

4th SmallWat21v



Interreg
España - Portugal



Eficacia de un nuevo modelo de digestor anaerobio en combinación con humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales brutas

M. Sánchez, I. Ruiz, M. Soto

Grupo de Enxeñaría Química Ambiental (EnQA)

Departamento de Química. Universidade da Coruña (Galiza)

Introducción

Humedales Construidos (HC)

Alternativa sostenible a los sistemas convencionales

Tecnologías simples

Bajo coste de operación y mantenimiento

Baja producción de lodos

Bajo consumo energético y de producto químicos

Buena integración con el medio natural

Reutilización de las aguas depuradas



Requieren de grandes superficies de terreno

Colmatación del medio granular

HC de etapa única no logran los límites de vertido en N

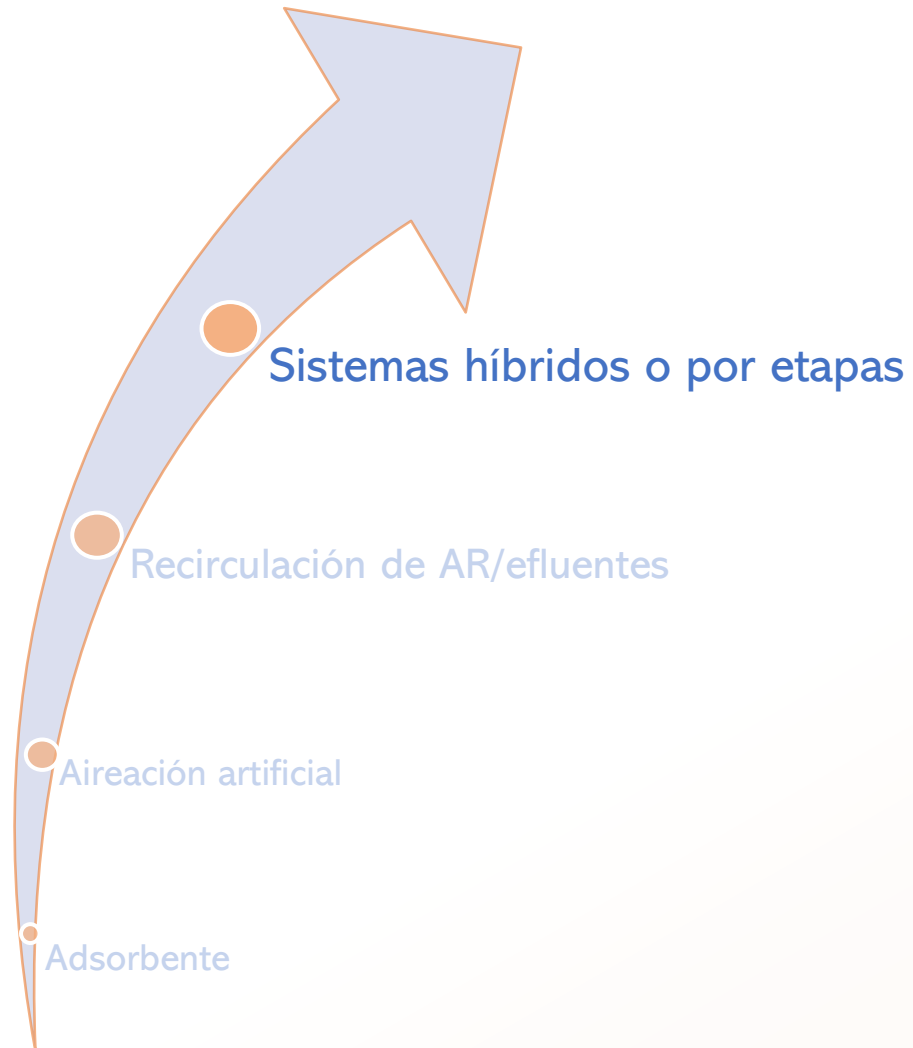


*Humedal construido para tratar aguas residuales urbanas.
Facultad de Ciencias, Universidade da Coruña (Galiza)*

