

INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RETENCIÓN CELULAR SOBRE LA ELIMINACIÓN BIOLÓGICA DE NUTRIENTES

INFLUENCE OF THE TIME OF CELLULAR RETENTION ON THE BIOLOGICAL ELIMINATION OF NUTRIENTS

Jhonny Ali Palmero Rodríguez

Programa Ciencias del Agro y del Mar. Vicerrectorado de Planificación y Desarrollo Social. UNELLEZ- Barinas, Estado Barinas, Venezuela. E-mail: Jhonnypalmero@yahoo.es

Recibido: 02/01/16 Aceptado: 27/03/16

RESUMÉN

Se utilizó un reactor por carga secuencial (SBR), a escala laboratorio con el objeto de evaluar la influencia del tiempo de retención celular sobre la eliminación biológica simultánea de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en un efluente industrial proveniente de una industria avícola. El sistema SBR, se acondicionó para trabajar con diferentes fases anaeróbicas, aeróbicas y anóxicas en cada ciclo de tratamiento aplicado, de tal forma que permitiera determinar su influencia sobre la remoción simultánea de nutrientes. Durante todo el estudio se utilizó una edad de lodo (θ_c) de 7, 11, 17, y 20 días. Los parámetros medidos fueron demanda química de oxígeno (DQO), fósforo total (PT), nitrógeno amoniacal (N-NH₃), nitrógeno total Kjeldahl (NTK), nitritos (N-NO₂⁻), nitratos (N-NO₃⁻) y volátiles (SSV), al inicio, durante y al final de cada ciclo de tratamiento evaluado. Los porcentajes de remoción para la DQO mas altos se alcanzaron con edades de lodos de 7 y 17 días, los cuales fueron de 97.33 y 97.7%, mientras que la remoción del nitrógeno N-NH₄⁺, el porcentaje más elevado se detectó con una edad de lodo de 20 días (97.46%). La eficiencia de remoción del fósforo se vio muy afectada por la edad del lodo, el porcentaje mas alto se logró con una edad de lodos de 11 días (68.60%). Y el menor resultado se obtuvo con 20 días (18.1%).

Palabras clave: Edad de lodo, Tiempo de Retención Celular, Reactor Discontinuo Secuencial, Remoción biológica de nutrientes.

SUMMARY

A reactor was in use for sequential load (SBR), to scale laboratory in order to evaluate the influence of the time of cellular retention on the biological simultaneous elimination of organic matter, nitrogen and phosphorus in an effluent manufacturer proveniente of a poultry industry. The system SBR, it was conditioned to work with different phases anaeróbicas, aerobic and anóxicas in every cycle of applied treatment, in such a way that it was allowing to determine his influence on the simultaneous removal of nutrients. During the whole study was an age of mud in use (? C) of 7, 11, 17, and 20 days. The measured

parameters were a chemical demand of oxygen (DQO), total phosphorus (PT), nitrogen amoniacal (N-NH₃), total nitrogen Kjeldahl (NTK), nitrites (N-NO₂-), nitrates (N-NO₃-) and volatile (SSV), to the beginning, during and at the end of every cycle of evaluated treatment. The percentages of removal for the DQO mas high places were reached by ages of muds of 7 and 17 days, which were 97.33 and 97.7 %, whereas the removal of the nitrogen N - NH₄ +, the highest percentage was detected by an age of mud of 20 days (97.46 %). The efficiency of removal of the phosphorus met very affected by the age of the mud, the high percentage of mud was achieved by an age of 11 days (68.60 %). In addition, the proved minor was obtained with 20 days (18.1 %).

Keywords: Age of mud, Time of Cellular Retention, Discontinuous Sequential Reactor, biological Removal of nutrientes.

INTRODUCCIÓN

Muchos sectores industriales en particular la industria cárnica como los mataderos de aves utilizan grandes volúmenes de aguas para realizar sus operaciones de trabajo así como para mantener las condiciones higiénicas de la planta. Esto trae como consecuencia la producción de grandes volúmenes de aguas residuales las cuales deben ser sometidas a algún tipo de tratamiento con la finalidad de reducir la carga de contaminantes que contienen y convertirla en inocuas para el medio ambiente.

