



Artículo Original

Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta de Vinos de Ciego de Ávila

Proposal of a wastewater treatment system for the Winery of Ciego de Ávila

Mery Urbano Calnick¹  <https://orcid.org/0000-0000-0000-0000>, Lourdes Mariana Crespo Zafra²  <https://orcid.org/0000-0002-4799-3447>, Luisa Matos Mosqueda²  <https://orcid.org/0000-0002-2387-163X>, María de Lourdes de la Cruz Aragonese²  <https://orcid.org/0000-0003-3755-3787>

Historial del artículo

Recibido: 21 octubre 2019

Aceptado: 23 diciembre 2019

¹Empresa de Bebidas y Refrescos de Ciego de Ávila (EMBERCA), Ciego de Ávila, Cuba;

²Universidad de Camagüey "Ignacio Agramonte Loynaz", Camagüey, Cuba.

Email:

mcalnick@emberca.alinet.cu

Artículo de acceso abierto bajo licencia Creative Commons Atribución NoComercial CompartirIgual (CC-BY-NC-SA) 4.0.



Resumen: Se propone un sistema de tratamiento de las aguas residuales provenientes de la fermentación y la clarificación, en la elaboración de vinos, facturados en la Planta de Vinos de la Empresa de Bebidas y Refrescos de Ciego de Ávila. Se realiza su caracterización física y química, se determina su caudal y se comparan los indicadores con las normas vigentes, permitiendo concebir una tecnología que consta de varias etapas: barrido en seco y filtración, neutralización y tratamiento aeróbico biológico. Se pretende con ello disminuir la carga contaminante y aprovechar los residuales en la alimentación animal y a la limpieza de equipos.

Palabras clave: vinicultura, residuales líquidos, medio ambiente.

Abstract: A wastewater treatment system from fermentation and clarification is proposed, in the production of wines, billed at the Wine Plant of the Ciego de Ávila Drinks and Soft Drinks Company. Its physical and chemical characterization is performed, its flow rate is determined and the indicators are compared with the current standards, allowing to conceive a technology that consists of several stages: dry sweeping and filtration, neutralization and biological aerobic treatment. This is intended to reduce the pollution load and take advantage of residuals in animal feed and equipment cleaning.

Keywords: winemaking, liquid waste, environment.

Citación recomendada para este artículo: Urbano Calnick, M., Crespo Zafra, L. M., Matos Mosqueda, L. y de la Cruz Aragonese, M. L. (2019). Propuesta de un sistema de tratamiento de aguas residuales para la Planta de Vinos de Ciego de Ávila. *Monteverdia*, 12 (2), pp. 48-54. Recuperado de: <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/monteverdia/3313>

Introducción

La protección al medio ambiente se ha convertido en una necesidad. Proveer al mercado productos con calidad, con una buena marca, a bajo costo y que se conviertan en competitivos es importante, pero a la vez se debe demostrar y garantizar al consumidor que la forma de elaborar los productos es sostenible y amigable con el medio ambiente. A medida que las sociedades se desarrollan, producen residuos urbanos e industriales que son trasladados por el agua que

consumen en sus procesos. Uno de los mayores retos de la sociedad actual consiste en la reintegración al medio ambiente del agua residual con el menor estado de contaminación posible.

Cuba no está exenta de esta cruda realidad, pues a pesar de ser un país subdesarrollado y del trabajo mancomunado de disímiles instituciones relacionadas con este ámbito, se puede apreciar un incremento de la contaminación del medio ambiente, constituyendo los cuerpos receptores (ríos, arroyos, lagos, mares, entre otros) uno de los elementos donde se perciben las

mayores afectaciones (Zambrano, 2016).

Por ello, la Empresa de Bebidas y Refrescos de Ciego de Ávila (EMBERCA) en la implementación y mejora continua de un modelo de gestión ambiental basado en los requisitos establecidos para ello en el sistema ISO (International Organization for Standardization, 2015), tiene entre sus objetivos reducir al mínimo la liberación de fluidos contaminantes para contribuir a la calidad ambiental. Sin embargo, en esta planta se generan residuales líquidos durante el proceso de elaboración de los vinos que son vertidos directamente a la red de alcantarillado, sin ningún tipo de tratamiento, incumpléndose las normas cubanas de vertimiento al medio ambiente. Ante la situación descrita surge una interrogante: ¿cómo realizar el tratamiento de las aguas residuales procedentes de la Planta de Vinos de la Empresa de Bebidas y Refrescos de Ciego de Ávila, que garantice el cumplimiento de las normas cubanas referidas a su vertimiento.

La solución a esta problemática requiere la caracterización de las aguas residuales de la mencionada industria, que permita evidenciar las posibilidades de reducir la carga contaminante y reutilizar el producto final del tratamiento. Se pretende proponer un sistema de tratamiento sustentado en una tecnología que garantice el cumplimiento de los parámetros de vertimiento de acuerdo a las normas cubanas establecidas.

Sobre esta temática han podido ser consultados algunos antecedentes de prácticas amigables con el medio ambiente, en regiones donde la viticultura es tradición (Romero, Sales, & de la Ossa, 1990; Roux, Fardeau, Arnaud & Garcia, 1998; Gobierno de La Rioja, 2006, 2008; WETWINE, 2018).

En estos estudios y proyectos, se aborda el tratamiento de los residuos líquidos producidos durante la fabricación del vino, desde perspectivas físicas, químicas y biológicas. Sin embargo, las tecnologías que se proponen resultan costosas para las condiciones de Cuba. Además, generalmente se aplican en factorías ubicadas en entornos rurales, donde pueden establecerse ciclos interconectados entre el viñedo o parcela agrícola, la bodega donde se elabora el vino y los corrales de cría animal. Ello posibilita una relación continua que garantiza la reutilización de los residuales tanto líquidos como sólidos.

Proceso de fabricación de vinos de la EMBERCA

Como se muestra en la Fig. 1., en el proceso de fabricación de vinos de la EMBERCA se realizan diferentes operaciones de carácter bioquímico y físico, encontrándose dentro de las fundamentales la fermentación, estabilización, clarificación, maceración, fabricación y reposo (Ministerio de la Industria Alimentaria. Cuba, 2013).

En la fermentación se transforman azúcares del mosto etílico, garantizando con la adición de ácidos, un pH apropiado para el metabolismo de las levaduras. En esta etapa se usan como materias primas: agua potable, azúcar crudo, levadura, fosfato de amonio, ácido tánico y sal común.

La estabilización es determinante para la conservación del vino y se realiza inmediatamente que ha terminado la fermentación. Se agrega al mosto fermentado metabisulfito de potasio y benzoato de sodio, que son preservantes necesarios para evitar contaminaciones indeseables en el vino y estabilizarlo biológicamente. Se adiciona alcohol etílico para aumentar el grado alcohólico, evitar la contaminación y el avinagramiento del vino. Los ácidos cítrico y tartárico permiten regular la acidez en este producto.

En la clarificación, se logra la precipitación de las partículas que se encuentran en suspensión en el vino, utilizando como agente clarificante la bentonita, y esta a su vez le proporciona brillo al producto.

En la etapa de fabricación se agrega azúcar refino, alcohol etílico y se adiciona según el vino a obtener: miel de abejas, color caramelo, fórmula 14-A (solución de vainilla, usada como aromatizante), al macerado de uvas pasa secas para el vino de pasas y alhova o esencia para el vino seco.

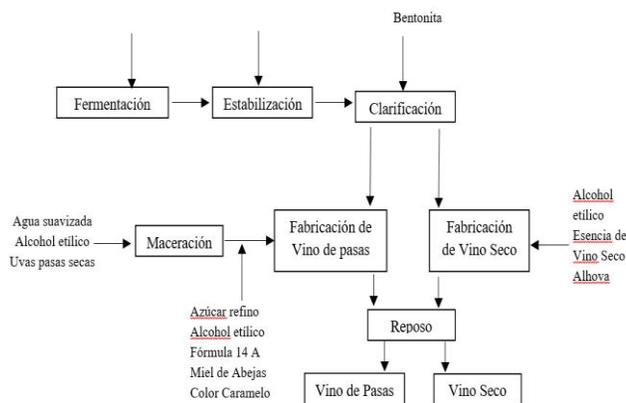


Fig. 1. Diagrama de bloques del proceso de elaboración de los vinos.

En la operación de reposo el vino define sus características de calidad, mejorando su bouquet y ocurre la total sedimentación de las partículas en suspensión y del clarificante.

Según Oliva (2004), de acuerdo al proceso productivo se obtiene en los residuales líquidos una elevada carga orgánica (materia seca del mosto o del vino, microorganismos vivos o muertos como: levaduras, bacterias lácticas y acéticas, hongos, materia colorante, taninos, proteínas, ácidos orgánicos y glúcidos), etanol, azúcares, polifenoles, tartratos: como el bitartrato potásico que precipita en el transcurso de la fermentación y la estabilización después del enfriamiento del vino.

Por la alta concentración en los parámetros de la DBO₅ (demanda bioquímica de oxígeno, que representa el oxígeno consumido al degradar la materia orgánica de una muestra líquida a los 5 días de la inoculación) y DQO (demanda química de oxígeno, que representa la concentración de sustancias susceptibles de ser oxidadas), el residuo presenta un carácter ácido con un pH entre 4 y 6; altas concentraciones de sólidos en suspensión (Fig. 2 y Fig. 3) y déficit de nitrógeno y fósforo. Además, como los procesos de elaboración son de carácter discontinuo, se dificulta la selección e implantación de un tratamiento para la depuración.



Fig. 2. Agua residual de la fermentación.

Los principales constituyentes de las aguas residuales generadas tienen un impacto ambiental negativo. Los niveles altos de DBO₅ y DQO llevan al decrecimiento del oxígeno disuelto y al desarrollo de condiciones sépticas, causando la muerte de organismos de la biota

acuática receptora del contaminante.



Fig. 3. Agua residual de la clarificación.

La alta concentración de sólidos en suspensión, limita la penetración de la luz, dañan el hábitat de los organismos bentónicos al propiciar condiciones anaerobias en el fondo de los lagos, ríos y mares y afectan también, la vida acuática. Un medio ácido afecta el balance químico y biológico de los cuerpos receptores. Este residual tiende a ser muy agresivo, corrosivo y ataca químicamente tanto a los sistemas hidráulicos como a las plantas de tratamiento y en el caso del básico favorece las incrustaciones (Terry, Gutiérrez y Abó, 2010).

Considerando estas cuestiones, los sistemas de tratamientos de aguas residuales se clasifican por el tipo de proceso utilizado para la remoción de los contaminantes en físicos, químicos y biológicos; y por el grado de tratamiento necesario de acuerdo a los objetivos que se quieren alcanzar en pretratamientos, tratamientos primarios, secundarios y terciarios (Terry, Gutiérrez y Abó, 2010; Valderama Álvarez, 2008).

Materiales y métodos

La caracterización físico-química y biológica del residual líquido que se produce en la factoría vinícola de la EMBERCA, en el período comprendido entre los años del 2013 a 2018, se realizó siguiendo las técnicas recomendadas por Baird, Eaton & Rice (2017) y por la Oficina Nacional de Normalización. Cuba (2015). Se definieron como parámetros fundamentales a medir:

- Conductividad eléctrica, CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$): mide la capacidad de conducción eléctrica del agua por lo que

nos indica el contenido de sales disueltas en la misma. El método de ensayo utilizado es el Conductimétrico.

- Potencial de hidrógeno, pH: es una medida del grado de acidez o alcalinidad de la sustancia. El método de ensayo utilizado es el Electrométrico.
- Sólidos sedimentables, SS (cm³/L): son los sólidos que pueden sedimentar en un determinado tiempo. El método de ensayo utilizado de Cono Imhoff.
- Coliformes termotolerantes, CTT (NMP/100mL): mide la presencia de bacterias coliformes que soportan temperaturas elevadas. Se utilizó El método de ensayo del número más probable por cada 100 ml de la muestra.
- Demanda química de oxígeno, DQO (mg/L): mide la cantidad de materia orgánica susceptible de ser oxidada por medios químicos que hay en una muestra líquida. El método de ensayo utilizado es de oxidación en autoclave con dicromato de potasio.
- Demanda bioquímica de oxígeno, DBO₅ (mg/L): es la cantidad de oxígeno que necesitan los microorganismos para degradar la materia orgánica biodegradable existente en un agua residual a los 5 días de la inoculación. El método de ensayo utilizado consiste en la medición de la cantidad de oxígeno diatómico disuelto al comienzo del ensayo, su mantenimiento reposando en total oscuridad a 20 °C y una segunda medición del oxígeno disuelto 5 días después.
- Fósforo total, PT (mg/L): puede presentarse en forma de fosfatos o fósforo como compuestos orgánicos. El método utilizado es el Colorimétrico.
- Nitrito, NO₂ (mg/L) y Amonio, NH₄ (mg/L): nos indica la presencia de residuos orgánicos. El método de ensayo utilizado es el Colorimétrico.
- Temperatura, T (°C): nos permite conocer el nivel térmico que posee el agua residual Medido con termómetro de mercurio.

Medición del caudal

Para la medición del caudal en la actualidad se usan diferentes métodos como los medidores electrónicos (sensores o detectores), dispositivos convertidores, el método volumétrico, vertedores, medidores de régimen crítico en canales abiertos (Valderrama, 2008; Terry, Gutiérrez y Abó, 2010), método sección velocidad, método de pendiente-sección y trazadores con

colorantes. Para su correcta selección se debe tener en cuenta si los residuales son vertidos de forma cerrada o abierta, el intervalo de caudal a medir, las características del fluido y sus constituyentes, la presión requerida, las pérdidas de carga que se producen y la facilidad de mantenimiento.

El método utilizado en el presente trabajo es el volumétrico. Se empleó un recipiente de 10 L, se midió el tiempo de llenado y el tiempo de limpieza de los equipos y se obtuvo como promedio un caudal de 11789.75 L/mes de aguas residuales.

Muestreo

Las corrientes de aguas residuales varían según su caudal y composición en horas, días, semanas, meses o estaciones del año, lo que hace difícil obtener una muestra significativa, por lo que se hace necesario determinar la forma de muestrear estas aguas. Existen varias formas de muestreo entre los que se encuentran el simple y el compuesto (Ramalho, 2014; Terry, Gutiérrez y Abó, 2010).

El muestreo simple consiste en tomar la muestra en un tiempo y punto determinado, considerando que el caudal y su composición son constante. En el caso del compuesto está formado por una mezcla de muestras simples. En la presente investigación se utilizó el muestreo individual para el agua residual de los clarificadores (Tabla 1). Se selecciona este muestreo porque la Planta de Vinos de Ciego de Ávila tiene 5 clarificadores de 6 000 L de volumen y se trasiega el vino cada 5 días hacia un solo carro cisterna de 5 000 L de capacidad. Mientras que para las aguas residuales de la fermentación se utilizó el muestreo compuesto, obteniéndose por mezcla y homogenización de muestras simples de las aguas obtenidas de la limpieza de los 3 fermentadores, que se realiza en paralelo (Tabla 2).

Tabla 1. Resultados de los análisis realizados a las aguas residuales generadas en los clarificadores.

Párametros	CE (μS/cm) 25 °C	pH	SS (cm ³ /L)	CTT (NMP/100mL)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	PT (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	T °C
Párametros normados	< 4000	6 y 9	< 10	< 5	< 300	< 700	< 10	< 15	< 10	< 40
M1	1285	4,70	1	1,4*10 ³	300	1530	0,00	0,00	0,21	24,50
M2	1283	4,69	0	1,4*10 ³	300	1432	0,00	0,00	0,19	24,50
M3	1281	4,40	450	1,3*10 ³	5312	1334	1,91	0,05	0,17	25,00
M4	1279	4,75	625	1,4*10 ³	3456	1236	2,36	0,00	0,15	25,50
M5	1277	4,70	365	540	4400	1450	3,00	0,09	3,00	25,20
M6	1539	3,51	500	1,2*10 ²	14900	1456	3,83	0,00	3,94	26,10
M7	1801	4,01	372	1,4*10 ³	14900	1514	2,35	0,10	5,35	27,00
M8	2063	3,69	309	1*10 ³	14902	1572	3,06	1,00	6,77	27,90

Tabla 2. Resultados de los análisis realizados a las aguas residuales generadas en los fermentadores.

Parámetros	CE ($\mu\text{S/cm}$ 25 °C)	pH	SS (cm^3/L)	CTT (NMP/100mL)	DQO (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	PT (mg/L)	NO ₂ (mg/L)	NH ₄ (mg/L)	T °C
Parámetros normados	< 4000	6 y 9	< 10	< 5	< 300	< 700	< 10	< 15	< 10	< 40
M1	1212	3,98	100	1,3*10 ³	3651	1200	0,00	2,59	0,89	25,00
M2	1144	4,68	368	1,4*10 ³	3407	1532	0,20	2,23	0,80	26,00
M3	1076	5,30	660	1,4*10 ³	3163	958	3,50	0,05	0,71	25,00
M4	1008	4,60	5	1,6*10 ³	3456	1100	0,00	0,72	0,18	25,60
M5	940	5,40	0	920	1600	567	2,85	2,73	1,41	25,20
M6	1539	3,50	500	1,8*10 ³	2968	1692	3,83	0,00	0,00	26,10
M7	1298	4,70	610	540	4400	1450	3,00	0,09	3,00	25,20
M8	1058	5,60	358	1,2*10 ³	4000	1465	0,15	0,91	0,25	25,80

En las tablas anteriores se muestran los resultados de los análisis realizados a las aguas residuales provenientes de los clarificadores y fermentadores, realizando una comparación con la norma se puede observar que los valores de los parámetros del potencial de hidrógeno (pH), sólidos sedimentables (SS), demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) están fuera de los límites máximos permisibles establecidos (Oficina Nacional de Normalización. Cuba., 2012).

Resultados y discusión

La EMBERCA no cuenta con depuradoras para el tratamiento de este tipo de residual. Los resultados de los análisis evidencian que el pH, SS, DQO y DBO₅ no se encuentran dentro de los parámetros establecidos por lo que se hace necesario diseñar un sistema de tratamiento que permita verter con los valores autorizados. Hay que tener en cuenta además, el poco espacio disponible en la planta de vinos y que se localiza en una zona residencial en el centro de la ciudad de Ciego de Ávila, al frente y a la derecha colinda con calles y a la izquierda y al fondo con viviendas; tiene una superficie total de 1136,98 m² y el área que se puede utilizar para el sistema de tratamiento es de 159,04 m², lo que limita el diseño de una planta de grandes dimensiones y el uso del agua tratada para la agricultura o la jardinería; por lo que se propone el sistema de tratamiento que se representa en la Fig. 4.

El sistema se inicia con un pre-tratamiento físico, para separar sólidos. Este incluye una limpieza en seco, una limpieza con agua a presión y el tamizado o filtrado. Luego se aplica un tratamiento químico que consiste en la neutralización, seguido de un tratamiento biológico, empleando microorganismos. Finalmente se vuelve a emplear un proceso físico, que radica en la deshidratación de los sólidos húmedos finales.

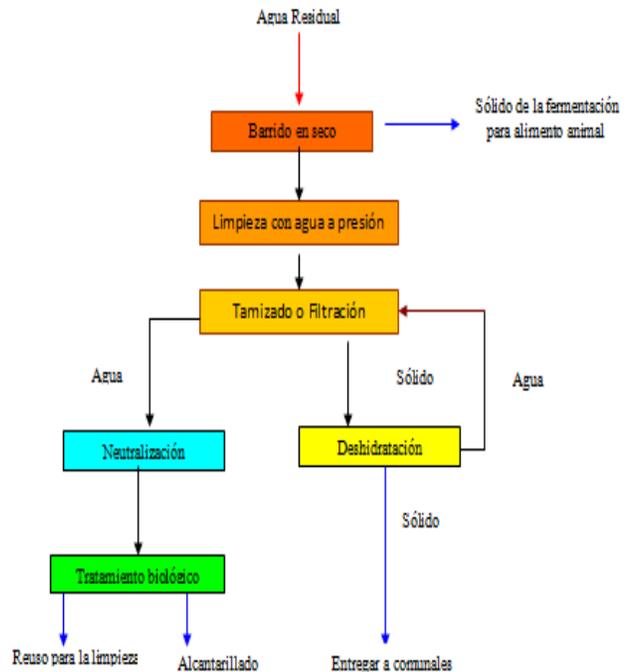


Fig. 4. Diagrama de flujo de la propuesta preliminar del sistema de tratamiento para las aguas residuales de la Planta de Vinos.

