

	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES	Disciplina UNESCO 3308.06
ARTICULO DE INVESTIGACION	Nicolau Penicela Chirinza, Paulino Vasco Mariano Muguirrima, Federico León Zerpa*, Carlos Alberto Mendieta Pino	

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES

EVALUATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF EFFLUENTS FROM THE MOZAMBIQUE SUGAR COMPANY. A PROPOSAL FOR EFFLUENT TREATMENT

Paulino-Vasco Mariano-Muguirrima¹, Nicolau Penicela-Chirinza¹, Federico León-Zerpa^{2*}, Carlos-Alberto Mendieta-Pino²

1 Universidad de Zambeze (UniZambeze), Mozambique.

2 Instituto de Estudios Ambientales y Recursos Naturales (iUNAT), Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC).

* federico.leon@ulpgc.es

Recibido: 12/Feb./2024 – Revisando: 20/Feb./2024 - Aceptado: 11/Sep./2024 - DOI: <https://doi.org/10.52152/DES11188>

To cite this article: LEON-ZERPA, Federico, MUGUIRRIMA, Paulino Vasco, CHIRINZA, Nicolau Penicela et al. EVALUATION OF THE PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF EFFLUENTS FROM THE MOZAMBIQUE SUGAR COMPANY. A PROPOSAL FOR EFFLUENT TREATMENT. DYNA Energía y Sostenibilidad, Jan.-Dec. 2024, vol. 13, n.1, DOI: <https://doi.org/10.52152/DES11188>

<p>ABSTRACT:</p> <p>Wastewater from the sugar industry presents complex characteristics and is considered a challenge for environmental engineers in their quest for treatment and reuse. The main objective of this study is to determine the physico-chemical characteristics of the wastewater from the Mozambique Sugar Mill. The choice is due to the large volumes of water (around 900 m³/h) that the sugar industry uses in its production processes, as well as the effluent management model to be adopted. For this study, samples were taken over a period of six months, every two months, and physical and chemical parameters were analysed. The results were compared with the regulations (Decree 18/2004) in force in Mozambique and with the values estimated by the World Bank in the various articles. The novelty of this research and the purpose is to suggest the best method to treat these effluents in a more environmentally friendly way. With the results obtained, it was possible to do so in most of the sugar producing countries that have liquid effluent control standards with limitation in the number of organics between 15 and 60 mg/L BOD.</p> <p>Keywords: Environmental management, sugar industries, wastewater, treatment systems.</p>	<p>RESUMEN:</p> <p>Las aguas residuales de la industria azucarera presentan características complejas y se consideran un reto para los ingenieros medioambientales en su búsqueda de tratamiento y reutilización. El objetivo principal de este estudio es determinar las características físico-químicas de las aguas residuales de la Central Azucarera de Mozambique. La elección se debe a los grandes volúmenes de agua (alrededor de 900 m³/h) que la industria azucarera utiliza en sus procesos de producción, así como al modelo de gestión de efluentes que se debe adoptar. Para este estudio, se tomaron muestras durante un período de seis meses, cada dos meses, y se analizaron parámetros físicos y químicos. Los resultados se compararon con la normativa (Decreto 18/2004) vigente en Mozambique y con los valores estimados por el Banco Mundial en los distintos artículos. La novedad de esta investigación y el propósito es sugerir el mejor método para tratar estos efluentes de forma más respetuosa con el medio ambiente. Con los resultados obtenidos, fue posible hacerlo en la mayoría de los países productores de azúcar que tienen normas de control de efluentes líquidos con limitación en el número de orgánicos entre 15 y 60 mg/L de DBO.</p> <p>Palabras clave: Gestión medioambiental, industrias azucareras, aguas residuales, sistemas de tratamiento.</p>
--	---

1.- INTRODUCCION

Las aguas residuales de la industria azucarera contienen diversos compuestos que deben tratarse química o biológicamente antes de verterse a las masas de agua. La reutilización eficiente de las aguas residuales producidas por las industrias azucareras es una cuestión a considerar en la actualidad, con el objetivo de la sostenibilidad. Así, la evaluación de las características de los efluentes generados en la industria azucarera tiene creciente interés tanto en el campo de la investigación aplicada como en la búsqueda de la mejor alternativa tecnológica de tratamiento para atender el destino final del efluente o la reutilización del agua a explicar en los siguientes temas[1].

