

# NITRIFICACION-DESNITRIFICACION SIMULTANEA EN EL TRATAMIENTO DE UN EFLUENTE LACTEO UTILIZANDO UN SBR GRANULAR AEROBIO

Bucci Paula L<sup>1,2</sup>, Zaritzky Noemí E.<sup>1,2</sup>, Caravelli Alejandro H.<sup>1</sup>

1-CIDCA, CONICET, CIC, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Ciencias Exactas.

2-Facultad de Ingeniería, Univ. Nacional de la Plata [buccipaula@hotmail.com](mailto:buccipaula@hotmail.com)

## RESUMEN:

Los efluentes lácteos son ricos en materia orgánica (DQO) pero deficientes en nitrógeno (N) para un adecuado tratamiento biológico. La descarga de efluentes con altas concentraciones de N en cuerpos de agua receptores es indeseable debido a que puede ocasionar problemas de eutrofización. La combinación de efluentes lácteos con efluentes ricos en amonio permite ajustar la relación DQO/N generando condiciones adecuadas para los procesos biológicos. En el presente trabajo se determinaron las condiciones operativas óptimas para lograr una eficiente remoción de carbono orgánico y N mediante nitrificación-desnitrificación simultánea (NDS), utilizando un reactor biológico secuencial (SBR) con biomasa granular aeróbica.

## INTRODUCCIÓN:

Las aguas residuales lácteas presentan altos valores de DBO y DQO (Slavov, 2017), aportado principalmente por la lactosa. El nitrógeno (N) existe principalmente en forma de grupos amino a partir de proteínas de la leche. El principal contaminante en efluentes lácteos es el suero.

El SBR (reactor discontinuo secuencial) parece ser la tecnología aeróbica más prometedora para el tratamiento de efluentes lácteos (Kushwaha et al, 2011). No obstante, estos efluentes tienen alta relación DQO:N:P (100:1.75:0.5), es decir que es deficiente en N para procesos biológicos.

El tratamiento conjunto de las aguas residuales de la industria láctea con efluentes ricos en amonio permitiría ajustar la relación DQO:N a una relación de 100:5 o menor (100:10, 100:15). En estos efluentes con relaciones DQO:N < 100:5, es factible la remoción conjunta de DQO y N mediante la remoción biológica de nutrientes (RBN) vía el proceso de nitrificación-desnitrificación simultánea (NDS, o SND en inglés).

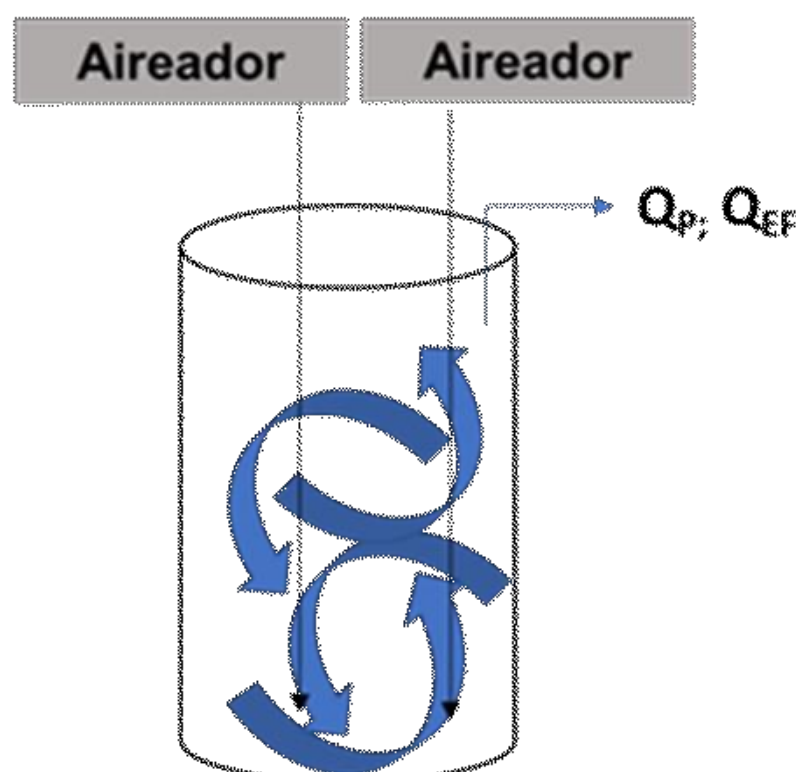
El objetivo del presente trabajo es estudiar la remoción de N y carbono orgánico de un efluente sintético modelo de industria láctea suplementado con amonio. Se evaluó el efecto de la carga orgánica, la relación DQO/NTK y la presencia de micronutrientes en la capacidad NDS en un SBR con biomasa granular aeróbica.

