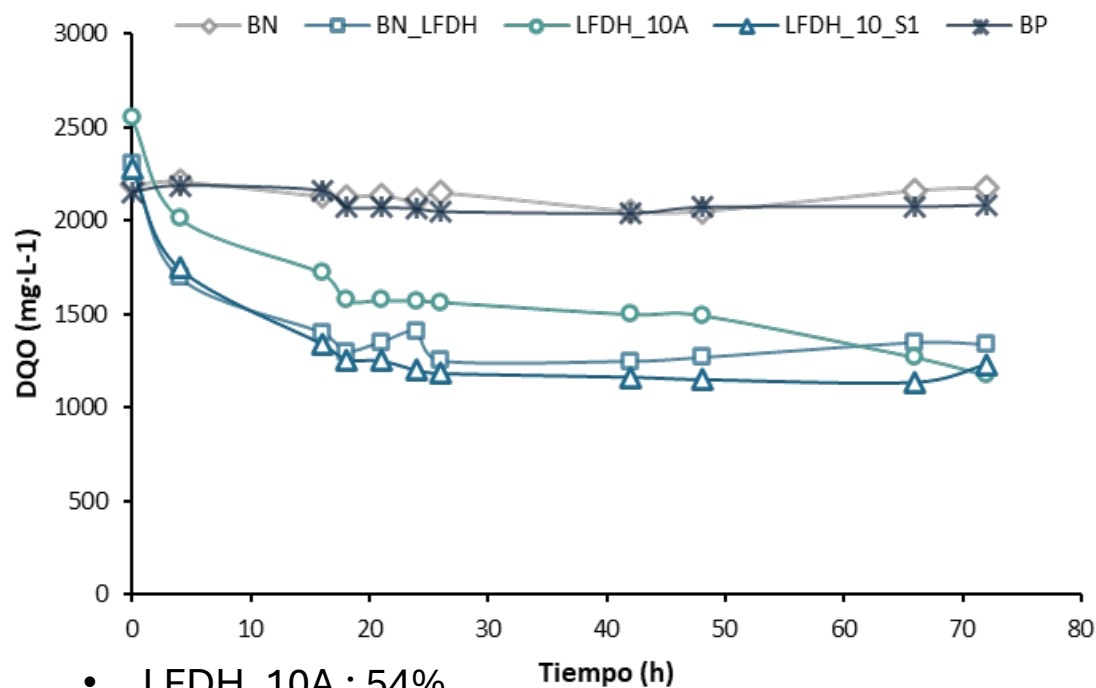
A (BN), B (BN_LFDH), C (LFDH_10_A), D (LFDH_10_S1) y E (BP)

III. Principales resultados: Efecto Adaptación

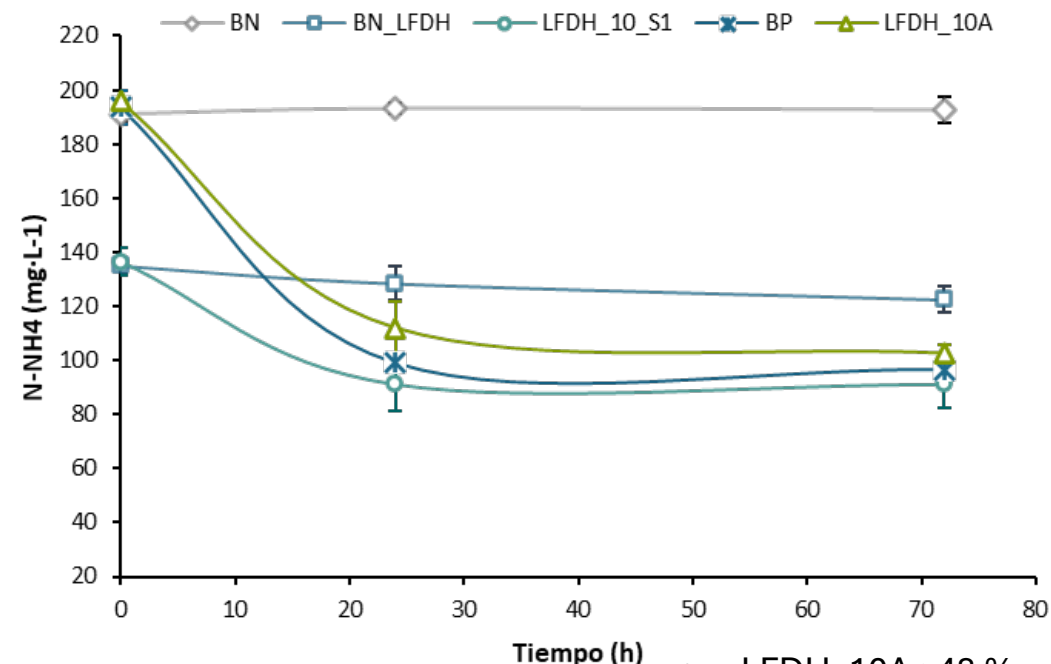


A (BN), B (BN_LFDH), C (LFDH_10_A), D (LFDH_10_S1) y E (BP)