Las aguas residuales de la industria alimentaria contienen un alto nivel de compuestos orgánicos, y en algunos casos puede ser hasta 10 veces superior al de las aguas residuales municipales. El vertido de efluentes con una elevada carga de compuestos orgánicos crea graves problemas medioambientales. Por lo tanto, estos efluentes deben limpiarse adecuadamente antes de verterlos al medio

	<p>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</p>	<p>Disciplina UNESCO 3308.06</p>
<p>ARTICULO DE INVESTIGACION</p>	<p>Nicolau Penicela Chirinza, Paulino Vasco Mariano Muguirrima, Federico León Zerpa*, Carlos Alberto Mendieta Pino</p>	

ambiente [2,3,4,5]. Numerosos estudios han señalado que las aguas residuales de la industria azucarera pueden contener altos niveles de contaminantes, como la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos disueltos totales (SDT), que a menudo pueden superar las normas ambientales recomendadas para su vertido [1, 2, 3]. Cabe señalar que la industria azucarera es estacional y sólo funciona entre 150 y 210 días al año (de noviembre a mayo). En la industria azucarera se utilizan diversos productos químicos, principalmente para coagular las impurezas y refinar los productos finales. $\text{Ca}(\text{OH})_2$ se utiliza para clarificar y aumentar el pH de los zumos. Antes de la clarificación se añade una pequeña cantidad de H_3PO_4 para mejorar la clarificación [1]. Aquí investigamos las características de los efluentes de Açucareira de Moçambique y las condiciones en que se vierten al medio ambiente, para diagnosticar medidas más adecuadas y sostenibles.

En ingeniería medioambiental y, más concretamente, en las tecnologías de tratamiento de efluentes, la concentración de materia orgánica en el efluente se mide utilizando dos parámetros analíticos principales: la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y la demanda química de oxígeno (DQO). La DBO muestra la cantidad de oxígeno necesaria para estabilizar la materia orgánica carbonosa mediante procesos bioquímicos, indicando indirectamente la cantidad de carbono orgánico biodegradable. La DQO es el máximo de materia orgánica que puede oxidarse, mientras que la DBO es la materia utilizable por los organismos vivos [10].

La novedad de esta investigación y el propósito es sugerir el mejor método para tratar estos efluentes de forma más respetuosa con el medio ambiente. La elección de las tecnologías de tratamiento para cualquier efluente depende de la relación DQO/DBO, según estudios [13]. Así, según Matos, M.P.: Relación DQO/DBO baja (<2,5): la fracción biodegradable es alta y se recomienda el uso de tratamiento biológico. Para una relación DQO/DBO intermedia (entre 2,5 y 4,0), se sugiere realizar pruebas de tratabilidad para confirmar la idoneidad del tratamiento biológico debido a la fracción biodegradable relativamente baja. El proceso conocido como tratamiento biológico se utiliza normalmente para el tratamiento de nivel secundario [10; 12]. En los casos en los que la relación DQO/DBO sea elevada (>4,0), puede no ser aconsejable utilizar un sistema biológico, y puede ser necesario evaluar la posibilidad de utilizar en su lugar un sistema de tratamiento químico. Del mismo modo, si la relación DQO/DBO es baja (4,0), puede no ser recomendable utilizar un sistema biológico, y puede ser necesario evaluar el potencial para utilizar un sistema de tratamiento químico [13].

