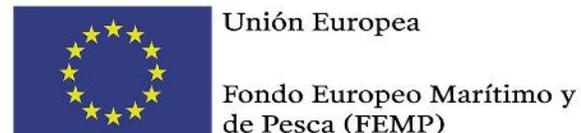


# VALORALGAE

Perspectivas del uso de algas de arribazón para  
producir gas renovable

16/12/2021



# ÍNDICE



1. Objetivo
2. Caracterización físico-química
3. Ensayos de potencial metanogénico
4. Ensayos en CSTR
5. Ensayos en CSTR-codigestión
6. Potencial de generación de energía
7. Conclusiones

# ÍNDICE



## 1.Objetivo

## 2.Caracterización físico-química

## 3.Ensayos de potencial metanogénico

## 4.Ensayos en CSTR

## 5.Ensayos en CSTR-codigestión

## 6.Potencial de generación de energía

## 7.Conclusiones



# 1. Objetivo

**A2: Obtención de biocombustible gaseoso**

**A5: Viabilidad técnico-económica**

- Evaluar la viabilidad de valorizar las algas seleccionadas y recogidas en etapas previas del proyecto como **biocombustible gaseoso**



*Ulva lactuca*



*Ulva intestinalis*



*Fucus spp.*



*Gracilaria spp.*

# ÍNDICE



1. Objetivo

2. Caracterización físico-química

3. Ensayos de potencial metanogénico

4. Ensayos en CSTR

5. Ensayos en CSTR-codigestión

6. Potencial de generación de energía

7. Conclusiones

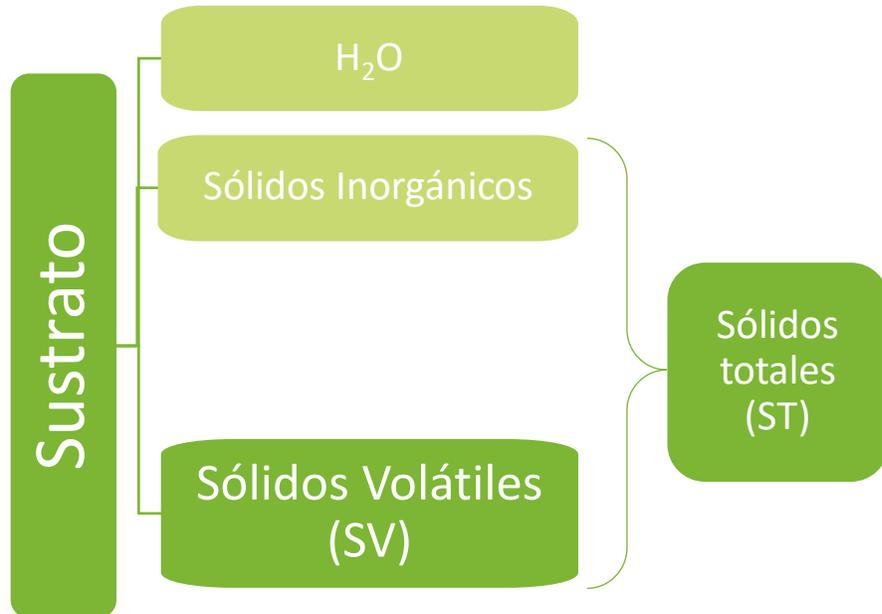


# 2. Caracterización físico-química

## 2.1 Sólidos totales, sólidos volátiles y contenido en agua

Recogida de algas

Sin lavar



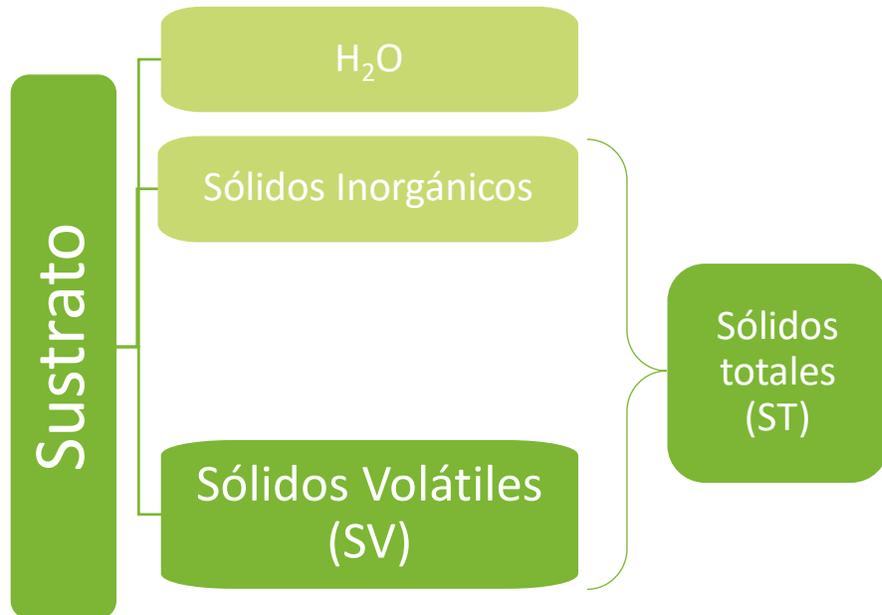


# 2. Caracterización físico-química

## 2.1 Sólidos totales, sólidos volátiles y contenido en agua

Recogida de algas

Sin lavar



Muestra	ST (%)	SV (%)	Ratio (SV/ST)	Humedad (%)
<i>Ulva lactuca</i>	31,7	7,8	0,25	68,3
<i>Ulva intestinalis</i>	43,6	5,2	0,12	56,4
<i>Gracilaria spp.</i>	25,4	9,7	0,38	74,6
<i>Fucus spp.</i>	13,7	10,4	0,76	86,3



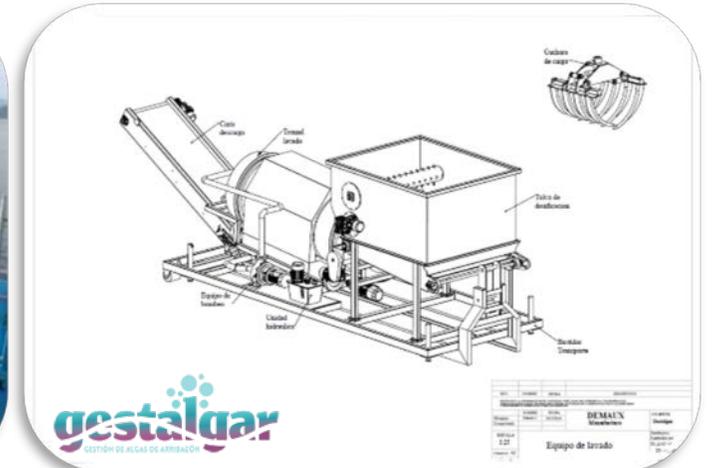
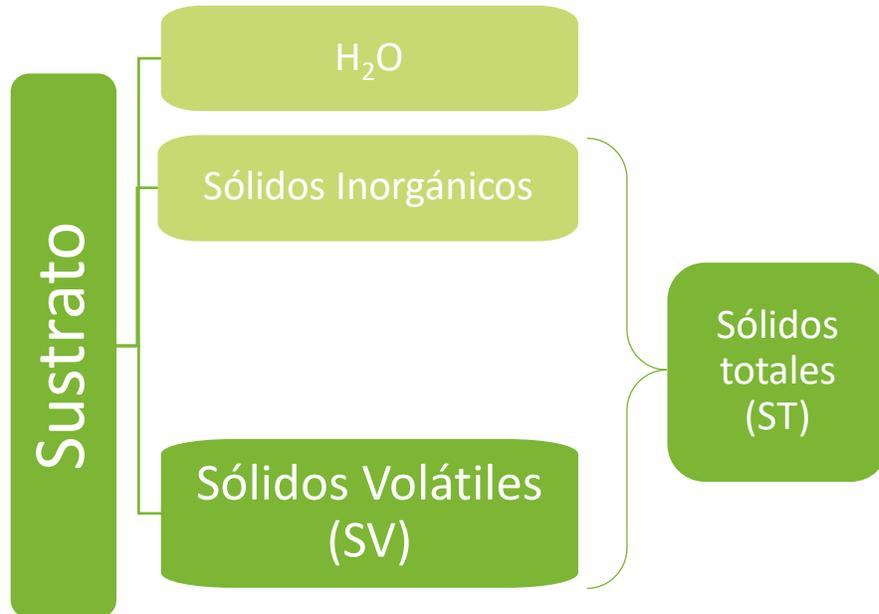
# 2. Caracterización físico-química

## 2.1 Sólidos totales, sólidos volátiles y contenido en agua

Recogida de algas

Sin lavar

Lavadas





# 2. Caracterización físico-química

## 2.1 Sólidos totales, sólidos volátiles y contenido en agua

Recogida de algas

Sin lavar

Lavadas

Muestra	ST (%)	SV (%)	Ratio (SV/ST)	Humedad (%)	ST (%)	SV (%)	Ratio (SV/ST)	Humedad (%)	DQO total (gO <sub>2</sub> /kg)
<i>Ulva lactuca</i>	31,7	7,8	0,25	68,3	10,6	7,8	0,74	89,4	134,2
<i>Ulva intestinalis</i>	43,6	5,2	0,12	56,4	20,0	12,0	0,60	80,0	105,8
<i>Gracilaria spp.</i>	25,4	9,7	0,38	74,6	20,1	16,1	0,80	79,9	119,0
<i>Fucus spp.</i>	13,7	10,4	0,76	86,3	14,2	12,1	0,82	85,8	132,8

