

Artículo Original

**EVALUACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES EN LA INDUSTRIA
AZUCARERA PARA SU APROVECHAMIENTO
EN EL RIEGO AGRÍCOLA**

**EVALUATION OF WASTEWATER IN THE SUGAR INDUSTRY FOR ITS USE IN
AGRICULTURAL IRRIGATION**

Beatriz Melo Camaraza^{1*} <https://orcid.org/0009-0004-5906-9659>

Gisel Guerra Hernández¹ <https://orcid.org/0000-0003-2788-4574>

Oscar Nemesio Brown Manrique¹ <https://orcid.org/0000-0003-3713-3408>

Marcos Edel Martínez Montero¹ <https://orcid.org/0000-0003-4095-5410>

Jorge Luis Melo Martínez² <https://orcid.org/0009-0001-9924-873X>

¹ Universidad de Ciego de Ávila Máximo Gómez Báez, Ciego de Ávila, Cuba.

² UEB Central Refinería Ecuador Baraguá, Ciego de Ávila, Cuba.

Recibido: Marzo 25, 2024; Revisado: Abril 16, 2024; Aceptado: Abril 25, 2024

RESUMEN

Introducción:

Hoy en día los contaminantes producidos en el agua superan las capacidades de sus mecanismos de descontaminación. Siendo necesario evaluar las aguas residuales pertenecientes al Central Refinería Ecuador.

Objetivo:

Evaluar la calidad del agua residual del Central Refinería Ecuador, para su posible aprovechamiento en riego agrícola.

Materiales y Métodos:

La calidad del agua residual se evaluó mediante ensayos físicos, químicos y microbiológicos.

Resultados y Discusión:

Los principales resultados físico, químicos y microbiológicos evaluados en dos momentos fueron: temperatura 46,6 y 43,6 °C, conductividad eléctrica 2 359 y 1 366 $\mu\text{S cm}^{-1}$, sólidos sedimentables 8 y 3,50 mL L⁻¹. pH 5,80 y 6,30 unidades de pH, fósforo total 5 y 3,75 mg L⁻¹, nitrógeno total 4,20 y 6,45 mg L⁻¹, demanda química de oxígeno 1 832 y 1 742 mg L⁻¹, demanda bioquímica de oxígeno 1 671 y 1 451 mg L⁻¹, grasas y



Este es un artículo de acceso abierto bajo una Licencia *Creative Commons* Atribución-No Comercial 4.0 Internacional, lo que permite copiar, distribuir, exhibir y representar la obra y hacer obras derivadas para fines no comerciales.

* Autor para la correspondencia: Beatriz Melo, Email: bmelocamaraza@gmail.com



aceites 296,9 y 30,9 mg L⁻¹; cadmio 0,06 y 0,16 mg L⁻¹, cromo total 0,10 y 0,20 mg L⁻¹, cobre 1,19 y 1,80 mg L⁻¹, plomo 0,43 y 0,55 mg L⁻¹, zinc 1,37 y 2,33 mg L⁻¹, coliformes totales 8 800 000 y 1 60 000 mg L⁻¹ y coliformes fecales 8 800 000 y 1 070 000 mg L⁻¹.

Conclusiones:

El efluente no cumple con los requisitos de vertimiento de la NC 27, (2012) y es clasificada de mala calidad para ser aprovechada en el riego de la caña de azúcar según NC 855, (2011).

Palabras clave: aguas residuales; carga contaminante; parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

ABSTRACT

Introduction:

Nowadays the pollutants produced in water exceed the capabilities of its decontamination mechanisms. It is necessary to evaluate the wastewater belonging to the Central Refinería Ecuador (*Sugar Refinery Ecuador*).

Objective:

To evaluate the quality of the wastewater from the Central Refinería Ecuador (Sugar Refinery Ecuador) for its possible use in agricultural irrigation.

Materials and Methods:

The quality of the wastewater was evaluated through physical, chemical and microbiological tests.

