



Digestión anaerobia de lodos después de haber extraído sus lípidos con hexano

A. C. Restrepo-Montoya, M.P.
Caporgno, C. Bengoa

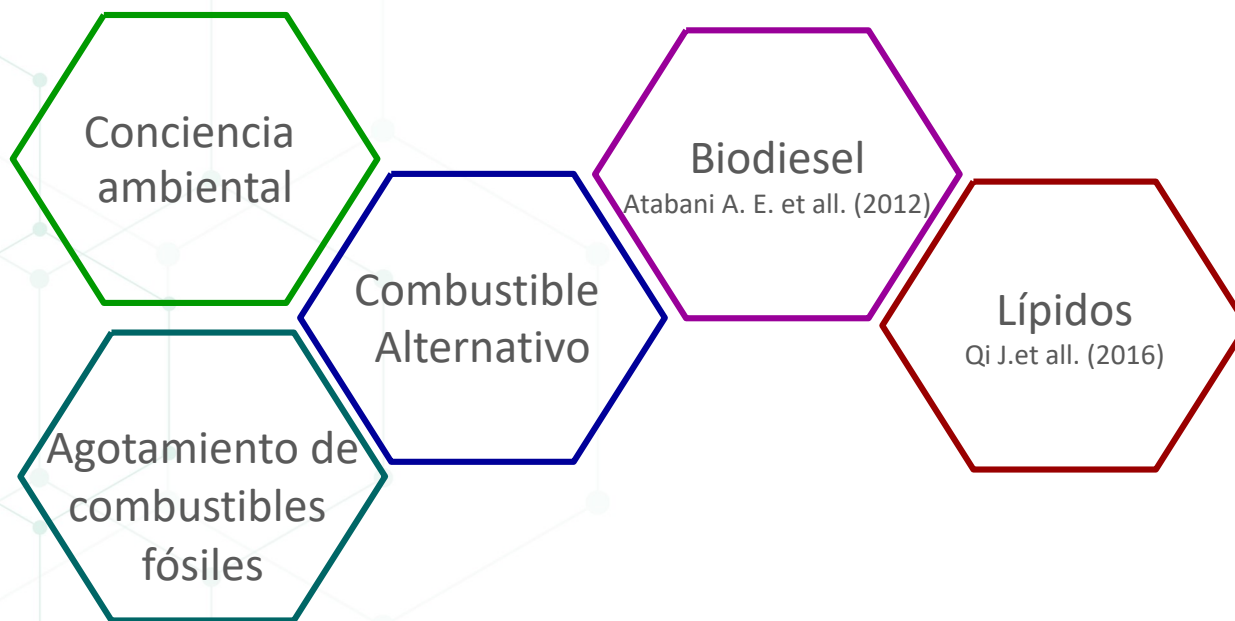


Universitat Rovira i Virgili



UNIVERSITAT ROVIRA i VIRGILI





Fuentes de lípidos

Alimentos




Grasas animales

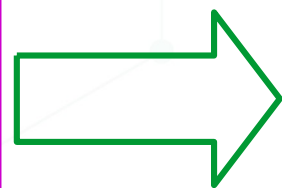
Girasol




Coco

Canola

Puro
(70%-80% precio final del biodiesel)



Alternativos




Aceite usado

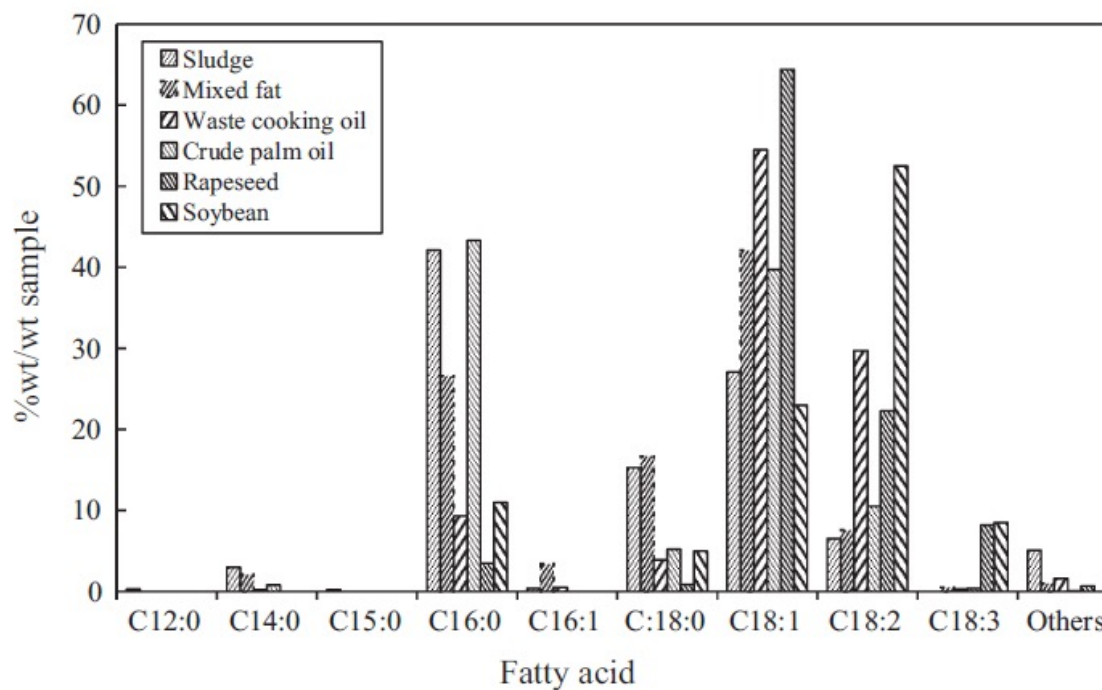
Microalgas/
bacterias



Agua residual

Sin costo/ bajo precio

Aguas residuales como fuentes de lípidos



Olkiewicz et al (2016)

Aguas residuales como fuentes de lípidos

Obtención de lípidos a partir de aguas residuales

Evaporación

Transesterificación

Alta demanda de energía
(50% del precio final)
Dianursanti P. et al. (2015)

Extracción líquido- líquido

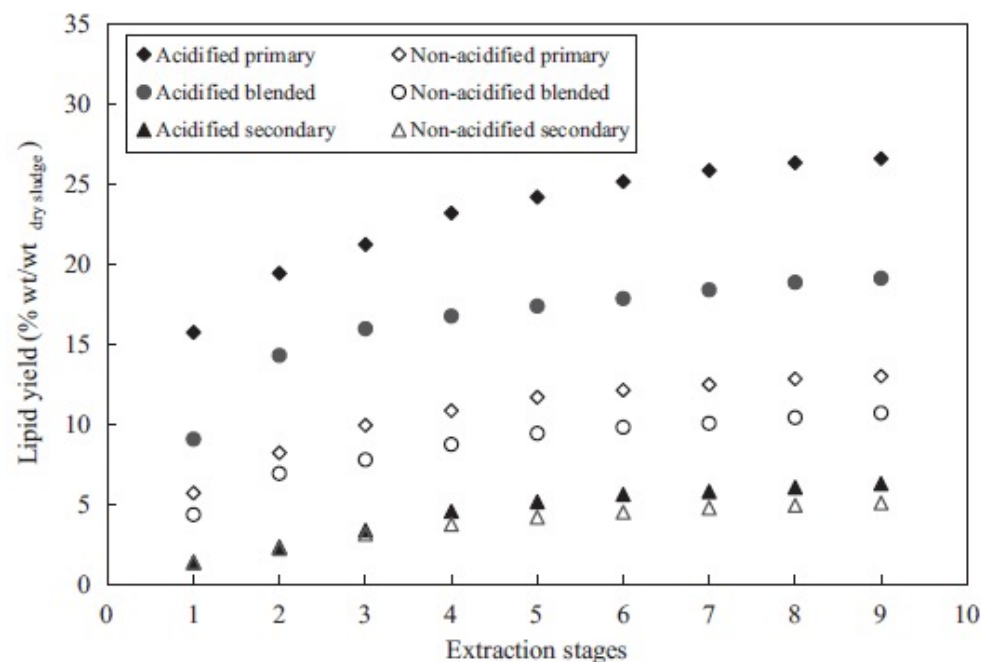
Transesterificación Co-solvente

Mayor viabilidad energética
Olkiewicz et al (2016)