Ensayos de potencial metanogénico

# ÍNDICE



1.Objetivo

2.Caracterización físico-química

3.Ensayos de potencial metanogénico

4.Ensayos en CSTR

5.Ensayos en CSTR-codigestión

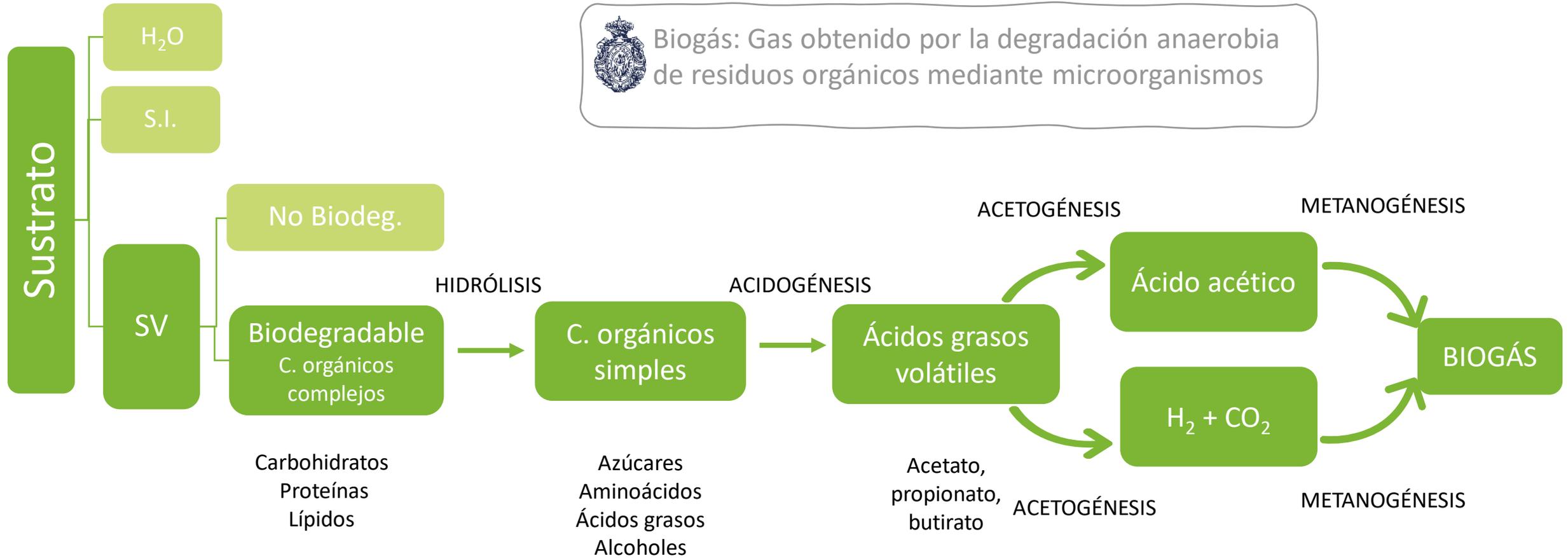
6.Potencial de generación de energía

7.Conclusiones



# 3. Ensayos de potencial metanogénico

## 3.1 Producción de biogás

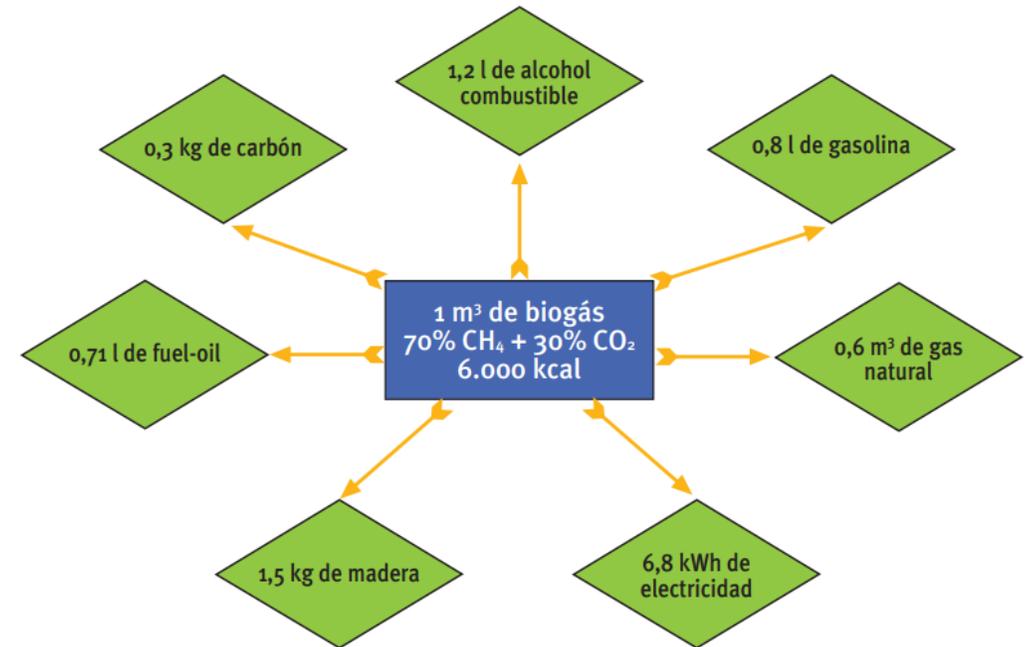
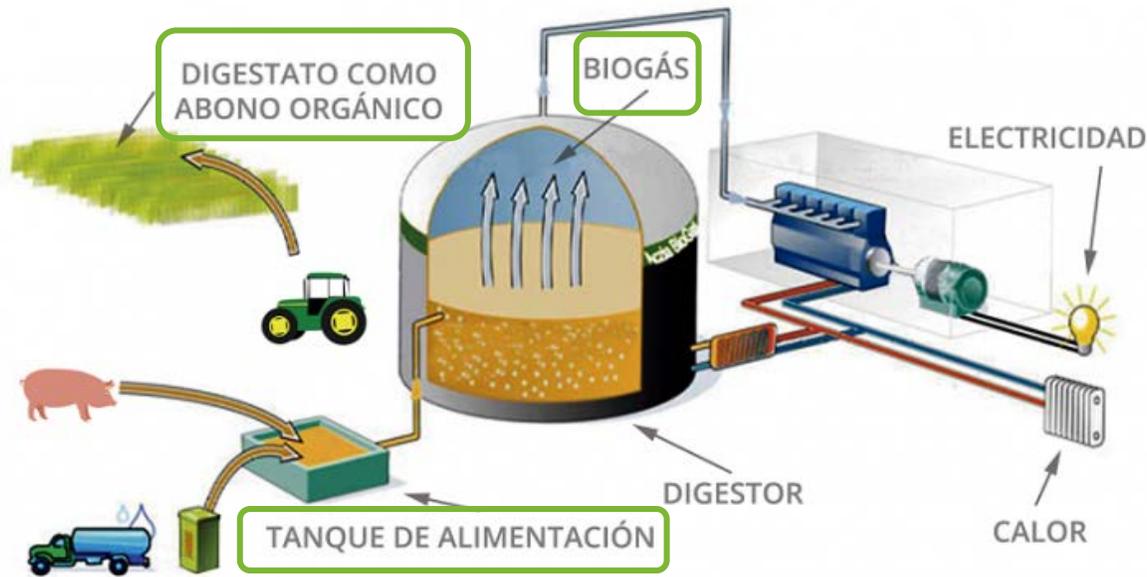


Biogás: Gas obtenido por la degradación anaerobia de residuos orgánicos mediante microorganismos



# 3. Ensayos de potencial metanogénico

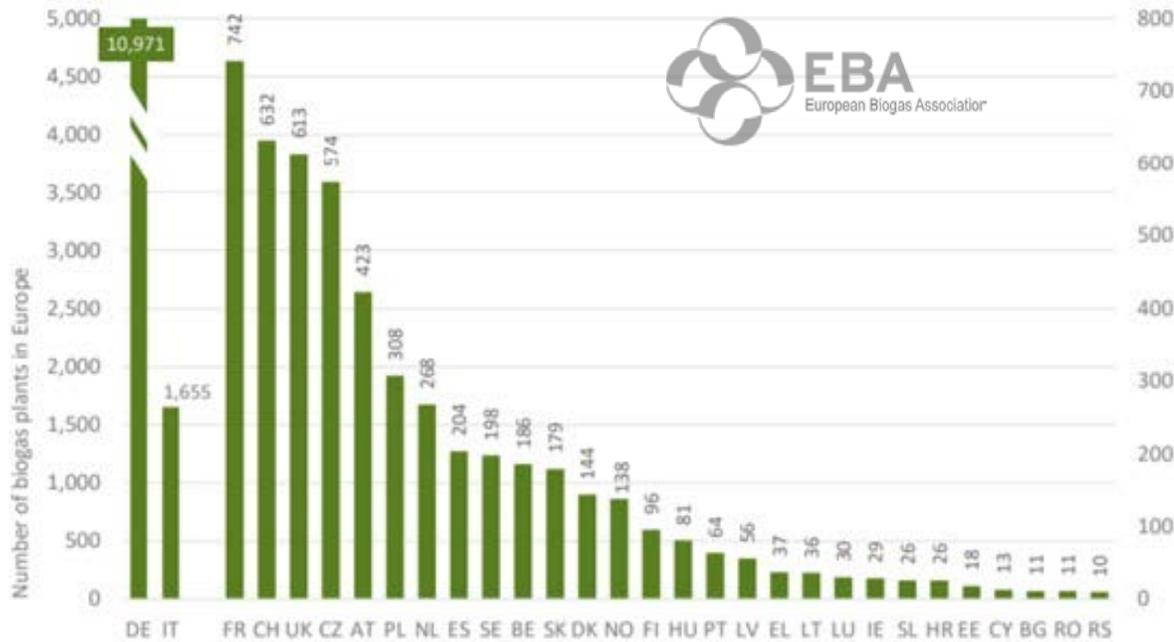
## 3.1 Producción de biogás





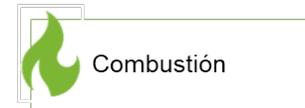
# 3. Ensayos de potencial metanogénico

## 3.1 Producción de biogás



Más de 18.100 plantas en Europa, y 200 en España (2019)

