

Impactos ambientales generados por las aguas residuales vertidas a fuente hídricas - Caso de estudio Norte de Santander, Colombia

Nelson Andrey Navas Gallo

Doctor en Medio Ambiente y Sociedad, Magíster en Prevención de Riesgos Laborales, Unidades Tecnológicas de Santander Colombia

Karen Tatiana Bueno Suarez

Ingeniera Ambiental, Unidades Tecnológicas de Santander Colombia

Angela Paola Maldonado Conde

Ingeniera Ambiental, Unidades Tecnológicas de Santander Colombia

Eileen Xiomara Guerra Carpintero

Química Ambiental, Magíster en Ciencias y Tecnologías Ambientales, Unidades Tecnológicas de Santander Colombia

RESUMEN

La problemática del vertido de aguas residuales es un fenómeno que llama la atención cada vez más por la gran generación de alteraciones que genera, el proyecto se desarrolló en el municipio de Pamplona Norte de Santander Colombia, sobre una sección del río Pamplonita unas de las fuentes hídricas más importantes de este departamento, donde se identificó y se evaluó los impactos ambientales generados por los vertidos de aguas residuales en la fuente hídrica. El estudio consistió en analizar las características bióticas, abióticas y sociales; primero se elaboró una línea base ambiental para conocer el estado de los componentes ambientales, proseguido se monitoreó la fuente hídrica, donde tomaron muestras del vertido y de la sección del río influenciada por estas aguas residuales, los parámetros analizados fueron: pH, la temperatura, caudal, DBO5, DQO, Sólido Sedimentables, Coliformes, Aceites y grasas. Producto de la línea ambiental, se conoció el estado de cada uno de los componentes estudiados, de igual forma a través del monitoreo se halló el grado de biodegradabilidad donde se evidencia que, la fuente hídrica después de recibir el vertido presenta un grado de No biodegradabilidad indicando que, la corriente hídrica no asimila de forma correcta la carga contaminante. A través la evaluación de los impactos ambientales se obtuvo que los componentes con mayor alteración fueron el biótico y abiótico, debido a que se encuentran entre los rangos de valoración severos y moderados, Finalmente, se formularon las estrategias de solución para los impactos ambientales causados en el área de influencia. Este proyecto presenta la gran alteración que se genera sobre la fuente hídrica.

Palabras claves: Aguas Residuales, Caracterización hídrica, Contaminación, Impacto ambiental, vertimiento.

1 INTRODUCCIÓN

En Colombia, el crecimiento demográfico tiene una tasa de 1.1% anualmente, llevando de este modo a la expansión de zonas tanto rurales como urbanas, causante de la contaminación y sobreexplotación de los



recursos naturales, debido a la demanda de vivienda, producción alimentaria y demás sectores como lo es la industria textil, la agropecuaria (Banco Mundial, 2021).

Uno de los recursos que mayor contaminación presenta a nivel mundial es el agua, debido a las acciones y actividades antrópicas, con fines sociales, políticos y culturales (bienes y servicios). Todo esto trae tanto bienestar como amenazas, ya que al hacer uso indiscriminado de este recurso crea afectaciones a la seguridad de la calidad de vida como a la fauna, la flora y la salud (Núñez, 2023).

El municipio de Pamplona, el cual se encuentra ubicado en la parte norte del río Pamplonita, hace uso del recurso hídrico principalmente para actividades como la agricultura, uso doméstico, lavado de autos, lavanderías de ropa, entre otros. La destinación para el uso del recurso, provoca contaminación por medio de residuos orgánicos e inorgánicos por el uso de insecticidas y/o agroquímicos, además de esto las descargas de agua generadas en la zona urbana y rural (aguas residuales domésticas) (Villamizar, Ramón, & López, 2020).

En la parte del casco urbano municipal, son evidenciadas quebradas que atraviesan la zona, las cuales reciben las aguas residuales domésticas, también las producidas por actividades agrícolas e industrias como las de lavados de autos y ropa, donde disminuye la capacidad de autorregulación y evitando que se dé fácilmente, por lo tanto, en el presente estudio se analizaron parámetros físico-químicos en el tramo ubicado entre la cárcel (EPMSC) y el hospital San Juan de Dios (Corponor, 2018).

