

Evaluación de la calidad de las aguas residuales de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba

Evaluation of waste waters quality of the Soy Processing Industry of
Santiago de Cuba

Dunia Rodriguez Heredia^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4676-7314>

Orlindes Calzado Lamela¹ <https://orcid.org/0000-0001-9498-0131>

Ana Lilian Noguera Araujo¹ <https://orcid.org/0000-0003-0014-4031>

Valduvina Córdova Rodríguez² <https://orcid.org/0000-0002-6192-9898>

Telvia Arias Lafargue¹ <https://orcid.org/0000-0003-2610-1451>

¹Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente. Cuba

²Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado. Cuba

*Autor para la correspondencia: Correo electrónico: duniarh@uo.edu.cu

RESUMEN

La bahía de Santiago de Cuba se consolida como el segundo ecosistema marino más contaminado del país, debido a que es el reservorio de gran parte de los residuales generados en la provincia. Entre las industrias que vierten sus residuales al ecosistema se encuentra la Empresa Procesadora de Soya. Por lo anterior, en el presente trabajo se evaluó la calidad de estos residuales a partir de la determinación de parámetros físicos químicos. Se tomaron muestras a la salida del desagüe de la planta al cuerpo receptor, en el periodo de febrero a marzo del 2019. Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio "Elio Trincado" de la Empresa Geominera Oriente y en la ENAST de Santiago de Cuba. Se determinaron parámetros físico-químicos como: metales pesados, grasas y

aceites, pH, conductividad, DBO y DQO, comparándose los valores obtenidos con las NC 521:2007 y NC 27:2012. Los resultados revelaron que los metales pesados, la conductividad y el pH estuvieron dentro de lo normado, mientras que el resto de los parámetros fluctuó entre valores por encima de los límites máximos permisibles promedio establecidos por la normativa cubana. Se concluye que en estos residuales predominan los compuestos orgánicos, teniendo en cuenta los valores elevados de grasas y aceites, DBO y DQO.

Palabras clave: agua residual; procesadora de soya; bahía de Santiago de Cuba.

ABSTRACT

Santiago de Cuba's bay is consolidated as the second most polluted marine ecosystem in the country, because it is the reservoir of much of the waste generated in the province. Among the industries that dump their residuals into the ecosystem, is the Soy Processing Company. Therefore, in the present work the quality of these residuals was evaluated based on the determination of chemical physical parameters. Samples were taken at the outlet of the plant to the receiving body, in the period from february to march 2019. The samples were analyzed in the "Elio Trincado" Laboratory of the Geominera Oriente Company and in the ENAST of Santiago de Cuba. Physical-chemical parameters were determined as: heavy metals, fats and oils, pH, conductivity, BOD and COD, comparing the values obtained with the NC 521: 2007 and NC 27:2012. The results revealed that heavy metals, conductivity and pH were within the norm, while the rest of the parameters fluctuated between values above the maximum permissible average limits established by cuban regulations. It is concluded that in these residuals organic compounds predominate, taking into account the high values of fats and oils, BOD and COD.

Keywords: wastewater; soy processing; Santiago de Cuba's bay.

Recibido: 19/11/2019

Aceptado: 20/03/2020

Introducción

La bahía de Santiago de Cuba recibe el aporte contaminante de varias fuentes, dentro de las cuales los residuos industriales clasifican como una de las fuentes que más impactan al ecosistema, debido en parte a la heterogeneidad y agresividad de sus contaminantes.

Dentro de las industrias que vierten a esta Bahía se encuentra la Procesadora de Soya, encargada de obtener, a partir del grano de soya, las siguientes producciones: aceite vegetal crudo, proteína vegetal texturizada, harina de soya para consumo humano, harina de soya para consumo animal y lecitina de soya.

A partir de los diferentes procesos que se llevan a cabo en esta empresa, se generan residuales líquidos que son vertidos sin previo tratamiento a la Bahía, como receptor final, contribuyendo así a la contaminación de este ecosistema, uno de los más impactados de la provincia.

Es por ello que el objetivo del presente trabajo es evaluar la calidad de los residuales líquidos generados por la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba, teniendo en cuenta la normativa cubana ambiental.

Fundamentación teórica

La principal fuente de contaminación de las bahías cubanas la constituyen las fuentes terrestres como los residuos urbanos, industriales, mineros, agrícolas y otros que de una manera u otra contribuyen a su deterioro, aunque los residuos generados por la actividad marítimo-portuaria, cuando no se actúa adecuadamente, contribuyen de manera significativa a la degradación de estos ecosistemas. La protección del medio ambiente, y en especial de los ecosistemas marinos, ante el elevado grado de impacto por las actividades humanas es una prioridad en nuestro país. En las bahías cubanas los efectos de la urbanización, desarrollo industrial y turístico, la actividad marítima portuaria y el uso generalizado como cuerpo receptor de aguas residuales ha conllevado a un deterioro sensible en la calidad de estos ecosistemas. ⁽¹⁾

Dentro estas bahías, una de las más impactadas es la de Santiago de Cuba. Los contaminantes que llegan a este ecosistema son de diversa naturaleza, encontrándose hidrocarburos, metales pesados, así como otros tipos de contaminantes de origen orgánico e inorgánico. ^(2,3,4)

Dentro de las industrias que vierten sus residuales a la Bahía sin previo tratamiento o con un tratamiento deficiente, se encuentra la Empresa Procesadora de Soya (PDS) de Santiago de Cuba, ^(5,6) la cual tiene una capacidad de instalación para procesar 500 ton/día. ^(5,7) Esta empresa es la única de su tipo en el país y en sus instalaciones se procesa el grano de soya para obtener, entre otros productos, el aceite vegetal crudo, que constituye la materia prima para la obtención del aceite vegetal refinado de soya.

El vertimiento de esta empresa puede afectar, incluso, el Refugio de Fauna “San Miguel de Parada” provocando la muerte del manglar y afectando la nidificación de las aves. ^(8,9) El destino final del 100% de sus residuales va a parar al manglar, siendo esta industria uno de los principales usuarios del manglar, causando conflictos usos-recursos. ⁽⁹⁾

Las industrias procesadoras del grano de soya se caracterizan por verter al medio ambiente residuales de origen orgánico generalmente, lo cual está en correspondencia con la propia naturaleza del proceso tecnológico.

Los residuales generados en esta industria se caracterizan por un alto contenido medio de sólidos suspendidos y aceites y grasas. Producto de estos contaminantes, la DBO₅ normalmente es elevada, el pH es variable, lo cual obliga a su neutralización previa. Los otros aspectos ambientales asociados a esta industria tienen relación con la contaminación acústica al interior del proceso productivo y con la presencia de olores molestos. La utilización de hexano en el proceso de extracción por solvente obliga a analizar en detalle toda la operatoria asociada a ellos, por los potenciales riesgos de explosiones y emisiones que acarrearán. De hecho, una de las principales oportunidades de prevención está asociada al manejo de estos gases. ⁽¹⁰⁾

Materiales y métodos

Las muestras de residual fueron tomadas en el período comprendido entre febrero y marzo del año 2019 y analizadas en el Departamento de Calidad del agua del Laboratorio “Elio Trincado” de la Empresa Geominera Oriente y en la Empresa Nacional de Asistencia y Servicios Técnicos (ENAST) de Santiago de Cuba.

El punto de muestreo fue ubicado a la salida del desagüe de la planta al cuerpo receptor (figura 1).



Fig. 1- Punto de muestreo

En la tabla 1 se presentan los parámetros analizados en el residual y los métodos empleados.

Tabla 1- Parámetros analizados en el residual y métodos empleados.

Parámetros	Métodos Analíticos
Metales pesados (Al, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn)	Espectroscopía de emisión óptica por plasma inductivamente acoplado (ICP-OES)
Grasas y aceites	Gravimétrico
pH	Potenciométrico
Conductividad	Conductimétrico
Demanda química de oxígeno (DQO)	Espectrofotométrico
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)	Espectrofotométrico

Las gráficas correspondientes a los resultados obtenidos fueron realizadas empleando el paquete de programas profesional MatLab®.

Resultados y discusión

A continuación, en la tabla 2, se presentan los valores medios obtenidos para los metales pesados analizados en el residual objeto de estudio. Como se aprecia, todos los metales pesados analizados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Cubana 521:2007 ⁽¹¹⁾ para la clasificación del cuerpo receptor como Clase E.

Tabla 2- Valores medios obtenidos de los metales pesados analizados en el residual.

Metales pesados	Valores medios obtenidos (mg/L)	Límites máximos permisibles (mg/L)
Al	<0,02	5
Cd	<0,002	0,2
Cr	<0,2	5
Cu	<0,05	2
Ni	<0,02	4
Pb	<0,05	0,2
Zn	<0,02	10

Por lo anterior, se puede decir que en lo que a metales pesados se refiere, esta industria no constituye una amenaza para el ecosistema Bahía.

En las figuras 2, 3, 4, 5 y 6, se presentan los resultados obtenidos de la caracterización del residual objeto de estudio y se analizan los mismos. Se han destacado en rojo los límites máximos permisibles establecidos por la normativa cubana.

El gráfico de la figura 2 representa la variación de la concentración de grasas y aceites durante el periodo de muestreo. Solo se pudo determinar grasas y aceites 4 de los 9 días muestreados. De estos 4 días, en 3 de ellos, la concentración de grasas y aceites del residual estuvo muy por encima de los 30 mg/L que establece la norma. Estos elevados valores de grasas y aceites pudieran estar asociados en primer lugar a que se trata de los residuales provenientes de una industria en la que se trabaja con sustancias de naturaleza lipídica, además pudo haber ocurrido una falla durante el proceso, específicamente en el proceso de desgomado, donde

se separa completamente el aceite desgomado y el agua, para así obtener la lecitina.

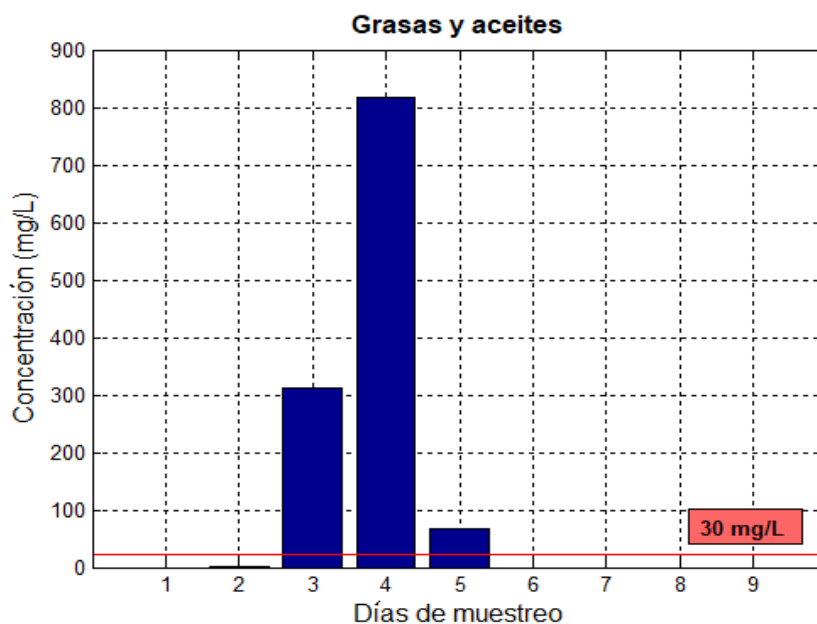


Fig. 2- Comportamiento de las grasas y aceites provenientes del residual.

En la figura 3 se presentan los resultados obtenidos de la determinación de la conductividad.

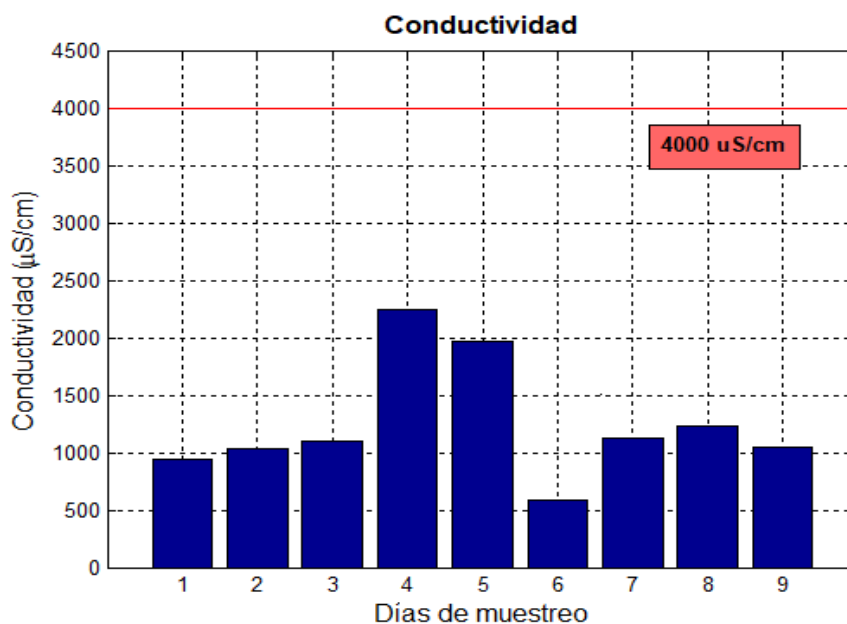


Fig. 3- Comportamiento de la conductividad en el residual.

Para evaluar si este parámetro estuvo en norma durante el periodo de muestreo, se empleó la NC 27:2012 ⁽¹²⁾ según la cual, en el residual analizado todos los valores de conductividad se encuentran dentro de los límites establecidos, por lo que los residuales líquidos provenientes de esta empresa cumplen con las especificaciones para el vertimiento, en lo que a conductividad se refiere.

En el caso de la determinación del pH, como se puede apreciar en la figura 4, los valores reportados se encuentran alrededor de un rango entre 5 y 8 unidades. En la toma de muestra correspondiente al cuarto día se reportó el valor más bajo de todo el periodo, siendo este de 5 unidades, o sea, ligeramente ácido, el cual no cumple con lo establecido por la norma.

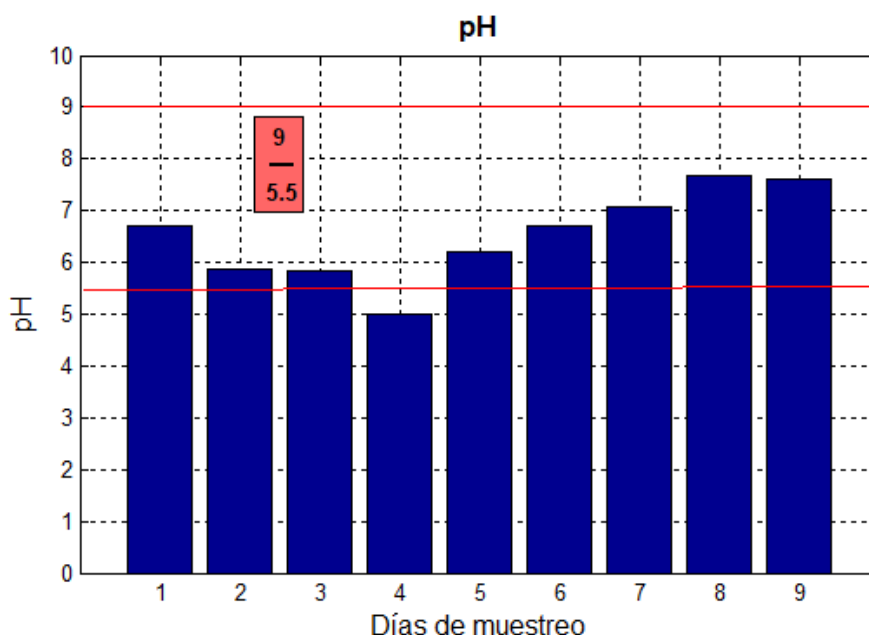


Fig. 4- Comportamiento de los valores del pH en el residual

De acuerdo a la NC 521:2007, para las descargas de aguas residuales a la zona costera y a los cuerpos receptores marinos clase E, el rango de pH aceptado es de 5.5–9 unidades.

Por lo general, durante el periodo de muestreo, los valores de pH estuvieron en norma, alrededor de la neutralidad, presentándose solo un día en que el pH disminuyó ligeramente y no cumplió con lo establecido. Esto debe evitarse en las

aguas residuales industriales ya que, si estas llegan a cuerpos receptores como la bahía de Santiago de Cuba, se puede afectar la vida marina pues el pH es un factor químico que regula procesos biológicos mediados por enzimas como la fotosíntesis, la respiración, además está relacionado con la disponibilidad de nutrientes, movilidad de metales, etc. Al influir directamente en el funcionamiento de las enzimas, se afectan los organismos vivos. O sea, para el adecuado funcionamiento de los ecosistemas, es importante mantener el pH dentro del rango de la neutralidad, según lo establece la normativa cubana.

Los resultados de la determinación de la DQO en el residual se presentan en la figura 5. Como se aprecia, en el residual analizado se presentaron valores de DQO por encima de lo normado 2 de los 9 días muestreados.

La DQO es la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación, por medio de compuestos químicos, de la materia orgánica contenida en una muestra de agua. Como se han presentado valores de DQO por encima de la norma cubana, esto indica carga orgánica, característicos de las aguas residuales de industrias de alimentos.

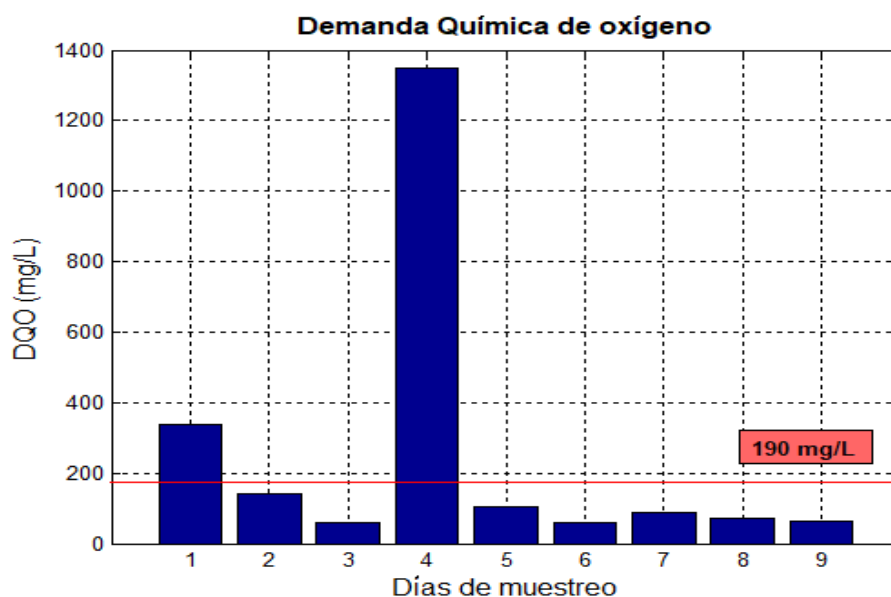


Fig. 5- Comportamiento de la DQO en el residual

Para el caso de la DBO, figura 6, aunque la mayor parte de los datos obtenidos cumplen con lo establecido en la NC 521:2007, se presentan dos días en los cuales no se cumple con lo normado.