Pentano
Dietil éter
Metanol
Hexano

→ Rendimiento biodiesel
Olkiewicz et al (2016)
→ Solubilidad de lípidos en alcohol

Lípidos extraídos en lodos primarios y secundarios

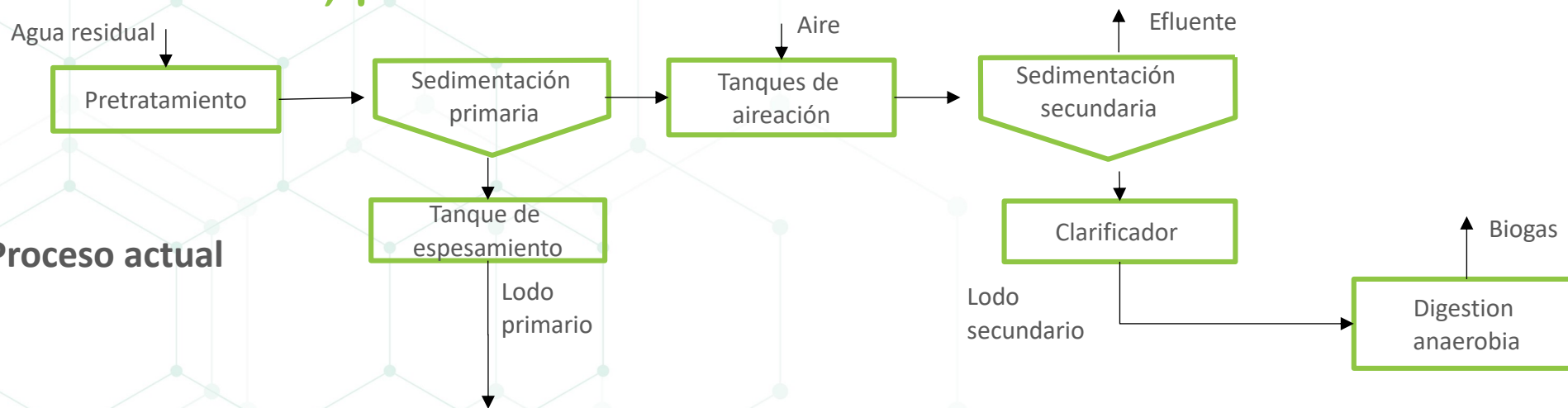


Olkiewicz et all (2016)

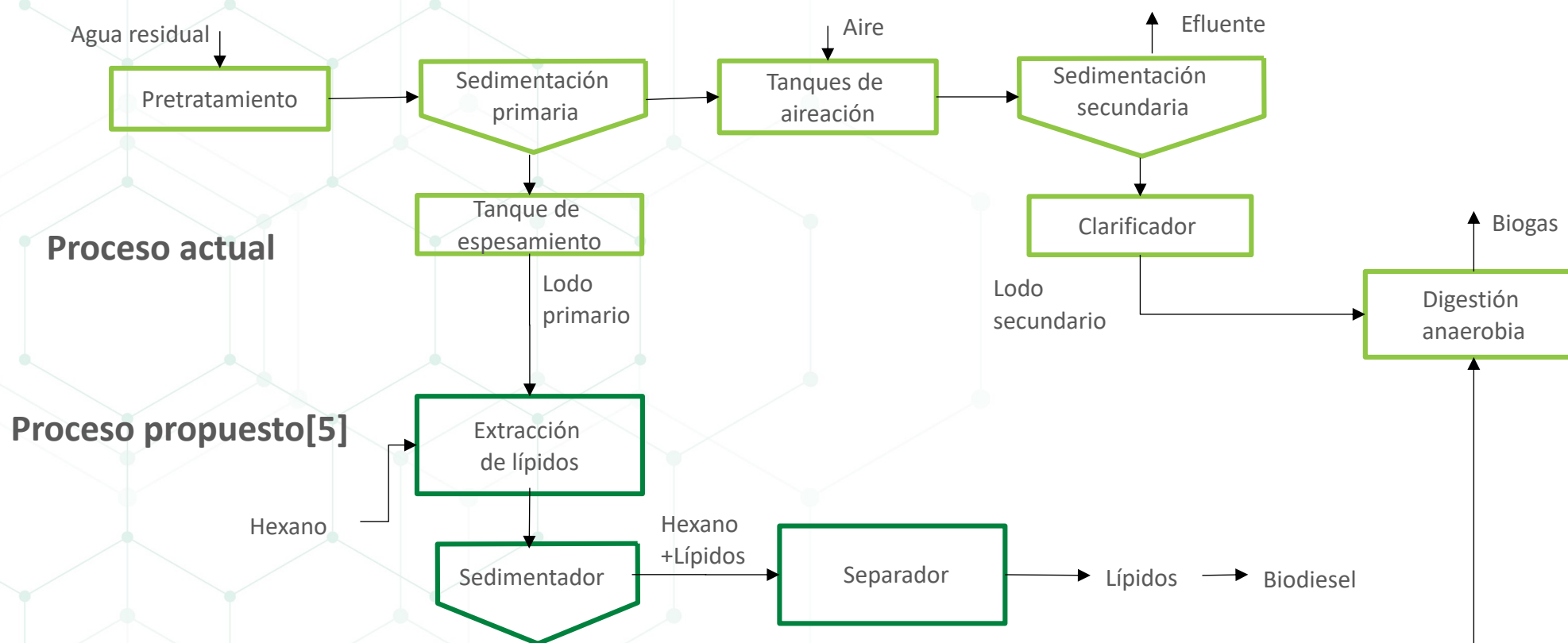
Proceso tratamiento aguas residuales Reus