La identificación de las afectaciones y contaminantes presente en la fuente hídrica, se llevó a cabo por medio de una caracterización, donde se realizó un monitoreo durante 12 horas, tomando una muestra del cuerpo de agua cada hora para tabular los parámetros de temperatura, el tiempo para los caudales y el pH.

Posteriormente, fueron llevadas al laboratorio para el respectivo análisis de los parámetros fisicoquímicos, con el fin de determinar el estado del recurso hídrico en el municipio de Pamplona, Río Pamplonita (Corzo, 2021).

El objetivo principal del proyecto fue realizar la caracterización para la identificación de las afectaciones y contaminantes presente en la fuente hídrica, en la cual fueron tomados los parámetros, donde se realizó un monitoreo durante 12 horas, tomando una muestra del cuerpo de agua cada hora para tabular los parámetros de temperatura, el tiempo para los caudales y el pH.

Finalmente, fueron llevadas al laboratorio para el respectivo análisis de los parámetros fisicoquímicos, con el fin de determinar el estado actual del recurso hídrico en el municipio de Pamplona, Río Pamplonita (Corzo, 2021).



2 MATERIALES Y MÉTODOS

La realización de este proyecto se llevó a cabo a partir del método de investigación de tipo descriptivo, donde según Rus por medio de este tipo de investigación permite analizar las características de una población o fenómeno, siendo esencial para el análisis de forma cualitativa, haciendo que el documento se haga de forma resumida, incluyendo factores como la observación, el caso de estudio y las encuestas que se realizan en la zona de estudio (Rus, 2021).

Se presentó puntualmente los componentes y/o características del municipio de Pamplona Norte de Santander, por medio de la elaboración de la línea base Ambiental de este municipio, también la investigación y recopilación de información primaria, la cual fue de vital importancia al momento de hacer la identificación de las afectaciones ambientales. La información y datos fue recopilada cualitativamente, el cual estudia la calidad de las actividades, medios, relaciones, asuntos, materias e instrumentos (Salazar, 2020), un claro ejemplo fue la encuesta que se llevó a cabo en el municipio, además con la implementación de una matriz, la cual facilitó la organización de los impactos ambientales identificados, además las estrategias de mitigación y control de las afectaciones ambientales encontradas en la fuente hídrica en estudio, el río Pamplonita, tomando un carácter cuantitativo, permitiendo la implementación de la metodología Conesa, con el fin de evaluar los impactos ambientales presentes en el área de estudio.

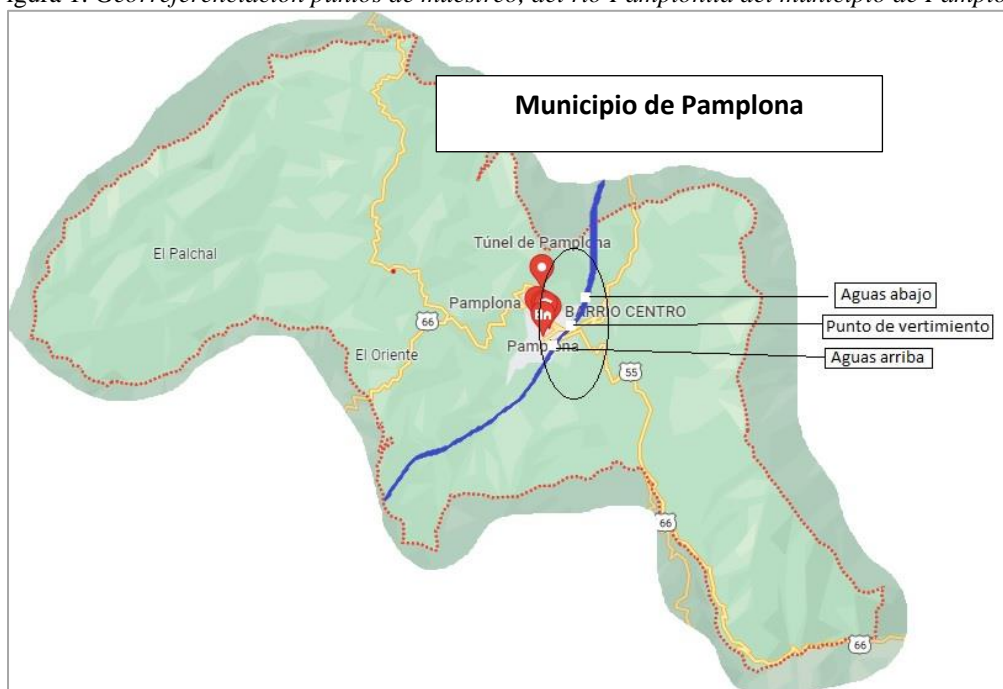
Mediante visitas de campo en el área de estudio se recopiló información de tipo primario, también de carácter secundario, principalmente para la realización de la línea base ambiental del área de influencia de la fuente hídrica. A continuación, se detalla el proceso de caracterización de la fuente hídrica en cuanto a los factores bióticos, abióticos y socioeconómicos que se presentan en el municipio, igualmente se llevó a cabo la identificación y valoración de los impactos ambientales generados por las actividades antrópicas.

