

RESUMEN

Se evaluó la remoción biológica de fenol utilizando un cultivo de gránulos aeróbicos en SBR bajo diferentes cargas volumétricas de fenol como fuente de carbono y energía. En la condición de mayor carga (750 mg/L.d) se observó remoción del 100% en 4 horas, con una velocidad específica máxima de 174,3 mg/(g_{ST}.h). La presencia de gránulos de polihidroxicanoatos (PHA) se confirmó mediante tinción y observación microscópica. Su cuantificación se llevó a cabo mediante extracción y espectrofotometría UVA resultando 209,55 ± 0,06 mg PHA/L y pureza de 96% ± 0,6%. Estos resultados indican que es factible producir PHA a partir de fenol en el sistema estudiado.

INTRODUCCIÓN

Los compuestos fenólicos presentes en diversos efluentes poseen alta toxicidad¹. Una alternativa para su eliminación es el uso de biogránulos, los cuales pueden formarse a partir de lodos activados en reactores discontinuos secuenciales (SBR) operados en régimen de disponibilidad de carbono e inanición ("feast"/"famine") bajo condiciones aeróbicas y de alta fuerza de corte. La alternancia en la disponibilidad de carbono favorece el almacenamiento de polímeros de reserva como glucógeno y polihidroxicanoatos (PHAs) durante el período "feast"². En los últimos años ha crecido el interés en revalorizar efluentes para generar productos con valor agregado como polihidroxicanoatos (PHAs), polímeros con propiedades similares a plásticos petroquímicos³. En el presente trabajo se estudió la eficiencia de un SBR granular aeróbico para remover fenol y la factibilidad de acumular PHAs.

MATERIALES Y MÉTODOS

Operación del SBR

CONDICIÓN	DQO (mg/(L.d))	Fenol (mg/(L.d))	Acetato (mg/(L.d))	Sedimentación (min)
ACLIMATACIÓN	600	100	470	10
CARGA FENOL BAJA (BF)	1200	100	1255	5-10
CARGA FENOL MEDIA BAJA (MBF)	1200	250	790	5
CARGA FENOL MEDIA ALTA (MAF)	1200	500	0	5
CARGA FENOL ALTA (AF)	1800	750	0	5



CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
ALTURA	100 cm
DIÁMETRO INTERNO	10,8 cm
VOLUMEN TOTAL	9,2 L
VOLUMEN DE TRABAJO	4,6 L
VELOCIDAD DE AIRE SUPERFICIAL ASCENDENTE	1,9 cm.seg ⁻¹
TIEMPO DE RESIDENCIA CELULAR	10 días
TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRÁULICO	2,79 días

Parámetros de análisis

- ✓ DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)
- ✓ CONCENTRACIÓN DE FENOL
- ✓ CONCENTRACIÓN DE AMONIO, NITRATO Y NITRITO
- ✓ CONCENTRACIÓN DE BIOMASA COMO SÓLIDOS
- ✓ CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES (CT)
- ✓ ÍNDICE VOLUMÉTRICO DE LODOS (ISV)
- ✓ OBSERVACIÓN MICROSCÓPICA
- ✓ PRODUCCIÓN DE PHA
- ✓ CONCENTRACIÓN DE CARBOHIDRATOS TOTALES (CT)

TOTALES (ST)

Velocidades volumétrica de consumo y producción
Pendiente de las curvas de decaimiento/generación en un intervalo de tiempo determinado.

FENOL (r_{fenol} , mg/(L.h))
SUSTRATO ORGÁNICO (r_s , (mgO₂/L.h))
OXÍGENO (r_{O_2} , (mgO₂/L.h))
GLUCÓGENO (r_{Glu} , mg/(L.h))
PHA (r_{PHA} , mg/(L.h))

Velocidad específica de consumo
Cociente entre las velocidades volumétricas y la concentración de biomasa (ST, g/L).

FENOL (q_{fenol} , mg/(gST.h))
SUSTRATO ORGÁNICO (q_s , mgO₂/(gST.h))

Rendimiento sustancias de reserva

$$Y_{PHA/s} = \frac{r_{PHA}}{r_s}$$

$$Y_{Glu/s} = \frac{r_{Glu}}{r_s}$$

Coefficiente de oxidación del sustrato

$$Y_{O_2/s} = \frac{r_{O_2}}{r_s}$$

Balance de masa como DQO y estimación $y_{x/s}$

$$r_s = r_x + r_{PHA} + r_{Glu} + r_{O_2}$$

$$\frac{r_s}{r_s} = \frac{r_x}{r_s} + \frac{r_{PHA}}{r_s} + \frac{r_{Glu}}{r_s} + \frac{r_{O_2}}{r_s}$$

