

Artículo Original

EVALUACIÓN DEL LICOR RESIDUAL DE LA EMPRESA DE PREFABRICADO Y PREMEZCLADO DE SANTIAGO DE CUBA

EVALUATION OF RESIDUAL LIQUOR FROM PRECAST AND PREMIX COMPANY OF SANTIAGO DE CUBA

Daria Tito Ferro ^{1*} <https://orcid.org/0000-0002-5276-8017>
Valdivina Córdova Rodríguez ¹ <https://orcid.org/0000-0002-6192-9898>
Dunia Rodríguez Heredia ² <https://orcid.org/0000-0003-4676-7314>
Telvia Arias-Lafargue ² <https://orcid.org/0000-0003-2610-1451>
Plácida M. Salazar Arrastre ² <https://orcid.org/0000-0002-7965-5127>
Taimi Bessy Horruitiner ² <https://orcid.org/0000-0001-7595-5547>

¹ Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Universidad de Oriente.
Ave. de las Américas s/n, Santiago de Cuba, Cuba.

² Facultad de Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente.
Ave. de las Américas s/n, Santiago de Cuba, Cuba.

Recibido: Febrero 9, 2021; Revisado: Mayo 25, 2021; Aceptado: Septiembre 13, 2021

RESUMEN

Introducción:

En Cuba, un ejemplo de ecosistema marino contaminado es la Bahía de Santiago de Cuba, la cual recibe una considerable cantidad de residuales industriales, entre ellos los generados por la Empresa de Prefabricado y Premezclado.

Objetivo:

Evaluar la composición del residual líquido de la Empresa de Prefabricado y Premezclado de Santiago de Cuba, a partir de la determinación de parámetros físico-químicos que constituyen indicadores de contaminación.

Materiales y Métodos:

Se tomaron muestras del residual de la empresa en su punto final de descarga, en el período entre diciembre de 2019 y abril de 2020. Los parámetros determinados fueron: metales pesados, pH, demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos y sedimentables, nitrógeno total y fósforo total. Los mismos se seleccionaron teniendo en cuenta las especificaciones de la (NC 521, 2007), para el vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas, constituyendo una necesidad el cumplimiento de los límites establecidos por la misma.



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: Daria Tito, Email: dariat@uo.edu.cu



Resultados y Discusión:

El residual líquido procedente de la empresa de Prefabricado y Premezclado contribuye a la contaminación de la bahía santiaguera por sólidos suspendidos.

Conclusiones:

El residual líquido procedente de la empresa de Prefabricado y Premezclado de Santiago de Cuba, contribuye con la contaminación de la bahía santiaguera por el aporte de sólidos suspendidos, a pesar de que no siempre incumplen con la norma vigente. Son necesarias otras evaluaciones de este licor residual y un mayor control en el cumplimiento de las normas del proceso.

Palabras clave: bahía de Santiago de Cuba; prefabricado; residuales industriales.

ABSTRACT

Introduction:

In Cuba, an example of a polluted marine ecosystem is Santiago de Cuba's bay, which receives a considerable amount of industrial waste, including those generated by the Precast and Premix Company.

Objective:

To evaluate the composition of residual liquor from Santiago de Cuba Precast and Premix Company, based on physical-chemical parameters determination of, that constitute pollution indicators.

Materials and Methods:

Samples were taken from company residual at its final point of discharge, in a period between December 2019 and April 2020. The determined parameters were: heavy metals, pH, biochemical oxygen demand (BOD₅), chemical oxygen demand (COD), suspended and settleable solids, total nitrogen and total phosphate. These were selected taken on account the specifications of (NC 521, 2007), for the release of waste waters to coastal zone and marine waters, being a necessity, the fulfillment of its established limits.

Results and Discussion:

The waste water from the Prefabricated and Premixed Company contributes to the contamination of the Santiago Cuba's bay by suspended solids.

Conclusions:

The liquid residual from the Santiago de Cuba Precast and Premix Company contributes to the contamination of the Santiago de Cuba bay due to the contribution of suspended solids, despite the fact that they do not always violate the current standard. Other evaluations of this residual liquor and greater control in compliance with the process regulations are necessary.

Keywords: Santiago de Cuba's bay; precast; waste industrial.