(25.000 m³/día) para 200.000 habitantes

Proceso actual

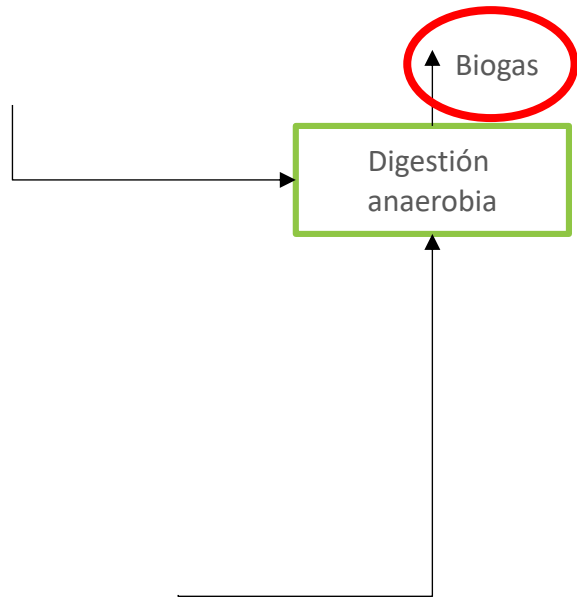
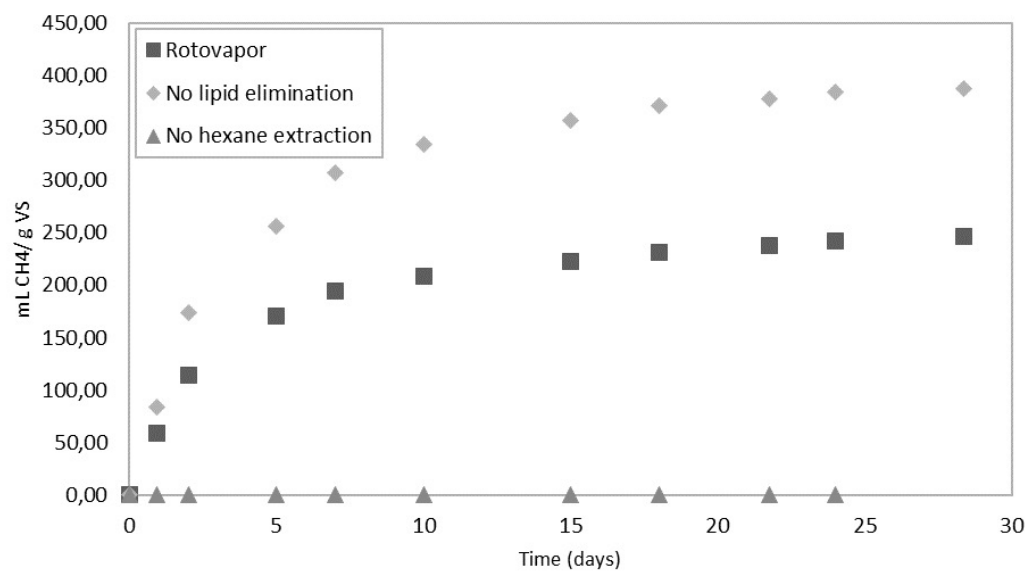


Propuesta de modificación del proceso



Problema

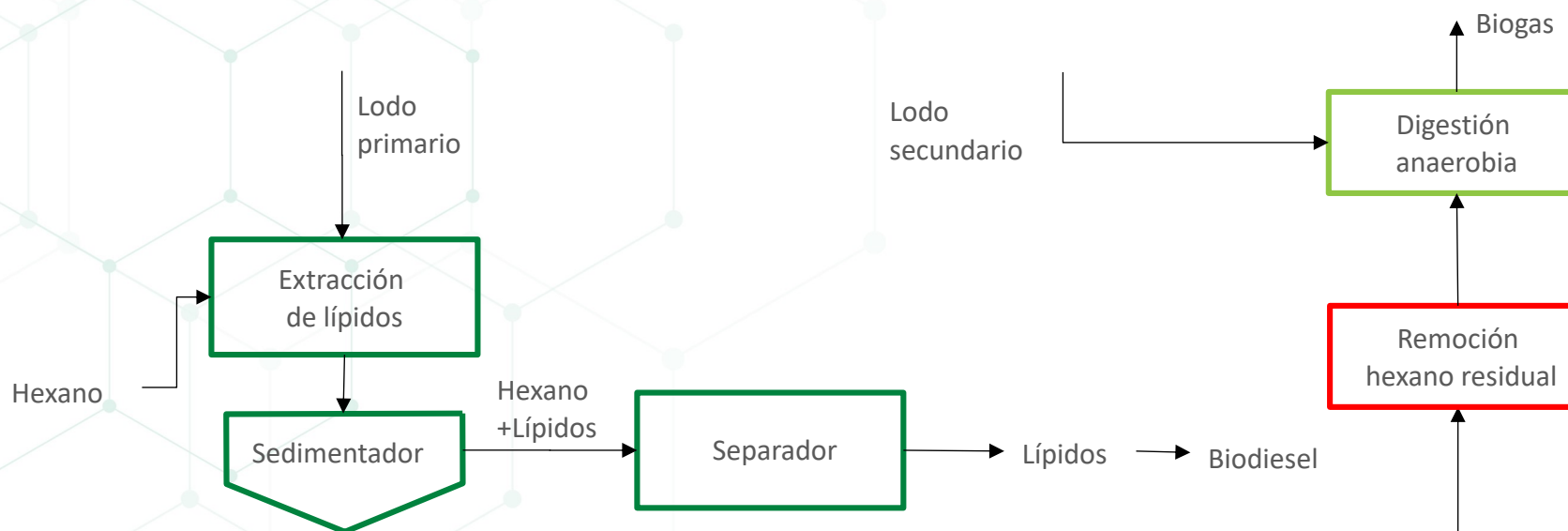
Baja producción de biogas!
 El hexano afecta las bacterias?
 Es posible remover trazas de hexano?



Objetivo

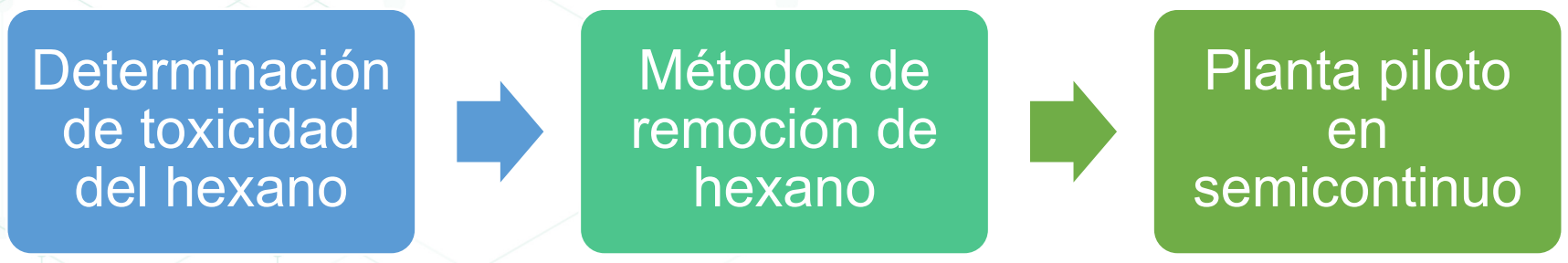
Aumentar producción de biogás mejorando la remoción de hexano

Hipótesis: el hexano afecta las bacterias que producen biogás



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano		Planta piloto

Metodología



Introducción

Problema

Objetivo

Resultados

Conclusiones

Toxicidad del hexano

Remoción de hexano

Planta piloto

Metodología

- **Inóculo:** 60 ml
- **Sustrato:** Lodo primario remanente, luego de la extracción de lípidos con hexano.
- **Almacenamiento:** 30 días a 33°C

