



Revista CENIC Ciencias Químicas

ISSN: 1015-8553

ISSN: 2221-2442

Centro Nacional de Investigaciones Científicas

López Torres, Matilde; Espinosa Lloréns, Ma. del
Carmen; Ortega Peña, Niubis; Hurtado Mola, Idania
Línea base del comportamiento de las descargas de aguas residuales en la empresa CNIC
Revista CENIC Ciencias Químicas, vol. 53, núm. 2, 2022, Julio-Diciembre, pp. 157-171
Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181676182002>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UNAM
redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Línea base del comportamiento de las descargas de aguas residuales en la empresa CNIC

Baseline of the behavior of wastewater discharges in the CNIC company

Matilde López Torres^{a,*} (0000-0002-0547-6716)
Ma. del Carmen Espinosa Lloréns^a (0000-0001-7960-4947)
Niubis Ortega Peña^a (0000-0003-2770-2830)
Idania Hurtado Mola^a (0000-0002-3425-6747)

^a Centro Nacional de investigaciones Científicas.

*matilde.lopez@cnic.cu

Recibido: 23 de marzo de 2022;

Aceptado: 28 de junio de 2022;

RESUMEN

En el presente trabajo se presentan los principales resultados obtenidos del análisis del comportamiento de las aguas residuales en la Empresa Centro Nacional de Investigaciones Científicas. Para ello se colectó y analizó la información de los resultados analíticos emitidos por el Laboratorio acreditado "Grupo de Gestión de los Servicios Científico Técnicos – DECA", por la NC-ISO/IEC 17025:2017, referente a la caracterización de las aguas residuales que se vierten en el centro, contemplando un período de 15 años de trabajo sostenido. La investigación consideró dos etapas, una inicial en condiciones estables de las actividades de la institución y una segunda, en la cual se introducen nuevas descargas generadas de la diversificación de los procesos productivos y su impacto al medio ambiente. Además, tuvo en cuenta el marco legal amparado en las normas cubanas de vertimiento de aguas residuales vigentes. El estudio permitió caracterizar los residuos líquidos, no solo desde el punto de vista físico – químico, sino también de su biodegradabilidad, la carga orgánica dispuesta al sistema de alcantarillado y su aporte al sistema de tratamiento de la comunidad. De esta forma se identifica y sienta la línea base a partir de la cual se mantendrá la evaluación del comportamiento de los vertimientos originados por la incorporación de nuevas líneas de producción o servicios, debido a la reorganización de la empresa hacia una comercialización sostenible, con el control del cumplimiento de las regulaciones ambientales.

Palabras claves: línea base, aguas residuales, caracterización, regulaciones ambientales.

ABSTRACT

This paper presents the main results obtained from the wastewater behavior analysis in the National Center for Scientific Research Company. For this, the information of the analytical results issued by the accredited Laboratory "Group of Management of Technical Scientific Services-DECA" (according to the NC-ISO/IEC 17025:2017), was collected and analyzed, referring to the characterization of wastewater that are generated in the center, considering a period of 15 years of sustained work. The investigation considered two stages, an initial one in stable conditions of the activities of the institution and a second one, in which new discharges generated from the diversification of the productive processes and their impact on the environment are introduced. In addition, it took into account the legal framework protected by current Cuban regulations on wastewater discharges. The study allowed characterizing the liquid waste, not only from the physical-chemical point of view, but also from its biodegradability, the organic load disposed to the sewage system and its contribution to the community treatment system. In this way, the baseline is identified and established from which the behavior evaluation of discharges originating from the incorporation of new lines of production or services will be maintained, due to the reorganization of the enterprise towards sustainable marketing, with the control of compliance with environmental regulations.

Keywords: baseline, wastewater, characterization, environmental regulations.

INTRODUCCIÓN

Cada día la preservación de la calidad de las aguas adquiere una mayor importancia por lo que implica su pérdida por el deterioro, desde los puntos de vista higiénico-sanitario, económico, ambiental, social, estético y cultural (Betancourt, et al., 2019; CAF, 2019; Pucar y Real, 2022). Para asegurar esta condición el país ha adoptado una serie de normativas que regulan el vertimiento de las aguas residuales a los distintos cuerpos receptores (ONN, 2007; ONN, 2012). De esta forma se logra controlar y reducir la contaminación hídrica generada por el sector industrial, empresarial y social, así como, identificar los niveles de cumplimiento de las normas ambientales y generar información que sirva como base para la toma de decisiones en cuanto al manejo y recuperación del recurso impactado.

Sin embargo, no basta con el cumplimiento de lo regulado. La sostenibilidad ambiental exige del control cada vez más estricto de lo que se genera, la búsqueda de alternativas, hacia lo interno, con el pensamiento enfocado en soluciones más limpias, por lo que establecer sus propios controles es una necesidad para visualizar el progreso de una forma efectiva (Pucar y Real, 2022).

Según la herramienta vigente para el control de los vertidos a cuerpos receptores, establecido en la NC 27:2012 (ONN, 2012), esta vigilancia se lleva a través de indicadores de concentración. A diferencia de ella, la NC 521:2007 (ONN, 2007), no solo tiene en cuenta estos indicadores, sino que también define las fuentes contaminantes en función de la carga contaminante, es decir, que considera el flujo de descarga diario y la concentración de dichos vertidos. De ahí que el organismo rector de las aguas terrestres (Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, INRH), debe analizar ambos parámetros en el dictamen final de las condiciones en que se apruebe el vertimiento.

La Empresa CNIC tiene reconocido en su estructura y funcionamiento un grupo encargado de la gestión ambiental, el cual cumple con las exigencias no solo de los organismos rectores sino también de aquellas establecidas por el órgano superior al cual pertenece, es decir, BioCubaFarma. En este sentido se cuenta con los permisos de vertimiento otorgados por las entidades competentes y se cumple con los controles ambientales, caracterizando y monitoreando sistemáticamente las aguas residuales generadas. Sin embargo, hasta la fecha no se cuenta con un estudio que permita mostrar la línea base de sus vertidos de aguas residuales y las tendencias a partir de ella.

La línea base es la primera medición de todos los indicadores, en este caso, contemplados para el control ambiental de los vertimientos, por lo que se establece el punto de partida o situación inicial del escenario, al que se desea mantener el seguimiento (Cohen, et al., 2015).

El estudio de la línea base ayudará al control más exigente de las descargas de aguas residuales en cada industria o empresa. Con ello se logra proporcionar una información con respecto a la cual monitorear y evaluar constantemente el progreso y la eficacia de la actividad con el tiempo.

Las aguas residuales de la empresa son vertidas directamente al alcantarillado y enviadas hacia la Laguna de Oxidación de la comunidad. No obstante, contiguo al punto de generación, y donde es requerido, se cuenta con sistemas de pretratamientos que minimizan los impactos ambientales de la contaminación de los vertidos.

Conociendo que para evaluar la descarga de aguas residuales de la empresa se hace necesario conocer su composición, el presente trabajo se trazó como objetivo estudiar el comportamiento de las aguas residuales de la Empresa CNIC durante los años precedentes y establecer la línea base ambiental, lo cual servirá como instrumento de referencia para el monitoreo y valoración posterior de las descargas al cuerpo receptor con la introducción de nuevas producciones.

METODOLOGÍA DIAGNÓSTICO INICIAL

La primera etapa de la investigación estuvo dirigida a la búsqueda y actualización de la información de la empresa sobre su actividad, el chequeo de las redes hidráulicas, la visualización de los registros comparando con los planos originales de la instalación, las descargas de los procesos productivos y sociales, así como el cuerpo receptor hacia donde se dirigen las corrientes residuales (Figura 1 y 2).

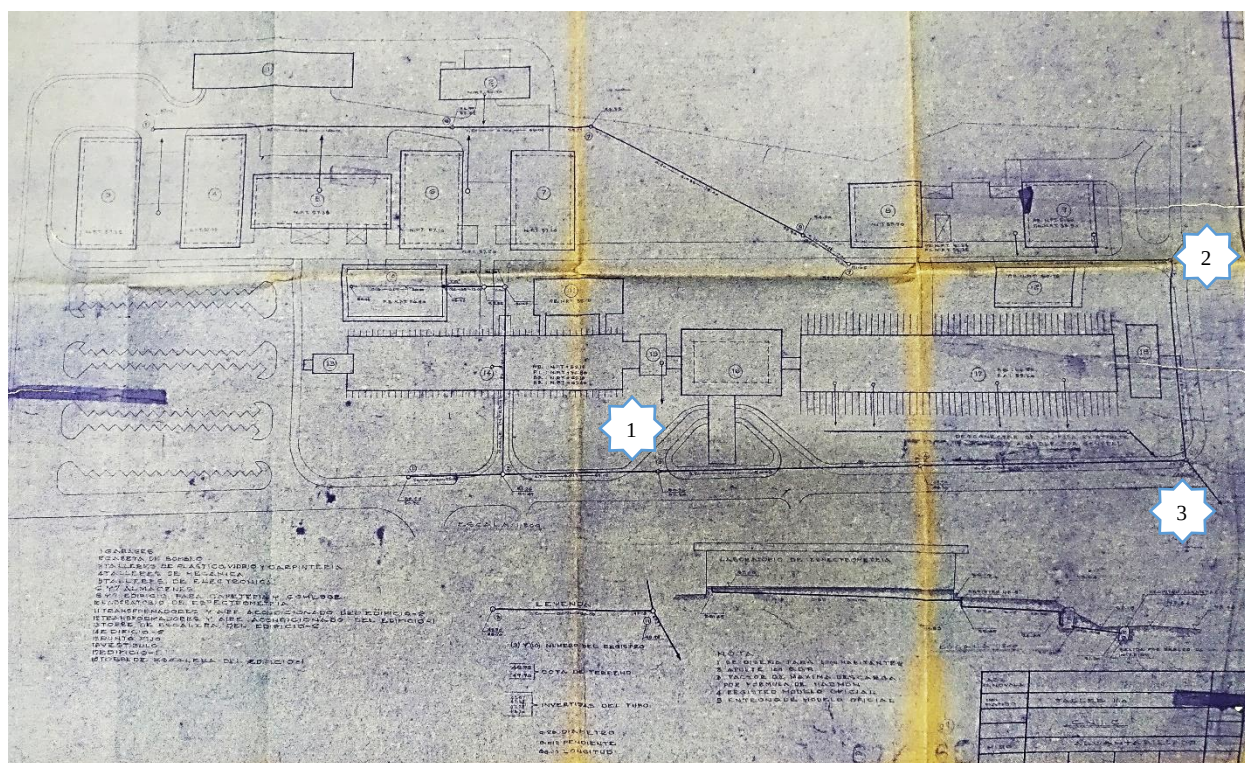


Fig. 1. Planos originales de las redes hidráulicas y sanitarias.

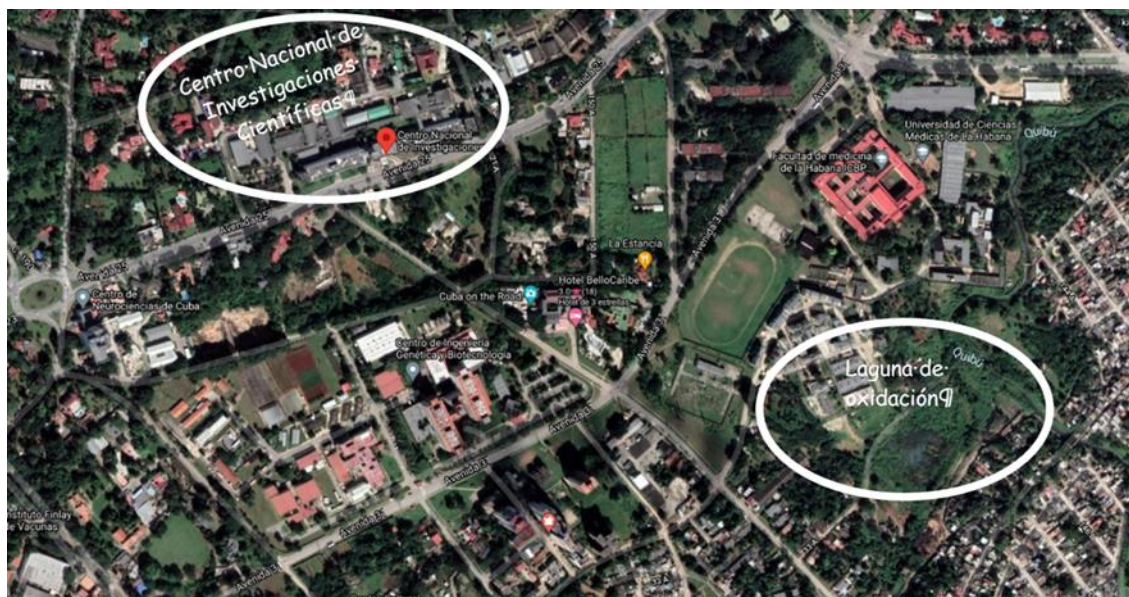


Fig. 2. Ubicación del área de estudio y el cuerpo receptor final de la zona.

Los estudios de las aguas residuales generadas se recopilaban a partir de la información existente sobre las caracterizaciones realizadas por el Grupo de Gestión de los Servicios Científico Técnicos-DECA (GG SCT-DECA), con un valor agregado adicional dado por los ensayos acreditados por el Órgano Nacional de Acreditación de la República de Cuba (ONARC), según la NC ISO/IEC 17025:2017 vigente, que ejecuta el Laboratorio de Analítica. Para ello se contó con los reportes de 15 años previos.

Área de estudio

La empresa cuenta con un Edificio Central más tres instalaciones ubicadas, dos de ella, en el propio municipio Playa y una en el municipio La Lisa. Para el presente estudio se consideró la información referente a los resultados de los estudios llevados a cabo en el Edificio Central de la empresa (Figura 1).

Muestras

Las muestras analizadas provenían de las aguas residuales generadas en la empresa y que confluyen en el registro ubicado en la Ave 25 y 152 (Figura 1, registro 3). Además de este punto se evaluaron las aguas residuales segregadas provenientes de los dos puntos de salida del centro situados en la calle 152 (Figura 1, registro 2) y el otro en la Ave 25 y 158 (Figura 1, registro 1).

La toma de muestra se realizó mediante un sistema de muestreo directo en los puntos, en el período de mayor actividad y flujo diario.

Caracterización

Todos los análisis fueron realizados por triplicado, empleando, para ello, los métodos establecidos por American Public Health Association (APHA, AWWA, WEF, 2017), para las determinaciones de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), Sólidos Totales (ST), Sólidos Totales Fijos (STF), Sólidos Totales Volátiles (STV), Sólidos Suspendidos Totales (SST), Sólidos Suspendidos Fijos (SSF), Sólidos Suspendidos Volátiles (SSV), Sólidos Sedimentables (SSed), Grasas y Aceites (GyA), Nitrógeno total (Nt), Fósforo total (Pt), Oxígeno Disuelto (OD), Conductividad Eléctrica (CE), Temperatura y pH.

A los efectos del análisis se compararon los valores de los diferentes indicadores analizados en las muestras con la Norma Cubana de Vertimiento de Aguas Residuales a las Aguas Terrestres y al Alcantarillado. Especificaciones (NC 27:2012), considerando los Límites Máximos Permisibles Promedio (LMPP) para las descargas de aguas residuales al sistema de alcantarillado, donde vierte la empresa.

La carga orgánica generada se calculó según la ecuación siguiente (Miravet, et al., 2016, Munfarida, et al., 2020):

$$CO = C_i \times Q$$

Donde:

CO = Carga orgánica contaminante (Kg/d).

C_i = Concentración del contaminante (Kg/L).

Q = Flujo de agua residual generada (L/d)

Procesamiento estadístico

Se empleó el programa de computación Microsoft® Excel y el paquete de programas estadísticos STATGRAPHICS Centurion XIX (Microsoft, 2019; Statgraphics, 2020).

Resultados y Discusión

De acuerdo con el análisis de los planos originales del centro, la empresa tiene identificado todo el sistema de alcantarillado con sus redes hidráulicas, así como el sistema de evacuación de las aguas pluviales. Las redes hidráulicas van colectando las aguas residuales de los diferentes puntos. El primero de ellos (Figura 1, registro 1) proviene de las áreas del edificio 2, cuyo registro de salida descarga hacia la Ave 25 y calle 158. El segundo (Figura 1, registro 2) está ubicado por la salida a la calle 152 y colecta las aguas residuales provenientes de los antiguos talleres, los almacenes y el comedor. Ambas corrientes se unen en el registro final situado en la propia Ave 25 y 152 (registro 3) a cuyo punto se unen las aguas residuales del edificio 1 dirigiéndose hacia la Laguna de Oxidación del Reparto Barandilla.

Para el establecimiento de la línea base se identificaron indicadores claves de uso obligado para la evaluación, el control y su seguimiento. En este sentido se fijaron como indicadores aquellos parámetros establecidos por la norma cubana de vertimiento al sistema de alcantarillado (Tabla 1), así como otros vinculados con las características del órgano de tratamiento final de la zona, el cual está basado en un tratamiento biológico. De ahí la exigencia de mantener el control de las corrientes de origen orgánico (biodegradable) que llegan a él, así como su carga orgánica.

Los resultados promedios de las caracterizaciones previas de las aguas residuales de la Empresa en el punto de confluencia se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados previos de la caracterización de las aguas residuales generadas en la Empresa CNIC por un período de 9 años y los Límites Máximos permisible Promedio (LMPP) para el vertimiento.

Indicador	Unidades	Promedio	DE	LMPP (NC 27:2012)
DQO	mg/L	150,14	67,14	< 700
DBO ₅	mg/L	49,14	38,90	< 300
Ssed	mL/L	0,18	0,14	< 10
pH		7,32	1,04	6 - 9
CE	μS/cm	1207,88	397,11	< 4000
Temperatura	oC	29,20	1,18	< 50
Grasas y Aceites	mg/L	8,33	1,44	< 50
NT	mg/L	49,75	24,09	-
PT	mg/L	2,90	1,80	-
ST	mg/L	940	121,65	-
STF	mg/L	678	66,52	-
STV	mg/L	262	78,73	-
SST	mg/L	30	30	-
SSF	mg/L	0,00	0,00	-
SSV	mg/L	30	30	-
OD	mg/L	1,70	0,04	-

Todos los parámetros reportados (Tabla 1) cumplen con la norma de vertimiento al sistema de alcantarillado. Sin embargo, este período se caracterizó por la reorganización de las direcciones y el ajuste de la actividad en la institución, pasando una parte a conformarse como un nuevo centro.

Aunque se mantuvo el cumplimiento de la norma, los valores de los indicadores de DQO y DBO₅ tuvieron, además, una tendencia a su disminución (Figura 3), lo cual puede estar atribuido a la salida, fuera del CNIC, del nuevo centro y con ellos sus correspondientes actividades. Como se observa en la figura 3 el contenido de materia orgánica expresada tanto en DQO y DBO₅ no superó, como promedio, los 271 y 105 mg/L, respectivamente, siendo estos valores 2,5 veces inferiores a los exigidos por la norma (NC 27:2012). Estos resultados respaldan a su vez el buen funcionamiento de los sistemas de pretratamientos instalados en la empresa, en las inmediaciones donde son requeridos.

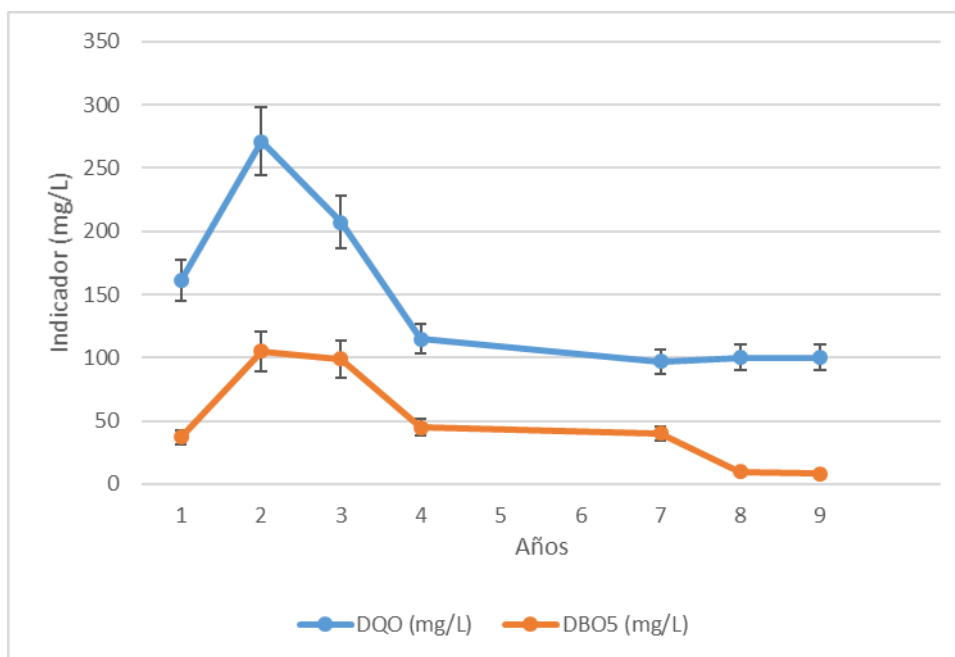


Fig. 3. Comportamiento de la DQO y DBO₅ de las aguas residuales generadas en la Empresa en los estudios previos.

La DBO₅ permite conocer la cantidad de materia orgánica que los microorganismos son capaces de degradar en un tratamiento biológico. Mientras que la DQO, a diferencia de aquella, permite valorar 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 (Menéndez y Dueñas, 2018; Aniyikaiye, et al., 2019).

Un indicador de interés en las aguas residuales es la biodegradabilidad (IB), cuyo índice se expresa como:

$$IB = \frac{DBO_5}{DQO}$$

Donde:

DBO₅ = Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L).

DQO = Demanda química de oxígeno (mg/L).

Según el criterio de Menéndez y Dueñas (2018), en dependencia del valor de este índice, las aguas residuales pueden clasificarse como: biodegradable, medianamente biodegradable o poco biodegradable, es decir:

$1,00 \geq IB \geq 0,4$	Biodegradable
$0,4 > IB > 0,2$	Medianamente biodegradable
$IB \leq 0,2$	Poco biodegradable

Sin embargo, este criterio puede variar de un autor a otros. Nájera et al. (2009), define las aguas residuales pobres en biodegradabilidad cuando la relación $\frac{DBO_5}{DQO}$ tiene valores de 0 a 0,17. Mientras que Díaz y Vega (2013), Sánchez y García (2018) y Aniyikaiye, et al. (2019), puntualizan en valorar de “muy biodegradable” cuando la relación es mayor que 0,4.

En sentido general, de acuerdo con los resultados previos, estas aguas residuales se pueden clasificar como medianamente biodegradables, alcanzándose un índice de $0,3 \pm 0,16$.

La DQO se emplea como variable de uso muy extendido para definir el material carbonáceo, sea biodegradable o no, presente en un agua residual. De ahí que la relación entre la materia orgánica y los nutrientes, indispensable para el desarrollo adecuado de los procesos biológicos, pueda expresarse además como DQO: N_T: P_T.

En los procesos de depuración biológica, el nitrógeno y el fósforo son nutrientes que limitan la actividad biológica en el caso de que no estén presentes en cantidad suficiente, por ello, la importancia de su control. Según los estudios realizados por Serrano (2005), estos valores deben mantenerse en 100:2,5:0,5. Sin embargo, otros autores plantean que los requerimientos típicos en procesos convencionales son de 100:5:1 (Revilla, 2017). No obstante, en el caso de las aguas residuales de la empresa estos resultados promedian una relación de 100:60,5:3,7; lo que puede estar relacionado con la presencia de productos de la investigación, la limpieza, así como de la incorporación de las aguas albañales.

Un aspecto interesante en el comportamiento de los indicadores está en la tendencia del pH y la conductividad eléctrica (Figura 4). En ellos se observó un aumento de la CE acompañada de un ascenso del pH. Estos altos valores de CE hacen suponer que existe una importante concentración de sales disueltas, lo que pudiera guardar relación con el contenido de sólidos disueltos, que representan más del 93 % de los sólidos totales.

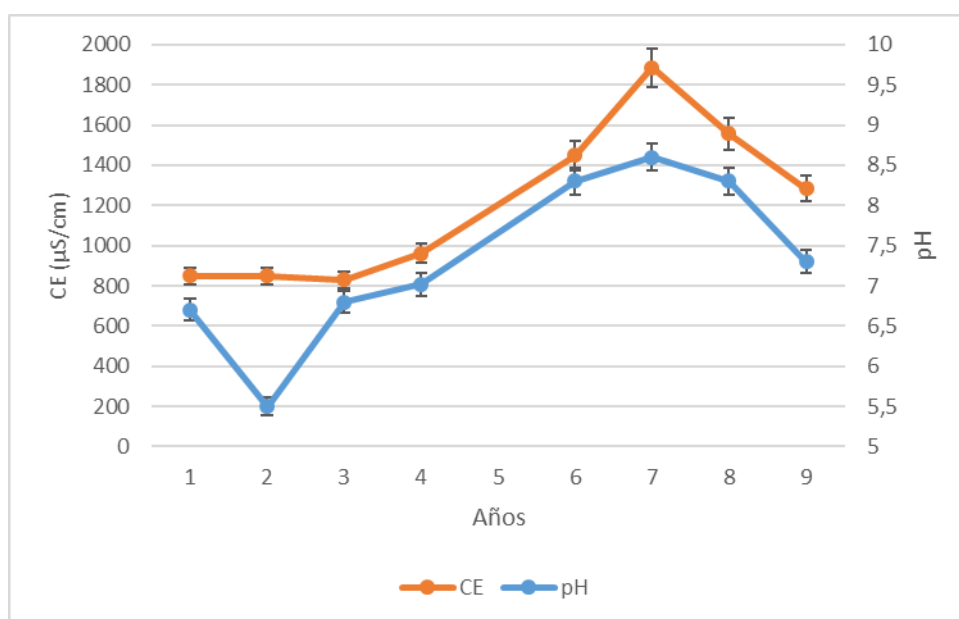


Fig. 4. Comportamiento del pH y la conductividad eléctrica (CE) durante los estudios previos de las aguas residuales generadas en la Empresa.

Los valores del pH, aunque se encuentran dentro de los LMPP exigidos por la norma, muestran una tendencia hacia el carácter básico de estas aguas residuales con posibilidades de sobrepasar el límite superior (9 unidades) (Figura 4, años 7 y 8). De ahí la importancia de su control.

El contenido de grasas y aceites durante el período inicial del estudio resultó ser bajo, estando en correspondencia con las actividades que se realizaban en la empresa, en esos momentos.

Para comparar la tendencia de estos resultados en el tiempo con la introducción o ampliación de los procesos productivos, así como para establecer la línea base, se hace necesario conocer, además, la carga contaminante de las aguas residuales vertidas (Miravet, et al., 2016). Este indicador tiene en cuenta el flujo de agua residual, el que guarda a su vez una estrecha relación con el consumo de agua (Ortega et al., 2021).

Tabla 2. Resultados de la carga orgánica vertida expresada en función de diferentes parámetros.

Parámetros	Concentración	Carga orgánica (Kg/d)
DQO (mg/L)	150,14	214,70
DBO ₅ (mg/L)	49,14	70,27
Grasas y Aceites (mg/L)	8,33	11,91
STV (mg/L)	261,75	374,30

Los mayores valores de la carga orgánica contaminante son los expresados por los sólidos totales volátiles y la DQO (Tabla 2).

Con estos resultados se definió la línea base a partir de la cual se evaluará el comportamiento de las descargas originadas por la incorporación de nuevas líneas de producción o servicios cuyos parámetros se resumen a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Línea Base establecida para la evaluación de las descargas en la Empresa CNIC.

Indicador	Unidades	Valores
DQO	mg/L	150 ± 67
DBO ₅	mg/L	49 ± 39
Ssed	mL/L	0,20 ± 0,14
pH		7,32 ± 1,04
CE	μS/cm	1208 ± 397
Temperatura	°C	29 ± 1,18
Grasas y Aceites	mg/L	8 ± 1,44
N _T	mg/L	50 ± 24
P _T	mg/L	3 ± 1,80
SDT	mg/L	910 ± 93
Carga Orgánica		
CO (DQO)	Kg DQO/d	215
CO (DBO)	Kg DBO/d	70
CO (GyA)	Kg GyA/d	12
CO (STV)	Kg STV/d	374

En el décimo año contemplado en el estudio, se puso en marcha en la empresa, a escala piloto, una de las producciones de mayor demanda relacionada con la producción de aceites ozonizados. Los primeros años de trabajo sirvieron de base para el control del proceso, así como de sus vertimientos. La figura 5 muestra los resultados del comportamiento de la DQO y DBO₅.

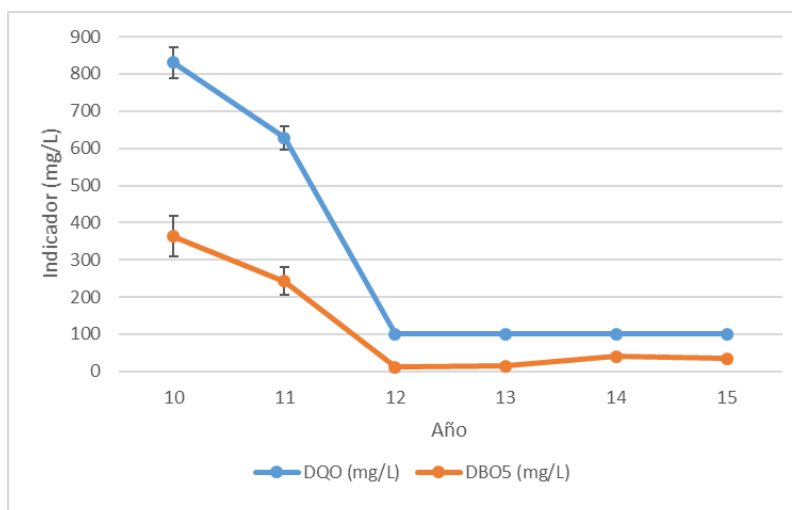


Fig. 5. Comportamiento de la DQO y DBO₅ de las aguas residuales vertidas en la Empresa CNIC después de la puesta en marcha de la planta de aceites ozonizados.

Para el control de las aguas residuales generadas se tuvo en cuenta un paso previo de pretratamiento antes de su vertido, consistente en trampas de grasas trabajando en serie, con vistas a eliminar, de la corriente residual, las trazas de grasas que pudieran arrastrarse durante la limpieza de los reactores. Las trampas fueron diseñadas y construidas lo más cercano posible al punto de descarga con vistas a evitar acumulaciones o incrustaciones en los conductos hidráulicos.

El control de la operación de las trampas de grasas y su mantenimiento permitió estabilizar el comportamiento de los indicadores (DQO y DBO₅), incluso por debajo de los valores promedios reportados en los estudios previos (Tabla 1).

Con la introducción de la nueva planta no se vieron afectados los indicadores de pH y CE (Figura 6). El pH se mantuvo por debajo de 8 unidades y la conductividad, salvo en una ocasión, por debajo de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, reportándose en todo momento valores inferiores a los recopilados en los estudios previos (Tabla 1).

La variabilidad en cuanto a los resultados de la CE, en este segundo período, pudiera estar relacionada con la integración de las descargas de las etapas de los procesos productivos y el resto de las actividades del centro.

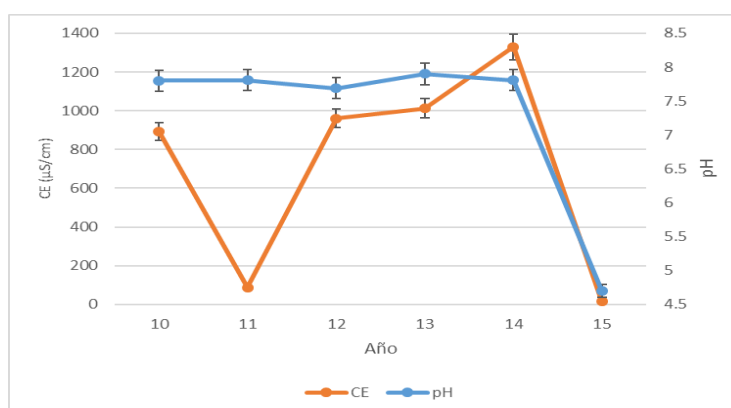


Fig. 6. Comportamiento del pH y la conductividad eléctrica (CE) después de la introducción de la planta de aceites ozonizados.

La figura 7 muestra en su conjunto los dos períodos de evaluación, antes y después de la entrada de la nueva planta de aceites ozonizados. A pesar del aumento del contenido de grasas y aceites, se mantiene el cumplimiento de los LMPP exigidos por la norma de vertimiento (NC 27:2012).

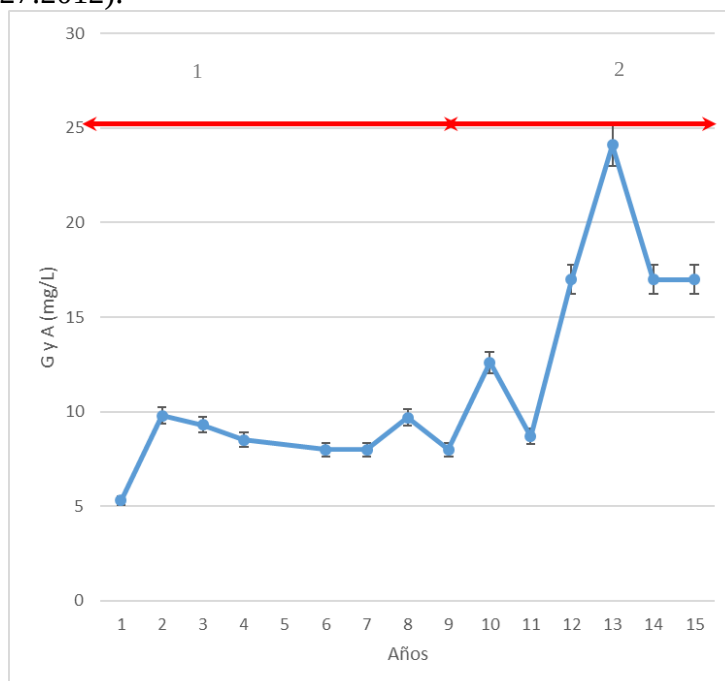


Fig. 7. Comportamiento de las grasas y aceites durante todo el período de estudio.

(1) Período previo.

(2) Período después de la puesta en marcha de la planta de aceites ozonizados.

Los resultados que se muestran en la figura 7, durante los años consecutivos número 10 y hasta el 13, son consecuencia de la puesta en marcha, la gestión en las operaciones en la trampa de grasa y los ajustes de dicho órgano de tratamiento, lográndose a partir de esta etapa un comportamiento estable y favorable para las descargas de las aguas residuales de la empresa.

En este período (años del 10 al 15) se incluye, además, la entrada en funcionamiento de una planta de producción de jabones en cuyas materias primas se emplea el principal producto de la planta de aceites ozonizados. Por las características de la producción de esta última planta se diagnosticó la no presencia de efluentes líquidos, por lo que no aporta carga contaminante al vertimiento.

Un indicador que brinda una medida real del comportamiento favorable de las descargas es la carga orgánica dispuesta al medio expresado en función de sus diferentes parámetros. En la tabla 4 se reflejan dichas comparaciones, las cuales resultaron inferiores a las reportadas en la línea base definida para la empresa (Tabla 3), excepto para las grasas y aceites, que, aunque tuvo un ligero aumento es considerado muy inferior a los vertimientos reportados en la literatura para corrientes similares o que involucran el empleo de grasas en sus actividades (2007; Díaz y Vega, 2013; Aboutaleb, et al., 2018; Magnago, et al., 2018; Rodríguez, et al., 2020).

Tabla 4. Comparación de la carga orgánica dispuesta antes y después de la introducción de nuevas plantas de producción.

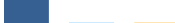
Parámetros	Carga orgánica (antes) (Kg/d)	Carga orgánica (después) (Kg/d)
DQO (mg/L)	214,70	143,00
DBO ₅ (mg/L)	70,27	36,47
Grasas y Aceites (mg/L)	11,91	26,85
STV (mg/L)	374,30	188,40

Con la ampliación de los procesos productivos en la Empresa CNIC se ha mantenido el mejoramiento de la calidad de los efluentes, reflejado en una reducción del 67, 52 y 50 % de la carga contaminante vertida, medida en términos de la DQO, la DBO₅ y los STV con respecto a la carga evaluada durante el primer período del estudio y que constituyen referentes para la línea base trazada.

Con vistas al análisis rápido y poder mostrar la tendencia de los resultados con respecto al cumplimiento de la normativa de vertimiento (ONN, 2012) y los valores de la línea base establecidos en el presente trabajo, se empleó la herramienta que ofrece Excel para este fin, mostrando su salida como se ejemplifica en la tabla 5. La misma permite la visualización directa, en forme gráfica, del comportamiento de dichos resultados y su comparación, para la toma de acción y el control de la gestión ambiental en la empresa. La primera barra corresponde al LMPP del indicador en cuestión, la segunda el valor definido como línea base y la tercera al valor obtenido del análisis del agua residual que se está evaluando.

De acuerdo con los resultados de la tabla 5, la cual representa la última caracterización ejecutada, el indicador grasas y aceites reportó valores superiores a la línea base, aunque inferiores a los LMPP exigidos por la norma vigente, lo que indica y alerta la vigilancia de dicho parámetro y el control de su vertimiento.

Tabla 5. Análisis rápido del comportamiento de los resultados de la caracterización con la normativa vigente y la línea base establecida.

Indicador	Unidades	LMPP (NC 27:2012)	Línea base	Evaluación actual	Resultados comparativos
DQO	mg/L	700	150	100	
DBO ₅	mg/L	300	49	35	
Ssed	mL/L	10	0,2	0	
pH		9	7,32	5	
CE	μS/cm	4000	1208	17	
Temperatura	°C	50	29	27	
Grasas y Aceites	mg/L	50	8	17	
N _T	mg/L		50		
P _T	mg/L		3		
SDT	mg/L		910		
CO (DQO)	Kg DQO/d		215		
CO (DBO)	Kg DBO/d		70		
CO (G y A)	Kg GyA/d		12		
CO (STV)	Kg STV/d		262		

CONCLUSIONES

El manejo de la información obtenida permitió consolidar los datos sobre cargas y concentración de contaminantes vertidos por la empresa y sus actividades, establecer la línea base, evaluar los nuevos cambios introducidos y establecer metas en su gestión ambiental. Los resultados obtenidos demostraron que las aguas residuales que se generan en la empresa (puntos de descargas hacia los registros de la calle 25), cumplen con los Límites Máximos Permisibles Promedio exigidos por la norma de vertimiento vigente en cuanto a DBO₅, DQO, sólidos sedimentables, temperatura, pH, conductividad eléctrica y grasas para su disposición al sistema de alcantarillado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aboutaleb, E; Kamel, G; Hellal, M. (2018). Investigation of effective treatment techniques for olive mill wastewater. *Egyptian Journal Chemistry*. Vol. 61, No.3 pp. 415 - 422
- Aniyikaiye, T; Oluseyi, T; Odiyo, J; Edokpayi, J. (2019). Physico-chemical analysis of wastewater discharge from selected paint industries in Lagos, Nigeria. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 16, 1235, doi:10.3390/ijerph16071235
- APHA, AWWA, WEF. (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23rd Edition. American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC, USA.
- Betancourt, C; Tartabull, T; Labaut, Y; Ferradaz, R. (2019). Principales procesos que impactan la calidad del agua para el riego en pozos costeros del centro sur cubano. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 35(3), 541-552.

- CAF. (2019). Estrategia del agua 2019 – 2022. © Corporación Andina de Fomento. Montevideo. Uruguay.
- Cohen C., Padilla N., Martínez G., Camino M. (2015): “Línea de base ambiental de las cuencas de los arroyos el Durazno y la Totorá. Partido de General Alvarado, provincia de Buenos Aires”, *GeoFocus*. No. 16, p. 231-252. ISSN: 1578- 5157
- Díaz, R; Vega, JC. (2013). Efecto de la variación de la carga orgánica en el desempeño de un reactor UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) tratando efluentes de una planta extractora de aceite de palma. *Revista ambiental agua, aire y suelo*. Vol. 4 No. 1, pp. 23 – 32. ISSN 1900-9178.
- Magnago, F; Berselli, D; Medeiros, P. (2018). Treatment of wastewater from car wash by fenton and photo-fenton oxidative processes. *Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 13, No. 4, pp. 838-850.
- Menéndez C, Dueñas J. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, Vol. XXXIX, No. 3, pp. 97-107.
- Microsoft® Excel (2019).
- Miravet, BL; García AE; Salinas E. (2016). Carga contaminante dispuesta en cuenca Ariguanabo, provincia Artemisa, Cuba. *Revista Cubana de Ingeniería*. Vol. VII, 2, pp. 55 - 63, ISSN 2223 -1781.
- Munfarida, I; Wazna, S; Munir, M; Rezagama, A. (2020). Analysis of pollution load carrying capacity of Cibatarua River in Pamulihan District, Garut Regency, West Java. International Conference on Life Sciences and Technology (ICoLiST). AIP Conf. Proc. 2231, 040044-1–040044-6; <https://doi.org/10.1063/5.0002732>
- Nájera, H; Castañón, J; Figueroa, J; Rojas, M. (2009). Caracterización y tratamiento fisicoquímico de lixiviados maduros producidos en el sitio de disposición final de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Vol. 24.
- ONN, Oficina Nacional de Normalización. (2012). NC 27:2012. Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, pp. 14.
- ONN, Oficina Nacional de Normalización. (2007). NC 521:2007. Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones. Oficina Nacional de Normalización. La Habana, pp. 1-15.
- Ortega, N., Espinosa, M.C., López, M. (2021). Incertidumbre de las mediciones de caudal mediante el método volumétrico. *Contribuciones a la Metrología. Compilación de artículos*. Parte 4 “Contribuciones a la Metrología Ambiental”:
- Pucar, F. G, Real, G. (2022). Reutilización de aguas en España y el Perú: avances y desafíos. *Sostenibilidad: económica, social y ambiental*. No. 4, pp. 75-100. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2022.4.05>
- Revilla, M. (2017). Análisis y modelado de un proceso BAS (Biofilm Activated Sludge) para el tratamiento biológico de aguas residuales de alta carga orgánica con limitación de nutrientes. Tesis Doctoral presentada para optar al título de Doctor por la Universidad de Cantabria.
- Rodríguez, D; Calzado, O; Noguera, A.L.; Córdova, V; Arias, T. (2020). Evaluación de la calidad de las aguas residuales de la Empresa Procesadora de Soya de Santiago de Cuba. *Revista Tecnología Química*. Vol.40, No.3. pp. 598-610.
- Sánchez, P; García, K. J. (2018). Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 27, 1, 103-111. <http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>.
- Serrano E. (2005). Control de la deficiencia de nutrientes en procesos de depuración biológica. *Tecnología del agua*. 265, octubre, pp. 72-78.

Statgraphics. (2020). Statgraphics Centurion XIX. 64 Bit, Statgraphics.net. Madrid, Spain.

Este artículo no presenta conflictos de interés

CONTRIBUCCION AUTORAL

Matilde López Torres: autora principal

Maria del Carmen Espinosa Lloréns: Revisión de artículo, análisis estadístico

Niubis Ortega Peña: Revisión de artículo

Idania Hurtado Mola: Revisión de artículo