



HUELLA CONTAMINANTE: ALTERACIONES POR VERTIMIENTOS EN FUENTES HÍDRICAS. CASO DE ESTUDIO EN NORTE DE SANTANDER (COLOMBIA)

Nelson Andrey NAVAS GALLO

Unidades Tecnológicas de Santander (Colombia)
Nnavas@correo.uts.edu.co

Omar Yesid FORERO MACIAS

Unidades Tecnológicas de Santander (Colombia)

Shirley Tatiana PONTILUIS MORENO

Unidades Tecnológicas de Santander (Colombia)

Recibido: 19 de marzo del 2025

Enviado a evaluar: 24 de marzo del 2025

Aceptado: 28 de julio del 2025

RESUMEN

El estudio desarrollado tiene como objetivo evaluar la generación de impactos hacia el ambiente ocasionados por las descargas de aguas residuales de zonas urbanas a los cuerpos de agua, así como los resultantes de las diversas actividades que son realizadas a distancias reducidas del área de influencia; este proceso se llevó a cabo mediante el diseño de una línea base ambiental con el fin de identificar el estado de los sectores socioeconómicos, abióticos y bióticos utilizando información primaria y secundaria; posteriormente se implementó la metodología de Arboleda o método de EPM para identificar y evaluar los impactos originados por las actividades antropogénicas del sector. Los resultados obtenidos para las concentraciones de DBO₅, DQO, SST, grasas y aceites rebasaron los valores máximos permisibles en la Resolución colombiana 631 del 2015. Los resultados obtenidos permiten evidenciar los indicadores que superan los límites permitidos generando una preocupación por esta problemática, finalmente se formulan estrategias para compensar el daño generado al medio ambiente.

Palabras clave: Aguas residuales, Caracterización, Impacto ambiental, Parámetros fisicoquímicos, Vertimiento.

POLLUTION FOOTPRINT: ALTERATIONS DUE TO SPILLS INTO WATER SOURCES. CASE STUDY IN NORTE DE SANTANDER (COLOMBIA)

ABSTRACT

The study developed aims to evaluate the generation of impacts on the environment caused by the discharge of wastewater from urban areas to bodies of water, as well as those resulting from the various activities that are carried out at short distances from the area of influence; This process was carried out by

designing an environmental baseline in order to identify the state of the socioeconomic, abiotic and biotic sectors using primary and secondary information; Subsequently, the Arboleda methodology or EPM method was implemented to identify and evaluate the impacts caused by anthropogenic activities in the sector. The results obtained for the concentrations of BOD₅, COD, TSS and fats and oils exceeded the maximum permissible values in Colombian Resolution 631 of 2015. The results obtained allow us to show the indicators that exceed the permitted limits; finally, strategies are formulated to compensate for the damage generated to the environment.

Keywords: Wastewater, Characterization, Environmental impact, Physicochemical parameters, Discharge.

EMPREINTE POLLUANTE: MODIFICACIONES DUES AUX DÉVERSEMENTS DANS LES SOURCES D'EAU. ÉTUDE DE CAS À NORTE DE SANTANDER (COLOMBIE)

RÉSUMÉ

L'étude visait à évaluer les impacts environnementaux des rejets d'eaux usées urbaines dans les cours d'eau, ainsi que ceux résultant de diverses activités menées à proximité de la zone affectée. Ce processus a nécessité l'établissement d'un état des lieux environnemental afin d'identifier l'état des secteurs socio-économiques, abiotiques et biotiques à partir de données primaires et secondaires. La méthodologie d'Arboleda, également connue sous le nom de méthode EPM, a ensuite été mise en œuvre pour identifier et évaluer les impacts des activités anthropiques dans la zone. Les résultats obtenus pour la DBO₅, la DCO, les MES, les matières grasses et les huiles ont dépassé les valeurs maximales autorisées fixées par la résolution colombienne n° 631 de 2015. Ces résultats soulignent le dépassement des limites autorisées et suscitent des inquiétudes. Enfin, des stratégies ont été formulées pour atténuer les dommages environnementaux.

Mots-clés: Aguas residuales, Caracterización, Impacto ambiental, Parámetros fisicoquímicos, Vertimiento.