Cuantificación de producción de biogás

Desplazamiento de volumen y concentración



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano		Planta piloto

Metodología

Lodo primario remanente, luego de la extracción de lípidos con hexano

Roto evaporación

2200 ppm hexano

415 ppm hexano al alimentar digestor

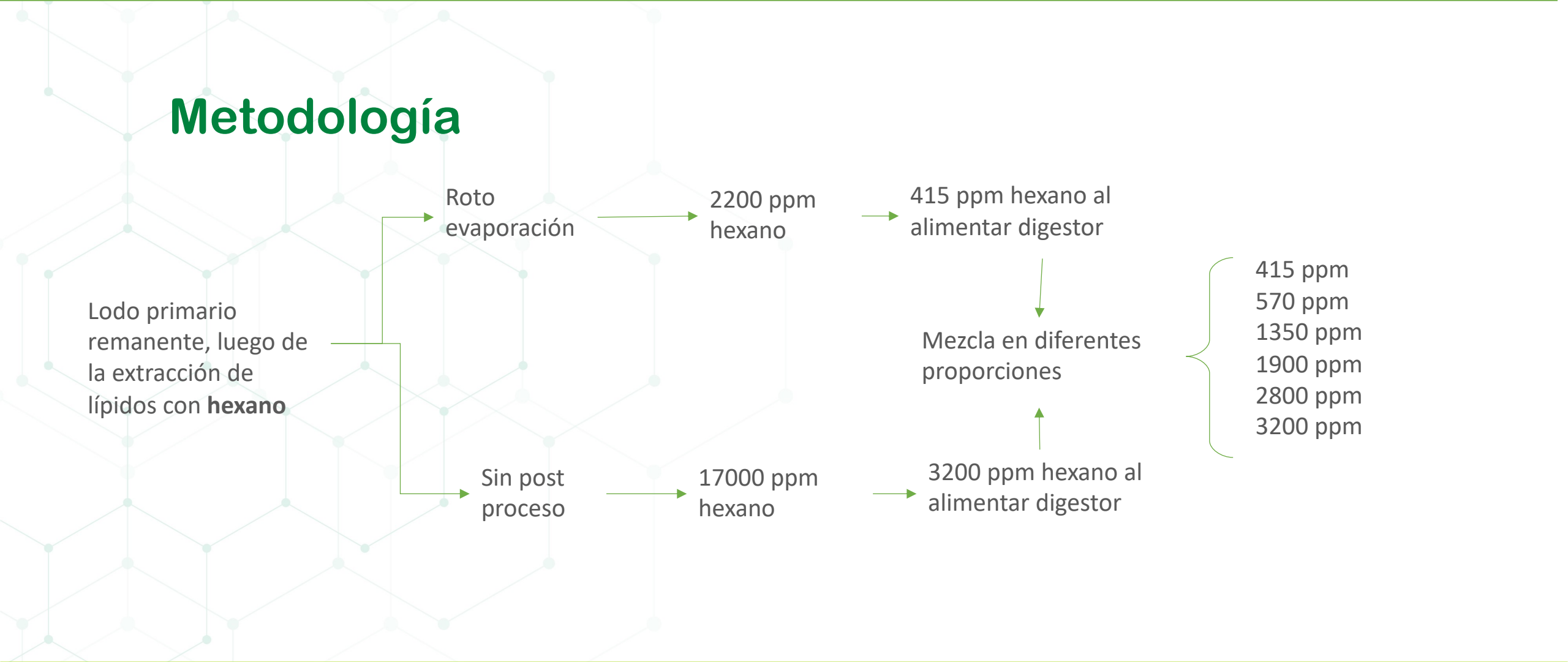
Mezcla en diferentes proporciones

- 415 ppm
- 570 ppm
- 1350 ppm
- 1900 ppm
- 2800 ppm
- 3200 ppm

Sin post proceso

17000 ppm hexano

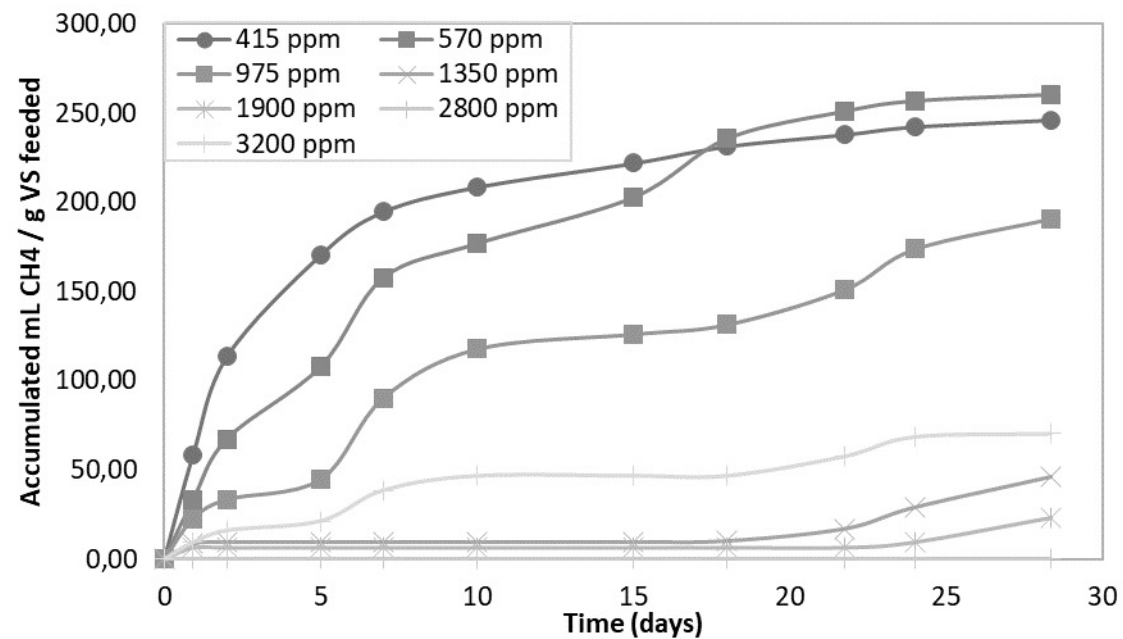
3200 ppm hexano al alimentar digestor



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

- Producción acumulada de metano de digestión en batch de mezclas en diferentes proporciones de lodos. 33°C, 28 Días.
- Con 1350 ppm de hexano la producción de metano es el 18% de la producción cuando hay 415 ppm.



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

Contenido de hexano [ppm]	Producción de metano [mLCH4/gVS]	Perdida de masa orgánica		VFA [mmol/L]
		VS %	COD %	
415	246	23.9	44.3	Despreciable
570	260	26.5	67.6	Despreciable
975	190	21	53.5	2.7
1350	46	18.9	23.8	15.3
1900	23	11.1	13.3	11.0
2800	0	6.7	8.9	9.9
3200	0	8.3	0.8	10.4

VFA: Volatile Fatty Acids.

6.7 mmol VFA/ L = inhibición
Appels et al (2008)

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

Contenido de hexano [ppm]	Producción de metano [mLCH4/gVS]	Perdida de masa orgánica		VFA [mmol/L]
		VS %	COD %	
415	246	23.9	44.3	Despreciable
570	260	26.5	67.6	Despreciable
975	190	21	53.5	2.7
1350	46	18.9	23.8	15.3
1900	23	11.1	13.3	11.0
2800	0	6.7	8.9	9.9
3200	0	8.3	0.8	10.4

VFA: Volatile Fatty Acids.

