



Avances  
ISSN: 1562-3297  
ISSN: 1562-3297  
avances@ciget.vega.inf.cu  
Instituto de Información Científica y Tecnológica  
Cuba

## Diagnóstico para la gestión de los residuales líquidos en la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría?"

Pozo Bejerano, Javier; García Gutiérrez, José Antonio; Reinoso Valladares, Mirtha  
Diagnóstico para la gestión de los residuales líquidos en la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría?"

Avances, vol. 22, núm. 4, 2020

Instituto de Información Científica y Tecnológica, Cuba

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869118010>

## Diagnóstico para la gestión de los residuales líquidos en la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría"

*Diagnosis for the management of liquid waste water at the Technological University of Havana "José Antonio Echeverría"*

Javier Pozo Bejerano

Centro de Investigaciones y Servicios Ambientales Ecovida,  
Cuba

jpozo730912@gmail.com

Redalyc: [https://www.redalyc.org/articulo.oa?](https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=637869118010)

id=637869118010

José Antonio García Gutiérrez

Empresa Nacional de Investigación Aplicadas de Pinar del  
Río, Cuba

jagarcia@eniapr.co.cu

Mirtha Reinos Valladares

Centro de Ingeniería e Investigaciones Químicas, Cuba

mirtirei@gmail.com

Recepción: 13 Mayo 2020

Aprobación: 18 Agosto 2020

### RESUMEN:

La gestión ambiental en los centros de educación superior de Cuba permite planear, organizar, liderar y controlar estratégicamente las capacidades ambientales de la universidad, para actuar sobre los aspectos ambientales de sus procesos, en busca de la mejora continua del medio ambiente. En la presente contribución se estudian las características de los vertimientos de los residuales líquidos en la Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría", para los cuales se monitorearon los principales indicadores de contaminación y se establece una comparación entre los diferentes puntos de muestreo. Se estudiaron 3 de las 6 corrientes de evacuación de los residuales del centro, demostrándose que en las condiciones actuales los efluentes cumplen con las normas de vertimiento, debido a la dilución de la carga contaminante por la gran cantidad de salideros existentes. Además, los residuales estudiados contienen un exceso de nitrógeno y fósforo, lo cual debe tenerse en cuenta a la hora de proponer un sistema de tratamiento. Entre las principales conclusiones que arrojó la investigación se encuentra que los residuales líquidos en las condiciones actuales en los puntos de muestreos analizados, se clasifican como un agua residual de concentraciones diluidas.

**PALABRAS CLAVE:** gestión ambiental, residual líquido, medio ambiente.

### ABSTRACT:

The environmental management in the higher education centers of Cuba allows to plan, organize, lead and control strategically the environmental capacities of the university, to act on the environmental aspects of its processes, in search of the continuous improvement of the environment. In this contribution, the characteristics of the liquid waste discharges at the Technological University of Havana "José Antonio Echeverría" are studied, for which the main pollution indicators were monitored and a comparison between the different points is established. Of sampling. Three of the 6 drainage streams of the center's waste were studied, demonstrating that in the current conditions the effluents comply with the discharge regulations, due to the dilution of the pollutant load by the large amount of existing drains. In addition, the residuals studied contain an excess of nitrogen and phosphorus, which must be taken into account when proposing a treatment system. Among the main conclusions that the investigation threw is that the liquid residuals in the current conditions in the analyzed sampling points, are classified as a residual water of diluted concentrations.

**KEYWORDS:** environmental management, liquid waste, environment.

### INTRODUCCIÓN

Una de las principales causas de la alta mortalidad y morbilidad en América Latina es la inadecuada disposición de un 90 % de las aguas residuales, que no son tratadas y descargan indiscriminadamente a los

cuerpos receptores. En la actualidad, la mayoría de los gobiernos y pueblos han comenzado a tomar conciencia de la importancia de este tema. Cuba no constituye una excepción, habiendo sido promulgadas diferentes normas y regulaciones que permiten proteger al medio ambiente.

En muchos países, estas aguas residuales se descargan, ya sea como desechos no tratados o como efluentes tratados, en cursos de agua naturales, de los cuales se extraen para su uso posterior después de someterse a una "autopurificación" dentro de la corriente. A través de este sistema de reutilización indirecta, las aguas residuales pueden reusarse hasta una docena de veces o más antes de descargarse al mar. Sin embargo, también es posible una reutilización más directa: la tecnología para recuperar las aguas residuales como aguas potables o de proceso es una opción técnicamente viable. La adopción del tratamiento de aguas residuales y la posterior reutilización como medio de suministro de agua dulce también está determinada por factores económicos (Samer, 2015).

El concepto de gestión ambiental se aborda por primera vez a nivel mundial a principios de la década del 70 del pasado siglo, en la Cumbre de la Tierra celebrada en Estocolmo, donde se manifestó la preocupación por la problemática ambiental a nivel global. En 1992, posterior a la Cumbre de Río de Janeiro, la British Standard (BS) crea la norma de gestión ambiental BS 7750. Esta norma fue el modelo con el que la Organización Internacional de Estandarización (ISO) consideró la constitución del Comité Técnico ISO/TC 207 Gestión Ambiental, que fue encargado de elaborar y mantener las normas técnicas en el tema ambiental. Es así como la ISO elaboró en 1996 la primera versión de la norma internacional ISO 14001 con los requisitos para un sistema de gestión ambiental (Kleinova & Szaryszova, 2014).

Según Ortiz y Rodríguez (2018), parte importante en la gestión ambiental lo constituye el diagnóstico ambiental, el cual es un proceso que se realiza para mejorar las condiciones ambientales de una organización ante los clientes y la sociedad.

Como resultado de las revisiones realizadas por el Comité ISO/TC 207, la NTC-ISO 14001 tuvo dos actualizaciones. En el 2004 incorporó el modelo del ciclo PHVA (sigla de planear, hacer, verificar y actuar) en la estructura de los sistemas de gestión ambiental; la identificación de aspectos ambientales en actividades, productos y servicios, y la necesidad de definir el alcance del sistema de gestión ambiental. La actualización del 2015 incorporó la estructura de alto nivel para hacerla fácilmente integrable con otros sistemas de gestión, el concepto de ciclo de vida del producto y el enfoque por procesos (Ortiz, 2016).

En septiembre de 2015, Naciones Unidas aprobó la nueva Agenda 2030, en la que una vez revisados los Objetivos del Milenio en los 15 años transcurridos del siglo XXI, se definen los objetivos prioritarios para los siguientes 15 años, sustituyendo la expresión Objetivos del Milenio por Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). En el preámbulo de la declaración Transformar nuestro mundo, se recoge de forma explícita la interconexión entre los aspectos sociales, ambientales y económicos del desarrollo sostenible, que no siempre son visibles: "los objetivos y las metas son de carácter integrado e indivisible y conjugan las tres dimensiones del desarrollo sostenible: económica, social y ambiental" (ONU, 2015).

El ser humano en su proceso evolutivo mantiene una relación dependiente con el ambiente, que en la mayoría de los casos está ligada a satisfacer las necesidades del hombre, dejando de lado los requerimientos del ambiente que garantizan su preservación. Prueba de ello es la manera como el crecimiento de la población interactúa con su entorno, abarcando espacios e invadiendo territorios incapaces de soportar la demanda de recursos y servicios generada por el hombre como único medio de supervivencia (Ríos & Gómez, 2018), y acelerándose en regiones antes rezagadas como África (Fernández, 2019).

La problemática ambiental es un tema de análisis recurrente que se vincula a cualquier contexto territorial, en la preocupación por atenuar los efectos negativos producto del acelerado y desarticulado crecimiento urbano. El contexto urbano es particularmente un reflejo de las transformaciones del medio ambiente natural, hacia un medio ambiente construido, en un proceso de transformación paulatino a ultranza (Fuentes, 2018). Uno de los problemas ambientales significativos es la diversidad de usos del suelo, donde se genera un impacto negativo, o proceso degradante particular, en el paisaje y en sus recursos agua, suelo, aire

( Alberto, 2005), así como en la litología, relieve, flora y fauna, por la concentración de la población y por las diversas actividades humanas en determinados puntos del espacio.

Los problemas ambientales involucran a todos los sectores (manufactura, servicios, hogar, etc.), a todos los sistemas (de transporte, de agua, de higiene, etc.), a todos los niveles (local, regional y mundial) y a todos los actores (gobierno, organizaciones no gubernamentales, organizaciones comunales y el sector privado). Las soluciones a estos problemas son de extrema complejidad, ya que los responsables en coordinar el planeamiento, implementación y la gestión de los procesos deben estar para comunicarse con especialistas de varias disciplinas y profesiones ( Edelman *et al.*, 2017 ).

Las aguas residuales domésticas están constituidas en un elevado porcentaje (en peso) por agua, cerca de 99,9 %, y apenas un 0,1 % de sólidos suspendidos, coloidales y disueltos. Datos típicos de los constituyentes encontrados en las aguas residuales domésticas e industriales se presentan en la Tabla 1. Dependiendo de la concentración de estos componentes, el agua residual puede clasificarse como fuerte, media o diluida. Tanto los componentes como las concentraciones pueden variar durante el día, en los diferentes días de la semana y con las estaciones del año.

**Tabla 1.** Composición típica de las aguas residuales domésticas.

| Componente         | Unidad     | Concentración |           |           |
|--------------------|------------|---------------|-----------|-----------|
|                    |            | Fuerte        | Media     | Diluida   |
| DBO5 Total         | mg/L       | 400           | 220       | 110       |
| DQO Total          | mg/L       | 1 000         | 500       | 250       |
| P Total            | mg/L       | 4             | 8         | 15        |
| N Total            | mg/L       | 20            | 40        | 85        |
| Grasas y Aceites   | mg/L       | 50            | 100       | 150       |
| SS                 | mg/L       | 350           | 220       | 100       |
| STD                | mg/L       | 850           | 500       | 250       |
| ST                 | mg/L       | 1 200         | 720       | 350       |
| Coliformes Totales | NMP/100 mL | 107 a 109     | 107 a 108 | 106 a 107 |

Metcalf y Eddy (1991).

En Cuba, la mayoría de las redes hidrográficas constituyen cuerpos receptores de residuales crudos o parcialmente tratados. La carga contaminante que ingresa a las aguas terrestres ha comprometido en muchos casos su capacidad de autodepuración, lo que constituye una amenaza a la salud humana ( Citma, 2016).

La caracterización, tratamiento y disposición final de las aguas residuales en Cuba es un tema que va cobrando mayor fuerza e importancia a través de los años. Al mismo tiempo, se han podido ir observando los efectos negativos de las aguas contaminadas sobre el medio ambiente, viéndose afectadas, principalmente, la flora y fauna de los cuerpos receptores (ríos, lagos y mares), y la proliferación de enfermedades transmitidas por las aguas no tratadas, que son problemas muy frecuentes en la región ( Pozo, Méndez y Díaz, 2009).

En la norma cubana NC 27 (2012), se definen como aguas residuales aquellas cuya calidad original se ha degradado, en alguna medida, como consecuencia de su utilización en diferentes acciones y procesos. En el apartado 7.2 del capítulo 7.0 se plantea que el organismo rector de las aguas terrestres deberá indicar a los generadores de aguas residuales los métodos de análisis de laboratorio y los procedimientos para las mediciones que deberán utilizar para aplicar esta norma y solicitar el permiso de descarga, así como verificar que aquellos laboratorios que reporten los resultados se encuentren oficialmente acreditados para llevar a cabo las caracterizaciones de aguas residuales que exige el cumplimiento de esta normativa.

También la NC 521 (2007), en su capítulo 5.0 expresa que las entidades responsables de la descarga o vertimiento de residuales a la zona costera y los cuerpos receptores marinos realizarán la caracterización de sus residuales líquidos. En el caso de aquellas que no clasifiquen como fuente contaminante, de acuerdo con

lo que la presente norma establece, realizarán esta caracterización por una vez, mientras que no varíen las condiciones que puedan incidir en las características y el caudal de sus residuales.

Para Cuba, la gestión ambiental de los residuales líquidos también forma parte de la estrategia para el desarrollo socioeconómico del país, una vez aprobados en el VI Congreso del Partido (PCC), y actualizados y ratificados en el VII Congreso, los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución en las esferas de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente, suscritos por diferentes leyes, decretos y resoluciones de los diferentes ministerios implicados, para la actualización del nuevo modelo económico instaurado por el Estado, en busca de un desarrollo sostenible que potencie y preserve las conquistas del socialismo. Entre estos lineamientos aprobados se incluyen los siguientes ( PCC, 2011; 2016):

- *Lineamiento 129-* Diseñar una política integral de ciencia, tecnología, innovación y medio ambiente que tome en consideración la aceleración de sus procesos de cambio y creciente interrelación a fin de responder a las necesidades del desarrollo de la economía y la sociedad a corto, mediano y largo plazo; orientada a elevar la eficiencia económica, ampliar las exportaciones de alto valor agregado, sustituir importaciones, satisfacer las necesidades de la población e incentivar su participación en la construcción socialista, protegiendo el entorno, el patrimonio y la cultura nacionales.

*Lineamiento 130-* Adoptar las medidas requeridas de reordenamiento funcional y estructural y actualizar los instrumentos jurídicos pertinentes para lograr la gestión integrada y efectiva del Sistema de Ciencia, Tecnología, Innovación y Medio Ambiente.

*Lineamiento 133-* Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. Priorizar estudios encaminados al enfrentamiento al cambio climático y, en general, a la sostenibilidad del desarrollo del país. Enfatizar la conservación y uso racional de recursos naturales como los suelos, el agua, las playas, la atmósfera, los bosques y la biodiversidad, así como el fomento de la educación ambiental.

En la vigente Estrategia Ambiental Nacional (EAN) se plantea que seis millones 656 mil habitantes utilizan fosas y letrinas, de las que más de 820 mil no cumplen los requisitos técnicos y sanitarios, mientras que unas 400 mil personas no cuentan con cobertura para el tratamiento de residuales domésticos y utilizan prácticas inadecuadas. La cobertura de alcantarillado solo alcanza al 33,8 % de la población y el volumen total de aguas residuales tratadas solo alcanza el 32 %, a través de algunas plantas de tratamiento y lagunas de estabilización cuya operación y mantenimiento es inestable. Se identifican más de 2 158 fuentes contaminantes principales que disponen en su conjunto una cantidad aproximada de 58 638 t/año de materia orgánica biodegradable, expresada como DBO, lo que representa la contaminación generada por una población equivalente a 10 398 206 habitantes.

También en la EAN figura la mejora de la calidad ambiental, formando parte de las direcciones estratégicas planteadas, la que tiene dentro de sus objetivos específicos y líneas de acción priorizadas, prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el vertimiento inadecuado de residuos líquidos y sólidos y la emisión de contaminantes atmosféricos ( Citma, 2016).

A partir de 1959, la Educación Superior en Cuba ha crecido vertiginosamente desarrollándose un amplio plan de becas universitarias que permiten el acceso al estudio a todos los jóvenes a lo largo y ancho del archipiélago cubano. La Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE), fundada en 1964, tiene como objeto social la formación profesional en diversas ramas de la ingeniería y arquitectura ( Issac, 2008).

La CUJAE, desde sus inicios, no cuenta con un sistema de gestión, control y monitoreo de las aguas residuales. En la institución han existido diferentes momentos constructivos en la ejecución de objetos de obra por algunas entidades, los cuales en su mayoría fueron interrumpidos, a la vez que comenzaron a

deteriorarse los ya existentes, ocasionándose graves problemas en las redes de, no teniendo prevista hasta el momento la solución integral de los residuales líquidos ( Pozo *et al.*, 2009 ).

El fomento del compromiso ambiental universitario institucional hace de la educación centrada en el entorno y en los recursos naturales, un elemento vital para el crecimiento y desarrollo de los programas académicos superiores. Sin embargo, la gestión de una política sostenible en las instituciones de educación superior involucra múltiples desafíos ( Molano *et al.*, 2016 ).

Los centros de educación superior no han estado ajenos a este camino recorrido por la gestión ambiental en Cuba. Las universidades, en los últimos años, hacen suya la temática ambiental y desarrollan nuevos conocimientos, en especial, herramientas para el manejo de factores ambientales y áreas de prioridad para el país. En ellas se ha trabajado en la formación ambiental, divulgando las mejores prácticas de gestión ambiental y preparando a los profesionales para enfrentar esta tarea en las empresas e instituciones.

Atendiendo a los aspectos mencionados, y a la necesidad real de controlar con acciones los efectos negativos provocados al medio y garantizar un ambiente sostenible, se plantea el objetivo de efectuar el diagnóstico ambiental del agua residual en la CUJAE.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La caracterización fue realizada para el agua residual procedente de los registros y alcantarillados de la CUJAE. Se estudiaron las características de las corrientes de aporte al río Almendares, considerando, para el análisis de los resultados y uso de las normativas cubanas, dicho cuerpo receptor como un río de categoría A en el tramo próximo a la CUJAE. En la investigación realizada se utilizaron los siguientes materiales:

- Plano de redes de alcantarillado de la CUJAE, para la situación de los puntos de muestreo.
- Plano general de la CUJAE, para la ubicación del área de estudio.

La recolección del agua residual de las áreas y puntos de muestreo se realizó a través del método de muestras compuestas, donde las mismas fueron tomadas en un espacio de 4 horas, con un intervalo de toma de muestras de una hora, correspondiéndose con un volumen de 750 mL, mientras que el volumen total de agua residual muestreada fue de 3 litros, garantizando de esta manera los volúmenes mínimos de muestreo de los parámetros analizados. Las mismas fueron conservadas atendiendo a los criterios reflejados en los métodos estándar para agua y aguas residuales y la NC 27 (2012). En el punto número 3, las muestras fueron tomadas en el horario comprendido de 5:00 a 9:00 pm, y para el resto de los puntos en el horario de 11:00 am a 3:00 pm.

Dentro de los métodos experimentales se realizaron los siguientes análisis: temperatura (T), pH, sólidos (sedimentables, en suspensión, disueltos, volátiles), fósforo total (P), nitrógeno orgánico ( *Kjeldhal* ), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) (método de Winkler), demanda química de oxígeno (DQO), aceites y grasas (hidrocarburos totales), detergentes o sustancias activas al azul de metileno (SAAM). Todos los análisis se realizaron según los métodos estándar ( APHA; AWWA; WEF, 2012).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Universidad Tecnológica de La Habana "José Antonio Echeverría" (CUJAE) es una institución encargada de la enseñanza superior en la rama de las ciencias técnicas. Fue fundada en 1964 con pronósticos de ampliación; hoy ocupa un área de 52,56 ha y está ubicada en el municipio de Marianao.

A continuación, serán presentadas las áreas y puntos de muestreo que se analizarán con mayor detalle, puesto que tienen una mayor complejidad para la investigación desde el punto de vista hidráulico,

medioambiental y la cantidad de personas que circulan en las mismas, por lo que son consideradas como fuentes principales de contaminación:

- El área de docencia, representada por 7 facultades con fines docentes y de investigación, aulas de estudio y departamentos para profesores.

Algunas facultades que presentan laboratorios consumidores de agua, como los casos de las facultades de Ingeniería Química, Mecánica y Civil.

Las dos cocinas comedores, una destinada a los estudiantes becados y otra a los trabajadores del mismo; también varias cafeterías ubicadas en diferentes áreas del centro.

La base de transporte, ya que esta instalación es uno de los lugares que mayor contaminación brinda al medio debido a las actividades que allí se realizan, como son las reparaciones y limpieza de ómnibus y demás vehículos, las cuales vierten grasas y demás sustancias químicas que después son arrastradas por las aguas residuales hacia los alcantarillados y zonas de desagüe.

Los dos hotelitos existentes donde se alojan huéspedes, en su mayoría por corto período de tiempo, ya que aquí realizan su pasantía las personas que se encuentran en cursos de superación o que han sido invitadas a eventos significativos que se convocan en el centro, pero estos lugares de alojamiento temporal presentan las mismas condiciones que los demás edificios de la beca por lo que su consumo de agua debe ser similar. Los puntos de muestreo fueron los siguientes:

*Punto 1:* Áreas de vertimiento de facultades de Ingeniería Industrial y Arquitectura, comedor de trabajadores, teatro central, facultad de Ingeniería Química (docencia) y batey.

*Punto 2:* Áreas de vertimiento de imprenta del MES, mantenimiento, prototipo, comedor de beca, Aseguramiento Técnico Material (ATM), base de transporte, laboratorios de química general, departamentos y laboratorios de física, establecimiento del Ministerio del Interior (MININT), planta para el lacado de perfiles de aluminio y acero para carpintería (LACALUM) y registros de aguas pluviales.

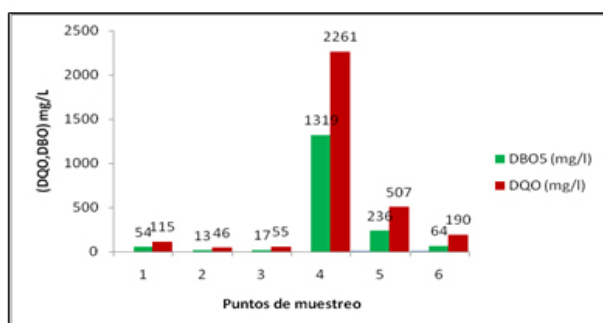
*Punto 3:* Este punto colecta los residuales líquidos de toda la residencia estudiantil, la cual cuenta con 8 edificios de becados, posta médica, salón de estudio, socioadministrativo de la beca, cafetería, ranchón y dos hotelitos.

*Punto 4:* Este es donde convergen todos los residuales líquidos procedentes del comedor de beca, pizzería, tienda, área de caldera, dulcería, correo de la CUJAE, zapatería y barbería.

*Punto 5:* A la derecha del comedor, al costado de la pizzería y frente al almacén de la misma.

*Punto 6:* A la derecha del comedor, a unos 15 metros de la calle que pasa frente al mismo.

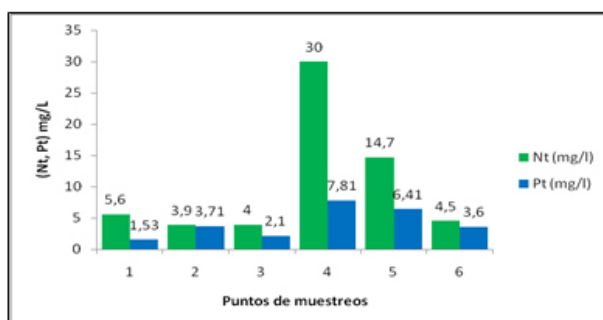
En las siguientes figuras se puede apreciar el comportamiento de los diferentes indicadores de la contaminación, así como la comparación de los parámetros en los diferentes puntos de muestreo.



**Figura 1.** Comportamiento de la DBO<sub>5</sub> y la DQO en los diferentes puntos.

Elaboración propia.

En la Figura 1 se puede apreciar que el punto 4, el cual comprende el área de comedor y cocina de beca, es el punto que más aporta DBO<sub>5</sub> dentro de todos los puntos estudiados; este punto, a su vez, integra las contribuciones de los puntos 5 y 6 de esta misma área.

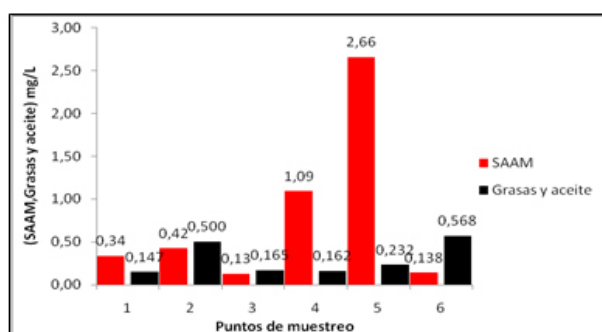


**Figura 2.** Comportamiento del nitrógeno total y fósforo total en los diferentes puntos.

Elaboración propia.

En cuanto a los valores del fósforo total (Pt) en los diferentes puntos de muestreo, se observa como el punto 4 resalta nuevamente como el de mayor contribución, pero ya en este caso el valor obtenido del parámetro analizado es un valor adecuado si se compara con los criterios planteados en la literatura para aguas residuales domésticas e industriales, que para el mismo puede variar entre (4 ÷ 15) mg/L.

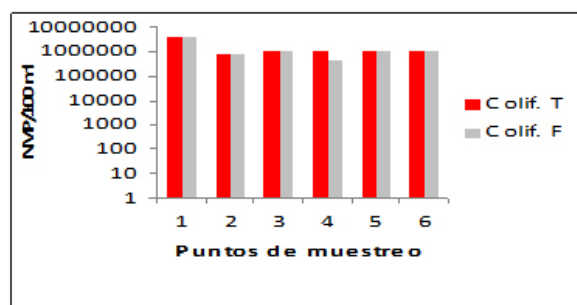
El resultado del nitrógeno total (Nt) muestra como en el punto 4 mantiene similar comportamiento, tomando un valor de 30 mg/L, lo cual pudiera ser preocupante a la hora de tener en cuenta un posible tratamiento. Es válido plantear que el punto 4 vierte sus residuales hacia el punto 2, que es el que le da salida a todo este ramal hacia el cuerpo receptor, y para este punto se puede apreciar un valor de 3,9 mg/L, donde el mismo cumple con los límites máximos permisibles para su vertimiento ( Figura 2).



**Figura 3.** Comportamiento del SAAM, grasas y aceites en los diferentes puntos.

Elaboración propia.

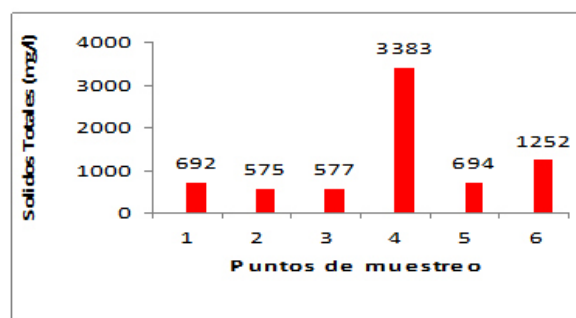
En la Figura 3 se presentan los valores de grasas y aceites en los diferentes puntos de muestreo, donde se muestra cómo es que los puntos 2 y 6 presentan un mayor comportamiento que los puntos restantes. Haciendo énfasis en estos puntos podemos plantear que el punto 6, que compromete los residuales del comedor de becados, vierte sus residuales hacia el punto 2, donde este último incluye las áreas de los talleres de mantenimiento automotor de la institución. A pesar de su valor, se puede considerar un resultado significativo si se compara con los permisibles por las normas de vertimiento.



**Figura 4.** Comportamiento de los coliformes en los diferentes puntos.

Elaboración propia.

El punto 1 es el de mayor concentración, dado por las contribuciones que este punto presenta. El mismo no solo está limitado a los residuales que vierten las zonas de la facultad de Arquitectura, comedor de trabajadores, teatro central y otras, sino que presenta una entrada de la comunidad del batey que se encuentra en zonas aledañas al centro, lo cual trae consigo este comportamiento para los coliformes totales y fecales; no es así en el punto 4, donde entre los totales y fecales hay una notable diferencia (Figura 4).



**Figura 5.** Comportamiento de los sólidos totales en los diferentes puntos.

Elaboración propia.

Como se muestra en la Figura 5, el punto 4 presenta el mayor valor del parámetro analizado, siendo preocupante si se tiene en cuenta que dicho punto vierte hacia el punto 2, que es en realidad el que le da curso al efluente generado por este punto a la zona de descarga de los residuales al cuerpo receptor.

## CONCLUSIONES

El agua residual de la CUJAE se clasifica como un agua residual de baja concentración.

Las bajas concentraciones obtenidas de los parámetros DBO y DQO están referidas a la gran dilución existente en el centro, producto de los salideros y los gastos excesivos de agua potable.

El punto de muestreo número 4, ubicado en el área del comedor de becados, es el que aporta mayor contaminación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alberto, J. A. (2005). Aplicación de un modelo para el ordenamiento ambiental de un espacio rural sujeto a la presión del crecimiento urbano: estudio de caso. *Geografía Digital*, 2(3), 1-18. <http://revistas.unne.edu.ar/index.php/geo/article/viewFile/2644/2344>

- APHA; AWWA; WEF. (2012). *Standard Methods for examination of water and wastewater*. 22nd Edition. Washington: American Public Health Association. 1360 pp. <http://www.standardmethods.org/>
- Citma (2016). *Estrategia Ambiental Nacional 2016-2020*. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Recuperado de <http://www.medioambiente.cu/>
- Edelman, D. J., Schuster, M. & Said, J. (2017). La Gestión Urbana Ambiental en América Latina, 1970-2017. *European Scientific Journal*, 13(30). <https://ejournal.org/index.php/esj/article/download/10076/9567>
- Fernández, C. L. (2019). Los desafíos del México urbano. *Economía UNAM*, 16(46), 183-195. <http://www.economia.unam.mx/assets/pdfs/econunam/46/020Luisell.pdf>
- Fuentes, B. A. (2018). El Desarrollo Urbano Sustentable, ¿Una Utopía o un Proyecto Viable? *Convergencia*, 17. <https://convergencia.uaemex.mx/article/view/9522>
- Isaac, C. L. (2008). Procedimiento para la Gestión Ambiental de la Ciudad Universitaria "José Antonio Echeverría". En *VI Taller Universidad, Medio Ambiente y Desarrollo Sustentable*, La Habana.
- Kleinova, R., & Szaryszova, P. (2014). Comparison of new drafts of ISO 9001:2015 and ISO 14001:2015 standards in term of integration. *Transfer Innovacií*, 29, 171-180.
- Metcalf, & Eddy, Inc. (1991). *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*. 3rd edition, Ed. McGraw-Hill, Inc., Singapore. [https://ptabdata.blob.core.windows.net/files/2017/IPR2017-01468/v22\\_FWS1016%20-%20Metcalf.pdf](https://ptabdata.blob.core.windows.net/files/2017/IPR2017-01468/v22_FWS1016%20-%20Metcalf.pdf)
- Molano Sanabria, S. Y., Montoya Restrepo, I. A. & Montoya Restrepo, L. A. (2016). Compromiso ambiental universitario desde el ranking Green Metric. El caso de la sede Bogotá de la Universidad Nacional de Colombia. *Ambiente y Desarrollo*, 20(39), 21-34 <http://doi.org/10.11144/Javeriana.ayd20-39.caur>
- NC 27 (2012). *Vertimientos de aguas residuales a las aguas terrestres y alcantarillado. Especificaciones*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC 521 (2007). *Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- ONU (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*. <https://www.unfpa.org/es/resources/transformar-nuestro-mundo-la-agenda-2030-para-el-desarrollo-sostenible-0>
- Ortiz, Y. (2016). *Gestión ambiental y seguridad y salud ocupacional*. Bogotá D. C.: Universidad Santo Tomás, Icontec.
- Ortiz, Y. & Rodríguez, R. G. (2018). Diagnóstico para determinar las causas que provocan los impactos ambientales hospitalarios. Aplicación en los hospitales holguineros. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales*. <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/03/hospitales-holguineros.html>
- PCC, Comité Central del PCC. (2011). Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución. En *VI Congreso del PCC*. La Habana, del 16 al 19 de abril.
- PCC, Comité Central del PCC. (2016). Lineamiento de la política económica y social del partido y la revolución para el período 2016 ? 2021. En *VII Congreso del PCC*. La Habana, del 16 al 19 de abril.
- Pozo, J., Menéndez, C. & Díaz, S. (2009). *Estudio de los residuales líquidos de la Universidad Tecnológica de La Habana* [Tesis en opción al título de Máster en Ingeniería Ambiental], CUJAE.
- Ríos Parra, D. K. & Gómez Gavilán, F. (2018). Evaluación de factores generadores del riesgo público-ambiental asociados a los conflictos de usos del suelo. <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/11309/%E2%80%9CEVALUACION%20DE%20FACTORES%20GENERADORES%20DEL%20RIESGO%20P%C3%9ABLICO-AMBIENTAL%20ASOCIADOS%20A%20LOS%20CONFLICTOS%20DE%20US.Pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samer, M. (2015). *Biological and Chemical Wastewater Treatment Processes* Intech Open. <https://www.intechopen.com/books/wastewater-treatment-engineering/biological-and-chemical-wastewater-treatment-processes>.