1. INTRODUCCIÓN

El deterioro de las condiciones del agua es llevado a cabo por las actividades humanas, estas producen cambios cualitativos que simbolizan amenazas hacia la producción agrícola, con ello a la salud alimenticia y finalmente a la salud de los habitantes; por ende, es fundamental valorar los recursos velando por la preservación y el cuidado del medio que lo transporta y alberga. Aun sabiendo que la disponibilidad del recurso se está viendo disminuida, la concentración de este líquido se ve reducida influyendo en el bienestar, la economía y la salud de la población junto al desarrollo sostenible y sustentable del municipio; no obstante, en diferentes zonas del planeta, la deficiente administración y falta de plantas de tratamiento de aguas residuales generan la degradación de los cuerpos de agua y la maximización de los riesgos humanos (Hagbrink, 2022).

Existen diversas organizaciones en el mundo que estima que una gran cantidad de las aguas residuales que son producidas en los países en vía de desarrollo son quienes más vierten sin ningún tipo de tratamiento previo sobre grandes superficies de agua como lo son los ríos, lagos, lagunas, océanos u otros, debido a esto, se disponen nuevas problemáticas tales como, agua desoxigenada, destrucción de la flora acuática, pérdida del

oxígeno en la tierra y la degradación de ecosistemas estratégicos (ONU, 2017).

El porcentaje de las aguas residuales en Colombia que son tratadas son de un aproximado del 52%, actualmente en el país se generan más de 2 millones de metros cúbicos (m³) de aguas sin ser tratadas en los diferentes municipios al año; esto estima que para el año 2050 se producirán más de 2760 millones de metros cúbicos de aguas residuales, aumentando de forma drástica más de un 20% de contaminantes liberados a los afluentes (Colprensa, 2022).

En esta secuencia, este proyecto se encausa en las problemáticas de la quebrada La Esperanza ubicada en el municipio homónimo del departamento de Norte de Santander y su relación con las actividades humanas, con el propósito de identificar los impactos negativos que se producen sobre la fuente hídrica, implementando el método de Arboleda o EPM atribuyéndole valores según los impactos generados y brindar alternativas a situaciones que reducen la calidad de vida de los pobladores y el ecosistema en donde se encuentra a través de un documento técnico como lo son las fichas ambientales.

2. MATERIALES Y METODOS

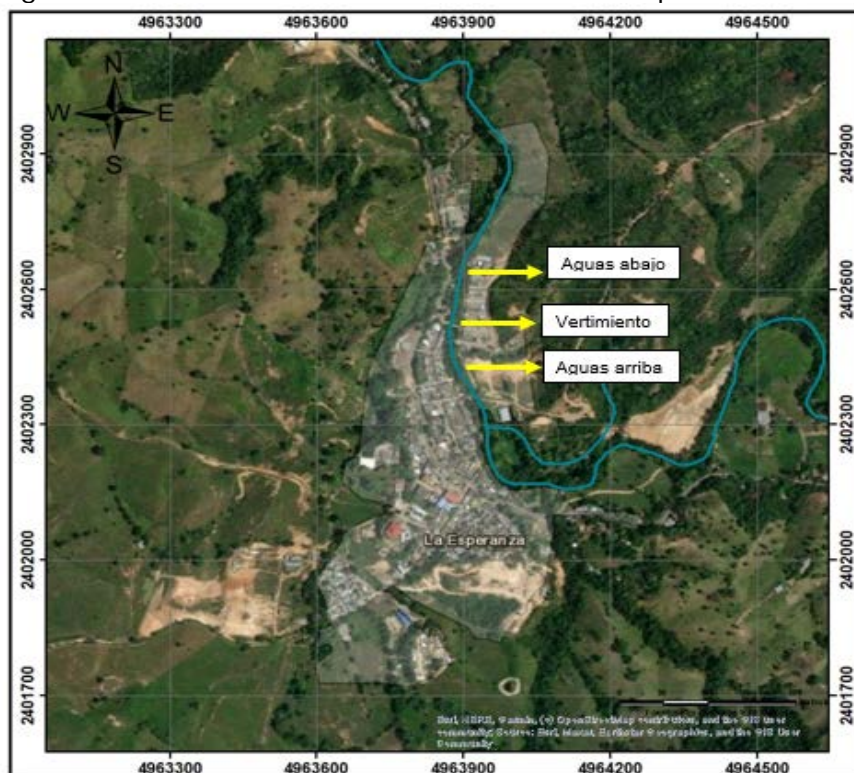
En el segundo semestre del año 2023, se ejecutó la caracterización de la quebrada La Esperanza en el municipio de La Esperanza, Norte de Santander. Para esto, se implementó el protocolo de toma de muestras de aguas residuales subministrado por el IDEAM (Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales). En cuanto al laboratorio se encuentra certificado por el IDEAM, teniendo como referente esto, se entienden que están altamente calificados para analizar cualquier tipo de muestreo de suelos y aguas.

Los métodos de muestreos de aguas residuales domésticas y no domésticas consisten en la extracción de una porción representativa de una masa de agua residual con el propósito de examinar diversas características de contaminación definidas (IDEAM, 2015).

Es necesario que la muestra conserve las concentraciones de todos sus componentes y que no se presenten cambios significativos en su composición antes del análisis. La eficaz realización de un análisis de agua residual empieza con el cuidado que se debe tener al tomar la muestra y la custodia de esta, por esto, es de gran importancia implementar un protocolo adecuado para determinar los pasos y normas que se deben llevar a cabo para la toma de muestra de tal manera que no se presenten imprevistos en la etapa de monitoreo y que se conserve las condiciones necesarias para cada parámetro a determinar como el tipo de preservación y los tiempos de estabilidad de los analitos (Restrepo, 2023).

A continuación, en la figura 1 se muestra el punto de muestreo ubicado sobre el cuerpo de agua quebrada La Esperanza (Norte de Santander).

Figura 1. Puntos de muestreo ubicados sobre la quebrada La Esperanza.



Fuente: Tomado y modificado de ArcGIS módulo ArcMap versión 10.8, por autores 2023.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. MEDICIÓN DEL CAUDAL

Por medio de los métodos de flotador y volumétrico se desarrollaron las tomas de mediciones de los caudales correspondientes al cuerpo de agua establecido, determinando un área del cuerpo de agua para reducir el margen de error; a continuación, como se muestra en la tabla 1, se reflejan los valores obtenidos de las mediciones del caudal en los diferentes puntos.

Tabla 1. Muestreo de datos obtenida de aguas arriba la quebrada.

Punto de monitoreo	Caudal promedio (m ³ /s)
aguas arriba	0,022
aguas abajo	0,015
vertimiento	0,025

Fuente: Elaboración propia.

3.2. ANÁLISIS DE LOS PARÁMETROS

Los análisis que se llevaron a cabo junto a la comprobación del cumplimiento de los parámetros ya establecidos en la Resolución 631 del año 2015 de Colombia; por lo que en la tabla 2, se muestra la comparación entre la Resolución y los valores obtenidos resultado del laboratorio.

Tabla 2. Comparación entre la relación 631 del 2015 y resultados del vertimiento.

Parámetro analizado	Punto de vertimiento	Resolución 631 del 2015	Unidades	Cumple (SI o NO)
DBO₅	130	90	mg/L	NO
DQO	450	180	mg O ₂ /L	NO
Grasas y aceites	29	20	mg/L	NO
Solidos sedimentables	0,6	5	ml/L	SI
Solidos suspendidos totales	137	90	mg/L	NO
coliformes fecales				
NPM	630	N/A	NMP/100ml	N/A
Coliformes totales				
NPM	1700	N/A	NMP/100ml	N/A

Fuente: Elaboración propia, a partir de datos del Ministerio del Ambiente (2015).

Según la tabla 2, los resultados obtenidos por el laboratorio en los parámetros de: DBO₅, DQO, solidos suspendidos totales, grasas y aceites no cumplen con los valores mínimos permisibles indicados en la legislación colombiana siendo considerados como altas cargas de agentes contaminantes provenientes de las aguas residuales de los habitantes de la zona, los cuales disponen sus aguas sin un previo tratamiento a la fuente hídrica.

Los coliformes fecales y coliformes totales muestran una presencia considerable, los cuales derivan de las diferentes actividades que se desarrollan en el casco urbano y zonas cercanas que proporcionan cargas contaminantes adicionales a las que normalmente deberían poseer, estas como las familias productoras de leche; adicionalmente, la existencia de coliformes demuestra la presencia de microorganismos y cargas fecales que pueden contener agentes patógenos (Ramirez, 2020).

Los valores que se mencionan anteriormente en la tabla 2 se evaluaron y se compararon con la normatividad del país de Colombia, los cuales finalizada la caracterización realizada en la quebrada La Esperanza, se ha comprobado que exceden los valores máximos estipulados en la normatividad a excepción de los sólidos sedimentables que se encuentran por debajo de los valores máximos permisibles.

Teniendo los valores representados en las comparaciones del análisis del vertimiento con la Resolución 631 del 2015, se demuestran las diferentes variaciones que se puede generar al cuerpo de agua, identificando los valores que superan los parámetros según la norma colombiana para vertidos sin un previo tratamiento sobre las fuentes hídricas.