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental con sustancias nocivas al hombre, los animales y las plantas constituye uno de los problemas ambientales más graves en todas las ciudades del mundo. Como parte de esta, la contaminación de las aguas marinas tiene entre sus causas el vertimiento de aguas residuales de origen industrial, doméstico, etc., sin tratamiento o con un tratamiento incompleto (Rodríguez-Heredia y col., 2020); (Córdova-Rodríguez y col., 2020).

En Cuba, un ejemplo de ecosistema marino contaminado es la Bahía de Santiago de Cuba, segunda más contaminada del país, la cual recibe una considerable cantidad de residuales industriales (Arias-Lafargue, 2008); (Álvarez y Gómez, 2009); (Valdés y Regadera, 2014), entre ellos los generados por la Empresa de Prefabricado y Premezclado. Dicha entidad ubicada en la carretera de la Refinería km 2½, zona industrial, desarrolla la producción y comercialización de elementos prefabricados de hormigón, hormigón hidráulico, morteros, materias primas, materiales y productos para la construcción.

Los grandes problemas ambientales asociados a la fabricación de productos de cemento y hormigón están relacionados con la emisión de material particulado, con la generación de ruido y con algunas molestias a la comunidad como el flujo de camiones y su consecuente impacto vial y ambiental (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001); (Chea, 2014). Además de lo anterior, el sector es un consumidor importante de recursos no renovables (particularmente energía), usuario de agua en grandes cantidades y una fuente de residuos y escombros (González-del Pino y col., 2017). El moldeado y el fraguado generan aguas residuales y residuos sólidos como las pérdidas de concreto y los productos de descarte (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001).

Las aguas residuales de este sector productivo pueden presentar una elevada cantidad de sólidos disueltos y suspendidos, alta alcalinidad, posibilidad de autofraguado, y calor residual. Esta situación se presenta tanto en los procesos de transformación a productos, como en malas condiciones de almacenamiento del cemento. Además, el efluente líquido proveniente del mantenimiento y limpieza de las plantas y camiones, puede aportar grasas y aceites de las distintas maquinarias y vehículos (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001).

Para el tratamiento de las aguas residuales de este rubro se reportan las siguientes etapas: homogenización de efluentes (opcional), eliminación de aceites y grasas (si se encuentran presentes), neutralización-precipitación, eliminación de sólidos en suspensión, reciclado o reutilización del agua tratada, deshidratación y gestión del precipitado sólido (Comisión Nacional del Medio Ambiente, 2001).

En el 2018 la inspección desarrollada por especialistas del CITMA a la entidad diagnosticó un buen desarrollo en el cumplimiento de la legislación ambiental, pudiendo comprobarse al realizar la revisión de la documentación, dígase Estrategia ambiental, Diagnóstico, Declaración Jurada, Licencia Ambiental y Plan de Manejo para los Desechos Peligrosos estando debidamente actualizados y aprobados por los especialistas de la Delegación Territorial del CITMA. Cuentan con un contrato del destino final de los Desechos peligrosos (con Materia Prima). Encontrándose a un 50 % de ejecución el Proyecto de tratamiento de residuales de agua de fregado con ciclo cerrado. En el caso de

los aceites usados son entregados a CUPET y muestran evidencia, (CITMA, 2018). A pesar de ello la Empresa de Prefabricado y Premezclado vierte sus licores residuales generales sin previo tratamiento a la bahía santiaguera a través del río Gascón, por lo que el objetivo es evaluar la composición del residual líquido de la Empresa de Prefabricado y Premezclado de Santiago de Cuba, a partir de la determinación de parámetros físico-químicos que constituyen indicadores de contaminación.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras del residual en el periodo comprendido entre diciembre del 2019 y abril del 2020, para determinar los parámetros ambientales pH, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y metales pesados, en el punto final de descarga de todos los residuales de la entidad (figura1). Estos indicadores fueron seleccionados según la (NC 521, 2007).



Figura 1. Punto final de descarga de todos los residuales de la entidad

Los muestreos se realizaron en el horario de la mañana, siempre a la misma hora. Se muestreó el residual durante 15 días: seis veces en el mes de diciembre, 2 en enero, 1 en febrero, 4 veces en marzo y 2 en abril, teniendo en cuenta las posibilidades de acceso a la industria. Las muestras tomadas fueron simples.

