

## Composición de los licores residuales del Combinado Textil Celia Sánchez Manduley

### Composition of the residual liquors from Textile Combined Celia Sánchez Manduley

Valdivina Córdova Rodríguez<sup>1\*</sup>, [https:// orcid.org 0000-0002-6192-9898](https://orcid.org/0000-0002-6192-9898)

Dunia Rodríguez Heredia<sup>2</sup>, [https:// orcid.org 0000-0003-4676-7314](https://orcid.org/0000-0003-4676-7314)

Daria Tito Ferro<sup>1</sup>, [https:// orcid.org 0000-0002-5276-8017](https://orcid.org/0000-0002-5276-8017)

Telvia Arias-Lafargue<sup>2</sup>, [https:// orcid.org 0000-0003-2610-1451](https://orcid.org/0000-0003-2610-1451)

Taimi Bessy Horruitiner<sup>2</sup> [https:// orcid.org 0000-0001-7595-5547](https://orcid.org/0000-0001-7595-5547)

<sup>1</sup> Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Cuba

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente. Cuba

\*Autor para la correspondencia. correo electrónico: [vcordova@uo.edu.cu](mailto:vcordova@uo.edu.cu)

#### RESUMEN

En el trabajo se describe el proceso tecnológico del Combinado Textil Celia Sánchez Manduley y se evalúa la composición de sus residuales, a partir de la determinación de parámetros físico-químicos que constituyen indicadores de contaminación. Se tomaron muestras de residuales líquidos en dos puntos de la empresa, en el período entre enero y marzo del 2019. Los parámetros determinados fueron: concentración de metales pesados, grasas y aceites, pH, conductividad, DQO y DBO. Los resultados revelaron que los valores de la concentración de los metales pesados determinados estuvieron dentro de las normas cubanas para el vertimiento de residuales a las zonas costeras. El resto de los parámetros oscilaron entre valores por debajo y por encima de los límites establecidos por la norma cubana. Se concluye que en estos residuales existen compuestos orgánicos, elevados valores de DBO, DQO, grasas y aceites, y que la industria expulsa un residual con insuficiente tratamiento, resultando una fuente de contaminación a la Bahía.

**Palabras clave:** residuales industriales; combinado textil; bahía de Santiago de Cuba.

## **ABSTRACT**

The work describes the technological process of the Textile Combined Celia Sánchez Manduley and the composition of its residuals is evaluated, based on the determination of physical-chemical parameters that constitute pollution indicators. Liquid residual samples were taken at two points of the company, in the period between January and March 2019. The parameters determined were: concentration of heavy metals, fats and oils, pH, conductivity, DQO and DBO. The results revealed that the concentration values of the heavy metals determined were within the Cuban norms for the dumping of residuals to the coastal zones. The rest of the parameters oscillated between values below and above the limits established by the Cuban norm. It is concluded that in these residuals there are organic compounds, high values of DBO, DQO, fats and oils, and that the industry expels a residual with insufficient treatment, resulting in a source of contamination to the Bay.

**Keywords:** waste industrial; textile combined; Santiago de Cuba's bay.

Recibido: 19/11/2019

Aceptado: 20/03/2020

## **Introducción**

El mundo se enfrenta a graves problemas de contaminación que perjudican muchos fenómenos naturales, tales como la destrucción de la capa de ozono, el derretimiento de los glaciales, el cambio constante de las estaciones, la contaminación de las aguas por el vertimiento de las industrias, entre otros. Todo ello se traduce en peligro para la existencia de la vida en la tierra, y, la bahía de Santiago de Cuba, constituye un lamentable ejemplo de ecosistema contaminado. La misma tiene una superficie de 11,9 km<sup>2</sup>, es considerada de bolsa dada su configuración y presenta un estrecho canal de entrada que limita la renovación de sus aguas, favoreciendo los procesos de contaminación. En su parte interior noroeste, se encuentra ubicada la zona portuaria. A ella descargan tres ríos: Yarayó, Gascón y Los Guaos, además del drenaje de la calle Trocha. En esta zona existen las menores concentraciones de oxígeno disuelto y las mayores concentraciones de organismos indicadores de contaminación. <sup>(1)</sup>

La Bahía de Santiago de Cuba, recibe una considerable cantidad de residuales industriales, el Combinado Textil Celia Sánchez Manduley es una de esas industrias. La actividad industrial se clasifica como una de las mayores responsables del creciente deterioro del medio ambiente. Sobre las industrias textiles, los expertos aseguran que es la segunda fuente más contaminante del planeta, después de la petrolera. Los vertidos que tales industrias arrojan a los ríos y las emanaciones tóxicas que se disipan en la atmósfera, constituyen otras de las causas de grandes catástrofes ambientales. Dentro de la industria textil se vierten muchísimos tóxicos que son utilizados para la fabricación de textiles de manera industrial rápida y económica. <sup>(2,3)</sup>

Es a partir de estas catástrofes ecológicas, que han causado daños materiales, económicos, pérdida de vidas humanas, y otras alteraciones que afectan el futuro del planeta tierra, que se ha comenzado a tomar conciencia de los peligros de la contaminación ambiental y de los caminos alternativos que existen para no generarla.

