



EXPERIENCIAS ANMBR EN AGUAS RESIDUALES URBANAS, AGUAS NEGRAS Y LICOR DE DIGESTATO DE FORM

**VII Jornada sobre Biorreactores de Membrana
16 de mayo de 2019, Barcelona
Universitat de Barcelona**

Antonio Giménez Lorang
Jefe de proyecto
Departamento de Innovación y Tecnología
antonio.gimenez@fcc.es

Relación de proyectos I+D+i de AnMBR en aqualia

- **Proyecto INNPRONTA IISIS:** Investigación integrada sobre islas sostenibles.

Reactores anaerobios de membrana en el tratamiento de aguas residuales urbanas (AnMBR) con incorporación de residuos sólidos urbanos.

- **Proyecto INNPACTO FILENE:** Desarrollo de un sistema de filtración de baja energía con membranas cerámicas.

Reactor anaerobio con membranas cerámicas para la transformación de efluentes industriales en bioenergía.

- **Proyecto ININTERCONECTA ALEGRIA:** Algas y energía para la valorización energética de los efluentes de la industria agroalimentaria gallega.

Valorización de aguas industriales con reactores anaerobios a membranas y cultivo de algas, minimizando residuos y energía.

- **Proyecto LIFE MEMORY:** Membrane for energy and water recovery.

Demostración semi-industrial de reactor anaerobio con membranas para efluentes urbanos, produciendo bioenergía y agua de reuso.

- **Proyecto BESTF2 BIOWAMET:** Bio-methane production from urban organic matter.

Sistemas anaerobios con membranas como solución sostenible par la valorización energética de materia orgánica en EDAR.

- **Proyecto LIFE METHAMORPHOSIS:** Waste streams treatment for obtaining safe reclaimed water and biomethane for transport sector to mitigate GHG emissions

Optimización energética de la depuración de las aguas procedentes del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos mediante el sistema AnMBR y el sistema ELAN® de eliminación autótrofa de nitrógeno.

- **Proyecto H2020 RUN4LIFE:** Recovery and Utilization of Nutrients 4 Low Impact Fertilizer

Recuperación y utilización de nutrientes para producción de fertilizantes de bajo impacto.

Aplicaciones innovadoras y recientes con AnMBR



PROYECTO	LIFE Memory	H2020 Run4Life	LIFE Methamorphosis
Ubicación	EDAR Alcázar de San Juan, Ciudad Real	C.N. Porto do Molle, Nigrán, Pontevedra	Ecoparc 2, Montcada i Reixac, Barcelona
Agua residual	Urbana (aportes industriales)	Negra	Fracción líquida de digestato FORM
DQO influente [g·L ⁻¹]	1,165 ± 0,54	1,49 ± 0,80	26,32 ± 1,42
Temperatura (°C)	11 ... 30	18 ... 27	35 ± 0,5
Membranas	Sumergidas, fibra hueca	Sumergidas, placa plana	Externas, tubulares, poliméricas, diám. 8mm
Volumen de reacción (m ³)	3 x 0,8 + 34,4	1,3 + 1	42
Superficie de filtración (m ²)	3 x 41	1 x 6,25	5 x 4,1
Más información...	www.life-memory.eu	www.run4life-project.eu	www.life-methamorphosis.eu
Apoyo de la UE	Co-financiados por la UE		

Relación de proyectos I+D+i de AnMBR en aqualia

- **Proyecto INNPRONTA IISIS:** Investigación integrada sobre islas sostenibles.

Reactores anaerobios de membrana en el tratamiento de aguas residuales urbanas (AnMBR) con incorporación de residuos sólidos urbanos.

- **Proyecto INNPACTO FILENE:** Desarrollo de un sistema de filtración de baja energía con membranas cerámicas.

Reactor anaerobio con membranas cerámicas para la transformación de efluentes industriales en bioenergía.

- **Proyecto ININTERCONECTA ALEGRIA:** Algas y energía para la valorización energética de los efluentes de la industria agroalimentaria gallega.

Valorización de aguas industriales con reactores anaerobios a membranas y cultivo de algas, minimizando residuos y energía.

- **Proyecto LIFE MEMORY:** Membrane for energy and water recovery.

Demostración semi-industrial de reactor anaerobio con membranas para efluentes urbanos, produciendo bioenergía y agua de reuso.

- **Proyecto BESTF2 BIOWAMET:** Bio-methane production from urban organic matter.

Sistemas anaerobios con membranas como solución sostenible par la valorización energética de materia orgánica en EDAR.

- **Proyecto LIFE METHAMORPHOSIS:** Waste streams treatment for obtaining safe reclaimed water and biomethane for transport sector to mitigate GHG emissions

Optimización energética de la depuración de las aguas procedentes del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos mediante el sistema AnMBR y el sistema ELAN[®] de eliminación autótrofa de nitrógeno.

- **Proyecto H2020 RUN4LIFE:** Recovery and Utilization of Nutrients 4 Low Impact Fertilizer

Recuperación y utilización de nutrientes para producción de fertilizantes de bajo impacto.