Las aguas residuales de la industria cárnica generan múltiples problemas de contaminación, presentan un alto contenido en materia orgánica, nitrógeno y fósforo. Es por ello que el vertido incontrolado de estos efluentes industriales produce un grave impacto en el medio acuático que los recibe. Estimulan el crecimiento de algas y otras vidas acuáticas fotosintéticas, el cual conduce a acelerar o incrementar la eutroficación. La eutroficación es un proceso en el que el agua se enriquece de estos nutrientes, estimulando el crecimiento de algas o plantas acuáticas y bacterias en la superficie, como es el caso específico del Lago de Maracaibo; el cual se ha visto afectado por el afloramiento de la *LemnaSp* que ha cubierto un alto porcentaje de las costas del lago, ocasionando problemas sociales, económicos y ecológicos. Esta situación crea la necesidad de buscar alternativas que contribuyan a la solución de este problema. Causado por la eutroficación.

La remoción del nitrógeno y fósforo en las aguas residuales industriales, puede ser llevada a cabo por varias configuraciones de procesos. Uno de los sistemas que recientemente ha demostrado un buen potencial y que han sido ampliamente utilizados para la eliminación de estos nutrientes son los Reactores por Carga Secuenciales (SBR).

Un SBR es un sistema de tratamiento de lodos activados, cuyo funcionamiento se basa en la secuencia de ciclos de llenado y vaciado. Los procesos unitarios que intervienen son idénticos a los de un proceso convencional de lodos activados. En ambos sistemas intervienen la aireación y la sedimentación-clarificación. No obstante, existe entre ambos una importante diferencia. En las plantas convencionales, los procesos se llevan a cabo simultáneamente en tanques separados, mientras que en los SBR, los procesos tienen lugar secuencialmente en el mismo tanque o reactor.

A los efectos, el objetivo del presente trabajo fue evaluar la influencia del tiempo de retención celular sobre la eliminación biológica de nutrientes, en un agua residual que se produce durante el procesamiento industrial de pollos, utilizando un SBR a escala de laboratorio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Características del Reactor Discontinuo Secuencial (SBR).

El tanque del reactor consistió en un cilindro de vidrio de 41cm de altura y 16.5cm de diámetro con una capacidad de 6 litros y un volumen de trabajo de 5 litros. El sistema de carga y descarga del agua tratada, estuvo constituido por un sistema de bombeo con dos bombas peristálticas (Cole Parmer Instrument Company , modelo 7554-80), mediante un arreglo de olivas dispuestas al 25% y 83.33% de la altura, con diámetros de 17mm cada una. El sistema cuenta además con una oliva de 17mm de diámetro en el fondo para la purga del lodo en exceso el cual se retiró con otra bomba peristáltica (Cole Parmer Instrument Company, modelo 7553-80). El sistema de aireación estuvo integrado por un compresor de 5HP, conectado a un sistema de difusión de aire, que consistió en un arreglo de un tubo de vidrio de 0.6cm de diámetro conectado a una manguera perforada y dispuesta en forma de circunferencia. El sistema de mezclado estuvo integrado por un mezclador de acero inoxidable con un eje de 47cm, provisto de una hélice de cinco hojas de 10cm de diámetro y conectado a un motor (Cole Parmer Instrument Company, System Modelo 7553-70) de 6 a 600rpm.

Lodo activado y agua residual.

El lodo utilizado fue obtenido de la planta de tratamiento de aguas residuales de la cervecería polar ubicada en el municipio San Francisco, Estado Zulia. El lodo se aclimató a las condiciones del sistema en estudio, realizando procesos (ciclos) continuos de carga y descargas de agua residual industrial. Dichos procesos involucraron etapas de aireación, mezclado, reposo y purga, a fin de estabilizar el lodo a las condiciones de trabajo. El agua residual que se utilizó en el experimento provino de una planta procesadora industrial de pollos de la ciudad de Maracaibo, Estado Zulia.

Proceso de tratamiento.