Para valorar los impactos del vertimiento y la capacidad máxima de absorción de los contaminantes en la quebrada La Esperanza, se llevó a cabo un análisis sobre la DBO5 y la DQO en los dos puntos de muestro simple donde se extrajeron las muestras de aguas en la parte superior e inferior de la misma; permitiendo comprobar la cantidad de oxígeno consumido por la materia orgánica que se encuentra presente en el agua y otras sustancias químicas disueltas en la misma.

Por consiguiente, se expresa en la tabla 3 los valores obtenidos del monitoreo sobre la quebrada La Esperanza en los puntos de aguas arriba y aguas abajo según los análisis del laboratorio.

Las cargas de contaminantes por DBO5 en aguas arriba es de 8 mg/L y aguas abajo son de 9 mg/L, lo cual refleja una disminución del parámetro comparado después del punto de vertimiento, viéndose afectado de forma directa por la carga de contaminante. Para la DQO es la cantidad necesaria de O₂ que se requiere para oxidar el contaminante; en cuanto a su representación se debe tener presente que entre mayor sea la DQO, más contaminada se encontrara el agua (Induanalisis, 2019).

Tabla 3. Valores de los puntos de muestreo en aguas arriba y aguas abajo.

Parámetro	Aguas Arriba	Aguas Abajo	unidades
DBO ₅	< 10,0	< 10,0	mg/L
DQO	< 6,0	< 6,0	mg O ₂ /L

Fuente: Elaboración propia.

3.3. ÍNDICE DE BIODEGRADABILIDAD

Este índice relaciona la DBO5 sobre la DQO, la cual indica la cantidad de material orgánico presente en un muestreo determinado; este se calcula diciendo la demanda bioquímica de oxígeno por la demanda química de oxígeno (DBO5/DQO). En cuanto mayor es el valor del índice, la proporción de materia orgánica biodegradable será mayor en la muestra (Martinez & Mendoza, 2021)

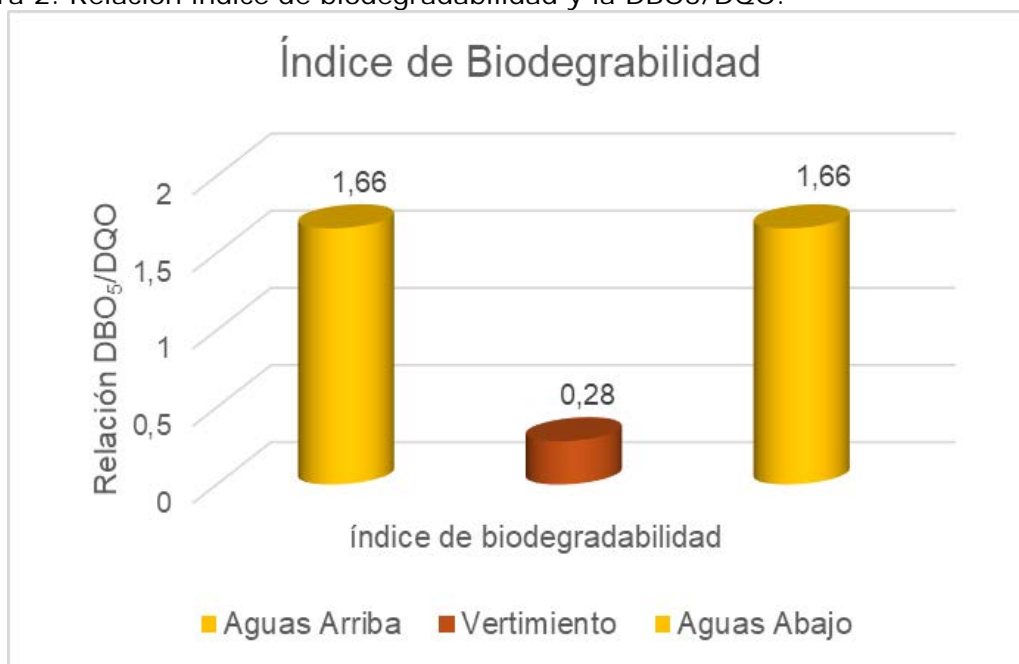
Tabla 4. Índice de biodegradabilidad para punto de muestreo.

Punto de muestro	DBO ₅	DQO	Relación DBO ₅ /DQO	Índice de Biodegradabilidad
Aguas Arriba	<10	<6	10/6	1,66
Vertimiento	130	450	130/450	0,28
Aguas Abajo	<10	<6	10/6.	1,66

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en la figura 2 se representa la relación del índice de biodegradabilidad en relación de la DBO5/DQO.

Figura 2. Relación índice de biodegradabilidad y la DBO₅/DQO.



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados que se obtuvieron en la figura 2, muestra que los valores relacionados al índice de biodegradabilidad de las muestras de aguas arriba y aguas abajo correspondientes al mismo valor de 1,66 lo cual representa una buena biodegradabilidad, dando como resultado las condiciones óptimas para la fuente hídrica; en el caso del vertimiento, el resultado obtenido corresponde en un valor de 0,28, el cual en el índice de biodegradabilidad indica que el contaminante que se encuentra presente en la muestra es medianamente biodegradable, el cual puede ser degradado por microorganismos en un tiempo medianamente corto.

4. CONCLUSIONES

El vertimiento actual del municipio La Esperanza sobre la quebrada homónima en el sector de la cabecera municipal no cumple con la normatividad de vertimientos reflejada en la Resolución 631 del 2015, esto mediante la caracterización del vertimiento junto a los parámetros analizados, demostrando que los resultados superaron los límites máximos permisibles de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes totales, grasas y aceites; por ende, es necesario el desarrollo de procesos los cuales permitan implementar un sistema de tratado, con el fin de minimizar las cargas de agentes contaminantes a la fuente hídrica, ya que las aguas residuales del municipio son vertidas sin un previo proceso de tratamiento.

Esto concuerda con la investigación realizada por (Parra, 2017) en donde expresan que el análisis de impactos ambientales revela que las actividades antrópicas más significantes, son la descarga de aguas residuales y la disposición inadecuada de residuos, están afectando gravemente el recurso hídrico. A través de la visita técnica, se evaluaron los impactos sobre la quebrada La Esperanza ubicada en el municipio homónimo del departamento de Norte de Santander, se identificaron diferentes directrices con la ayuda de información preliminar mediante la

revisión del esquema de ordenamiento territorial (EOT) y su plan de desarrollo correspondiente.

Implementando el método de EPM del Manual de evaluación de impacto ambiental de proyectos, obras y actividades por Jorge Arboleda, se logró definir y analizar cuáles son las actividades que cuentan con un impacto mayor sobre el medio ambiente y afectación al recurso agua. Los diversos componentes evaluados permiten que las aguas residuales generadas por actividades como la producción de ganado de diferentes especies, la

producción de lácteos y los cultivos transitorios se descarguen de forma directa en las redes de alcantarillado y se conducen hacia la quebrada sin neutralizar los posibles contaminantes que pueda albergar esta misma.

Finalmente, el propósito del desarrollo de las fichas ambientales es lograr que los pobladores del casco urbano del municipio de La esperanza inicien un proceso de cooperación con el medio ambiente, asegurando que todas las acciones y hábitos que se implementen, prioricen los objetivos de dichas fichas. Es necesario mejorar diversos factores ambientales en beneficio a la conservación del recurso hídrica.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Colprensa (2022). El 47 % de las aguas residuales no son tratadas en Colombia. Radio Nacional. Recuperado el 2 de mayo de 2024, de <https://www.radionacional.co/actualidad/medio-ambiente/aguas-residuales-en-colombia-47-por-ciento-no-sontratadas#:~:text=En%20Colombia%20el%20porcentaje%20de,metro s%20c%C3%BAbicos%20de%20aguas%20residuales.>

Hagbrink, I. (2022). El agua en la agricultura. Banco Mundial. Recuperado el 5 de octubre de 2024, de [https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture.](https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture)

Induanalisis. (2019). DBO y DQO. Recuperado el 4 de junio de 2019, de [https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31.](https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31)

Martínez, E., Freddy, A., Felipe, C., & Mendoza, A. (2021). Estimación de Biodegradabilidad del Efluente de las aguas residuales del CIRA/UNAN-Managua según ISO 10707 y OECD 301D (2020-2021).

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Resolución 0631 de 17 de marzo de 2015, por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Programa Mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos de las Naciones Unidas (WWAP). (2017). Informe Mundial de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos 2017: Aguas residuales: El recurso desaprovechado. UNESCO.

Parra, D. M. (2017). Evaluación ambiental asociada a los vertimientos de aguas residuales generados por una empresa de curtiembres, en la cuenca del río Aburrá. Recuperado de <https://ridum.umanizales.edu.co/bitstream/handle/20.500.12746/3645/C>

uesta_DianaProyectede%20gradomaestr%C3%ADa.pdf?sequence=1&isAl
lowed=y.

Universidad de Antioquia. (2017). Formulación del protocolo de muestreo para el monitoreo de aguas residuales domésticas y no domésticas bajo los requerimientos técnicos establecidos por la norma técnica Colombiana NTC -ISO- 17025 del 2017.