

Original    Recibido: 02/06/2022    |    Aceptado: 05/09/2022

## Caracterización y tratamiento de los residuales líquidos, vertidos en ríos desde instituciones sanitarias. Yara, 2020-2022

Characterization and treatment of liquid residuals discharged into rivers from heal the institutions. Yara, 2020-2022

Edilberto Escalona Vázquez. [[eddyev@infomed.sld.cu](mailto:eddyev@infomed.sld.cu)] 

*Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Yara. Granma. Cuba.*

Yuneysi Lorente González. [[yuneysi17378@gmail.com](mailto:yuneysi17378@gmail.com)] 

*Centro Municipal de Higiene, Epidemiología y Microbiología. Yara. Granma. Cuba.*

Jorge Rolando Martínez Rodríguez. [[pulsama.mtz@infomed.sld.cu](mailto:pulsama.mtz@infomed.sld.cu)] 

*Policlínico Ramón Martínez Ramírez. Cárdenas. Matanzas. Cuba.*

Gabriel Ramón González Cubeña. [[gabrielramon@infomed.sld.cu](mailto:gabrielramon@infomed.sld.cu)] 

*Dirección Municipal de Salud Pública. Yara. Granma. Cuba.*

### Resumen:

En las últimas décadas el ascenso de la circulación de cepas de *Escherichia coli* ambientales y sobre todo en el medio acuático, así como el incremento de infecciones intestinales y extraintestinales asociadas a esta bacteria; suscita un interés creciente por establecer el riesgo que representa para la salud pública. En el municipio Yara, los efluentes de los sistemas de alcantarillados a los que tributan las instituciones de salud, vierten a los Ríos Yara y Buey. En este contexto, nuestro estudio tuvo como objetivo caracterizar los residuales de las instituciones sanitarias; así como describir los sistemas de tratamientos, los posibles daños al cuerpo receptor y a la salud humana. Para lo cual se realizó una caracterización físico-química y bacteriológica de los residuales emitidos por las unidades médicas, en los años 2020 y 2022. Se consultaron las fichas técnicas de los tanques sépticos en el Instituto Nacional de Recursos Hídricos y se emplearon técnicas de observación para detallar su funcionamiento. La gestión de aguas residuales



*Caracterización y tratamiento de los residuales líquidos, vertidos en ríos desde instituciones sanitarias* presenta numerosos desafíos, de ahí la importancia de este estudio. Cuando las aguas residuales se vierten sin tratamiento, las personas afectadas pueden estar geográfica o temporalmente lejos del contaminador. Por esta y otras razones, la sociedad debe actuar de forma colectiva para promover la salud humana y proteger los recursos hídricos de la contaminación. Los desafíos relacionados con la gobernabilidad incluyen cuestiones jurídicas, institucionales, financieras, económicas y culturales.

Palabras clave: Residuales líquidos; caracterización de residuales; contaminación de los ríos

### **Abstract:**

In recent decades, the increase in the circulation of environmental *Escherichia coli* strains and especially in the aquatic environment, as well as the increase in intestinal and extra intestinal infections associated with this bacterium; arouses a growing interest in establishing the risk it represents for public health. In Yara municipality, the effluents from the sewage systems to which health institutions pour the waste water, discharge it into the Yara and Buey Rivers. In this context, our study aimed to characterize the residuals of health institutions; as well as to describe the treatment systems, possible damage to their ceiling body and human health. For which a physical-chemical and bacteriological characterization of the residual emitted by the medical units was carried out, in the years 2020 and 2022. The technical files of the septic tanks in the National Institute of Water Resources were consulted and observation techniques were used to detail its operation. Waste water management presents numerous challenges, that is why the importance of this study. When waste water is discharged without treatment, affected people may be geographically or temporarily distant from the polluter. For this and other reasons, society must act collectively to promote human health and protect water resources from pollution. The challenges related to governance include legal, institutional, financial, economic and cultural issues.