El proceso de tratamiento del agua residual estudiada constó de las etapas características para un reactor discontinuo secuencial: etapa de llenado o alimentación para cargar el reactor con agua residual industrial; fase anaeróbica, en la que se suministra agua residual al reactor con el lodo, sin proporcionar aire y agitación al sistema; fase aeróbica, en la que se inyecta aire y agitación al sistema para mezclar el lodo y el agua residual; fase anóxica para mezclar, sin incorporar aire al sistema; etapa de sedimentación, en la que el lodo sedimenta por acción de la gravedad y se separa del agua residual tratada, obteniéndose un sobrenadante clarificado; y etapa de vaciado en la que se retira el agua residual tratada a través del sistema de descarga y la etapa de purga, para extraer el lodo en exceso del sistema. Durante el estudio se trabajó con diferentes edades de lodos y tiempos de retención hidráulicos, de acuerdo con (Akin y Ugurlu, 2005).

Toma de muestras en el reactor.

Las muestras fueron tomadas al inicio, durante y al final de cada ciclo de tratamiento evaluado. Cada muestreo se realizó en función de los análisis definidos para cada una de las etapas y fases del ciclo en estudio. La Tabla 1 muestra los análisis realizados en cada una de las fases y etapas del ciclo evaluado.

Tabla 1. Análisis realizados en cada una de las fases y etapas de un ciclo de tratamiento.

Etapas y fases del ciclo	Parámetros analizados
Alimentación	DQO, PT, NTK, N-NH ₃ , N-NO ₂ ⁻ , N-NO ₃ ⁻
Fase anaeróbica	DQO, P-PO ₄ ⁻ , N-NH ₃ , N-NO ₂ ⁻ , N-NO ₃ ⁻
Fase aeróbica	DQO, P-PO ₄ ⁻ , N-NH ₃ , N-NO ₂ ⁻ , N-NO ₃ ⁻ , SSV
Fase anóxica	DQO, P-PO ₄ ⁻ , N-NH ₃ , N-NO ₂ ⁻ , N-NO ₃ ⁻
Salida	DQO, PT, NTK, N-NH ₃ , N-NO ₂ ⁻ , N-NO ₃ ⁻

Fuente: Elaboración propia, en base en lo planteado por APHA-AWWA-WEF (1999).

Ciclos de operación del reactor.

Los ciclos de operación del SBR fueron similares a los reportados en la literatura para aplicaciones similares. En el estudio se varió el tiempo de retención hidráulico y los tiempos de las fases anaeróbicas, aeróbicas y anóxicas, con la finalidad de determinar su influencia sobre la remoción de carbono, nitrógeno y fósforo. Tomando como base algunas investigaciones recientes (Satoshi et al, 2006; Cárdenas, C; Perruolo, T., Tarre, Y., Flores, K., Trujillo, A., Saules, L., Araujo, I., Yabroudi, S. 2006) se definieron los 11 tipos de ciclos de trabajo que se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Ciclos evaluados.

Ciclo	Duración de las fases (h)			Edad del lodo (Días)
	Fase <u>Anaeróbica</u>	Fase <u>Aeróbica</u>	Fase <u>Anóxica</u>	

1	0	24	0	17
2	0	14	9	17
3	0	7	4	11
4	3	7	1	11
5	3	7	1	17
6	3	7	1	20
7	3	7	1	7
8	3	7.5	0.5	11
9	3	6	2	11
10	3	5	3	11
11	2	6	3	11

Fuente: Elaboración propia, basado en Cárdenas et al, (2006).

Muestreo del agua residual cruda

Se realizaron muestreos compuestos cada 15 días de forma aleatoria simple, las muestras fueron tomadas de un tanque que se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la empresa, el cual es alimentado mediante una tubería de plástico de 4" de diámetro con agua residual proveniente del proceso de sacrificio de pollos. Las muestras fueron colectadas en recipientes de polietileno de 22 litros de capacidad, y transportadas al laboratorio del Departamento de Ingeniería Sanitaria y Ambiental (DISA) de la universidad del Zulia y preservadas a una temperatura de 4°C.

Variables registradas y métodos de análisis.

Todas las propiedades físico - químicas del agua residual industrial y del licor mezcla fueron determinadas empleando los métodos analíticos incluidos en el Standard Methods para análisis de aguas y aguas residuales de la APHA-AWWA-WPCF, 19 edición de 1998.