Estrategias de intensificación en Humedales Construidos

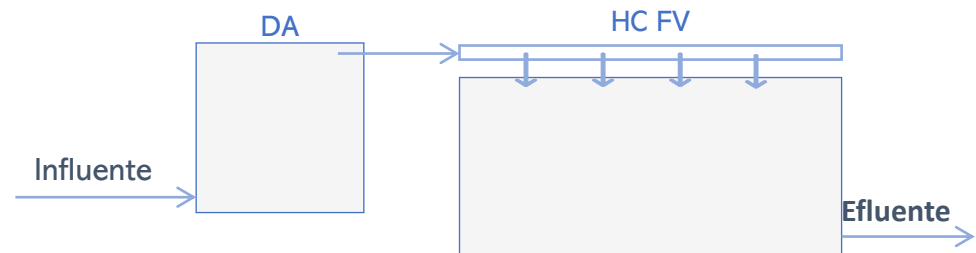


Estrategias de intensificación en Humedales Construidos



Sistemas híbridos o por etapas

Digestor Anaerobio-HC Flujo Vertical (DA-FV)



Estrategias de intensificación en Humedales Construidos



Digestor Anaerobio (Pretratamiento)

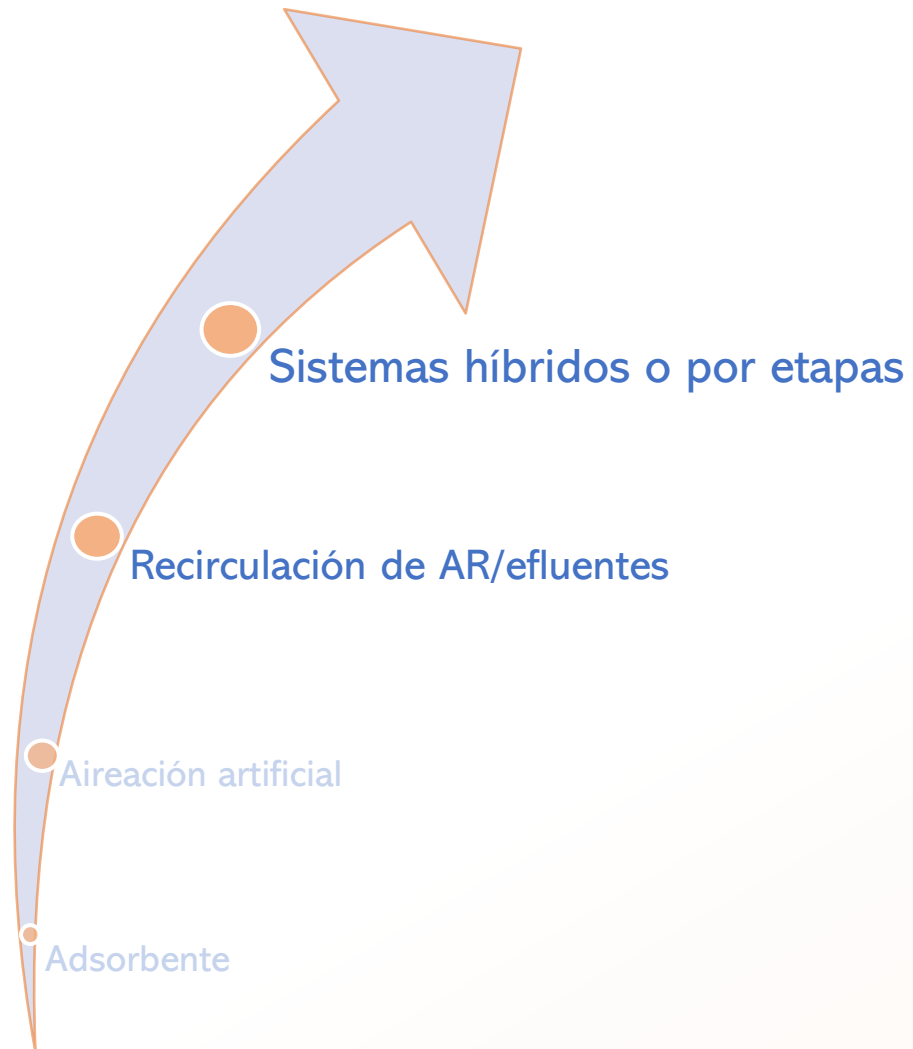


Reduce SS y MO influente

menos superficie
requerida

previene
colmatación

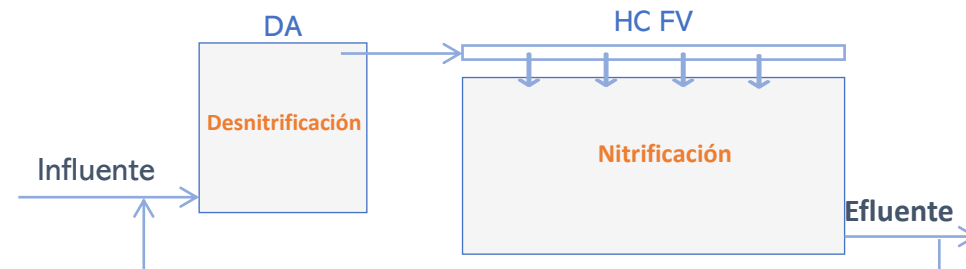
Estrategias de intensificación en Humedales Construidos



Recirculación de efluente FV

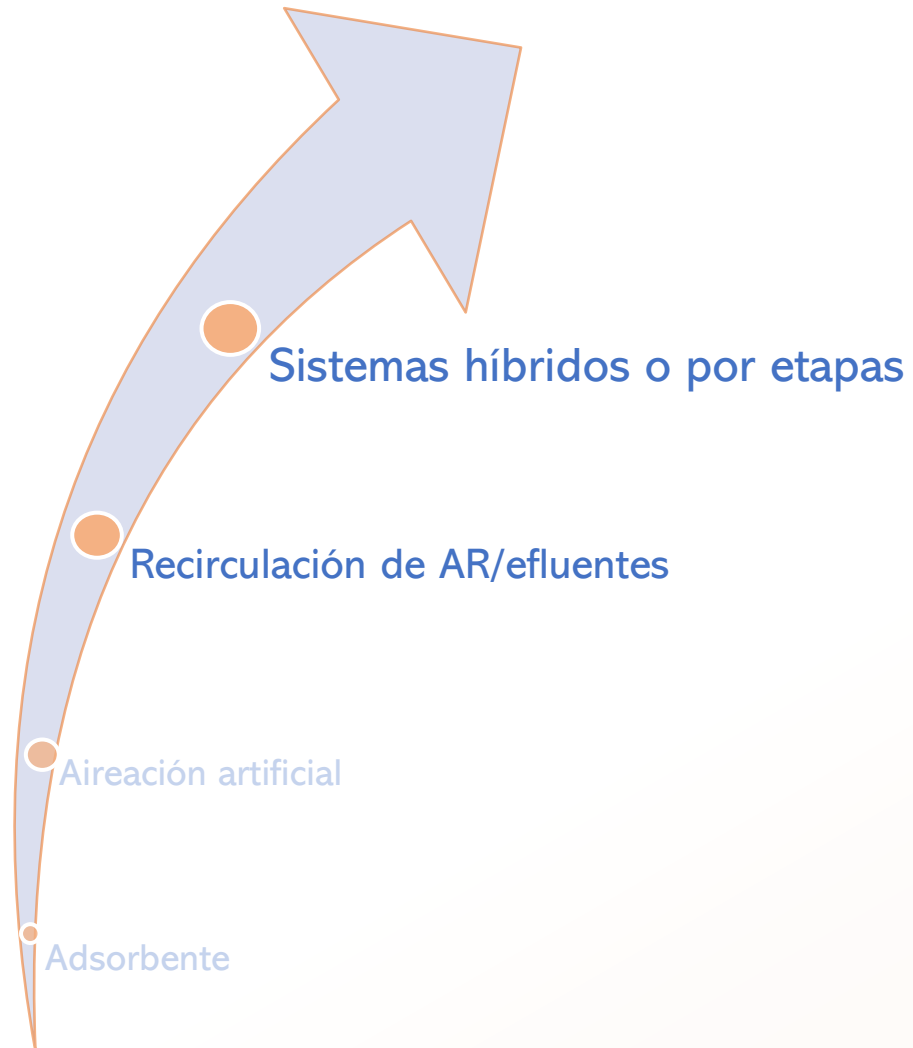
Digestor Anaerobio-HC Flujo Vertical (DA-FV)