Results and Discussion:

The main physical, chemical and microbiological results evaluated at two points in time were: temperature 46.6 and 43.6 °C, electrical conductivity 2 359 and 1 366 μS cm⁻¹, sedimentable solids 8 and 3.50 mL L⁻¹. pH 5.8 and 6.3 pH units, total phosphorus 5 and 3.75 mg L⁻¹, total nitrogen 4.20 and 6.45 mg L⁻¹, chemical oxygen demand 1 832 and 1 742 mg L⁻¹, biochemical oxygen demand 1 671 and 1 451 mg L⁻¹, fats and oils 296.90 and 30.90 mg L⁻¹; cadmium 0.06 and 0.16 mg L⁻¹, total chromium 0.10 and 0.20 mg L⁻¹, copper 1.19 and 1.80 mg L⁻¹, lead 0.43 and 0.55 mg L⁻¹, zinc 1.37 and 2.33 mg L⁻¹, total coliforms 8 800 000 and 160 000 mg L⁻¹ and fecal coliforms 8 800 000 and 1 070 000 mg L⁻¹.

Conclusions:

The effluent does not comply with the discharge requirements of NC 27, (2012) and is classified of poor quality to be used for sugarcane irrigation according to NC 855, (2011).

Keywords: Wastewater; polluting load; physical, chemical and microbiological parameters.

1. INTRODUCCIÓN

En Cuba la producción de azúcar constituyó uno de los sectores principal de la economía. Sin duda la agroindustria de la caña de azúcar forma parte indisoluble del desarrollo económico de la nación y encierra importantes potencialidades que pueden

contribuir al fortalecimiento del sector agroalimentario, constituido por la agricultura e industria alimentaria, nacionalmente reconocido como estratégico (Novoa, 2024).

La industria azucarera es uno de los procesos más comunes y demandantes de recursos hídricos desde su ciclo de cultivo en el campo hasta sus procesos productivos en la industria, generando grandes cantidades de aguas residuales que son vertidos a cuerpos receptores al final de los procesos de producción de azúcar crudo (Valera, 2016).

Durante el procesamiento de la caña de azúcar la mayoría de los procesos requieren agua para sus operaciones unitarias. En el recorrido del agua por el ingenio la misma puede llegar a contaminarse y generar aguas residuales; siendo los procesos de lavado de caña, remoción de cenizas en calderas, limpieza de evaporadores y calentadores, las operaciones que en su mayoría generan aguas residuales (Vega, 2016).

Para poder utilizar los residuales líquidos industriales en el riego agrícola, tanto los especialistas de la industria azucarera como los de la actividad agrícola, tienen que conocer la calidad del agua residual. Dicho conocimiento permitirá que se tomen las medidas pertinentes en el proceso de descontaminación (Chang y col., 2021).

El objetivo del trabajo fue evaluar la calidad del agua residual del Central Refinería Ecuador, para su posible aprovechamiento en riego agrícola.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en el Central Refinería Ecuador de Baraguá en la provincia de Ciego de Ávila, Cuba; localizada entre las coordenadas planas rectangulares Cuba Norte X = 216 920 m y Y = 786 342 m (Figura 1).