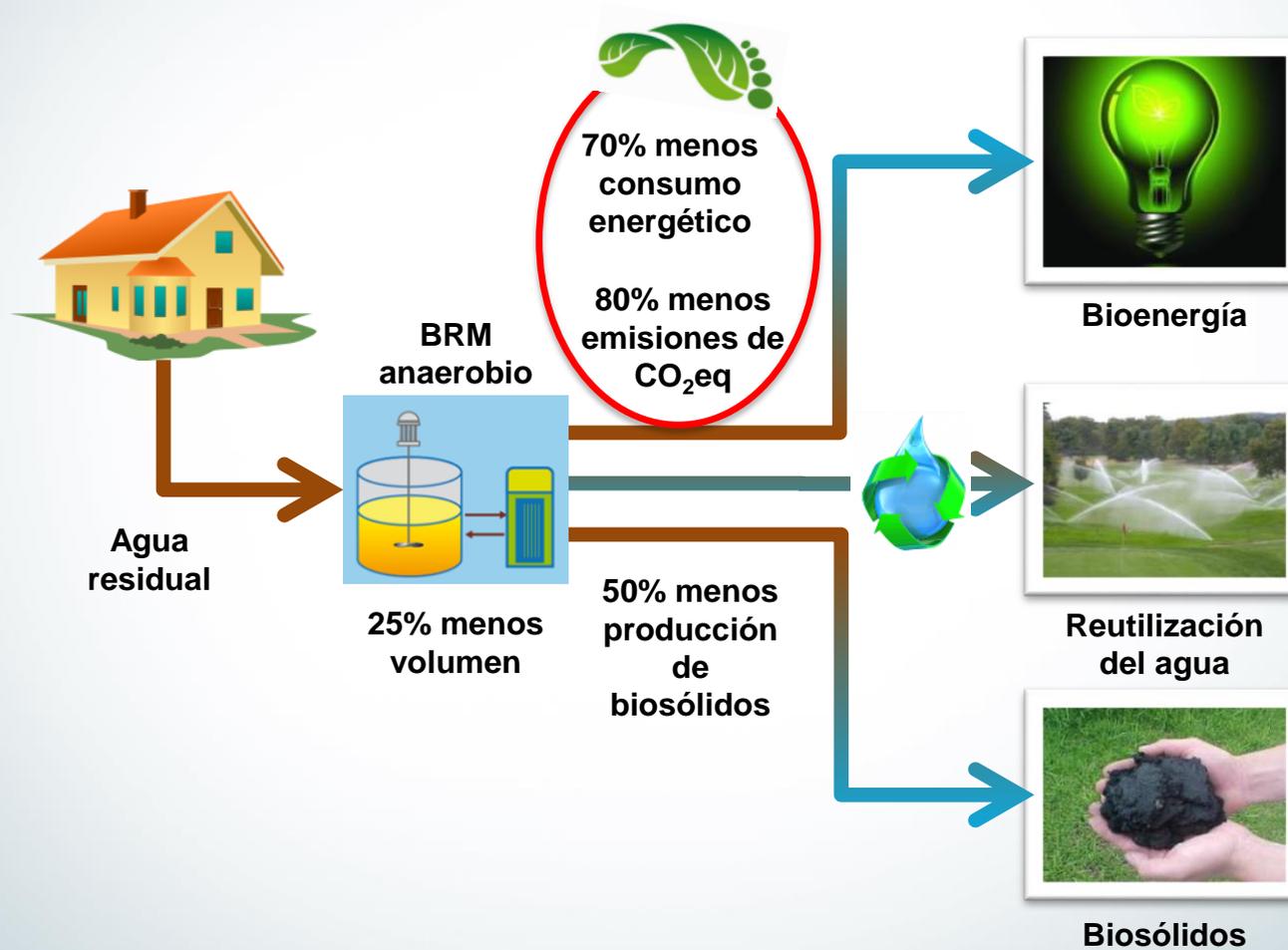


Objetivo LIFE Memory

- Validar a escala demostrativa la tecnología **AnMBR** como alternativa al tratamiento tradicional de las aguas residuales urbanas