## MATERIALES Y MÉTODOS:

### REACTOR DISCONTINUO SECUENCIAL (SBR)

#### CARACTERÍSTICAS DEL SBR

CARACTERÍSTICAS	MEDIDAS
ALTURA	25 cm
DIÁMETRO INTERNO	9 cm
VOLUMEN TOTAL	1,4 L
VOLUMEN DE TRABAJO	1 L
CAUDAL DE AIRE	2,3 L.min <sup>-1</sup>
VELOCIDAD VOLUMÉTRICA	2,3 L <sub>aire</sub> ·(L <sub>reactor</sub> ·min) <sup>-1</sup>
VELOCIDAD SUPERFICIAL	0,6 cm.seg <sup>-1</sup>



Presencia micronutrientes (M)  
Ausencia de micronutrientes (SM)  
Carga orgánica baja (CB)  
Carga orgánica media (CM)  
Carga orgánica alta (CA)  
Nitrógeno inorgánico bajo (NB)  
TRC: 20 o 10 días

### CONDICIONES OPERATIVAS

EFLUENTE SINTETICO LACTEO SUPLEMENTADO CON AMONIO  
SUERO DE QUESO (SQ), (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>, NaHCO<sub>3</sub>, Soluc. Micronutrientes (M<sub>1</sub> y M<sub>2</sub>)

Efluente sintético SQ	Condición (SMCM <sub>20</sub> )	Condición (MCM <sub>20</sub> )	Condición (SMCB <sub>20</sub> )	Condición (MCM <sub>10</sub> )	Condición (MCA <sub>20</sub> )	Condición (MCANB <sub>20</sub> )
N inorgánico, mg NH <sub>3</sub> -N·(L.día) <sup>-1</sup>	71.5	71.5	71.5	71.5	71.5	61.5
P inorgánico, mg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -P·(L.día) <sup>-1</sup>	35.83	35.8	35.8	35.8	35.8	35.8
DQO, mg DQO·(L.día) <sup>-1</sup>	716.8	716.8	358.4	716.8	1075.2	1075.2
NTK, mg NTK·(L.día) <sup>-1</sup>	83.5	83.5	77.5	83.5	88.7	78.7
N orgánico, mg Norg·(L.día) <sup>-1</sup>	12.0	12.0	6.0	12.0	17.2	17.2
DQO:NTK:P	100:11.6:5	100:11.6:5	100:21.6:10	100:11.6:5	100:8.2:3.3	100:7.3:3.3
Micronutrientes (M <sub>1</sub> y M <sub>2</sub> )	Ausencia	Presencia	Ausencia	Presencia	Presencia	Presencia
TRC (días)	20	20	20	10	20	20

### OPERACION DE SBR

SBR operado en condición SMCM<sub>20</sub> fue inoculado con consorcio microbiano aerobio (lodos activados 0.2 L) y efluente sintético (0.8 L).

Los gránulos de biomasa generados fueron utilizados como inóculos en las condiciones restantes.

Los reactores fueron operados a Temperatura ambiente.

Ciclos operativos 24 hs: adición del efluente (2 min), fase reacción aeróbica (1428 min), purga de lodos (1 min), fase de sedimentación (5 min) y extracción del sobrenadante (2 min).

Período de aclimatación de biomasa: Remoción de 100% de DQO y buenas propiedades de sedimentación (ISV).

Nitrógeno inorgánico (Ni)= NH<sub>3</sub>-N + NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N + NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N

Nitrógeno Total Kjeldahl (NTK)= NH<sub>3</sub>-N + N orgánico

$$N_G = \Delta(NTK) - \Delta(NO_X - N) - \Delta(NTK_X)$$

N<sub>G</sub> (mg N.L<sup>-1</sup>) generado por desnitrificación

Δ(NTK)= NTK consumido (mg N.L<sup>-1</sup>)

Δ(NO<sub>X</sub>-N)= Formas oxidadas de N generadas por nitrificación  
Δ(NO<sub>X</sub>-N)= Δ(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N) + Δ(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N), (mg N.L<sup>-1</sup>)

Δ(NTK<sub>X</sub>)= NTK usado para crecimiento heterotrófico (mg N.L<sup>-1</sup>)

Δ(NTK)= Δ(NH<sub>3</sub>-N) + Δ(N<sub>ORG</sub>)

Δ(N<sub>ORG</sub>)= 0.22·Δ(NH<sub>3</sub>-N)

Δ(NTK)= Δ(NTK<sub>X</sub>) + Δ(NTK<sub>OX</sub>)