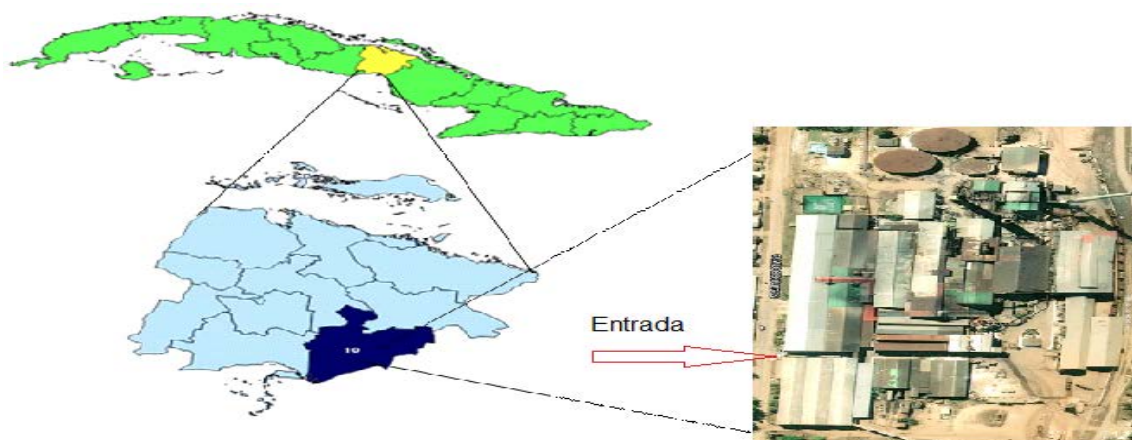


Figura 1. Mapa de ubicación del Central Refinería Ecuador de Baraguá

Los análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, se efectuaron por el método de muestreo puntual; en los siguientes puntos claves:

- Punto clave 1 (PC1). Aguas residuales industriales resultantes del proceso de fabricación de azúcar (tachos y calderas) (Figura 2).
- Punto clave 2 (PC2). Aguas residuales industriales resultantes del proceso fabril salida del central en el canal principal de evacuación (Figura 3).



Figura 2. Residuales resultantes del proceso de producción en (tachos y calderas) (PC1)

Figura 3. Residuales urbanos-industriales en el canal de salida del Central (PC2)

La determinación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos se evaluaron según los requisitos de la norma cubana NC 27, (2012) *vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones*. Utilizando los Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) para las descargas de residuales líquidos a cuerpos receptores.

Estos ensayos físicos, químicos y microbiológicos fueron realizados a las muestras de aguas residuales industriales en el Laboratorio de Química Ambiental, perteneciente al Centro de Investigaciones del Petróleo La Habana; Laboratorio de la UEB de Análisis y Servicios Técnico de Ciego de Ávila y Laboratorio de la UEB de Análisis y Servicios Técnicos de La Habana. Los ensayos analíticos, técnicas y métodos utilizados para el control de la calidad del agua residual, se especifica en los Normas estándares de Baird y col., (2017) las cuales se indican a continuación:

- **Ensayos físicos:** La temperatura del agua (T) se midió mediante el método de laboratorio con termómetro calibrado para un LMPP inferior a 40 °C. La conductividad eléctrica (CE) se midió a través del método potenciométrico para un LMPP inferior a 1 500 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Los sólidos sedimentables (SS) se determinaron mediante el Cono Inhoff para un LMPP a inferior a 1 mL L^{-1} .
- **Ensayos químicos:** El potencial de hidrogeniones (pH) se determinó mediante el método electrométrico para un LMPP de 6 a 9 unidades de pH. El fósforo total (PT) se determinó mediante el método colorimétrico en ácido vanado molido fosfórico para un LMPP inferior a 5 mg L^{-1} . El nitrógeno total (NT) se determinó mediante el método de Kjendahl para un LMPP inferior a 5 mg L^{-1} . La demanda química de oxígeno (DQO) mediante el método acelerado de digestión en autoclave al dicromato para un LMPP inferior a 90 mg L^{-1} . La demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) se determinó mediante el método de incubación por 5 días a 20°C (determinación por Winkler para un LMPP inferior a 40 mgL^{-1}). Las grasas y aceites (GA) se determinaron mediante el método gravimétrico para un LMPP inferior a 5 mg L^{-1} . El cadmio (Cd), cromo total (Cr), cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn) se determinó mediante el método de espectrometría de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado para LMPP inferiores a <0,3; 2,0, <5,0, 1,0 y 5,0 mg L^{-1} respectivamente.
- **Ensayos microbiológicos:** Los coliformes totales (CT) y coliformes fecales

(CF) se determinaron mediante la técnica de tubos múltiples para un LMPP inferior a 1000 y 200 Número Más Probable (NMP) por 100 ml respectivamente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la tabla 1, se reflejan los resultados de los ensayos físicos, químicos y microbiológicos efectuados a las muestras de aguas residuales líquidas obtenidas en el Central Refinería Ecuador; realizando la comparación con los (LMPP) establecidos en la NC 27, (2012) y la NC 855, (2011) *utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar*.

Tabla 1. Resultados de los ensayos de laboratorio

Parámetros	U/M	Muestra PC1. 2023		Muestra PC2. 2023	
		1 ^{er} Muestra	2 ^{da} Muestra	1 ^{er} Muestra	2 ^{da} Muestra
T	°C	46,50	47,40	40,80	43,60
CE	$\mu\text{S cm}^{-1}$	983	1 750	1 030	3 689
SS	mL L^{-1}	2	5	1	9
pH	U	7,60	4,17	8,12	4,51
DQO	mg L^{-1}	1 912	1 572	1 157	2 508
DBO ₅	mg L^{-1}	1 708	1 195	1 160	2 183
PT	mg L^{-1}	4,50	3	3	7
NT	mg L^{-1}	4,20	4,20	4,60	8,30
GA	mg L^{-1}	23,10	38,70	17,50	279,40
Cd	mg L^{-1}	0,04	0,08	0,04	0,12
Cr	mg L^{-1}	0,08	0,12	0,05	0,37
Cu	mg L^{-1}	0,94	1,45	0,82	2,78
Pb	mg L^{-1}	0,32	0,54	0,24	0,87
Zn	mg L^{-1}	0,86	1,89	0,96	3,71
CF	NMP/100 mL	1 600 000	16 000 000	540 000	1 600 000
CT	NMP/100 mL	1 600 000	16 000 000	920 000	1 600 000

3.1 Evaluación de los parámetros físicos del agua residual industrial

La temperatura del agua residual en el proceso de producción y evacuación desciende desde los 46,60 °C (PC1) hasta a los 43,60 °C (PC2), encontrándose ambas temperaturas superior al LMPP de 40 °C. Este parámetro es de vital importancia en la industria azucarera debido a que influye directamente en la vida acuática (Valera, 2016).

El valor promedio de la CE en el PC1 y PC2 fueron de 2 359 $\mu\text{S cm}^{-1}$ y 1 366 $\mu\text{S cm}^{-1}$ respectivamente. Resultados superiores a los LMPP de descarga de efluentes a cuerpos receptores de ($< 1 500 \mu\text{S cm}^{-1}$) recomendados por la NC 27, (2012), indicando altas concentraciones de sales inorgánicas solubles como afirma Chang y col., (2021). Estos valores comparados con la NC 855, (2011), indican que el agua residual es de mala calidad para ser utilizada en el fertirriego de la caña de azúcar para un LMPP

establecido de 1 800-2 400 $\mu\text{S cm}^{-1}$ o 1,80-2,40 mmhos cm^{-1} .

Los SS fueron de 8 y 3,50 mL L^{-1} en los PC1 y PC2; superiores a la condición establecida del LMPP de ($< 1 \text{ mL L}^{-1}$) para las descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. Estos valores de SS son superiores, debido a la existencia de sólidos suspendidos, que a su vez se dividen en sedimentables y no sedimentables. Estudios similares fueron realizados por Cabrera y col., (2009) donde afirma que los complejos agroindustriales con refinería presentan mayor carga contaminante de sólidos que los centrales de crudo.

3.2 Evaluación de los parámetros químicos del agua residual industrial

La evaluación del pH en el PC1 y PC2 fue de 5,80 y 6,30 unidades de pH respectivamente. Este valor se encuentra ligeramente inferior al LMPP de 6 a 9 unidades de pH. Este parámetro indica grado de acidez o de alcalinidad en el agua residual. El valor mínimo registrado de 5,80 corresponde a un agua que proviene de la limpieza de equipos usando sustancias químicas que pueden modificar el pH. Además en la limpieza química se arrastran otros contaminantes que pueden modificar el pH, tales como lípidos, partículas sólidas, polvo y óxidos. Estos resultados son similares a los reportados por Valera (2016).

El aporte de PT en el PC1 y PC2 fue de 5 y 3,75 mg L^{-1} respectivamente. Valores inferiores al LMPP de 5 mg L^{-1} . Este importante nutriente puede ser incorporado al suelo a través del riego agrícola para el desarrollo de cultivos alimenticios cocido e industrial como la malanga, boniato, frijoles, maíz, arroz, ají pimiento y plátano en áreas aledañas al Central Refinería Ecuador siempre que se realice un control adecuado al suelo y cultivos. Desde el punto de vista de Canciano y col., (2019) se puede aprovechar las aguas residuales en el riego agrícola por ser ricas en sodio, fósforo y potasio.

El NT en el PC1 y PC2 fue de 4,20 y 6,45 mg L^{-1} respectivamente. En el caso del PC2 el valor es superior al LMPP de 5 mg L^{-1} . Como afirma Perojo y col., (2022), estos nutrientes de PT y NT, cuando se encuentra elevado pueden provocar eutrofización en los cuerpos de agua donde son vertidos afectando la biodiversidad.

Los valores de la DQO en el PC1 y PC2 fueron de 1 832 y de 1 742 mg L^{-1} respectivamente. Resultados superior al LMPP de 90 mL L^{-1} . Se refiere a la cantidad de oxígeno que puede ser utilizado o consumido por la materia contenida en el agua. Este comportamiento se debe a un efluente que contiene químicos adicionales procedentes de la limpieza de equipos. Valores similares fueron encontrados por Valera (2016).

Empleando las palabras de de la Hoz y col., (2017), la DQO promedio de un ingenio, con una política adecuada de uso y reuso del agua es de aproximadamente de 2000-5000 mg L^{-1} , por lo que estas muestras contienen materia orgánica como azúcares no recuperados del proceso de obtención de azúcar, cachaza, bagacillo, grasas y aceites como componentes contaminantes del medio ambiente.

Los resultados de la DBO_5 en el PC1 y PC2 fueron de 1 671 mg L^{-1} y 1 451 mg L^{-1} respectivamente. Resultados superior a la condición establecida del LMPP de 40 mL L^{-1} . Este indicador demuestra un elevado grado de contaminación microbiológica en las aguas residuales debidas a la mezcla de residuales urbanos e industriales. Como expresa Chang y col., (2021), estos valores dependen del contenido de materia orgánica y de algunas sustancias orgánicas e inorgánicas en las aguas residuales debido a actividades

físicas, químicas y bioquímicas, por lo que constituye importantes contaminantes para las aguas superficiales y del medio ambiente.

Las GA en el PC1 y PC2 fueron de 296,90 y 30,90 mg L⁻¹, valores superiores al LMPP de 5 mg L⁻¹. Las GA en el efluente que se vierten a los cuerpos receptores, como los restos de hidrocarburos son clasificado como desecho peligroso. Estos resultados fueron comparados con estudios similares realizados por Díaz y col., (2016).

La evaluación de los elementos de Cd, Cr, Cu, Pb y Zn en el PC1 y PC2 fueron de 0,06 y 0,16 mg L⁻¹; 0,10 y 0,20 mg L⁻¹; 1,19 y 1,80 mg L⁻¹; 0,43 y 0,55 mg L⁻¹; 1,37 y 2,33 mg L⁻¹ respectivamente. Estos valores se encuentran dentro de los LMPP referidos a <0,3; 2 <5; 1 y 5 mg L⁻¹ respectivamente. Estudios realizados por Hernández y col., (2018), el elemento Zn, su absorción no causa daños en los cultivos y favorece la nutrición de las plantas. Los demás elementos analizados son indicadores de salinidad, permeabilidad y toxicidad. Hay cultivos que son tolerantes a estos elementos, siempre que se pre-neutralice su acidez y que cumplan con los LMPP establecido en la NC 27, (2012).

3.3 Evaluación de los parámetros microbiológicos del agua residual industrial

Los resultados de CT en el PC1 y PC2 fueron de 8 800 000 y 1 60 000 mg L⁻¹ respectivamente. Estos valores son superiores al LMPP de 200 NMP por 100 ml NC 27, (2012). Los valores de CF en el PC1 y PC2 fueron de 8 800 000 y 1 070 000 mg L⁻¹ respectivamente, superiores al LMPP de 1 000 NMP por 100 ml NC 27, (2012).

Teniendo en cuenta a Mera y Días, (2019), el análisis bacteriológico es vital en la prevención de epidemias y control sanitario de la contaminación del agua. La presencia de estos coliformes constituye un indicio de contaminación capaz de crecer a elevadas temperaturas superiores a 44,5 °C.

3.4 Evaluación de la calidad del agua residual urbana- industrial

El uso de aguas residuales en la agricultura beneficia a países del tercer mundo, aumentando la producción agrícola ante la falta de recursos hídricos. Sin embargo, la presencia de microorganismos patógenos en estas aguas puede causar enfermedades. El uso responsable es crucial para garantizar la seguridad sanitaria (Cortés y col., 2017).

Resumiendo, los resultados reportados en la muestra del PC2, se observa que los parámetros T, pH, CE, SS, DQO, DBO, PT, NT, GA, CF y CT se encuentran por encima de los LMPP, exigido por la NC 27, (2012). Incumpléndose con lo estipulado en este requisito ambiental, clasificando esta agua residual de calidad mala para ser aprovechada en el riego de la caña de azúcar y otros cultivos.

Solamente se compara la muestra PC2, con el requisito ambiental porque los residuales de la muestra PC1 se mezclan a estos y en su conjunto son vertidos al medio. De forma generar el manejo de los residuales líquidos generados en el Central Refinería Ecuador es deficiente, no reciben ningún tratamiento previo antes de verse al cuerpo receptor (acuíferos). Siendo evidente las deficiencias en la recolección, conducción, tratamiento y destino final de los efluentes como etapas del ciclo de vida del agua residual.

4. CONCLUSIONES

1. En la muestra de residual líquido identificada como PC1, los valores determinados de T, pH, CE, SS, DQO, DBO₅, PT, NT, GA, CF y CT, se encuentran fuera de los LMPP, recomendados en la NC 27, (2012).
2. Persiste el incremento de aporte de carga contaminante al medioambiente por el vertido de los residuales líquidos al medio.
3. Se mantiene la problemática de los residuales líquidos generados que no llegan al sistema de lagunas de oxidación, por lo que los efluentes se vierten de forma directa al suelo sin recibir previamente algún tratamiento.
4. Esta agua residual es clasificada de calidad mala para ser aprovechada en el riego de la caña de azúcar según NC 855, (2011).

AGRADECIMIENTOS

Al colectivo de trabajadores del Central Refinería Ecuador de Baraguá por permitir a los autores de esta investigación su contribución al conocimiento.

REFERENCIAS

- Baird, R., Eaton, A., & Rice, E., Standard Methods for the examination of Water and Waste Water., American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA), Water Environment Federation (WEF), 2017. https://scholar.google.es/scholar?cluster=10785928223407825158&hl=es&as_sdt=2005&scioldt=0,5
- Cabrera, X., Contreras, A.M. y Herrera, Z., Influencia de la caracterización de los residuales líquidos industriales en la selección del sistema de tratamiento más adecuado., Centro Azúcar, Vol. 36, No. 1, 2009, pp. 56-62. http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/450/448
- Canciano, J., Reinoso, M., Velázquez, J., y Aibis. J., Propuesta de aprovechamiento de residuales generados en la producción del CBFERT., Centro Azúcar, Vol. 46, No. 5, 2019, pp. 91-95. http://centrozucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/189
- Chang, L.J., Rosabal, Y., y Benítez, D., Caracterización preliminar por métodos fisicoquímicos y microbiológicos de aguas residuales de una planta azucarera en época de zafra de Mabay, Cuba., Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, Vol. 17, No. 2, 2021, pp. 63-68. <https://doi.org.1033154/rlrn.2021.02.04>
- Cortés, F., Treviño, A., Espinoza, A.T., Sáenz, A., Alcorta, M.A., González, J.L., Martínez, R., y de la Cruz, F.J., Optimización en el diseño de un sistema de tratamiento de aguas residuales integrado por tres lagunas de estabilización., Revista Tecnología y Ciencias del Agua, Vol. 8, No. 4, 2017, pp. 139-155. <https://10.24850/j-tyca-2017-04-09>
- de la Hoz, Y., Izquierdo, Y., y López, O., Caracterización y tratamiento de aguas residuales del central azucarero “Manuel Fajardo”, para disminuir la contaminación en la fabricación de azúcar., ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar, Vol. 51, No. 3, 2017, pp. 72-74. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223158039011>
-

