

Tratamiento de efluentes de una planta productora de helados usando reactores secuenciales por carga

(Treatment of effluents from an ice cream producing plant using sequential batch reactors)

Sedolfo Jose Carrasquero Ferrer¹ , Sonia Soraya Urbina Bustos² 
¹ Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil (UTEG), Guayaquil, Ecuador
² Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador
scarrasquero@uteq.edu.ec, surbina@uteq.edu.ec

Resumen: El objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de un reactor por carga secuencial operado en el tratamiento de efluentes de una productora de helados. Se implementaron dos tiempos de 10 y 12 horas, una secuencia operacional anaerobia, aerobia y anóxica, y un tiempo de retención celular de 25 días. Los parámetros fisicoquímicos medidos fueron la demanda química de oxígeno total, nitrógeno amoniacal, nitritos (NO₂⁻), nitratos, ortofosfatos, fósforo total, pH y alcalinidad total al inicio, final de cada fase y salida del reactor para cada tratamiento evaluado. De acuerdo a los resultados obtenidos, los porcentajes de remoción de DQO_T estuvieron entre 89,8 y 94,6% para 10 y 12 h, respectivamente, sin diferencias estadísticamente significativas entre los tiempos aplicados. El SBR fue eficiente para la remoción de los nutrientes presentes en el efluente industrial, alcanzando una remoción máxima de nitrógeno total de 81,0% y de fósforo total de 51,0%.

Palabras clave: Efluentes lácteos, nutrientes, tratamiento biológico, reactores.

Abstract: The objective of this research was to evaluate the efficiency of a sequential batch reactor operating in the treatment of effluents from an ice cream producer. They implemented two times of 10 and 12 hours, an anaerobic, aerobic and anoxic operational sequence, and a cell retention time of 25 days. The physicochemical parameters measured were chemical total oxygen demand, ammoniacal nitrogen, nitrites, nitrates, orthophosphates, total phosphorus, pH and total alkalinity at the beginning, end of each phase and outlet of the reactor for each treatment evaluated. According to the results obtained, the percentages of COD removal were between 89.8 and 94.6% for 10 and 12 h, respectively, without statistically significant differences between the applied times. The SBR was efficient for the removal of the nutrients present in the industrial effluent, reaching a maximum removal of total nitrogen of 81.0% and total phosphorus of 51.0%.

Keywords: Dairy effluents, nutrients, biological treatment, reactors.

1. INTRODUCCIÓN

Los efluentes industriales se caracterizan por ser de composición muy diversa y compleja, debido a que se generan de sistemas productivos diferentes, donde las materias primas e insumos que se utilizan le proporcionan características particulares a cada tipo de agua residual generada; por lo tanto, es un desafío diseñar con facilidad un tratamiento que sea flexible y adaptable a la gama de contaminantes presentes en estos efluentes [1,2]

Los efluentes lácteos provienen de diferentes secciones de la industria láctea, como plantas de queso y mantequilla, plantas de helados y leche condensada, así como las plantas de recepción y embotellado de leche [3]. Los residuos producidos durante estos procesos de transformación, combinados con un gran consumo de agua, convierten a la industria láctea en una de las más contaminantes de la industria alimentaria [4].

La fabricación industrial de helados ocupa el primer puesto dentro del sector lácteo en el uso de agua por unidad de producto [5]. De hecho, el uso de agua es entre 4 y 5 L de agua por litro de leche transformada en helado. La generación de aguas residuales se produce por derrames accidentales, cambios de producto y protocolos de limpieza en la industria [6]. Los efluentes de la fabricación de helados pueden contener entre un 10 y 24 % de proteína y grasa en una base respectivamente [7]. Tal cantidad de material orgánico contribuye significativamente a la DBO_{5,20} y la DQO, que son aproximadamente 20 veces más altas que en efluentes domésticas [8].