Para analizar la biodegradabilidad, se utiliza la DBO:N:P que es uno de los indicadores más importantes en la medición de la contaminación en aguas residuales, así como en el control del agua potable, comparando la demanda biológica de oxígeno, nitrógeno y fósforo. Se utiliza una relación DBO:N:P mínima de 100:5:1 para procesos aerobios y una relación DQO:N:P de al menos 350:7:1 para procesos anaerobios [13]. Algunos autores, como los mencionados en la Tabla 1, han realizado estudios en la industria azucarera y han mostrado algunos resultados característicos. La tabla muestra que, en general, la mayoría de los resultados para el tratamiento de efluentes industriales están en el rango de los tratamientos primarios y secundarios [11; 12; 13].

Tabla 1. Valores de parámetros de efluentes de algunos autores

Parámetros	[1]	[8]	[11]
Temperatura (°C)	40	29.3-44.3	24.3
pH	5.5	6.7-8.4	4.0
Turbidez (NTU)			621
DBO (mg/L)	970	654.4-1968.5	431.9
DQO (mg/L)	3682	1100.3-2148.9	1536.8
Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	2230	540.3-925.9	534
Fosfato (mg/L)	5.9	1-19	15
Nitrógeno (mg/L)		11.9-40.6	30

La industria mozambiqueña de la acucareira (Mafambisse) carece de un sistema de tratamiento de aguas residuales. Las aguas residuales simplemente se vierten al medio ambiente sin tratamiento previo. En este estudio, pretendíamos analizar el efluente de aguas residuales e identificar el método de tratamiento más eficaz. Para ello, analizamos la relación DBO/DQO para determinar el método óptimo de tratamiento de las aguas residuales. Los resultados del análisis del efluente indicaron que la relación DBO/DQO era inferior a 2. Este valor se sitúa dentro del intervalo de 1,8 a 2, lo que es indicativo de un nivel de contaminación de bajo a moderado. El método de tratamiento biológico resultó ser el más adecuado para este tipo de contaminación. Si los valores fueran superiores a 2,5, habría que recurrir a otro tipo de tratamientos, como el UASB, que depende del tipo de contaminación. La novedad de esta investigación es la siguiente: estos valores se obtuvieron por primera vez en un entorno de laboratorio, lo que nos permitió identificar un sistema de tratamiento adecuado.

	<p>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</p>	<p>Disciplina UNESCO 3308.06</p>
<p>ARTICULO DE INVESTIGACION</p>	<p>Nicolau Penicela Chirinza, Paulino Vasco Mariano Muguirrima, Federico León Zepa*, Carlos Alberto Mendieta Pino</p>	

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Descripción de los lugares de muestreo

La Azucarera de Mozambique (Mafambisse) es una industria azucarera situada en el distrito de Dondo, al sur de la ciudad de Beira, a 1 kilómetro de la carretera nacional 6 (EN6). La azucarera está gestionada por la empresa Tongaat Hulett desde 1996. Tongaat Hulett es una empresa sudafricana que opera en el sector azucarero en varios países del país: Mozambique, Botsuana, Sudáfrica, Suazilandia, Zimbabue y Namibia. Normalmente, la industria azucarera se compone de dos sectores productivos: el sector agrícola, es decir, el cañaveral, y el sector de transformación (Fábrica) [14-19].

En Mozambique, Tongaat Hulett tiene fábricas en Xinavane, provincia de Maputo, y en el puesto administrativo de Mafambisse, distrito de Dondo, provincia de Sofala, con la misión de promover servicios y productos derivados de la caña de azúcar, mejorar las propiedades, buscar la satisfacción del cliente y el desarrollo del país, cuidando la protección del medio ambiente [6,7].

Sin embargo, utilizan grandes volúmenes de agua, que oscilan entre [900m³ y 1000m³]/hora extraída del río Púngue para la refrigeración de máquinas, rodamientos, molinos, calderas, etc.

2.2 Recogida y análisis de muestras

El proceso de transformación de la caña de azúcar es altamente complejo, generando importantes cantidades de aguas residuales compuestas por descargas líquidas y sólidas provenientes del procesamiento, manipulación y transformación de la caña. Estos vertidos resultan de los procesos de enfriamiento, calentamiento, extracción y reacción, así como del lavado y del control de otros subproductos de especificación rechazados. Las cantidades y calidades de estos vertidos son muy variables. A medida que el agua pasa por las cámaras y tanques desde la extracción hasta la cristalización del azúcar, su carga contaminante en términos de materia orgánica y diversos contaminantes aumenta significativamente. Aproximadamente el 75% del volumen total de efluentes vertidos por las industrias de la caña de azúcar se debe al lavado de la caña, que incluye también el agua de lavado de los tanques que contienen residuos de la transformación. Por otra parte, los procesos de desfibrado y molienda, que extraen el jugo, dan lugar a residuos sólidos, a saber: el bagazo, que se compone de fibra [8].

Todas las muestras de efluentes se recogieron y analizaron el mismo día, de acuerdo con la metodología descrita en Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (23rd Edition 2017) [20-24]. Para estos análisis, las muestras se recogieron en botellas PET de 500 ml utilizando un colector artesanal. Tras la recogida, las botellas con las muestras se identificaron debidamente y se transportaron en una caja aislada a los laboratorios de Microbiología y Bioquímica del Departamento de Ingeniería de Procesos Industriales de la Universidad de Zambezi para su análisis. El proceso de recogida se llevó a cabo a lo largo del periodo de estudio de 6 meses, a intervalos de cada 2 meses, en las secciones de las bombas (efluente total de la fábrica), salida de la caldera y efluente total de los talleres, Como se muestra en la fig. 1.

Fig. 1. Foto de muestras de efluentes tomadas en talleres, bombas y calderas.



Para medir los parámetros fisicoquímicos (temperatura y pH) en los sitios se utilizó la técnica de muestreo instantáneo conforme a las normas.

	<p>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</p>	<p>Disciplina UNESCO 3308.06</p>
<p>ARTICULO DE INVESTIGACION</p>	<p>Nicolau Penicela Chirinza, Paulino Vasco Mariano Muguirrima, Federico León Zerpa*, Carlos Alberto Mendieta Pino</p>	

En todos los casos, las muestras de aguas residuales se recogieron en botellas de plástico previamente limpiadas y lavadas con ácido y se almacenaron en un frigorífico a 4°C hasta que se utilizaron para los análisis. Por último, los análisis de laboratorio de las muestras de aguas residuales que se llevaron a cabo según métodos estándar en nuestros laboratorios locales.

Entre los parámetros físico-químicos de las aguas residuales de la industria azucarera, el pH y la temperatura se midieron inmediatamente in situ, mientras que los demás parámetros físico-químicos, como los sólidos totales (ST), los sólidos en suspensión (TSS), la DBO, la DQO, las pruebas de cloruros y sulfatos, la turbidez, la alcalinidad, la densidad y la conductividad, se analizaron en la Universidad de Zambezi (Mozambique).

La mayoría de los países productores de azúcar tienen normas de control de efluentes líquidos que limitan el número de orgánicos a entre 15 y 60 mg/L de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno). Sin embargo, India tiene un límite de 100 mg/L (Purchase, 1996). El tratamiento de los efluentes puede realizarse en lagunas anaerobias o aerobias [9].