- Díaz, M., Eng, F., Herrera, Y., y Lorenzo, Y., 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, 2016, pp. 59-63. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223152661010>
- Hernández, Y., Rodríguez, P., Peña, M., González, P., y San Nicolás, F., Caracterización química y agronómica de las aguas residuales del yacimiento castellano., Pinar del Río. Cultivos Tropicales, Vol. 39, No. 3, 2018, pp. 11-17. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193260658002>
- Mera, Y., y Días, L.A., Caracterización fisicoquímica y microbiológica (coliformes totales y fecales) de las aguas residuales generadas en el campus de la Universidad Nacional Autónoma de Chota., Informe final de investigaciones, Universidad Nacional Autónoma de Chota, Cajamarca, Perú, 2019. <http://hdl.handle.net/20.500.1142/283>
- NC 27., Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Especificaciones., Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, (NC), 2012. <http://ftp.isdi.co.cu/biblioteca/biblioteca%20universitaria%20del%20isdi/coleccion%20digital%20de%20normas%20cubanas/2012/nc%2027%20a2012%2014p%200sky.pdf>
- NC 855., Utilización de las aguas residuales de la industria azucarera y de derivados en el fertirriego de la caña de azúcar., Oficina Nacional de Normalización, La Habana, Cuba, (NC), 2011. <https://ftp.isdi.co.cu/Biblioteca/BIBLIOTECA%20UNIVERSITARIA%20DEL%20ISDI/COLECCION%20DIGITAL%20DE%20NORMAS%20CUBANAS/2011/NC%20855%20a2011%2013p%20aih.pdf>
- Novoa, A., Importancia estratégica de la agroindustria azucarera en Cuba. Inter Press Service en Cuba., Feb., 2024. <https://www.ipscuba.net/sin-categoria/importancia-estrategica-de-la-agroindustria-azucarera-en-cuba/>
- Perojo, A.M., Aguilera, Y., Villar, A., y Avilés, Y.C., Caracterización de las aguas residuales generadas en la producción de conjugados monovalentes en el Instituto Finlay de Vacunas., VacciMonitor, Vol. 31, No. 2, 2022, pp. 60-67. <https://vaccimonitor.finlay.edu.cu/index.php/vaccimonitor/article/view/308>
- Valera, K.F., Caracterización de las aguas residuales de la Industria azucarera Tres Valles, en Honduras., Tesis de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras., 2016. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/5748>
- Vega, R., Limpieza de caña en seco como alternativa para la reducción de consumo de agua y pérdidas de azúcar en ingenios guatemaltecos., Memoria presentación de resultados de investigación zafra, 2016, pp. 395-412. https://cengicana.org/files/20170927141000828.pdf&ved=2ahukewjn0ut2ja6eaxsrzabhzjzcuiqfnoecaggaq&usq=aovvaw3-jhg_czj7wmrrpomtdrfd

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. Beatriz Melo Camaraza. Investigación, redacción - primera redacción.
 - Dr.C. Gisel Guerra Hernández. Redacción - revisión y edición.
 - Dr.C. Oscar Nemesio Brown Manrique. Metodología, redacción - revisión y edición.
 - Dr.C. Marcos Edel Martínez Montero. Validación, visualización.
 - M.Sc. Jorge Luis Melo Martínez. Gestión de proyectos, supervisión.
-