El hexano podría ser un sustrato

Stams A. J. M. et all (2009)



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

Contenido de hexano [ppm]	Producción de metano [mLCH4/gVS]	Perdida de masa orgánica		VFA [mmol/L]
		VS %	COD %	
415	246	23.9	44.3	Despreciable
570	260	26.5	67.6	Despreciable
975	190	21	53.5	2.7
1350	46	18.9	23.8	15.3
1900	23	11.1	13.3	11.0
2800	0	6.7	8.9	9.9
3200	0	8.3	0.8	10.4

VFA: Volatile Fatty Acids.

Solubilidad del hexano en agua a 33°C : 20 ppm

Chapoy A. et all. (2008)

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remocion de hexano	Planta piloto	

Resultados

Contenido de hexano [ppm]	Producción de metano [mLCH4/gVS]	Pérdida de masa orgánica		VFA [mmol/L]
		VS %	COD %	
415	246	23.9	44.3	Despreciable
570	260	26.5	67.6	Despreciable
975	190	21	53.5	2.7
1350	46	18.9	23.8	15.3
1900	23	11.1	13.3	11.0
2800	0	6.7	8.9	9.9
3200	0	8.3	0.8	10.4

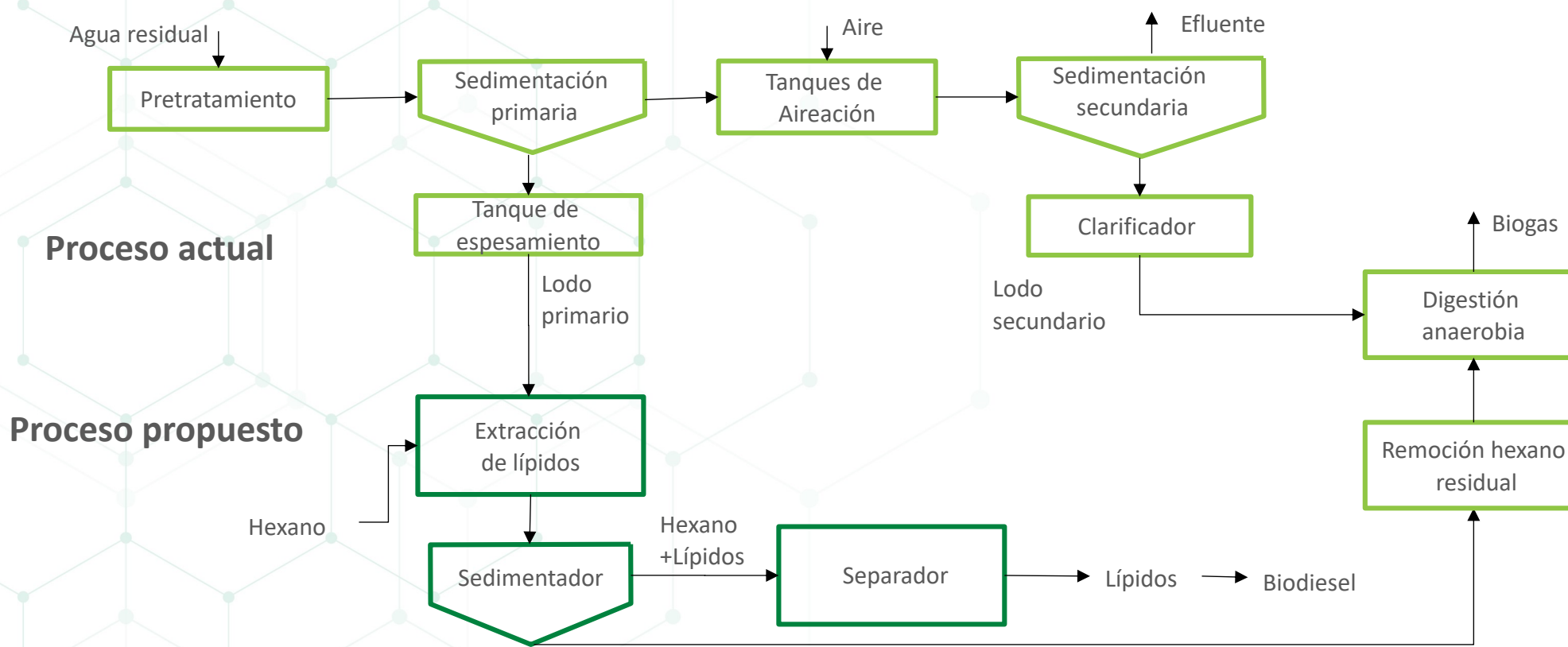
Al aumentar la concentración de hexano:

- Baja la producción de metano.
- Incrementan los ácidos grasos volátiles.
- Baja biodegradabilidad.

Justificando la necesidad de remoción de hexano.

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Unidad de separación propuesta



Introducción

Problema

Objetivo

Resultados

Conclusiones

Toxicidad del hexano

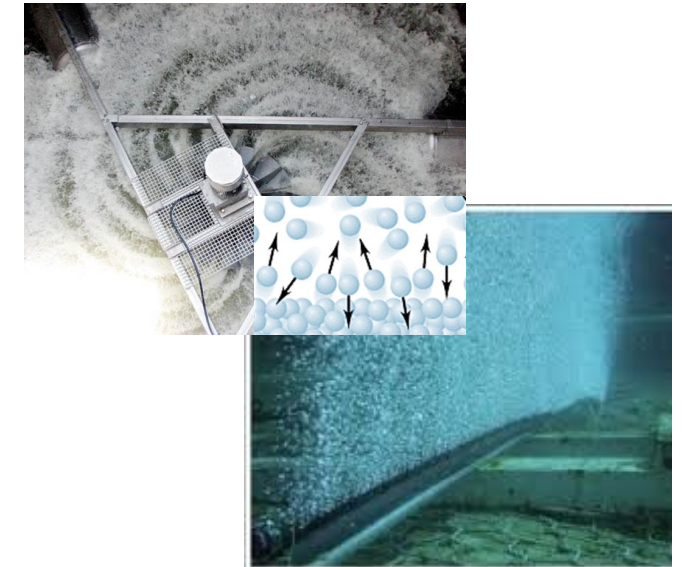
Remoción de hexano

Planta piloto

Métodos para la remoción de hexano.