Los vertidos residuales contaminantes del proceso de elaboración del helado proceden principalmente de los componentes de la leche como grasas, proteínas, azúcares y sales minerales, marcando alto carácter orgánico, en los cuales también influyen las operaciones de limpieza de equipos y superficies, aguas de refrigeración y condensado.

En general, el tratamiento de los efluentes de la fabricación requiere una combinación de varias operaciones, incluidas trampas de grasa, separadores de agua y aceite, sedimentación, tratamientos biológicos y químicos [9]. Se sabe que los aceites y grasas en los efluentes causan obstrucciones en el sistema de alcantarillado, provocando su desbordamiento y una reducción de su capacidad. Otra preocupación en estos efluentes es la variación en el pH debido a la presencia de compuestos aromatizantes, azúcar, proteínas, grasas emulsionadas, tensioactivos y agentes de limpieza residuales [7,10].

Los tratamientos aeróbicos, anaeróbicos y fisicoquímicos son ejemplos de tratamientos utilizados actualmente para los efluentes de la fabricación de helados. En este contexto, los reactores secuenciales por carga, que consisten en tanques, en los cuales ocurren en forma secuencial diferentes procesos de reacción y clarificación. Presentan como ventajas que son de fácil manejo, logran remover hasta un 90% de la DQO, requieren espacios reducidos para instalarlos y generan menor cantidad de subproductos que los tratamientos biológicos convencionales, como los sistemas de lodos activados con recirculación. Además, En este reactor único se logran la homogenización de caudales, la aireación y la sedimentación [11,12]

Es por ello que el objetivo de esta investigación fue evaluar la eficiencia de un reactor por carga secuencial operado bajo diferentes tiempos de ciclo operacional (8 y 10 h) en el tratamiento de efluentes provenientes de una planta productora de helados, para lograr la remoción simultánea de materia orgánica, nitrógeno y fósforo

2. METODOLOGÍA

Esta investigación se ubicó dentro del nivel integrativo, y comprende la modalidad más compleja de la investigación, teniendo como característica muy importante la participación del investigador en la modificación de las condiciones del objeto en estudio. Según Hurtado [13], el tipo de investigación es evaluativa, debido a que su objetivo general es evaluar los resultados de uno o más programas que han sido aplicados dentro de un contexto determinado, permitiendo estimar la efectividad del tratamiento SBR en aguas residuales lácteas.

La obtención del efluente se realizó en una fábrica procesadora de helados y postres lácteos del Estado Zulia, Venezuela. La recolección de los efluentes se realizó de acuerdo a los patrones establecidos en el Método Estándar [14], usando la metodología 1060 sobre la recolección de muestras y preservación. La recolección se realizó de manera manual a través de un muestreo aleatorio simple en las tanquillas ubicadas a la salida de la descarga de los efluentes. Los

muestréos se realizaron mensualmente tomando las aguas residuales de las empresas en recipientes limpios de plástico, de color oscuro, con capacidad de 20 – 25 L. Luego, las muestras se trasladaron al laboratorio, se caracterizaron y se almacenaron bajo refrigeración a 4°C, con el fin de garantizar sus características iniciales.

Para el tratamiento de los efluentes se utilizó un reactor cilíndrico de carga secuencial a escala de laboratorio, de 14,5 cm de diámetro y 26 cm de alto, con un volumen total del dispositivo de 4 L. El volumen efectivo de trabajo fue de 2 L, con 30% de biomasa adaptada y el resto agua residual. El reactor funcionó de manera automatizada para el llenado y descarga del agua a tratar mediante un sistema de bombeo con bombas peristálticas de un solo sentido de flujo (Cole-Parmer, modelos 77202-60 y 77201-60), con dispositivos reguladores de tiempo (Excelline, modelo GTC-E-120AS9) y sistemas independientes de agitación mecánica y suministro de oxígeno (Figura 1). Todo el efluente clarificado se extrajo del reactor durante la fase de descarga.

