

USO DE UN REACTOR POR CARGA PARA EL TRATAMIENTO DE LOS EFLUENTES DE UNA INDUSTRIA LÁCTEA

Carmen H. Cárdenas de Flores: Ingeniera Química, Universidad del Zulia (LUZ) 1977. Maestría en Ingeniería Ambiental (LUZ) 1990. Especialista en el área de tratamiento de Aguas Residuales. Profesora titular de la Escuela de Ingeniería Química de LUZ. Directora del Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia desde 1996.

Luis Cabrera: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Alí Acurearo: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Tomás Perruolo: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Lenín Herrera: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Alberto Trujillo: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Suher Yabroudi: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Luisa Saules: Centro de Investigación del Agua de la Universidad del Zulia.

Centro de Investigación del Agua Ciudad Universitaria, Lagunas de Oxidación. Maracaibo – Venezuela. Teléfonos: (058-061) 597182 - 597181 (Fax) - 597195 (Oficina) - Apartado 98, e-mail: yabroudic@yahoo.com, chcarden@luz.ve

RESUMEN

Se estudió el comportamiento de un Reactor Secuencial Discontinuo (SBR) a escala de laboratorio utilizando lodos activados generados en la planta de reutilización de aguas servidas. Se evaluó la eficiencia del SBR determinando la remoción de la materia orgánica; Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, y de los nutrientes; Fósforo Total, Nitrógeno Total Kjedhal y Nitrógeno Amoniacal. Se estableció un tiempo de retención de 24 horas y se fijó una edad de lodo de 5 días, midiendo los parámetros antes mencionados durante 25 ciclos. Los resultados de las evaluaciones demostraron la eficiencia del SBR para trabajar este tipo de efluente, obteniéndose los siguientes valores de remoción en el reactor: 79 % para la DQO, 94 % para la DBO, 45 % para el Fósforo Total, 75 % para el Nitrógeno Total Kjedhal y 85 % para el Nitrógeno Amoniacal.

Palabras Claves: reactor secuencial discontinuo, efluentes lácteos

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se propuso el tratamiento de los efluentes generados por una industria fabricante de productos lácteos. Para tal fin, se estudió el comportamiento de un Reactor Secuencial Discontinuo (SBR) a escala de laboratorio, utilizando lodos activados generados en la planta de aguas residuales domésticas, ubicada en PEQUIVEN, Municipio Miranda del Estado Zulia. Se evaluó la eficiencia del reactor determinando la remoción de la materia orgánica; Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), y de los nutrientes; Fósforo Total (FT), Nitrógeno Total (NTK) y Nitrógeno Amoniacal (NH_3^+). Se estableció un tiempo de retención del efluente en el reactor de 24 horas, y se fijó una edad de lodo de cinco días; las mediciones de los parámetros se llevaron a cabo durante 25 ciclos.

METODOLOGÍA

Se realizaron una serie de pruebas preliminares como fueron la caracterización del efluente y pruebas de neutralización para el ajuste de pH. Para ello se tomó en la industria de lácteos una muestra compuesta del mismo, tomando en cuenta la metodología descrita en el "Standard

Methods for the Examination of water and Wasterwater” 20 th Edition, 1999. Luego de la realización de las pruebas preliminares se procedió a la instalación del reactor en el Laboratorio del Centro de Investigación del Agua (CIA) de la Universidad del Zulia. El reactor utilizado esta compuesto por un tanque fabricado con fibra de vidrio de forma rectangular con un volumen de 34 litros, y por un sistema de aireación que consta de un compresor de aire con una potencia de 2 HP y un difusor para peceras de 25 cm de longitud flexible y moldeable, el cual se colocó en el fondo del tanque para lograr una efectiva difusión del aire en el reactor (Metclaf & Eddy, 1985; Carballo, 2001).

Una vez instalado el reactor se realizó la siembra del lodo. Se tomó un volumen de lodo proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas por lodos activados igual a 23 litros, el cual fue sometido a un periodo de aclimatación con el efluente a tratar. Para esto se adicionaba diariamente una combinación de aguas residuales domésticas (Aguas Negras) y el efluente lácteo, midiéndose la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y la concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV). De esta manera se aumentaba la cantidad del efluente lácteo agregado con respecto a las aguas negras, si se observaba un aumento o un mantenimiento de la concentración de sólidos en el reactor, hasta que se alcanzó cargar el mismo con un 100 % del efluente lácteo, lo cual indicó la adaptación de los microorganismos (Rivas, 1975; Romero, 2000).