- Centrifuga $\rho_w=1000 \text{ kg/m}^3$ vs $\rho_{\text{hex}}= 655 \text{ kg/m}^3$
- Calentamiento Ebullición agua= 100°C vs Ebullición hexano= 68°C (1 atm)
- Roto evaporación
- Burbujeo
- Aireación mecánica

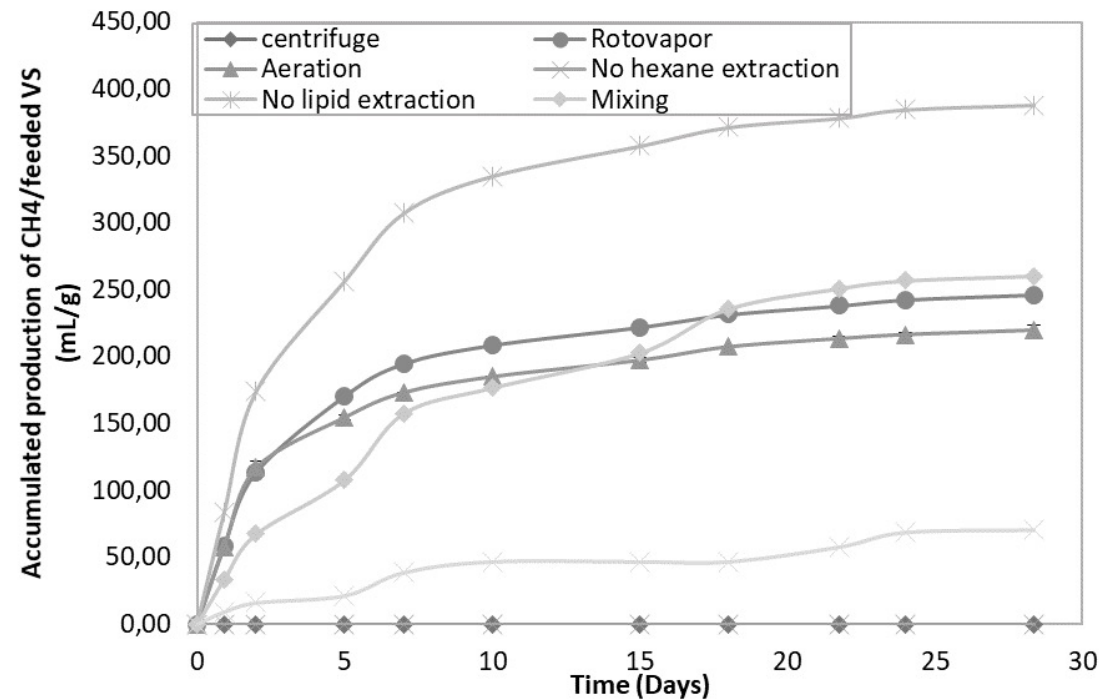
Presión de vapor-agua= 2.35 kPa vs Presión de vapor-hexano= 17 kPa (20°C)



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano		Planta piloto

Resultados

- Los lípidos representan 19,9% de la fase orgánica.
- Al extraer lípidos se espera menor producción de biogás , 1 g lípidos produce 1014 mL de metano a STP, 1g de carbohidratos y proteínas producen 500 mL de metano a STP
- Mejor proceso según producción de biogás: desorción



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

Ensayo	Contenido de hexano [ppm]	Producción final de metano [ml ch4/g VS]	Pérdida de masa orgánica	
			% Sólidos volátiles	%COD
Sin extracción de lípidos	0	388	34	51.7
Sin extracción de hexano	3200	0	8.3	0.8
Rotoevaporación	415	246	23.9	23.9
Burbujeo	573	219	20.8	20.8
Aireación mecánica	566	260	26.5	26.5
Calentamiento	619	70	16.4	16.4

Alto costo

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano		Planta piloto

Resultados

Ensayo	Contenido de hexano [ppm]	Producción final de metano [ml ch4/g VS]	Pérdida de masa orgánica	
			% Sólidos volátiles	%COD
Sin extracción de lípidos	0	388	34	51.7
Sin extracción de hexano	3200	0	8.3	0.8
Rotoevaporación	415	246	23.9	23.9
Burbujeo	573	219	20.8	20.8
Aireación mecánica	566	260	26.5	26.5
Calentamiento	619	70	16.4	16.4

Alto costo + baja producción biogás

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

Ensayo	Contenido de hexano [ppm]	Producción final de metano [ml ch4/g VS]	Pérdida de masa orgánica	
			% Sólidos volátiles	%COD
Sin extracción de lípidos	0	388	34	51.7
Sin extracción de hexano	3200	0	8.3	0.8
Rotoevaporación	415	246	23.9	23.9
Burbujeo	573	219	20.8	20.8
Aireación mecánica	566	260	26.5	26.5
Calentamiento	619	70	16.4	16.4

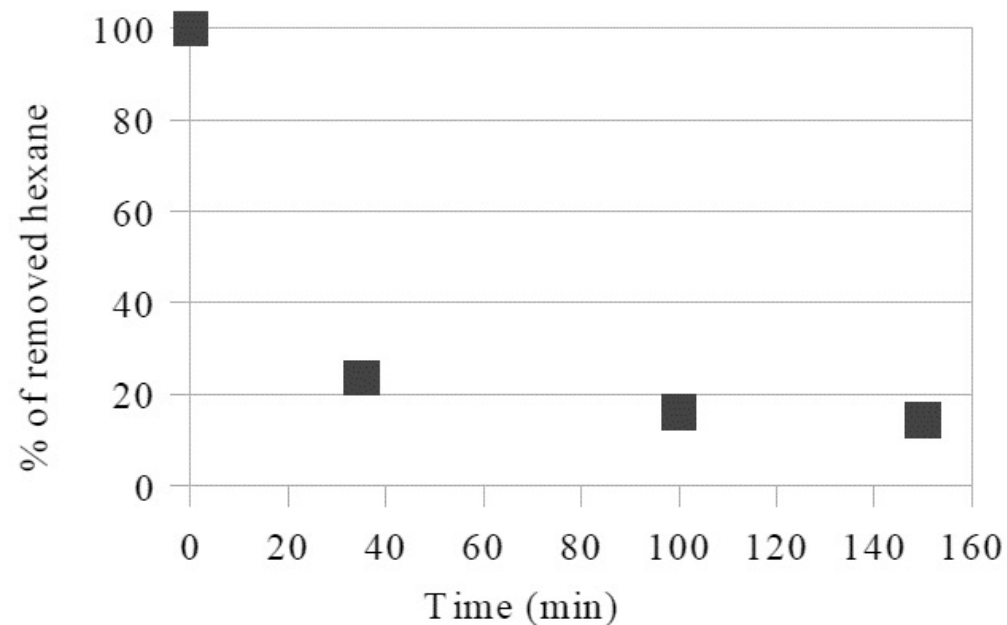
Bajo el límite de toxicidad
Alta producción de metano
Biodegradabilidad mas alta.

