

# La tecnología AnMBR acoplada a tratamientos convencionales para la recuperación de recursos y energía

## Camino hacia la economía circular

O. Mateo<sup>1</sup>, J. Serralta<sup>1</sup> y N. Martí<sup>2</sup>

<sup>1</sup> CALAGUA Unidad Mixta UV-UPV, IIAMA, Universitat Politècnica de València. Camino de Vera, 46022 València.

<sup>2</sup> CALAGUA Unidad Mixta UV-UPV, Departament d'Enginyeria Química, ETSE, Universitat de València. Av. Universitat, 46100 Burjassot. València.

### Introducción

La escasez de agua se está convirtiendo en un problema mundial cada vez más grave que necesita soluciones urgentes. Las plantas de tratamiento de agua y aguas residuales representan el 3-4% del consumo energético de Europa. La implementación de tecnologías anaeróbicas de membranas en las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales (EDAR) es un enfoque prometedor para reutilizar las aguas residuales urbanas (UWW).

### Objetivos

Demostrar las ventajas que ofrece la tecnología AnMBR combinada con tratamientos convencionales para la recuperación de recursos y energía del agua residual urbana. Este proyecto pretende cambiar el paradigma de la depuración al considerar el agua residual como una fuente de recursos y no como un residuo.

### Materiales and Métodos

#### Planta Piloto AnMBR



- Reactor Anaerobio: 1,3 m<sup>3</sup> (0,9 m<sup>3</sup> Volumen de trabajo)
- Tanques de Membrana (MT) (x2):
  - 0,8 m<sup>3</sup> (0,6 m<sup>3</sup> Volumen de trabajo)
- PURON®, KMS (industrial-scale hollow-fiber)
- Ultrafiltración (0,03 µm)
- 31 m<sup>2</sup>
- Área total filtración: 62 m<sup>2</sup>

#### Tratamientos Convencionales



Pretratamiento



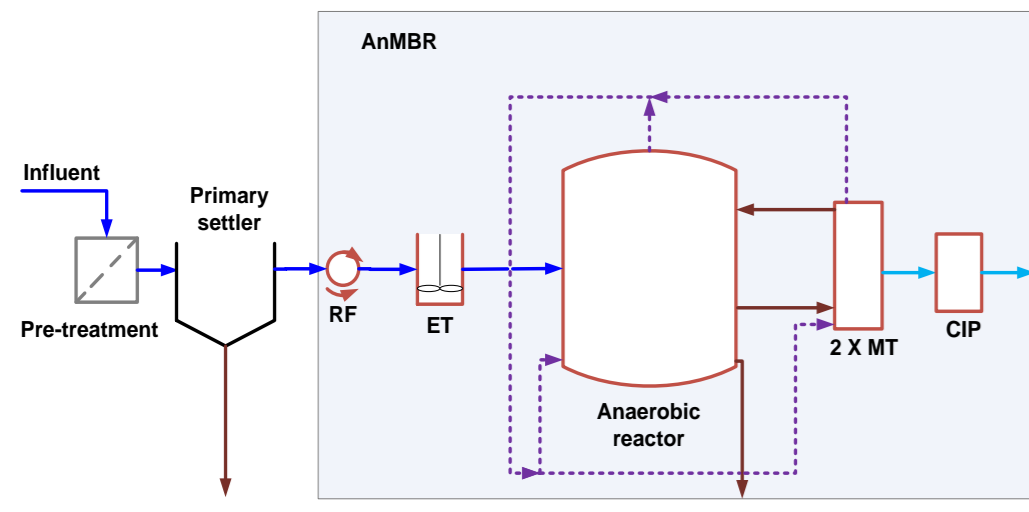
Decantación Primaria



Digestión Anaerobia

#### 1. Pretratamiento + AnMBR

Publicación: Exploring the limits of anaerobic biodegradability of urban wastewater by AnMBR technology. Environmental Science, Water Research & Technology, 11 (4), 1877 - 1887.



La planta se operó con:

- T<sup>a</sup> controlada (27°C)
- Efluente del pretratamiento
- ↑ COD:SO<sub>4</sub>-S
- EDAR "Conca del Carraixet" (Valencia, España).