Tabla 1. Valores de los parámetros físico-químicos de la plantación de azúcar de Mozambique

Parámetros	Bomba	Calderas	Oficinas	Decreto 18/2004
Temperatura(° C)	45	50	40	< =24
pH	6.34	8.13	6.96	6-9
Dureza (mg/L)	240.63	490.20	177.13	
Alcalinidad (mg/L)	187.00	215.00	138.33	
Cloruros (mg/L)	105.60	172.63	81.43	
TDS(mg/L)	1392.00	1174.67	1137.00	
SST(mg/L)	17.33	25.67	22.00	50
Turbidez (NTU)	9.15	11.16	15.03	
DBO(m/L)	731.67	628.00	675.00	50
DQO(m/L)	1048.67	991.33	1351.00	250
Conductividad (S/cm)	2.49	1.96	7.83	
Fosfato (mg/L)	11.91	16.22	16.23	2
Nitrógeno (mg/L)	14.11	10.58	11.39	10

Por otra parte, el marco legislativo sudafricano no ha variado significativamente durante el periodo examinado. La legislación vigente aborda cuestiones técnicas, colma ciertas lagunas de la normativa, mejora algunas disposiciones y actualiza referencias obsoletas.

3.- RESULTADOS

Las propiedades físicoquímicas de las aguas residuales de la industria azucarera aquí estudiadas están muy por encima de los valores límite de la legislación en vigor (Decreto 18/2004), aunque algunos valores no se utilicen en el documento [25-27].

Así, de acuerdo con los datos obtenidos y los volúmenes de efluente generados (900-1000 m³/h), sería mejor utilizar lagunas aerobias, ya que con un tiempo de residencia de más de 120 horas o hasta 7 días, se garantiza la reducción de la temperatura a valores ambientales y se permite la ocurrencia de procesos aerobios, lo que podría reducir la carga contaminante, de acuerdo con las referencias [12,13].

Los resultados de la relación DQO/DBO para el presente estudio en las diferentes zonas de estudio oscilan entre 1,48 y 2,0, respectivamente para los sectores de bombas, calderas y talleres, siendo la relación media de 2,0, lo que indica que para este rango la tecnología de tratamiento sugerida según [13] es de tipo biológico secundario.

Mientras tanto, esta tecnología se analizará en detalle utilizando parámetros técnicos como el caudal de efluentes y la superficie disponible para su eliminación y tratamiento final.

	<p>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</p>	<p>Disciplina UNESCO 3308.06</p>
<p>ARTICULO DE INVESTIGACION</p>	<p>Nicolau Penicela Chirinza, Paulino Vasco Mariano Muguirrima, Federico León Zerpa*, Carlos Alberto Mendieta Pino</p>	

4.- CONCLUSIONES

El estudio de los parámetros físicos y químicos de los efluentes del ingenio azucarero mozambiqueño mostró que el valor del pH estaba dentro de las normas establecidas por el reglamento sobre normas de calidad ambiental y emisiones de efluentes para la industria azucarera (Decreto 18/2004).

Según la legislación mozambiqueña, la relación DQO/DBO es de 5. En este estudio, la relación osciló entre 1,4 y 2,0, muy por debajo de los límites establecidos, lo que indica la alta biodegradabilidad de la carga efluente.

La tecnología sugerida es, por tanto, el tratamiento biológico. Para analizar la biodegradabilidad se utiliza la relación DBO:N:P, que es uno de los indicadores más importantes para medir la contaminación en las aguas residuales. Se utiliza una relación DBO:N:P mínima de 100:5:1 para los procesos aerobios y una relación DQO:N:P de al menos 350:7:1 para los procesos anaerobios.