Limpieza en seco

Con el empleo de escobas y cepillos de fibra vegetal, para no incorporar residuos de fibras sintéticas que disminuyan la capacidad de reutilización del desecho, se barre y se recoge en contenedores el residual que queda en el fermentador. Considerando su contenido nutricional (Oliva, 2004; Zambrano, 2016) este sólido puede destinarse a la alimentación animal, la lombricultura o como abono directo.

Limpieza con agua a presión

Se realiza una limpieza con agua a presión, tanto para los fermentadores como para los clarificadores, para eliminar la materia orgánica que queda pegada en las paredes de los tanques. Al final se colecta el agua empleada.

Tamizado o filtración

Esta agua se deja reposar y posteriormente se filtra mecánicamente, empleando un tamiz de lienzo u otro tejido orgánico semejante. En este proceso se separan tanto los sólidos en suspensión como los sedimentables.

Neutralización

El líquido resultante de la etapa anterior se vierte en un

reactor discontinuo y se le aplica un tratamiento primario químico de neutralización para dejarlo reposar durante 24 horas.

Tratamiento biológico

Posteriormente, se realiza un tratamiento secundario biológico en el mismo reactor discontinuo, con suministro de aire por la parte inferior del reactor, con el objetivo de favorecer el crecimiento de los microorganismos y que estos degraden la materia orgánica. El líquido resultante del tratamiento biológico (Fig. 5.), puede ser usado para la limpieza de los equipos y pisos o será vertido directamente al alcantarillado.

Deshidratación

El sólido obtenido que es un lodo, se lleva a un tanque con fondo en forma de cono que permite eliminar el líquido que queda en este y de esta forma deshidratarlo. El producto de la deshidratación se entrega a la Empresa Municipal de Servicios Comunales para su reutilización como aporte orgánico para los suelos atendidos por esta entidad.



Fig. 5. Muestra de agua luego de haber pasado por el tratamiento biológico.

Efecto ambiental del tratamiento de las aguas residuales

Al tratar estas aguas residuales se estima una reducción de la carga contaminante emitida al medio ambiente aproximadamente en un 80%, siguiendo las recomendaciones de Terry (2001) al relacionar los impactos ambientales y remoción de los contaminantes

según la eficiencia de los tratamientos empleados en el sistema. Por tanto, se contribuye al crecimiento del oxígeno disuelto en los cuerpos receptores, al disminuir los sólidos en suspensión y sedimentables permite el paso de la luz en estos, además de no obstruir las redes hidráulicas, el medio, al poseer de pH neutro, crea un balance químico y biológico estable y por tanto favorece el desarrollo positivo de la biota acuática. Se contribuye a disminuir el consumo de agua y se puede utilizar el residual tratado para la limpieza de pisos y equipos, así como el sólido residual proveniente de la fermentación (Zambrano, 2016). Como se ha expresado, la composición nutricional de este material sólido (Oliva, 2004; Zambrano, 2016), permite que sea valorado para incluir en la mezcla orgánica para el compost de lombrices, en los cultivos del sistema de agricultura urbana y sub urbana cercanos, así como para abono directo de cultivos que admitan su acidez (aunque puede ser regulada) y que no tengan significativos requerimientos de nitrógeno y fósforo. Dicho valor nutricional, podrá ser utilizado en la alimentación animal, fundamentalmente alimentación porcina, mediante su incorporación en piensos, previa estabilización de su pH. Los taninos presentes, pueden valorarse para su aplicación al curtido de pieles (Gobierno de la Rioja, 2008).