El reactor se inoculó con biomasa adaptada a las características del efluente. La entrada del afluente y la descarga del efluente del reactor se realizaron a través de tuberías flexibles de 6 mm de diámetro (Masterflex 06409-147), empleando bombas peristálticas de un solo sentido de flujo, con caudal constante de 93 mL/min para el llenado y descarga [15].

El sistema de agitación mecánica consistió de un motor monofásico de 15 W y 1300 rpm (General electric, modelo WR60X165), ensamblado a un eje de acero inoxidable con un aspa de cuatro alas que se sumergió dentro del agua residual y lodo (licor mezcla).

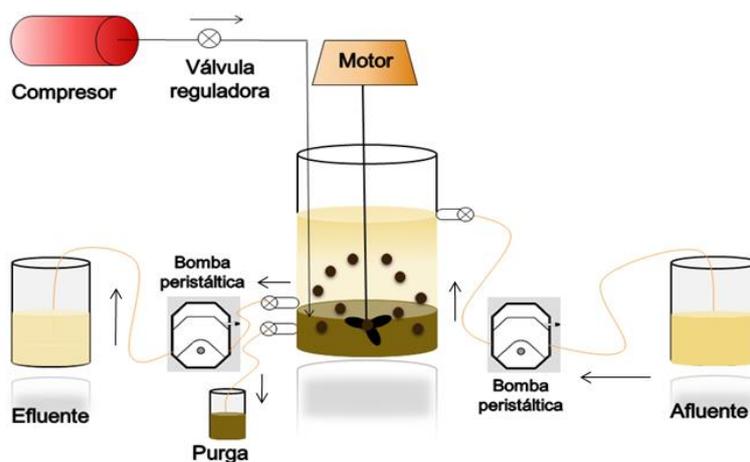


Figura 1. Descripción ilustrada del reactor por carga secuencial.

El aire se suministró a través de un compresor (SeaStar, modelo HX-308-20) conectado a una tubería flexible transparente de 5 mm, enlazada en serie con un dispositivo difusor dispuesto en el fondo del reactor de 45 cm de largo y 4 mm de diámetro. Este dispositivo suministró aire en forma ascendente a la mezcla contenida en el reactor, garantizando una concentración mínima de oxígeno disuelto durante la fase aeróbica de 2 mg/L [16].

Las muestras fueron tomadas al inicio, al final de cada ciclo operacional y a la salida del reactor. Los parámetros fisicoquímicos analizados fueron pH, DBO_{5,20}, DQO, alcalinidad total, nitrógeno total Kjeldahl, nitrógeno amoniacal, nitritos, nitratos y fósforo total. Cada muestreo se realizó en función de los análisis definidos para cada una de las fases del ciclo en estudio y se presentaron los análisis realizados en cada una de las etapas del ciclo evaluado.

Previo al tratamiento de los efluentes en el reactor, se realizó el ajuste del pH que consistió en adaptar el nivel de pH del agua a niveles óptimos (6,5 a 8,5). Este ajuste se realizó con hidróxido de sodio (NaOH) 6 N.

El tratamiento de los efluentes se realizó variando el tiempo de ciclo operacional (TCO), entre 10 y 12, con el fin de determinar el tiempo más eficiente, utilizando un tiempo de retención celular de 25 días. Para el TCO de 10 h se utilizó la siguiente secuencia operacional, la fase del llenado del reactor (0,25 h), una etapa anaeróbica (Ae) de 1,5 h, una fase aeróbica (Ae) de 5,0 h, una etapa anóxica (Ax) de 2,5 h, una fase de sedimentación de 0,5 h y la descarga del efluente tratado de 0,25 h. Para el tratamiento de 12 h, se utilizaron la misma secuencia, pero se alargó la fase aeróbica a 7,0 h.