RESULTADOS Y DISCUSION

Durante todo el estudio se utilizó una edad de lodos de 7, 11, 17, y 20 días, con unos tiempos de retención hidráulicas de 12 y 24 horas, todos bajo diferentes condiciones de

operación. Las variaciones de las eficiencias de las remociones de la DQO con la edad del lodo se describen en la Fig.1, en ella se observa que los porcentajes de remoción estuvieron todos por encima del 90%, con algunas pequeñas diferencias, sin embargo los más altos se alcanzaron con edades de lodos de 7 y 17 días, los cuales fueron de 97.33 y 97.7% respectivamente. Estos resultados son muy similares a los obtenidos por Kargi y Uygur (2002), los cuales utilizaron edades de lodos de 10, 15, y 25.

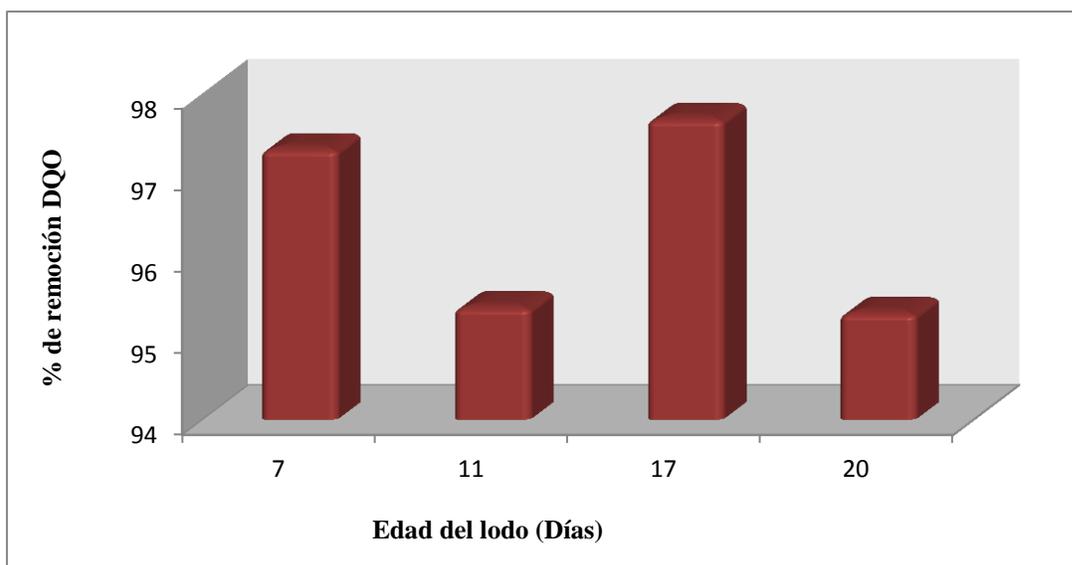


Fig. 1. Variación de la eficiencia de la DQO

O en función de la edad del lodo.

Fuente: Elaboración propia, basado en Kargi y Uygur (2002).

Con respecto a la remoción del nitrógeno $N- NH_4^+$, el porcentaje más elevado se detectó con una edad de lodo de 20 días (97.46%), mientras que el menor valor fue de 76.35% con un tiempo de retención celular de 11 días, esto se puede apreciar en la Fig. 2, la cual indica que la variación de las eficiencias de remoción del nitrógeno $N- NH_4^+$ varía en función de la edad del lodo. La edad de lodo es un factor crítico para el establecimiento de una población variable de bacterias nitrificantes (Louzeiro et al, 2002). Las bacterias nitrificantes crecen y se reproducen lentamente, por lo que edades de lodos altas favorecen la nitrificación. Para garantizar una nitrificación completa se requieren edades de lodos entre 12 y 20 días (Romero, 2000). Sin embargo, Kargi y Uygur (2002) reportaron altas

eficiencias en remoción de nitrógeno, con edades de lodo entre 10 y 15 días.

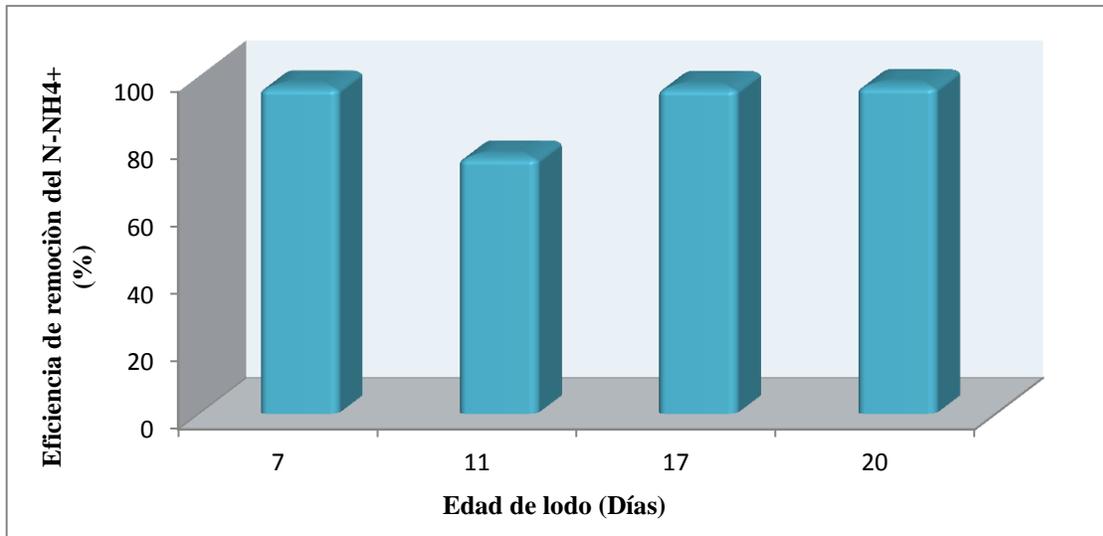


Fig. 2. Variación de la remoción del nitrógeno N- NH₄⁺ en Función de la edad del lodo.

Fuente: Elaboración propia, basado en Kargi y Uygur (2002).

La eficiencia de remoción del fósforo se vio muy afectada por la edad del lodo (Fig.3), el porcentaje más alto se logró con una edad de lodos de 11 días (68.60%). Y el menor resultado se obtuvo con 20 días (18.1%). Estos resultados contrastan con los reportados por Li et al, (2008) quienes utilizando aguas residuales de un matadero de la industria porcina, lograron alcanzar 99% de remoción con un tiempo de retención celular entre 20 y 30 días. Otros autores también obtuvieron altos porcentajes de remoción (88%), con una edad de lodos de 30 días (Casellas et al, 2006).

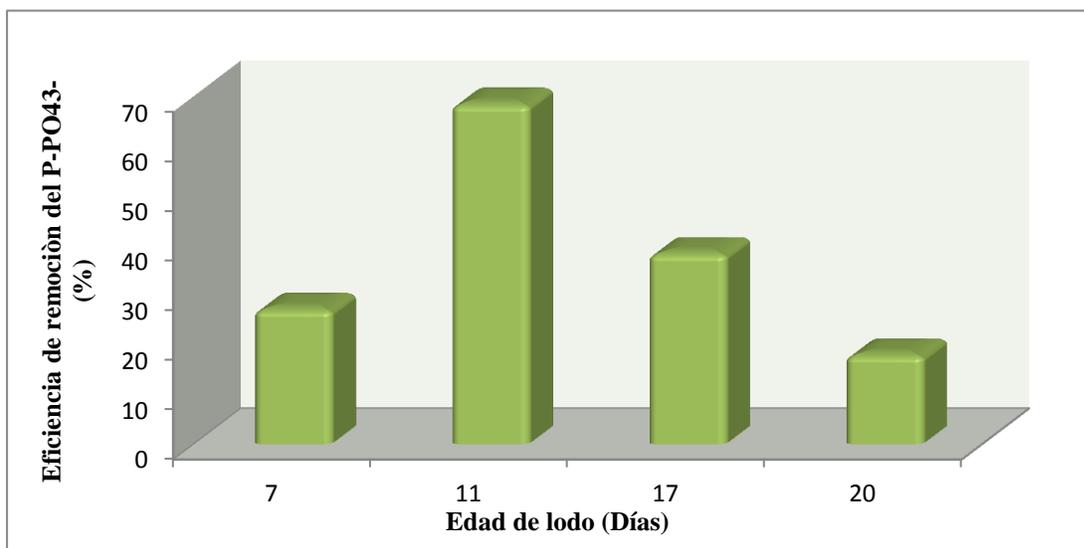


Fig. 3. Variación

de la eficiencia de remoción del fosfato en función de la edad del lodo.