III. Principales resultados: Efecto Adaptación



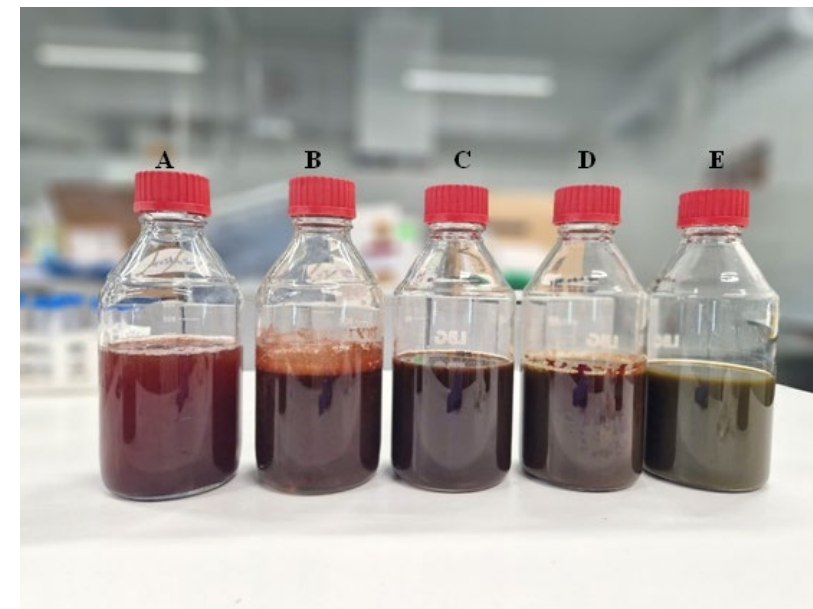
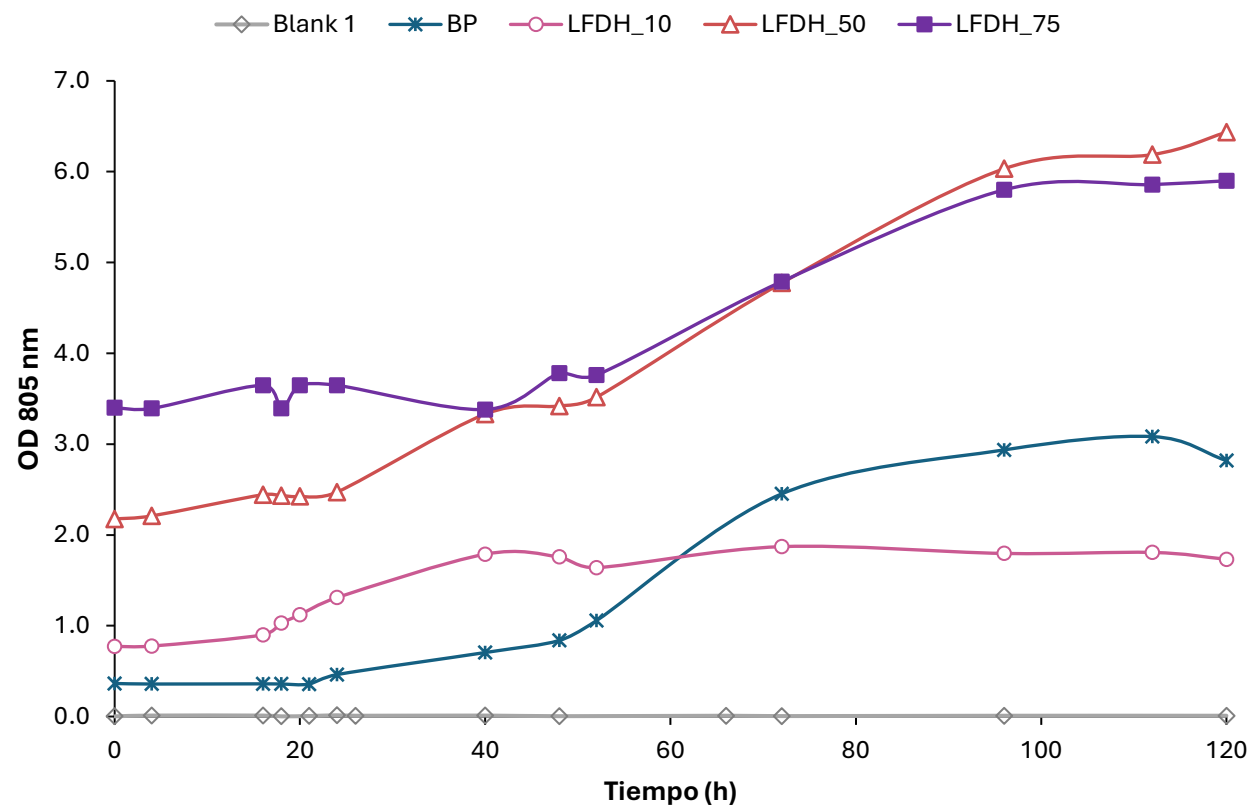
- LFDH_10A : 54%
- LFDH_10_S1: 46%
- BP: 3% → ($Y \approx 1$ g biomasa/g sustrato)