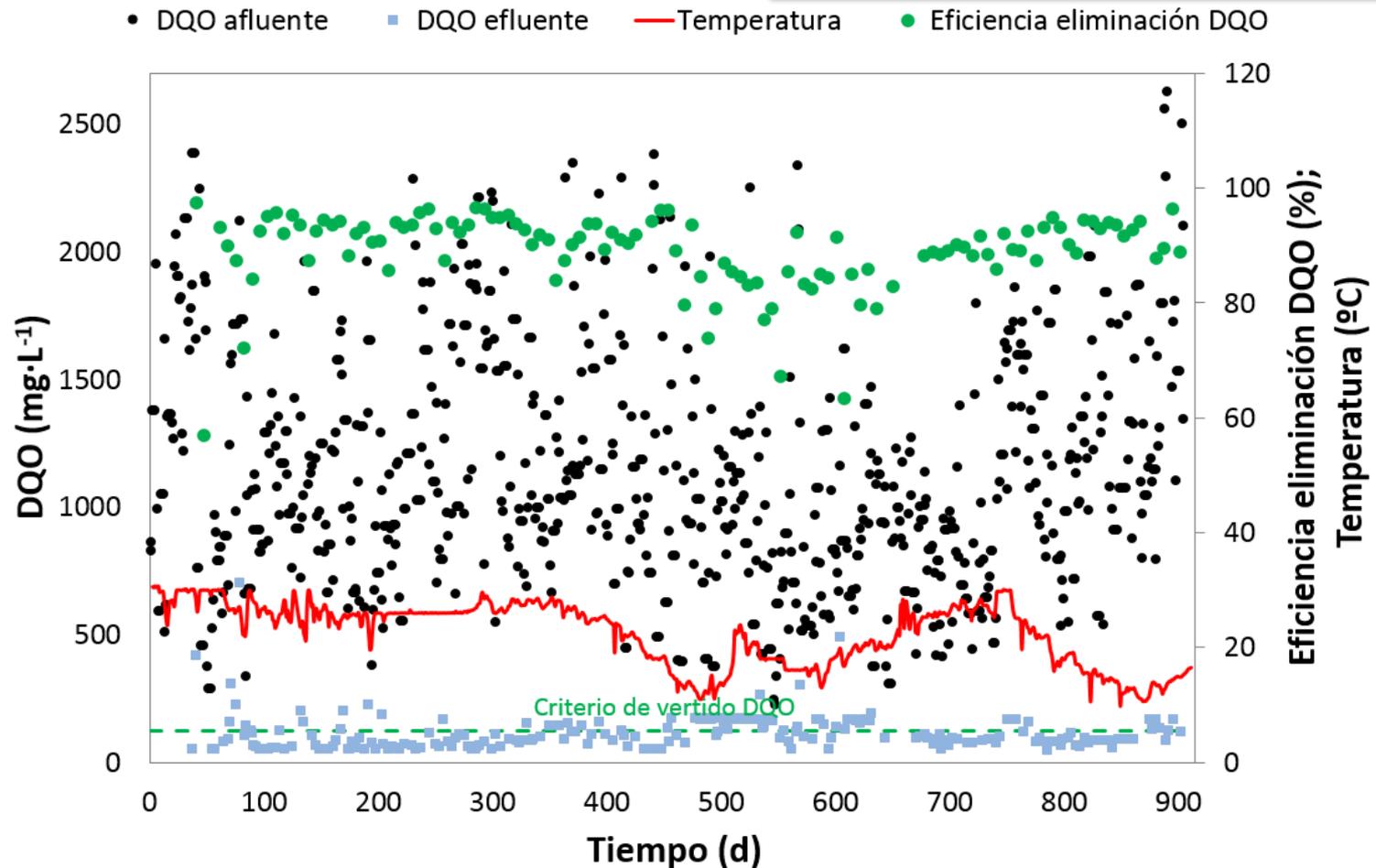
Expectativas LIFE Memory





Resultados LIFE Memory

Eliminación promedio DQO = 90 ± 5 %

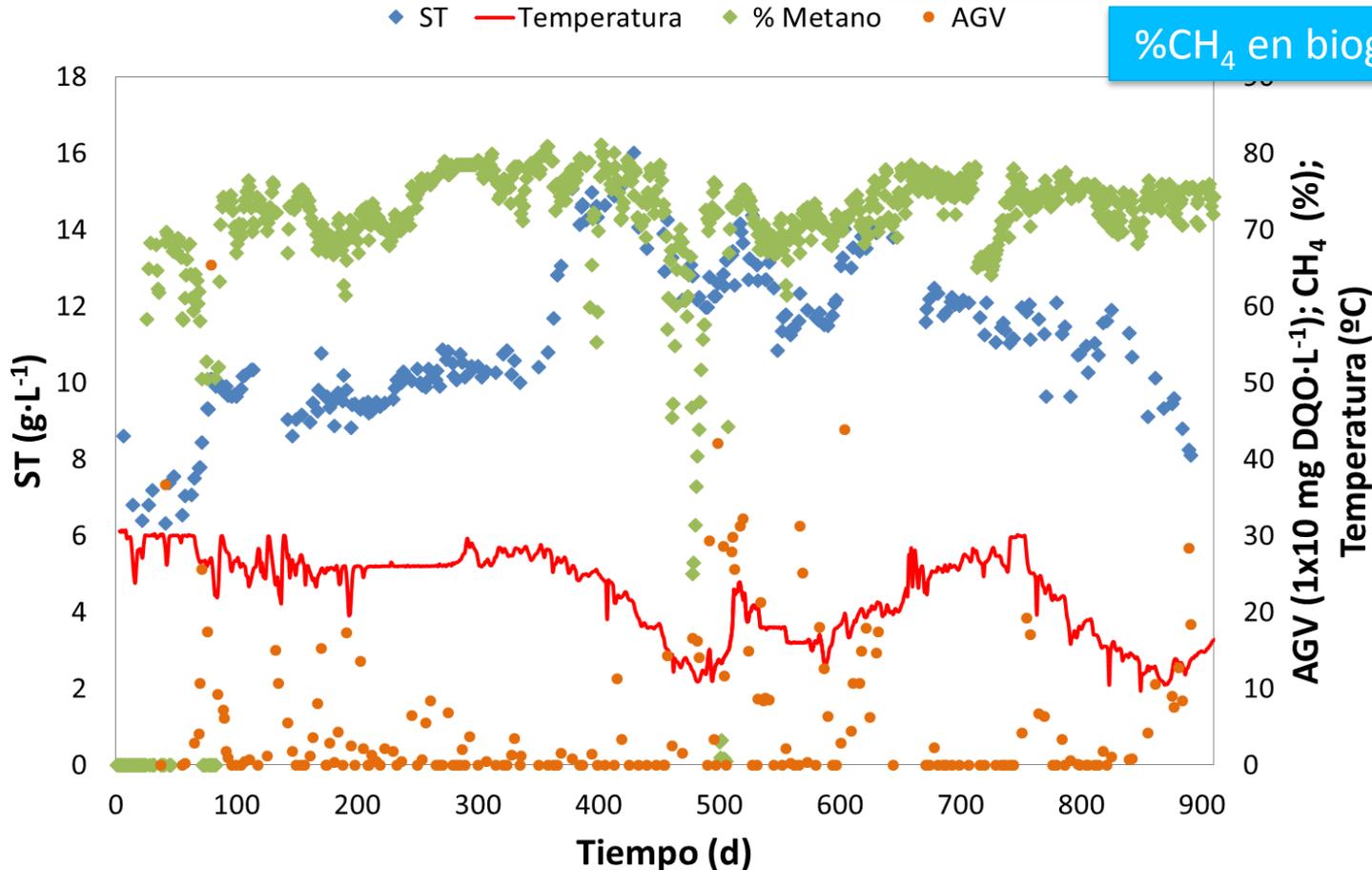




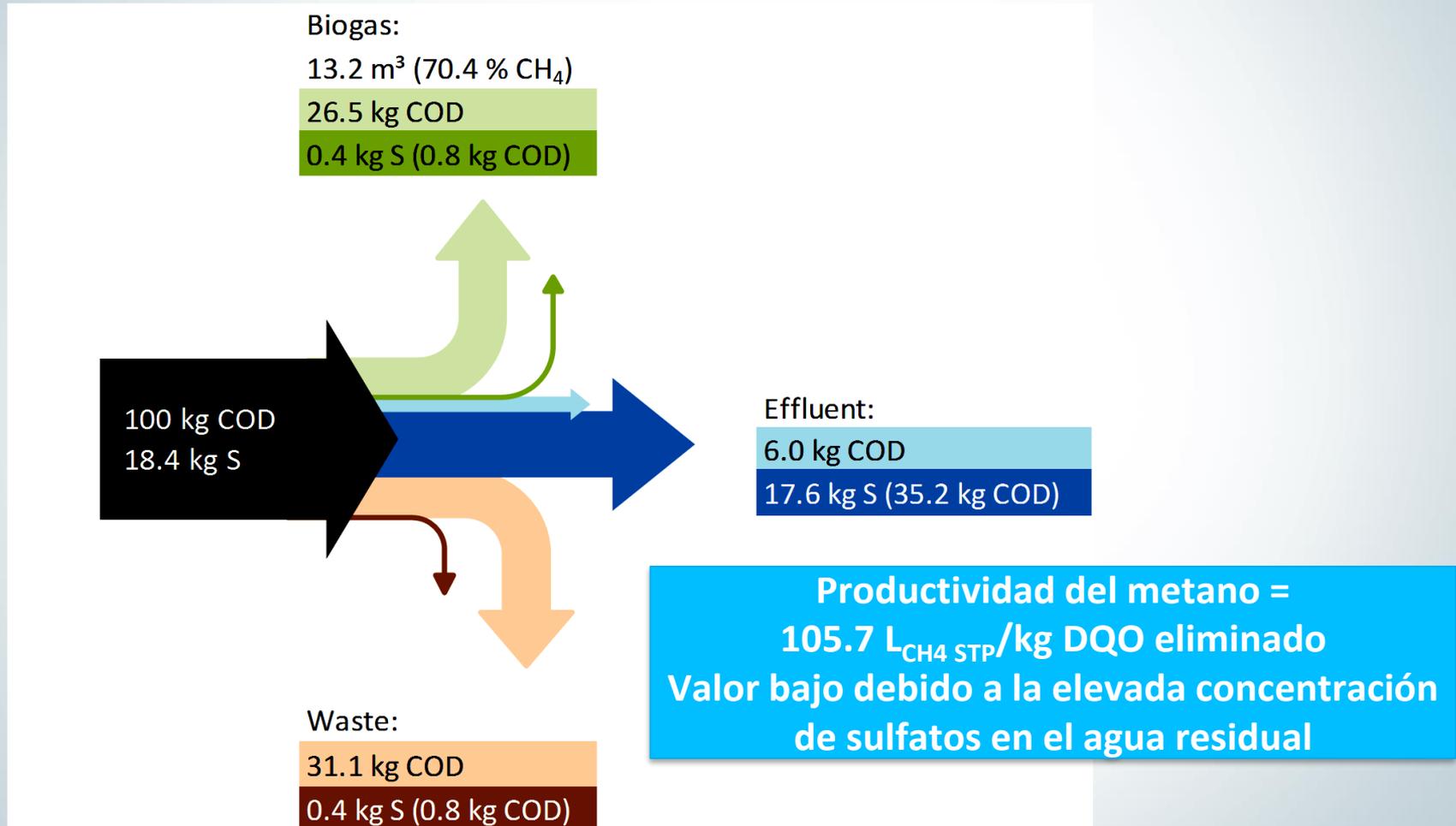
Resultados LIFE Memory

Producción de fangos =
 0.157 ± 0.06 kg SSV/kg DQO eliminada