Para la determinación de pH, NT, PT, sólidos suspendidos, sólidos sedimentables y metales pesados se emplearon recipientes plásticos de 1 L. Para determinar DQO y DBO₅ se emplearon frascos de vidrio con tapa esmerilada de 500 mL y 1 L, respectivamente.

Las muestras fueron entregadas a los laboratorios inmediatamente después de su recolección, conservadas en neveras refrigeradas y analizadas entre las 24 y 36 horas posteriores en el Departamento de Calidad del Laboratorio “Elio Trincado” de la Empresa Geominera Oriente y en la Empresa Nacional de Asistencia y Servicios Técnicos (ENAST) de Santiago de Cuba.

La Tabla 1 resume las determinaciones químicas realizadas a las muestras, así como las técnicas empleadas.

El estudio de evaluación de estas aguas residuales se realizó utilizando las técnicas descritas en el *Standard Methods* (APHA, 2017).

Para el graficado de los datos obtenidos y el procesamiento de los mismos mediante estadística descriptiva se empleó el programa profesional *Microsoft Excel* 2016.

Tabla 1. Determinaciones químicas realizadas y técnicas utilizadas.

<i>Parámetros</i>	<i>Métodos Analíticos</i>
pH	Potenciométrico
Sólidos suspendidos	Gravimétrico
Sólidos sedimentables	Cono Imhoff
DBO (demanda química de oxígeno)	Espectrofotométrico
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	Espectrofotométrico
Nitrógeno total	Kjeldahl
Fósforo total	Espectrofotométrico
Cr (total), Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, Hg, As	ICP-OES (espectroscopia de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores medios obtenidos de los metales pesados en el residual final de la entidad, se encontraron siempre muy por debajo de los límites máximos permitidos (LMP) por la (NC 521, 2007), para la clasificación del cuerpo receptor como Clase E (Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria). Esto permite aseverar que esta empresa de prefabricado no representa un riesgo en cuanto a metales pesados respecta, lo cual es lógico por las características de este tipo de producción, de ahí que no se presenten los valores de los mismos. No obstante, es algo que resulta importante confirmar, teniendo en cuenta el contenido de metales pesados que se encuentra reportado en la bahía (Quevedo-Álvarez y col., 2020).

El pH no alcanza valores fuera del intervalo establecido por la norma cubana (5,5-9 unidades). Por tanto, el pH de este residual no es dañino para la flora y la fauna del ecosistema donde se vierte el mismo (figura 2). El análisis del histograma de frecuencia revela que todos los datos obtenidos se encuentran por encima del pH neutro, aunque en norma. La media de los valores fue de 8,08 unidades. El análisis del rango, la varianza y la desviación estándar (0,86, 0,09 y 0,31, respectivamente) revelan poca variabilidad entre los datos.

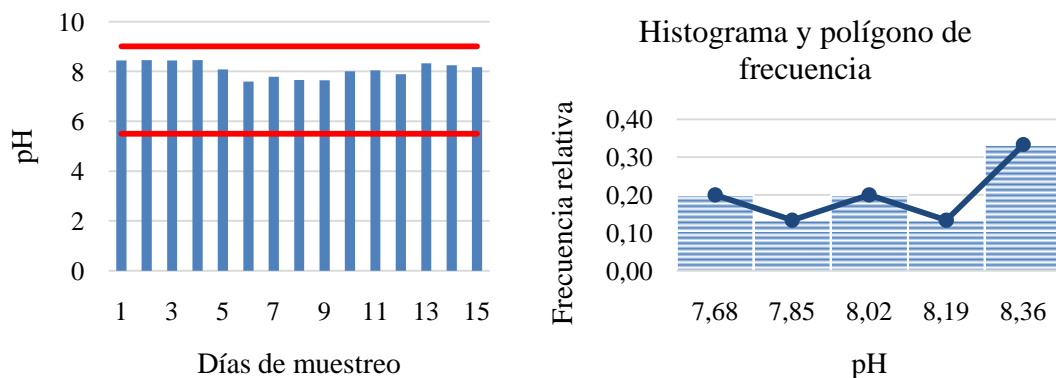


Figura 2. Resultados del pH del residual, histograma y polígono de frecuencia

El nitrógeno total (NT) y el fósforo total (PT) se comportaron por debajo del límite máximo permisible, 20 mg/L y 5 mg/L respectivamente (figuras 3 y 4).