El experimento se condujo mediante un diseño completamente al azar, con dos tratamientos de 12 repeticiones cada uno, los resultados de las remociones de las variables se compararon mediante un análisis de varianza de una sola vía y separación de medias a través de la prueba de Tukey, utilizando el programa estadístico SPSS, versión 20.0. Los resultados del resto de las variables evaluadas fueron presentados mediante estadística descriptiva señalando los valores de tendencia central (media) y su dispersión (desviación estándar).

3. RESULTADOS

Se evaluó la eficiencia de remoción de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el reactor por carga operado bajo dos tiempos de ciclo operacional (10 y 12 h). Se obtuvo que los porcentajes de remoción estuvieron entre 89,8 y 94,6%, sin diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los tiempos aplicados (Tabla 1).

Tabla 1. Eficiencia de remoción de DQO_T para los tratamientos evaluados en el efluente lácteo

Fase	T1	T2
Entrada	3024 ± 649	3110 ± 232
Fin Anaeróbica	1914 ± 530	1741 ± 607
Fin Aeróbica	621 ± 74	215 ± 32
Fin Anóxica	310 ± 21	166 ± 38
Salida	308 ± 11	175 ± 41
% Remoción de DQO_T	89,8 ± 2,2 ^a	94,3 ± 2,5 ^a

Nota: n: número de repeticiones. n: 12. T1: Tratamiento con un TCO de 10 h y T2: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional. Media seguida por letras distintas en cada columna indica diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Los perfiles de DQO realizados para cada tratamiento muestran una cinética de degradación de materia orgánica muy similar (Figura 2). La cinética de degradación siguió una reacción de pseudoprimer orden y puede ser representada matemáticamente por $\ln C = -k_b \cdot t + \ln C_0$. La constante de biodegradación promedio para los cuatro tratamientos realizados fue de $0,218 \pm 0,050 \text{ h}^{-1}$.

El sistema SBR fue usado originalmente para la eliminación de demanda química de oxígeno (DQO) de las aguas residuales. Con la introducción de la fase anaerobia se produce la liberación de fósforo por parte de los microorganismos, en la fase aerobia tiene lugar la nitrificación,

consumo de oxígeno y de fósforo; mientras que la desnitrificación ocurre en la siguiente fase anóxica. [17].

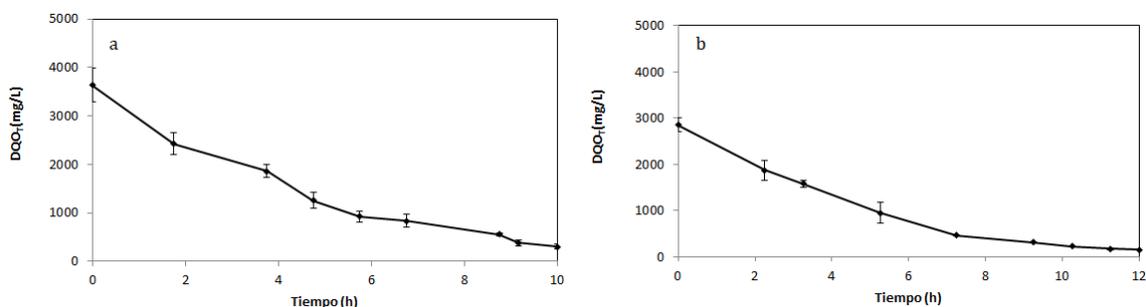


Figura 2. Evolución de la DQO_T durante los tratamientos realizados al efluente de la planta productora de helados.

En la Tabla 2 se presentan los resultados de las mediciones de NTK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ y NT. La remoción de NTK durante el tratamiento con 12 h osciló entre 92,6 y 95,2% (Tabla 3), permitiendo obtener las menores concentraciones a la salida del reactor (1,0 ± 0,1 mg/L).