Puede decirse que es muy difícil y casi imposible llegar a tener una industria cien por ciento ecológica, ya que requiere de mucha inversión de dinero, de tiempo y del aumento de los precios de los productos. En cambio, se puede investigar y contrarrestar el efecto negativo que se tenga en determinadas áreas, creando otras que sean amigables con el ambiente y con las personas que trabajan con ellas. Si bien no es tarea fácil, es importante que todos aquellos relacionados con la industria textil tomen conciencia sobre la importancia del cuidado del medio ambiente, lo positivo que puede llegar a ser para el futuro del mundo y para el futuro de las próximas generaciones. <sup>(4)</sup>

Al considerar hechos de tal relevancia, el objetivo del trabajo es evaluar los residuales líquidos que genera al medio ambiente el combinado textil que radica en Santiago de Cuba, para emitir un criterio sobre la magnitud del perjuicio que significa la expulsión actual de los mismos.

## **Fundamentación teórica**

Los efluentes líquidos contaminados deterioran los ecosistemas acuáticos y terrestres, provocando en ocasiones la ruptura del equilibrio natural del ecosistema afectado. Por tal razón, el diseño de una correcta política ambiental, que incluya buscar soluciones que minimicen la contaminación ambiental y conocer la magnitud de tales perjuicios, puede ser el inicio para disminuir la magnitud del daño que se ocasiona. En el año 1972, en la ciudad de

Estocolmo, se realizó la Primera Conferencia Internacional sobre el medio ambiente humano. Ya en dicha conferencia se comenzó a utilizar el concepto de desarrollo sostenible, fundamental para el desarrollo de una industria limpia y no contaminante. <sup>(5)</sup>

El sector textil es uno de los grandes contribuyentes al deterioro del entorno. Los principales impactos ambientales relacionados con esta industria tienen que ver con las aguas residuales que genera y con la carga química que las mismas contienen. Otros problemas importantes son el consumo de agua y energía, los malos olores, los residuos sólidos, los ruidos y la generación de emisiones atmosféricas. <sup>(6)</sup> La industria textil utiliza grandes volúmenes de agua en sus procesos. De 100 a 200 L de agua por kilogramo de producto textil. El residual eliminado está altamente contaminado debido a la existencia de colorantes, surfactantes, sales inorgánicas y compuestos químicos inherentes al proceso productivo. <sup>(7)</sup>

Se han reportado elevados valores para la demanda química de oxígeno (DQO), entre 900 y 5000 mg/L. En cambio, para la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), se afirma que son inferiores a 0,15 mg/L. <sup>(8)</sup> Por consiguiente, su expulsión sin el tratamiento adecuado, constituye una seria amenaza para la calidad de los recursos acuáticos, cada vez más escasos y más demandados por la población. <sup>(9)</sup> Se reportan diversos tratamientos convencionales para residuales textiles, que incluyen coagulación química con sales de hierro o aluminio unidos a procesos de adsorción. El referido tratamiento puede resultar eficiente para eliminar coloides y sólidos suspendidos; tal como se reporta por diferentes autores. <sup>(4,10)</sup> De todos modos, el proceso anterior no es suficiente para satisfacer la legislación ambiental, porque los compuestos orgánicos resultantes poseen estructuras aromáticas complejas y resistentes a la degradación mediante procesos biológicos <sup>(11)</sup>.

Los procedimientos alternativos que se han evaluado en las últimas décadas son los procesos avanzados de oxidación, como los procesos Fenton y foto-Fenton. Sobre todo, altamente eficientes para la degradación de colorantes presentes en aguas residuales de la industria textil. <sup>(12,13)</sup> Los procesos Fenton se basan en la producción in situ de especies químicas muy oxidantes. Otro procedimiento reportado ha sido mediante ultrasonido de baja frecuencia para intensificar los procesos Fenton y foto Fenton. <sup>(14, 15)</sup>

Yaseen y Scholz <sup>(16)</sup> estudiaron las características de diferentes efluentes textiles, los componentes utilizados por algunos autores para preparar residuales textiles simulados, así como las composiciones reportadas de acuerdo al tratamiento aplicado al residual. A pesar

de todo lo revisado, los autores no pudieron resumir y evaluar la validez de un tratamiento eficiente para contaminantes orgánicos e inorgánicos en los efluentes de estas industrias. Todo lo evaluado implica, que los métodos convencionales son insuficientes aún y se requiere buscar alternativas eficaces para el tratamiento de este tipo de aguas residuales, a partir del conocimiento de su composición.