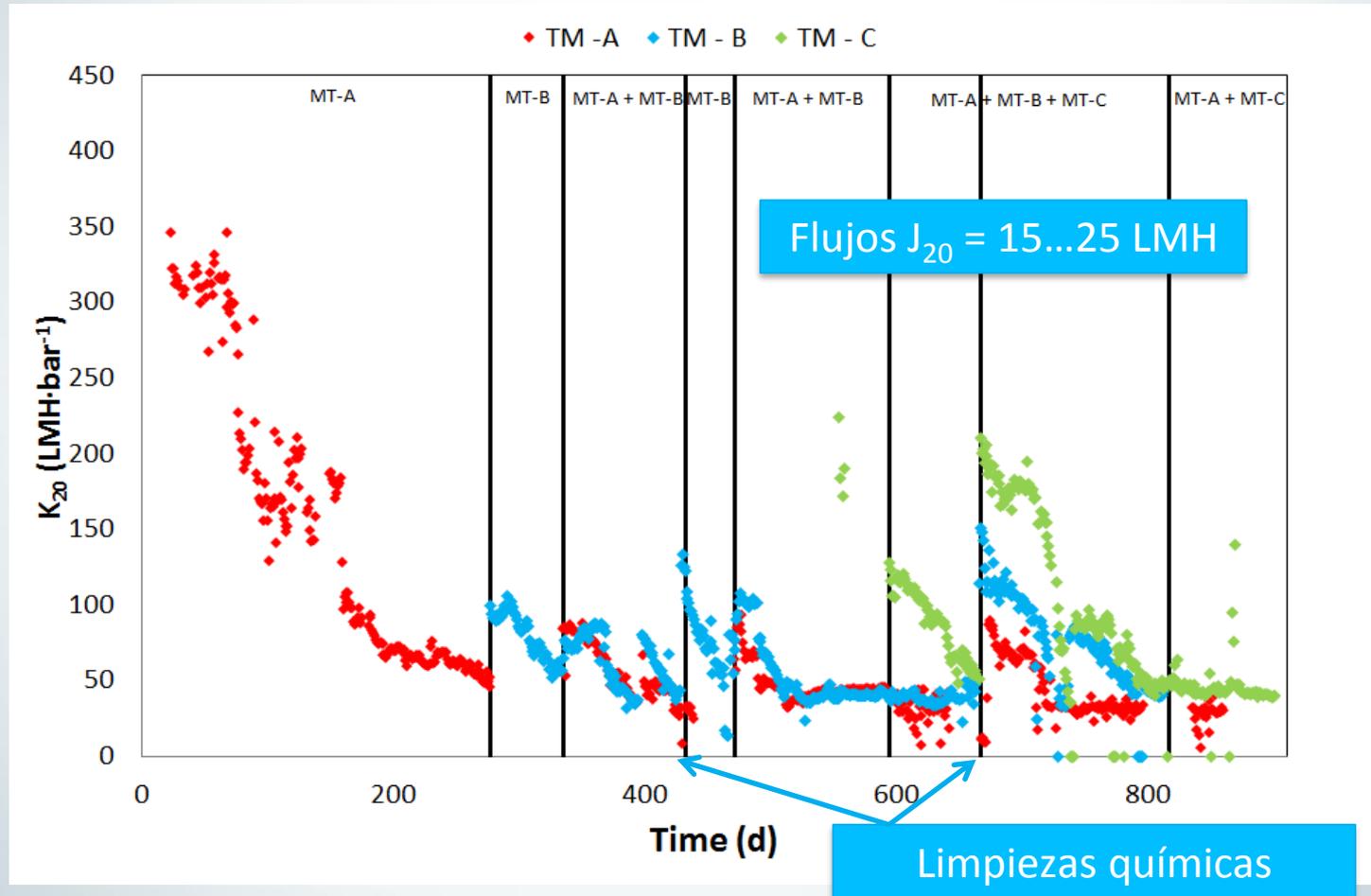
%CH₄ en biogás = 65-80%



Resultados LIFE Memory: balance de masas



Resultados LIFE Memory: Permeabilidad



Relación de proyectos I+D+i de AnMBR en aqualia

- **Proyecto INNPRONTA IISIS:** Investigación integrada sobre islas sostenibles.