Keywords: Liquid waste; waste characterization; river pollution

### **Introducción:**



Históricamente, las aguas superficiales han sido utilizadas como un medio para la eliminación directa de aguas residuales y otras formas de desechos, contaminando las masas de agua, que afectan aguas abajo a ciudades, pueblos y aldeas. Esta práctica ha disminuido en la mayoría de los países desarrollados desde finales del siglo XIX y principios del XX con el desarrollo de sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales y los avances en la gestión de desechos sólidos, lo que dio lugar a importantes beneficios en materia de salud pública. Sin embargo, el vertido de aguas residuales no tratadas en el medio ambiente sigue siendo una práctica común, especialmente en los países en desarrollo, con repercusiones directas en la salud humana, el medio ambiente y la productividad económica (Organización de las Naciones Unidas [ONU], 2017).

Desde 1990, la contaminación del agua va en aumento en la mayoría de los ríos de África, Asia y América Latina, debido a la progresiva cantidad de aguas residuales, como resultado del crecimiento demográfico y la expansión de la agricultura, así como el vertido de aguas residuales sin tratamiento. Las principales fuentes de organismos patógenos son los efluentes de agua residual, de tanques sépticos y lodos resultantes de tratamientos de desechos (Gallego et al., 2014). En las últimas décadas el ascenso de la circulación de cepas de *E. coli* ambientales y sobre todo en el medio acuático, así como el incremento de infecciones intestinales y extraintestinales asociadas a esta bacteria suscita un interés creciente por establecer el riesgo que representa para la salud pública (Romeu et al., 2012).

En las regiones rurales de América Latina y el Caribe, la cobertura con sistemas de alcantarillado fue del 64% en el año 2015, llegándose a tratar el agua residual en un 34%. La mayoría de los sistemas de tratamiento son plantas convencionales, construidas en las etapas finales de los sistemas de alcantarillado, los cuales se ubican antes de una descarga a un cuerpo de agua. Estos sistemas de tratamiento se basan en tecnologías de remoción de baja carga contaminante, bajo costo de construcción y operación. La tecnología más usada es la fosa séptica, construida generalmente de concreto o plástico.

Las fosas sépticas se usan como sistemas de tratamiento primario que remueven aceites, grasas y sólidos suspendidos en un 50%, convirtiendo los sólidos suspendidos volátiles a fijos. La eficiencia en la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), sólidos suspendidos totales (SST), y coliformes totales (CT) van desde menos del 50% hasta el 80% en función de la temperatura (Sánchez et al., 2018).

En Colombia, en una investigación realizada en el Hospital “Universidad del Norte” en Barranquilla, se encontraron, en los efluentes que se descargan al sistema de alcantarillado de la ciudad y este a su vez al río, sustancias de origen farmacéutico, que evidencian que los sistemas de tratamiento de aguas residuales deben ser repensados. Las sustancias de mayor uso en un hospital de esta categoría son los analgésicos, antiinflamatorios como el diclofenaco, ibuprofeno y otros medicamentos como la aspirina, antisépticos como el triclosán, hormonas como el estriol y la estrona, estimulantes como la cafeína, y otras drogas de uso lícito en centros hospitalarios como la morfina (Janet et al., 2012).

En Cuba, la cobertura de alcantarillado solo alcanza al 33,8% de la población, y solo el 32% del volumen total de aguas residuales son tratadas a través de plantas de tratamiento y lagunas de estabilización, cuya operación y mantenimiento es inestable. Se identifican más de 2158 fuentes contaminantes principales que disponen en su conjunto una cantidad aproximada de 58638 ton/año de materia orgánica biodegradable, expresada como DBO, lo que representa la contaminación generada por una población equivalente a 10 398 206 habitantes (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente [CITMA], 2016).

En Yara, solo el 13% de la población es servida por alcantarillado (Escalona et al., 2020). En el territorio se presta este servicio a través de 9 sistemas para aguas negras, de los cuales el 55,5% posee un tanque séptico, con destino final de sus efluentes un espejo de agua natural (ríos y arroyos), en tanto el resto están acoplados a lagunas de oxidación (Instituto Nacional de Recursos Hídricos [INRH], 2022).



El método empleado en las zonas urbanas es los tanques sépticos, artilugio diseñado para dar tratamiento primario de las aguas residuales domésticas. En ellos se realiza la separación y transformación físico-química de la materia orgánica contenida en esas aguas. El efluente no se debe verter directamente a un cauce pues, normalmente, la digestión no ha terminado. La parte sólida restante debe ser retirada cada uno o dos años y transportada a un lugar donde pueda ser tratada totalmente. La descomposición es importante, pues reduce la cantidad de materia orgánica, y en cerca del 40% la DBO que se precisa para este menester, y así el agua puede devolverse a la naturaleza con menor perjuicio para ella (Sánchez et al., 2017).

A estos sistemas están acoplados unidades de salud cuyo residual tiene un alto impacto biológico y químico. Aspectos que suponen extremo riesgo para la salud humana y los ecosistemas acuáticos. En este contexto, nuestro estudio tuvo como objetivo caracterizar los residuales de las instituciones sanitarias; así como describir los sistemas de tratamientos, los posibles daños al cuerpo receptor ya la salud humana.

### **Materiales y métodos:**

Se realizó un estudio descriptivo transversal en el municipio Yara, donde fueron muestreados los residuales líquidos emitidos por las instituciones de salud, cuyo cuerpo receptor es un espejo de agua (río); para realizarle un perfil físico-químico- microbiológico. El universo estuvo constituido por la Policlínica “Luis E. de la Paz” (Área de Salud Yara) que descarga al Río Yara y la Policlínica “Ramón Heredia Umpierre” (Área de Salud Veguita), Salas de Hospitalización “4 de Abril” y Hogar de anciano “José Martí” que descargan al Río Buey.

Se tomaron muestras representativas de la emisión del caudal por un especialista de recursos hidráulicos y un Licenciado en Higiene y Epidemiología en el mes de marzo de los años 2020 y 2022, cumpliendo con los requerimientos específicos para este tipo de muestreo. A continuación se declaran los análisis y métodos que conformaron el perfil realizado.

---

<b>Determinación</b>	<b>U/M</b>	<b>Método</b>
----------------------	------------	---------------

---

Temperatura	°C	Termometría
Potencial Hidrógeno (pH)	-	Método electrométrico
Fosfato ( $\text{PO}_4^{3-}$ )	mg/L	Método colorimétrico
Conductividad Eléctrica (CE)	$\mu\text{S}/\text{cm}$	Método electrométrico
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	Método lodométrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	Método de incubación por 5 días a 20 °C, por Oxímetro
Demanda Química de Oxígeno(DQO)	mg/L	Método acelerado autoclaveando muestras bajo presión con dicromato
Sólidos sedimentables (SS)	mL/L	Método gravimétrico
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	mg/L	Método de los sólidos disueltos totales secados a 103-105 °C
Sólidos Suspendedos Totales (SST)	mg/L	Método de los sólidos suspendidos totales secados a 103-105 °C
Sólidos Totales (ST)	mg/L	Método de los sólidos totales secados a 103-105 °C
Coliformes Totales (CT)	NMP/100 mL	Técnica de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes
Coliformes Termotolerantes (CTT)	NMP/100 mL	Técnica de tubos múltiples de fermentación para miembros del grupo coliformes

Para este estudio se tuvo en cuenta la clasificación dada en la “Norma Cubana (NC) 27/2012 Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado – Especificaciones”, en el



acápito 5.1 donde los cuerpos receptores en estudios quedan clasificados como Clase (B): Ríos, embalses y zonas hidrogeológicas donde se captan agua para riego agrícola en especial donde existan cultivos que se consuman crudos, se desarrolla la acuicultura y se realizan actividades recreativas en contacto con el agua.

Además se aplicó el método observacional para describir los aspectos de funcionamiento de los sistemas de tratamiento de residuales líquidos y la evaluación sensorial de los caracteres organolépticos de los efluentes, evaluándose: Aspecto, color y olor.

Se calcularon los índices de biodegradabilidad (IB) de los residuos líquidos con las concentraciones halladas de Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días a 20°C y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), a partir de la ecuación:  $IB = DBO_5/DQO$  siguiendo lo estipulado en la siguiente escala de valores:

Criterios de biodegradabilidad según la relación $DBO_5/DQO$	
$DBO_5/DQO$	Carácter
Mayor que 0,4	Biodegradable
0,2- 0,4	Medianamente biodegradable
Menor que 0,2	No / muy poco biodegradable

(Romero et al., 2014)

### **Análisis y discusión de los resultados:**

Las cuantificaciones básicas analizadas, indican que las descargas de residuales líquidos presentan una contaminación que excede los límites permisibles según la clasificación del receptor que poseen. Mostrándose aguas desoxigenadas en ambas áreas, y en los dos periodos estudiados. La disminución de la concentración del oxígeno disuelto, es un indicador de contaminación (Quiroz et al., 2018), que es ocasionado por la superpoblación bacteriana (Sánchez et al., 2018). Al analizar la  $DBO_5$  y la DQO se obtuvieron valores que expresan el alto grado de contaminación biológica y química por los efluentes

*Caracterización y tratamiento de los residuales líquidos, vertidos en ríos desde instituciones sanitarias* estudiados a los ríos, con especial deterioro en las emanaciones de Veguita, aumentando los valores en 2 985 y 9 010 mg/L respectivamente en dos años. Cuando la DQO es superior a 90 mg/L evidencia implicaciones desfavorables para el cuerpo receptor y una aparente incapacidad del sistema para remover la materia orgánica hasta los niveles requeridos (Cabrera et al., 2015).

La CE, en el primer periodo superó los 3 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en los dos puntos de vertimiento, elemento que afecta el proceso biológico de depuración, impidiendo un desarrollo estable de la comunidad bacteriana.

Las bacterias filamentosas son más resistentes lo que provoca que se debilite la estructura flocular del

Determinaciones	Área de Salud				LMP según cuerpo receptor*
	2020		2022		
	Luis E. de la Paz	Ramón Heredia U.	Luis E. de la Paz	Ramón Heredia U.	Río (B)
OD (mg/L)	0	0	0	0	3
DQO (mg/L)	264.15	339.62	7 792	9 350	90
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	66.04	84.91	2 020	3 070	40
ST (mg/L)	2 000	2 000	10 000	6 000	2
CE ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	4 460	7 320	1 394	1 434	2 000
SDT (mg/L)	20 000	2 000	12 000	8 000	-
SST (mg/L)	20.0	60	4 000	4 000	-
SS (mL/L)	4.0	105.0	0	0	<10
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> (mg/L)	<0.091	<0.091	-	-	4
Temperatura (°C)	25.0	25.0	25.0	25.0	40
pH	7.2	7.19	7.61	7.90	6-9



fango activo, disminuyendo su densidad y por tanto su velocidad de sedimentación. Los SDT y los ST, muestran que las aguas negras analizadas de ambas áreas de salud y periodos, contienen un alto nivel de partículas suspendidas y sedimentadas, que propician falta de transparencia. Esto está relacionado con la presencia de materia en suspensión que pueden ser de origen inorgánico (arcilla, sílice y otras partículas minerales) o biológico (algas, cianobacterias, pigmentos como la clorofila, toxinas como la microcistinas). La falta de transparencia impide el paso de luz inhibiendo los procesos de fotosíntesis, afectando así la flora y la fauna endémica (López et al., 2016).

**Tabla 1: Perfil físico químico de los residuales líquidos; vertidos por las instituciones de salud a cuerpos receptores.**

**Yara, 2020-2022**

\*NC: 27/2012, Tabla 3.

Fuente: Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST).

El índice de biodegradabilidad es el parámetro que muestra la posible eficiencia de un sistema de tratamiento biológico en el residual procesado. De este se obtuvieron valores entre 0.2 y 0.3, en ambas áreas de salud y en los dos periodos analizados; lo que muestra la uniformidad de las emisiones en el tiempo. Esto permite clasificar los residuales como medianamente biodegradables. Por lo que se sugiere combinar sistemas de tratamientos químico-físicos (primarios) y biológicos (secundarios). Los sistemas de tratamientos primarios facilitan la eliminación de sólidos en suspensión y la oxidación de compuestos por reacciones químicas en pequeños lapsos de tiempo y condiciona la acción posterior de los organismos usados en los tratamientos biológicos (Crombet et al., 2013). El IB es un factor de influencia en la eficiencia de una fosa séptica, debe ser mayor a 0.4, lo cual no se cumple cuando las aguas residuales presentan contaminantes refractarios, que están relacionados con la mezcla de las aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales (Sánchez et al., 2018).

Este resultado muestra que los productos químicos que son vertidos por las instituciones de salud están incidiendo en la biodegradabilidad de sus aguas servidas. De este resultado se puede inferir la posible presencia de contaminantes emergentes (CE) descritos por un estudio en los vertidos de Hospital

*Caracterización y tratamiento de los residuales líquidos, vertidos en ríos desde instituciones sanitarias del Norte en Colombia. Según las propiedades físico-químicas de los fármacos, sus metabolitos, y las características de los suelos, estas sustancias pueden llegar a alcanzar las aguas subterráneas y contaminar los acuíferos o bien quedar retenidas en el suelo y acumularse, pudiendo afectar al ecosistema y a los humanos a través de la cadena trófica(ONU, 2017 y Janet et al., 2012).*

Tabla 2: Índice de biodegradabilidad de los residuales, Yara, 2020-2022

Índice/Periodo	Área de Salud			
	Luis E. de la Paz		Ramón Heredia U.	
Año	2020	2022	2020	2022
Índice de Biodegradabilidad	0,2	0,2	0,2	0,3

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados bacteriológicos arrojaron que las descargas estudiadas no cumplen con los límites máximos permisibles (LMP) según el cuerpo receptor que poseen, atendiendo a lo establecido en la Norma Cubana: 27/2012. Destacando los vertidos de la Policlínica “Luis E. de la Paz” al Río Yara, los cuales superan 184 veces los valores permisibles de Coliformes totales (920 000 NMP/100 mL) en 2020. De igual manera resultó alarmante el hallazgo de 170 000 NMP/100 mL de Coliformes termotolerantes, debido a que su presencia es un indicador de contaminación fecal humana. El vertimiento de materia orgánica a cuerpos de agua produce agotamiento del oxígeno disuelto, lo cual afecta el desarrollo de la vida acuática y ocasiona un predominio de especies anaeróbicas, afectando así la biodiversidad(Sánchez& Cruz, 2012).

Sin embargo, en el segundo periodo estudiado se nota una disminución en los resultados, superando aún los LMP, y donde destaca el Área Ramón Herida con conteos de CTT y de CT que ascienden a 3 500 y 17 000 NMP/100 mL respectivamente. Esta disminución pudo estar influida por el horario de la toma de muestra, la cual fue realizada en el horario de la tarde en el segundo periodo y las descargas son mayores



en las mañanas. Es notable el aporte biológico que están recibiendo los ríos Yara y Buey. El vertido de aguas residuales con tratamiento inadecuado tendrá consecuencias que se clasifican en tres grupos, según tengan: efectos adversos para la salud humana por la reducción de la calidad del agua; efectos ambientales negativos debido a la degradación de las masas de agua y de los ecosistemas; así como posibles efectos en las actividades económicas (ONU, 2017).

Tabla 3: Perfil microbiológico de los residuales líquidos; vertidos por las instituciones de salud a cuerpos receptores. Yara, 2020-2022

Determinación (NMP/100 mL)	Área de Salud				LMP según cuerpo receptor *
	2020		2022		
	Luis E. de la Paz	Ramón Heredia	Luis E. de la Paz	Ramón Heredia	Río (B superf.)
CT	920 000	170 000	9 400	17 000	5 000
CTT	170 000	35 000	1 700	3 500	-

\*NC: 27/2012.

Fuente: Empresa Nacional de Análisis y Servicios Técnicos (ENAST).