## **Materiales y Métodos**

### **Proceso del Combinado Textil "Celia Sánchez Manduley"**

La empresa consta de 3 secciones fundamentales: Tejeduría, Acabado y Confecciones, los que a su vez poseen otros departamentos, en los cuales se incluye la revisión del proceso que se realiza y el empaquetado. Durante el estudio realizado, la producción del combinado no incluyó el empleo de colorantes, sólo disoluciones detergentes, de hidróxido de sodio, de peróxido de hidrógeno, y de ácido acético para el blanqueo y descrudado de las piezas textiles que lo necesitaran.

### **Muestras de residual**

Se tomaron muestras de residual en dos puntos en el período entre enero y marzo del 2019. Uno ubicado en el Taller de Acabado (figura 1), donde se genera un residual blancuzco producto del blanqueo de las telas. Otro punto se situó en el homogenizador (figura 2), donde se acumula residual algo turbio, resultante de diferentes actividades productivas.



**Fig. 1-** Registro de residaules del Taller de Acabado



**Fig. 2-** Registro de residuales del homogenizador

## Determinaciones analíticas

Las muestras fueron analizadas en el Departamento de Calidad del Laboratorio "Elio Trincado" de la Empresa Geominera Oriente y en la ENAST de Santiago de Cuba. La tabla 1 resume las determinaciones químicas realizadas a las muestras, así como las técnicas empleadas.

**Tabla 1-** Determinaciones químicas realizadas y técnicas utilizadas

	Métodos Analíticos
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
DBO (demanda química de oxígeno)	Espectrofotométrico
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	Espectrofotométrico
Cr (total), Ni, Pb, Cd, Cu, Zn	ICP-OES (espectroscopia de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado.
Grasas y aceites	Gravimétrico

Los resultados obtenidos se graficaron utilizando el paquete de programas profesional MatLab<sup>®</sup>, y se presentan para su discusión en adelante.

## Discusión de resultados

La tabla 2 resume los resultados de las determinaciones realizadas respecto a metales pesados en las muestras de los dos puntos seleccionados.

**Tabla 2-** Valores medios obtenidos de los metales pesados en los dos puntos de muestreo

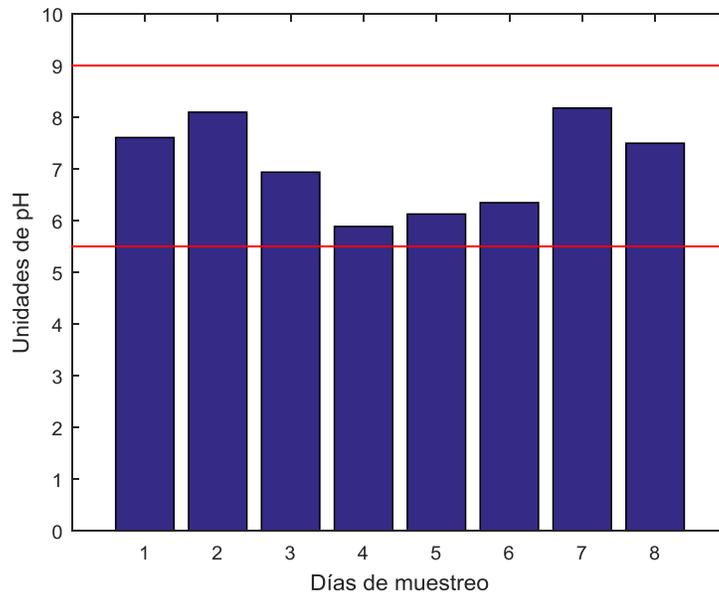
Metales pesados	LMP según NC 27:2012	Valores medio Punto 1	Valores medio Punto 2
Cr (total) (mg/L)	5,00	<0,2	<0,02
Ni (mg/L)	0,20	<0,02	<0,02
Pb (mg/L)	0,10	<0,05	<0,05
Cd (mg/L)	0,2	<0,02	<0,002
Cu (mg/L)	2,00	<0,05	<0,05
Zn (mg/L)	10,00	0,062	<0,02
Al (mg/mL)	5,00	0,087	<0,02