Reactores anaerobios de membrana en el tratamiento de aguas residuales urbanas (AnMBR) con incorporación de residuos sólidos urbanos.

- **Proyecto INNPACTO FILENE:** Desarrollo de un sistema de filtración de baja energía con membranas cerámicas.

Reactor anaerobio con membranas cerámicas para la transformación de efluentes industriales en bioenergía.

- **Proyecto ININTERCONECTA ALEGRIA:** Algas y energía para la valorización energética de los efluentes de la industria agroalimentaria gallega.

Valorización de aguas industriales con reactores anaerobios a membranas y cultivo de algas, minimizando residuos y energía.

- **Proyecto LIFE MEMORY:** Membrane for energy and water recovery.

Demostración semi-industrial de reactor anaerobio con membranas para efluentes urbanos, produciendo bioenergía y agua de reuso.

- **Proyecto BESTF2 BIOWAMET:** Bio-methane production from urban organic matter.

Sistemas anaerobios con membranas como solución sostenible par la valorización energética de materia orgánica en EDAR.

- **Proyecto LIFE METHAMORPHOSIS:** Waste streams treatment for obtaining safe reclaimed water and biomethane for transport sector to mitigate GHG emissions

Optimización energética de la depuración de las aguas procedentes del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos mediante el sistema AnMBR y el sistema ELAN® de eliminación autótrofa de nitrógeno.

- **Proyecto H2020 RUN4LIFE:** Recovery and Utilization of Nutrients 4 Low Impact Fertilizer

Recuperación y utilización de nutrientes para producción de fertilizantes de bajo impacto.



Acerca de la ubicación...

Edificio bioclimático “Centro de Negocios Porto do Molle” Nigrán
Pequeño núcleo con red separativa de aguas grises y negras
Consorcio Zona Franca de Vigo (CZFV)

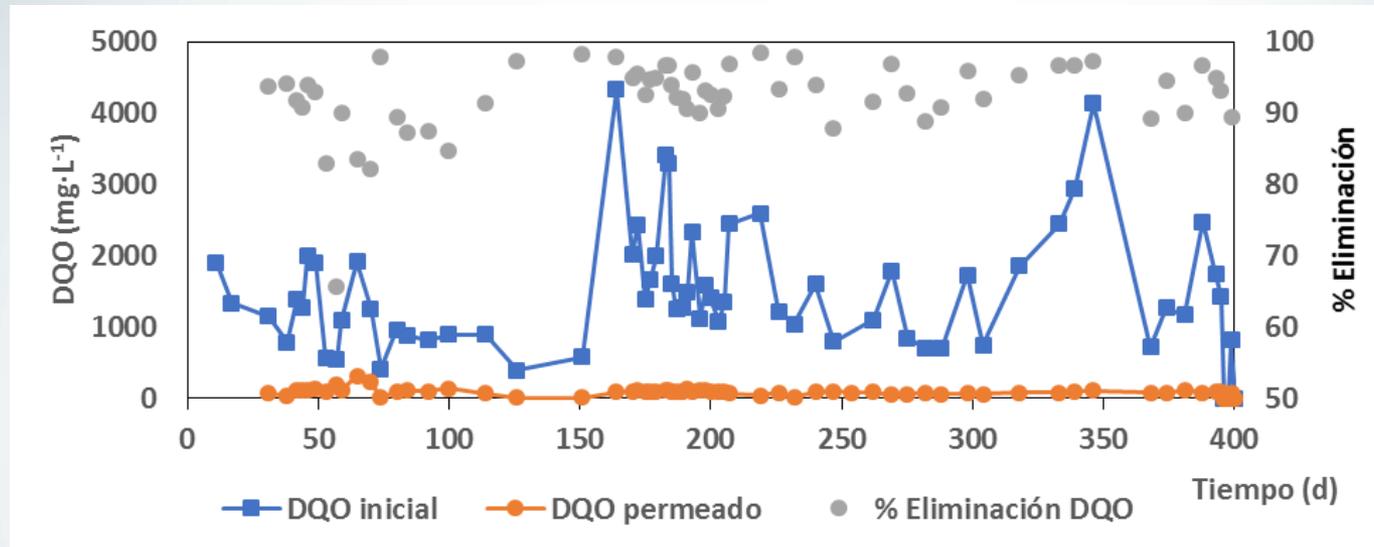


Porto do Molle (Nigrán)





Resultados H2020 Run4Life



Permeabilidad $K_{20} = 59-85 \text{ LMH} \cdot \text{barg}^{-1}$

Flujos $J_{20} = 8,8-12,8 \text{ LMH}$

Contenido CH_4 en biogás = 70-80%

Relación de proyectos I+D+i de AnMBR en aqualia

- **Proyecto INNPRONTA IISIS:** Investigación integrada sobre islas sostenibles.

Reactores anaerobios de membrana en el tratamiento de aguas residuales urbanas (AnMBR) con incorporación de residuos sólidos urbanos.

- **Proyecto INNPACTO FILENE:** Desarrollo de un sistema de filtración de baja energía con membranas cerámicas.

Reactor anaerobio con membranas cerámicas para la transformación de efluentes industriales en bioenergía.

- **Proyecto ININTERCONECTA ALEGRIA:** Algas y energía para la valorización energética de los efluentes de la industria agroalimentaria gallega.