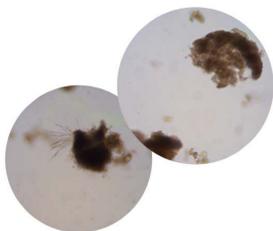
$$1 = Y_{x/s} + Y_{PHA/s} + Y_{Glu/s} + Y_{O_2/s}$$

$$Y_{x/s} = 1 - (Y_{PHA/s} + Y_{Glu/s} + Y_{O_2/s})$$

RESULTADOS

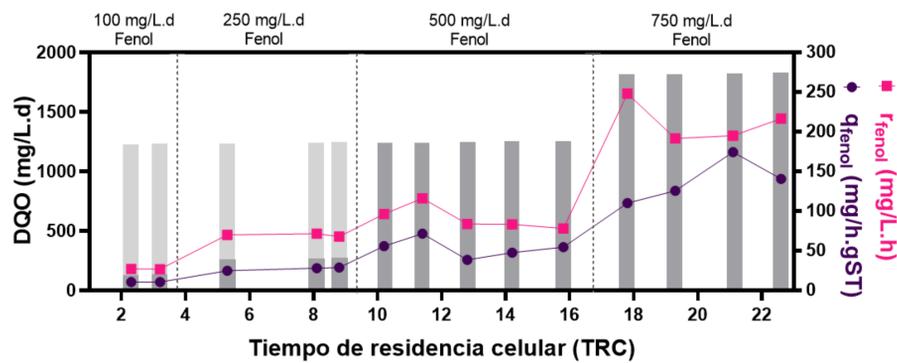
GRANULACIÓN

El cultivo de la biomasa en las condiciones propuestas generó el aumento de la biomasa y la formación de agregados con morfología granular. La reducción del tiempo de sedimentación permitió el lavado de la biomasa floculenta y de crecimiento disperso y favoreció la selección de agregados microbianos de sedimentación rápida, con menor ISV (<90 mg/L)



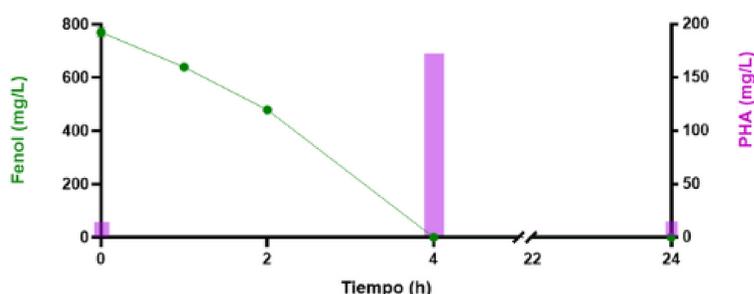
El aumento de la carga de fenol se vio traducido en un aumento de la capacidad de remoción volumétrica y específica del mismo. En todas las condiciones la degradación completa del fenol ocurrió transcurrido menos del 25% del ciclo de operación.

REMOCIÓN DE FENOL



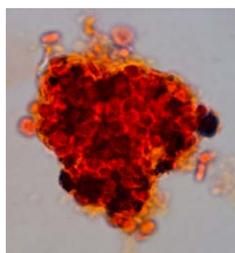
Velocidad volumétrica y velocidad específica de consumo de fenol en función de la carga diaria de DQO y la proporción de cada FCE en función de TRC. (1 TRC = 10 días)

PRODUCCIÓN DE PHA



Curva decaimiento de fenol y cuantificación de PHA durante el ciclo de operación para la condición AF (750 mg/L.d fenol - 5 minutos de sedimentación)

Tinción de PHA positiva utilizando colorante lipofílico Sudan Black



CONDICIÓN	r_s	r_{O_2}	r_{Glu}	r_{PHA}	$Y_{O_2/s}$	$Y_{Glu/s}$	$Y_{PHA/s}$	$Y_{x/s}$
CARGA FENOL MEDIA ALTA (MAF)	167,9 ± 0,9	108,1 ± 22,2	32,0 ± 0,0	22,65 ± 4,6	0,60 ± 0,01	0,19 ± 0,00	0,13 ± 0,01	0,03 ± 0,02
CARGA FENOL ALTA (AF)	449,1 ± 17,9	324,8 ± 25,1	0,0	82,1 ± 12,8	0,72 ± 0,03	0,0	0,18 ± 0,05	0,09 ± 0,03

La alternancia en la disponibilidad de carbono favoreció el almacenamiento de glucógeno y PHA durante el período "feast". Para las condiciones MAF y AF se detectó y cuantificó PHA con una pureza de 95,6% ± 0,6%. Además se correlacionó el aumento de la carga de fenol con un aumento en la velocidad de producción de PHA. En la condición AF (750 mg/L) no se observó la generación de glucógeno.

CONCLUSIONES

- Remoción completa de fenol en todas las condiciones
- Velocidad específica máxima de 174,3 mg/gST.h
- Factibilidad para la producción de PHA a partir de fenol
- En la condición AF (750 mg/L.d fenol) el PHA se constituyó la principal sustancia de reserva en el sistema con un rendimiento de 0,18 ± 0,05 (mgO₂/L.h / mgO₂/L.h).
- PHA con alta pureza (96%).

BIBLIOGRAFÍA

1. Mahugo Santana, Cristina, et al. "Methodologies for the extraction of phenolic compounds from environmental samples: new approaches." *Molecules* 14.1 (2009): 298-320.
2. Carta, F., Beun, J. J., Loosdrecht, M. C. M. V. A. N. & Heijnen, J. J. Simultaneous storage and degradation of PHB and glycogen in activated sludge cultures. *Water Research* 35, 2693-2701 (2001).
3. Serafim, Luisa S., et al. "Strategies for PHA production by mixed cultures and renewable waste materials." *Applied microbiology and biotechnology* 81.4 (2008): 615-628.