Se observa que los mismos se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos por la NC 27:2012 para la clasificación del cuerpo receptor como Clase E (Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo – portuaria).<sup>(17)</sup>

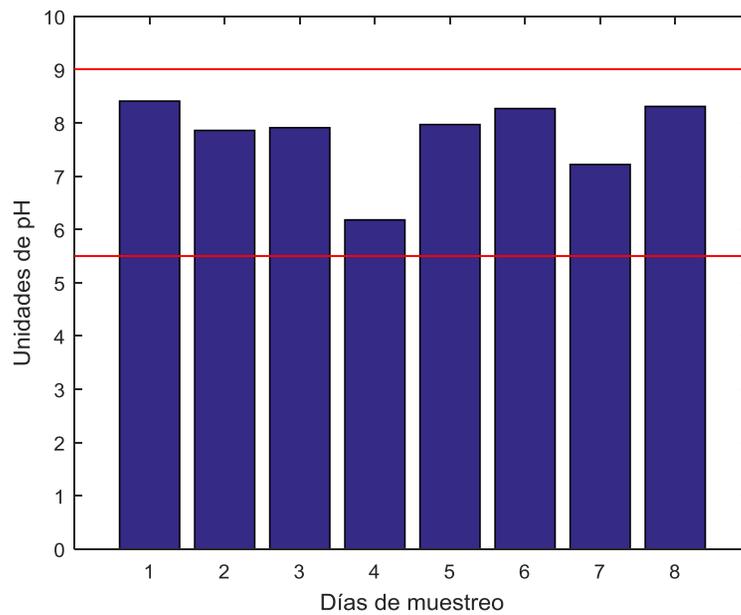
Estos resultados están en correspondencia con los obtenidos por Arias en el 2008<sup>(18)</sup>, el que evalúa la empresa como contaminante de tipo orgánica, no de metales pesados. Los resultados obtenidos permiten asegurar que el Combinado Textil, no representa un riesgo en cuanto a metales pesados respecta.

En adelante, se presentan y discuten los resultados acerca de la caracterización realizada al licor residual del Combinado Textil santiaguero, en las figuras 3 a la 8. Cada figura, indica con una línea horizontal, las cifras normadas de cada indicador determinado.

En las figuras 3 y 4 aparecen los datos correspondientes a los valores del pH del residual. Nótese que, en todos los casos, este indicador no alcanza valores por encima del intervalo superior de la norma cubana, como se indica en las mismas figuras.<sup>(17)</sup> Dicho resultado reviste gran importancia, por cuanto, valores de pH ubicados en cifras adecuadas, en relación con la norma cubana, no resultan dañinas para la flora y la fauna del ecosistema donde se vierte un licor residual. Es necesario señalar, además, que un medio alcalino favorecería la oxidación del cromo presente, hasta cromo (VI), el cual es un contaminante de gran peligrosidad y capaz de acumularse sin degradación.<sup>(19)</sup>