- LFDH_10A : 48 %
- LFDH_10_S1: 33 %
- BP: 50 %
- BN_LFDH: 9.5 %

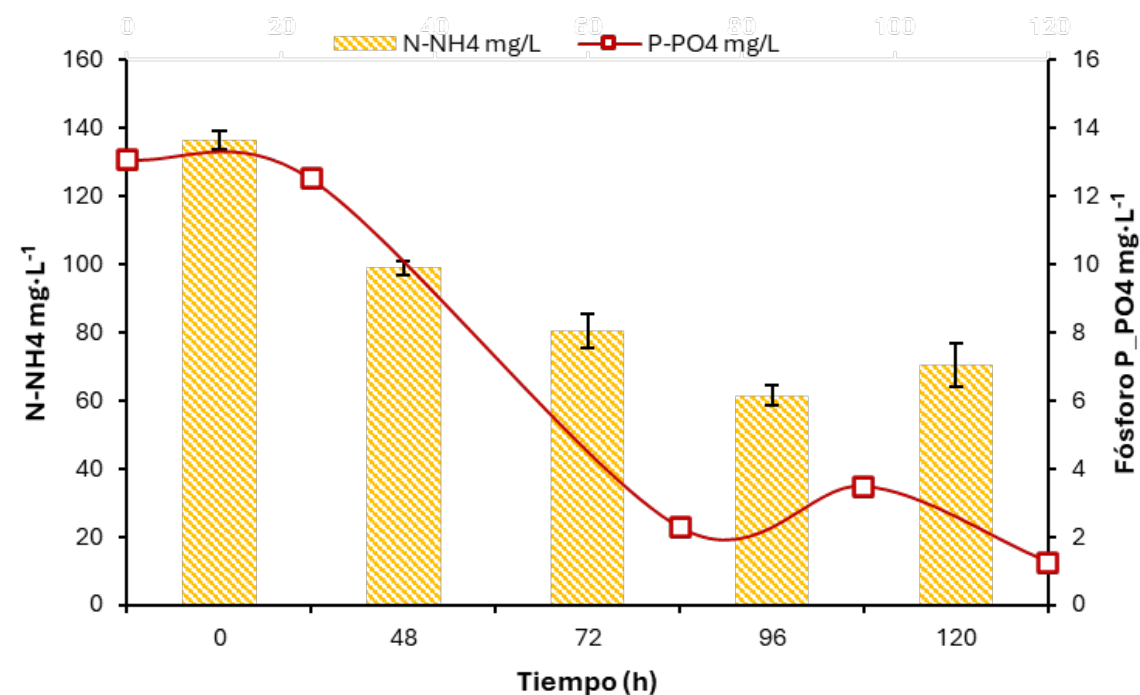
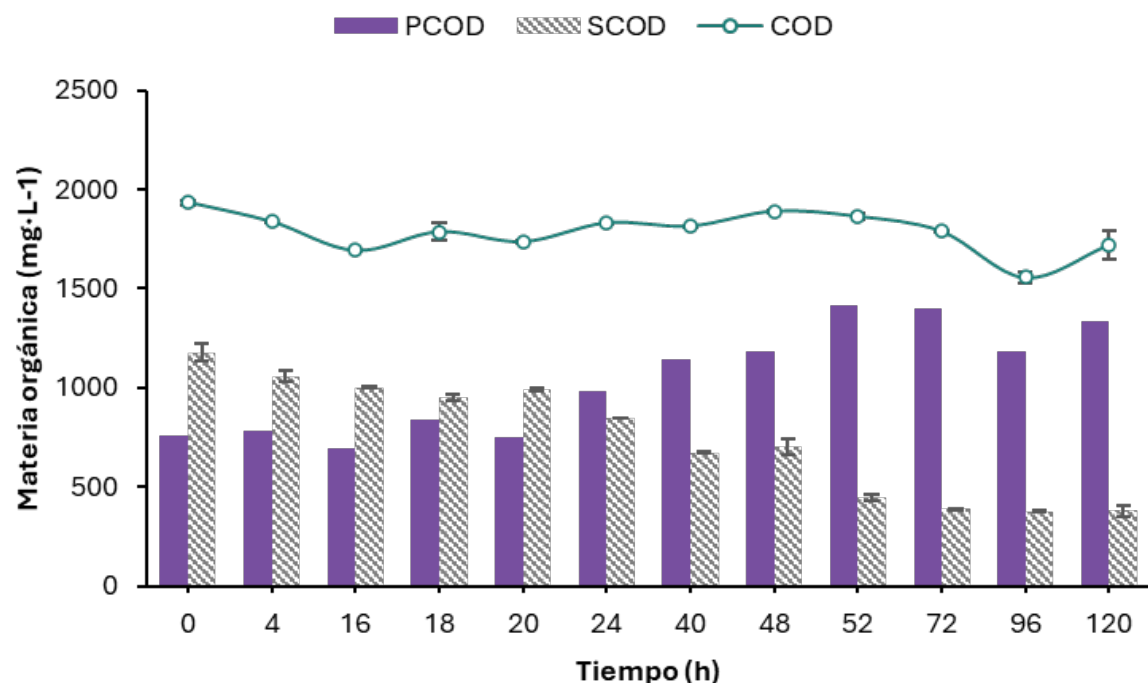
$1,0 \text{ g } DQO_{\text{biomasa}} \cdot \text{g}^{-1} DQO_{\text{eliminada}}$ (Alloul et al., 2019; Capson-Tojo et al., 2023; Doki et al., 2024)

