

G. Berretta Invernizzi<sup>a,b</sup>, M. Ferro Orozco<sup>c</sup>, N. Zaritzky<sup>a,b</sup>, y A. Caravelli<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Centro de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CIDCA). Calle 47 esquina 116, La Plata, 1900 Argentina. [georginab90@gmail.com](mailto:georginab90@gmail.com)

<sup>b</sup> Depto. de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería, UNLP.

<sup>c</sup> Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (INTEMA). Av. Colón 10850, Mar del Plata, 7606, Argentina

## Resumen

Se investigó la producción de polihidroxicanoatos (PHA) a partir de fenol como única fuente de carbono utilizando biogránulos aeróbicos cultivados en un SBR bajo régimen alternante de disponibilidad de carbono e inanición "feast/famine" (TRC: 10 días, carga diaria: 750 mg fenol.(L.d)<sup>-1</sup>). La biomasa granular obtenida se empleó en reactores batch bajo condiciones de limitación de nitrógeno (LN) y nitrógeno/oxígeno (LNO) alcanzando relaciones alimento/microorganismo (F/M) entre 2.6 y 3.65 c-mmol fenol/c-mmol X. En todas las condiciones se observó acumulación de PHA como principal reserva intracelular (pureza: 95.6% ± 0.6%), sin síntesis detectable de glucógeno. Los rendimientos de acumulación de PHA fueron similares entre ambas condiciones de limitación cuando el valor de F/M fue comparable, mientras que en la condición LNO-2, con el F/M más alto, se observó una disminución significativa. El aumento de la relación F/M resultó en un mayor coeficiente de oxidación, indicando que una mayor proporción de sustrato se destinó a la producción de energía, requerida en procesos de detoxificación, debido a la mayor carga tóxica por unidad de biomasa. La condición LN mostró un mayor porcentaje de PHA respecto a la biomasa total y menores tiempos de reacción. Estos resultados evidencian la viabilidad de valorizar efluentes fenólicos mediante la producción de biopolímeros en sistemas granulares aeróbicos.

## Metodología

### Reactor SBR

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	0.9 cm.seg <sup>-1</sup>
TIEMPO DE RESIDENCIA CELULAR	10 días
TIEMPO DE RESIDENCIA HIDRÁULICO	2.79 días
CARGA DIARIA FENOL	750 mg.(L.d) <sup>-1</sup>
CARGA DIARIA DQO	1800 mgO <sub>2</sub> .(L.d) <sup>-1</sup>
DURACIÓN DEL CICLO	24 hs



### Reactores batch

Condición	LN	LNO-1	LNO-2
Fenol inicial (mg.L <sup>-1</sup> )	2500	2500	2700
Biomasa inicial (gST.L <sup>-1</sup> )	1.4	1.6	1.2
F/M inicial (c-mmol fenol.c-mmol X <sup>-1</sup> )	3.03	2.60	3.65
Aireación	Alta	Limitada	Limitada

### Parámetros análisis

Parámetro	Método de determinación
Fenol	Método de 4-aminoantipirina
DQO	Método colorimétrico estándar
Biomasa total	Centrifugado y secado (105 °C, 24 h)
PHA	Extracción con cloroformo + espectrofotometría UV (235 nm)
Carbohidratos totales	Método de Antrona

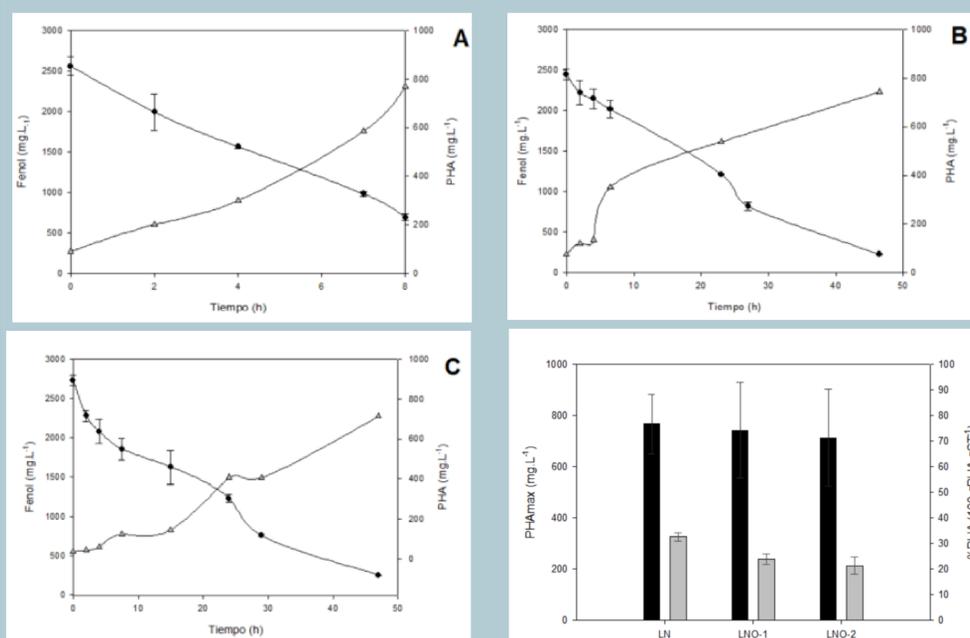
### Rendimientos (mgO<sub>2</sub>.mgO<sub>2</sub><sup>-1</sup>)