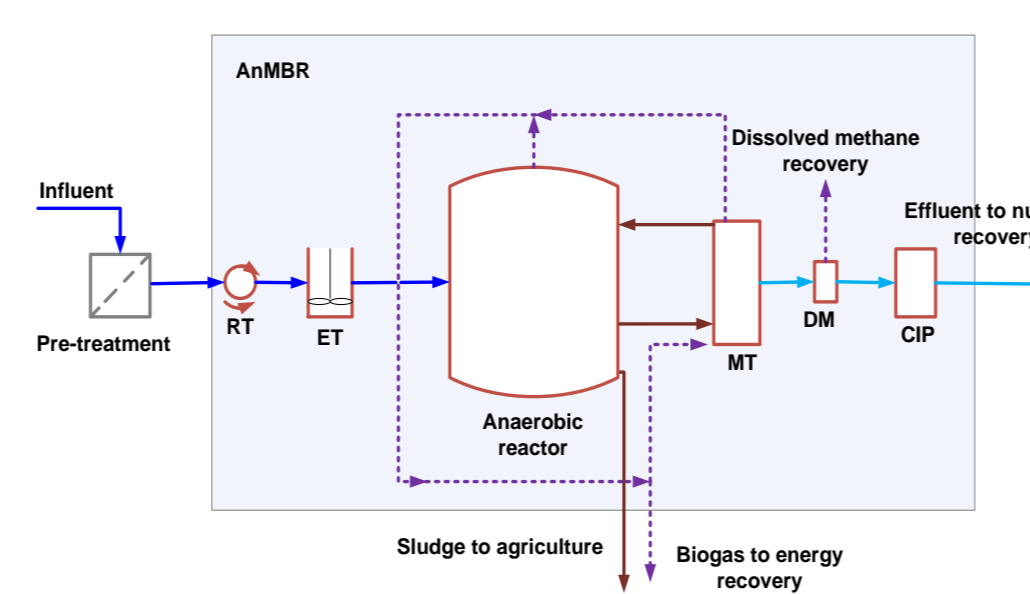
#### Condiciones de Operación

Caudal Tratamiento L·d <sup>-1</sup>	TRC d	TRH h	Temp. °C	VCO g COD·L <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>	Qrec L·h <sup>-1</sup>
2064 ± 23	140 ± 3	24.4 ± 0.4	27 ± 1	0.49 ± 0.10	1100 ± 20

Tabla I. Condiciones de operación evaluadas en la unidad AnMBR. TRC: Tiempo de Retención Relular; TRH: Tiempo de Retención Hidráulico; VCO: Velocidad de Carga Orgánica; Q<sub>rec</sub>: Caudal de Recirculación

#### 2. Tratamiento Primario + AnMBR

Congreso: Effect of HRT on the operating feasibility of AnMBR technology for primary-settled sulfate-rich sewage treatment. EN 16th IWA World Conference on Anaerobic Digestion (AD16, 2019), Delft, Países Bajos.



La planta se operó con:

- T<sup>a</sup> Ambiente
- Efluente del trat. primario
- ↑ conc. de sulfatos
- ↓ COD:SO<sub>4</sub>-S bajo
- EDAR "Conca del Carraixet" (Valencia, España).

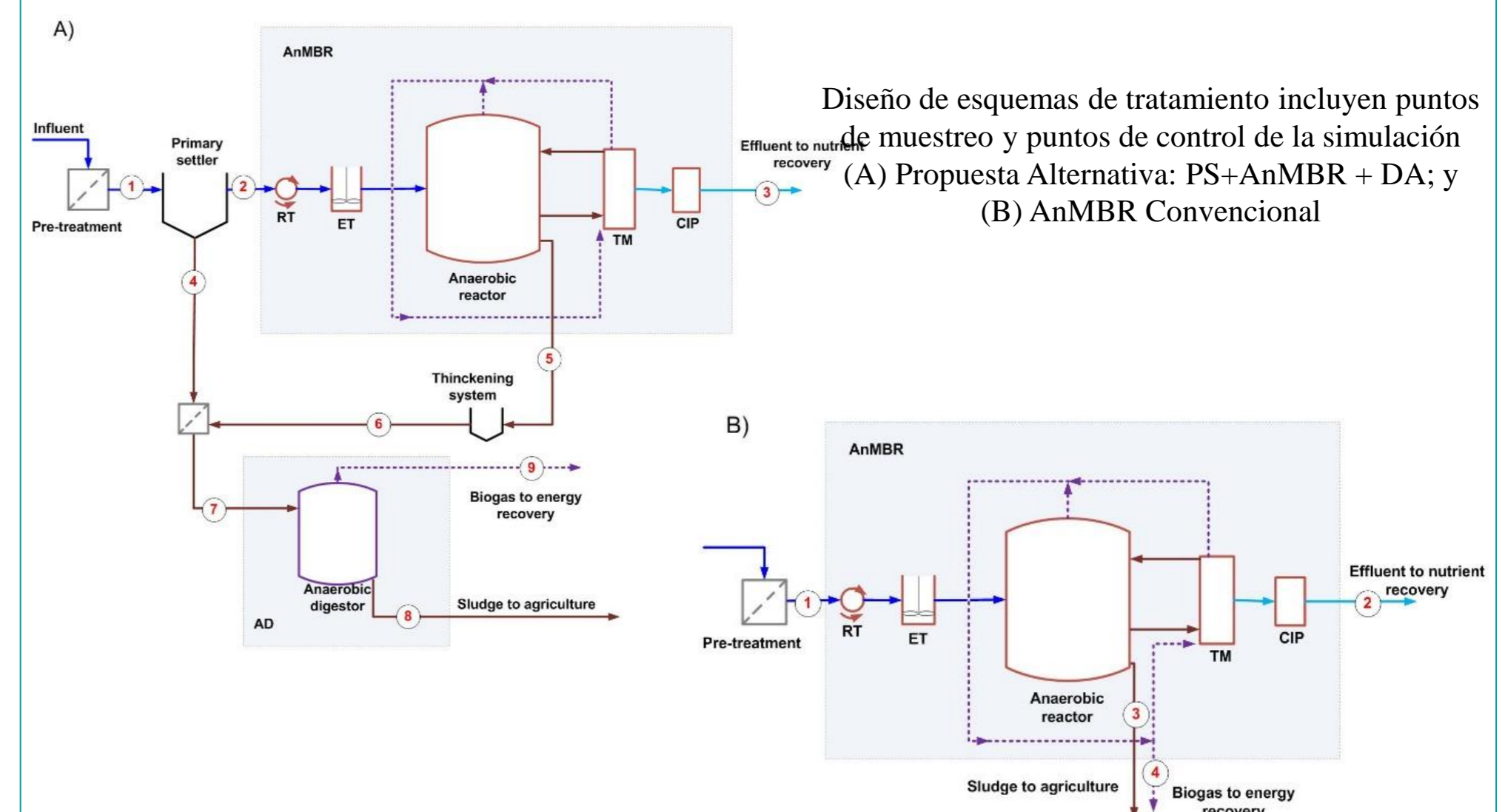
#### Condiciones de Operación

Periodo	Caudal Tratamiento L·d <sup>-1</sup>	TRC d	TRH h	Temp. °C	VCO g COD·L <sup>-1</sup> ·d <sup>-1</sup>
I	2032 ± 27	70 ± 7	25.3 ± 4.2	25 ± 1	0.27 ± 0.04
II	4335 ± 43	68 ± 8	12.3 ± 3.4	15 ± 2	0.58 ± 0.07
III	5929 ± 31	69 ± 7	8.5 ± 3.4	14 ± 2	0.79 ± 0.06

Tabla II. Condiciones de operación evaluadas en la unidad AnMBR. TRC: Tiempo de Retención Relular; TRH: Tiempo de Retención Hidráulico; VCO: Velocidad de Carga Orgánica

#### 3. Trat. Primario + AnMBR + Digestión Anaerobia VS Pretratamiento + AnMBR

Congreso: Energetic and environmental feasibility of coupling primary settling and AnMBR technology for sulfate-rich sewage treatment. EN 4th IWA Specialized International Conference Ecotechnologies for Wastewater Treatment (ecoSTP-2018), London, Canada.