III. Principales resultados: Efecto de la dilución



A (BP), B (LFDH_10), C (LFDH_50), D (LFDH_75) y E (LFDH_100)

III. Principales resultados: Efecto de la dilución



Sustrato → 100: 11.6: 1.1

DQOs → 68%, 330 mg/L.d

Y → 0.73 gDQO_{biomasa} · g⁻¹ DQO_{eliminada}

Consumo → 100:9.4:1.5 (m:m:m)

✓ N-NH4: 48.4%

✓ P-PO4: 90%

III. Principales resultados

ENSAYOS	DQO ₀ (mg·L ⁻¹)	ΔDQO _s (mg·L ⁻¹)	DQO _s mg·L ⁻¹ ·d ⁻¹	Y	μ (d ⁻¹)	HRT (máx. prod.)	SCOD %	N-NH ₄ %	P-PO ₄ %
BP_S2	3360	1724	649	0.80	1.4	1.4	52	53	51
LFDH_10_S2	1932	798	330	0.73	1.5	1.3	68	48	90
LFD_10	2344	790	404	0.61	1.2	0.9	57	33	90
LFDH_50	8780	3653	1283	0.89	0.7	2.9	75	17	50
LFD_50	10095	4808	1083	0.83	0.8	2.4	68	27	50
LFDH_75	13250	2575	1078	0.23	0.4	4.9	35	11	31
LFD_75	13875	590	238	0.58	0.2	12.4	17	19	28

III. Principales resultados



	C %	C/N	PT mg·Kg ⁻¹	KT g·Kg ⁻¹	N %	P₂O₅ %	K₂O %	C_{org} %
BP	36.32±0.08	5.7	4007±35	33.36±0.71	6.42±0.01	1	2.8	33
LFDH_10	43.12±0.30	7.6	3973±30	32.85±1.00	5.71±0.01	1	2.7	39
LFD_10	39.71±1	6.5	3966±20	32.36±1.37	6.07±0.03	1	2.7	36
LFDH_50	29.51±0.11	6.2	3754±23	68.80±1.50	4.77±0.01	0.9	5.7	27
LFD_50	30.02±0.13	6.3	3809±4	67.79±0.49	4.74±0.02	0.9	5.6	27
Regulation (EU) 2019/1009					>1	>1	>1	>15