Δ(NTK<sub>OX</sub>)= NTK oxidado por nitrificación (mg N.L<sup>-1</sup>)

$$\Delta(NTK_X) = \left( \frac{1}{a} y_{N/X} b X_A PV \right) / V$$

X<sub>A</sub> = Concentración de biomasa activa (mg X<sub>A</sub>/L), X<sub>A</sub>= SSV – Glucógeno

a= 24.6 mg X<sub>A</sub>-C·mmol<sup>-1</sup> (Fórmula elemental de biomasa, CH<sub>1.8</sub>O<sub>0.5</sub>N<sub>0.2</sub>)

y<sub>N/X</sub> = Coef. Esteq. que relaciona N y C de biomasa (0.2 mmol N.C·mmol X<sup>-1</sup>)

b= 14 mg N·mmol N<sup>-1</sup>

PV = volumen de purga de lodos (L) por cada ciclo operativo

V= volumen de trabajo (1 L)

$$\% NH_3 - N_R = \left( \frac{(NH_3 - N)_0 - (NH_3 - N)_F}{(NH_3 - N)_0} \right) \cdot 100$$

$$\% N_{iR} = \left( \frac{N_{iO} - N_{iF}}{N_{iO}} \right) \cdot 100$$

$$\% NTK_R = \left( \frac{NTK_O - NTK_F}{NTK_O} \right) \cdot 100$$

$$\% NDS = \left( \frac{\Delta(NTK)_{OX} - \Delta(NO_X - N)}{\Delta(NTK)_{OX}} \right) \cdot 100$$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

SE DEFINIERON DOS PERÍODOS A LO LARGO DEL CICLO DE OPERACIÓN DE 24 hs



PERÍODO FEAST  
(Período con disponibilidad de Carbono)



CONSUMO DEL SUSTRATO (SUERO DE QUESO)  
MEDIDO COMO DQOs (mg.L<sup>-1</sup>)



AGOTADA LA FUENTE DE CARBONO



PERÍODO FAMINE  
(Período de inanición)



PROCESO DE NITRIFICACIÓN-  
DESNITRIFICACION SIMULTANEA (NDS)

ÍNDICE DE SEDIMENTACIÓN VOLUMÉTRICA (ISV)  
TAMAÑO GRANULAR



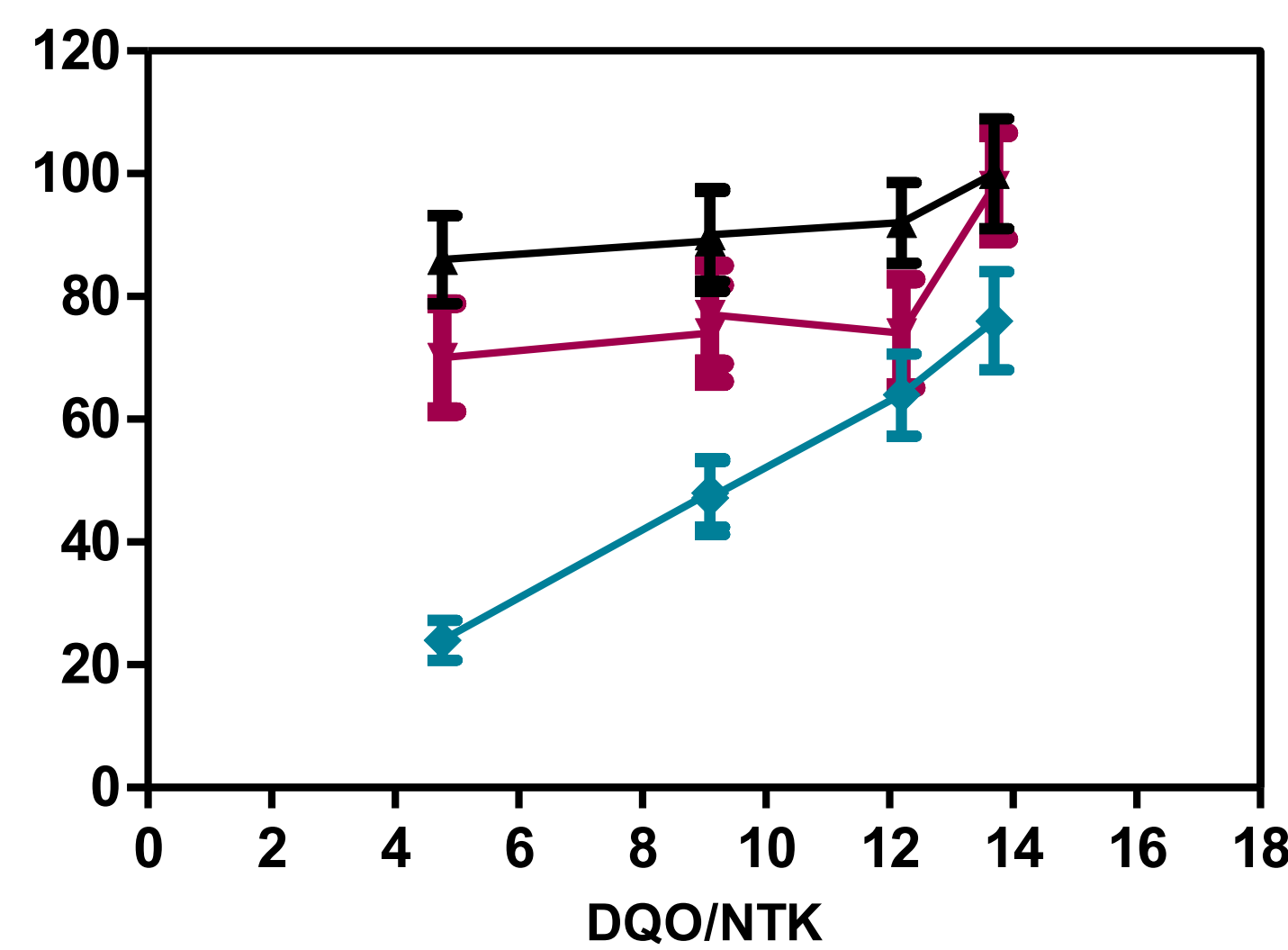
Todas las condiciones presentaron un muy buen ISV, ya que es considerado bueno cuando se encuentra por debajo de 90 mL/ g ST.