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

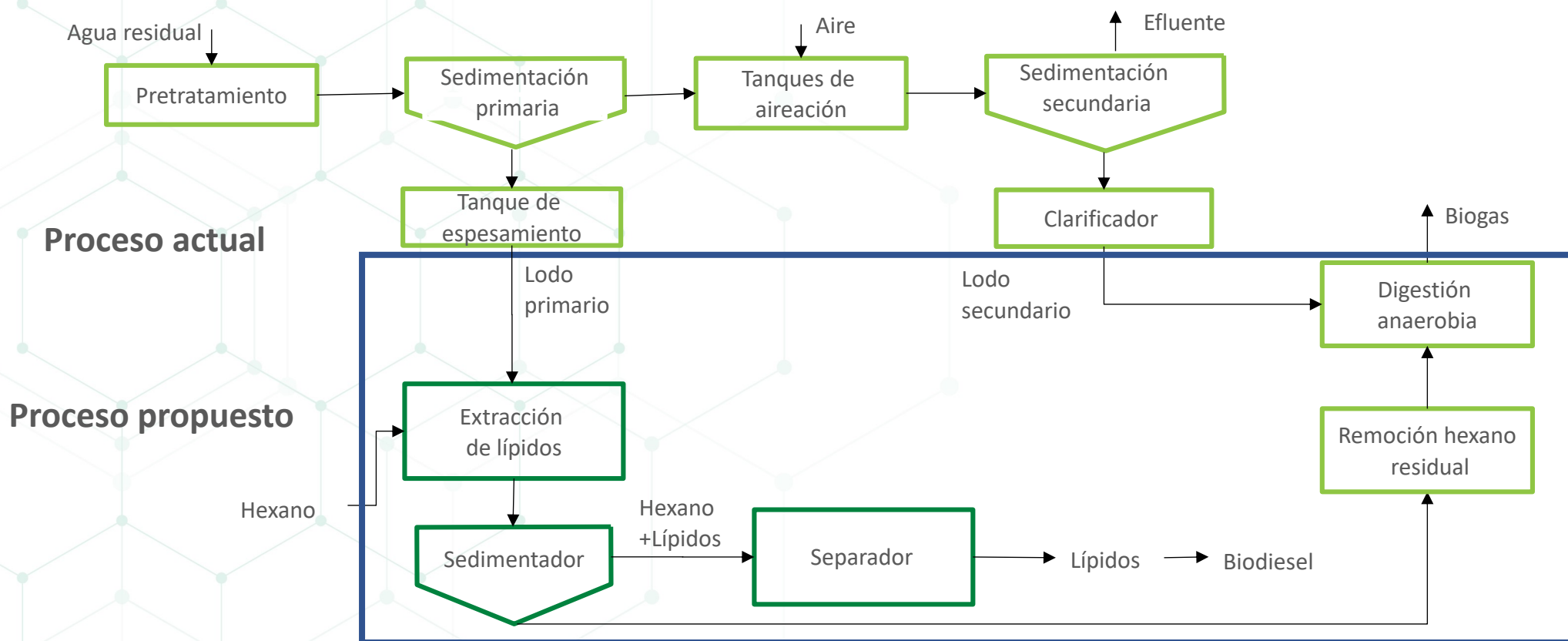
Optimización - remoción de hexano

Después de 100 minutos de agitación se alcanza la concentración adecuada



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Proceso de planta piloto



Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Metodología

Temperatura 33°C

Medidores de flujo para producción de biogás

Adición diaria de mezcla lodo primario + lodo secundario

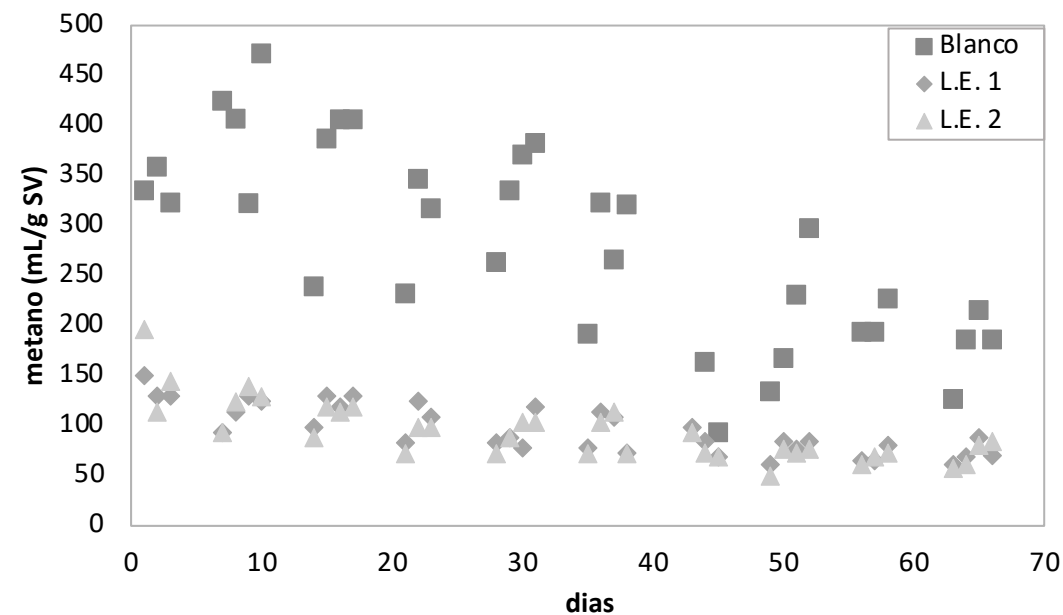
Ensayo	Semana	Lodo primario [%]	Lodo primario con lípidos extraídos [%]	Lodo secundario [%]
Blanco	Todas	65	0	35
L.E. 1	Todas	0	65	35
L.E. 2	1	32.5	32.5	35
	2	16.3	48.7	35
	3	0	65	35

Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano	Planta piloto	

Resultados

Producción diaria de metano

Tiempo de retención	Sustrato	Producción de metano [mL CH4/gSV]
20 días Dia 0-35	Blanco	281
	L.E. 1	101
	L.E. 2	115
15 días Dia 36-70	Blanco	203
	L.E. 1	77
	L.E. 2	81

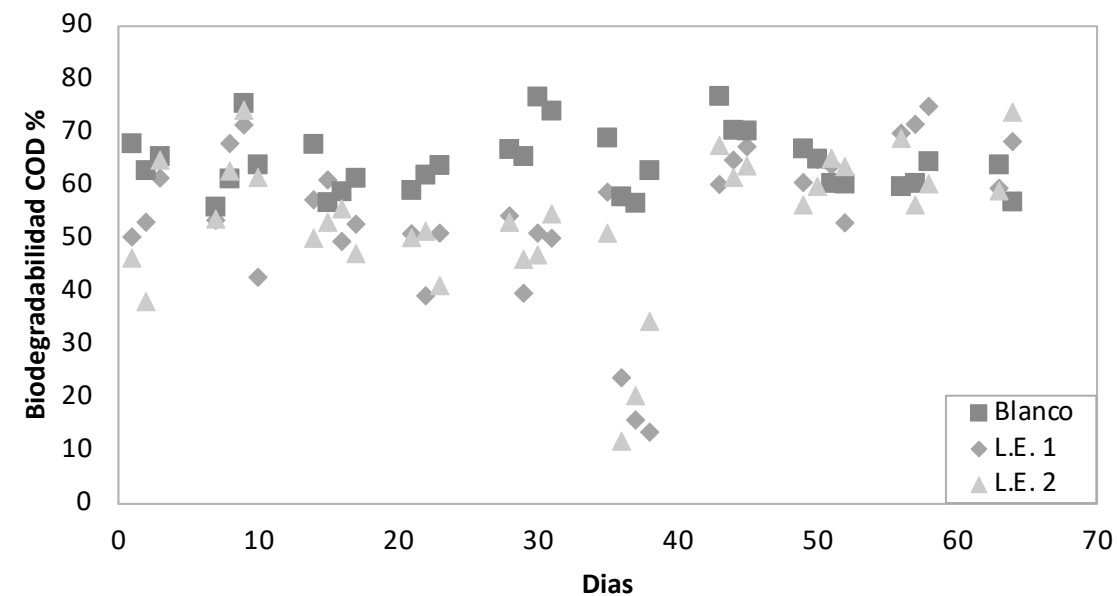


Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano		Planta piloto

Resultados

Biodegradabilidad

Tiempo de retención	Sustrato	Biodegradabilidad COD %
20 días Día 0-35	Blanco	65
	L.E. 1	50
	L.E. 2	50
15 días Día 36-70	Blanco	64
	L.E. 1	61
	L.E. 2	58