La máxima eficiencia de nitrificación (99,0%) se obtuvo para el TCO de 12 h, el ciclo que tenía la fase aeróbica de mayor duración. Al final de esta fase, las concentraciones de nitrógeno amoniacal fueron menores a 0,1 mg/L y se obtuvieron las mayores concentraciones de nitratos (18,8 ± 7,4 mg/L). La eficiencia de desnitrificación varió entre 77,3 y 83,0%, no existiendo diferencias significativas (p>0,05) entre los valores obtenidos en cada uno de los tiempos evaluados.

Se observó que el pH disminuyó ligeramente durante la fase anaeróbica (Tabla 4), debido a que en esta fase ocurre la fermentación de la lactosa produciendo ácidos grasos orgánicos volátiles de cadena corta como ácido láctico, ácido butírico, acetilmetil-carbonil, entre otros.

Las concentraciones promedio de fósforo y ortofosfatos que se obtuvieron durante el tratamiento de los efluentes lácteos se presentan en la Tabla 5. La concentración de fósforo total a la entrada estuvo entre 7,96 y 7,94 mg/L, mientras que los valores a la salida del reactor estuvieron entre 4,26 y 3,76 mg/L, obteniéndose así porcentajes de remoción que oscilaron entre 30,4 y 51,2%.

4. DISCUSIÓN

Las eficiencias de remoción de DQO_T concuerdan con las reportadas por Mohseni y Bazari [18] de más del 90%, durante el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de leche en un SBR operado con una TRC de 20 días, un TCO de 7 h, y una concentración de DQO a la entrada de 2500 mg/L. De igual manera, se asemejan a las obtenidas por Lamine, Bousselmi, Ghrabi [19], Andrea y Arthy [11]. A medida que la concentración de DQO_T a la entrada presentó los valores mayores, se obtuvieron menores concentraciones de DQO_T a la salida, alcanzando por ende mayores porcentajes de remoción.

Tabla 2. Valores promedios de las concentraciones de NTK, N-NH₄⁺, N-NO₂⁻, N-NO₃⁻ en los tratamientos de los efluentes lácteos

Variable	Fase	T1	T2
NTK	Entrada	16,1 ± 1,0	16,5 ± 0,7
	Fin Anaeróbica	10,6 ± 2,3	11,3 ± 0,9
	Fin Aeróbica	1,9 ± 1,0	1,2 ± 0,3
	Fin Anóxica	1,6 ± 0,7	1,6 ± 0,9
	Salida	1,5 ± 0,3	1,0 ± 0,1
N-NH ₄ ⁺	Entrada	7,6 ± 3,5	10,4 ± 4,3
	Fin Anaeróbica	6,4 ± 2,8	9,7 ± 1,0
	Fin Aeróbica	0,6 ± 0,4	0,08 ± 0,01
	Fin Anóxica	0,8 ± 0,5	0,09 ± 0,01
	Salida	1,0 ± 0,3	0,09 ± 0,03
N-NO ₂ ⁻	Entrada	ND	ND
	Fin Anaeróbica	ND	ND
	Fin Aeróbica	4,6 ± 3,2	4,9 ± 3,7
	Fin Anóxica	ND	ND
	Salida	ND	ND
N-NO ₃ ⁻	Entrada	ND	ND
	Fin Anaeróbica	ND	ND
	Fin Aeróbica	15,4 ± 7,1	18,8 ± 7,4
	Fin Anóxica	1,5 ± 0,4	1,9 ± 0,6
	Salida	1,5 ± 0,3	1,9 ± 0,7
NT	Entrada	16,1 ± 1,0	16,5 ± 0,7
	Fin Anaeróbica	10,6 ± 2,3	11,3 ± 0,9
	Fin Aeróbica	21,9 ± 5,0	24,9 ± 4,4
	Fin Anóxica	3,1 ± 0,6	3,5 ± 0,6
	Salida	3,0 ± 0,5	2,9 ± 0,4

n: número de repeticiones. n: 12. ND: No detectable. Límite de detección: 1 mg/L. T1: 10 h y T2: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional.