Se considera formación de gránulo según bibliografía cuando supera los 0.2 mm de diámetro



SBR <sub>SQ</sub>	Condición (MCM <sub>20</sub> )	Condición (SMCB <sub>20</sub> )	Condición (MCM <sub>10</sub> )	Condición (MCA <sub>20</sub> )	Condición (MCANB <sub>20</sub> )
DQO:NTK:P	100:11.6:5	100:21.6:10	100:11.6:5	100:8.2:3.3	100:7.3:3.3
ST (g.L <sup>-1</sup> )	3.0 (0.4)	1.5 (0.22)	2.6 (0.34)	2.5 (0.41)	3.1 (0.9)
ISV (mL.g ST <sup>-1</sup> )	50	25	19	18	29
Tamaño granular (mm)	0.35	0.35	0.28	0.28	0.7
% Remoción de NH <sub>4</sub> <sup>3+</sup> -N	74 (7.8)	70 (8.8)	77 (8.0)	74 (8.8)	98 (8.7)
% Remoción de NTK	89 (7.6)	86 (8.1)	90 (7.2)	92 (6.6)	100 (8.9)
% Remoción de Ni	48 (5.6)	24 (3.3)	47.2 (5.9)	64 (6.7)	76.1 (8.0)
% Remoción de NTK (nitrificación)	76 (8.9)	74 (9.8)	83 (8.8)	80 (8.5)	73 (9.4)
% Remoción de NTK (Crecimiento heterótrofo)	24 (3.5)	26 (2.6)	17 (2.9)	20 (3.7)	27 (3.9)
%NDS	52 (4.3)	18 (1.7)	82. (8.5)	85 (8.3)	57.2 (10.4)

— % Remoción de N-NH<sub>4</sub><sup>3+</sup>  
— % Remoción de Ni  
— % Remoción de NTK



Incremento de la remoción de N inorgánico a medida que aumenta la relación DQO/NTK del efluente

## CONCLUSIONES

- La adición de amoníaco a las aguas residuales lácteas es una buena estrategia para obtener relaciones DQO/NTK favorables para la nitrificación.
- La eliminación simultánea de carbono orgánico y nitrógeno amoniacal se logró en reactores discontinuos secuenciales (SBRs) granulares aeróbicos, a escala de laboratorio, alimentados con las aguas residuales lácteas modificadas.
- La adición de micronutrientes favoreció el proceso de nitrificación.
- El incremento de la carga orgánica favoreció el proceso de desnitrificación.
- Una elevada relación DQO:NTK= 100:7,3 junto a la presencia de micronutrientes logró la mejor eficiencia de remoción conjunta de carbono orgánico (100%) y nitrógeno inorgánico (76%) mediante nitrificación-desnitrificación simultánea (NDS) bajo condiciones aeróbicas.

## REFERENCIAS

-Kolev Slavov, A. (2017). Dairy Wastewater Treatment Review, Food Technol. Biotechnol. 55 (1) 14–28 (2017). ISSN 1330-9862. doi: 10.17113/ft b.55.01.17.4520  
-J.P. Kushwaha, V.C. Srivastava, I.D. Mall, An overview of various technologies for the treatment of dairy wastewaters, Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 51 (2011) 442–452, <https://doi.org/10.1080/10408391003663879>.