

Evaluación del sistema de lagunas de oxidación en la industria productora de azúcar Urbano Noris

Rosalía de la Caridad Esquivel-Figueroa^{1*}, Odalis Isabel Figueroa-Sánchez¹, Yaimet Victoria Téllez-Pol² y Rafael Rodríguez-Macfarlane²

1: Universidad de Holguín, Avenida Libertadores # 287 Holguín, Cuba.

* rosaliaef92@nauta.cu

2. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, Sede Holguín. Carretera Central y circunvalación, km 769, Vía Habana, Holguín, Cuba.

RESUMEN

El central azucarero Urbano Noris, empresa agroindustrial desarrolló un estudio que cuenta con un sistema de lagunas de oxidación compuesto por una laguna anaeróbica y dos facultativas con el objetivo de determinar la eficiencia en el tratamiento a los residuales líquidos generados por la empresa. La evaluación se realizó en el período comprendido entre el año 2016 y 2019, con la caracterización de los efluentes de entrada y salida de la primera laguna de estabilización. Se demostró que el funcionamiento del sistema de tratamiento tiene una eficiencia de 16.67 % y 11.76 % para los parámetros de la demanda bioquímica (DBO_5) y química de oxígeno (DQO), respectivamente. Además, la falta de mantenimiento y la pérdida de la interconexión de las lagunas, entre otros factores, influyen en el mal funcionamiento del sistema de tratamiento.

Palabras clave: lagunas de oxidación, tratamiento de residuales líquidos, eficiencia.

ABSTRACT.

The sugar mill Urbano Noris, in which the present study was carried out, has an oxidation lagoon system composed of an anaerobic lagoon and two facultative. The objective was to determine the efficiency of the liquid waste treatment. The evaluation was carried out in the period between 2016 and 2019, with the characterization of the input and output effluents of the first stabilization lagoon. It was shown that the operation of the treatment system has an efficiency of 16.67% and 11.76% for the parameters of biochemical (DBO_5) and oxygen chemistry demand (DQO) respectively. In addition, the lack of maintenance and the interconnection of the lagoons are the main factors that influence the bad function of the treatment system.

Key words: oxidation lagoons, liquid waste treatment, efficiency.

INTRODUCCIÓN

El agua es uno de los recursos naturales que se encuentra en mayor cantidad en el planeta, es la base fundamental para la existencia de todo tipo de vida. Es ampliamente utilizada en todas las actividades humanas, tanto industriales como domésticas, por ello, es también, uno de los medios más contaminados. Las descargas de efluentes de una variedad de actividades de origen antropogénico han provocado la contaminación de ríos, lagos y otros cuerpos de agua; a su vez, el acelerado crecimiento poblacional y la expansión de las zonas urbanas, ha incrementado el impacto negativo sobre los recursos hídricos (1).

La calidad del agua es una preocupación en todo el mundo. Las fuentes de agua potable están bajo la amenaza creciente de la contaminación, con consecuencias de gran alcance para la salud y para el desarrollo económico y social de comunidades y naciones (2).

El plan del estado para el enfrentamiento al cambio climático: La Tarea Vida, se interesa por el cuidado y uso racional de este preciado recurso y plantea “asegurar la disponibilidad y el uso eficiente del agua como parte del enfrentamiento a la sequía a partir de la aplicación de tecnologías para el ahorro y la satisfacción de las demandas locales. Elevar la infraestructura hidráulica y su mantenimiento, así como la introducción de acciones para la medición de la eficiencia y productividad del agua” (3).

Uno de los sectores que genera gran cantidad de residuales líquidos es el cañicultor. Este recurso abastece todos los procesos productivos y, también, es cuerpo receptor de las aguas residuales, al final de los procesos de producción de azúcar (4).

A pesar de esto, la producción de azúcar de caña deviene proceso amigable con el medio ambiente, siempre que se brinde un adecuado aprovechamiento de sus residuos y co-productos y se apliquen buenas prácticas en el manejo del agua y la energía (5).

La contaminación ambiental es un problema que se ha agravado con el tiempo y que debe ser atendido de manera eficaz, una forma de lograrlo es mediante el tratamiento a las aguas residuales, a los cuerpos de agua donde éstas son descargadas, para remover la mayor cantidad de residuos y asegurar que el cuerpo receptor tenga una calidad tal que pueda sustentar los usos que se le den, de acuerdo a la normatividad ambiental vigente. (6)

Una de las principales tecnologías aplicadas para el tratamiento biológico de los residuales líquidos de las industrias azucareras son las lagunas de oxidación o estabilización. Las primeras surgieron como embalses construidos para sistemas reguladores de agua para riego. Se almacenaban los excedentes de agua residual utilizada en riegos directos, sin tratamiento previo. Durante el almacenamiento se observó que la calidad del agua mejoraba sustancialmente, por lo que se estudió la posibilidad de utilizar las lagunas como método de tratamiento de aguas residuales (7, 8).

Este sistema de tratamiento es adecuado en países con climas tropicales, como es el caso de Cuba, pues las condiciones ambientales incrementan la eficiencia en la remoción de contaminantes. Estos están basados en procesos biológicos, que realizan una depuración o descontaminación del agua, disminuyen o eliminan de forma natural, los elementos biodegradables presentes en el agua. Se clasifican, según la presencia de oxígeno, en sistemas aeróbicos, anaeróbicos, facultativos y de maduración (9, 10).

Una de las empresas agroindustriales que emplea las lagunas de estabilización como sistema de tratamiento de los residuales líquidos contaminantes, es el central azucarero Urbano Noris, de la provincia de Holguín, Cuba. El actual sistema está formado por una laguna anaeróbica y dos facultativas y se detectan anomalías en su funcionamiento. Este sistema está instalado para funcionar en serie y cuenta con un medidor de flujo. El efluente tratado es empleado en el fertirriego, y del buen funcionamiento del sistema de lagunas depende la calidad del agua a emplear y las consecuencias medioambientales para el suelo. Las deficiencias apreciadas se deben posiblemente, a aspectos constructivos, operación y mantenimiento, por ser sistemas operables sin ninguna o poca supervisión.

El estudio tuvo como objetivo evaluar el estado del sistema de tratamiento de los residuales líquidos en la industria azucarera Urbano Noris, a partir de la determinación de la eficiencia en relación con los parámetros de la demanda química (DQO) y bioquímica de oxígeno (DBO_5). El diagnóstico del efluente, en el período comprendido entre los años 2016-2019 permitió la evaluación del sistema lagunar y detectar las principales dificultades y, además, proponer medidas para mejorar la eficiencia de las lagunas de estabilización y contribuyan a un uso racional del agua.

MÉTODOS

La evaluación fue realizada a partir del diagnóstico de las caracterizaciones de los residuales líquidos en el período 2016-2019, además de la búsqueda de información:

1. Diagnóstico de la caracterización de los efluentes de entrada y salida de la laguna de estabilización.
2. Cálculo de la eficiencia de las lagunas para el período de estudio.
3. Determinación del comportamiento de la eficiencia.
4. Identificación de las principales dificultades en el tratamiento actual y propuesta de medidas para la mitigación o moderación de la carga contaminante.

Identificación de los parámetros a caracterizar en el residual líquido

La caracterización de los residuales del central azucarero Urbano Noris es realizada por la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST), que son laboratorios acreditados internacionalmente para este tipo de análisis. Los indicadores empleados son conductividad eléctrica (CE), potencial de hidrógeno (pH), sólidos sedimentables (SS), demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), coliformes totales (CT) y coliformes termotolerantes (CTT). (11).

Expresión de cálculo para la eficiencia de las lagunas de oxidación

La determinación de la eficiencia de las lagunas de oxidación se realiza por la ecuación siguiente, donde el rango para que esta elimine la mayor carga contaminante posible es de 75-85 %:

$$E_f = ((DBO_{5\text{Laguna 1}} - DBO_{5\text{Laguna 2}}) / DBO_{5\text{Laguna 1}}) * 100.$$

Donde:

$DBO_{5\text{Laguna 1}}$: Valor de la demanda bioquímica de oxígeno en la laguna 1.

$DBO_{5\text{Laguna 2}}$: Valor de la demanda bioquímica de oxígeno en la laguna 2.

La ecuación puede expresarse en función de otros términos que permiten evaluar la eficiencia del sistema de tratamiento de residuales líquidos tales como: DQO, grasas, sólidos, nitrógeno, en mg/L, g/L, kg/m³ (12).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de las aguas residuales

En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos de la caracterización en los diferentes períodos de tiempo analizados. El punto de muestreo está localizado a la entrada de los efluentes de la laguna 1 y 2.

Tabla 1. Caracterización del residual líquido en el período analizado

Años	2016		2017		2018		2019	
	Laguna 1	Laguna 2						
CE (μS/cm)	1 568	1 933	2 490	3 330	2 180	5 420	4 890	5 660
pH	6.15	7.86	3.67	3.73	4.44	5.05	4.04	4.67
SS (ml/L)	60	5	5	2	3	2	10	7
DQO (mg/L)	20 800	2 688	35 200	19 200	9 600	4 800	27 200	24 000
DBO ₅ (mg/L)	7 246	1 792	14 119	7 159	3 442	2 343	18 000	15 000
CT (NMP/100mL)	9 200	5 400	22 000	2 600	1 700	2 600	-	1 700
CTT (NMP/100mL)	9 200	3 200	22 000	2 100	1 400	2 200	-	1 700

La determinación del DBO_5 y DQO es esencial para conocer el nivel de contaminación potencial; además, a partir de su relación se puede comprobar que el agua residual analizada en los años 2016, 2017 y 2018 es mixta, de acuerdo con la naturaleza de sus contaminantes, ya que los valores de DBO_5/DQO se encuentran en el rango de 0.2 a 0.5. En el año 2019 se considera un residual líquido predominantemente orgánico, ya que el valor obtenido es mayor a 0.5. El pH es una de las principales características que se tiene en cuenta para la utilización del agua residual en el fertirriego. (4)

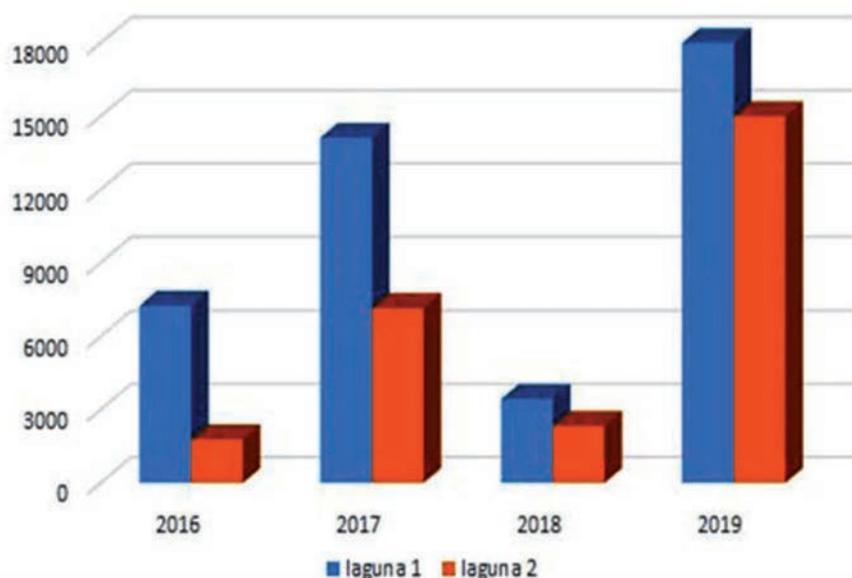


Figura 1. Valores obtenidos de la DBO_5 en la laguna 1 y 2 del central Urbano Noris.

La figura 1 indica que en los dos primeros años analizados la diferencia obtenida entre la demanda bioquímica de oxígeno, antes y después del tratamiento del residual, es cercana o superior al 50 %, esto no sucede en los dos años posteriores. Este comportamiento se corresponde con deficiencias del sistema de tratamiento, que ha provocado una baja remoción de contaminantes.