La caracterización de los residuales muestra un mal funcionamiento del sistema de tratamiento (tanques sépticos), así como las características organolépticas evaluadas por el investigador las cuales mostraron un aspecto viscoso, color negro y con hedor fuerte, el color del agua puede afectar el desarrollo normal de la flora y la fauna autóctona (Janet et al., 2012). Crombet et al. (2013) Reportó en el estudio a los residuales de la comunidad universitaria “Antonio Maceo” una coloración gris, olor desagradable y aspecto turbio, características típicas de las aguas residuales frescas. Según un estudio patrocinado por el Banco Mundial en 1997, la construcción de una planta convencional para el tratamiento secundario de aguas residuales para una población de un millón de habitantes requiere una inversión de USD \$100

*Caracterización y tratamiento de los residuales líquidos, vertidos en ríos desde instituciones sanitarias* millones. Sin embargo, los costos económicos asociados con un brote muestran que la inversión valdría la pena (Larios et al., 2015).

El sistema del Área Luis E. de la Paz consta de tres taques sépticos con 36, 42 y 49 años de explotación respectivamente, los cuales utilizan como tratamiento secundario cuatro filtros biológicos que no funcionan por el deterioro y falta de mantenimiento. Tales acciones están planificados para realizarse cada cinco años y bibliografías consultadas pautan que estas acciones deben acometerse entre uno y dos años, situación agravada por superar los siete años sin efectuarse.

Otro aspecto que vulnera la efectividad del método es la sobre explotación del sistema, dado que la capacidad de retención es el elemento que facilita la sedimentación, en tanto los tres sistemas están sobre dimensionados ya que cuyas capacidades son de 18, 36, 54 m<sup>3</sup> y procesan 52.8, 48.8 y 70 m<sup>3</sup> respectivamente. Similar situación se identificó en el Área Ramón Heredia con 47 años de explotación, sin filtros bilógicos, no se rehabilita hace 6 años y posee una capacidad de 72 m<sup>3</sup> procesando 60.8 m<sup>3</sup> (INRH, 2022). La eliminación de patógenos es el objetivo principal de los sistemas de tratamiento de aguas residuales, con el fin de reducir la probabilidad de enfermar (ONU, 2017).

Figura 1: Análisis del Sistema de tratamiento (pozo séptico).Yara, 2021



Fuente: Tomada por el autor, al vertido al río Yara



## Conclusiones:

Las determinaciones de DBO, DQO, OD, CE, SDT, ST, CT y CTT arrojaron que los residuales líquidos no cumplen con los parámetros físico- químico y bacteriológico establecido para los vertimientos.

Los sistemas de tratamiento de los residuales líquidos están deficientes, propiciando aportes orgánicos a los ríos que pueden causar daños al ecosistema y a la salud humana a través de los vegetales regados con estas aguas, así como el uso con fines recreativos.

## Referencias bibliográficas:

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos. Aguas residuales, el recurso desaprovechado (7). Oficina Regional de Ciencias de la UNESCO para América Latina y el Caribe –UNESCO
- <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://aneas.com.mx/wpcontent/uploads/2020/03/2017Informemund.pdf&ved=2ahUKEwiQyvzc2fv4AhXZRDABHXS6CbAQFnoECDIQAQ&usg=AOvVaw2qnB-CwMcSkGgT3IeKSXHr>
- Gallego-Jaramillo, L. M., Heredia-Martínez, H. L., Salazar-Hernández, J. J., Hernández-Muñoz, T. M., Naranjo-García, M. M. y Suárez-Hurtado, B. L. (2014). Identificación de parásitos intestinales en agua de pozos profundos de cuatro municipios. Estado Aragua, Venezuela. 2011-2012. Revista Cubana Medicina Tropical, 66(2), 164-173.
- [http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602014000200002&lng=es](http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602014000200002&lng=es).
- Romeu-Álvarez, B., Salazar-Jiménez, P., Lugo-Moya, D., Rojas-Hernández, N.M. y Eslava-Campos, C.A. (2012). Susceptibilidad antimicrobiana de aislamientos de Escherichia coli procedentes de ecosistemas dulceacuícolas. Revista Cubana de Medicina Tropical, 64(2), 132-141.
- [http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0375-07602012000200003&lng=es&tlng=es](http://scieloprueba.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602012000200003&lng=es&tlng=es).

Sánchez-Proañó, R. G. y García-Gualoto, K. J. (2018). Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. 27(1), 103-111. <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>.

Janet-Gil, M., María-Soto, A., Usma, J.I. y Gutiérrez, O.D. (2012) Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*. 7(2), 52-73. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf&ved=2ahUKEwiwqsiikP74AhXtn4QIHUEyAykQFnoECAkQBg&usg=AOvVaw0dUmMOW1W\\_XbUpXtmzMI\\_O](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf&ved=2ahUKEwiwqsiikP74AhXtn4QIHUEyAykQFnoECAkQBg&usg=AOvVaw0dUmMOW1W_XbUpXtmzMI_O)

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Estrategia Ambiental Nacional 2016 /2020. <https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://repositorio.geotech.cu/jspui/bitstream/1234/2727/1/Estrategia%2520Ambiental%2520Nacional%25202016-2020.pdf&ved=2ahUKEwjUp-2Fq4P5AhVMmYQIHJdYjdB9AQFnoECDEQAQ&usg=AOvVaw3LPz3-ndxOJzZ4yiJ4EU9f>

Escalona-Vázquez, E., Lorente-González, Y. y Yáñez-Crombet, A.C. (2020). Relación del saneamiento básico ambiental y las enfermedades diarreicas agudas. Área de Salud Yara, 2019. *Revista Granmense de Desarrollo Local*, 6(24), 333-345. <https://revistas.udg.co.cu/index.php/redel/article/view/1473>

Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, Yara. (2022). Ficha técnica de los tanques sépticos [manuscrito no publicado]. Departamento de operaciones.

Sánchez- Portilla, F. y Vizcón-Toledo R. (2017). La Codigestión de Residuos Orgánicos: una contribución energética, ambiental y de salud humana. *Revista de Ingeniería Energética*. 38(3),



Norma Cubana (NC): 27/2012 Vertimiento de las aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado – Especificaciones. Acápite 5: Descarga de aguas residuales a los cuerpos receptores. La Habana, 2012, p 8

Romero-López, T.J., Santiso-Garbayo, P. y González-Díaz O.A. (2014). Caracterización de las aguas residuales de la empresa procesadora de alimentos PRODAL, Cuba. Ingeniería Hidráulica y Ambiental, 35(3), 88-100.

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscrip](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS1680-03382014000300007&ved=2ahUKEwig_pj16P34AhW-ZjABHejXBa4QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw16B51A6fahFFk4tNw47RXZ)  
[t%3Dsci\\_arttext%26pid%3DS1680-03382014000300007&ved=2ahUKEwig\\_pj16P34AhW-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS1680-03382014000300007&ved=2ahUKEwig_pj16P34AhW-ZjABHejXBa4QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw16B51A6fahFFk4tNw47RXZ)  
[ZjABHejXBa4QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw16B51A6fahFFk4tNw47RXZ](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS1680-03382014000300007&ved=2ahUKEwig_pj16P34AhW-ZjABHejXBa4QFnoECAwQAQ&usg=AOvVaw16B51A6fahFFk4tNw47RXZ)

Quiroz-Fernández, L.S., Izquierd-Kulich, E. y Menéndez-Gutiérrez, C. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. Centro Azúcar 45(1), 73-83.

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscrip](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612018000100008%26lng%3Des%26nrm%3Diso&ved=2ahUKEwjn6P3Ho_74AhWCnWoFHd3aCCEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1KdIn6EcfJkeyL4mmHvRpo)  
[t%3Dsci\\_abstract%26pid%3DS2223-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612018000100008%26lng%3Des%26nrm%3Diso&ved=2ahUKEwjn6P3Ho_74AhWCnWoFHd3aCCEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1KdIn6EcfJkeyL4mmHvRpo)  
[48612018000100008%26lng%3Des%26nrm%3Diso&ved=2ahUKEwjn6P3Ho\\_74AhWCnWoFH](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612018000100008%26lng%3Des%26nrm%3Diso&ved=2ahUKEwjn6P3Ho_74AhWCnWoFHd3aCCEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1KdIn6EcfJkeyL4mmHvRpo)  
[d3aCCEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1KdIn6EcfJkeyL4mmHvRpo](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612018000100008%26lng%3Des%26nrm%3Diso&ved=2ahUKEwjn6P3Ho_74AhWCnWoFHd3aCCEQFnoECA8QAQ&usg=AOvVaw1KdIn6EcfJkeyL4mmHvRpo)

Cabrera-Estrada, I., Mendoza-Martínez, D., Núñez, I., Arbona-Cabrera, M. y Contreras-Moya, A. (2015).

Evaluación del redimensionamiento de la planta de tratamiento de residuales de la Textilera “Desembarco del Granma”, Santa Clara. Revista Centro Azúcar. 42(4), 59-65.

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscrip](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612015000400006&ved=2ahUKEwiszI_Upv74AhWRQzABHU5jAuoQFnoECAsQAQ&usg=AOvVaw0K7o1WwejkNxaE6Yb39IoJ)  
[t%3Dsci\\_abstract%26pid%3DS2223-](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612015000400006&ved=2ahUKEwiszI_Upv74AhWRQzABHU5jAuoQFnoECAsQAQ&usg=AOvVaw0K7o1WwejkNxaE6Yb39IoJ)  
[48612015000400006&ved=2ahUKEwiszI\\_Upv74AhWRQzABHU5jAuoQFnoECAsQAQ&usg=](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612015000400006&ved=2ahUKEwiszI_Upv74AhWRQzABHU5jAuoQFnoECAsQAQ&usg=AOvVaw0K7o1WwejkNxaE6Yb39IoJ)  
[AOvVaw0K7o1WwejkNxaE6Yb39IoJ](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://scielo.sld.cu/scielo.php%3Fscript%3Dsci_abstract%26pid%3DS2223-48612015000400006&ved=2ahUKEwiszI_Upv74AhWRQzABHU5jAuoQFnoECAsQAQ&usg=AOvVaw0K7o1WwejkNxaE6Yb39IoJ)

López-Sardi, E.M., García, B., Reynoso, Y. González, P. yLarroudé, V. Calidad del agua para usos recreativos desde las perspectivas de la seguridad e higiene laboral y la salud pública. Estudio de caso.

[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo\\_Completo\\_Lopez\\_Sardi\\_Estela\\_Monicav3.pdf&ved=2ahUKEwi0-IKt6ZT5AhUzbzABHcEpDVYQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw0200zajO9CVdCKFtr1448I](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://www.palermo.edu/ingenieria/investigacion-desarrollo/pdf/Trabajo_Completo_Lopez_Sardi_Estela_Monicav3.pdf&ved=2ahUKEwi0-IKt6ZT5AhUzbzABHcEpDVYQFnoECBMQAQ&usg=AOvVaw0200zajO9CVdCKFtr1448I)

Crombet-Grillet, S., Pérez-Pompa, N., Ábalos-Rodríguez, A. y Rodríguez-Pérez, S. (2013). Caracterización de las aguas residuales de la comunidad "Antonio Maceo" de la Universidad de Oriente. Revista Cubana de Química. 25(2), 134-142.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543735003>

Sánchez-León, E. y Cruz-Virosa, I. (2012). Procedimiento para el manejo de residuales líquidos industriales. Aplicación en Gydema, Cienfuegos. Tecnología Química. 32(2), 121-130.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543776002>

Larios- Meño, J. F., González-Taranco, C. y Morales-Olivares, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL, 2(2), 09-25.  
[https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://usil.edu.pe/sites/eault/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-119set16aguasresiduales.pdf&ved=2ahUKEwjCtYDv9\\_v4AhVSZTABHV\\_sXAQEQoECEMQAQ&usg=AOvVaw1wRQfluSETQmadfWjps\\_MX](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&url=https://usil.edu.pe/sites/eault/files/2022-05/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-119set16aguasresiduales.pdf&ved=2ahUKEwjCtYDv9_v4AhVSZTABHV_sXAQEQoECEMQAQ&usg=AOvVaw1wRQfluSETQmadfWjps_MX)