- ✓ Combinación ambiente anaerobio-anóxico-aerobio
- ✓ Recirculación efluente FV mejora eliminación de N



X Recirculación efluente → posible lavado de biomasa en DA

Estrategias de intensificación en Humedales Construidos



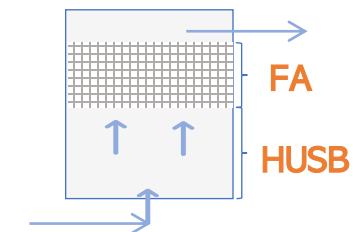
Digestor Híbrido Anaerobio/Anóxico (DA)

Digestor HUSB (*Hydrolytic Upflow Sludge Digester*)

Hidrólisis de sólidos y macromoléculas sin alcanzar la etapa metanogénica

Filtro Anaerobio

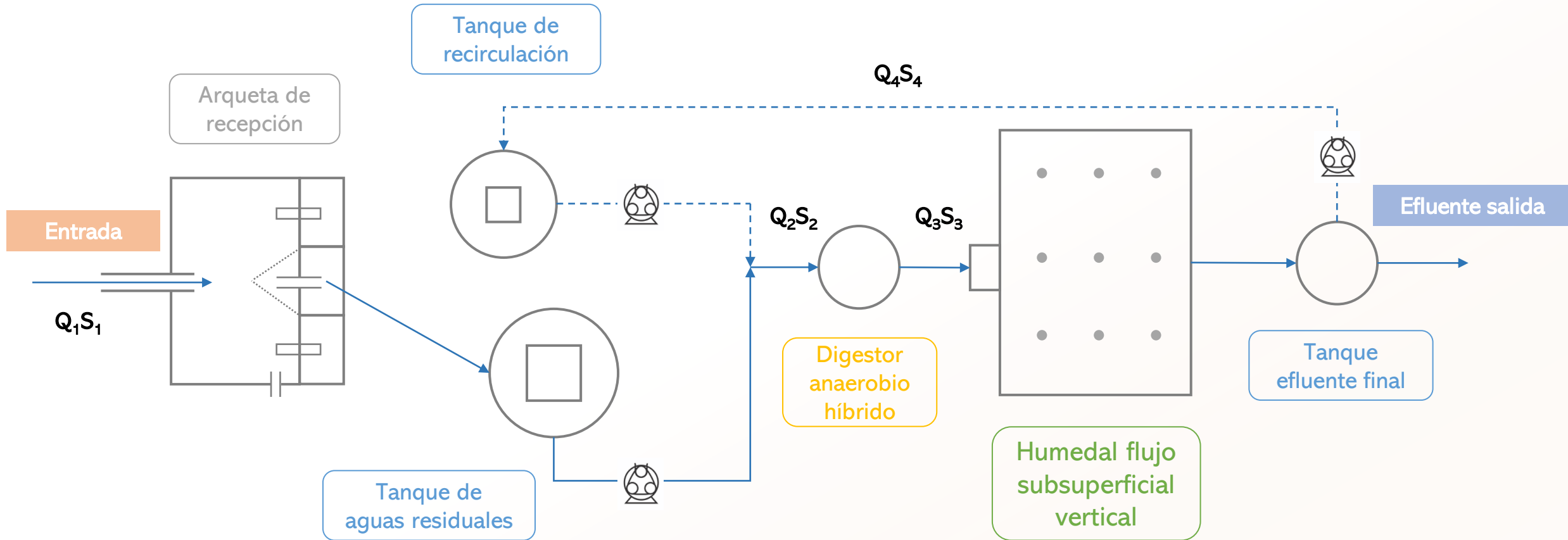
Reducir el posible lavado de biomasa provocado por recircular efluente FV