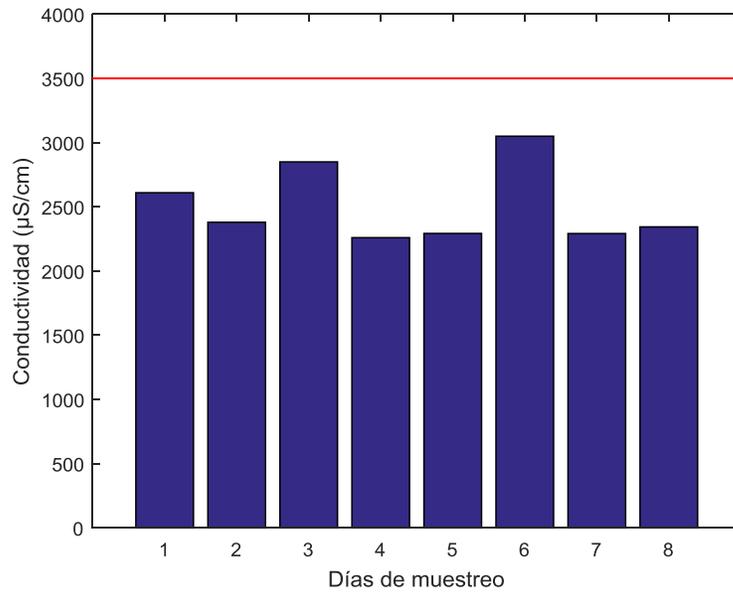


**Fig. 3-** Comportamiento del pH en el punto de muestreo No. 1

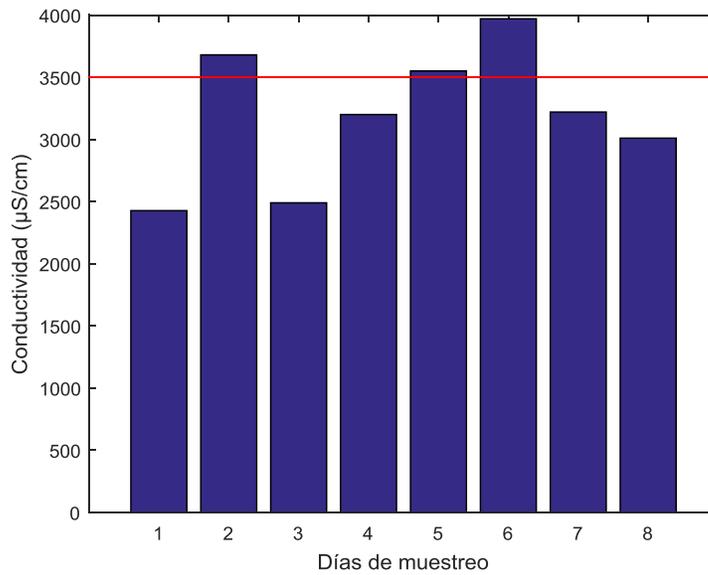


**Fig. 4-** Comportamiento del pH en el punto de muestreo No. 2

Los valores obtenidos para la conductividad de las muestras, aparecen en las figuras 5 y 6, e indican que en todos los casos la empresa ha cumplido con las especificaciones indicadas en la norma cubana <sup>(17)</sup>. Dicho resultado armoniza con lo encontrado para las concentraciones de especies metálicas (tabla 2), que son las de mayor aporte a la conductividad de una disolución.

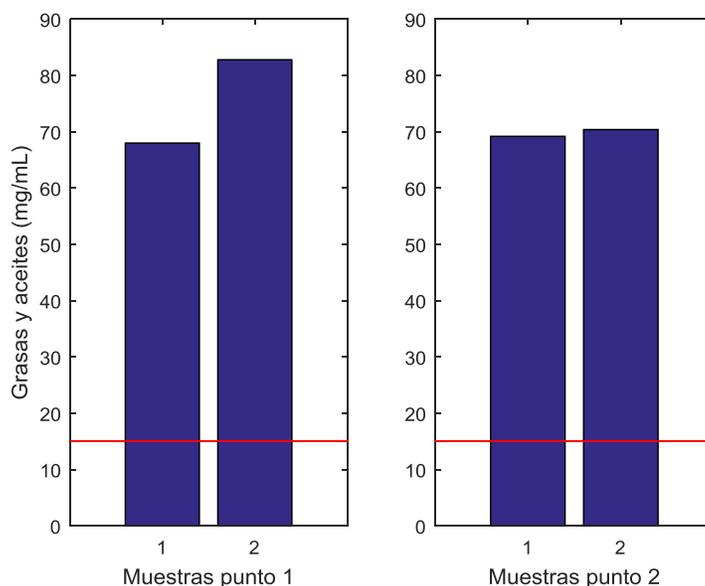


**Fig. 5-** Comportamiento de la conductividad en el punto 1



**Fig. 6-** Comportamiento de la conductividad en el punto 2

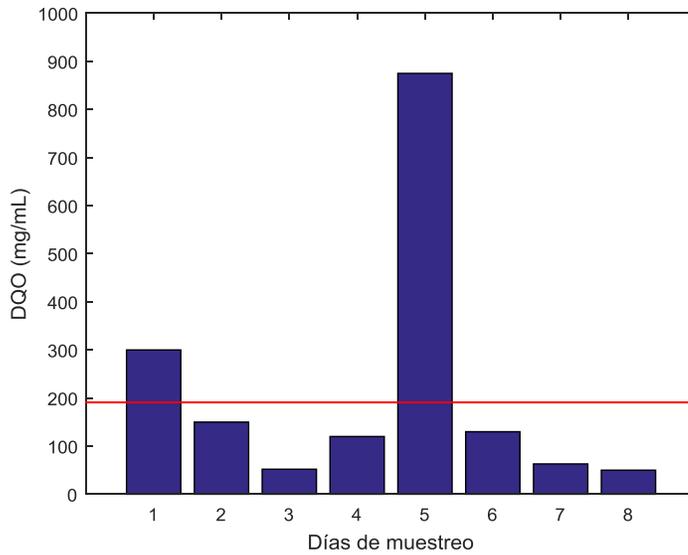
En la figura 7, se indica la variación de la concentración de grasas y aceites en ambos puntos de muestreo.



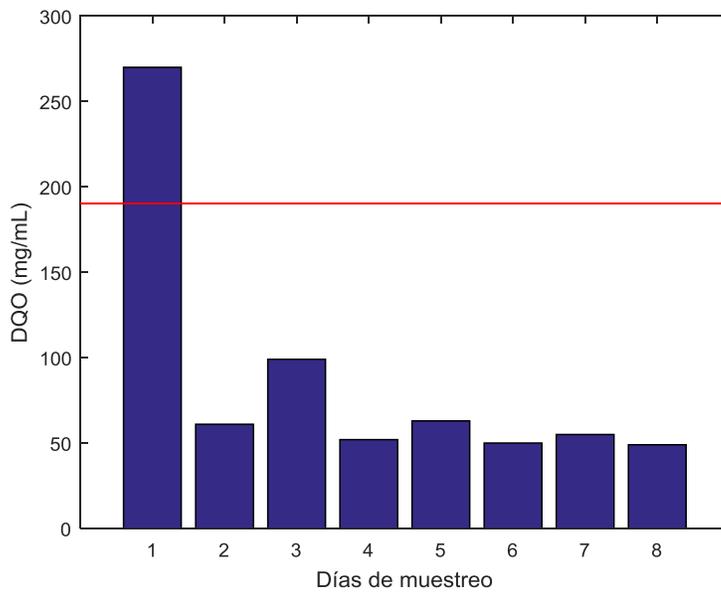
**Fig. 7-** Comportamiento de las grasas y aceites en el punto 1 y 2

Los resultados alcanzados resultan alarmantes por cuanto la actividad de esta empresa no la vincula directamente con una contaminación orgánica. A pesar de ello, se han reportado <sup>(4)</sup> cifras elevadas de carbono orgánico total y sólidos totales, en residuales textiles, que no resultan fácil de degradar e indican la existencia de materia orgánica en el residual. Se considera que las cifras de estos indicadores se pueden atribuir, a desechos de otras empresas que vierten sus residuales junto a la de este combinado textil, y llegan hasta el homogenizador y, además, al lavado de los vehículos que allí funcionan.

Los resultados de la demanda química de oxígeno (DQO), mostrados en las figuras 8 y 9, ponen de manifiesto valores superiores de la misma en dos y una de las muestras analizadas en los puntos de muestras 1 y 2, respectivamente. Es conocido que la DQO se relaciona con el oxígeno consumido en la oxidación, de la materia orgánica contenida en una muestra de agua, por medio de compuestos químicos. En correspondencia con los valores de grasas y aceites (figura 7) obtenidos y el origen que poseen, los resultados resultan lógicos. No obstante, es un aspecto al que se debe prestar atención, por las consecuencias que pueden ocasionar al cuerpo receptor de tales residuales. Adicionalmente, es una contaminación no atribuida a la actividad fundamental de la empresa.



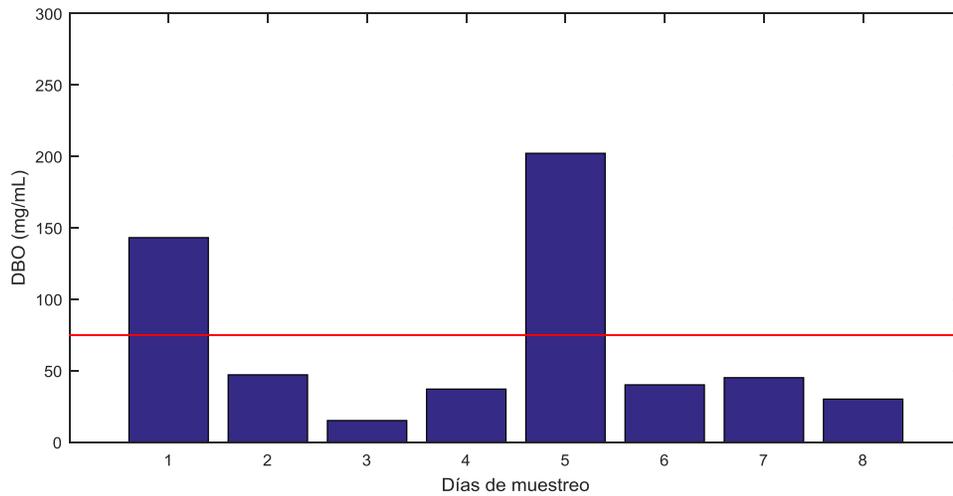
**Fig. 8-** Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) en el punto 1