Conclusiones

Los residuales procedentes de la fábrica de vino poseen los parámetros físico-químicos: DBO₅, DQO, sólidos sedimentables y pH por encima de lo permisible por la norma cubana de vertimiento. Las etapas del sistema propuesto son: tratamiento físico, barrido en seco, limpieza a presión, filtración; tratamiento químico, neutralización y tratamiento biológico aeróbico. Las aguas residuales tratadas se podrán utilizar en la limpieza de pisos y equipos. Los residuales sólidos de la fermentación pueden ser utilizados en la alimentación animal por su valor nutricional.

Recomendaciones

Se recomienda realizar la simulación del sistema de tratamiento propuesto utilizando el Software Super Pro Designer. Se propone, como recomendación, además, la realización de un estudio del agua tratada y sus potencialidades para el enfriamiento de los fermentadores.

Financiamiento de la investigación

Esta investigación se ha desarrollado bajo los auspicios

de la Empresa de Bebidas y Refrescos de Ciego de Ávila, Cuba y la Universidad de Camagüey “Ignacio Agramonte Loynaz”.

Contribución de los autores

Urbano Calnik: planeación de la investigación, conducción del muestreo y ensayos para la caracterización físico-química y biológica, recopilación y procesamiento de la información, revisión documental, análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Crespo Zafra: planeación de la investigación, caracterización físico-química y biológica, recopilación y procesamiento de la información, análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Matos Mosqueda: planeación de la investigación, recopilación y procesamiento de la información, análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Cruz Aragonese: planeación de la investigación, recopilación y procesamiento de la información, análisis de resultados, redacción del artículo y revisión final.

Conflictos de intereses

No se expresan conflictos de interés.

Referencias

Baird, R., Eaton, A. & Rice, E. (eds). (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington DC, United States of America: American Public Health Association-American Waters Work Association-Water Environment Federation.

International Organization for Standardization. (2015). *Environmental management systems — Requirements with guidance for use*. (ISO 14001:2015). Geneva, Switzerland: Author.

Gobierno de La Rioja. (2006) *Sistema de depuración en bodegas*. La Rioja, España: Proyecto LIFE SINERGIA.

Gobierno de la Rioja. (Octubre, 2008). Innovando con taninos. *Páginas de Información Ambiental*, 29(1), 20-23.

Ministerio de la Industria Alimentaria. Cuba (2013).

Norma Empresarial de la Industria Alimentaria. Control del Proceso Tecnológico. (NEIAL 1679-30: 2013). La Habana, Cuba: Autor.

Oficina Nacional de Normalización. Cuba. (2012). *Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones*. (NC 27: 2012). La Habana, Cuba: Autor.

Oficina Nacional de Normalización. Cuba. (2015). *Microbiología del agua. Detección y enumeración de coliformes. Técnica del número más probable (NMP)*. (NC 1095: 2015). La Habana, Cuba: Autor.

Oliva, J. (2004). *Tratamiento de Residuos de Bodegas*. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/86053971/Residuo-s-e-Impactos-de-Bodegas>

Ramallo, R. S. (2014). *Aguas residuales*. Quebec, Canadá: Reverté S.A.

Romero, L. I., Sales, D., & de la Ossa, E. M. (1990). Comparison of three practical processes for purifying wine distillery wastewaters. *Process Biochemistry* 25 (3), 93-96.

Roux, B., Fardeau, M., Arnaud, T., & Garcia, J. (Mai 1998). *Fermentation méthanique d'effluents vinicoles: utilisation d'un inoculum adapté*. À Y. Racault (Coordinateur Scientifique), 2è congrès international sur le traitement des effluents vinicoles, Paris, France.

Terry, C. (2001). Cuba: Manejo de residuales líquidos y evaluación de impacto ambiental. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología* 39 (1), 16-20. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223214832002>

Terry, C., Gutiérrez, J., y Abó, M. (2010). *Manejo de aguas residuales en la gestión ambiental*. La Habana, Cuba: CIGEA.

Valderrama Álvarez, C. A. (2008). *Guía de prácticas ambientales para la vitivinicultura* (Tesis de pregrado inédita), Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.

WETWINE Project (2018). *Manual de buenas prácticas WETWINE*. La Rioja, España: Autor.

Zambrano, V. (2016). *Alternativas de tratamiento y aprovechamiento del residual del vino base de la UEB Vinos Bayamo*. (Tesis de maestría inédita), Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.