Biogás



Biometano



Refinado del gas



Coste





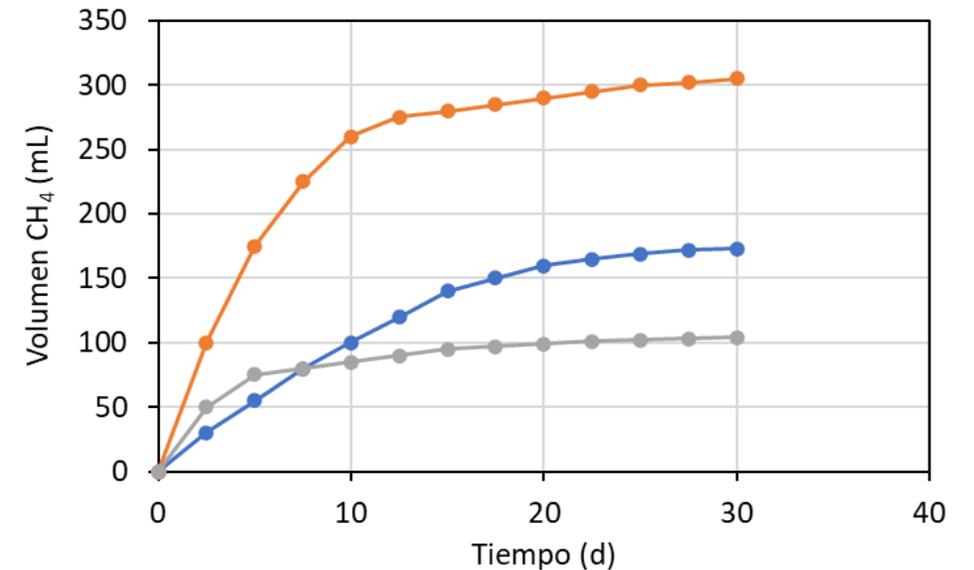
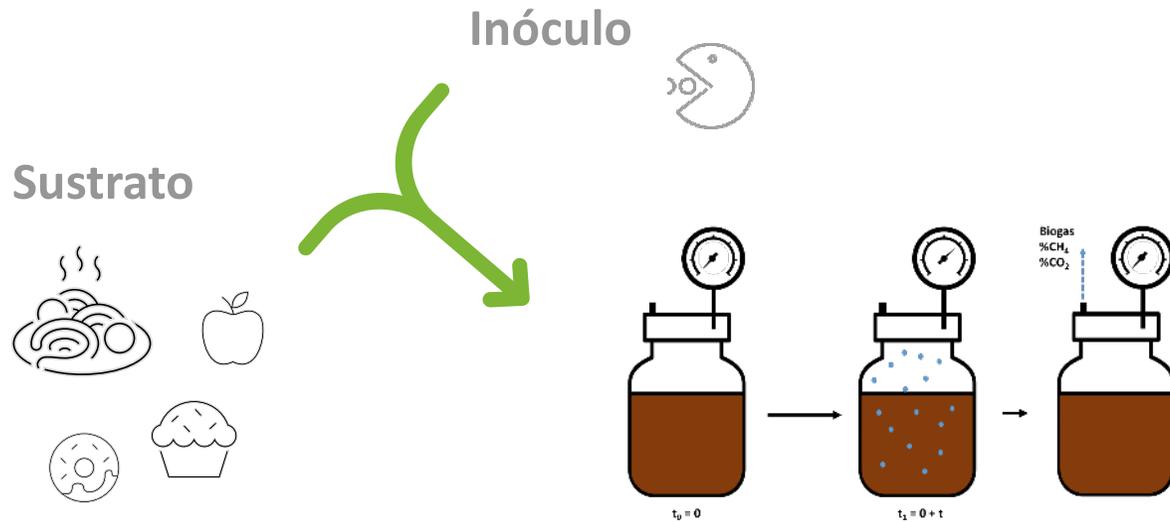


# 3. Ensayos de potencial metanogénico

## 3.3 Procedimiento

El potencial metanogénico es la cantidad de metano generado por masa de sustrato

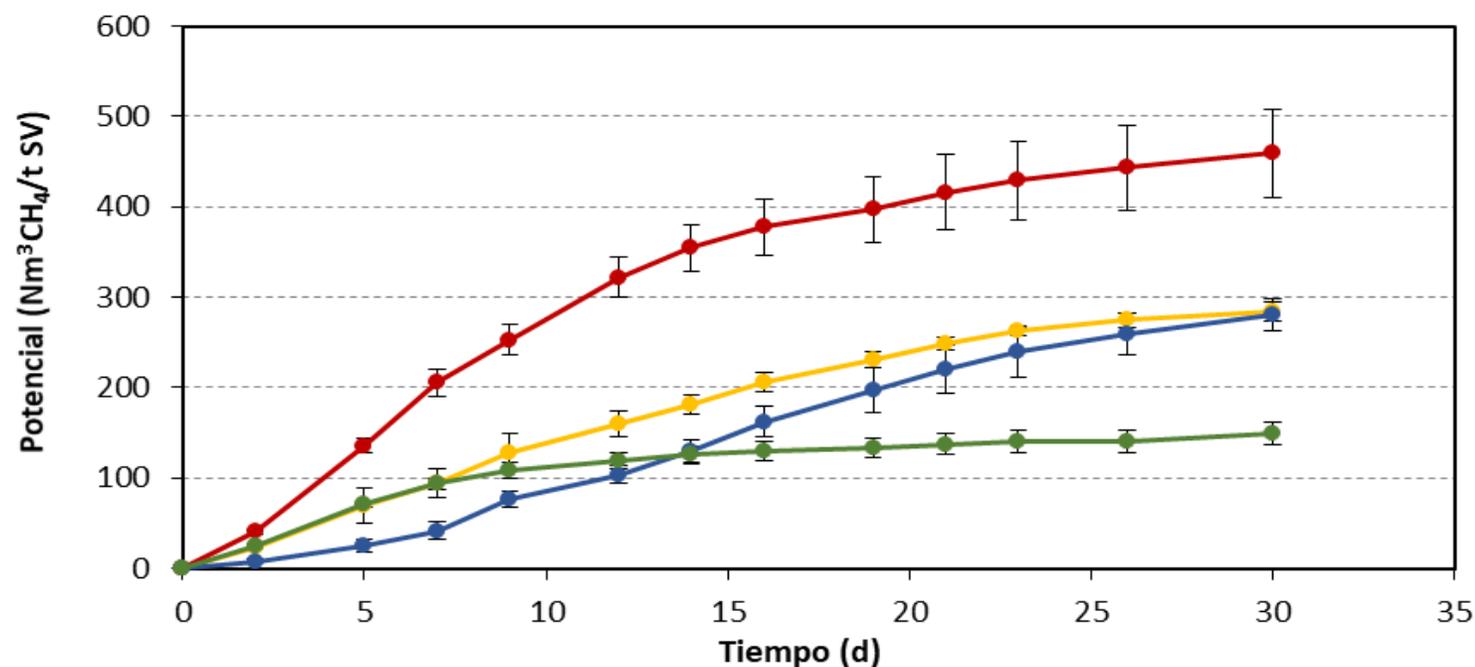
$$\begin{matrix} m^3 \text{CH}_4 / t_{SV} \\ m^3 \text{CH}_4 / t_{sus} \\ m^3 \text{CH}_4 / t_{DQO} \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} \text{máximo} \\ 350 \text{ m}^3 \text{CH}_4 / t_{DQO} \end{matrix}$$



# 3. Ensayos de potencial metanogénico



## 3.3 Procedimiento



*Ulva Lactuca* (●); *Ulva intestinalis* (●); *Gracilaria spp.* (●); y *Fucus spp.* (●)

# 3. Ensayos de potencial metanogénico



## 3.4 Resultados

Muestra	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t SV)	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t)	Biodegradabilidad (%)
<i>Ulva lactuca</i>	300,1	23,5	50,1
<i>Ulva intestinalis</i>	482,8	24,9	65,8
<i>Gracilaria spp.</i>	318,5	30,8	74,1
<i>Fucus spp.</i>	154,2	16,1	34,5

Tipo de alga	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t SV)
<i>Ascophyllum</i>	110
<i>Gracilaria</i>	280-400
<i>Laminaria sp.</i>	180-300
<i>Macrocystis pyrifera</i>	180-430
<i>Sargassum</i>	120-190
<i>Ulva lactuca</i>	200-480
<i>Fucus vesiculosus</i>	147

El valor de potencial se ve afectado por las características físico-químicas de la muestra

# 3. Ensayos de potencial metanogénico



## 3.4 Resultados

Muestra	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t SV)	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t)	Biodegradabilidad (%)
<i>Ulva lactuca</i>	300,1	23,5	50,1
<i>Ulva intestinalis</i>	482,8	24,9	65,8
<i>Gracilaria spp.</i>	318,5	30,8	74,1
<i>Fucus spp.</i>	154,2	16,1	34,5

Tipo de alga	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t SV)
<i>Ascophyllum</i>	110
<i>Gracilaria</i>	280-400
<i>Laminaria sp.</i>	180-300
<i>Macrocystis pyrifera</i>	180-430
<i>Sargassum</i>	120-190
<i>Ulva lactuca</i>	200-480
<i>Fucus vesiculosus</i>	147

Ensayo de corta duración  
Condiciones óptimas



La operación en continuo simula la  
operación “real” de un digestor.