- Diseño de un **nuevo modelo de digester anaerobio** como pretratamiento al HC FV
- Evaluación del **rendimiento** del sistema global **DA-FV con recirculación del efluente FV** en cuanto a eliminación simultánea de **materia orgánica y nitrógeno**

Material y Métodos

Sistema DA-FV en planta piloto: Esquema



Sistema DA-FV en planta piloto: Características

Influente: aguas residuales brutas (facultad/ viviendas)

Características DA

Volumen (m ³)	0,222
Diámetro (m)	0,70

Características HC FV

Superficie (m ²)	3		
Medio Filtrante (MF)	MF2	MF1	CD
Tipo de partícula	Arena	Arena	Grava
Tamaño (mm)	0,5-2	1-3	20
Altura (cm)	5	80	20

Ambas unidades plantadas: *Phragmites australis*



Modo de alimentación → intermitente

P.M. → 8 pulsos/día, 7 días/semana, s/R

I-V → 12 pulsos/d, 4 días/semana, c/R

Sistema DA-FV en planta piloto: Concentración influente

Fuente dilución por lluvia

Suplemento externo:
100 mg SST/L (lodo 1°),
100 mg DQO/L (CH₃COONa),
50 mg DQO/L (almidón),
25 mg NH₃-N/L (NH₄Cl)

Periodo	I	II	III	IV	V
n° muestras ^a	24	21	8	20	14
Influente a DA ^b					
SST	52,6	130,9	181,1	109,1	101,2
DQO _T	88,4	255,7	326,0	220,0	150,9
DBO ₅	n.d.	164,4	214,6	117,8	70,4
N-NO ₃ ⁻	5,4	9,1	7,3	14,0	6,6
N-NH ₄ ⁺	8,8	24,1	27,2	27,6	21,7

^a n° muestras analizadas (una muestra corresponde a dos muestras diarias consecutivas integradas)

^b Concentración en mg/L

SS, DQO y DBO → Standard Methods (2017)
Compuestos de N → Cromatografía Iónica

Biomasa DA → Ensayos de AME y ADE
→ Balance de masa en sólidos

Adición de alcalinidad
(150 mg NaHCO₃/L)

a partir del periodo II

Sistema DA-FV en planta piloto: Condiciones de operación

Periodo		I	II	III	IV	V
Q_{INF} , L/d		259	554	790	342	368
Desv. Est.		±54	±68	±8	±36	±33
Q_R/Q_{INF}		0,94	0,85	0,67	1,49	0,78
Sistema Global DA+FV	VCH, mm/d	76,6	163,5	233,5	100,9	108,7
	VCS, g SST/m ² ·d	7,6	39,0	69,5	26,6	19,2
	VCS, g DQO _T /m ² ·d	12,2	73,7	123,1	51,5	27,7
	VCS, g DBO ₅ /m ² ·d	7,4	48,6	82,6	28,7	13,1
	VCS, g N-NH ₄ ⁺ /m ² ·d	1,2	6,4	10,2	5,9	3,6
Digestor Anaerobio/Anóxico	v_{DA} , m/h	0,269	0,270	0,342	0,221	0,172
	TRH _{DA} , h	19,8	9,5	6,7	15,6	14,3
Humedal FV	VCH, mm/d	86,4	184,5	263,4	113,9	122,6
	VCS, g SST/m ² ·d	3,4	13,7	13,3	7,3	3,8
	VCS, g DQO _T /m ² ·d	7,9	41,4	35,3	19,8	8,2
	VCS, g DBO ₅ /m ² ·d	n.d.	27,3	23,6	10,6	3,6
	VCS, g N-NH ₄ ⁺ /m ² ·d	1,3	7,0	9,5	6,8	3,8

Resultados y Discusión

Sistema global DA-FV con recirculación: Características influente vs efluente DA y FV