Valorización de aguas industriales con reactores anaerobios a membranas y cultivo de algas, minimizando residuos y energía.

- **Proyecto LIFE MEMORY:** Membrane for energy and water recovery.

Demostración semi-industrial de reactor anaerobio con membranas para efluentes urbanos, produciendo bioenergía y agua de reuso.

- **Proyecto BESTF2 BIOWAMET:** Bio-methane production from urban organic matter.

Sistemas anaerobios con membranas como solución sostenible par la valorización energética de materia orgánica en EDAR.

- **Proyecto LIFE METHAMORPHOSIS:** Waste streams treatment for obtaining safe reclaimed water and biomethane for transport sector to mitigate GHG emissions

Optimización energética de la depuración de las aguas procedentes del tratamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos mediante el sistema AnMBR y el sistema ELAN® de eliminación autótrofa de nitrógeno.

- **Proyecto H2020 RUN4LIFE:** Recovery and Utilization of Nutrients 4 Low Impact Fertilizer

Recuperación y utilización de nutrientes para producción de fertilizantes de bajo impacto.

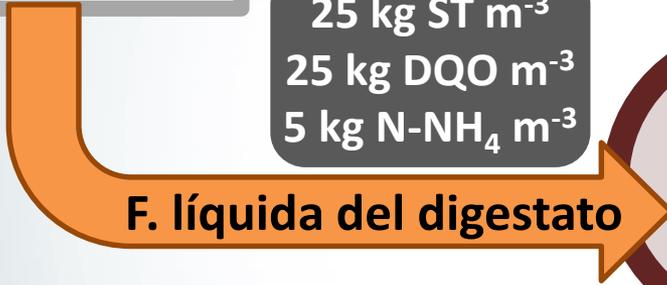


Prototipo UMBRELLA: proyecto LIFE METHAmorphosis

Digestor Anaerobio de Fracción Orgánica de Residuos Municipales



25 kg ST m⁻³
25 kg DQO m⁻³
5 kg N-NH₄ m⁻³



DQO → CH₄, CO₂



NH₄ → N₂ (g)





Ventajas del sistema UMBRELLA

BRM AEROBIO

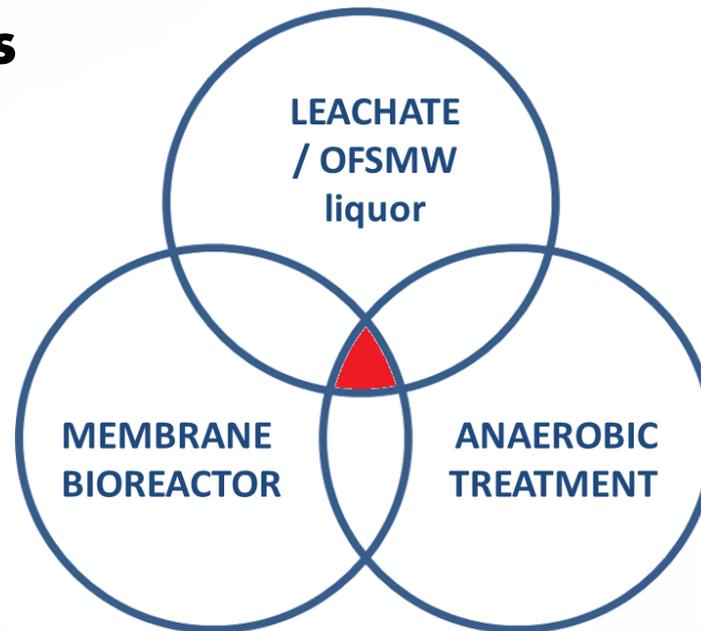
UMBRELLA (AnMBR+ELAN)

Elevados DQO y Nitrógeno → Alto consumo energético (>40 kWh/m ³) para aireación para oxidación	Sin aireación. Eliminación del N mediante sistema ELAN [®] . Ahorro energético estimado: 70%
Parámetro α bajo por alta concentración de SST en agua a tratar → Alto consumo energético por aireación (>40 kWh/m ³)	Sin aireación, no hay necesidad de transferir O ₂ . Posibilidad de trabajar a elevadas concentración MLSST (3%)
Producción de fangos aerobios, no estabilizados	5-10 x menos, al ser biomasa anaerobia. Estabilizados
Reacción exotérmica por oxidación aerobia → Necesidad de refrigeración	Sin aireación. No hay reacción exotérmica
	Producción extra de biogás

State of the Art: AnMBRs en lixiviados o similares

Pocas referencias de AnMBR tratando lixiviados...

- *Bohdziewicz, 2008*
- *Zayen, 2010*
- *Trzcinski & Stuckey, 2010*
- *Do, 2011*
- *Suneethi, 2013*
- *Xie, 2014*
- *Zayen, 2015*
- ...



Limitaciones:

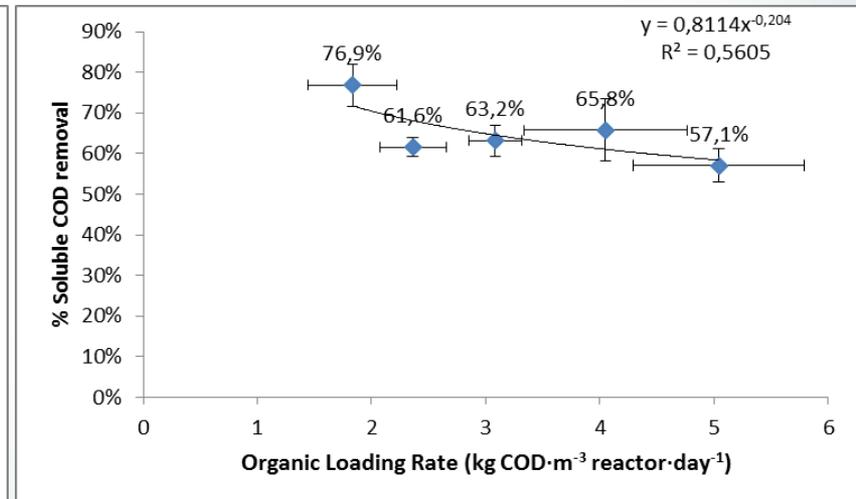
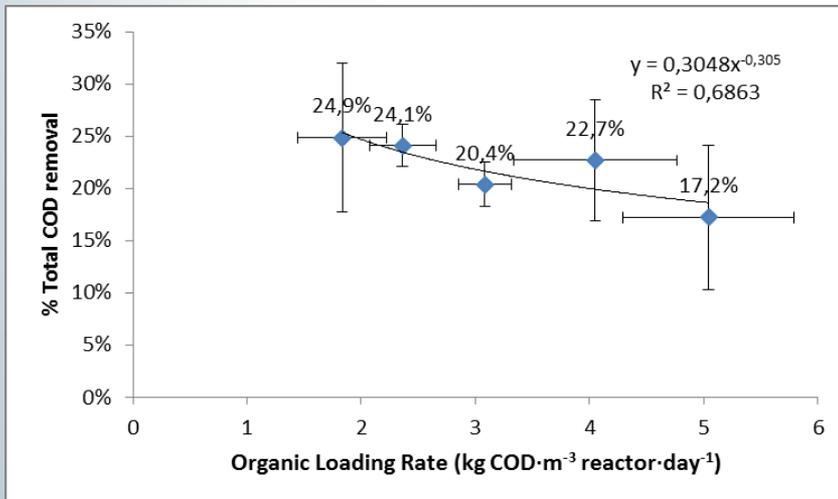
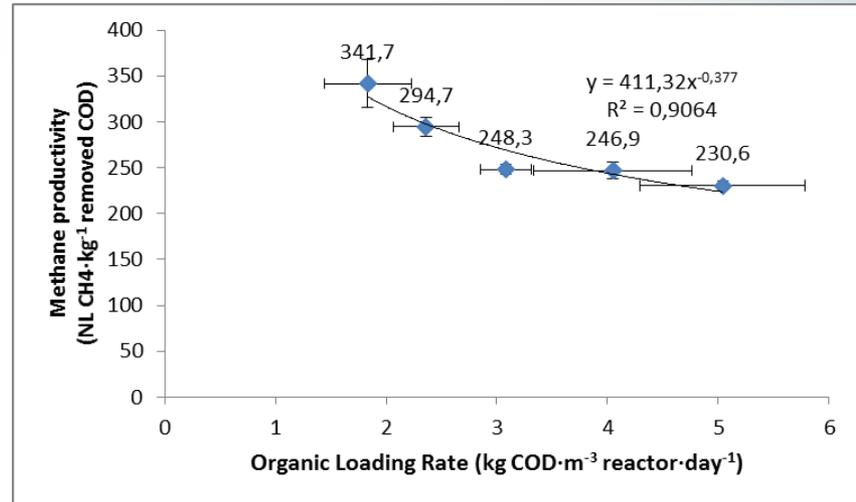
- *Condiciones de laboratorio*
- *Condiciones de operación no siempre optimizadas (p.e. membranas sumergidas)*
- *Colapso de membranas*

REVIEW: *Abuabdou, 2018. Applicability of anaerobic membrane bioreactors for landfill leachate treatment: Review and opportunity*

Primeros resultados: en configuración CSTR, 35°C

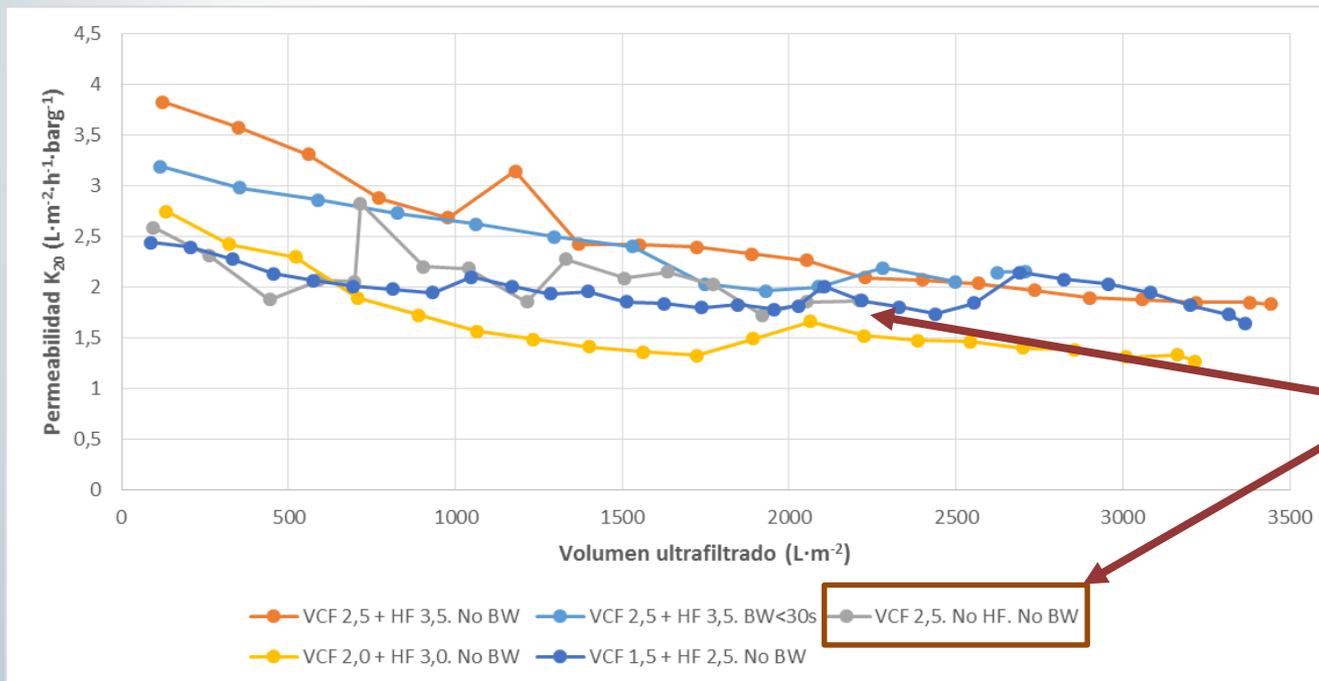
Cuantificación relativa a:

- Actividad microbiológica
- Eliminación de materia orgánica
- Producción de biogás
- Calidad del biogás (75±2%)



Resultados del AnMBR

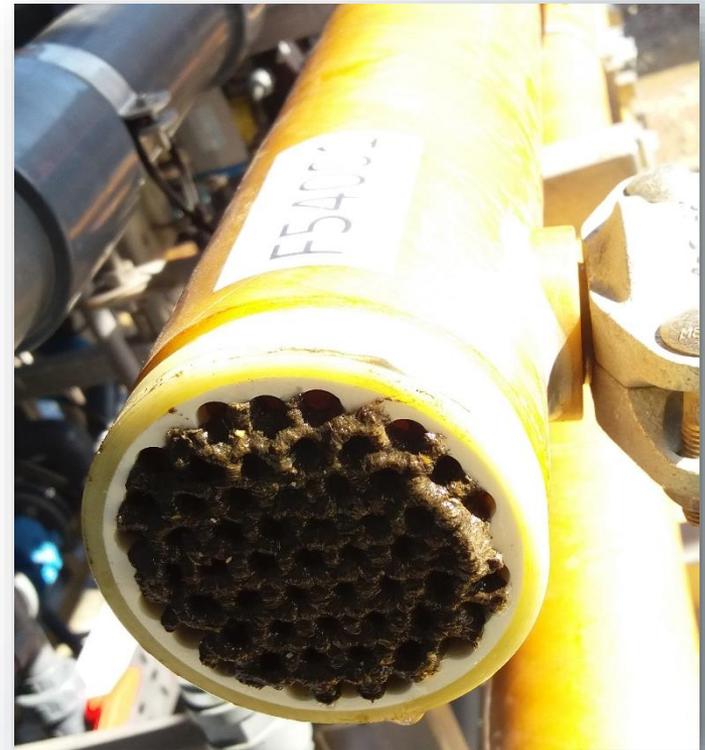
- Operación a condiciones fijas hasta filtrar 3-3,5 m³/m² de membrana.
- MLSST = 15-20 g/L. TRC < 10 días. Temperatura 34,5±1°C
- Régimen de UF sub-crítico (optimización pendiente). Flujos_{20°C} = 3-6 LMH
- Cargas orgánicas = 6 kg DQO/m³ reactor/día
- Solo una prueba con contralavado



VCF (velocidades de flujo cruzado) fijas no son sostenibles en el tiempo. Por el contrario, La alternancia de VCF ha sido clave. La frecuencia mínima debe ser cada 20 minutos

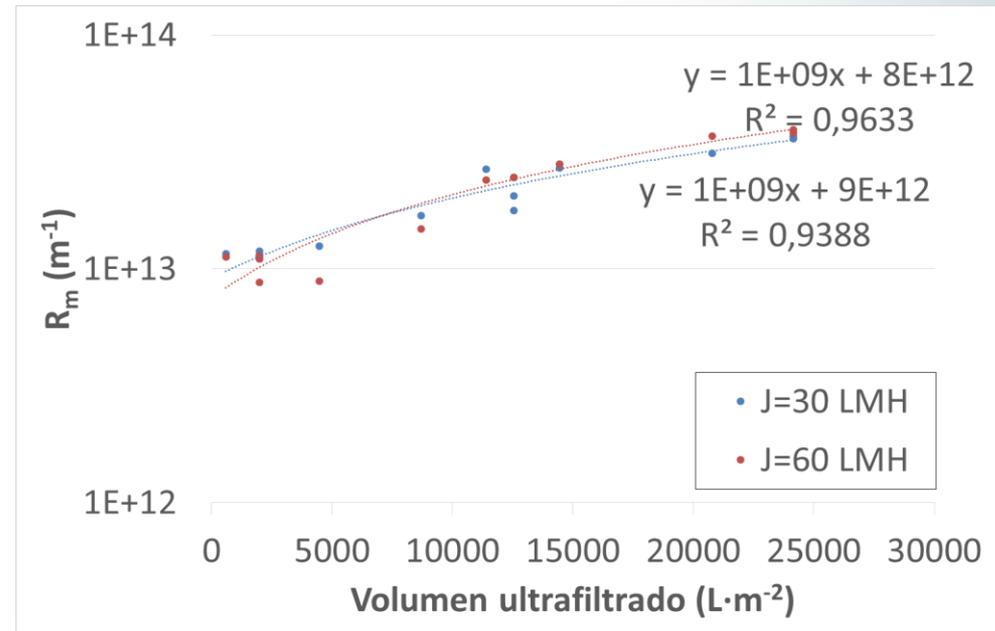
Resultados del AnMBR

- Problemas de acumulación de fibras en la entrada de las membranas (*ragging*)
 - Implica mayor esfuerzo en bomba de recirculación → mayor consumo energético
 - Pruebas con 3 pre-filtros:
 - Rototamiz, ranura 1mm
 - En “Y”, lámina perforada, $\varnothing 1\text{mm}$
 - Auto-limpiante, 1mm (cada 30 minutos!)
 - Menor frecuencia de aparición operando a velocidades de flujo cruzado bajas ($< 2\text{m/s}$).



Resultados del AnMBR

- Rendimientos de depuración:
 - DQO = $77,7 \pm 3,6\%$
 - DBO_5 = $50,7 \pm 7,3\%$
 - SST = $99,5 \pm 0,3\%$
- Pérdida de permeabilidad por *fouling* irreversible → búsqueda de reactivos para recuperación de membranas
- Próximo objetivo: incrementar TRC > 21 días → favorecer hidrólisis → mejorar eliminación DQO y productividad de biogás



Resistencia de la membrana (R_m) medida con agua limpia tras una limpieza CIP ácida (HCl) y una limpieza CIP alcalina (NaOH+NaClO)



GRACIAS POR SU ATENCIÓN

**VII Jornada sobre Biorreactores de Membrana
16 de mayo de 2019, Barcelona
Universitat de Barcelona**

Antonio Giménez Lorang
Jefe de proyecto
Departamento de Innovación y Tecnología
antonio.gimenez@fcc.es