En la etapa experimental, se procedio ha ajustar el pH del efluente en un rango que variaba entre 7.5 y 8.5 y posteriormente ser sometido a 20 horas de aireación continua con el lodo activado, tomando luego 4 horas para la sedimentación y la extracción del agua tratada. Para la edad de lodo fijada en 5 días se extraían diariamente 4.6 litros de licor de mezcla. También se medió diariamente la concentración de Sólidos Suspendidos Totales (SST) y la concentración de Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV) en el licor de mezcla, y se tomaron muestras a la entrada y salida del reactor para determinar la remoción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Fósforo Total (PT), Nitrógeno Total (NTK) y Nitrógeno Amoniacal (NH_3^+).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización indican que estos efluentes: son ligeramente ácidos (pH = 6.04); tienen una elevada carga orgánica (DBO = 17333 mg/l y DQO = 33059 mg/l); elevada concentración de sólidos suspendidos (7090 mg/l) y considerable presencia de sólidos sedimentables (12.0 mg/l); elevada concentración de Fósforo total (101.6 mg/l) y Nitrógeno total (74.3 mg/l); alta concentración de aceites y grasas (70.0 mg/l); alta concentración de cloruros (46200 mg/l); alta concentración de sulfuros (13.5 mg/l). Estas características definen a estos efluentes como contaminantes, los cuales no pueden ser descargados al ambiente (cuerpos de agua y suelo) sin recibir un tratamiento previo. La relación DBO/DQO ($17333/33059 = 0.52$) favorece el uso de tratamiento biológico, ya que este valor es menor a la unidad. Debido al carácter ácido de estos efluentes, se procedió a realizar ensayos de neutralización. Esto consistió en adicionar Hidróxido de Sodio (NaOH 1 N) hasta conseguir la mayor cantidad de sólidos precipitados, tomando en consideración que el pH óptimo para el tratamiento biológico oscila entre (6.5 – 8.5). Seguida la metodología descrita anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados a la entrada y a la salida del Reactor para la remoción de materia orgánica y nutrientes.

Sólidos Suspendidos Totales y Volátiles (SST, SSV): Estos dos parámetros se midieron a lo largo de la fase experimental para cuantificar y mantener un control de la concentración de biomasa en el sistema. A lo largo de la etapa de aclimatación del reactor no hubo extracción del lodo activo del sistema, puesto que al ir aumentando el volumen del efluente lácteo para dicha aclimatación, era necesario observar el comportamiento de la concentración de la biomasa, es decir, verificar si estaba creciendo o por lo menos manteniéndose. Posteriormente del proceso de aclimatación, es decir, a partir que el reactor se cargo con un 100 % del efluente y en el momento en que se comenzaron a realizar los análisis, se procedió a fijar una edad de lodo de 5 días, es decir, 4.6 litros de licor extraído por día, ya que la bibliografía recomienda una edad de lodo por debajo de 6 días para evitar el desarrollo de microorganismos de lento crecimiento que originan la

formación de espumas, observándose una estabilidad en la concentración de los sólidos, tanto los totales como en los volátiles, obteniéndose un valor promedio de 6273.33 mg/L y 4471.67 mg/L respectivamente. En lo que respecta a los porcentajes de SSV, se obtuvo un valor promedio de 71.28 % para una edad de lodo de 5 días (Sandoval *et al.*, 1986).

Demanda Química de Oxígeno (DQO): El seguimiento de este parámetro fue de suma importancia ya que permitió controlar el comportamiento de la carga orgánica del efluente. Es necesario señalar que el valor promedio para la salida se encuentra muy por encima del nivel máximo permitido en la Gaceta Oficial de Venezuela para vertidos de líquidos a cuerpos de agua el cual se ha fijado en 350 mg/L. Sin embargo, este será el valor de entrada que se tomara en cuenta para el diseño de las lagunas de oxidación como tratamiento posterior al reactor por carga, las cuales disminuirán aún más la DQO y servirán en el sistema de tratamiento para el pulimento del efluente (Griberio, 1999). El porcentaje de remoción promedio alcanzado fue de 79.34 % . Cabe destacar que este valor de remoción es bastante aceptable tomando en cuenta la elevada carga orgánica del efluente.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Estos análisis dieron como resultado un valor promedio de 6592.59 mg/L para la entrada y 358.99 mg/L para la salida. Al igual que para la DQO se puede resaltar que estos valores de remoción son bastante elevados si consideramos lo alto que son los valores de la DBO a la entrada del reactor. Así mismo aunque el valor promedio de salida para la DBO sigue siendo bastante alto (358.99 mg/L), y todavía esta por encima que el permitido por la Gaceta Oficial de Venezuela para vertidos líquidos a cuerpos de agua el cual es de 60 mg/L, debemos mencionar que es un valor de entrada aceptable para el posterior diseño de las lagunas de oxidación, el cual también forman parte del sistema de tratamiento.

Tabla 1. VALORES OBTENIDOS A LA ENTRADA Y SALIDA DEL REACTOR

Parámetros	Entrada (mg/L)	Salida (mg/L)	% de remoción
DQO	11965.10	2492.62	79.34
DBO	6592.59	358.99	94.66
NTK	38.45	9.66	75.06
NH ₃ ⁺	30.44	4.53	85.85
FT	54.84	29.76	45.85

Nitrógeno Total y Amoniacal: Los valores de Nitrógeno total evaluados a la entrada y a la salida del reactor se presentan en la tabla 1. Los valores promedios fueron de 38.45 mg/L para la entrada y 9.66 mg/L para la salida. Es importante destacar los valores de Nitrógeno Total a la salida del reactor se encuentran por debajo del límite máximo permitido en la Gaceta Oficial de Venezuela para vertido de líquidos a cuerpos de agua el cual se ha fijado en 40 mg/L En cuanto a los valores de Nitrógeno Amoniacal evaluados a la entrada y a la salida del reactor (Tabla 1) reflejan la elevada conversión de este a Nitritos y Nitratos, y por consiguiente la efectividad de las bacterias nitrificantes que componen el lodo activado utilizado en el proceso.

Fósforo Total: Como se observa en la tabla 1 el valor promedio a la salida del Reactor fue de 29.76 mg/L, el cual se encuentra muy por encima del límite máximo permitido en la Gaceta Oficial del Venezuela para vertidos de líquidos a cuerpos de agua el cual es de 10 mg/L. Es importante señalar que aunque dicho valor está por encima del límite permitido, este será el valor de Fósforo

Total que se tomará a la entrada de las lagunas de oxidación, las cuales servirán como una etapa de pulimento del sistema de tratamiento, y en el cual se estima que se produzca una considerable reducción del Fósforo Total.

CONCLUSIONES

Se obtuvo una eficiente remoción de la materia orgánica, 79.34 % para la DQO, y 94.66 % para la DBO; esto pese a los elevados valores que presentan los mismos en el efluente generado en la empresa, si los comparamos con otros tipos de efluentes como aguas residuales domésticas. Por lo que podemos concluir que el uso de un Reactor Secuencial Discontinuo es un sistema de tratamiento eficaz para este tipo de efluentes.

En cuanto a la remoción de nutrientes la investigación arrojó que para el Fósforo Total fue de 45.85 %, para el Nitrógeno Total fue de 75.06 %, y para el Nitrógeno Amoniacal fue de 85.85 %. Estos valores representan también una excelente eficiencia del Reactor para la eliminación de nutrientes.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda estudiar la eficiencia de remoción del Reactor fijando otros tiempos de retención.
- Evaluar la concentración de Sólidos en el efluente a la entrada y a la salida del Reactor.
- Controlar de manera más eficiente la concentración de Oxígeno Disuelto en el Reactor para mantenerlo por encima de 2 mg/L.
- Se sugiere colocar una unidad de tratamiento posterior al Reactor como pueden ser Lagunas de estabilización u otro Reactor, ya que pese a los buenos resultados obtenidos en esta investigación en cuanto a la remoción de la materia orgánica, estos siguen elevados y no cumplen con los requerimientos de la normativa legal vigente establecida en la República Bolivariana de Venezuela.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Sandoval M; Taborda C; Beauchamp M. (1986) **“Evaluación de la eficiencia de la planta de tratamiento de residuos líquidos de la industria láctea San José. C.A.”** Trabajo especial de grado. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Civil. Universidad del Zulia.

Griborio A. (1999) **“Diseño preliminar para el tratamiento de efluentes lácteos y cárnicos.”** Trabajo especial de Postgrado. Ingeniería Ambiental. Universidad del Zulia.

Núñez J; Villalobos R. (2001) **“Tratamiento anaeróbico de afluentes de una industria láctea mediante un reactor UASB.”** Trabajo Especial de Grado. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Química. Universidad del Zulia.

Carballo G. (2001) **“Aplicación de un Reactor Discontinuo Secuencial en el tratamiento de efluentes lácteos.”** Facultad de Ingeniería. Instituto de Ingeniería Química. Montevideo, Uruguay. 2001.

Metclaf & Eddy (1995). **“Ingeniería de aguas residuales, tratamientos, vertidos y reutilización.”** 1^{ra} Edición, Madrid, Caracas, Mc. Graw Hill, Vol. 2.

Rivas G. (1975) **“Tratamiento de aguas residuales.”** 2^{da} Edición. Ediciones Vega. España – Madrid.

Romero J. (2000) **“Tratamiento de agua residuales. Teoría y principios de diseño.”** 1^{ra} Edición. Centro editorial, Escuela Colombiana de Ingeniería. Colombia, Santafé de Bogotá.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. (1999) 20 th Edition.

GACETA OFICIAL DE LA REPUBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA. Normas para la clasificación y el control de la calidad de los cuerpos de agua y vertidos por efluentes líquidos. Gaceta N° 5021. Decreto 883.