La demanda biológica de oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, principalmente bacterias, consumen para descomponer la materia orgánica presente en una muestra de agua. Cuanta más materia orgánica haya en el agua, más alto será el valor de DBO, y este irá disminuyendo a medida que los desechos orgánicos son consumidos. La DBO se utiliza para medir el nivel de contaminación orgánica y la calidad del agua de ríos, lagos, residuales industriales, etc. Según lo anterior, esta industria contribuye con la carga orgánica que llega al ecosistema Bahía.

La DBO es un parámetro muy empleado en la caracterización de las aguas residuales, permite conocer la cantidad de materia orgánica que los microorganismos son capaces de degradar en un tratamiento biológico. Por otra parte, la DQO es también muy utilizada en las caracterizaciones, a diferencia de la primera, posibilita conocer tanto la concentración de las fracciones biodegradables como las no biodegradables de la materia orgánica, incluyendo la de aquellos compuestos inorgánicos que puedan ser oxidados químicamente. ⁽¹³⁾

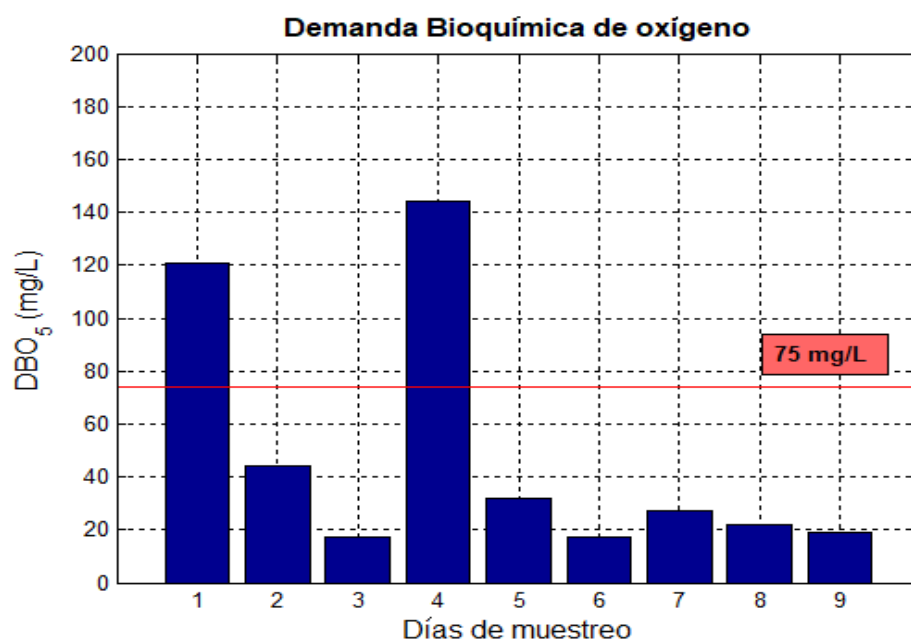


Fig. 6- Comportamiento de la DBO₅ en el residual

En general, aunque la conductividad, los metales pesados y la mayoría de los valores de pH (excepto uno) sí se encuentran dentro de los límites máximos permisibles promedios encontrados en el agua residual, este no cumple con las especificaciones para el vertimiento de aguas residuales, por cuanto se presentaron parámetros que están fuera de lo normado.

Los principales contaminantes provenientes de este residual industrial son las grasas y aceites y en general compuestos orgánicos, de los que dan cuenta los elevados valores de DQO y DBO obtenidos algunos días de muestreo. Lo anterior está en concordancia con la propia naturaleza del proceso.

Conclusiones

La evaluación de los residuales líquidos provenientes de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba evidenció que en estos los metales pesados, la conductividad y el pH se encuentran dentro de lo normado, sin embargo, no se cumple con la norma de vertimiento vigente para las grasas y aceites, DQO y DBO.

Referencias bibliográficas

1. CHABALINA, L. and J. Beltran Gonzalez, Contaminación marina en bahías y zonas costeras de Cuba y del gran caribe. Centro de Ingeniería y Manejo ambiental de bahías y costas, 2000. Disponible en:
<https://studylib.es/doc/7233304/contaminación-marina-en-bahías-y-zonas-costeras-de-cuba-y...> Consultado en diciembre de 2019.
2. SANTANA, MA *et al.* Evaluación de la contaminación por hidrocarburos de la bahía de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*. 2016, **28**(2), pp. 554-560.

3. GÓMEZ, L *et al.* Contaminación y biodiversidad en ecosistemas acuáticos. El fitoplancton de la bahía de Santiago de Cuba. *Rev. Invest. Mar.* 2001, **22**(3), pp. 191-197.
4. FERNÁNDEZ, MA *et al.* Comportamiento de la contaminación orgánica de la bahía de Santiago de Cuba. *Revista Ciencia en su PC.* 2015, (1), pp 29-42.
5. Valdés Martínez, M., A. Rodríguez Mondelo, and F. Potrillé Tito, *Evaluación de la efectividad de las medidas propuestas para el control y mitigación de las afectaciones a la zona costera estudiada* CIMAB, Septiembre 2014.
6. Pérez Hernández, M., M. Valdés Martínez, and R. Peña Cossío, *Monitoreo de la Calidad Ambiental del ecosistema de la bahía de Santiago de Cuba.* CIMAB, 2017.
7. 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.
8. GONZÁLEZ, Y *et al.* Evaluación ecotoxicológica de las aguas del refugio de fauna “San Miguel de Parada” mediante los biomodelos *Lactuca sativa* L. y *Artemia* sp. en Santiago de Cuba, Cuba. *Cátedra Villareal.* **3**(2), 2015, pp. 133-141.
9. Portorreal , Y., *et al.*, *Análisis de los conflictos uso-recursos en el humedal de San Miguel de Parada.* Centro de Estudios Multidisciplinarios de Zonas Costeras. Universidad de Oriente, Santiago de Cuba. Disponible en: <https://www.oceandocs.org/bitstream/handle/1834/3621/151.AN%c1LISIS%20DE%20LOS%20CONFLICTOS%20USO-RECURSOS....pdf?sequence=1> Consultado en noviembre de 2019.
10. *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, fabricación de grasas y aceites vegetales y subproductos.* Comisión Nacional del medio ambiente, 1998: Pp. 1-67.

- 11.OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-Especificaciones, NC 521:2007. La Habana, Cuba, 2007.
- 12.OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Vertimiento de aguas residuales a las a las aguas terrestres y al alcantarillado-Especificaciones, NC 27:2012. La Habana, Cuba, 2012.
- 13.DUEÑAS, M *et al.* Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería hidráulica y ambiental*. 2018, **39**(3), pp. 97-107.

Conflicto de interés

No existen conflictos de intereses

Contribución de autores

MSc. Dunia Rodríguez Heredia: investigación en la industria, toma de muestras, análisis de resultados y confección del informe.

MSc. Orlindes Calzado Lamela: investigación en la industria, toma de muestras y análisis de resultados

Ing. Ana Lilian Noguera Araujo: investigación en la industria, toma de muestras y análisis de resultados

Dr.C Valdivina Córdova Rodríguez: investigación en la industria, toma de muestras y análisis de resultados

MSc. Telvia Arias Lafargue: investigación en la industria, toma de muestras y análisis de resultados