$y_{PHA/s} = r_{PHA}/r_s$	Rendimiento de producción de PHA
$y_{O_2/s} = r_{O_2}/r_s$	Coefficiente de oxidación
$y_{Glu/s} = r_{Glu}/r_s$	Rendimiento de producción de glucógeno
$y_{PP/s} = 1 - y_{PHA/s} - y_{O_2/s} - y_{Glu/s}$	Fracción de sustrato que refleja posibles pérdidas de PHA durante la extracción-purificación y probable formación de subproductos.

## Introducción

Los polihidroxicanoatos (PHA) son biopolímeros intracelulares biodegradables con propiedades similares a los plásticos convencionales derivados del petróleo<sup>1</sup>. Su producción a partir de cultivos microbianos mixtos y el uso de efluentes industriales como fuente de carbono se presentan como estrategia para reducir costos y valorizar residuos<sup>2</sup>. El fenol, presente en diversos efluentes industriales, ha demostrado ser una fuente de carbono posible para la producción de PHA. Sin embargo, puede ejercer un efecto inhibitorio sobre el crecimiento microbiano y la acumulación de biopolímeros, limitando su aplicación<sup>3</sup>. Para superar estas limitaciones se utilizó un reactor batch secuencial (SBR) tipo columna y flujo de aire ascendente a fin de favorecer el desarrollo de gránulos aeróbicos más resistentes a compuestos tóxicos con respecto a los flocos de lodos activados. El sistema fue alimentado con un efluente sintético conteniendo fenol (única fuente de carbono y energía) y operado bajo condiciones alternantes de disponibilidad de sustrato e inanición (régimen "feast/famine") con el objetivo de favorecer la selección de microorganismos capaces de acumular reservas intracelulares. La biomasa granular obtenida fue utilizada en reactores batch diseñados para evaluar la producción de PHA y consumo de sustrato orgánico bajo altas cargas de fenol y diferentes condiciones limitantes de crecimiento: limitación en nitrógeno (LN) y en nitrógeno y oxígeno (LNO-1 y LNO-2).

## Resultados



Consumo de fenol y producción de PHA para los diferentes ensayos batch: A) LN, B) LNO-1, C) LNO-2. (●) Fenol (mg.L<sup>-1</sup>) (▲) PHA (mg.L<sup>-1</sup>). \*No se observó formación de glucógeno en ninguna condición

(■) Concentración máxima de PHA (mg.L<sup>-1</sup>) y (□) Porcentaje de producción de PHA (%PHA, 100 gPHA.gST<sup>-1</sup>) para los diferentes ensayos batch.

Condición	F/M (c-mmol Fenol.c-mmol X <sup>-1</sup> )	OD (mgO <sub>2</sub> .L <sup>-1</sup> )	Duración (h)	$y_{O_2/s}$	$y_{PHA/s}$	$y_{PP/s}$
LN	3.03	>4	8	0.47 ± 0.05	0.40 ± 0.06	0.13 ± 0.09
LNO-1	2.6	0.9	48	0.39 ± 0.04	0.42 ± 0.08	0.15 ± 0.20
LNO-2	3.65	0.85	48	0.51 ± 0.04	0.27 ± 0.01	0.22 ± 0.03

## Conclusiones

Producción de PHA a partir de fenol en biogránulos aeróbicos bajo distintas condiciones limitantes de crecimiento.

Altos valores de F/M promovieron la acumulación de PHA independientemente del tipo de limitación ensayada.

PHA fue el único polímero de reserva detectado sin presencia de glucógeno.

El aumento del F/M incrementó el coeficiente de oxidación → mayor proporción del sustrato se destinó a producción de energía en lugar de almacenamiento como PHA.

## Referencias

- Yang, M., et al. (2022). Journal of Environmental Chemical Engineering, 10(3), 107944.
- Moita, R., et al. (2014). Water research, 58, 9-20.
- Zhang, Y., et al. (2018). Journal of biotechnology, 267, 36-44.

## Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento otorgado por: CONICET, UNLP, ANPCyT y Fundación Williams, ARGENTINA.