# ÍNDICE



1. Objetivo

2. Caracterización físico-química

3. Ensayos de potencial metanogénico

4. Ensayos en CSTR

5. Ensayos en CSTR-codigestión

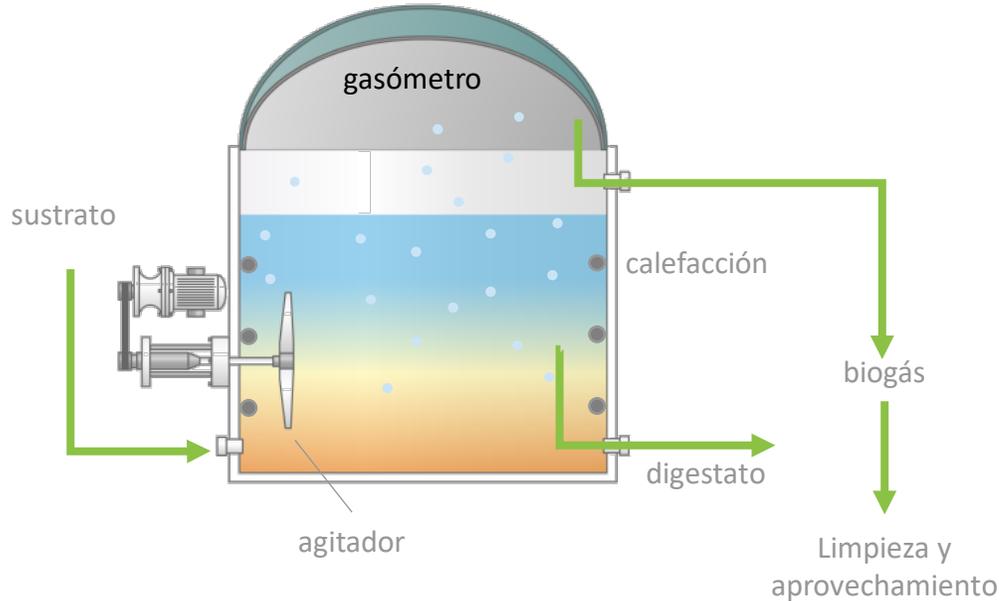
6. Potencial de generación de energía

7. Conclusiones



# 4. Ensayos en CSTR

## 4.1 Digestores anaerobios



**Reactor CSTR:** Consiste en un reactor en el que se mantiene una distribución uniforme de concentraciones, tanto de sustrato como de microorganismos mediante un sistema de agitación.

Esta tipología de reactor es el más utilizado para residuos.

**Objetivo:** encontrar la **carga de alimentación óptima** que genere la máxima producción de gas.

$$VCO = \frac{Q \cdot [SV]}{V} = \frac{[SV]}{TRH} \quad (\text{Kg SV/m}^3 \cdot \text{d})$$

**Altas cargas** orgánicas proporcionan **altas producciones** volumétricas de biogás aunque también aumenta el riesgo de sobrecargas puntuales que conllevan a la acidificación del reactor.

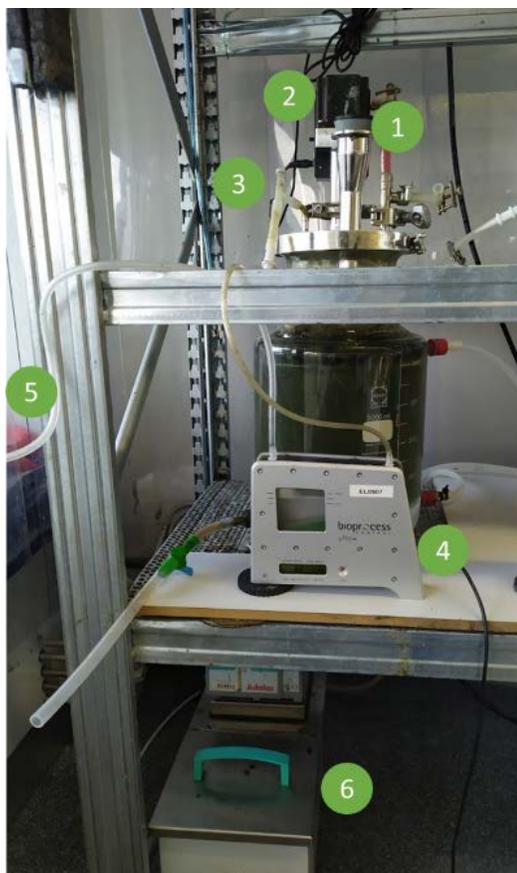


# 4. Ensayos en CSTR

## 4.2 Digestor laboratorio (4,3 L)



Alimentación triturada



1. Sistema de inyección de alimentación
2. Agitador mecánico
3. Puerto de muestreo de gas
4. Caudalímetro de biogás
5. Almacenamiento de biogás
6. Sistema de calentamiento

### Operación CSTR

Temperatura: rango mesofílico (36 °C)

Agitación: continua

Concentración de sólidos: vía húmeda (ST: 9-12 % y SV: 6-8 %)

Tiempo de retención: 30 días

Alimentación: 140 - 150 g/d

Velocidad de carga: 2,0 - 2,7 kgSV/m<sup>3</sup>·d





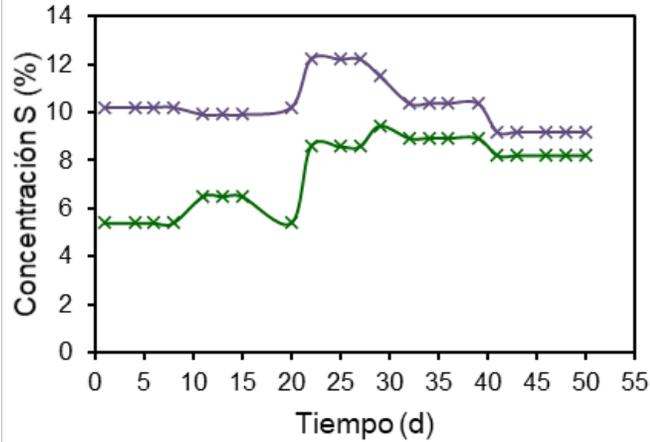
# 4. Ensayos en CSTR

## 4.3 Resultados

Entrada

ST (x)

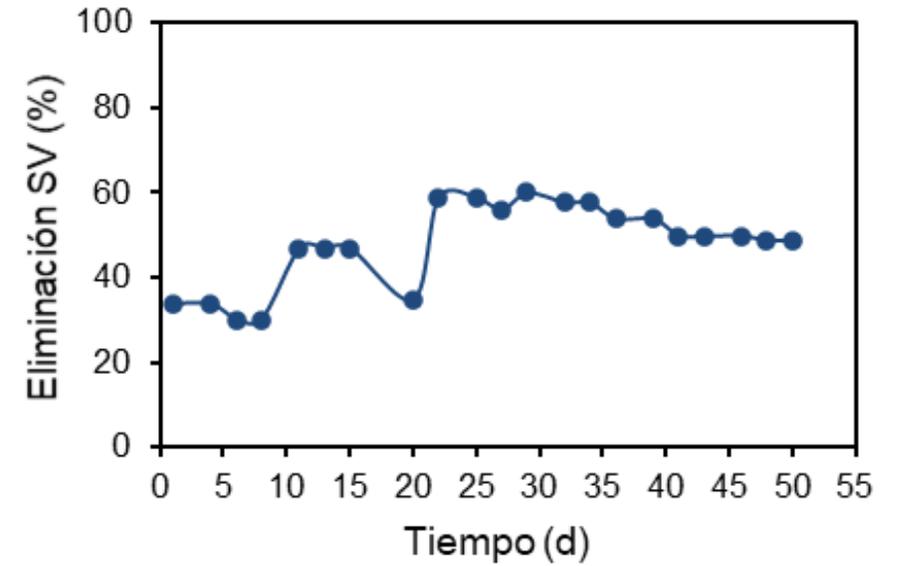
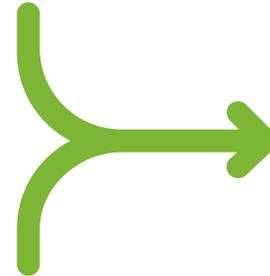
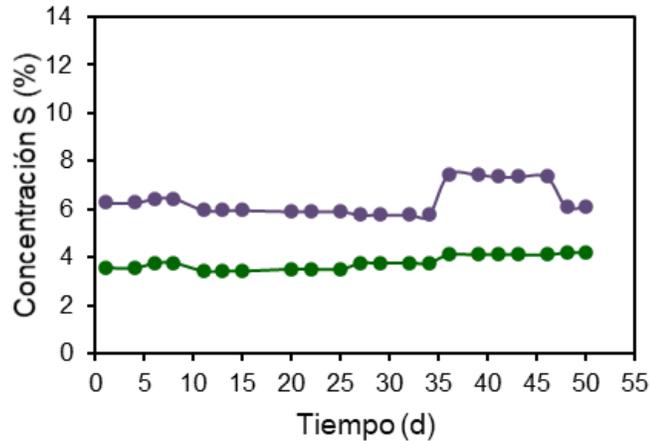
SV (x)