	Influente	Efluente DA	Efluente FV
pH	7,0 ± 0,1	6,8 ± 0,2	6,1 ± 0,4
POR	-120,7 ± 42,7	-46,3 ± 51,1	105,7 ± 39,3
OD	2,6 ± 0,3	3,1 ± 0,4	6,8 ± 0,6
T	17,5 ± 3,6	16,4 ± 1,9	15,3 ± 11,4
Conductividad	746,6 ± 189,1	595,1 ± 112,4	486,6 ± 93,8
SST	215 ± 78	29 ± 11	5 ± 3
SSV	178 ± 67	24 ± 9	3 ± 2
DQO _T	380 ± 164	81 ± 30	21 ± 9
DBO ₅	230 ± 115	50 ± 17	7 ± 2
N-NO ₂ ⁻	0,120 ± 0,048	0,228 ± 0,169	0,105 ± 0,059
N-NO ₃ ⁻	0,363 ± 0,114	1,591 ± 1,038	17,11 ± 4,98
N-NH ₄ ⁻	38,0 ± 15,6	19,9 ± 8,1	4,8 ± 3,3



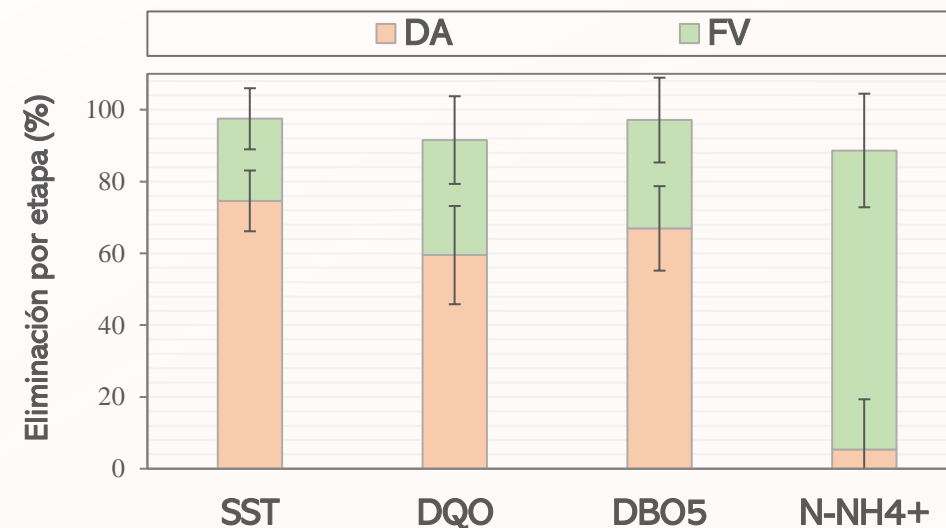
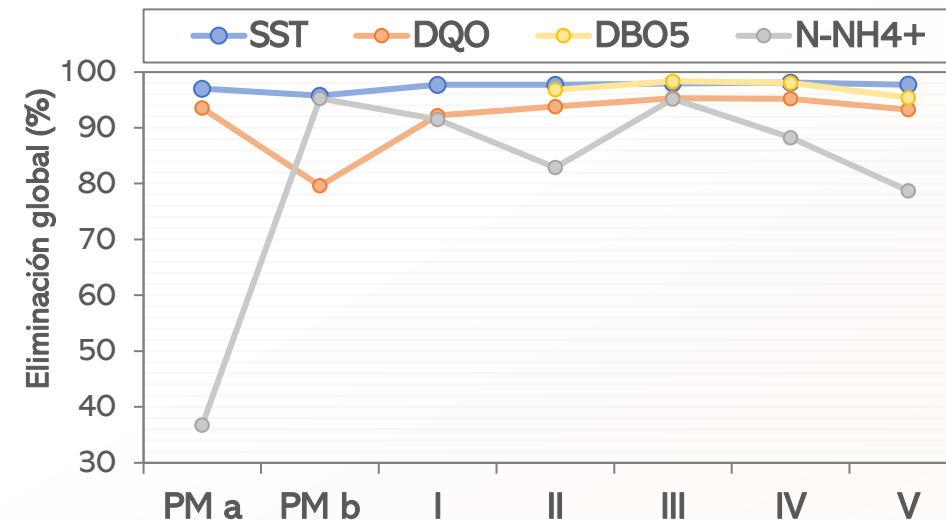
Unidades: Potencial redox (mV), Oxígeno disuelto (mg O₂/L), Conducitivade (µS/cm), Temperatura (°C), Concentración (mg/L).

Sistema global DA-FV: Eficacia de eliminación

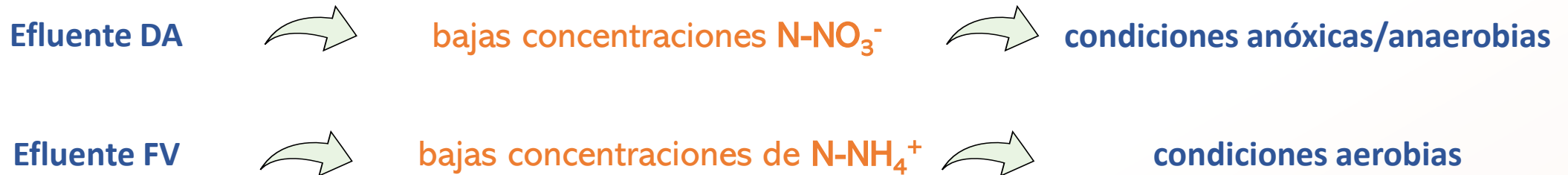
SST	96-98%
DQO _T	80-95%
DBO ₅	95-98%
N-NH ₄ ⁺	79-95%

DA 75±9% SST, 60±14% DQO_T, 67±12% DBO₅

FV 83±16% N-NH₄⁺



Sistema global DA-FV: Compuestos nitrogenados



Periodo	T_{INF}	Q_R/Q_{INF}	Efluente DA			Efluente FV		
			N-NO_3^-	N-NH_4^+	N-NO_2^-	N-NO_3^-	N-NH_4^+	N-NO_2^-
I	12,8±2,3	0,94	1,2±0,1	8,7±5,2	0,13±0,09	10,7±3,9	1,3±1,5	0,11±0,08
II	18,2±3,2	0,85	2,2±1,8	22,9±12,6	0,53±0,56	19,1±4,3	6,7±4,5	0,18±0,13
III	21,7±0,3	0,67	0,4±0,5	19,5±9,3	0,06±0,06	18,0±5,5	2,1±1,9	0,10±0,04
IV	19,6±2,2	1,49	1,8±1,3	28,6±10,7	0,30±0,23	23,1±9,2	6,9±4,9	0,07±0,03
V	15,0±0,8	0,78	2,4±1,7	19,7±8,2	0,12±0,06	14,5±3,8	7,0±6,8	0,07±0,06

Unidades: Temperatura (°C), Concentración (mg/L).

Sistema global DA-FV: Compuestos nitrogenados

Relación Q_R/Q_{INF}  no efecto

Altas Temperaturas  mejora desnitrificación/nitrificación

Periodo	T_{INF}	Q_R/Q_{INF}	Efluente DA			Efluente FV		
			N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻
I	12,8±2,3	0,94	1,2±0,1	8,7±5,2	0,13±0,09	10,7±3,9	1,3±1,5	0,11±0,08
II	18,2±3,2	0,85	2,2±1,8	22,9±12,6	0,53±0,56	19,1±4,3	6,7±4,5	0,18±0,13
III	21,7±0,3	0,67	0,4±0,5	19,5±9,3	0,06±0,06	18,0±5,5	2,1±1,9	0,10±0,04
IV	19,6±2,2	1,49	1,8±1,3	28,6±10,7	0,30±0,23	23,1±9,2	6,9±4,9	0,07±0,03
V	15,0±0,8	0,78	2,4±1,7	19,7±8,2	0,12±0,06	14,5±3,8	7,0±6,8	0,07±0,06

Unidades: Temperatura (°C), Concentración (mg/L).

Pretratamiento: Digestor híbrido HUSB-FA

AME biomasa \rightarrow 0,026-0,056 gDQO_{CH4}/gSSV·d con cortos periodos de latencia (1-2 días)

Biomasa FA \gg Biomasa HUSB



64% capacidad desnitrificante del DA
corresponde al FA

80,8% SSV influentes
HIDROLIZADOS

6,1% SSV influentes
LODO EN EXCESO

13,1% SSV influentes
EFLUENTE DA

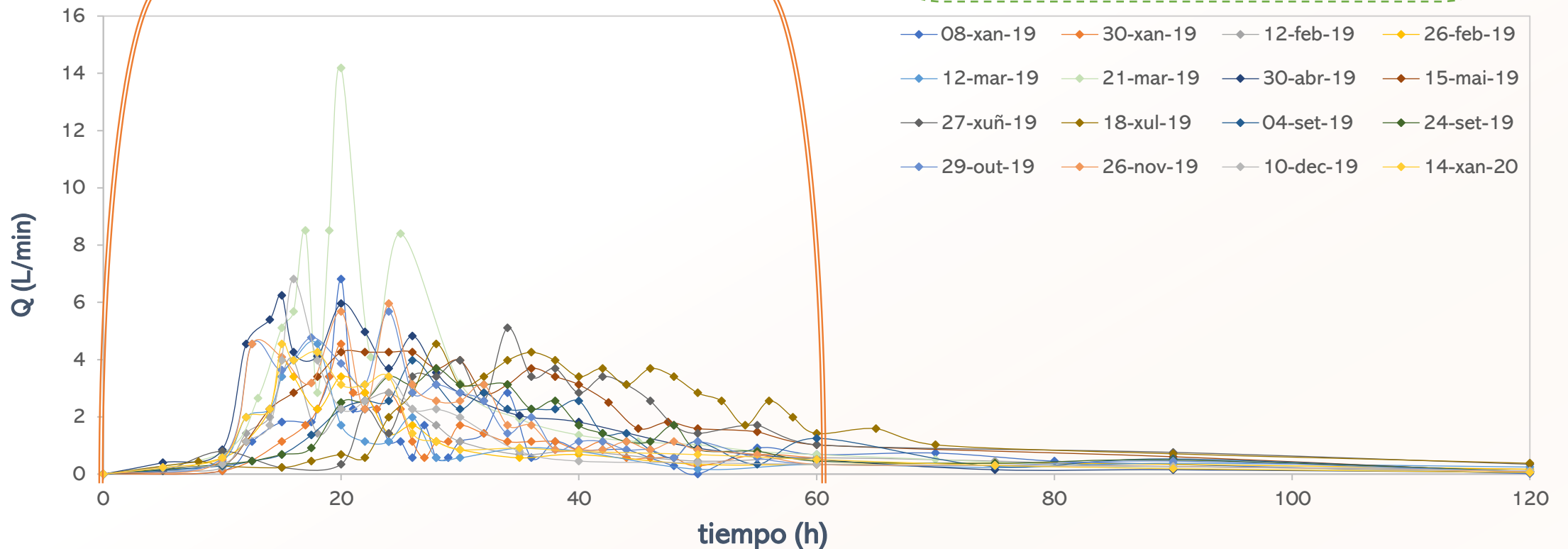
Humedal FV: Colmatación y perfiles de flujo

63-88% del influente recuperado
 t_m de 30 ± 8 min

<30% de estanqueidad entre 2 ciclos

tiempo restante suficiente para aireación

no colmatación del medio granular



Nuevo modelo de DA

Redujo considerablemente la **carga en sólidos y materia orgánica** al HC FV (61-83% SST, 43-75% DQO_T, 50-76% DBO₅)

Baja producción de **lodos en exceso** (6,1% de SV influentes)

Retrasó el proceso de **colmatación del medio granular** del humedal FV

Sistema global DA-FV con recirculación

Bajas concentraciones de **nitrito** en el efluente de DA ($1,7 \pm 1,5$ mg NO₂⁻/L de media)

Bajas concentraciones de **amonio** en el efluente de FV ($4,8 \pm 5,0$ mg N-NH₄⁺/L de media)

Eliminación de: 96-98% (**97,5%** de media) SST, 80-95% (**91,6%**) DQO_T, 95-98% (**97,1%**) DBO₅, 79-95% (**88,6%**) N-NH₄⁺

4th SmallWat21v



Interreg
España - Portugal



Muchas gracias por su atención

M. Sánchez, I. Ruiz, M. Soto

Grupo de Enxeñaría Química Ambiental (EnQA)

Departamento de Química. Universidade da Coruña (Galiza)

marta.sanchezn@udc.es