Para el caso del nitrógeno total se obtuvo poca variabilidad entre los datos, siendo el rango de 2,93 mg/L, la varianza de 0,75 mg²/L² y la desviación estándar de 0,87 mg/L. La media de los valores fue de 1,19 mg/L. El mayor valor obtenido durante la campaña de muestreo fue de 2,97 mg/L, muy por debajo del límite normado. El histograma de frecuencia (figura 3) muestra que el 80% de los datos se encuentra por debajo de 1,80 mg/L, que es el límite superior de la marca de clase 1,51 mg/L.

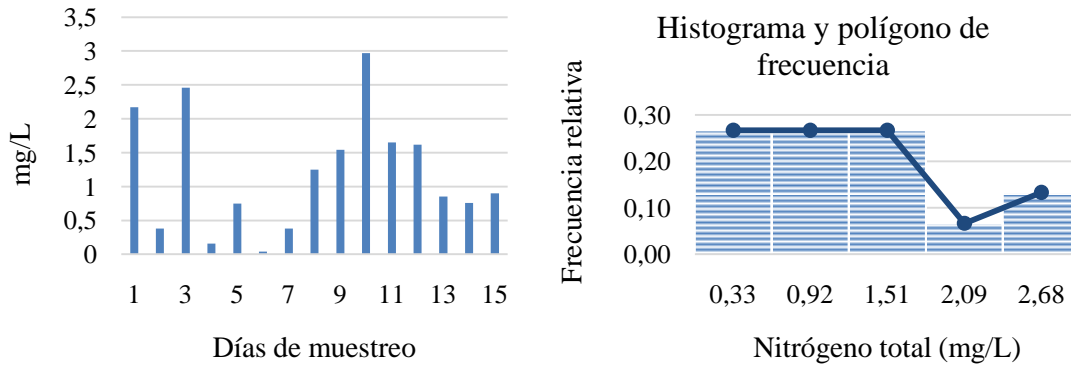


Figura 3. Resultados del nitrógeno total del residual, histograma y polígono de frecuencia

El análisis del histograma de frecuencia para el fósforo total (figura 4), revela que el 87% de los datos se encuentra por debajo de 0,414 mg/L, límite superior de la marca de clase 0,345 mg/L. El valor medio fue 0,20 mg/L, el mayor valor encontrado fue 0,69 mg/L, muy por debajo de la norma. Los datos presentaron poca variabilidad, siendo el rango 0,69 mg/L, la varianza 0,044 mg²/L² y la desviación estándar 0,21 mg/L.

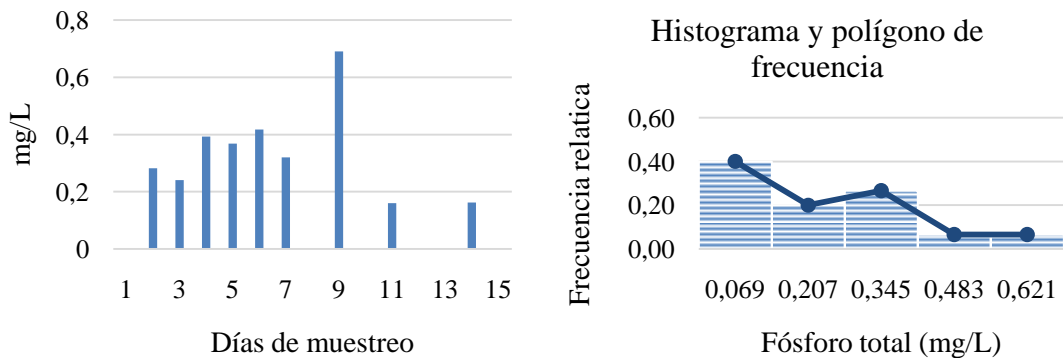


Figura 4. Resultados del fósforo total del residual, histograma y polígono de frecuencia

Los valores de los sólidos suspendidos, como se aprecia en la figura 5, mayormente, se corresponden con las exigencias de la (NC 521, 2007) (75 mg/L), aunque se encontraron valores que superan el LMP, en cuatro de los días de muestreo (correspondiendo al 26,7% de los datos obtenidos). Dicho resultado pudiera estar relacionado con derrame de productos y operaciones de limpieza, de modo que este es un parámetro al que la empresa debe prestarle particular atención. Además, teniendo en cuenta el proceso productivo, los sólidos suspendidos son de origen inorgánico. Estos pueden ser polvo fino del cemento y de los áridos que se manipulan, así como partículas

de hormigón procedentes de la descarga de los moldes de los paneles prefabricados y del lavado de los equipos.

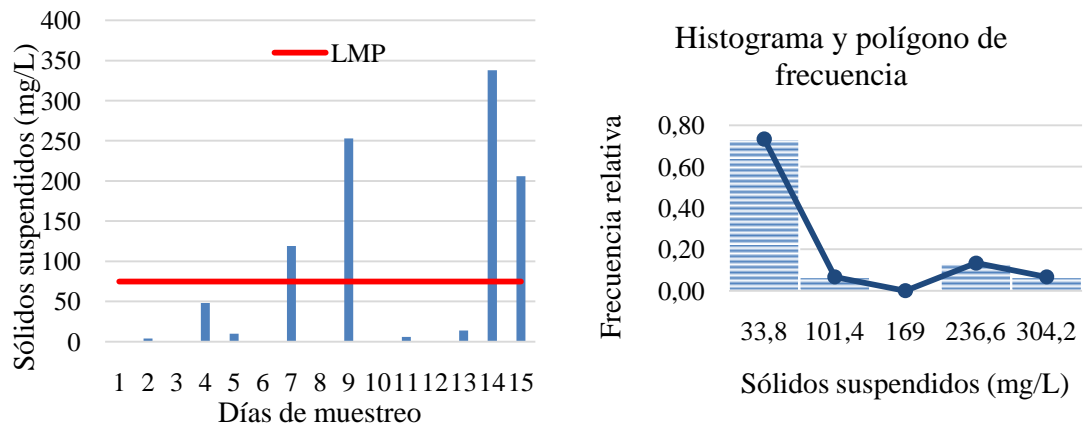


Figura 5. Resultados de los sólidos suspendidos en el residual, histograma y polígono de frecuencia

El análisis del histograma de frecuencia (figura 5) muestra que existe gran dispersión entre los datos obtenidos, pues el rango fue 338 mg/L, la varianza $12\ 219,65\ \text{mg}^2/\text{L}^2$, la desviación estándar 110,54 mg/L y el recorrido (0; 338). Ello implica la necesidad de hacer otras evaluaciones en la empresa para corroborar si los sólidos suspendidos se encuentran en norma o no, y en particular, conocer el orden de magnitud de este parámetro en este residual líquido. Estas evaluaciones permitirán, además, conocer si estos resultados pudieran asociarse con problemas de operación.

Para procesos productivos similares se reportan, en el caso de aguas de lavado sin tratar de una planta de hormigón premezclado en Jordania, valores de sólidos suspendidos de 123 g/L (Ghrair y col., 2020) muy superiores a los encontrados en el residual objeto de estudio en este trabajo.

Entre las implicaciones que tienen las altas concentraciones de sólidos suspendidos está el aumento de la turbidez del agua, lo que afecta la penetrabilidad de la luz en la misma y altera, en consecuencia, la productividad plantónica y bentónica de los ecosistemas, según Boluda y Egea, (2017).

En la figura 6 se representa el comportamiento de los sólidos sedimentables. Como se aprecia, los sólidos sedimentables presentaron valores muy inferiores al máximo permitido (10 mg/L) por la norma cubana (NC 521, 2007). Los resultados indican que las muestras analizadas no poseen el referido indicador en cantidades perjudiciales. El histograma de frecuencia obtenido revela que el 87% de los datos se encuentra por debajo de 0,6 mg/L, límite superior de la marca de clase 0,5 mg/L. Las medidas de dispersión obtenidas de este parámetro demuestran la poca variabilidad existente entre los datos. La media de los valores fue 0,34 mg/L, muy por debajo de lo normado.

En relación con la demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), la figura 7 refleja que las cifras encontradas se corresponden con las exigencias de la norma cubana (75 mg/L), resultado admisible atendiendo a la naturaleza del proceso que se lleva a cabo en la industria. La DBO_5 es el oxígeno consumido por microorganismos, mayormente bacterias, para descomponer la materia orgánica presente en muestras de agua.

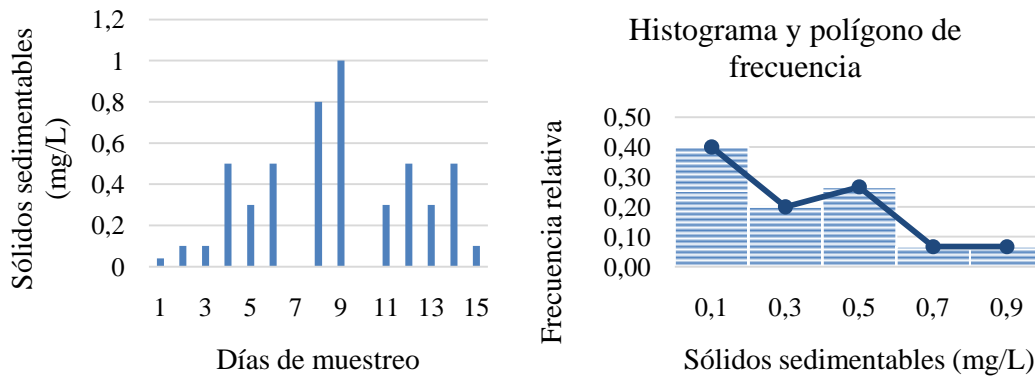


Figura 6. Resultados de los sólidos sedimentables en el residual, histograma y polígono de frecuencia

La demanda química de oxígeno (DQO), mostrada en la figura 7, presenta valores inferiores al máximo permisible (190 mg/L) en todas las muestras analizadas. Este parámetro se relaciona con el oxígeno consumido en la oxidación, de la materia orgánica contenida en una muestra de agua, por medio de compuestos químicos.

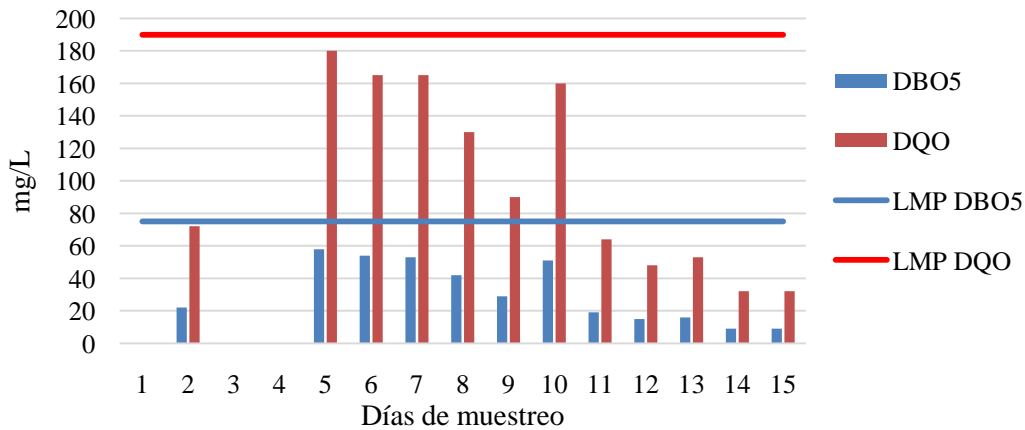


Figura 7. Resultados de la DBO₅ y DQO en el residual

La DQO y la DBO₅ se emplean con frecuencia para conocer la calidad de las aguas superficiales e industriales, y, atendiendo a los resultados de este trabajo, esta empresa no aporta contaminación orgánica a la Bahía santiaguera, lo cual está en correspondencia con la propia naturaleza del proceso productivo.

Los histogramas de frecuencia (figura 8) obtenidos de la medición de DBO₅ y DQO fueron construidos con 12 datos, correspondientes a los 12 días en que pudieron determinarse estos parámetros. El análisis de los mismos revela que para ambos parámetros los datos se encuentran muy dispersos, obteniéndose la mayor cantidad de datos alrededor de las marcas de clase extremas.

El histograma de frecuencia correspondiente a la DBO₅ muestra que el 33% de los datos se encuentra en la marca de clase de 13,9 mg/L, de igual forma, el 33% de los datos se encuentran en la marca de clase 53,1 mg/L. O sea, se encuentran muy dispersos los datos. Lo anterior se puede corroborar con los resultados del rango (49 mg/L), la varianza (358,08 mg²/L²) y la desviación estándar (18,92 mg/L). La media de los valores de este parámetro fue 31,42 mg/L.

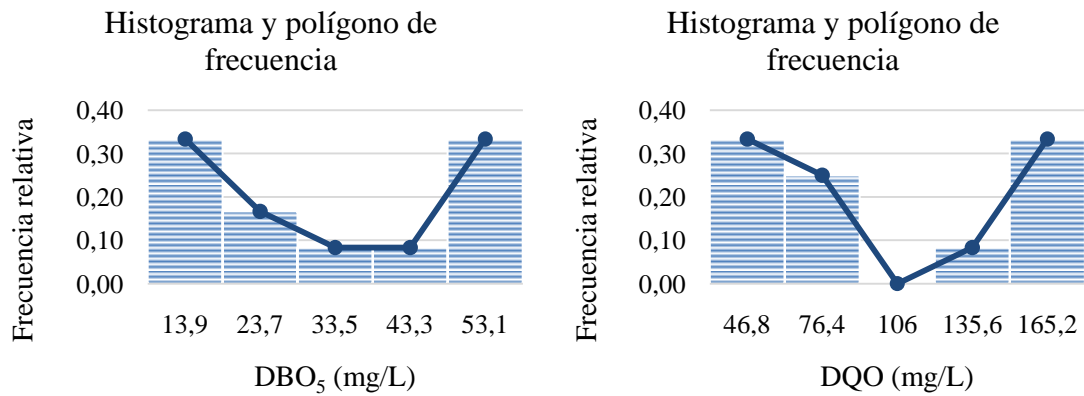


Figura 8. Histogramas y polígonos de frecuencia para los datos obtenidos de la DBO₅ y DQO en el residual

Para la DQO, el histograma de frecuencia revela que el 33% de los datos corresponden a la marca de clase 46,8 mg/L y se encuentran también un 33% de los datos comprendidos en la marca de clase 165,2 mg/L. Esta variabilidad de los datos se corrobora con las medidas de dispersión rango (148 mg/L), varianza (3 244,02 mg²/L²) y desviación estándar (56,96 mg/L). La media de los valores de DQO fue 99,25 mg/L. Del análisis anterior se deduce que aun cuando los valores de DBO₅ y DQO están en norma, los datos obtenidos presentaron fluctuaciones, por lo que es necesario realizar otras evaluaciones de este residual para conocer el orden de magnitud de estos parámetros.

La caracterización fisicoquímica realizada a los residuales líquidos de la Empresa de Prefabricado y Premezclado de Santiago de Cuba indica que la empresa incumple con las especificaciones de la norma cubana para el vertimiento de los mismos, referidas a los sólidos suspendidos. Además, resultan necesarias otras evaluaciones de este residual industrial, por cuanto se han encontrado fluctuaciones en los datos obtenidos de los parámetros sólidos suspendidos, DQO y DBO₅. Estas fluctuaciones pueden denotar la existencia de irregularidades en el proceso productivo.

4. CONCLUSIONES

El residual líquido procedente de la empresa de Prefabricado y Premezclado de Santiago de Cuba contribuye con la contaminación de la bahía santiaguera por el aporte de sólidos suspendidos, a pesar de que no siempre incumplen con la norma vigente. Por lo anterior, y por el hecho de encontrarse parámetros que fluctúan, son necesarias otras evaluaciones de este licor residual y un mayor control en el cumplimiento de las normas del proceso.

REFERENCIAS

- Álvarez, I., y Gómez, L.M., Metas para una iniciativa de MIZC en el lóbulo interior de la bahía de Santiago de Cuba., Ciencia en su PC, No. 4, 2009, pp. 70-93.
- APHA., Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater., American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, 23 ed. Washington D.C., USA, 2017, ISBN/ISSN/DL: 68879.

- Arias-Lafargue, T., Caracterización de algunas de las principales fuentes contaminantes a la bahía de Santiago de Cuba y sus consecuencias en el medio ambiente., Tecnología Química, Vol. 28, No. 2, mayo-agosto, 2008, pp. 79-89. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=2224-618520200003&lng=es&nrm=iso
- Boluda, N., y Egea, E., Evaluación del impacto medioambiental de los vertidos al mar de aguas depuradas., Informe de un Proyecto de Investigación. En: Repositorio institucional de la Universidad de Alicante, 2017, pp. 30-31 Disponible en: <http://hdl.handle.net/10045/74107>
- Chea, J., Memorias del Diagnóstico Ambiental en Planta de Hormigón., Revista de Arquitectura e Ingeniería, Vol. 8, No. 2, 2014, pp. 1-19.
- CITMA., Informe de Inspección Estatal Ambiental. Empresa Productora de Prefabricado., Santiago de Cuba. Informe inédito. 26 de octubre, 2018, pp. 1-30.
- Comisión Nacional del Medio Ambiente., - Región Metropolitana, Guía para el control y prevención de la contaminación industrial., Rubro productos de cemento y hormigón Santiago de Chile, 2001, pp. 7-21. Disponible en: <https://www.achs.cl/portal/trabajadores/Capacitacion/CentrodeFichas/Documents/control-y-prevencion-de-riesgos-en-productos-de-cemento-y-hormigon.pdf>
- Córdova-Rodríguez, V., Rodríguez-Heredia, D., Tito-Ferro, D., Árias-Lafargue, T., y Bessy Horruitiner, T., Composición de los licores residuales del Combinado Textil Celia Sánchez Manduley., Revista Tecnología Química, Vol. 40, No. 3, septiembre-diciembre, 2020, pp. 465-480. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=2224-618520200003&lng=es&nrm=iso
- Ghraid, A.M., Heath, A., Paine, K., & Al Kronz, M., Waste Wash-Water Recycling in Ready Mix Concrete Plants., Environments, Vol. 7, No. 12, 2020, pp. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/environments7120108>
- González-del Pino, L., Frómita-Salas, Z.P., y Vidaud-Quintana, I.N., Plan estratégico para la gestión de los residuos de la Empresa de Prefabricado de Santiago de Cuba., Ciencia en su PC, No. 1, enero-marzo, 2017, pp. 15-28.
- NC 521, 2007., Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-Especificaciones., Oficina Nacional de Normalización, Cuba, 2007, pp. 6-13.
- Quevedo-Álvarez, O., Gómez-Pascual, J.L., Estrada-La Rosa, T., y Núñez-Clemente, A.C., Estudio de la contaminación por metales en sedimentos marinos de la Bahía de Santiago de Cuba., TECNOCENCIA Chihuahua, Vol. 13, No. 3, 2020, pp.181-190. Disponible en: <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/476>
- Rodríguez-Heredia, D., Calzado-Lamela, O., Noguera-Araujo, A.L., Córdova-Rodríguez, V., y Árias-Lafargue, T., Evaluación de la calidad de las aguas residuales de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba., Revista Tecnología Química, septiembre-diciembre, Vol. 40, No. 3, 2020, pp. 563-575. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_issuetoc&pid=2224-618520200003&lng=es&nrm=iso
- Valdés, M., y Regadera, R., Monitoreo de la Calidad Ambiental del ecosistema de la bahía de Santiago de Cuba., CIMAB, Informe de Proyecto, 2014, pp. 2-5.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existen conflictos de interés.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

- M.Sc. Daria Tito Ferro. Realizó investigación en la industria, procesamiento de los datos experimentales, análisis de los resultados y escritura del artículo.
- Dra.C. Valdivina Córdova Rodríguez. Realizó investigación en la industria y colaboró con el análisis de los resultados y revisión del artículo.
- M.Sc. Dunia Rodríguez Heredia. Realizó el procesamiento estadístico de los datos y colaboró con el análisis de los resultados y escritura del artículo.
- M.Sc. Telvia Arias-Lafargue. Colaboró con el análisis de los resultados y escritura del artículo.
- Ing. Plácida M. Salazar Arrastre. Colaboró con la revisión del artículo.
- M.Sc. Taimi Bessy Horruitiner. Colaboró con la revisión del artículo.