



Alteración de la calidad del agua por el vertido de aguas residuales en el municipio de San Benito, Colombia

Alteration of water quality due to wastewater discharge in the municipality of San Benito, Colombia

Navas-Gallo, Nelson Andrey^{1*}

Vargas-Díaz, Christian Enrique¹

Rodríguez-Esteban, Luis Miguel¹

¹Unidades Tecnológicas de Santander, Bucaramanga, Colombia

Recibido: 29 Nov. 2023 | **Aceptado:** 2 Ene. 2024 | **Publicado:** 10 Ene 2024

Autor de correspondencia*: ingnavasg14@gmail.com

Como citar este artículo: Navas-Gallo, N. A., Vargas-Díaz, C. E. & Rodríguez-Esteban, L. M. (2024). Alteración de la calidad del agua por el vertido de aguas residuales en el municipio de San Benito, Colombia. *Revista Amazónica de Ciencias Ambientales y Ecológicas*, 3(1), e634. <https://doi.org/10.51252/reacae.v3i1.e634>

RESUMEN

En el estudio se plasma la alteración de la corriente hídrica Las Flores en el municipio San Benito, Santander, Colombia, por el vertido directo de las aguas residuales y la necesidad de formular alternativas de manejo, control, mitigación y/o compensación de los impactos generados por este tipo de residuo; se planteó la línea base ambiental la cual proporciona información pertinente sobre los componentes biótico, abiótico y social. De igual forma se identificó y calificó los impactos presentes en la zona de estudio, continuamente se realizó la caracterización del punto fijo de vertimiento y de la fuente receptora aguas arriba y aguas abajo, en el vertimiento la obtención de datos como son: demanda biológica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), pH, grasa y aceites, caudal, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y coliformes totales, por otro lado, aguas arriba y aguas abajo, se realizó la recolección de datos del caudal, DQO, DBO y pH, estos datos se compararon con los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 0631 de 2015.

Palabras clave: aguas residuales; educación ambiental; evaluación de impactos; línea base ambiental; vertimientos

ABSTRACT

The study reflects the alterations of the Las Flores water flow in the San Benito municipality, Santander, Colombia, due to the direct discharge of wastewater and the need to formulate alternatives for management, control, mitigation and/or compensation of the impacts generated for this type of waste; The environmental baseline was established, which provides relevant information about the biotic, abiotic and social components. In the same way, the impacts present in the study area were identified and qualified, the characterization of the fixed point of discharge and the receiving source upstream and downstream was continually carried out, in the discharge the obtaining of data such as: biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), pH, grease and oils, flow rate, settleable solids, total suspended solids and total coliforms, on the other hand, upstream and downstream, flow data, COD, BOD and pH were collected, these data were compared with the maximum permissible limits established in resolution 0631 of 2015.

Keywords: wastewater; environmental education; impact assessment; environmental baseline; discharges



1. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales representan un desafío ambiental y de salud pública de gran relevancia en todo el mundo. En la actualidad, la gestión adecuada de estas aguas se ha convertido en una cuestión fundamental para la sostenibilidad de nuestras comunidades y ecosistemas (Palacin Salcedo et al., 2020).

El manejo de las aguas residuales se erige como un aspecto crucial en la conservación del medio ambiente, dado que este tipo de residuos comprenden aquellos generados con características distintivas, marcadas por la presencia de contaminantes potencialmente perjudiciales para la salud humana y el entorno ambiental (Fernández Moreano, 2019).

El aumento de la urbanización, la industrialización y el crecimiento de la población han llevado a un incremento exponencial en la generación de aguas residuales, lo que plantea desafíos significativos en términos de contaminación del agua y la degradación de los recursos hídricos. Estas aguas residuales pueden contener una amplia variedad de contaminantes, incluyendo sólidos suspendidos, materia orgánica, alteración de la demanda química de oxígeno (DQO), alteración de demanda biológica de oxígeno (DBO), productos químicos tóxicos y patógenos, lo que hace necesario su tratamiento y depuración para evitar efectos adversos en la salud pública y el medio ambiente (Aguilar Martínez & Solano Pardo, 2018).