Salida

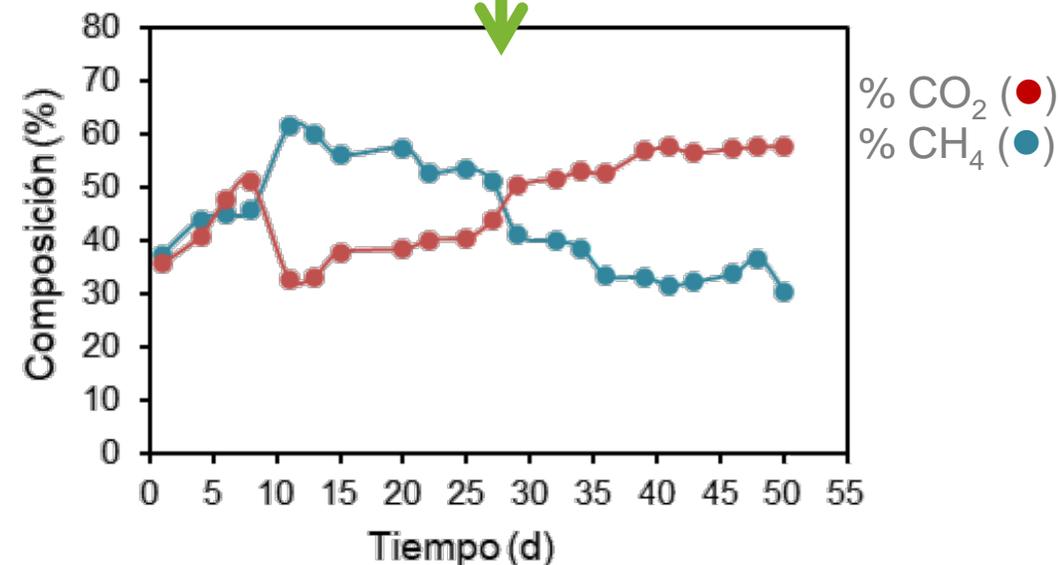
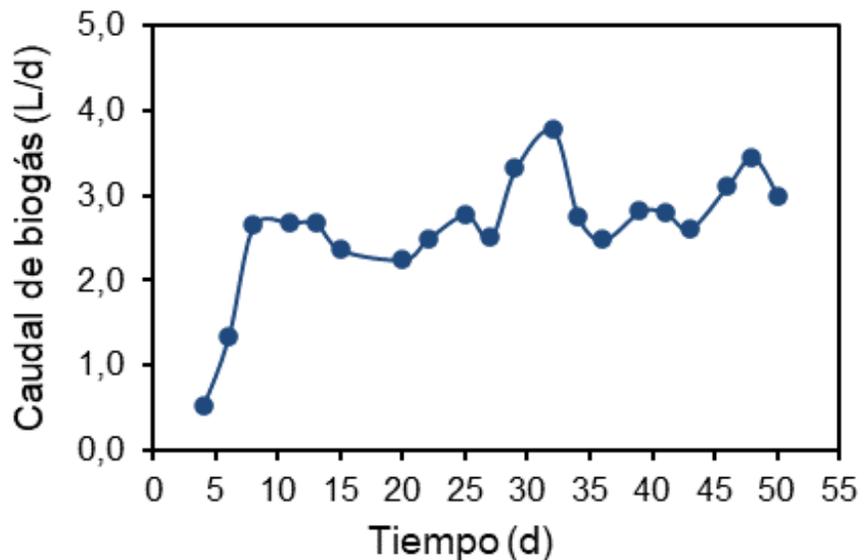
ST (●)

SV (●)



# 4. Ensayos en CSTR

## 4.3 Resultados

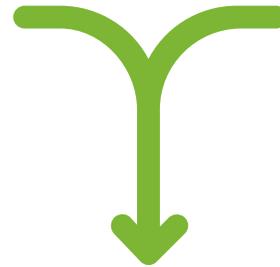
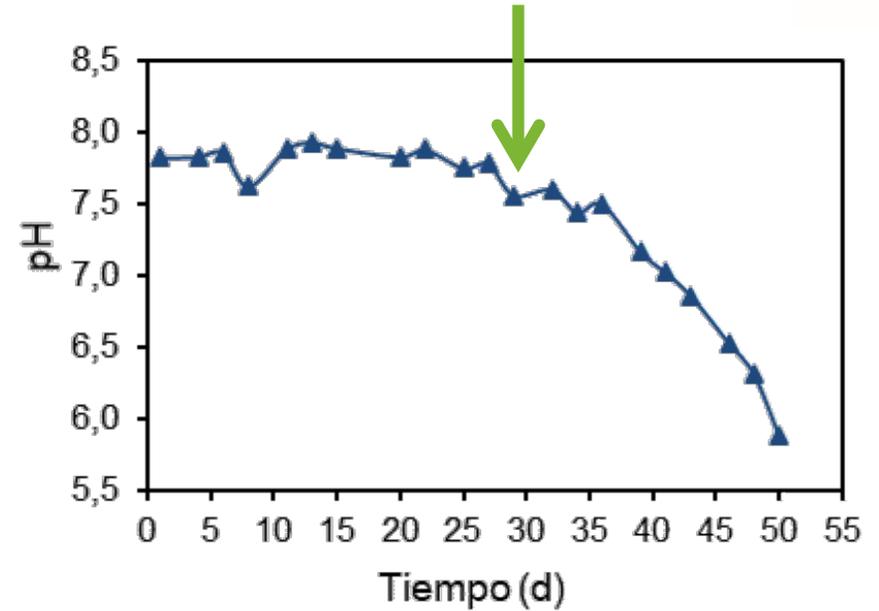
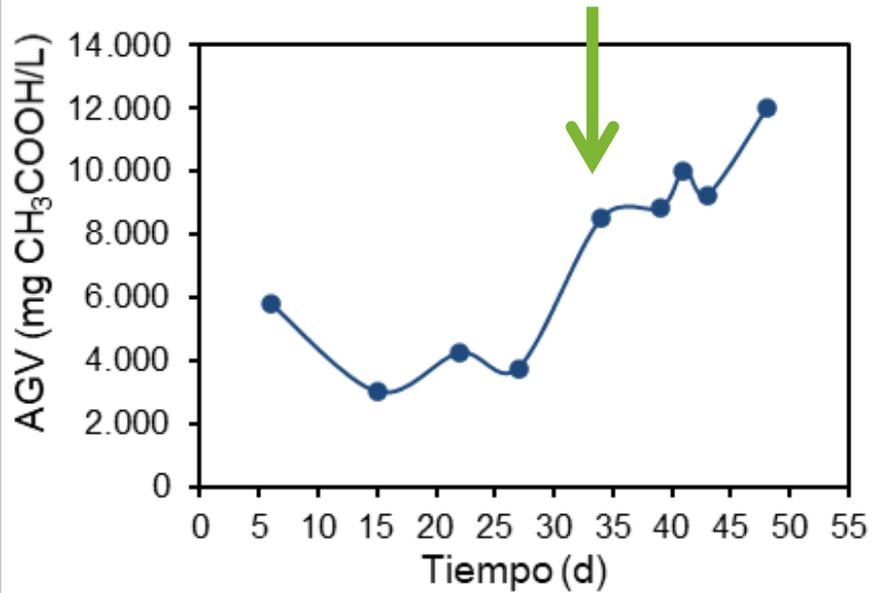


Producción de biogás en continuo: 21 m<sup>3</sup> biogás/t  
Disminución de la concentración de CH<sub>4</sub>



# 4. Ensayos en CSTR

## 4.3 Resultados



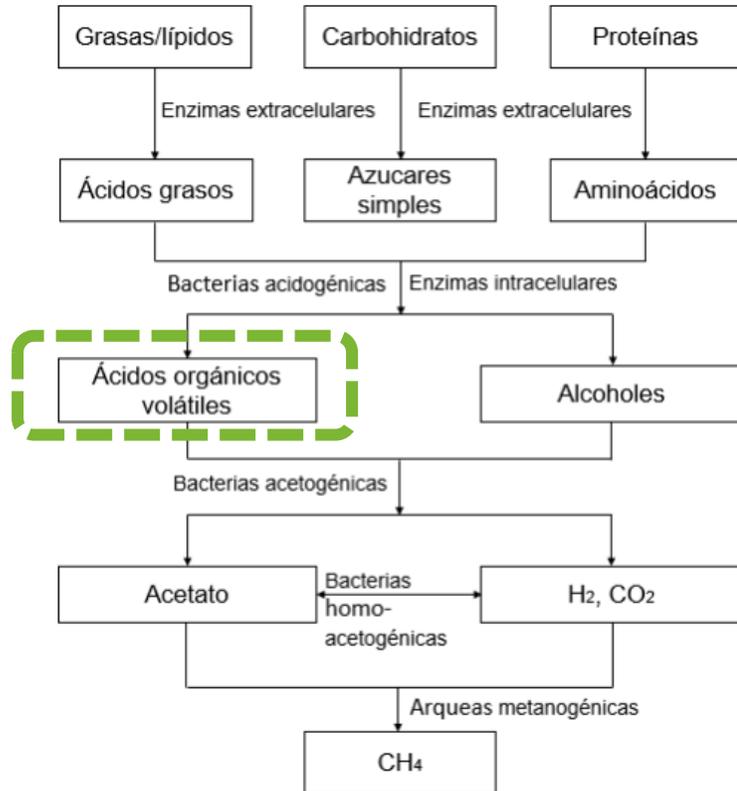
Acumulación de AGVs y caída del pH

**Inestabilidad del reactor**



# 4. Ensayos en CSTR

## 4.4 Análisis de causas



➤ Limitaciones asociadas a:

- Relación C:N
- Presencia elevada de compuestos de azufre
- Presencia de metales pesados
- Estructura y pared celular compleja
- Liberación de polisacáridos complejos
- Presencia de polifenoles
- Presencia de toxinas

Relación C:N óptima → 20:1 g/g

Relación C:N Ulva → 35:1 g/g



# ÍNDICE



1. Objetivo

2. Caracterización físico-química

3. Ensayos de potencial metanogénico

4. Ensayos en CSTR

5. Ensayos en CSTR-codigestión

6. Potencial de generación de energía

7. Conclusiones

# 5. Ensayos en CSTR-codigestión



## 5.1 Co-sustratos

**Mezcla** de dos o más residuos en un digestor para incrementar carga orgánica o crear sinergias con el objetivo de **mejorar la producción de biogás**.

Posibles **beneficios**:

- ✓ Suministro macro y micronutrientes
- ✓ Mejora del ratio C:N
- ✓ Dilución de sustancias inhibidoras o compuestos tóxicos



Vísceras de pescado:  
agallas, huevos o hígado



Descartes de pescado: pescado azul, pescado blanco, y cefalópodo

# 5. Ensayos en CSTR-codigestión

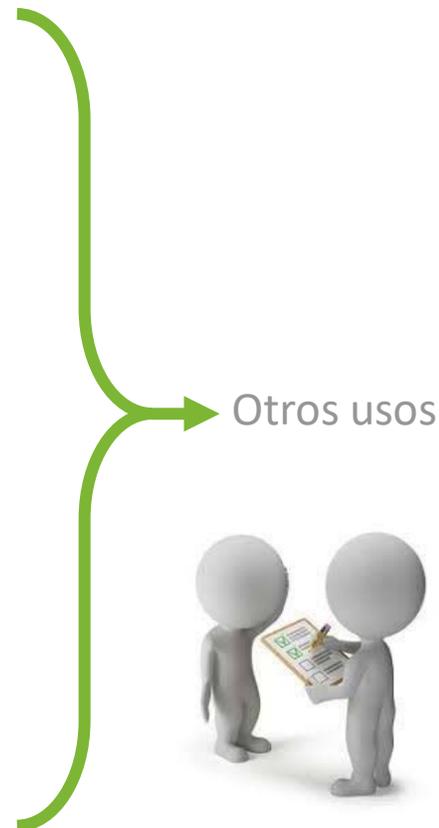
## 5.1 Co-sustratos



Denominación	Componentes (%)	ST (%)	SV (%)	DQO total (gO <sub>2</sub> /kg)
Mezcla 1	Ulva + vísceras 90:10	13,8	10,4	221,6
Mezcla 2	Ulva + vísceras 85:15	15,8	12,4	300,0
Mezcla 3	Ulva + descartes 90:10	11,5	8,1	89,4
Mezcla 4	Ulva + descartes 85:15	12,4	9,0	101,6

Muestra	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t SV)	Potencial (Nm <sup>3</sup> CH <sub>4</sub> /t)
Mezcla 1	332,9	34,8
Mezcla 2	353,1	43,8
Mezcla 3	300,8	24,5
Mezcla 4	302,0	27,1
<i>Ulva lactuca</i>	300,1	23,5

Añadir un 15 % de vísceras a Ulva lactuca incrementa el potencial de producción de biogás en un 65 %.

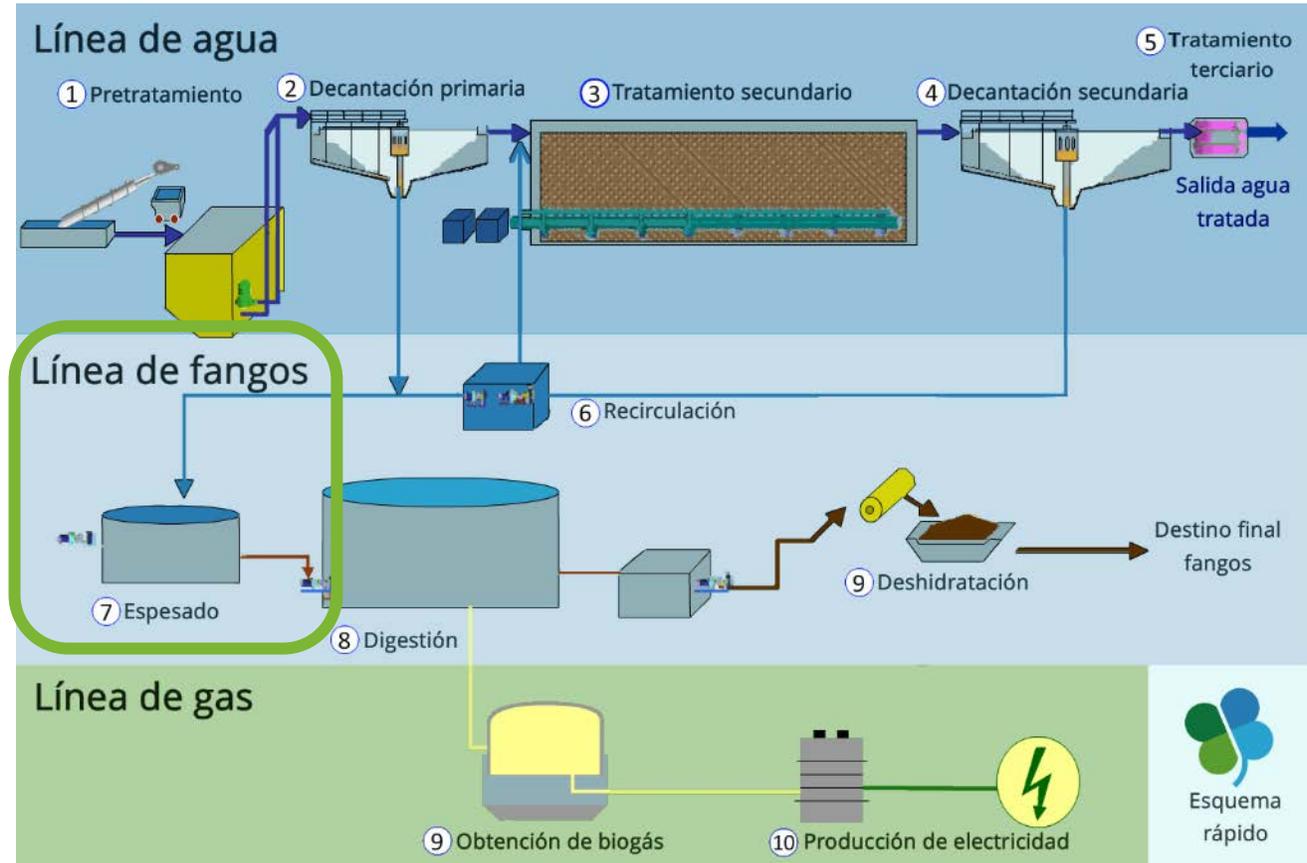




# 5. Ensayos en CSTR-codigestión

## 5.1 Co-sustratos

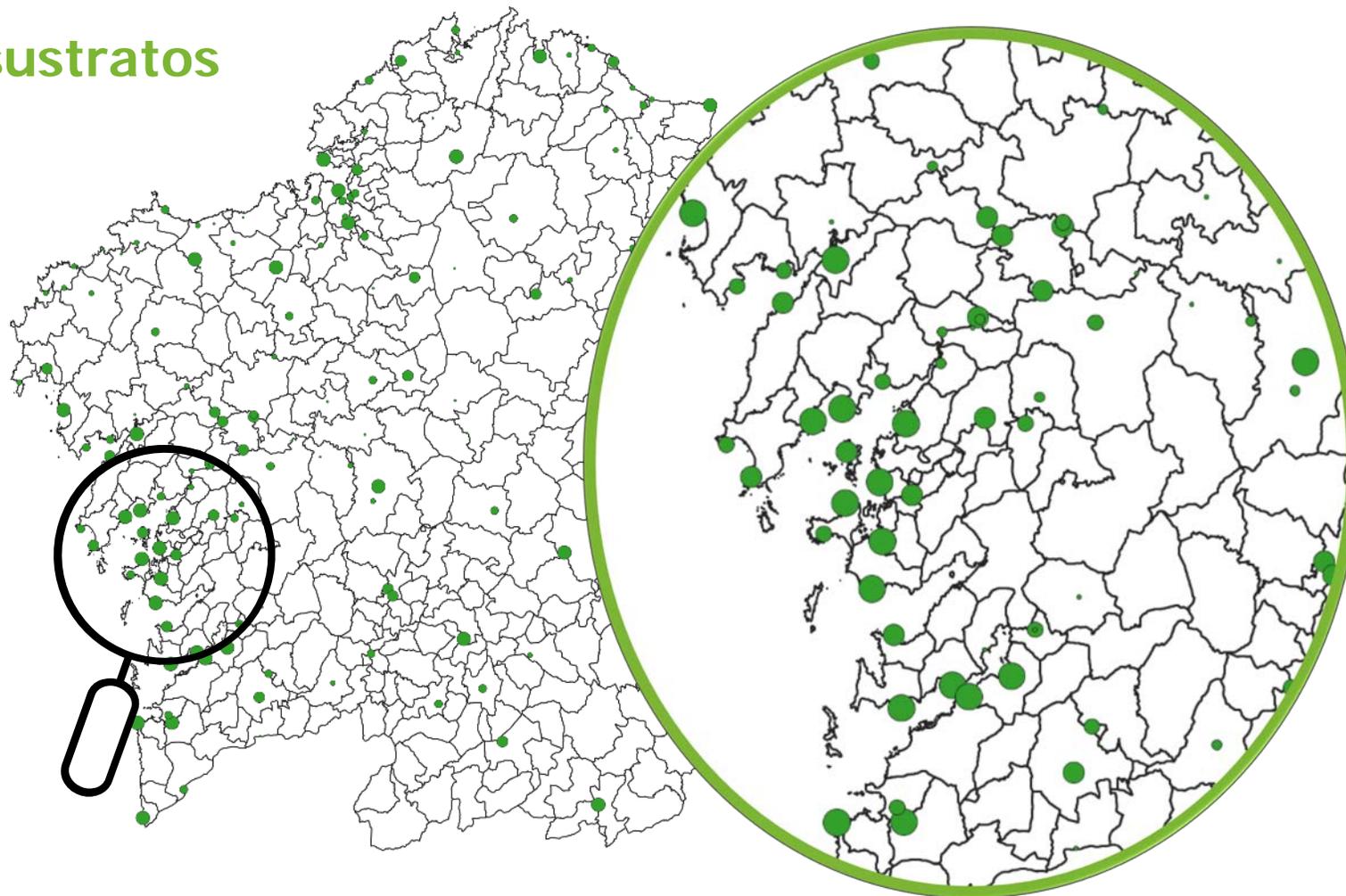
Esquema de una EDAR (A Coruña)



# 5. Ensayos en CSTR-codigestión



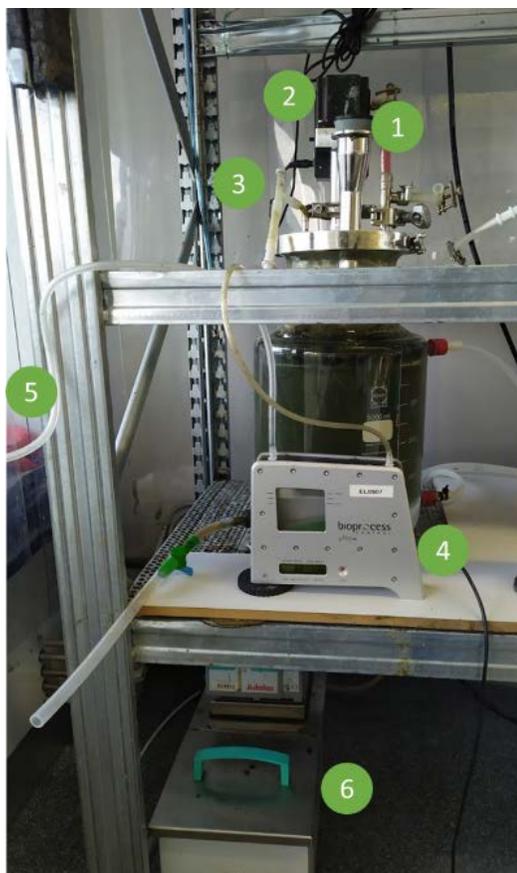
## 5.1 Co-sustratos



# 5. Ensayos en CSTR-codigestión



## 5.2 Digestor CSTR (4,3 L)



### Ulva:

ST: 10,0 – 11,5 %

SV: 6,5 – 8,5 %

C:N Ulva: 35 g/g

### Fango espesado:

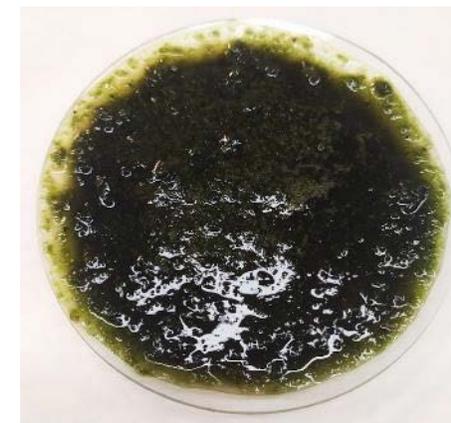
ST: 4,0 – 4,3 %

SV: 3,4 – 3,6 %

C:N fango: 6,5 g/g



Alimentación triturada  
50 % alga + 50 % fango espesado



### Operación CSTR

Concentración de sólidos: vía húmeda (ST: 4-6 % y SV: 4-5 %)

Tiempo de retención: 30 días

Alimentación: 140 - 150 g/d

Velocidad de carga: 1,5 – 2,0 kgSV/m<sup>3</sup>·d



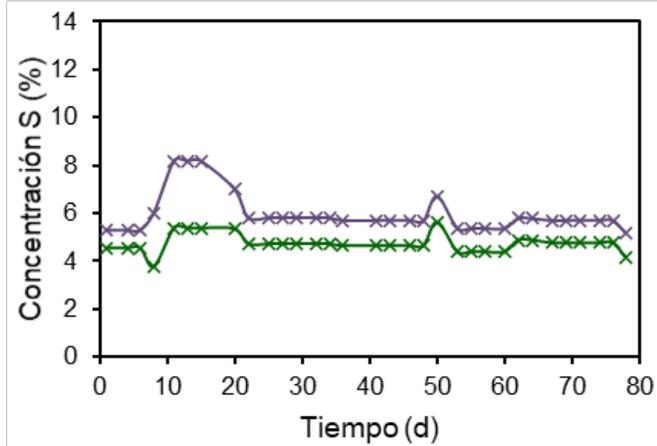
# 5. Ensayos en CSTR-codigestión

## 5.3 Resultados

Entrada

ST (x)

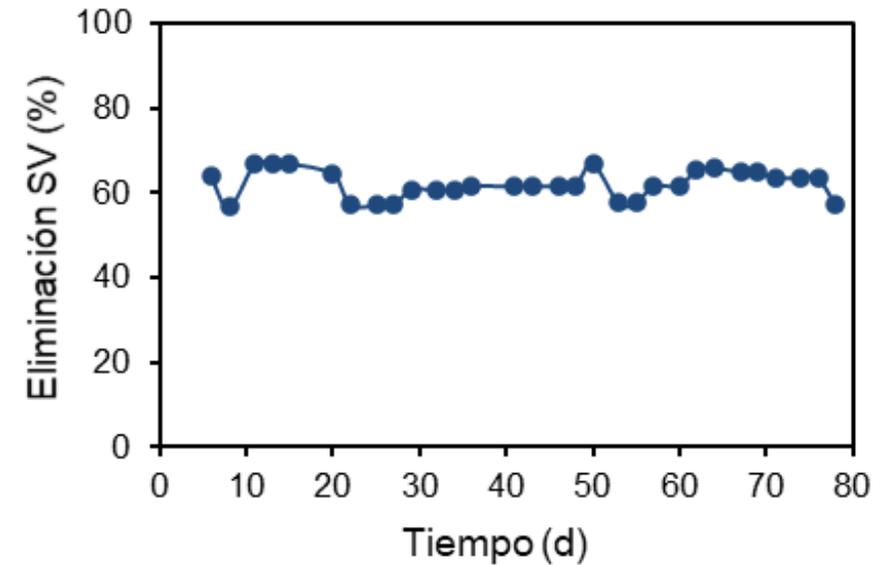
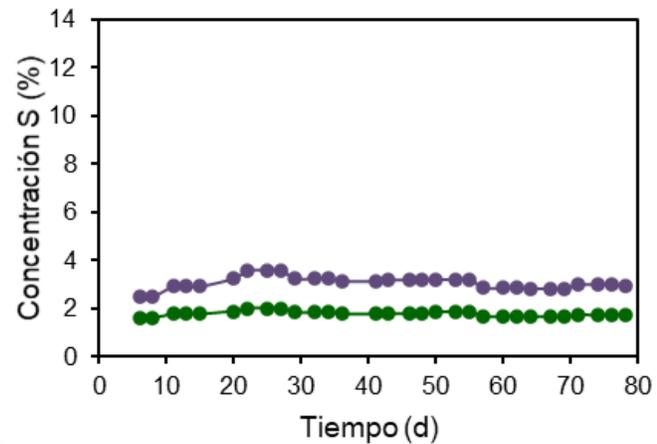
SV (x)



Salida

ST (●)