Tabla 3. Valores promedios de la remoción de NTK, NT, eficiencias de nitrificación y desnitrificación obtenidos durante tratamientos de los efluentes lácteos

Variable	T1	T2
Remoción de NTK	90,7 ± 1,6 ^a	93,9 ± 1,3 ^a
Remoción de NT	81,4 ± 1,2 ^a	82,4 ± 1,4 ^a
Eficiencia de nitrificación	86,8 ± 9,8 ^b	99,1 ± 0,6 ^a
Eficiencia de desnitrificación	77,3 ± 7,3 ^a	81,7 ± 2,4 ^a

n: número de repeticiones. n: 12. T1: Tratamiento con un TCO de 10 h y T2: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional. Media seguida por letras distintas como superíndice en cada columna indica diferencias significativas según la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$).

Tabla 4. Valores promedios de pH y alcalinidad total obtenidos durante el tratamiento de los efluentes lácteos.

Variable	Fase	T1	T2
pH	Entrada	6,86 ± 0,14	6,75 ± 0,11
	Fin Anaerobia	6,79 ± 0,31	6,68 ± 0,25
	Fin Aerobia	7,28 ± 0,50	7,42 ± 0,15
	Fin Anóxica	7,50 ± 0,49	7,61 ± 0,28
	Salida	7,51 ± 0,40	7,62 ± 0,24
Alcalinidad total (mg CaCO ₃ /L)	Entrada	204 ± 41	238 ± 28
	Fin Anaerobia	284 ± 22	308 ± 25
	Fin Aerobia	347 ± 79	349 ± 33
	Fin Anóxica	395 ± 61	305 ± 44
	Salida	391 ± 54	353 ± 36

n: número de repeticiones. n: 12. ND: No detectable. Límite de detección: 1 mg/L. T1: Tratamiento con un TCO de 6 h. T2: 8 h. T3: 10 h y T4: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional.

La mayor remoción se obtuvo en la fase anaeróbica del ciclo operacional, debido a que ocurre el proceso de adsorción de la materia fácilmente biodegradable por parte de la superficie activa de la biomasa. En la etapa aeróbica siguiente, se observó una remoción gradual de la DQO, se infiere que en esta fase se está consumiendo la materia lentamente biodegradable, la cual está formada por moléculas de elevado peso molecular, sustancias coloidales y partículas sólidas. Por último, en la fase anóxica se obtuvo una disminución que siguió la misma tendencia de remoción de la fase aeróbica hasta finalmente hacerse constante la DQO, esto se debe a la fracción no biodegradable presente en el efluente.

Tabla 5. Valores promedios PT, P-PO₄⁻³ y eficiencias de remoción de PT, obtenidos durante los tratamientos de los efluentes de la planta productora de helados.

Variable	Fase	T1	T2
P-PO ₄ ⁻³	Entrada	5,54 ± 1,81	4,86 ± 0,61
	Fin Anaerobia	6,88 ± 1,03	6,59 ± 0,72
	Fin Aerobia	3,76 ± 0,67	3,68 ± 0,59
	Fin Anóxica	3,34 ± 0,55	3,47 ± 0,55
	Salida	3,37 ± 0,55	3,42 ± 0,59
PT	Entrada	7,96 ± 1,81	7,94 ± 0,52
	Salida	4,26 ± 0,53	3,76 ± 0,13
Remoción de PT (%)		45,4 ± 11,3 ^b	51,7 ± 3,6 ^a

n: número de repeticiones. n: 12. ND: T1: Tratamiento con un TCO de 6 h. T2: 8 h. T3: 10 h y T4: 12 h. TCO: Tiempo de ciclo operacional. Media seguida por letras distintas como superíndice en cada columna indica diferencias significativas según la prueba de Tukey (p≤0,05).