REFERENCIAS

- [1] Pradeep K, Poddar, Omprakash Sahu. Quality and management of wastewater in sugar industry. *Water Sci* 2 November 2014.
- [2] Ana Marszałek and Ewa Puszczalo. Effect of Photooxidation on nanofiltration membrane fouling during wastewater treatment from the confectionary Industry. *Water* 2020,12,793, doi:3390/w12030793/ 12 march
- [3] Abou-Elela, S.I.; Nasr, F.A.; El-Shafai, S.A. Wastewater management in small- and medium-size enterprises: Case studies. *Environmentalist* 2008, 28, 289-296
- [4] Ozgun, H.; Karagul, N.; Dereli, R.K.; Ersahin, M.E.; Coskuner, T.; Ciftci, D.I.; Ozturk, I.; Altinbas, M. Confectionery industry: A case study on treatability-based effluent characterisation and treatment system performance. *Water Sci. Technol.* 2012, 66, 15-20
- [5] Sahu, O.P.; Chaudhari, P.K. Electrochemical treatment of sugar industry wastewater: COD and colour removal. *J. Electroanal. Chem.* 2015, 739, 122-129
- [6] Yotamo, A. F. D., *Energy Balance of Boilers and Steam Lines*, Monograph, 2009.
- [7] Marques, António E. C. *Efficient Steam Generation from Bagasse*, Internship Report, December 2014.
- [8] Abdoul Wahab Nouhou Moussa; Boukary Sawadogo; Yacouba Konate; Sayon dit Sadio Sidibe; and Marc Heran. *Critical State of the Art of Sugarcane Industry Wastewater Treatment Technologies and Perspectives for Sustainability*. *Membranes* 2023, 13, 709. <https://doi.org/10.3390/membranes13080709>.
- [9] José M. F. de Andrade; Kátia M. Diniz. *Environmental Impacts of the Sugarcane Agroindustry: Subsidies for Management*. Piracicaba September 2007
- [10] Nilton Bruno Silva Batista, André Aguiar. *Study of physicochemical parameters and their correlations for dairy effluents in the state of Minas Gerais*. XXII Latin American Scientific Initiation Meeting, XVIII Latin American Postgraduate Meeting and VIII Teaching Initiation Meeting - University of Vale do Paraiba, 2018;
- [11] Apoorva D, Chandrashekar B. Treatment of Sugar Industry Wastewater by Adsorption method, *International Research Journal of Modernisation in Engineering Technology and Science*. Volume:04/Issue:08/August-2022.
- [12] Muguirrima, P.V.M; Chirinza,N.P.; Grande,S.C; Mendieta Pino, C. A;León Zerpa,F; Pérez Báez,S.O; Martín, A. R. Tratamiento de efluentes domésticos mediante métodos biofiltro sostenibles. *X Jornadas Iberoamericanas de Innovación Educativa en el ámbito de las TIC y las TAC Las Palmas de Gran Canaria*, 16 and 17 November 2023.
- [13] Matos,M.P.Effect of Binomial Time-Temperature of sample incubation on Biochemical Oxygen Demand diffusion of wastewater. Master's dissertation. Federal University of Viçosa, Minas Gerais 2012.
- [14] D. K. Amenorfenyo et al, "Microalgae brewery wastewater treatment: Potentials, benefits and the challenges," *Int J Environ Res Public Health*, vol. 16, no. 11, Jun. 2019, doi: 10.3390/ijerph16111910.
- [15] Z. Luo, D. Xu, Y. Ma, and Q. Cheng, "Experimental study on co-firing of coal and brewery wastewater sludge," *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 10, no. 21, pp. 1-11, Nov. 2020, doi: 10.3390/app10217589.
- [16] M. Vítězová, A. Kohoutová, T. Vítěz, N. Hanišáková, and I. Kushkevych, "Methanogenic micro-organisms in industrial wastewater anaerobic treatment," *Processes*, vol. 8, no. 12, MDPI AG, pp. 1-27, Dec. 01, 2020. doi: 10.3390/pr8121546.
- [17] K. P. Shabangu, B. F. Bakare, and J. K. Bwapwa, "The Treatment Effect of Chemical Coagulation Process in South African Brewery Wastewater: Comparison of Polyamine and Alumi-num-Chlorohydrate coagulants," *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 16, Aug. 2022, doi: 10.3390/w14162495.
