

## **Evaluación de los residuales líquidos de la cervecera Hatuey en período de pandemia**

Evaluation of the wastewater brewer's Hatuey in period of pandemic

Ana Rosa María Díaz<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4105-6628>

Telvia Arias-Lafargue<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-2610-1451>

Dunia Rodriguez Heredia<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-4676-7314>

Taimí Bessy Horruitiner<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0001-7595-5547>

Valdovina Córdova Rodríguez<sup>3</sup> 0000-0002-6192-9898

<sup>1</sup>CUM Tercer Frente, Universidad de Oriente. Santiago de Cuba, Cuba

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

<sup>3</sup>Centro Nacional de Electromagnetismo Aplicado, CNEA. Cuba

\*Autor para la correspondencia: correo electrónico: ana.m@uo.edu.cu

### **RESUMEN**

La Cervecería Hatuey lleva más de 94 años de explotación contribuyendo a la contaminación del río Yarayó y la bahía de Santiago de Cuba. En el 2020 debido a la pandemia se realizaron modificaciones en los productos a elaborar lo que influyó en que la DBO<sub>5</sub> superara en 4,52 veces y la DQO en 6,88 veces los límites máximos permisibles establecidos por la normativa cubana para el vertimiento de aguas residuales a aguas terrestres y al alcantarillado. Se evidenció que la concentración de metales pesados, conductividad eléctrica, así como el contenido de nitrógeno y fósforo se mantuvieron dentro de lo establecido por la

norma de vertimiento, y que a pesar de que la norma establece que no deben existir sólidos suspendidos, se reportan valores superiores a los 100 mg/L. Un parámetro que supera en 7,4 veces lo que indica la norma cubana son las grasas y aceites, por lo que se propone la instalación de un flotador asociado a la propuesta tecnológica de tratamiento que existe para esta industria. Además será necesario neutralizar el residual.

**Palabras clave:** agua residual; cervecería; bahía de Santiago de Cuba.

## **ABSTRACT**

The Brewery Hatuey takes more than 94 years of exploitation contributing to the contamination of the river Yarayó and the bay of Santiago from Cuba. In the 2020 due to the pandemic were carried out modifications in the products to elaborate what influenced in that the DBO<sub>5</sub> overcame in 4,52 times and the DQO in 6,88 times the permissible maximum limits settled down by the normative Cuban for to pour of residual waters to terrestrial waters and the sewer system. It was evidenced that the concentration of heavy metals, electric conductivity, as well as the nitrogen content and match stayed inside that settled down by to pour norm and that although the norm settles down that it should not exist suspended solids superior values they are reported to the 100 mg/L. A parameter that overcomes in 7,4 times what indicates the Cuban norm is the fats and oils, for what intends the installation of a float associated to the technological proposal of treatment that exists for this industry. It will also be necessary to neutralize the residual.

**Keywords:** wastewater; brewery; Santiago de Cuba's bay.

Recibido: 08/08/2021

Aceptado: 15/12/2021

## **Introducción**

La bahía de Santiago de Cuba es el segundo ecosistema costero más antropizado y contaminado del país, lo que ha provocado una disminución en la calidad de sus aguas marinas, con repercusión negativa especialmente en los usos turísticos-recreativo y paisajístico propios de la región estudiada. Por esa razón, de manera integral deben efectuarse cambios progresivos en su gestión ambiental, que involucre a todos los actores comprometidos en su deterioro, los que deben contribuir en su saneamiento orientándolo a la sostenibilidad. <sup>(1)</sup>

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. <sup>(2)</sup>

La bahía de Santiago de Cuba recibe la descarga de aguas residuales provenientes de cuarenta y ocho industrias e instalaciones que vierten directa o indirectamente, cuatro corrientes fluviales, que reciben los aportes de industrias e instalaciones asentadas en sus cuencas y un drenaje pluvial de importancia. La delegación provincial de la Unidad de Medio Ambiente ha presentado un orden de primacía a partir de ser evaluadas las capacidades de manejo de los desechos de cada fuente contaminante. Entre las industrias e instalaciones de mayor importancia, dentro del total que inciden en la bahía santiaguera, y que resulta prioritario la solución a la situación de sus residuales líquidos, destaca la Cervecería Hatuey. <sup>(3)</sup>

La empresa constituye la fuente puntual de origen terrestre que mayor carga orgánica aporta a la bahía santiaguera (41,55 %) a través del río Yarayó, según los estudios realizados por diversos investigadores y corroborado por los especialistas del CITMA. Todo ello provoca afectaciones a la calidad de las aguas de ambos cuerpos receptores. <sup>(3)</sup>

Con la llegada de la pandemia de la Covid-19, a la entidad le ha resultado complejo cumplir con todos los surtidos que tenía preestablecidos, y se vio precisada, en ocasiones, a elaborar nuevos productos con los recursos de que disponía. La posible influencia de las nuevas elaboraciones en las características de los residuales que se generaron en el 2020 en la cervecera, es el objetivo de esta investigación, teniendo en cuenta que ya se había propuesto un sistema de tratamiento para los residuales líquidos. Por estas razones, es necesario

determinar si la propuesta realizada antes del 2020, es posible mantenerla con las variaciones actuales.

## **Fundamentación teórica**

La Cervecería Hatuey ocupa un área aproximada de 750 m<sup>2</sup> y dentro de su actividad fundamental se encuentra la de producir cervezas y maltinas, con una producción de 15 385 cajas por día, en tres turnos de trabajo.

Se ha identificado que la contaminación atmosférica y de las aguas son las que más se manifiestan. La producción de cervezas y maltinas se realiza mediante transformación de las materias primas en plantas de procesos semi-continuas: tratamiento de granos, proceso en caliente, proceso en frío, embotellado y envasado en cuñetes. El surtido que elabora comúnmente es amplio: cervezas de 10°, 12°, 16°, caldo y concentrado; maltinas y concentrado de maltinas, con producciones superiores a las 4 millones de cajas anuales. Mensualmente se realizan 30 cocimientos de cerveza y dos de maltina concentrada.<sup>(4)</sup>

La entidad fue construida a principios del siglo pasado, cuando no constituía ningún deber para los empresarios cuidar el medio ambiente y por ello se ejecutaban obras sin tener en cuenta los daños que esta podía provocar. La zona escogida para su construcción, tiene la ventaja de la distancia entre la fábrica y la zona de distribución, así como la cercanía a los puertos.

Desde 1927 los residuales líquidos generados durante los procesos productivos, se vierten al río Yarayó que desemboca en la Bahía. Nunca ha existido sistema de tratamiento para ellos y muy pocos han sido recuperados con fines de alimentación animal. Todo esto ha provocado que por años se incremente la contaminación de los mencionados cuerpos de agua, con la consiguiente disminución de su capacidad de autodepuración y por ende, se generen problemas ambientales tales como: cambio de coloración, turbiedad y concentración de oxígeno disuelto en las aguas del río, afectación al desarrollo turístico en la zona y disminución de la calidad de vida de la población aledaña. Esta situación hace que el vertimiento de residuales líquidos, así como las emisiones de gases, vapores y material particulado, contribuyan a uno de los

principales problemas ambientales identificados en el territorio santiaguero: la contaminación de su Bahía, segunda en importancia de este país.<sup>(5)</sup>

La tecnología que emplea la industria se encuentra bastante deteriorada, lo que ha provocado el incremento del perjuicio ambiental producto a la acumulación de tantos años de acciones agresivas. Ya son 94 años en que el centro objeto de estudio vierte sus residuos al ambiente y provoca daños considerables al entorno.

En los últimos años, la Cervecería Hatuey ha reducido considerablemente el vertimiento de residuales. Todo ello debido a la implementación de diferentes propuestas tecnológicas que aportan grandes beneficios, algunos incluso económicos, en aras de reducir la contaminación, y disminuir las afectaciones ambientales que los residuales generados provocaban en la zona, y que en su momento fueron definidos.<sup>(4,6,7,8)</sup>

Sin embargo, en el año 2020 debido a la pandemia de la COVID-19, los niveles de producción de cervezas se vieron disminuidos y se incrementaron las producciones de maltinas. Además, la entidad reaprovechó algunas de las bases de cervezas para elaborar nuevos productos como fueron el chaguicid (bebida de bajo contenido alcohólico y con gran aceptación en la población) y la salsa taína (condimento alimenticio). La figura 1 muestra la etiqueta de presentación de esta última.



**Fig. 1-** Etiqueta de presentación de la Salsa Taína

Teniendo en cuenta estos acontecimientos, se hace necesario evaluar las características de los residuales que se generaron en el período, para poder valorar la influencia que tuvo la modificación de la producción, en las

características de los licores residuales que fueron vertidos a la bahía a través del río Yarayó en el 2020.

## Materiales y métodos

Las muestras de residual en los tres períodos evaluados, se colectaron entre los meses de junio a noviembre de los años respectivos (2009, 2016 y 2020), completándose un total de 60 muestras en cada uno.

Las determinaciones químicas fueron realizadas en los laboratorios certificados de la Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST) perteneciente al Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, en Santiago de Cuba, y las muestras fueron tomadas por especialistas del laboratorio de la Geominera Oriente. Los análisis realizados fueron comparados con los límites establecidos en la norma cubana de vertimiento de aguas residuales a aguas terrestres y al alcantarillado NC27/2012, para la Clase C que corresponde a ríos, embalses, zonas hidrogeológicas de menor valor desde el punto de vista de su uso, como: aguas de navegación, riego con aguas residuales, industrias poco exigentes con respecto a la calidad de las aguas a utilizar, riego de cultivos tolerantes a la salinidad y al contenido excesivo de nutrientes y otros parámetros.

<sup>(9)</sup> La tabla 1 muestra los métodos utilizados en las determinaciones realizadas.

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

<i>Parámetros</i>	<i>Métodos Analíticos</i>
pH	Potenciométrico
Conductividad eléctrica (CE)	Conductimétrico
Sólidos suspendidos totales (SST)	Gravimétrico
DQO (demanda química de oxígeno)	Espectrofotométrico
DBO (demanda bioquímica de oxígeno)	Espectrofotométrico
Nitrógeno total	Kjeldahl
Fósforo total	Espectrofotométrico
Grasas y aceites	Gravimétrico
Cr (VI), Al, Cd, Cu, Fe, Ni, Zn	ICP-OES (espectroscopía de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado)

## Presentación y análisis de resultados

En la tabla 2 se presentan los valores medios obtenidos para los metales pesados analizados en el residual objeto de estudio. Como se observa, los metales pesados analizados se encuentran por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Norma Cubana NC27/2012, para la Clase C, por lo que se puede decir que en lo que a metales pesados se refiere, esta industria no constituye una amenaza para el ecosistema Bahía.

**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)
Cr(VI)	0,06	<0,5
Al	0,12	<10,0
Cd	0,004	<0,3
Fe	2,49	10,00*
Zn	0,08	5,0
Ni	0,02	4,00*
Cu	0,052	<5,0

\*valor reportado en la norma (NC 521:2007). <sup>(10)</sup>

La norma revisada (NC27:2012) <sup>(9)</sup> no declara límite de vertimiento para Fe y Ni. En cambio, la NC 521:2007, realiza una clasificación de cuerpos receptores, en la que define dos que se ajustan a esta investigación: Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolla la actividad marítimo-portuaria. Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos. Es la NC 521:2007, se reportan límites de hierro y níquel para los cuerpos receptores E y F, según se indica en la tabla 2.

En la tabla 3 se indican los valores promedios de otros parámetros analizados en el residual de la cervecera. Se puede apreciar que cinco de los ocho parámetros mostrados incumplen lo instituido en la norma de vertimiento. El pH es ligeramente inferior, pero el resto de los valores superan más de cuatro veces,

en el menor de los casos, lo establecido. Los valores de pH alterados, perturban el equilibrio natural de los ecosistemas, ya que regula procesos biológicos en los que las enzimas son fundamentales, como lo es la fotosíntesis, por ejemplo. <sup>(11)</sup>

**Tabla 3-** Valores medios obtenidos de otros parámetros analizados en el residual.

Parámetro	Valores medios obtenidos	Límites máximos permisibles
pH (U)	<b>5,71</b>	6 - 9
CE (µs/cm)	837,5	3500
SST (mg/L)	<b>103,75</b>	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	1,28	20
PT (mg/L)	6,16	10
Aceites y grasas (mg/L)	<b>222,4</b>	30
DBO (mg/L)	<b>271,06</b>	60
DQO (mg/L)	<b>825,81</b>	120

La norma establece que no deben existir sólidos suspendidos, sin embargo, se reportan valores superiores a los 100 mg/L. La incorporación de materia en suspensión a cualquier cuerpo de agua reduce la entrada de luz y atasca los órganos respiratorios y filtradores de muchos animales.

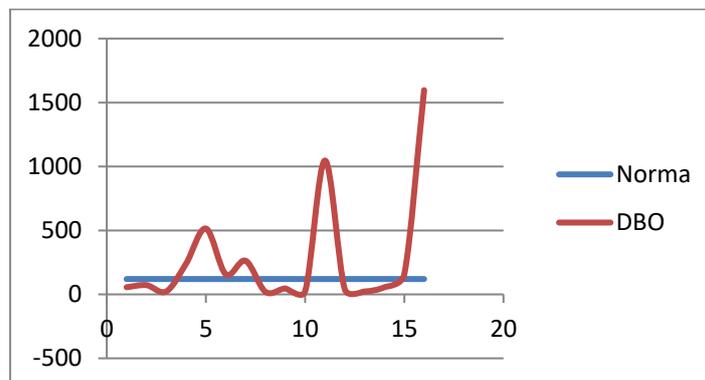
El elevado contenido de aceites y grasas que se reporta se debe a la materia prima empleada para la elaboración de la salsa condimentada. Este parámetro supera en 7,4 veces lo que indica la norma cubana.

La demanda biológica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) 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. <sup>(12)</sup>

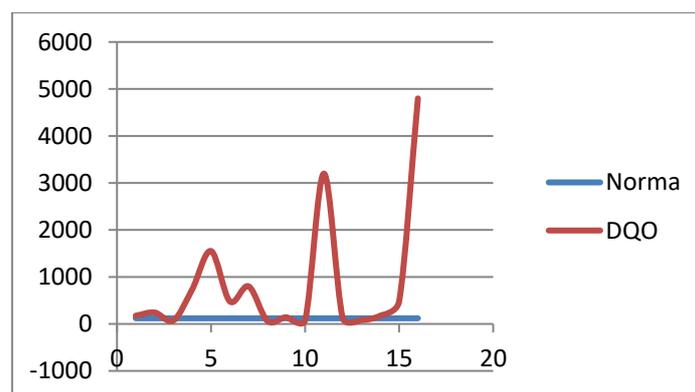
El incremento de materia orgánica en el agua, eleva los valores de DBO<sub>5</sub>, y este irá disminuyendo, a medida que los desechos orgánicos son consumidos. Según esta afirmación, dicha industria contribuye con el incremento de carga orgánica

que llega al ecosistema Bahía, pues la DBO<sub>5</sub> y DQO constituyen indicadores de alta concentración de materia orgánica, algo coherente para una industria de este tipo.

En el 2020 la DBO<sub>5</sub> superó en 4,52 veces y la DQO en 6,88 veces los límites máximos permisibles establecidos por la normativa cubana (figuras 2 y 3). Estos resultados demuestran que las modificaciones en las producciones influyeron en las características de los residuales vertidos al río Yarayó como cuerpo receptor. Debe señalarse el impacto negativo que representan las paradas imprevistas en los procesos productivos, tanto desde el punto de vista económico (pérdida de materias primas), energético (hay que volver a calentar los equipos) como en la generación de residuales (se desechan las producciones no terminadas).



**Fig. 2-** Comportamiento de la DBO<sub>5</sub> en el residual cervecero en el 2020



**Fig. 3-** Comportamiento de la DQO en el residual cervecero en el 2020

La cervecera santiaguera nunca ha contado con un sistema de tratamiento para sus aguas residuales, debido a que las propuestas que tuvieron por muchos años

les resultaban complejas de ejecutar por los volúmenes de residuales que tenían que tratar y la poca disponibilidad de terreno para su instalación.

Sin embargo, gracias a la implementación de diversas propuestas de opciones de producciones más limpias, la entidad logró disminuir considerablemente sus flujos de residuales. Asociado a ello, se presentó una propuesta de tratamiento para los residuales líquidos de la entidad. Resulta necesario determinar, si las modificaciones en los productos que fueron elaborados durante el período pandémico del 2020, influyó significativamente en las características de los residuales que fueron tomados como base para la propuesta tecnológica en cuestión.

Para evaluar la posible modificación en las características de las aguas residuales de la cervecera, se procederá a comparar algunos de los parámetros estudiados en tres períodos (tabla 4).

**Tabla 4-** Comparación de las características de los residuales líquidos Cervecería Hatuey. <sup>(5,8,13)</sup>

Parámetro	Norma NC 27/2012	Salida combinado		
		2009	2016	2020
pH (U)	6-9	7,97	7,97	5,71
CE ( $\mu$ s/cm)	3 500	932	300	837,5
Turbiedad (UTN)	-	<b>108</b>	<b>99</b>	
Temperatura (°C)	50	<b>75</b>	30	50
SST (mg/L)	-	<b>1 525</b>	<b>225</b>	<b>103,75</b>
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	20	1,130	1,1	1,28
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	10	0,897	0,37	6,16
DBO (mg/L)	60	<b>118</b>	<b>61</b>	<b>271,06</b>
DQO (mg/L)	120	<b>350</b>	<b>197</b>	<b>825,81</b>

Se puede apreciar, que la conductividad eléctrica, el contenido de nitrógeno y fósforo se mantuvieron dentro de los límites establecidos por la norma de vertimiento en los tres años que fueron evaluados. No comportándose de igual modo el pH, cuyo valor fue ligeramente inferior en el 2020 y la temperatura que fue superior en el 2009.

En la tabla 4 se observa que los otros parámetros presentados [turbiedad, sólidos suspendidos, demanda química de oxígeno (DQO) y demanda bioquímica de

oxígeno ( $\text{DBO}_5$ )] siempre incumplieron la norma al superar los límites establecidos.

No debe olvidarse que cuando la relación  $\text{DBO}_5/\text{DQO} > 0,6$  predomina materia orgánica biodegradables y si es  $< 0,2$  no son biodegradables. La relación calculada en para este trabajo en los tres años es de 0,33 aproximadamente, por tanto, puede considerarse como un agua residual moderadamente biodegradable, lo cual resulta importante conocer si se considera que ya existe una propuesta tecnológica que se desea implementar, y que fue diseñada con parámetros de biodegradación similares a los obtenidos en actual trabajo. No obstante, debe considerarse que el residual que se generó en el 2020 es ligeramente ácido (pH de 5,7) y será necesario neutralizarlo.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta el elevado contenido de aceites y grasas determinado en el 2020 en los residuales líquidos analizados. En consecuencia, se propone que al sistema de tratamiento que la dirección de la industria tiene considerado instalar, se le asocie un flotador. Cuando la materia suspendida tiene una densidad inferior o similar a la del agua, no ocurre la sedimentación. Por tanto, es necesario aplicar este proceso, que consiste en generar una gran cantidad de burbujas de aire que dirigirán hacia arriba estas partículas, dando como resultado su concentración en la superficie. De esta forma queda un sobrenadante fácil de remover, resultando un método ideal para la remoción de aceites y grasas.

Vale señalar que el contenido de grasas y aceites se incrementó en el agua residual sólo por la producción de salsa como condimento para cocina, algo que sucedió en el período pandémico como resultado de la búsqueda de alternativas para la ayuda a sus trabajadores y para evitar pérdidas innecesarias.

## **Conclusiones**

1- Los valores obtenidos de conductividad eléctrica, contenido de nitrógeno y fósforo, se mantuvieron dentro de lo establecido por la norma de vertimiento en los tres años que fueron evaluados, mientras aunque la norma establece que no debe existir turbiedad ni sólidos suspendidos, estos parámetros reportan valores cercanos o superiores a los 100 mg/L.

2- En el año 2020 tres parámetros superaron los límites máximos permisibles establecidos por la normativa cubana para el vertimiento de aguas residuales a aguas terrestres y al alcantarillado, estos fueron: la DBO<sub>5</sub> en 4,52; la DQO en 6,88 y el contenido de aceites y grasas en 7,4 veces, demostrando que los niveles de contaminación al río Yarayó y, por tanto, a la Bahía, continúan siendo considerables.

3- Si se desea mantener la propuesta tecnológica realizada con anterioridad a la entidad para el tratamiento de sus aguas residuales, se hace necesario incluir un flotador para la eliminación de las grasas y aceites que contienen en la actualidad, debido a la modificación de los procesos productivos, en el período de pandemia.

### **Referencias bibliográficas**

1- 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.

2- 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.

3- CITMA. Bahía de Santiago de Cuba: situación ambiental, diagnóstico y propuestas. Delegación Territorial. Unidad de Medio Ambiente Santiago de Cuba, 2018.

4- ARIAS LAFARGUE, T., REYES YOLA, O.; Caracterización ambiental del combinado industrial Hatuey (Parte 1) *Revista Tecnología Química*. 2010, **30** (3), pp. 53-66. e-ISSN: 2224-6185

5- ARIAS LAFARGUE, T., REYES YOLA, O.; Caracterización ambiental del combinado industrial Hatuey (Parte 2) *Revista Tecnología Química*. 2012, **32**(3), pp. 232 -238. e-ISSN: 2224-6185

6- ARIAS LAFARGUE, T.; Viable elección para recuperar aguas de pasteurización. *Revista Tecnología Química*. 2014, **34**(1), pp. 38-47. e-ISSN: 2224-6185.

- 7- ARIAS LAFARGUE, T.; LÓPEZ RÍOS, L.; Propuesta tecnológica para el aprovechamiento energético del bagazo de cebada malteada de la Cervecería Hatuey. *Revista Tecnología Química*. 2015, **35** (3), pp. 356-374. e-ISSN: 2224-6185.
- 8- ARIAS LAFARGUE, T.; RAVELO VÁZQUEZ, Y.; Diseño de una tecnología para tratar el agua residual de cervecería. *Revista Tecnología Química*. 2019, **39** (3), pp. 539 – 551. e-ISSN: 2224-6185.
- 9- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado-Especificaciones, NC 27:2012. La Habana, Cuba, 2012.
- 10- OFICINA NACIONAL DE NORMALIZACIÓN. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas-especificaciones. NC 521:2007. La Habana Cuba, 2007.
- 11- RODRÍGUEZ-HEREDIA, D. *et al.*; Evaluación de la calidad de las aguas residuales de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba. *Revista Tecnología Química*. 2020, **40** (3), pp. 563-575. e-ISSN: 2224-6185.
- 12- 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.
- 13- MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS. EMPRESA GEOMINERA ORIENTE. UEB Servicios Geológicos. Grupo No Metálico y Gestión Ambiental. Informe de la caracterización de los residuales líquidos de la Cervecería Hatuey Santiago de Cuba. Diciembre 2020.

### **Conflicto de interés**

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

### **Contribución de los autores**

Ana Rosa María Díaz: investigación en la industria, análisis de resultados y confección del informe final.

Telvia Arias-Lafargue: investigación en la industria, análisis de los resultados y colaboró en la confección del informe final.

Dunia Rodriguez Heredia: investigación bibliográfica y preparación del informe preliminar.

Taimí Bessy Horruitiner: investigación bibliográfica y preparación del informe preliminar.

Valduvina Córdova Rodríguez: revisión del informe final.