La caracterización el efluente de la planta productora de helados no presentó elevadas concentraciones de nitrógeno total, encontrándose por debajo de los límites establecidos por la normativa ambiental venezolana para descarga a cuerpos de agua [20]. Sin embargo, se cuantificaron las formas de nitrógeno para evaluar el desempeño del reactor en la remoción de nitrógeno a través de los procesos de nitrificación y desnitrificación que se dieron específicamente en las fases aeróbica y anóxica.

Para el NT, se observó el mismo comportamiento que para el NTK, los porcentajes de remoción (80,2 – 83,8 %) no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con 10 y 12 h, encontrándose valores a la salida del reactor de 2,5 – 3,5 mg/L. Estos valores cumplen con los límites máximos establecidos para la descarga a cuerpos de agua en normativas más estrictas que la venezolana a nivel internacional, tales como la normativa del consejo de comunidades de la Unión Europea [21] y la de Estados Unidos [22], que establece 10 y 8 mg/L, como límite máximo permisible, respectivamente

La máxima eficiencia de nitrificación (99,0%) se obtuvo para el TCO de 12 h, el ciclo que tenía la fase aeróbica de mayor duración. Al final de esta fase, las concentraciones de nitrógeno amoniacal fueron menores a 0,1 mg/L y se obtuvieron las mayores concentraciones de nitratos (18,8 ± 7,4 mg/L). La desnitrificación ocurrió sin adición de materia orgánica desde una fuente externa, sino por la utilización de la DQO remanente al final de la fase de aireación o el carbono endógeno, tal como se obtuvo para los tratamientos de los efluentes anteriores

Con respecto a los valores de pH, durante la fase aeróbica se produjo un aumento progresivo del pH hasta obtener una variación de 0,7 unidades, llegando el pH a 7,51. Al

final de la fase anóxica se produjo un aumento del pH atribuible a la generación de bicarbonato producto de la reacción entre el amonio y el CO₂ (alcalinidad por amonio).

Los efluentes de las industrias de productos lácteos presentan bajas las concentraciones de fósforo, proveniente en su mayoría de los detergentes y productos utilizados en la etapa de limpieza de los equipos, utensilios o zonas del proceso productivo [23]. La remoción de fósforo total fue mayor al aumentar el tiempo de ciclo operacional (TCO) en el reactor, obteniendo el mayor valor durante el tratamiento T4, con el mayor TCO empleado (12 h).

5. CONCLUSIONES

El efluente de la planta productora de helados es ligeramente ácido, con déficit de nutrientes (N y P) y con altas concentraciones de materia orgánica principalmente biodegradable (91,9% DQOBT).

Los tratamientos aplicados al efluente lácteo en el SBR con TCO entre 10 y 12 h, permitieron la remoción simultánea de nutrientes y materia orgánica, confirmando la flexibilidad del reactor para adaptarse a distintas condiciones de operación, obteniendo remociones superiores al 89,0% para la DQO_T, 81,0% para el NT y 51,0% para el PT.

El tratamiento en el reactor por carga secuencial generó un efluente cuya calidad cumple con lo establecido en la normativa venezolana para descarga a cuerpos de agua.

REFERENCIAS

- [1] Flapper, T.; Ashbolt, N.; Lee, A.; Lee, A.; Neil, O. "From the laboratory to full-scale SBR operation: treating high strength and variable industrial wastewaters". *Water Science and Technology*, vol. 43, no. 3, pp. 347-365, 2001.
- [2] Corbitt, R. *Manual de Referencia de la Ingeniería Medioambiental*. Madrid, España, Editorial McGraw Hill. 2003.
- [3] Navneet, K. Different treatment techniques of dairy wastewater. *Groundwater for sustainable development*, vol. 14, pp. 1006-40, 2021.
- [4] Santos, A., Marins, R., Quinta-Ferrera, R., Castro, L. Moving bed biofilm reactor (MBBR) for dairy wastewater treatment. *Energy Reports*, vol. 6, no. 8, pp. 340-344. 2020.
- [5] Abdelmoez, W., Nakahasi, T., Yoshida, H. Amino acid transformation and decomposition in saturated subcritical water conditions. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 46, pp. 5286-5294, 2007.
- [6] Kushwaha, J., Srivastava, V., Mall, I. An overview of various technologies for the treatment of dairy wastewaters. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 51, no. 5, pp. 442-452. 2011.
- [7] Enteshari, M., Martínez-Monteagudo, S. Subcritical hydrolysis of ice-cream wastewater: Modeling and functional properties of Inhibitory ability of angiotensin I-converting enzyme (ACE) of the produced hydrolysate after thermochemical process of hydrolysate. *Food and Bioproducts Processing*, vol. 111, pp. 104-113. 2018.
- [8] Demirel, B., Yenigun, O., Onay, T. Anaerobic treatment of dairy wastewaters: A review. *Process Biochemistry*, vol. 40, no. 8, pp. 2583-2595. 2005.