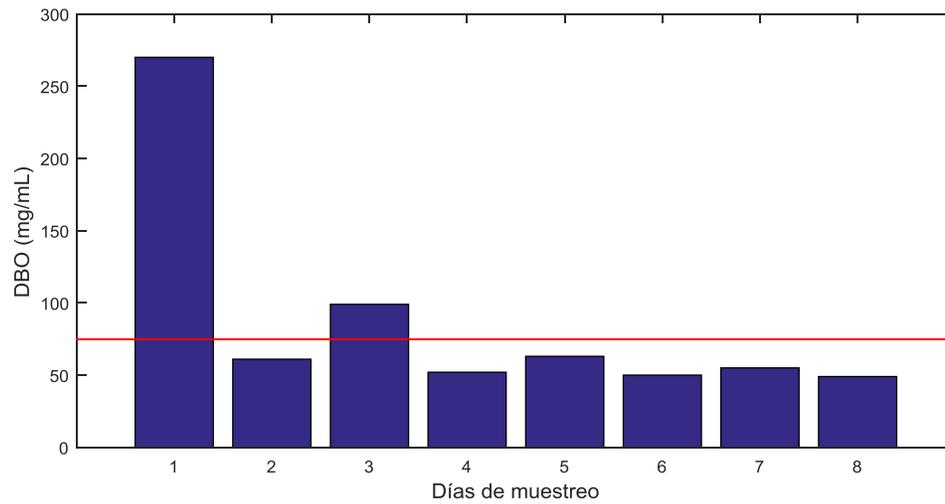
**Fig. 9-** Comportamiento de la demanda química de oxígeno (DQO) en el punto 2

En cuanto a la DBO, las figuras 10 y 11 indican que las cifras encontradas, mayormente, se corresponden con las exigencias de la norma cubana.<sup>(17)</sup> No obstante, existe correspondencia entre las muestras que superan las normas de este indicador, con las muestras de la DBO (figuras 8 y 9) con valores superiores a los normados, también. En concordancia con que la DBO es el oxígeno consumido por microorganismos, mayormente bacterias, para descomponer la materia orgánica presente en muestras de agua, es evidente

que aquí hay un indicador indiscutible de que los residuales del Combinado Textil, son afectados por vertimientos no atribuidos a la actividad fundamental que desarrolla.



**Fig. 10-** Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el punto 1



**Fig. 11-** Comportamiento de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) en el punto 2

Los últimos indicadores discutidos se emplean con frecuencia para conocer la calidad de las aguas superficiales e industriales y señalan, la contaminación orgánica que aporta esta empresa a la bahía santiaguera.

La caracterización realizada a los residuales a la empresa textil de Santiago de Cuba, indica que no existe uniformidad en las cifras determinadas y, en consecuencia, incumplen las

especificaciones de las normas cubanas para el vertimiento de los mismos, constituyendo una fuente de contaminación de consideración a la bahía.

## Conclusiones

Los residuales provenientes del Combinado Textil "Celia Sánchez Manduley", de Santiago de Cuba, presentan indicadores de calidad que no cumplen con las normas cubanas, por cuanto impactan negativamente al ecosistema bahía al cual son expulsados.

## Referencias bibliográficas

1. PÉREZ HERNÁNDEZ, M., VALDÉS MARTÍNEZ M. and PEÑA COSSÍO, R., Monitoreo de la Calidad Ambiental del ecosistema de la bahía de Santiago de Cuba. CIMAB, 2017.
2. VALDÉS MARTÍNEZ, M., *et al.*, Actualización de las Fuentes Terrestres de Contaminación de la Bahía Santiago de Cuba CIMAB Desarrollo Sostenible del transporte y medio ambiente, agosto 2014.
3. VALDÉS MARTÍNEZ, M., RODRÍGUEZ MONDELO, A y POTRILLÉ TITO, F. "Evaluación de la efectividad de las medidas propuestas para el control y mitigación de las afectaciones a la zona costera estudiada CIMAB", septiembre 2014.
4. GILPAVAS, E., ARBELÁES-CASTAÑO, P.E., MEDINA-ARROYAVE, J.D., GÓMEZ-ATERHORTUA, C.M. "Tratamiento de aguas residuales de la industria textil mediante coagulación química acoplada a procesos fenton intensificados con ultrasonido de baja frecuencia". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 2018. **34** (1). pp. 157-167. <http://dx.doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.14>.
5. PAUL S. A., CHAVAN S. K. KHAMBE S. D. Studies on characterization of textile industrial waste water in Solapur city. *Int. Journal Chem. Sci.*, 2012, **10** (2), pp. 635-642, <http://www.sadgurupublications.com>. ISSN 0972-768X.
6. ROMERO, T., Rodríguez,H., Massó, A. "Caracterización de las aguas residuales generadas en una industria textil cubana". *Ingeniería Hidráulica y ambiental*, XXXVII. 2016, **37** (3), pp. 46-58. ISSN: 1680.0338.
7. CARVALHO, J.C., BESSEGATO, G.G. y ZANONI, M.V. "Efficienci y comparison of ozonatio, photolysis, photocatalysis and photoelectrocatalysis methods in real textile