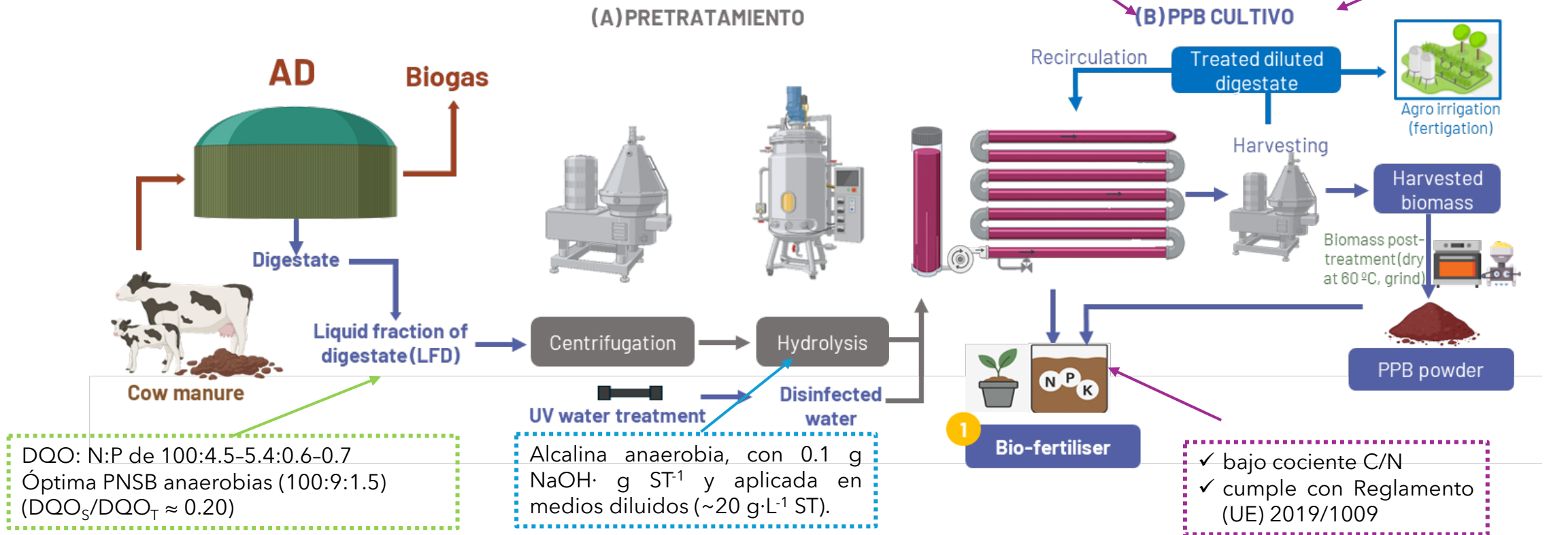
IV. Próximos trabajos

- Evaluar otros reactivos para hidrólisis alcalina (ej. CaO \rightarrow bajo costo, buena solubilización), evaluar una hidrolisis enzimática o estudiar otros pretratamientos que incrementen AGV.
- Ajustar diluciones del digestato (10–50%) para maximizar crecimiento de PPB y eliminación de DQO.
- Evaluar el potencial de las PPB en matriz de digestato líquido posterior a una recuperación de nutrientes.
- Estudiar el metabolismo fotoautótrofo de las PPB.
- Escalar a nivel piloto: PPB toleran altos $\text{NH}_4^+/\text{NH}_3$, asimilan CO_2 y requieren menos carbono.
- Validar potencial como biofertilizante y estudiar su potencial como bioestimulante.

V. Conclusiones

- ✓ 660 nm y 805 nm
- ✓ Adaptación latencia elimino
- ✓ Sin diferencia significativa

- ✓ Puede tolerar hasta 75% de digestato
- ✓ pH, elevada carga orgánica y amoníaco libre



DQO: N:P de 100:4.5-5.4:0.6-0.7
Óptima PNSB anaerobias (100:9:1.5)
($DQO_S/DQO_T \approx 0.20$)

Alcalina anaerobia, con 0.1 g NaOH · g ST⁻¹ y aplicada en medios diluidos (~20 g · L⁻¹ ST).

- ✓ bajo cociente C/N
- ✓ cumple con Reglamento (UE) 2019/1009

PREMIO TFM

Tratamiento y valorización del digestato de residuos ganaderos mediante bacterias fototróficas púrpuras basado en un esquema de economía circular

Rosa Edith Atayupanqui Dueñas

Tutor: Ramón Barat Baviera

Cotutor: Josué González Camejo

Master Universitario en Ingeniería Ambiental