- [9] Ahmad, T., Aadil, R. M., Ahmed, H., Ur Rahman, U., Soares, B. C., Souza, S., Cruz, A. Treatment and utilization of dairy industrial waste: A review. *Trends in Food Science and Technology*, vol. 88, pp. 361–372, 2019.
- [10] Slavov, A. General characteristics and treatment possibilities of dairy wastewater—A review. *Food Technology and Biotechnology*, vol. 55, no. 1, pp. 14–28, 2017.
- [11] Andrea, J., Arthy, M. An investigation on the efficacy o MBR and SBR in reducing the organic contenido f wastewater. *Journal of pharmaceutical negative results*, vol. 13, no. 4, pp. 1-13, 2022.
- [12] Freitez, E., Márquez, A., Pire, M., Guevara, E., Pérez, S. Diseño, construcción y evaluación del desempeño de un reactor de carga secuencial para el tratamiento de aguas residuales de tenerías. *Revista Ingeniería UC*, vol. 26, no. 1, pp. 44-60, 2019.
- [13] Hurtado, J. *Metodología de la investigación*. Quinta edición. Caracas, Venezuela. 2008.
- [14] American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 21th Edition, Washington, D.C. USA. 2005.
- [15] Freytez, E., Pire-Sierra, M., Mujica, Y, Pire-Sierra, M. Eficiencia de remoción de materia orgánica en efluentes de tenerías usando un reactor por carga secuencial con biomasa granular. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, vol. 51, no. 2, pp. 117–131, 2017.
- [16] Carrasquero, S., Rodríguez, M., Bernal, J., Díaz, A. Eficiencia de un reactor biológico secuencial en el tratamiento de efluentes de una planta procesadora de productos cárnicos. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, Vol. 14, no. 1, pp. 22-33, 2018.
- [17] Muñoz, J. y Ramos, M. Reactores discontinuos secuenciales: Una tecnología versátil de aguas residuales. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 24, no. 1, pp-49 - 66. 2014.
- [18] Mohseni, A., Bazari, H. Biological Treatment of Dairy Wastewater by Sequencing Batch Reactor. *Iranian Journal of Enviroment Health Science and Engineering*, vol., no. 2, pp. 65-69, 2014.
- [19] Lamine, M., Bousselmi, L., Ghrabi, M. Biological treatment of grey water using sequencing batch reactor. *Desalination*, vol. 215, no. 1-3, pp. 127-132. 2007.
- [20] República de Venezuela. *Normas para la Clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y de los vertidos líquidos*. Gaceta No. 5021. Caracas, Venezuela. 1995.
- [21] Council of the European Communities. *Urban wastewater treatment directive 91/271/EEC*. 1991.
- [22] EPA. *Effluent limitations guidelines and new source performance standards for the meat and poultry products point source category*. 2004.

- [23] Sgarlatta, F., Tarditti, A. (2015). *Análisis de la planta de tratamiento de efluentes de lácteos San Basilio S.A.* Trabajo Especial de Grado para optar al título de Ingeniero Agropecuario. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina