

SEMINARIO TÉCNICO TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES (RED META)

Oviedo, 4 y 5 de Julio de 2019

**Depuración de las aguas de lavado de aceite de oliva
mediante un reactor anaerobio de tipo híbrido**

***Rafael Borja
Instituto de la Grasa (CSIC)***



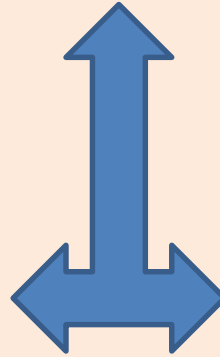
**MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES**



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

INTRODUCCIÓN

El proceso de elaboración de aceite de oliva por **centrifugación en dos fases** genera dos efluentes líquidos:



Aguas de lavado de aceitunas
(0,05 L/kg aceituna)

Aguas de lavado de aceite
(0,15 L/kg aceituna)

En comparación con el proceso de elaboración por centrifugación en tres fases, **el de dos fases genera un volumen mucho menor de efluentes líquidos** (0,25 L/kg frente a 1,25 L/kg) **con una menor carga contaminante** (15-25 g DQO/L frente a 60-70 g DQO/L).



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



CSIC
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Esto hace **más viable el aprovechamiento y depuración** de estas nuevas aguas residuales (menor cantidad y poder contaminante).

En la actualidad el sistema de elaboración en dos fases se encuentra **implantado en más del 90% de lasalmazaras españolas.**

Ventaja: se reduce considerablemente el consumo de agua.

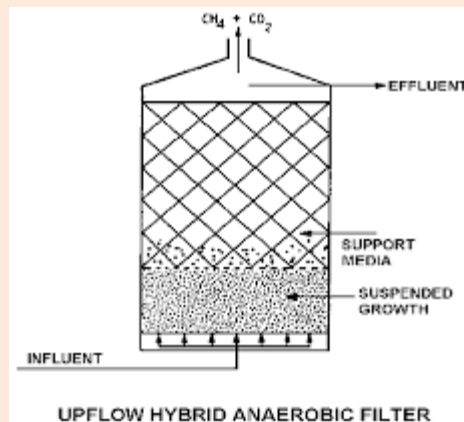


ORUJO HUMEDO O ALPERUJO:

* **Problemas** de transporte (fluidez), de secado (mayor humedad, alto contenido en azúcares) y de extracción.



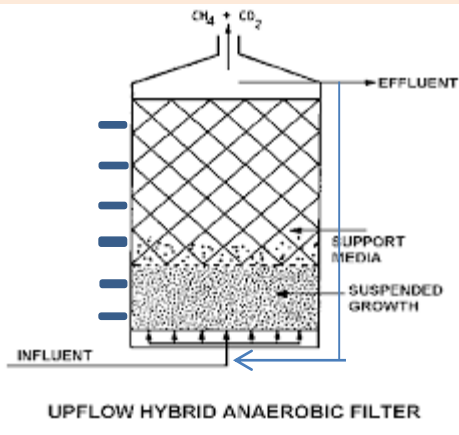
Estudiar el proceso de **digestión anaerobia** de las **aguas de lavado de aceite de oliva** resultantes del proceso de elaboración en dos fases mediante un **reactor de tipo híbrido** (combinación de filtro o lecho fijo y lecho expandido de lodos o UASB)



REACTOR ANAEROBIO HÍBRIDO

* Volumen: 2 L.

* Las 2/3 partes superiores del reactor contienen anillos de arcilla de 2-5 mm de diámetro como material soporte (**filtro anaerobio**).



6 toma-muestras laterales (2 en el UASB, 4 en el filtro).

Medida del biogás: gasómetros.

Relación de recirculación: 4:1.

* **Características del soporte:** porosidad, 63%; superficie específica: 250 m²/g; densidad aparente: 0,9 g/mL; capacidad de intercambio iónico: 125-140 meq/100 g.

* La tercera parte inferior se compone de un lecho de granulos (**UASB**).