Fuente: Elaboración propia, basado en Kargi y Uygur (2002).

La Fig.4, muestra la variación de la concentración de la biomasa en función de la edad del lodo, en ella se observa como la biomasa se va incrementando gradualmente a partir del día 7, este incremento posiblemente sea producto de la sedimentación y de la síntesis celular. La concentración de biomasa de 2000mg/L con 7 días aumentó a 3900 mg/L con 20 días de tiempo de retención celular.

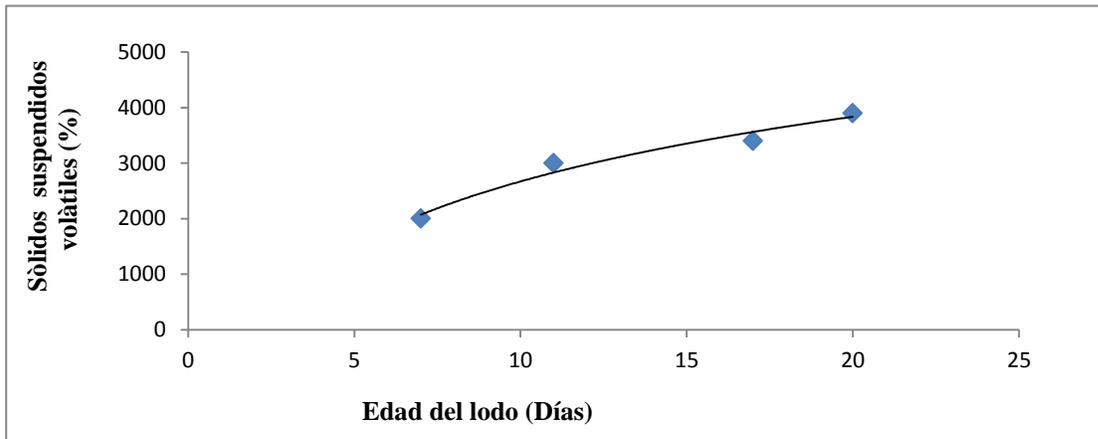


Fig. 4. Variación de la concentración de los SSV en función de la Edad del lodo.

Fuente: Elaboración propia, basado en Kargi y Uygur (2002).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akin, B.S; Ugurlu, A. (2005). Monitoring and of biological nutrient removal in a sequencing batch reactors. *Process Biochemistry*, 40, 2873 – 2878

APHA-AWWA-WEF. (1999). *Standar methods for examination of water and wastewater*. 20^a ed. American Public Health Association. Nueva York, EEUU. 1427 pp.

Cárdenas, C., Perruolo, T., Tarre, Y., Flores, K., Trujillo, A.,Saules, L., Araujo, I., Yabroudi, S. (2006). Remoción de nutrientes en un reactor discontinuo secuencial. *Iterciencia*, 31(11), 787-793.

- Casellas, M., Dagot, C., Baudu, M. (2006). Set up and assessment of a control strategy in a SBR in order to enhance nitrogen and phosphorus removal. *Process Biochemistry*, 41, 1994-2001.
- Kargi, F., Uygur, A. (2002). Nutrient removal performance of sequencing batch reactors as a function of the sludge age. *Enzyme and Microbial Technology* 31, 842-847.
- Li, J., Healy, M., Zhan, X., Rodgers, M. (2008). Nutrient removal from slaughterhouse wastewater in an intermittently aerated sequencing batch reactor. *Bioresource Technology*, 99 (16), 1-7.
- Louzeiro, N., Mavinic, D., Oldham, W., Meisen, A., Gardner, I. (2002). Methanol-induced biological nutrient removal kinetics in a full-scale sequencing batch reactor. *Water res*, 36, 2721-2732.
- Romero, J. (2000). Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño. 1^a ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia. 277.
- Satoshi, T., Takashi, O., Koichi, S., Akira, H. (2006). Simultaneous nitrogen and phosphorus removal using denitrifying phosphate-accumulating organisms in sequencing batch reactor. *Biochemical Engineering Journal*, 27, 191-196.