Esta problemática del vertido sin tratamiento previo requiere, contemplar y elaborar programas de manejo que mitiguen los impactos tanto directos como indirectos que afectan a las fuentes hídricas donde son depositadas estas aguas. Los programas prevén mitigar los contaminantes que las aguas presentan por la falta de tratamiento.

Los vertidos de aguas residuales sobre los cuerpos hídricos es una problemática a nivel nacional que afecta tanto a los ecosistemas acuáticos como terrestres. Las descargas generan un incremento de sustancias contaminantes, que generan un exceso de algas generando una alteración en el equilibrio biológico y químico de los cuerpos acuáticos, incluyendo la alteración de la biodiversidad.

Por lo cual la gestión sostenible de los vertidos de aguas residuales es esencial para conservar la integridad de los ecosistemas y garantizar el acceso a agua limpia para las comunidades.

En el estudio se implementó la caracterización fisicoquímica del punto de vertimiento y de la fuente hídrica quebrada Las Flores en el municipio San Benito, Santander, identificando así el impacto que generan las actividades domésticas, económicas y productivas de la comunidad que disponen las aguas residuales en la quebrada y las afectaciones que están conllevan. Como aporte se generaron fichas técnicas que contemplan la gestión y manejo ambiental. Este proyecto presenta el gran problema al cual se encuentra expuesto todo municipio independientemente de su ubicación geográfica.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Con el fin de evaluar los impactos ambientales presentes en las aguas residuales generadas en la fuente hídrica Las Flores por parte de la comunidad del municipio San Benito, se ejecutó un análisis fisicoquímico en dicha fuente hídrica, donde se realizó la captación y toma de muestras dispuestas al laboratorio certificado por el IDEAM. Se determinaron valores de Demanda biológica de oxígeno (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), Grasas y aceites, Sólidos sedimentables, Sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes totales y Potencial de hidrógeno (pH). Los resultados se compararon con la Resolución N° 0631-2015, cumplimiento con los valores máximos permisibles que contempla la normativa colombiana.

En el estudio se tomó como base la metodología de Arboleda la cual permitió evaluar la calidad, la magnitud y los impactos ambientales negativos y positivos que generan las actividades antrópicas con sus

correspondientes niveles de impacto. También se llevó a cabo fichas técnicas de manejo ambiental de las principales afectaciones sobre los diferentes recursos: suelo, agua, aire, fauna y flora

El punto de vertido se encuentra en las coordenadas geográficas (N 1169178 E 1062960) el muestreo fue de tipo compuesto donde se tomaron nueve muestras para luego obtener la muestra compuesta final, este muestreo se realizó con el fin de conocer el valor de parámetros como: pH, DBO, DQO, grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y Coliformes totales.

La muestra final fue de 6 litros, 2 litros para sólidos suspendidos, 2 litros para sólidos sedimentables, 1 litro para la DBO y 1 litro para DQO, se midió el pH en cada punto con sus respectivas temperaturas.

El método SM 5210 B del "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater" mide la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), calculando el oxígeno necesario para que los microorganismos biodegraden la materia orgánica en una muestra de agua bajo condiciones controladas durante cinco días. Por otro lado, el método SM 5220 se utiliza para determinar la Demanda Química de Oxígeno (DQO), evaluando la cantidad de oxígeno equivalente que se consumiría si toda la materia orgánica susceptible en la muestra fuera oxidada por un reactivo químico, típicamente dicromato en un medio ácido, los métodos usados para hallar los otros parámetros fueron el método SM 5520 D que empleó la extracción con solventes para cuantificar estas sustancias mediante gravimetría, los sólidos sedimentables se determinaron a través del método SM 2540 F, utilizando el volumen de sedimentos en un cono Imhoff, para los sólidos suspendidos totales, el método SM 2540 D involucró filtración y posterior pesaje del material retenido, finalmente, los coliformes totales se cuantificaron con el método SM 9221 B, que utiliza la técnica de membrana filtrante para el recuento directo de bacterias en medios selectivos (Rice et al., 2017).

Mediante la aplicación del manual de Jorge Arboleda, se logró formular las Acciones susceptibles a producir impacto (ASPI), en la siguiente tabla 1, se muestran las ASPI principales generadoras de impactos.

Tabla 1.

Acciones susceptibles a producir impactos (ASPI)

N°	ASPI
1	Funcionamiento y generación de aguas residuales en establecimientos comerciales educativos y residenciales
2	Funcionamiento de restaurantes
3	Producción Equina
4	Producción Caprina
5	Producción de Caña
6	Elaboración de Panela
7	Producción de Hortalizas
8	Obras Civiles
9	Turismo
10	Elaboración de Artesanías
11	Producción Bovina
12	Producción Porcina

Nota. Acciones susceptibles a producir impactos (ASPI), por autores 2023

De acuerdo con el manual de Jorge Arboleda, y las ASPI se logró indicar los impactos producidos por estas acciones en la Quebrada las Flores, Santander.

Tabla 2.

Parámetros de evaluación de impactos Manual de Arboleda, método Arboleda

Presencia	Duración	Evolución	Magnitud	Puntaje
Cierta	Muy larga	Muy rápida	Muy alta	1.0
Muy probable	Larga	Rápida	Alta	0.7<0.99

Probable	Media	Media	Media	0.4<0.69
Poco Probable	Corta	Lenta	Baja	0.2<0.39
No probable	Muy corta	Muy lenta	Muy baja	0.01<0.19

Nota. Parámetros de evaluación de impactos Manual de Arboleda G (2005), método Arboleda.

Los parámetros para evaluar los impactos según el manual de Arboleda G (2005) se observan en la tabla 2. Para la calificación final del impacto ambiental, mediante un método analítico se logró obtener la importancia y gravedad del impacto.

$$Ca = C (P[a * E * M + b * D])$$

Siendo constantes a=7.0 y b=3.0

$$Ca = C (P[7.0 * E * M + 3.0 * D])$$

Ca= Calificación ambiental

C= Clase,

P= Presencia

E= Evolución

M= Magnitud

D= Duración

En la tabla 3 presenta la importancia de cada uno de los impactos evaluados, teniendo como referencia el valor obtenido en la calificación ambiental.

Tabla 3.

Calificación ambiental del impacto, método Arboleda

Calificación ambiental	Importancia del impacto ambiental
≤ 2.5	Poco significativo o irrelevante
>2.5 y ≤ 5.0	Moderadamente significativo o moderado
> 5.0 y ≤ 7.5	Significativo o relevante
> 7.5	Muy significativo o grave

Nota. Calificación ambiental del impacto, método Arboleda, por Arboleda G (2005).

3. RESULTADOS

El análisis de las muestras de los parámetros fisicoquímicos se realizó en un laboratorio acreditado por el IDEAM Resolución 1277 de 2019.

Se observa en la tabla 4 que, al comparar los límites permisibles con el resultado obtenido en laboratorio, la DBO sobrepasa el valor establecido según la Resolución 631 de 2015, dado a que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) del municipio de San Benito, encargada del tratamiento de aguas residuales no se encuentra en funcionamiento, vertiendo directamente sobre la Quebrada las Flores.

Tabla 4.

Datos de laboratorio y Resolución 0631 de 2015 para Máximo permisibles

Parámetro	Resultados	Unidad	Límite permisible
DBO	661	mgO ₂ /L	180,0
DQO	1627	mgO ₂ /L	90,0
Grasa y aceites	22,7	mg/l	20,0
Sólidos sedimentables	8,0	mL/L	5,0
Sólidos Suspendidos totales	624	mg/l	90,0

Parámetro	Resultados	Unidad	Límite permisible
Coliformes totales	1600000	NPM/ 100ml	análisis

Nota. Datos de laboratorio y Resolución 0631 de 2015 para máximo permisibles, por autores 2023

La posible razón de la concentración alta de la DQO es por la presencia de materia orgánica en el agua residual, o la falta de oxígeno en el agua. La presencia de materia orgánica en el agua residual, se da por la presencia de sustancias químicas en, como detergentes, pesticidas, entre otros, lo cual aumentan la DBO y la falta de oxígeno en el agua, lo que puede impedir que los microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica realicen su trabajo de manera eficiente, lo que puede aumentar la DBO (Romero Rojas, 2004).

El valor de la muestra de la concentración de la DQO es un valor muy alto comparado con la Resolución 631 de 2015, un valor que sobrepasa por una alta diferencia el límite permisible, este valor corresponde debido a que el vertimiento se hace sin ningún proceso de tratamiento dado a que la PTAR no se encuentra en funcionamiento.

Según las actividades del municipio San Benito las razones por la que se obtuvo un valor de 1627 en la DQO son las actividades de establecimientos comerciales, restaurantes, escorrentías agrícolas, aceites y grasas, dado a que estas actividades generan gran cantidad de vertimientos de materia orgánica y químicos (Air Liquide, 2023).

Según la comparativa se observa que los sólidos suspendidos totales de las aguas residuales vertidas superan el límite permisible según Resolución 631 de 2015, dado a que son vertidos sin ningún tipo de tratamiento, esto puede provenir de todo tipo de actividades determinadas en la identificación de las actividades que se realizan en el municipio (Beltrán-Vargas & Rangel Churio, 2012).

Para los sólidos sedimentables se observa la diferencia entre la norma y el estudio, obteniendo un valor superior al límite permisible, dado por la no implementación de sistemas primarios (Fondriest Environmental, 2014).

Al comparar la Resolución 631 de 2015 respecto a los resultados obtenidos se observa el incumplimiento de la norma, superando el valor de permisible, la razón principal de este valor podría ser por el gran número de funcionamiento de establecimientos de diferentes tipos comerciales (Tacias Pascacio et al., 2016).

En la tabla 5 se plasma la evaluación de los impactos ambientales.

Tabla 5.

Matriz para evaluación de los impactos ambientales por método EPM

Impacto	Calificación Ambiental		Impacto ambiental
	-	+	
Cambios en las características fisicoquímicas de las aguas superficiales	7,9		Grave
Cambio de la oferta hídrica	7,9		Grave
Generación de olores ofensivos	3,1		Moderado
Cambio en el microclima	4,6		Moderado
Incremento de la presión sonora	2,0		Poco significativo
Cambio en los niveles de ruido	4,7		Moderado
Cambio en el drenaje superficial	5,0		Moderado
Cambio en el uso del suelo	4,8		Moderado
Disminución de la calidad del paisaje	4,6		Moderado
Cambio en la estética característica del paisaje	6,5		Significativo
Desplazamiento o ahuyentamiento de fauna	4,4		Moderado

Fragmentación del hábitat de fauna	5,7	Significativo
Disminución de la riqueza de las especies de flora	5,7	Significativo
Fragmentación de ecosistemas terrestres	1,9	Poco significativo
Disminución de la calidad en el tratamiento de aguas residuales	5,7	Significativo
Afectación a la comunidad aledaña al vertido	7,6	Grave
Compactación del suelo	6,3	Significativo
Incremento del riesgo de transferencia de contaminantes vía alimenticia	2,6	Moderado
Incremento de la tasa de morbilidad de la población	2,0	Poco significativo
Cambio en los niveles de ocupación	2,7	Moderado
Disminución en la calidad del agua	10,0	Grave
Incremento de actividades económicas del primario	4,4	Nulo
Incremento de actividades económicas del terciario	4,4	Nulo
Total, absoluto	105,6	8,8
Impacto neto	-96,7	

Nota. Matriz para evaluación de los impactos ambientales por método EPM, por autores 2023

En la tabla 5 se plasma que, el recurso hídrico es el más impactado claramente, siendo un municipio que no cuenta con un tratamiento idóneo para los residuos líquidos., también se observó impactos significativos en los recursos: suelo, fauna y flora.

La presencia de cada nivel de impacto y su relevancia, donde 9 de los impactos evaluados son de tipo moderado, al ser un impacto no tan grave, se puede tratar de una manera directa y rápida, luego se observó 5 impactos significativos los cuales son más difíciles de tratar y necesitan más tiempo o esfuerzos para hacer una corrección de los impactos, 4 de los impactos generados son graves, esta clase de impactos deben ser tratados de forma urgente a través de medidas de compensación o corrección sobre el componente afectado, y se presentaron 3 impactos pocos significativos siendo lo más fáciles de tratar.

CONCLUSIONES

La caracterización del punto de vertimiento indica que los parámetros: DBO, DQO, Grasas y aceites, sólidos sedimentables y sólidos suspendidos totales, superaron los límites admisibles permitidos estipulados en la Resolución 0631 de 2015, concordando con la investigación realizada por Navas Gallo & Silva Jaimes (2021), donde mencionan que es primordial el tratamiento eficaz antes del vertido a la fuente hídrica así evitando cambios en el recursos agua, la vida acuática, el suelo, el aire y la calidad de vida en el municipio de estudio.

Referente a la valoración de impactos ambiental se realizó mediante el manual de Arboleda donde se evaluó y se identificó los impactos directos e indirectos que tienen mayor presencia en el área de estudio siendo así los recursos suelo y agua los que tienen mayor afectación presente, concertando con la investigación realizada por Arias Nuñez & Garavito Carvajal (2019), donde se expresan que el recurso agua y suelo están estrechamente interconectados en los ecosistemas naturales y estos son recursos muy vulnerables a la contaminación por su capacidad para acumular y transportar contaminantes.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron ningún patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, adquisición de fondos, investigación, administración del proyecto, software, supervisión, validación, visualización, redacción -borrador original y redacción -revisión y edición: Navas-Gallo, N. A., Vargas-Díaz, C. E. & Rodríguez-Esteban, L. M.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Martínez, S., & Solano Pardo, G. A. (2018). *Evaluación del impacto por vertimientos de aguas residuales domésticas, mediante la aplicación del índice de contaminación (ICOMO) en caño grande, localizado en Villavicencio-Meta* [Universidad Santo Tomás].
<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/14218>
- Air Liquide. (2023). *¿Qué es la DQO? – Tratamiento de aguas residuales*. Air Liquide.
<https://es.airliquide.com/soluciones/tratamiento-aguas/que-es-la-dqo-tratamiento-de-aguas-residuales>
- Arboleda G, J. (2005). *Manual de evaluación de impacto ambiental (EIA) de proyectos, obras o actividades*.
- Arias Nuñez, C. C., & Garavito Carvajal, Z. P. C. (2019). *Evaluación del impacto ambiental en los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas en el corregimiento de Bitaco del municipio de La Cumbre – Valle del Cauca* [Universidad Nacional Abierta y a Distancia].
<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/27903>
- Beltrán-Vargas, J. E., & Rangel Churio, J. O. (2012). Modelación dinámica de los sólidos suspendidos totales en el Humedal Jaboque, Bogotá (Colombia). *Colombia Forestal*, 15(2), 191.
<https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2012.2.a04>
- Fernández Moreano, V. P. (2019). *Diseño y construcción de un sanitario ecológico a través de un biofiltro de bagazo de caña para aguas negras en la Finca Ovina San Pablo de la Parroquia Rural Facundo Vela* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11136>
- Fondriest Environmental, I. (2014). *Turbidity, Total Suspended Solids & Water Clarity. Fundamentals of Environmental Measurements*. Fondriest Environmental, Inc.
<https://www.fondriest.com/environmental-measurements/parameters/water-quality/turbidity-total-suspended-solids-water-clarity/>
- Navas Gallo, N. A., & Silva Jaimes, C. (2021). Afectación ambiental por las descargas directas de las aguas residuales sobre fuentes hídricas: *Cuadernos Del CURIHAM*, 27, 85–91.
<https://doi.org/10.35305/curiham.v27i.163>
- Palacin Salcedo, J. J., Tanus, J. L., & López Hoyos, I. D. (2020). Implementación de un sistema natural para tratamiento de aguas residuales en zonas rurales. Estudio de caso para una institución educativa del municipio de Malambo – Colombia. *Revista Sennova: Revista Del Sistema de Ciencia, Tecnología e Innovación*, 5(1), 92–103. <https://doi.org/10.23850/23899573.2382>
- Rice, E. W., Baird, R. B., & Eaton, A. D. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (23rd ed.). American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation. <https://yabesh.ir/wp-content/uploads/2018/02/Standard->

Methods-23rd-Perv.pdf

Romero Rojas, J. (2004). *Tratamiento de aguas residuales. Teoría y principios de diseño* (1st ed.). Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito.

Tacias Pascacio, V. G., Rosales Quintero, A., & Torrestiana Sánchez, B. (2016). Evaluación y caracterización de grasas y aceites residuales de cocina para la producción de biodiésel: un caso de estudio. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 32(3), 303–313.
<https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.03.05>