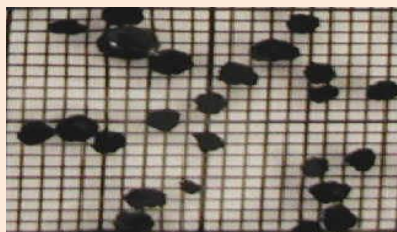


Tabla 1. Características de las aguas de lavado de aceite utilizadas

Parámetro	Concentración (g/L)
pH	5,3
DQO	8,0
BOD ₅	5,0
Sólidos totales (ST)	5,9
Sólidos minerales (SM)	0,8
Sólidos volátiles (SV)	5,1
Sólidos en suspensión totales (SST)	2,3
Sólidos en suspensión minerales (SSM)	0,4
Sólidos en suspensión volátiles (SSV)	1,9
Acidez volátil (ac. acético)	0,44
Alcalinidad (CaCO ₃)	0,87
Nitrógeno (NH ₄ ⁺)	0,01
Fósforo (PO ₄ ³⁻)	0,004



ARRANQUE DEL REACTOR Y CONDICIONES OPERACIONALES

Parámetro	Start-up (días)	Período de operación 1 (días)	Período de operación 2 (días)	Período de operación 3 (días)
Período (d) Alimentación	0-10	11-38 (dilución 1)	39-45 (dilución 2)	46-66 (dilución 3)
DQO (g/L)	2,05	2,50	1,03	6,0-8,0
VCO (kg DQO/m ³ d)	1,4	2,6-7,1	5,2	5,9-17,8
TRH (d)	1,45	0,95-0,35	0,2	1,02-0,45

VCO: velocidad de carga orgánica; TRH: tiempo de retención hidráulico

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL



www.fgpi.info

El funcionamiento del reactor se evaluó mediante la medida diaria de la **DQO** en el efluente y de la **producción y composición del biogás**.

pH, acidez volátil y alcalinidad se determinaron 3-4 veces por semana.

Análisis Químicos

4

Todos los análisis se realizaron de acuerdo con los **Métodos Standard de la APHA**.

El contenido en **metano** se determinó por **cromatografía gaseosa** (columna de acero inoxidable con carbon activo) utilizando un detector de conductividad térmica.

Los **ácidos grasos volátiles** se determinaron por **cromatografía gaseosa** (columna de vidrio con Supelcopor) utilizando un detector de ionización de llama.





START-UP DEL REACTOR:

- * Inóculo: lodo granular de un reactor UASB a escala de laboratorio a 35 °C. IVL: 24 mL/g SST. SSV/SST: 0,80. Actividad metanogénica: 0,19 g DQO-CH₄/(g SSV d).
- * Concentración inicial de biomasa: 15 g SSV/L.
- * 10 primeros días; DQO alimentación: 2,05 g/L; VCO: 1,4 kg DQO/(m³d).
- * Sólo durante el arranque se añade P y N (K₂HPO₄ y urea) para mantener una relación DQO:N:P de 350:7:1.
- * Eficiencia de eliminación de DQO: algo superior al 50%.

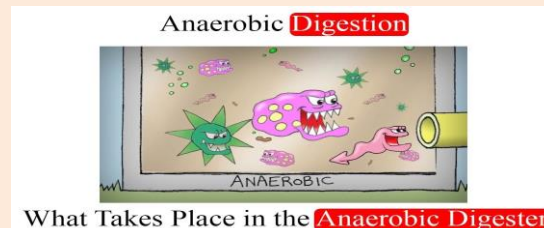


Tabla 2. Características de los efluentes del reactor anaerobio operando con distintas condiciones operacionales.

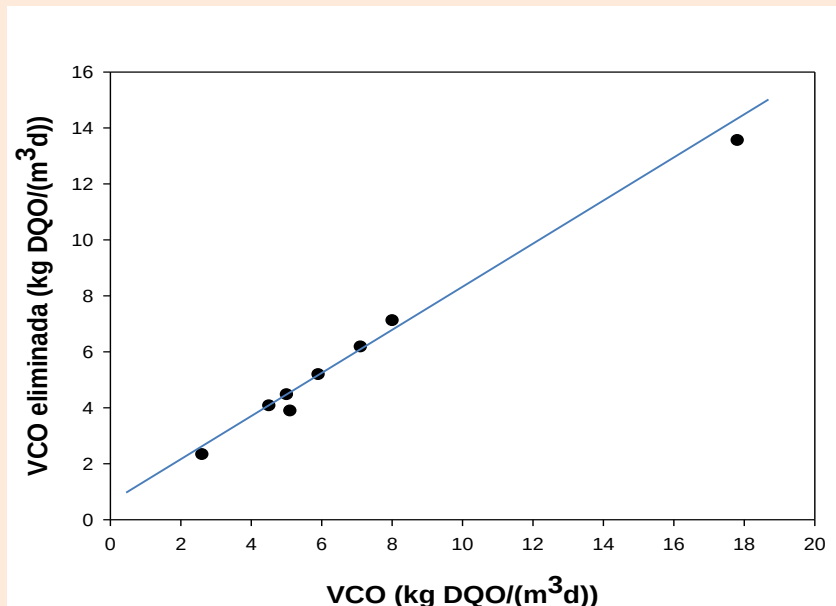
Time (d)	TRH (d)	DQO Alimen. (g/L)	VCO kgDQO/m ³ d	pH	Alcalin. gCaCO ₃ /L	DQO Efluente (g/L)	Biogas (L/d)	Efficien. Elimin. DQO (%)
1-10	1,45	2,05	1,4	7,5	1,40	0,95	0,60	54,0
11-17	0,95	2,50	2,6	7,3	1,95	0,25	1,83	90,0
18-24	0,55	2,50	4,5	7,7	1,85	0,23	2,78	90,8
25-31	0,50	2,50	5,0	7,9	2,03	0,26	3,05	89,6
32-38	0,35	2,50	7,1	7,6	2,05	0,32	5,85	87,2
39-45	0,20	1,03	5,1	7,9	2,43	0,25	2,50	75,7
46-52	1,02	6,00	5,9	7,8	2,55	0,70	4,37	88,2
53-59	0,75	6,00	8,0	7,9	1,95	0,65	6,88	89,1
60-66	0,45	8,00	17,8	8,0	1,90	1,90	----	76,2



EFICIENCIAS DE ELIMINACIÓN DE DQO

- 32 días, VCO: 7,1 kg DQO/m³d, el % de eliminación de DQO: 87% (**dilución 1, DQO: 2,5 g/L**).
- 39-45 días, VCO: 5,1 kg DQO/m³d, el % de DQO eliminado: 75,7% (**dilución 2, DQO: 1,03 g/L**).
- 46-59 días, VCOs: 5,9-8,0 kg DQO/m³d, el % de DQO eliminado: 88,2-89,1% (**dilución 3, DQO: 6,0 g/L**).

La relación entre la **VCO alimentada y la eliminada: LINEAL** (pendiente: 0,74; R²: 0,998). **IDONEIDAD** del proceso de digestión anaerobia para la depuración de estas aguas residuales.

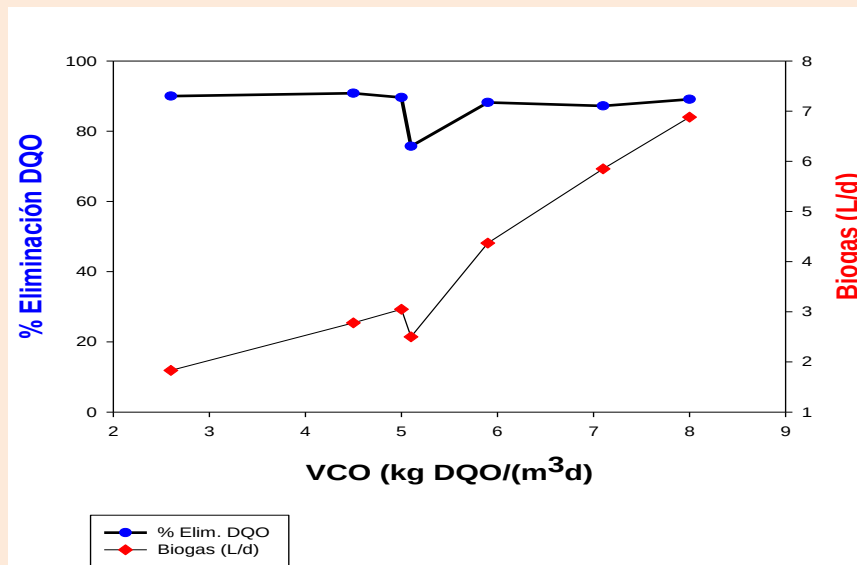


Para una **VCO muy alta (shock) de 17,8 kg DQO/m³d (60-66 días)**, utilizando agua de lavado no diluida (DQO: 8 g/L), **el % de eliminación de DQO: 76,2%.**

El porcentaje de eliminación de DQO fue prácticamente constante con la VCO, variando solo entre 88,2-90,8%.

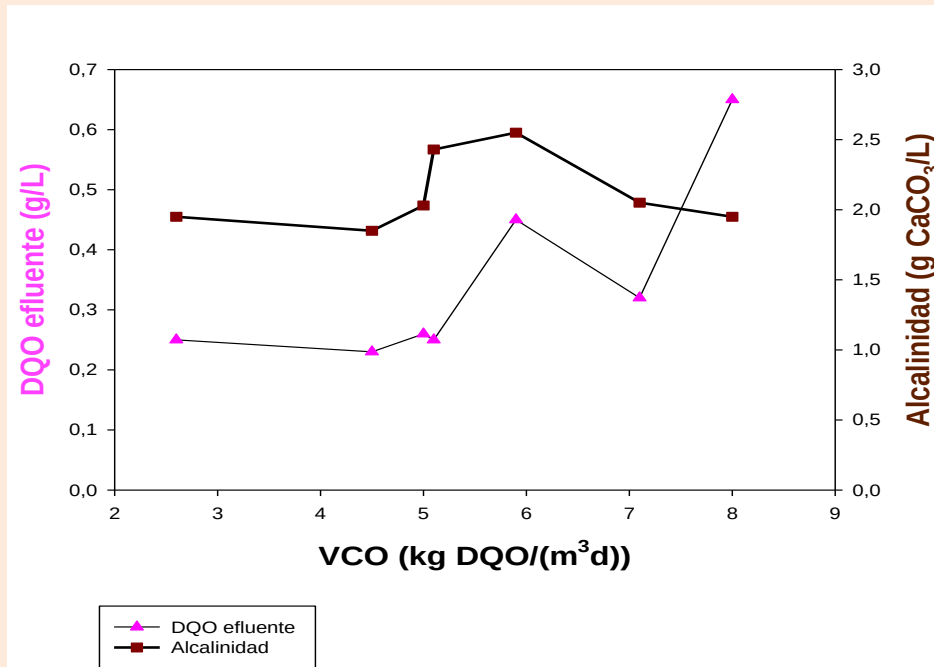
Disminuye hasta un 75,7% cuando la DQO del alimento baja hasta 1,03 g/L (dilución 2), VCO: 5,1 kg DQO/m³d.

El caudal de biogas generado varía de forma casi lineal con la VCO, disminuyendo solo cuando la DQO del alimento baja hasta 1,03 g/L (dilución 2).



ALCALINIDAD

La alcalinidad en el reactor $> 1,9 \text{ g CaCO}_3/\text{L}$, mostrando solo una pequeña disminución ($2,55\text{-}2,03 \text{ g CaCO}_3/\text{L}$) cuando la VCO aumenta de $5,9$ a $7,1 \text{ kg DQO}/\text{m}^3\text{d}$.



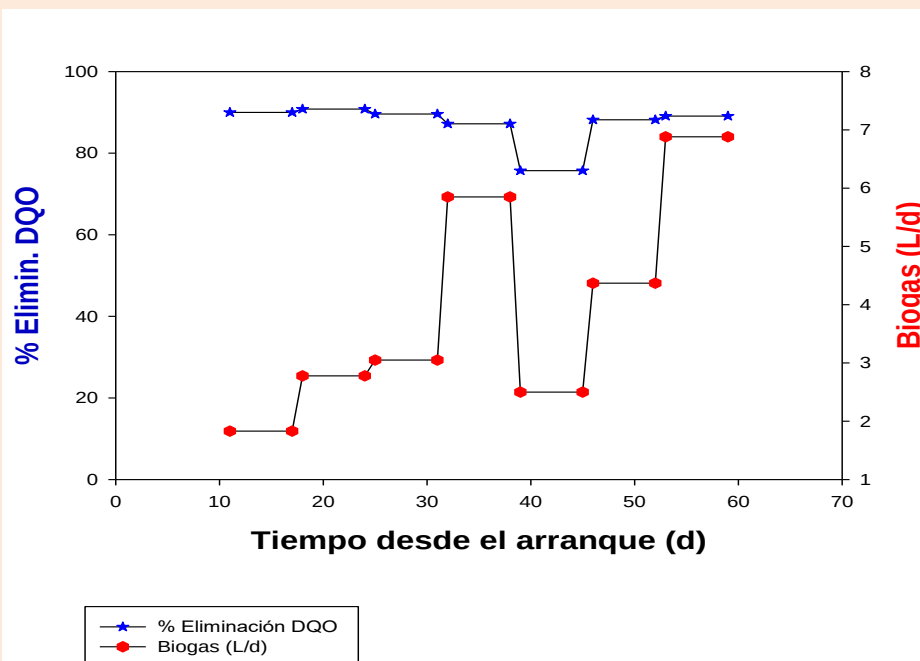
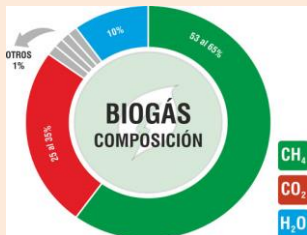
PRODUCCIÓN DE BIOGÁS

Fuerte dependencia del caudal de biogas generado con la VCO:

- * Aumento progresivo en la producción de biogas al aumentar la VCO hasta el día 38.
- * Disminución entre los días 39 y 45 cuando se alimenta el substrato más diluido (DQO: 1,03 g/L).
- * Observándose de nuevo un aumento progresivo a partir del día 46.

La máxima producción de biogás (6,9 L/d) se obtiene para una VCO de 8 kg DQO/m³d (DQO: 6 g/L (dilución 3); período: 53-59 días).

El porcentaje de metano en el biogás varió entre 69-75%.

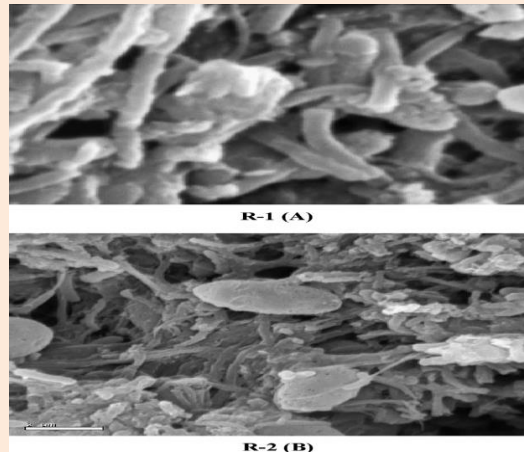


BIOMASA

Al final del estudio se observó una **concentración de biomasa de 20 g SSV/L en la primera toma-muestras correspondiente al lecho de lodos.**

Se observó una elevada actividad metanogénica de la biomasa para las distintas VCOs estudiadas.

No se observaron problemas de bulking (sedimentación) para ninguna de las VCOs ensayadas.



Fotografías (SEM) del soporte colonizado tras el estudio realizado.



Conclusiones

- * El **reactor anaerobio de tipo híbrido** (combinación de un UASB y un filtro anaerobio) resulta **altamente eficiente** para el tratamiento de aguas de lavado de aceite de oliva virgen.
- * Esta configuración de reactor **permite simultáneamente obtener energía en forma de biogás y eliminar la carga contaminante** de estos efluentes.
- * Se obtuvieron **porcentajes de eliminación de DQO superiores al 89%**, operando con una **VCO de 8 kg DQO/m³d** (DQO del alimento: 6 g/L) correspondiente a un **TRH de 18 h**.
- * No se observaron problemas de bulking de lodos en el reactor.

**MUCHAS GRACIAS POR
SU ATENCION!!!!**



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



CSIC

CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS