



Encuentro Internacional de
Educación en Ingeniería ACOFI

**GESTIÓN, CALIDAD Y DESARROLLO
EN LAS FACULTADES DE INGENIERÍA**

**CARTAGENA, COLOMBIA
18 al 21 de septiembre de 2018**



INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

Edna Montañez, William Barbosa, Andrés Molano, Laura Pramparo

**Universidad Militar Nueva Granada
Bogotá, Colombia**

Silvia Narvárez

**Universidad ECCI
Bogotá, Colombia**

Resumen

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales no domésticas tienen como objetivo principal la estabilización y remoción de cargas orgánicas e inorgánicas. En este estudio se evaluó, mediante tres muestreos realizados entre los meses de mayo y octubre, el sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria de bebidas no alcohólicas. Las muestras fueron tomadas en Homogeneizador y Ecuilizador, Biofiltro y Lodos Activados, con intervalos de 30 minutos durante 8 horas de producción. Se observaron variaciones significativas en los tres instantes de tiempo en los parámetros DQO, DBO₅ y COT. Para este escenario de la industria de bebidas no alcohólicas las mediciones dieron como resultado los siguientes valores promedio en los tres muestreos: DQO 1430.3 mg/L, DBO₅ 613.08 mg/L y COT 677.1 mg/L. En cuanto al comportamiento microbiológico se encontró que las comunidades representativas que hacen parte del tratamiento son heterótrofos en un rango de 10⁵ a 10⁹ UFC/mL, hongos y levaduras con una concentración mayor en el muestreo previo al mantenimiento y lavado del sistema realizado en el mes de mayo, con diferencias de hasta 2 unidades logarítmicas, y Pseudomonas que se encontraron como la población en menor concentración con valores del orden de 10³ a 10⁷ UFC/mL. Esto evidencia la gran diversidad microbiana que se encuentra en este tipo de sistemas y la variación que tiene la

concentración de microorganismos dependiendo de operaciones de mantenimiento y limpieza y del tipo de materia prima que se utilice en el proceso, afectando las remociones de COT.

Palabras clave: aguas residuales; materia orgánica; poblaciones microbianas

Abstract

The main objective of non-domestic wastewater treatment systems is the stabilization and removal of organic and inorganic loads. In this study, the wastewater treatment system of a non-alcoholic beverage industry was evaluated through three samplings carried out between May and October. Samples were taken in Homogenizer and Equalizer, Biofilter and Activated Sludges, with intervals of 30 minutes during 8 hours of production. Significant variations were observed in the three instants of time in the parameters COD, BOD₅ and TOC. For this non-alcoholic beverage industry scenario, the measurements resulted in the following average values in the three samples: COD 1430.3 mg/L, BOD₅ 613.08 mg/L y TOC 677.1 mg/L. Regarding the microbiological behavior, it was found that the representative communities that are part of the treatment are heterotrophs in a range of 10⁵ to 10⁹ CFU/mL, fungi and yeasts with a higher concentration in the sampling prior to the maintenance and washing of the system carried out in the month of May, with differences of up to 2 logarithmic units, and Pseudomonas that were found as the population in lower concentration with values of the order of 10³ to 10⁷ CFU/mL. This shows the great microbial diversity found in this type of systems and the variation in the concentration of microorganisms depending on maintenance and cleaning operations and the type of raw material used in the process, affecting the removal of TOC.

Keywords: microbial populations; organic material; wastewaters

1. Introducción

En Colombia, en los últimos diez años el crecimiento de la población y la industrialización han venido en aumento exponencial y el resultado de esto ha sido la degradación de varios ecosistemas de los cuales el ser humano obtiene diferentes bienes y servicios ambientales. Se aportan altas concentraciones de materia orgánica e inorgánica a los cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas, entre otros) aumentando y alterando los indicadores de calidad del agua (Chan *et al.*, 2009). Dicho aumento se asocia a las diferentes descargas y aportes generados por el sector industrial, con o sin tratamiento de sus aguas residuales. Estos aportes, tanto de materia orgánica como inorgánica, pueden o no ser degradados por las poblaciones microbianas que mediante procesos metabólicos pueden disminuir el impacto que este tipo de materia genera sobre los ecosistemas hídricos. Sin embargo, el exceso y el cambio constante de las descargas en cuanto a parámetros como Sólidos Suspendidos Totales (SST), la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) o la Demanda Química de Oxígeno (DQO), pueden generar alteraciones en las poblaciones microbianas y sus actividades metabólicas por causa de las concentraciones que estas descargas o los sistemas de tratamiento de aguas residuales no domésticas presentan durante las diferentes operaciones o etapas.

El tratamiento biológico de las aguas residuales es usualmente aplicado para diferentes tipos de industrias usando como base dos tipos de operaciones de digestión (Aerobia y Anaerobia) donde las poblaciones microbianas presentes que se evidencian (*Heterótrofos, Pseudomonas, Hongos y Levaduras*) dependen directamente de los parámetros DBO₅, DQO y COT para sus procesos metabólicos. Usualmente esta relación entre los parámetros dependen de equipamiento especial asociado a operaciones unitarias tales como Homogeneizadores, Ecuilibradores, Biofiltros y Lodos Activados, evidenciándose también en otros tipos de tecnologías como UASB, EASB (Colussi *et al.*, 2009; Wei *et al.*, 2011). En la actualidad, el estudio de la carga microbiológica de las aguas residuales y su correlación con los parámetros químicos ha tomado mucha importancia debido a que el entendimiento de los procesos metabólicos propios de estos facilita el comportamiento de los sistemas de tratamiento de aguas residuales generando muchas ventajas para el mejoramiento de los procesos y operaciones unitarias (Zhang *et al.*, 2001).

En este trabajo se presenta el análisis de la relación entre los parámetros químicos (DQO, DBO₅ y COT) y las poblaciones microbianas presentes en un sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas provenientes de una industria de bebidas no alcohólicas, donde se evidencia como la eficiencia de remoción de materia orgánica está vinculada a las concentraciones de COT que genera un impacto en los procesos bioquímicos asociados a las poblaciones presentes en el sistema de tratamiento de aguas residuales no domésticas.

2. Metodología

Toma de Muestras

A partir del sistema de tratamiento de aguas residuales de una industria de bebidas no alcohólicas se recolectaron muestras de aguas y de biopelículas. El muestreo de aguas se realizó siguiendo los lineamientos del IDEAM (IDEAM, 2007). Se tomaron muestras compuestas de 2 L durante un período de 8 horas, el volumen de cada alícuota que conformó la muestra compuesta se determinó teniendo en cuenta los caudales y el volumen de muestra final a recolectar. A partir de esta muestra compuesta se distribuyó en recipientes los volúmenes requeridos para cada análisis de laboratorio. Las muestras fueron preservadas y almacenadas de acuerdo a los requerimientos de cada parámetro (IDEAM, 2007). Se ejecutaron tres muestreos compuestos en los meses de mayo, julio y octubre de 2017. La caracterización físico-química de la planta se realizó mediante la evaluación de seis puntos de muestreo identificados como Ecuilibrador, Homogeneizador, Biofiltro y Lodos activados.

Caracterización físico-química

Las muestras de aguas fueron analizadas teniendo en cuenta los parámetros físico-químicos establecidos en la resolución 631 del 2015 para el sector de Bebidas y alimentos, actividad de elaboración de bebidas no alcohólicas, aguas minerales y otras aguas embotelladas (artículo 12). Los parámetros evaluados fueron Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) y Carbono Orgánico Total (COT). Los parámetros se analizaron de acuerdo a los métodos establecidos por el IDEAM y el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA; AWWA; WEF, 2012).

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

Caracterización Microbiológica

Se realizó la determinación de coliformes termotolerantes por la técnica de número más probable (MINAMBIENTE, 2015), así como el recuento y aislamiento de poblaciones de microorganismos Heterótrofos, Hongos y Levaduras, y Pseudomonas. Se realizó la siembra en superficie en los Ágares: Nutritivo (Heterótrofos), PDA (Hongos y Levaduras), Cetrimide (Pseudomonas). Los medios fueron incubados de acuerdo a las temperaturas y tiempos de incubación recomendados para cada grupo microbiano. Finalizado el tiempo de incubación se realizó el recuento en UFC/mL de cada grupo microbiano y se seleccionaron, basados en las características fenotípicas, las cepas predominantes en cada cultivo. Estas cepas fueron sembradas en ágares nutritivos inclinados y conservadas a 4°C para pruebas posteriores. Este análisis fue realizado para las cuatro etapas del proceso analizadas, Ecuilizador, Homogeneizador, Biofiltro y Lodos Activados, sin embargo, en este trabajo solo se presentan los resultados obtenidos en las etapas de Biofiltro y Lodos Activados.

3. Resultados y discusión

Caracterización físico-química

Se evaluaron los parámetros físicos, químicos y microbiológicos de los tres muestreos realizados en tres diferentes instantes de tiempo (mayo, donde a la PTAR no se le había realizado mantenimiento por un período mayor de dieciocho semanas; julio, tres semanas después del mantenimiento de la PTAR y octubre, diez semanas después del mantenimiento realizado). En la tabla 1 se muestran los resultados obtenidos para los parámetros de DBO₅, DQO y COT en los tres muestreos realizados en los períodos mencionados anteriormente. A nivel general las mediciones resultantes en los tres muestreos mostraron una clara evidencia de una DBO₅ con una alta concentración en el primer muestreo en el Biofiltro con un valor de 675 mg/L. En el caso de la DQO, la operación con la mayor concentración fue la de Lodos Activados con un valor de 2662.4 mg/L. En cuanto al COT, la operación de Biofiltro presentó las concentraciones más altas con un valor de 623.3 mg/L. En la tabla 1 se presentan los valores mínimos y máximos obtenidos en cada operación.

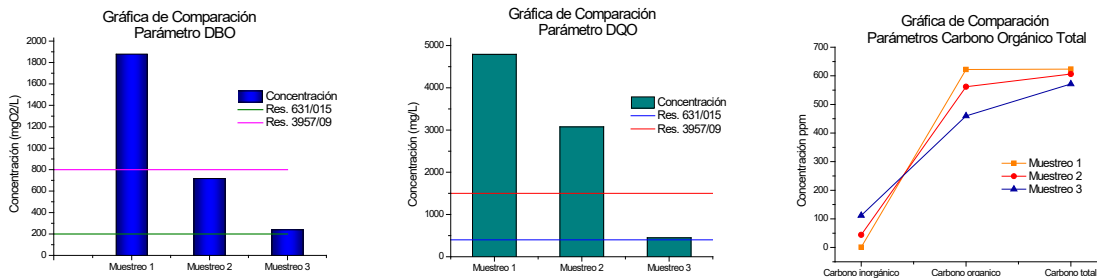
Tabla 1. Valores de parámetros químicos en muestras de aguas residuales por operación unitaria

	Muestreo I mayo 2017						Muestreo II julio 2017						Muestreo III octubre 2017					
	DBO ₅ mg/L		DQO mg/L		COT mg/L		DBO ₅ mg/L		DQO mg/L		COT mg/L		DBO ₅ mg/L		DQO mg/L		COT mg/L	
	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a	Mín im a	Máxim a
BIOFILTRO	591	675	130 8.8	186 8.8	1.0 42	623. 3	156	405	100 1.6	1059 .2	44. 26	606. 1	382	382	450	450	111 .9	571. 6
LODOS ACTIVADOS	408	510	1980. 8	2662.4	21. 23	227. 2	111	243	617.6	1526.4	96.26	252.8	246	246	470	470	110.2	339.1

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

En la figura 1 se muestra el comportamiento de los parámetros DBO₅, DQO y COT en las operaciones unitarias analizadas (Biofiltro y Lodos Activados). Las líneas punteadas y continuas en las gráficas de DBO₅ representan los valores establecidos en las Resoluciones 631 del 2015 y 3957 del 2009. Los límites están sujetos a las concentraciones mínimas y máximas obtenidas para cada muestreo según parámetro, con un promedio de DBO₅ 613.1 mg/L, DQO 1430.3 mg/L y COT 677.1 mg/L.

Biofiltros



Lodos Activados

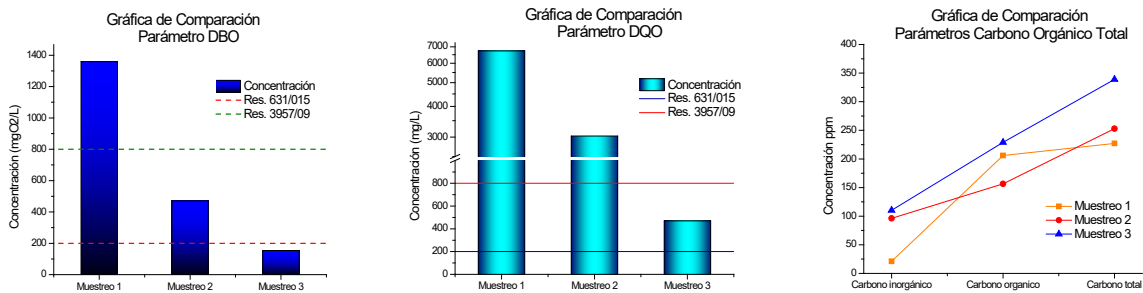


Figura 1. Resultados de DBO₅, DQO y COT en las operaciones unitarias de Biofiltro y Lodos Activados.

Caracterización Microbiológica

Durante los tres muestreos realizados se observaron concentraciones de heterótrofos en un rango de 10⁵ a 10⁹ UFC/mL y las muestras tomadas en el sistema de lodos activados presentan diferencias de una o dos unidades logarítmicas de concentración (Tabla 2).

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

Tabla 2. Recuento de Heterótrofos en los tres muestreos (mayo, julio y octubre)

Punto	Puntos de muestreo	Parámetro	Muestreo	R1	R2
Punto 3	Biofiltro	Heterótrofos totales neutro	Mayo	6.10x10 ⁰⁹	5.80x10 ⁰⁹
Punto 4	Lodos Activados 1	Heterótrofos totales neutro	Mayo	7.30x10 ⁰⁷	3.10x10 ⁰⁷
Punto 5	Lodos Activados 2	Heterótrofos totales neutro	Mayo	1.70x10 ⁰⁹	8.90x10 ⁰⁸
Punto 3	Biofiltro	Heterótrofos totales neutro	Julio	4.70x10 ⁰⁷	4.30x10 ⁰⁷
Punto 4	Lodos Activados 1	Heterótrofos totales neutro	Julio	1.60x10 ⁰⁸	1.40x10 ⁰⁸
Punto 5	Lodos Activados 2	Heterótrofos totales neutro	Julio	1.90x10 ⁰⁷	2.20x10 ⁰⁷
Punto 3	Biofiltro	Heterótrofos totales neutro	Octubre	1.50x10 ⁰⁸	2.00x10 ⁰⁸
Punto 4	Lodos Activados 1	Heterótrofos totales neutro	Octubre	2.80x10 ⁰⁷	3.00x10 ⁰⁷
Punto 5	Lodos Activados 2	Heterótrofos totales neutro	Octubre	4.20x10 ⁰⁷	4.30x10 ⁰⁷

En el caso de hongos y levaduras se evidenció una concentración mayor en el muestreo previo al mantenimiento y lavado del sistema realizado en el mes de mayo, con valores hasta 2 unidades logarítmicas por encima de las concentraciones reportadas en los meses de julio y octubre. De igual manera se observó claramente la influencia de cada una de las operaciones y procesos unitarios de la planta de tratamiento en la concentración de la población de hongos y levaduras, como se puede ver en la Tabla 3.

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

Tabla 3. Recuento de Hongos y Levaduras en los tres muestreos (mayo, julio y octubre)

Punto	Puntos de muestreo	Parámetro	Fecha de muestreo	R1	R2
Punto 3	Biofiltro	Hongos y levaduras	Mayo	1.80x10 ⁰⁸	2.30x10 ⁰⁸
Punto 4	Lodos Activados 1	Hongos y levaduras	Mayo	1.40x10 ⁰⁷	1.80x10 ⁰⁷
Punto 5	Lodos Activados 2	Hongos y levaduras	Mayo	2.40x10 ⁰⁶	3.00x10 ⁰⁶
Punto 3	Biofiltro	Hongos y levaduras	Julio	1.40x10 ⁰⁷	1.50x10 ⁰⁷
Punto 4	Lodos Activados 1	Hongos y levaduras	Julio	1.50x10 ⁰⁵	1.00x10 ⁰⁵
Punto 5	Lodos Activados 2	Hongos y levaduras	Julio	3.40x10 ⁰⁴	2.50x10 ⁰⁴
Punto 3	Biofiltro	Hongos y levaduras	Octubre	1.90x10 ⁰⁵	1.20x10 ⁰⁵
Punto 4	Lodos Activados 1	Hongos y levaduras	Octubre	6.70x10 ⁰³	3.90x10 ⁰³
Punto 5	Lodos Activados 2	Hongos y levaduras	Octubre	2.30x10 ⁰⁴	3.50x10 ⁰⁴

Las poblaciones de *Pseudomonas*, microorganismos reconocidos por su diversidad metabólica y amplia capacidad de degradación de diferentes sustratos, se encuentran como la población en menor concentración con valores del orden de 10³ a 10⁷ UFC/mL pero con una disminución de 2 a 3 unidades logarítmicas (Tabla 4). Se puede evidenciar que posterior al proceso de mantenimiento realizado en la planta de tratamiento estas poblaciones incrementan su concentración. El grupo de *Pseudomonas* ha sido reconocido como degradador de materia orgánica y desnitrificante, contribuyendo a la remoción de nitrógeno en aguas residuales.

Tabla 4. Recuento de *Pseudomonas* en los tres muestreos (mayo, julio y octubre)

Punto	Puntos de muestreo	Parámetro	Fecha de muestreo	R1	R2
Punto 3	Biofiltro	<i>Pseudomonas</i>	Mayo	2.60x10 ⁰⁷	3.50x10 ⁰⁷
Punto 4	Lodos Activados 1	<i>Pseudomonas</i>	Mayo	1.20x10 ⁰⁶	
Punto 5	Lodos Activados 2	<i>Pseudomonas</i>	Mayo	1.30x10 ⁰⁵	2.00x10 ⁰⁵
Punto 3	Biofiltro	<i>Pseudomonas</i>	Julio	1.50x10 ⁰⁷	1.70x10 ⁰⁷
Punto 4	Lodos Activados 1	<i>Pseudomonas</i>	Julio	3.30x10 ⁰⁷	1.80x10 ⁰⁷
Punto 5	Lodos Activados 2	<i>Pseudomonas</i>	Julio	2.30x10 ⁰⁶	2.60x10 ⁰⁶
Punto 3	Biofiltro	<i>Pseudomonas</i>	Octubre	3.70x10 ⁰⁷	1.70x10 ⁰⁷
Punto 4	Lodos Activados 1	<i>Pseudomonas</i>	Octubre	4.00x10 ⁰⁴	6.00x10 ⁰⁴
Punto 5	Lodos Activados 2	<i>Pseudomonas</i>	Octubre	2.00x10 ⁰⁴	4.00x10 ⁰⁴

Orozco (2005) define la vida como un sistema de acciones catalíticas cooperantes, para este caso la gran diversidad microbiana que se encuentra en este tipo de sistemas es bastante considerable debido a la carga orgánica presente que se mide como DBO₅ (materia orgánica biodegradable), DQO (materia orgánica no fraccionable) y COT (Carbono Orgánico Total) como indicadores de procesos metabólicos propios de los microorganismos como es el caso de la Glucólisis o generación

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

de ATP. Estos parámetros nos indican las necesidades que tienen los microorganismos para la obtención de energía (metabolismo celular) y materia para sintetizar su propia estructura orgánica (Howard *et al.*, 2004).

En el primer muestreo se obtuvo que el comportamiento de la DBO₅ es alta por la alta concentración de Heterótrofos, pero el género *Pseudomonas* se destaca por tener en sus enzimas una alta especificidad que actúan como catalizadores o activadores para promover las reacciones químicas necesarias para el uso del sustrato orgánico con facilidad (Li *et al.*, 2007; Kay *et al.*, 2008; Wéry *et al.*, 2008). En el caso de la DQO los valores son bastante altos porque de cierta manera los compuestos que se presentan en este tipo de aguas de industrias de bebidas no alcohólicas son de un alto peso molecular y en algunos casos contienen compuestos clorados por ser aguas combinadas (procesos de limpieza y desinfección, lavado de pisos). Este tipo de sustancias contienen agentes bactericidas y fungicidas que podrían afectar tanto las poblaciones presentes como también sus procesos metabólicos, afectando la especificidad enzimática. En cuanto al COT se evidencia en la Tabla 1 que al ingresar el agua residual la concentración está por encima de los 1000 mg/L y al pasar por las operaciones Biofiltro y Lodos Activados se presentan valores entre los 600 y 200 mg/L con una reducción significativa, pues las concentraciones de glucosas y azúcares provenientes de los procesos de producción hacen que la actividad microbiana aumente y tenga disponibilidad energética para sus procesos de biosíntesis (energía) y de materia para sus procesos de construcción celular. Este parámetro está directamente relacionado con la DBO₅ (Orozco, 2005). Es importante aclarar que después de 18 semanas no se había realizado mantenimiento al sistema de Tratamiento de Aguas Residuales.

Para el segundo muestreo (julio) se realizó el programa de mantenimiento y se procedió a trabajar después de tres semanas de haberse realizado este mantenimiento. Para este escenario no se evidenció una disminución en las poblaciones microbianas a nivel logarítmico, se mantienen en 10⁷ UFC/mL para Heterótrofos y *Pseudomonas* pero la población de Hongos y Levaduras disminuyó en 2 unidades logarítmicas. Esto puede deberse a que los hongos que en su mayoría son filamentosos se desprenden de las superficies al momento del lavado y limpieza de las unidades de operación. Es importante resaltar que esta comunidad de Hongos y Levaduras posee una amplia gama de enzimas que degradan diferentes tipos de compuestos tanto orgánicos como inorgánicos, la presencia de esta comunidad y su contribución a la degradación de la materia orgánica ha sido destacada en varios estudios recientes (Maeda *et al.*, 1996, Yang *et al.*, 2011). Sin embargo, los parámetros tuvieron una disminución significativa en cuanto a DBO₅ y DQO (Tabla 1) pero el COT no fue tanta la disminución lo que hace pensar que las comunidades microbianas se vieron afectadas en su metabolismo debido al lavado y arrastre de comunidades microbianas presente. Esto afectaría la DBOC por lo tanto la cadena trófica que se desarrolla en el sistema pudo haberse afectado y la remoción y/o consumo de carbono orgánico total fue menor.

En el tercer muestreo en el mes de octubre, la planta cambió de materias primas utilizadas para la fabricación de bebidas gaseosas por normatividades nacionales e internacionales asociadas a problemas de salud pública. Se están utilizando sustancias como agentes edulcorantes y esto afecta de manera considerable las poblaciones microbianas (Hongos y Levaduras, *Pseudomonas*) disminuyendo hasta 2 y 3 unidades logarítmicas pasando de 10⁷ a 10³ y 10⁴ UFC/mL (Tablas 3 y 4), mientras la población de Heterótrofos disminuyó 2 unidades logarítmica frente al muestreo I

y 1 unidad en el muestreo II para las operaciones Biofiltro y Lodos Activados. Si bien es cierto que los parámetros cumplen con la Resolución 631 del 2015 y la 3957 del 2009, las poblaciones se ven afectadas porque la DQO es baja por el cambio de materias primas que afecta la remoción del sustrato por parte de los microorganismos, en especial aquellas comunidades microbianas como *Pseudomonas*, Hongos y Levaduras que son actores principales en la remoción de materia orgánica soluble e insoluble medida como DQO, así pues la tasa remoción de sustrato neta se verá afectada (es decir por unidad de biomasa activa) que para este escenario son las dos y tres unidades logarítmicas que se perdieron en las poblaciones *Pseudomonas* y Hongos y Levaduras. A esta condición de baja oferta de materia orgánica se la conoce como condiciones de inanición (Mezzanotte *et al.*, 2004).

4. Conclusiones

El tratamiento de aguas residuales no domésticas tiene dentro de sus operaciones unitarias procesos biológicos de degradación de materia orgánica. En este estudio, el proceso de tratamiento tiene como parte principal las operaciones Biofiltro y Lodos Activados, donde se evidenciaron poblaciones microbianas representativas para el tratamiento de aguas como Heterótrofos, Hongos, Levaduras y *Pseudomonas* siendo agentes activos en la remoción de materia orgánica. Sin embargo, al realizar los tres muestreos en tiempos y condiciones específicas, como el lavado y mantenimiento y el cambio de materia prima, hicieron que las poblaciones microbianas de mayor relevancia sean Hongos y Levaduras. El género *Pseudomonas* también presentó una reducción en la población con dos unidades logarítmicas.

Los parámetros de DBO₅ y DQO están dentro de los rangos que la normatividad exige, pero el parámetro COT aumentó en los muestreos dos y tres lo que permitiría un aumento en los lodos residuales y una disminución en la actividad metabólica por parte de las poblaciones microbianas donde el requerimiento energético depende directamente de la asimilación de sustrato rico en carbono para la generación de ATP y a su vez interfiere en la biosíntesis celular. Se debe tener en cuenta la importancia de la relación que tiene la DQO y DBO frente a la dinámica bioquímica de las poblaciones microbianas presentes en las aguas residuales donde no solamente son el sustrato para el crecimiento, sino que interfieren en los procesos metabólicos que están directamente relacionados con la remoción de la carga orgánica.

5. Referencias Bibliográficas

- APHA; AWWA; WEF. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (22 ed.). Washington DC: American Water Works Assn.
- Chan, Y.J., Chong, M.F., Law, C.L., Hassell, D., (2009). A review on anaerobic-aerobic treatment of industrial and municipal wastewater. Chem. Eng. J. 155 (1), 1–18.
- Colussi, I., Cortesi, A., Vedova, L.D., Gallo, V., Robles, F., (2009). Start-up procedures and analysis of heavy metals inhibition on methanogenic activity in EGSB reactor. Bioresour. Technol. 100 (24), 6290–6294.

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

- Howard, I., Espigares, E., Lardelli, P., Martín, J.L., Espigares, M., (2004). Evaluation of microbiological and physicochemical indicators for wastewater treatment. *Environ. Toxicol.* 19 (3), 241–249.
- IDEAM (10 de 09 de 2007). Sistemas de Gestión de Calidad. Recuperado el 23 de 03 de 2016, http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-0e123479d428
- Kay, D., Crowther, J., Stapleton, C.M., Wyer, M.D., Fewtrell, L., Edwards, A., Francis, C.A., McDonald, A.T., Watkins, J., Wilkinson, J., (2008). Faecal indicator organism concentrations in sewage and treated effluents. *Water Res.* 42 (1–2), 442–454.
- Li, C.S., Chia, W.C., Chen, P.S., (2007). Fluorochrome and flow cytometry to monitor microorganisms in treated hospital wastewater. *J. Environ. Sci. Health* 42 (2), 195–203.
- Maeda, M., Takaki, M., (1996). Wastewater reclamation and reuse in Japan: Overview and implementation examples *Water Science and Technology*, Volume 34, Issue 11.
- Mezzanotte, V., Prato, N., Sgorbati, S., Citterio, S., (2004). Analysis of microbiological characteristics of wastewater along the polishing sequence of a treatment plant. *Water Environ. Res.* 76 (5), 463–467.
- MINAMBIENTE (17 de marzo de 2015). Resolución 0631. Bogotá.
- Orozco A., (2005). *Bioingeniería de Aguas Residuales Teoría y Diseño*. Acodal. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.
- Wéry, N., Lhoutellier, C., Ducray, F., Delgenès, J.P., Godon, J.J., (2008). Behaviour of pathogenic and indicator bacteria during urban wastewater treatment and sludge composting, as revealed by quantitative PCR. *Water Res.* 42 (1–2), 53–62.
- Yang, J., Li, X., Hu, H., Zhang, X., Yu, Y., Chen, Y., (2011). Growth and lipid accumulation properties of a freshwater microalga, *Chlorella ellipsoidea* YJ1, in domestic secondary effluents. *Appl. Energy* 88 (10), 3295–3299.
- Zhang, Q., Chuang, K.T., (2001). Adsorption of organic pollutants from effluents of a Kraft pulp mill on activated carbon and polymer resin. *Adv. Environ. Res.* 5 (3), 251–258.

Agradecimientos

Producto derivado del proyecto INV-ING-2373 financiado por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Militar Nueva Granada, vigencia 2017. Los autores muestran su gratitud al personal del laboratorio de Calidad de aguas por el soporte técnico ofrecido.

Sobre los autores

- **Edna Montañez:** Ingeniera Ambiental. Especialista en Gerencia de la seguridad y salud en el trabajo. Asistente de investigación. edna.montanez@unimilitar.edu.co
- **William Barbosa:** Ingeniero Ambiental. Asistente de investigación. willbo18@outlook.com
- **Silvia Narváez:** Microbióloga Industrial. Magíster en Ciencias Ambientales. Docente investigador. snarvaezf@ecci.edu.co

INFLUENCIA DE LOS PARÁMETROS DBO₅, DQO y COT EN LAS POBLACIONES MICROBIANAS PRESENTES EN UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE UNA INDUSTRIA DE BEBIDAS NO ALCOHÓLICAS

- **Andrés Molano:** Microbiólogo Industrial. Especialista en Manejo Integrado del Medio Ambiente. Magíster en Gestión Ambiental. Asistente de investigación. andres.molano@unimilitar.edu.co
- **Laura Pramparo:** Ingeniera Química. Doctora en Ingeniería Química de la Universitat Rovira i Virgili. Docente investigador. laura.pramparo@unimilitar.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2018 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)