Esta situación exige una revisión y remediación de las condiciones actuales del sistema de tratamiento de las lagunas de la empresa porque, de mantenerse la situación, puede afectarse el residual y provocar que no pueda ser usado en fertirriego.

A continuación, se muestra la figura 2 con el análisis correspondiente a la DQO y pH obtenidos.

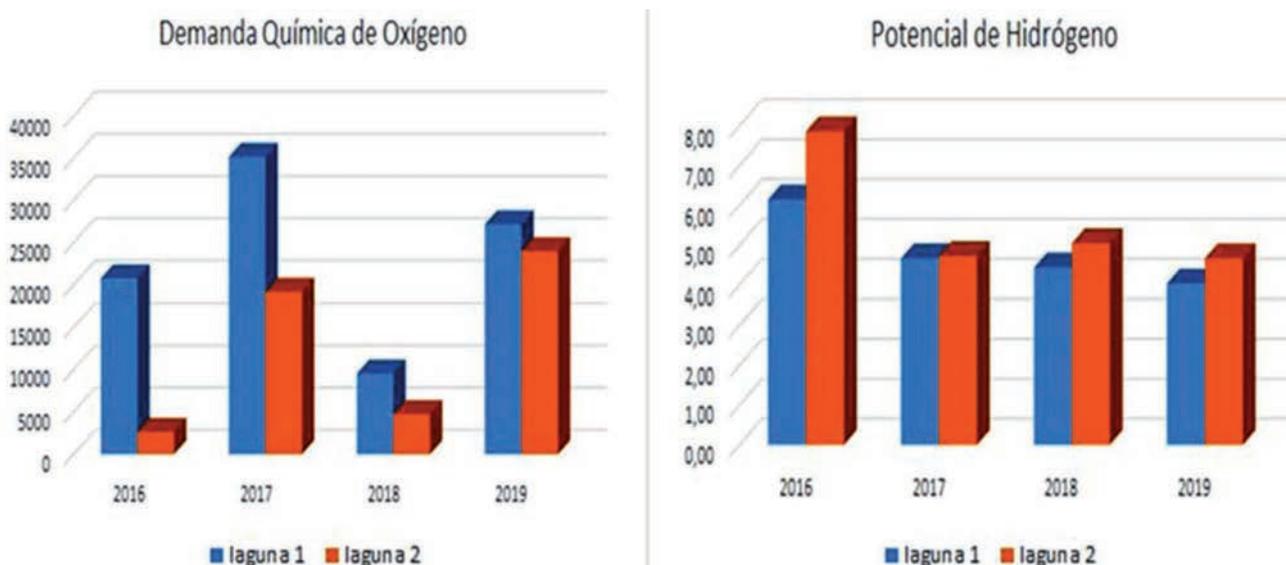


Figura 2. Valores obtenidos de la DQO y pH en el período de tiempo analizado.

El comportamiento de los valores obtenidos de la DQO se corresponde con el valor de DBO_5 . Es apreciable como la disminución de este parámetro en el año 2016 es mucho más acentuada que en los años posteriores. Para el análisis del pH se observa como, luego del tratamiento del residual, los valores aumentan, en el año 2016, la diferencia entre los resultados alcanzados a la entrada y a la salida de la laguna 1 son más acentuados con respecto a los posteriores. De acuerdo con la Norma Cubana 855:2011 "Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar", el agua residual obtenida se clasifica como mala para su uso según el valor de pH en los años 2017 hasta 2019 (13), que la imposibilita para su uso como riego.

Determinación de la eficiencia del sistema de tratamiento

La eficiencia de las lagunas de oxidación, con respecto a los parámetros de la DBO_5 y la DQO del central azucarero Urbano Noris, está dada en la tabla 2 siguiente:

Tabla 2. Eficiencia del sistema de lagunas de oxidación en la industria azucarera Urbano Noris

Años	2016	2017	2018	2019
Eficiencia DBO_5 (%)	75.27	49.30	31.93	16.67
Eficiencia DQO (%)	87.08	45.45	50.00	11.76

Los valores de la eficiencia han ido disminuyendo al pasar los años y se han reportado valores inferiores en la etapa actual. El sistema de tratamiento tuvo un comportamiento eficiente sólo en el año 2016, los demás valores se encuentran fuera del rango establecido. Para tener una mejor comprensión de la tabla 2, se representan los resultados en la figura 3.

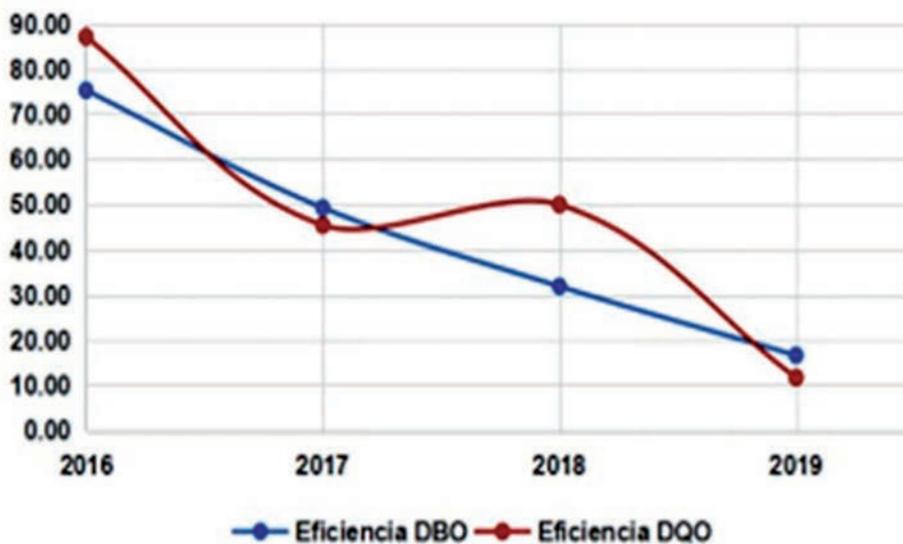


Figura 3. Eficiencia del sistema de tratamiento en el período de estudio.

Principales deficiencias en el tratamiento empleado

Mediante visitas a la empresa y entrevistas a los trabajadores se encontraron las siguientes deficiencias que ocasionan el deterioro del sistema de tratamiento:

1. En el sistema de tratamiento compuesto por tres lagunas, sólo se encuentra en funcionamiento la laguna anaeróbica.
2. No existe la interconexión entre las lagunas.
3. Falta de mantenimiento.
4. Crecimiento de arbustos y animales que pastan en los perímetros del sistema de tratamiento. Altas suspensiones de partículas en la superficie.

5. El potencial de hidrógeno del residual para la etapa actual no cumple los requerimientos de la NC 855/2011 y, por tanto, el efluente del sistema de tratamiento no puede ser utilizado en riego.

Propuesta de medidas

El diagnóstico de las deficiencias permite realizar modificaciones al proceso para mejorar el funcionamiento de las lagunas y obtener agua residual con una carga contaminante menor, cuya calidad sea buena para utilizarla en el fertirriego (14).

1. Realizar las instalaciones para circuito cerrado de las aguas de enfriamiento del tándem, turbogeneradores, cristalizadores, chumaceras y puntos de apoyo, etc.
2. Disminuir al mínimo indispensable las aguas empleadas en la limpieza de los equipos del proceso, estos son evaporadores, clarificadores, cristalizadores, centrífugas, molinos, etc.
3. La cachaza, en todos los casos, deberá ser extraída en seco y nunca ser diluida.
4. Las fugas de jugos azucarados y mieles finales deben ser reducidos al mínimo. En caso de ocurrir algún tipo de fuga en lugar de limpiar con agua, regar bagazo seco de forma tal que se absorba el tipo de fuga en cuestión y disponer posteriormente de este, como un residuo sólido.
5. Debe de instalarse un flujómetro que permita determinar de una forma más certera el volumen de residual que va hacia las lagunas, debido a que el método utilizado no es el más recomendado, porque tiende a errores. Se debe monitorear el índice de 0.25-0.30 litros de agua residual por toneladas de caña molida.
6. Debe efectuarse periódicamente la limpieza de los diques o taludes de las lagunas y evitar la vegetación y la proliferación de mosquitos y otros insectos.
7. Realizar la medición de la altura de los lodos, para comprobar que no exceda la tercera parte de la altura total de la laguna. Si la altura excede este parámetro proceder a su remoción.
8. Volver a interconectar las lagunas para que se pueda realizar nuevamente el proceso con la mayor calidad posible.
9. Delimitar el lugar con cercas y pancartas identificativas para impedir la entrada no autorizada al área de tratamiento y que los animales pasten allí.
10. Contratar los servicios del Instituto de Proyectos Azucareros (IPROYAZ) para la realización de un proyecto, con el objetivo de recuperar los aspectos constructivos que se han deteriorado y devolver a las lagunas de estabilización las condiciones iniciales.

CONCLUSIONES

El sistema de tratamiento de residuales líquidos de la empresa azucarera Urbano Noris presenta dificultades por la falta de mantenimiento y la pérdida de la interconexión entre las lagunas y otros aspectos que ocasionan que la eficiencia actual esté por debajo del 20 % de remoción, para los parámetros de DBO_5 y DQO. El análisis en diferentes períodos demuestra que el sistema lagunar presentó comportamiento adecuado en el año 2016 y disminuyó, progresivamente, en los años posteriores. A partir de las deficiencias señaladas se proponen una serie de medidas para contrarrestar el inadecuado tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Carrasquero, S. Remoción de turbidez usando semilla de *Tamarindus indica* como coagulante en al potabilización de aguas. *Revista Bases de la Ciencia. e-ISSN 2588-0764*, vol. 4, no 1, p. 19-44. 2019.
2. Arcila, H.; Peralta, J. Agentes naturales como alternativa para el tratamiento del agua. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, vol. 11, no 2, p. 136-153. 2016.
3. Rey Santos, O. El Plan de Estado para el Enfrentamiento al Cambio Climático: la "Tarea Vida". 2018.
4. Valera, K. F. Caracterización de las aguas residuales de la industria azucarera Tres Valles, en Honduras. 2016.
5. Díaz-de los Ríos, M. El manejo de los residuales líquidos de la industria de azúcar y sus derivados en Cuba, en el contexto de las legislaciones ambientales actuales. *ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 50, no 3, p. 59-63. 2016.
6. MEDINA, C.; Barboza, E. Evaluación y análisis del funcionamiento de las lagunas de estabilización construidas en localidades representativas en el departamento de Lambayeque, periodo 2015. 2019.
7. Sastoque, J.A.; Bedoya, L.M.; Ramos, M.I. Diseño, operación y evaluación de plantas de tratamiento de aguas residuales. Tesis Doctoral. Universidad Libre Seccional Pereira. 2016.
8. Romero, T. de Jesús; Castillo, Y. Actualización del estado de las lagunas de estabilización de la provincia Mayabeque. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. vol. 39, no 2, p. 72-85. 2018
9. Cortés-Martínez, F. Optimización en el diseño de lagunas de estabilización con programación no lineal. *Tecnología y ciencias del agua*, vol. 6, no 2, p. 85-100. 2015.
10. Aguilar, J.M. Evaluación de la calidad del biosólido obtenido mediante el proceso de digestión anaerobia termofílica, de los lodos residuales de la laguna de estabilización de la ciudad de Juliaca. 2018.
11. Medina, M.G. Evaluación y rediseño del sistema de tratamiento de aguas residuales de las Lagunas de estabilización del sector 'Rio Seco', Distrito de la Joya, Provincia de Arequipa. 2018.
12. Motito-Legrá, J.A. Estudio de las aguas industriales y residuales en la UEB Central Azucarero "Paquito Rosales". *Tecnología Química*, vol. 34, no 3, p. 215-229. 2014.
13. Norma Cubana 855:2011 "Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar".
14. Ramos-Bell, S.; Lorenzo-Acosta, Y. Acciones de producción más limpia para implementar en la industria azucarera cubana. *ICIDCA sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*. vol. 51, no 1, p. 60-66. 2017.