- wastewater decolorization". *Water Res.* 2016, **98**, pp. 39-46. <http://doi.10.1016/j.watres.2016.04.004>.
8. YURTSEVER A., CINAR Ö. y SAHINKAYA E. "Treatment of textile wastewater using sequential sulfate-reducing anaerobic and sulfide-oxidizing aerobic membrane bioreactors". *J. Membr. Sci.* 2016, **511**, pp. 228-237. <http://doi.10.1016/j.memsci.2016.03.044>.
9. DOUMIC L.I., SOARES P.A., AYUDE M.A., Cassanello M., Boaventura R. y Vilar V. "Enhancement of a solar photo-Fenton reaction by using ferrioxalate complexes for the treatment of a synthetic cotton-textile dyeing wastewater". *Chem. Eng. J.* 2015, **277**, pp. 86-96. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.074>.
10. GILPAVAS E., DOBROSZ-GÓMEZ I. y GÓMEZ-GARCÍA M. Coagulation-flocculation sequential with Fenton or photo-Fenton processes as an alternative for the industrial textile wastewater treatment. *J. Environ. Manage.* 2017, **191**, pp. 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.015>.
11. NAJE A.S., CHELLIAPAN S., ZAKARIA Z. y ABBAS S. (2016). Electrocoagulation using a rotated anode: A novel reactor design for textile wastewater treatment. *J. Environ. Manage.* 2016, **176** (1 July), pp.34-44. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.03.034>.
12. DOUMIC L.I., SOARES P.A., AYUDE M.A., CASSANELLO M., BOAVENTURA R. y VILAR V. "Enhancement of a solar photo-Fenton reaction by using ferrioxalate complexes for the treatment of a synthetic cotton-textile dyeing wastewater". *Chem. Eng. J.* 2015, **277** (1 October), pp. 86-96. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.074>.
13. DIAS F.F., OLIVEIRA A.S., ARCANJO A.P., MOURA F.C. y PACHECO J.C. Residue-based iron catalyst for the degradation of textile dye via heterogeneous photo-Fenton. *Appl. Catal. B.* 2016, **186** (5 June), pp. 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2015.12.049>.
14. AMMAR H.B. "Sono-Fenton process for metronidazole degradation in aqueous solution: Effect of acoustic cavitation and peroxydisulfate anion". *Ultrason. Sonochem.* 2016, **33**, pp. 164-169. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.04.035>.
15. CAI M., SU J., LIAN G., WEI X., DONG C., ZHANG H., JIN M. y WEI Z. Sono-advanced Fenton decolorization of azo dye Orange G: Analysis of synergistic effect and mechanisms. *Ultrason. Sonochem.* 2016, **31**, 193-200. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2015.12.017>

16. YASEEN, D.A., SCHOLZ, M. "Textile dye wastewater characteristics and constituents of synthetic effluents: a critical review". *International Journal of Environmental Science and Technology*. 2019, **16**, pp. 1193–1226. <https://doi.org/10.1007/s13762-018-2130-z>
17. OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-Especificaciones, NC 521:2007. La Habana, Cuba, 2007.
18. ARIAS 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*, 2008, **28** (2), pp. 79-89. ISSN 2224-6185. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543756010>.
19. CÓRDOVA RODRÍGUEZ, V.; RODRÍGUEZ-IZNAGA, I.; ACOSTA-CHAVEZ, R.M.; CHAVEZ-RIVAS, F.; PETRANOVSKII, V. PESTRYAKOV, A., "Use of natural mordenite to remove chromium (III) and to neutralize pH of alkaline waste waters". *Journal of Environmental Science and Health, Part A Toxic/Hazardous Substance & Environmental Engineering*, 2016, **51**, (5), pp. 425-433. DOI: 10.1080/10934529.2015.1120536.

### Conflictos de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

### Contribución de autores

Valdivina Córdova Rodríguez: Investigación en la industria, toma de muestras, análisis de resultados y procesamiento de los datos experimentales.

Dunia Rodríguez Heredia: Preparación del informe preliminar.

Daria Tito Ferro: Toma de muestras y análisis de resultados.

Telvia Arias-Lafargue: Revisión del informe final

Taimi Bessy Horruitiner: Procesamiento de los datos experimentales.