- [18] A. Karlović, A. Jurić, N. Čorić, K. Habschied, V. Krstanović, and K. Mastanjević, "By-products in the malting and brewing industries-re-usage possibilities," *Fermentation*, vol. 6, no. 3, MDPI AG, 2020. doi: 10.3390/fermentation6030082.
- [19] P. Thanekar and P. Gogate, "Application of hydrodynamic cavitation reactors for treatment of wastewater containing organic pollutants: Intensification using hybrid approaches," *Fluids*, vol. 3, no. 4, MDPI AG, Dec. 01, 2018. doi: 10.3390/fluids3040098.
- [20] S. M. Khumalo, B. F. Bakare, S. Rathilal, and E. K. Tetteh, "Characterisation of South African Brewery Wastewater: Oxidation-Reduction Potential Variation," *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 10, May 2022, doi: 10.3390/w14101604.
- [21] G. Salbitani and S. Carfagna, "Ammonium utilisation in microalgae: A sustainable method for wastewater treatment," *Sustainability (Switzerland)*, vol. 13, no. 2, MDPI, pp. 1-17, Jan. 02, 2021. doi: 10.3390/su13020956.
- [22] A. Chakraborty, A. Pal, and B. B. Saha, "A Critical Review of the Removal of Radionuclides from Wastewater Employing Activated Carbon as an Adsorbent," *Materials*, vol. 15, no. 24, MDPI, Dec. 01, 2022. doi: 10.3390/ma15248818.
- [23] C. A. Mendieta-Pino, T. Garcia-Ramirez, A. Ramos-Martin, and S. O. Perez-Baez, "Experience of Application of Natural Treatment Systems for Wastewater (NTSW) in Livestock Farms in Canary Islands," *Water Journal (Switzerland)*, vol. 14, no. 14, Jul. 2022, Editorial MDPI doi: 10.3390/w14142279.
- [24] S. M. Khumalo, B. F. Bakare, S. Rathilal, and E. K. Tetteh, "Characterisation of South African Brewery Wastewater: Oxidation-Reduction Potential Variation," *Water (Switzerland)*, vol. 14, no. 10, May 2022, doi: 10.3390/w14101604.
- [25] A. G. Rao, T. S. K. Reddy, S. S. Prakash, J. Vanajakshi, J. Joseph, and P. N. Sarma, "pH regulation of alkaline wastewater with carbon dioxide: A case study of treatment of brewery wastewater in UASB reactor coupled with absorber," *Bioresour Technol*, vol. 98, no. 11, pp. 2131-2136, Aug. 2007, doi: 10.1016/j.biortech.2006.08.011.
- [26] F. Younas et al, "Current and emerging adsorbent technologies for wastewater treatment: Trends, limitations, and environmental implications," *Water (Switzerland)*, vol. 13, no. 2, MDPI AG, Jan. 02, 2021. doi: 10.3390/w13020215.
- [27] G. G. Santonja, P. Karlis, K. R. Stubdrup, and T. Brinkmann, "Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Food, Drink and Milk Industries," 2010.

	<p>EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE EFLUENTES DE LA EMPRESA AZUCARERA MOZAMBIQUE. UNA PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES</p>	<p>Disciplina UNESCO 3308.06</p>
<p>ARTICULO DE INVESTIGACION</p>	<p>Nicolau Penicela Chirinza, Paulino Vasco Mariano Muguirrima, Federico León Zepa*, Carlos Alberto Mendieta Pino</p>	

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto es financiado a cargo de fondos propios de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria de 2023, con título PIE "Aplicación de técnicas de aprendizaje activo y colaborativo en laboratorios como entornos de trabajo. Diseño, desarrollo y adaptación de equipos para su aplicación en sesiones de prácticas" y código PIE 2023-60 de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Esta investigación ha sido cofinanciada también por el programa de Cooperación INTERREG V-A, España-Portugal MAC (Madeira-Azores-Canarias) 2014-2020, proyecto MITIMAC (MAC2/1.1a/263).