- Digestor Anaerobio
  - Simulación DESASS® modelo matemático BNRM2
  - Efluente Fangos: Decantación primaria y AnMBR
  - TRC 20 días
  - Condiciones mesofílicas 35°C
- Planta Piloto AnMBR:
  - TRC 70 días
  - TRH 10 horas

Nomenclatura diagramas de flujo: RF: Rotofiltro; ET: Tanque de Ecuilización; MT: Tanque de Membrana; CIP: Tanque de limpieza

### Resultados

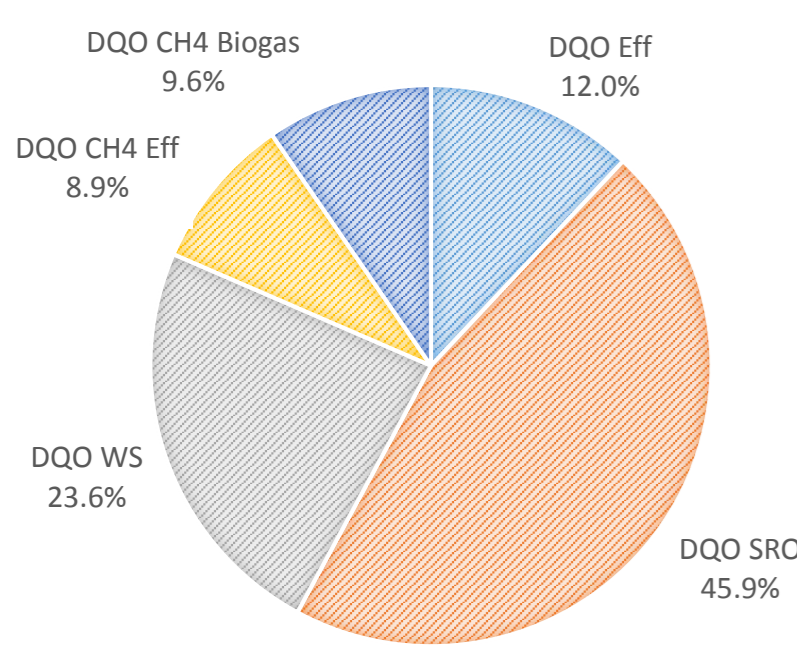
#### 1. Pretratamiento + AnMBR

Table 3. Composición media del influente Table 4. Composición media del efluente

Parameter	Mean ± SD	Parameter	Mean ± SD
TSS (mg·L <sup>-1</sup> )	342 ± 75	TSS (mg·L <sup>-1</sup> )	0
VSS (%)	79.5 ± 2.5	COD (mg COD·L <sup>-1</sup> )	59 ± 10
COD <sub>T</sub> (mg COD·L <sup>-1</sup> )	510 ± 87	CH <sub>4</sub> dis,IM (mg COD·L <sup>-1</sup> )	44.9 ± 5.9
COD <sub>S</sub> (mg COD·L <sup>-1</sup> )	104 ± 13	CH <sub>4</sub> dis,OM (mg COD·L <sup>-1</sup> )	14.6 ± 2.4
BOD <sub>5</sub> (mg BOD·L <sup>-1</sup> )	359 ± 23	BOD <sub>5</sub> (mg BOD·L <sup>-1</sup> )	14 ± 4
VFA (mg COD·L <sup>-1</sup> )	3.9 ± 2.5	BOD <sub>L</sub> (mg BOD·L <sup>-1</sup> )	26 ± 9
Alk (mg CaCO <sub>3</sub> ·L <sup>-1</sup> )	453.2 ± 34.6	VFA (mg HAC·L <sup>-1</sup> )	2.0 ± 0.3
SO <sub>4</sub> -S (mg S·L <sup>-1</sup> )	119.2 ± 8.0	Alk (mg CaCO <sub>3</sub> ·L <sup>-1</sup> )	817.3 ± 22.6
COD <sub>5</sub> /SO <sub>4</sub> -S (mg COD·mg <sup>-1</sup> S)	4.2 ± 0.7	SO <sub>4</sub> -S (mg S·L <sup>-1</sup> )	1.2 ± 0.6
NH <sub>4</sub> -N (mgN·L <sup>-1</sup> )	42.8 ± 3.4	S <sup>2</sup> (mg S·L <sup>-1</sup> )	113 ± 11
PO <sub>4</sub> -P (mg P·L <sup>-1</sup> )	5.5 ± 0.5	NH <sub>4</sub> -N (mgN·L <sup>-1</sup> )	47.9 ± 7.6
Aerobic biodegradability (%)	69.5 ± 3.3	PO <sub>4</sub> -P (mg P·L <sup>-1</sup> )	6.7 ± 4.0
Anaerobic biodegradability (%)	68.5 ± 2.8		