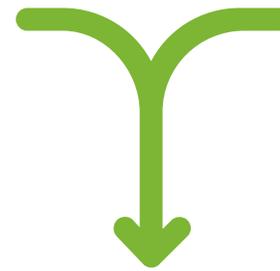
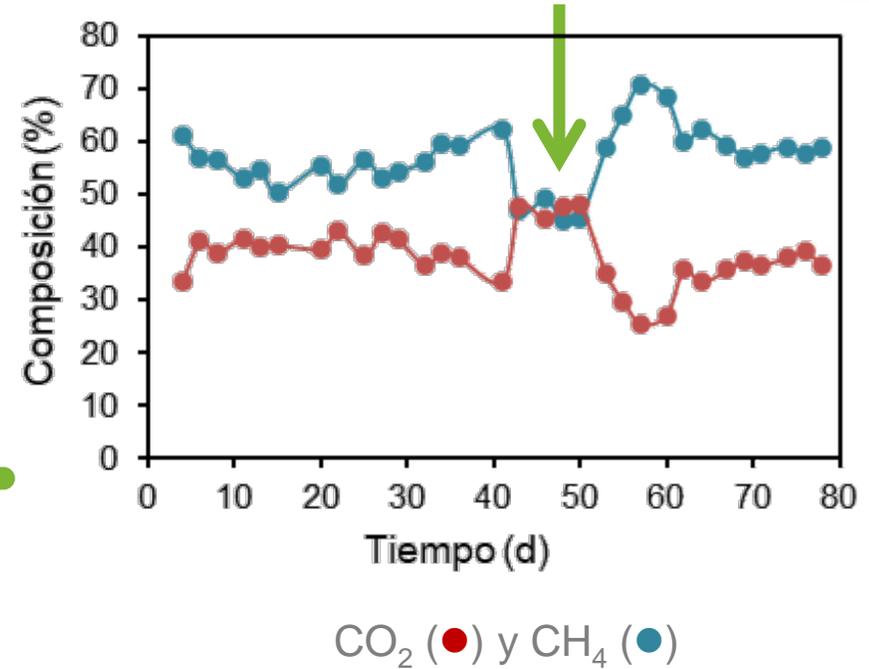
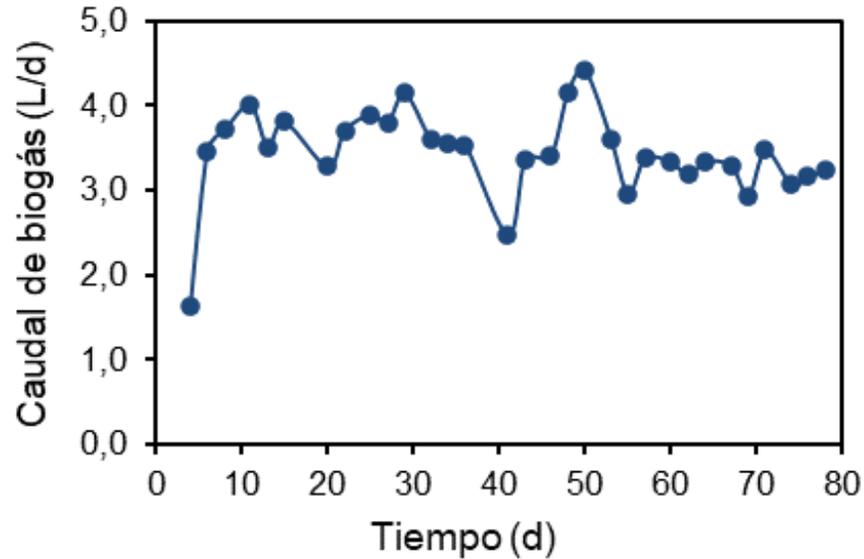
SV (●)





# 5. Ensayos en CSTR-codigestión

## 5.3 Resultados

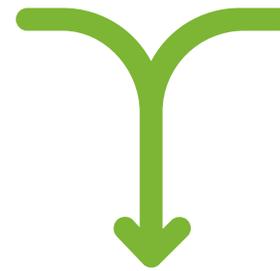
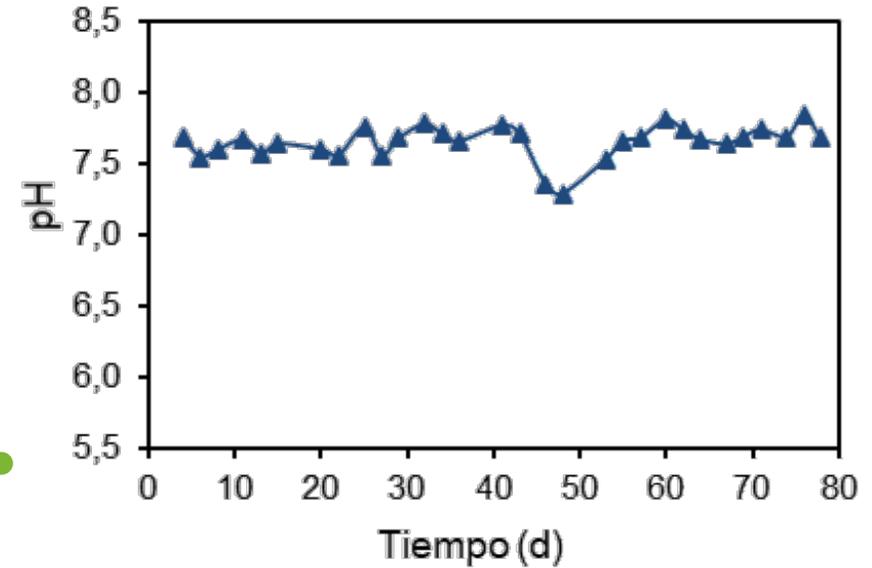
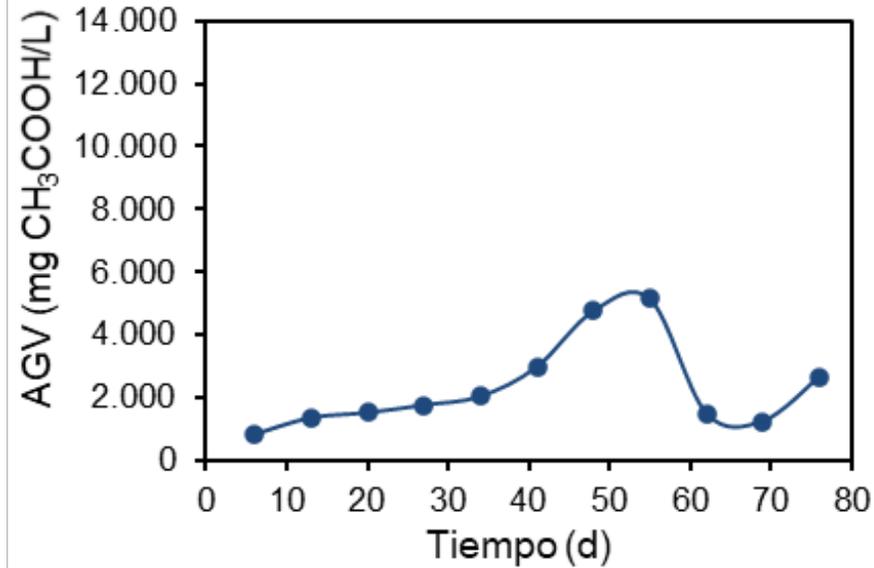


Producción de biogás en continuo: **25 m<sup>3</sup> biogás/t<sub>mezcla</sub>**  
Disminución puntual de la concentración de CH<sub>4</sub>



# 5. Ensayos en CSTR-codigestión

## 5.3 Resultados



Acumulación de AGVs puntual y sin caída del pH

Estabilidad del reactor

# ÍNDICE



1. Objetivo

2. Caracterización físico-química

3. Ensayos de potencial metanogénico

4. Ensayos en CSTR

5. Ensayos en CSTR-codigestión

6. Potencial de generación de energía

7. Conclusiones



# 6. Potencial de generación de energía

## 6.1 Valorización mediante la obtención de biogás

Codigestión

50 % alga  
húmeda

50 % fango  
espesado



Potencial:  
25 Nm<sup>3</sup> biogás/t<sub>mezcla</sub>  
141 kWh/t<sub>mezcla</sub>

Recogida de entre  
5.000 y 7.000  
toneladas de algas  
+  
fango

$E = 1.414.320$  y  $1.980.048$  kWh/año

$E = 424.296$  y  $594.014$  kWh/año

$\eta = 30\%$

Energía eléctrica



# 6. Potencial de generación de energía

## 6.2 Consumos energéticos

### Datos de consumo: Cofradía de Redondela



# 6. Potencial de generación de energía



## 6.3 Aprovechamiento

### Gestión individual vs Gestión centralizada

Coste por transporte de residuos

Inversión inicial

Necesidad de personal propio cualificado

Permite la implantación de un centro de gestión integrada de residuos

Aprovechamiento eléctrico

Permite control de operación especial

Planta de fácil explotación



# ÍNDICE



1. Objetivo
2. Caracterización físico-química
3. Ensayos de potencial metanogénico
4. Ensayos en CSTR
5. Ensayos en CSTR-codigestión
6. Potencial de generación de energía
7. Conclusiones

# 7. Conclusiones



- Las **características físico-químicas** de las diferentes algas recogidas varían entre especies.
- El contenido de inertes es **variable**, y se ven afectadas por el modo de recogida (lavado).
- El **potencial de producción de biogás** es **diferente** según la especie de alga: 30,8 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t para *Gracilaria* y 16,3 Nm<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/t para *Fucus*.
- Añadir un **15 % de descartes de pescado** a *Ulva lactuca* **incrementa** el potencial de producción de biogás.
- La digestión anaerobia en CSTR con mono-sustrato presentó problemas operacionales.
  - ✗ Las limitaciones pueden ser debidas a una baja relación C:N.



# 7. Conclusiones



- La co-digestión con fangos espesados de EDAR ha permitido mantener la estabilidad del sistema.
  - ✓ Trabajando con una VCS de  $1,5 - 2 \text{ kgSV/m}^3 \cdot \text{d}$  se pueden obtener  $25 \text{ Nm}^3_{\text{biogas}}/\text{t}_{\text{mezcla}}$ .
- El **potencial de energía generado** podría cubrir el **100% de la demanda en las lonjas y cofradías estudiadas**, si bien es cierto que habría que evaluar la casuística de cada caso particular para establecer un balance neto.
- **Todo aprovechamiento posible de las algas depende de su recogida**





# Gracias por su atención

Mónica Figueroa Leiro  
monica.figueroa@energylab.es

[www.valoralgae.es/](http://www.valoralgae.es/)



VICEPRESIDENCIA  
TERCERA DEL GOBIERNO  
MINISTERIO  
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA  
Y EL RETO DEMOGRÁFICO



Fundación Biodiversidad



Unión Europea

Fondo Europeo Marítimo y  
de Pesca (FEMP)