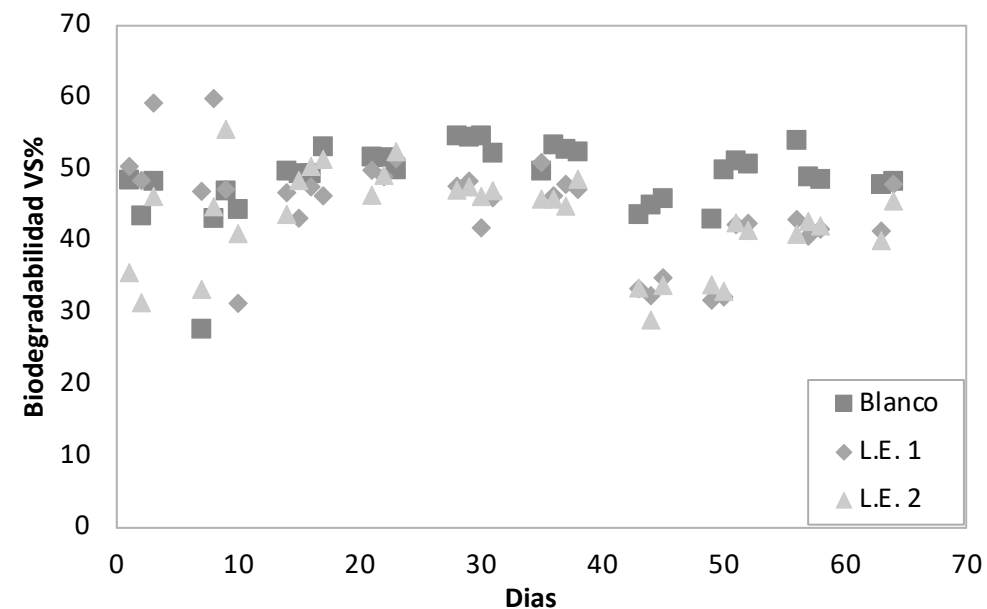


Introducción	Problema	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Toxicidad del hexano		Remoción de hexano		Planta piloto

Resultados

Biodegradabilidad

Tiempo de retención	Sustrato	Biodegradabilidad SV %
20 días Dia 0-35	Blanco	49
	L.E. 1	48
	L.E. 2	45
15 días Día 36-70	Blanco	49
	L.E. 1	39
	L.E. 2	40



Biodegradabilidad esperada para TR 20 días: 50%

Conclusiones

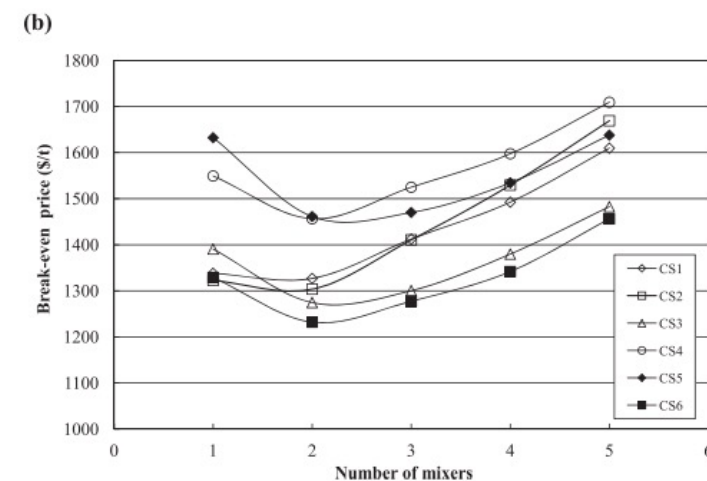
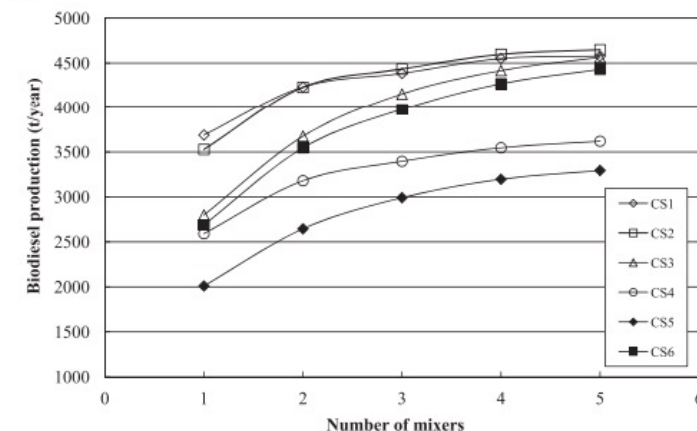
- Incluso cuando los lípidos son extraídos el lodo sigue siendo un sustrato potencial para la digestión anaerobia.
- Se verifica la toxicidad del hexano
- Es necesaria una etapa adicional de eliminación del hexano.
- El proceso de desorción resulta ser el mas adecuado para la eliminación del hexano.

Recomendaciones

- Se debe hacer un análisis energético para determinar cual de las dos opciones es mejor, el burbujeo o la aireación mecánica.
- El proceso de aireación debe ser optimizado para evitar liberación de hexano a la atmosfera.

Comentarios adicionales

- Adicionalmente se ha estudiado la viabilidad económica de este proyecto llegando a costos de producción de biodiesel de 1230 USD/ Ton. Teniendo en cuenta datos obtenidos en laboratorio.



Comentarios adicionales

- También se ha estudiado la posibilidad de usar líquidos iónicos para la extracción liquido-liquido, obteniendo un rendimiento de producción de biodiesel que igual al hexano con el $[P(CH_2OH)_4]Cl$.
- El uso de $[P(CH_2OH)_4]Cl$ no afecta la calidad del biodiesel.
- El líquido no está disponible a gran escala, lo que incrementa el costo de producción de biodiesel.

Bibliografía

Appels L., Baeyens J., Degreève J., and Dewil R. (2008) Prog. Energy Combust. Sci., vol. 34, no. 6, pp. 755–781

Atabani A. E. et all. (2012) Renew. Sustain. Energy Rev., vol. 16, no. 4, pp. 2070–2093.

Chapoy A. et all. (2008) J. Chem. Thermodyn., vol. 40, no. 6, pp. 1030–1037.

Dianursanti P. et all. (2015) Procedia Environ. Sci., vol. 23, no. Ictcred 2014, pp. 412–420.

Olkiewicz M., Stüber F., Fabregat A, Font J., Bengoa C., (2015) Fuel 141 250–257.

Olkiewicz M., Torres C., Jimenez L., Font J., Bengoa C., (2016) Bioresource tech. 204 122-131.

Qi J., Zhu F., et all. (2016), Waste Manag. vol. 49, pp. 212–220.

Stams A. J. M. and Plugge C. M. (2009) Nat Rev Micro, vol. 7, no. 8, pp. 568–577.

¡Gracias!
por ser parte de la
comunidad Innovar +



Grupo.epm