- SRO superó a MA, reduciendo todo el sulfato a sulfuro y también la materia orgánica disponible para metanógenos.
- COD / SO<sub>4</sub>-S = 4.2, SRO degradó el 45.9% de la DQO influente y solo el 18.5% de la DQO influente se convirtió en metano.
- El 46% de metano producido se disolvió en el permeado. La membrana de desgasif. recuperó el 67% del metano disuelto.
- Límites de biodegradabilidad anaeróbica a TRC de 70 d

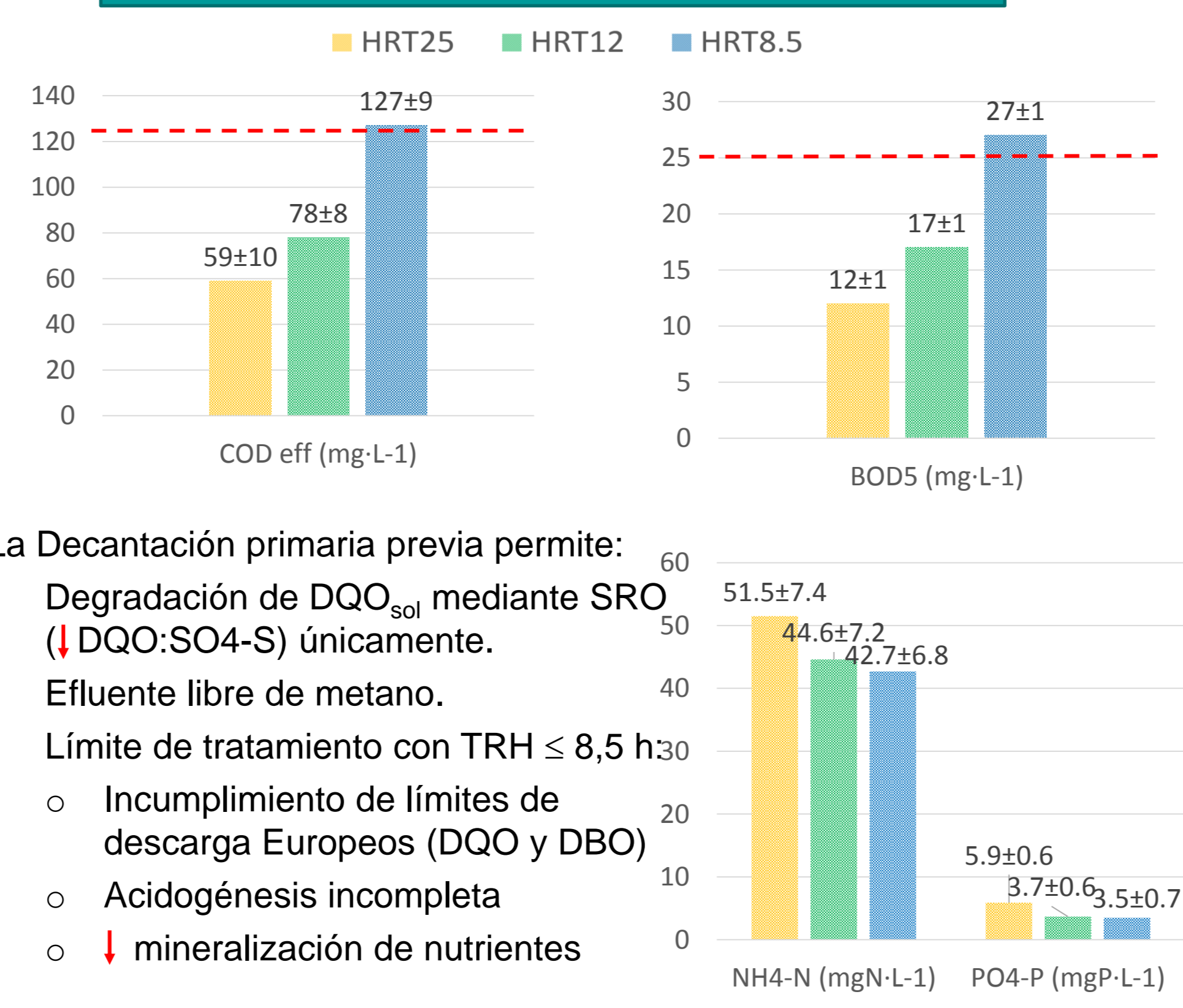
#### Balance DQO AnMBR



Materia orgánica biodegradable degradada en AnMBR (64,4%) ≈ Biodegradabilidad anaeróbica del agua residual influente medida (68,5%).

Materia orgánica no biodegradable incluso en TRC ↑ valida los modelos matemáticos

#### 2. Tratamiento Primario + AnMBR



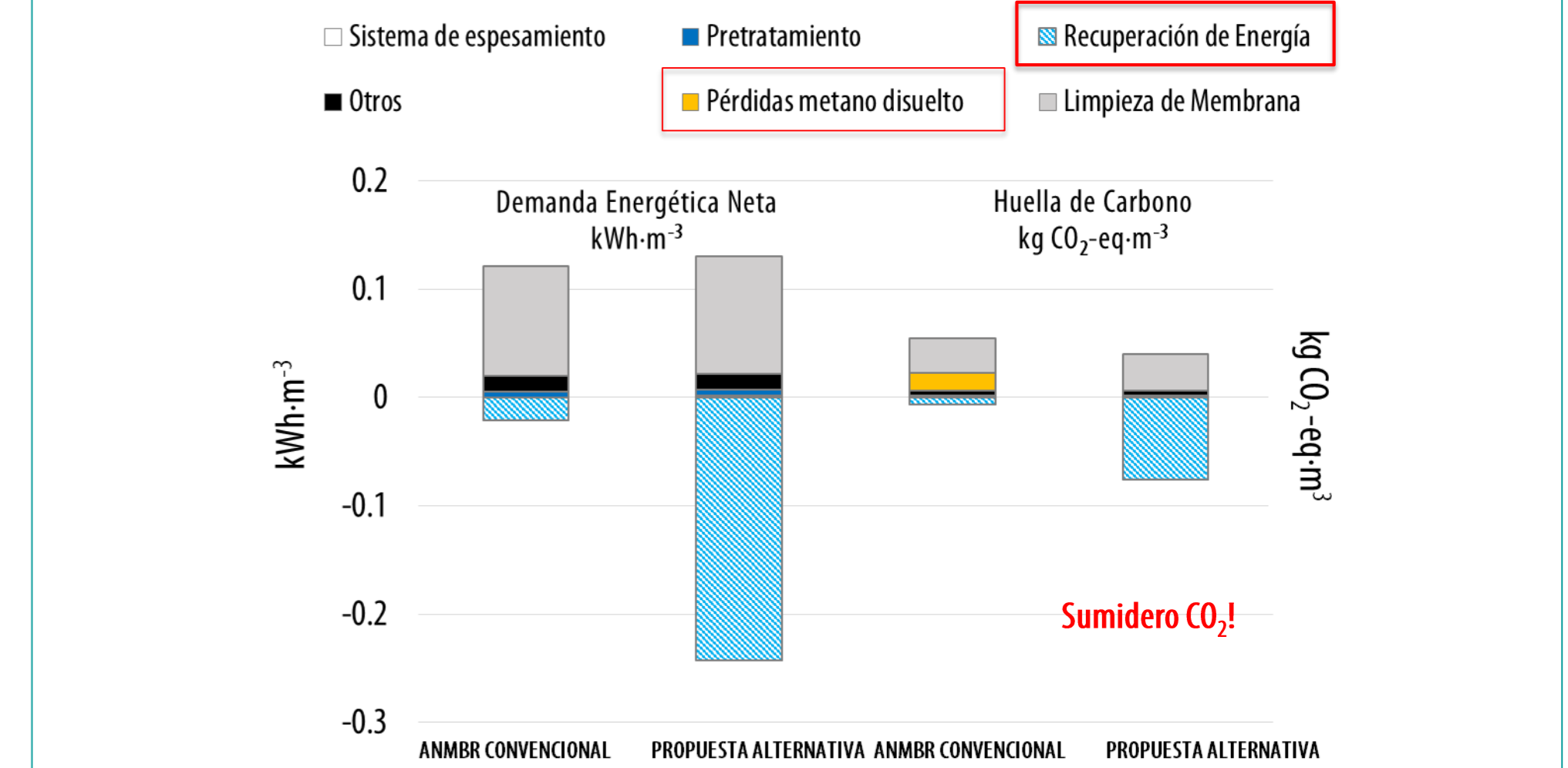
La Decantación primaria previa permite:

- Degradación de DQO<sub>sol</sub> mediante SRO (↓ DQO:SO<sub>4</sub>-S) únicamente.
- Efluente libre de metano.
- Límite de tratamiento con TRH ≤ 8,5 h
  - Incumplimiento de límites de descarga Europeos (DQO y DBO)
  - Acidogénesis incompleta
  - ↓ mineralización de nutrientes

Parámetros	Mean ± SD		
	TRH 25 h	TRH 12 h	TRH 8.5 h
MLTS (mg · L <sup>-1</sup> )	2941 ± 182	5061 ± 232	8061 ± 247
MLVS (mg · L <sup>-1</sup> )	1603 ± 172	3349 ± 231	5349 ± 236
Producción de Lodo (g SV · Kg COD <sub>removido</sub> <sup>-1</sup> )	111 ± 6	124 ± 8	176 ± 9

Incremento de los MLTS no relacionado con el incremento de biomasa debido al descenso de la eficiencia de eliminación de DQO

#### 3. Trat. Primario + AnMBR + Digestión Anaerobia VS Pretratamiento + AnMBR



#### Beneficios del acoplamiento de la Decantación Primaria y Tecnología AnMBR con un Digestor Anaerobio

- Tratamiento de aguas residuales ricas en sulfato a T<sup>a</sup> ambiente
- Reducción drástica de las emisiones de metano en el efluente por eliminación de la DQO en la unidad AnMBR a través de SRO.
- Incremento recuperación de energía por la conversión de la materia orgánica particulada en el Digestor Anaerobio.
- Alternativa para reducir la huella de carbono en los diseños basados en AnMBR

### Conclusiones

La tecnología AnMBR es una interesante opción para el tratamiento de aguas residuales para la recuperación de recursos y energía. La flexibilidad para acoplarla a tecnologías convencionales tales como pretratamiento, decantación primaria y digestión anaerobia permite maximizar su rendimiento, aumentando la producción de metano y recuperación de energía, mejorando así la eficiencia energética de todo el sistema, a la vez que se reduce la huella de Carbono.

### Agradecimientos

Esta investigación fue apoyada por el Ministerio de Economía y Competitividad de España a través de becas pre-doctorales FPI (MINECO, Proyectos CTM2014-54980-C2-1-R y CTM2014-54980-C2-2-R) conjuntamente con el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) y a través del contrato Juan de la Cierva FJCI-2014-21616 y la beca CPI-16-155 de la Generalitat Valenciana.