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA FUENTE HÍDRICA

Se realizó un monitoreo en un tramo del río Pamplonita en la zona comprendida entre la cárcel y el hospital del municipio de Pamplona Norte de Santander (ver figura 1) en las siguientes coordenadas $7^{\circ}22'28''N$ - $72^{\circ}38'42''O$ aguas arriba y $7^{\circ}22'28''N$ - $72^{\circ}38'40''O$ aguas abajo, allí se identificaron las condiciones fisicoquímicas de la fuente hídrica ubicada en el área de estudio.

La caracterización se realizó en el mes de abril de 2023, desde las 7:00 hasta las 19:00 intervalo de tiempo de doce horas, donde se tomaron datos de pH, Temperatura ambiente y de la fuente, el caudal, cada hora. Después de la toma de muestras de la fuente hídrica se realizó la caracterización del área de estudio.

Figura 1. Georreferenciación puntos de muestreo, del río Pamplonita del municipio de Pamplona



Fuente: (Tomado de Google earth, editado por autores, 2023)

La caracterización del río Pamplonita, se llevó a cabo en dos puntos tanto aguas arriba como aguas abajo donde se tomaron muestras a las cuales se les tomaron los parámetros In-situ como pH, Temperatura y caudal. Posteriormente fueron llevadas al laboratorio para el respectivo estudio de parámetros como la DBO₅ Y DQO.

Con la ayuda de la cinta de pH y el termómetro digital se procedió a medir los parámetros de pH, Temperatura y Temperatura ambiente para cada una de las alícuotas; a continuación, en la **Tabla 1** se muestran todos los valores de los parámetros in-situ que se obtuvieron durante el muestreo en el punto de vertimiento, aguas arriba y aguas abajo, durante el monitoreo.

Tabla 1. Valores de los parámetros in-situ.

Parámetros in-situ			
Lugar de muestreo	Temperatura del agua (°C)	pH	Temperatura ambiente (°C)
Vertimiento	9,75	5,08	17
Aguas abajo	12	6	
Aguas arriba	10	5	

Fuente:(Autores)

Para la realizar la medición del caudal realizado en el área de estudio río Pamplonita sector desde el centro penitenciario hasta el hospital San Juan de Dios, se tomaron los tres puntos de muestreo, para cada uno de los puntos se utilizó el método volumétrico, donde se registró el volumen y el tiempo promedio que se obtuvo en cada hora de la toma de muestras.

2.2 IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

De acuerdo a las actividades antrópicas generadoras de impactos ambientales del municipio (Lavanderías de ropa, lavado de autos, ganadería, agricultura, etc.), fueron identificados y clasificados dentro de los componentes biótico, abiótico y social. Seguidamente se realizó la valoración de los impactos con respecto al método de Conesa, en el cual permitió el análisis de la información y datos recopilados tanto en el plan de desarrollo del municipio como el plan básico de ordenamiento de territorial, entre otras fuentes como el IDEAM y el DANE. Teniendo en cuenta la visita realizada al municipio, se pudieron incluir actividades que creaban afectaciones a la fuente hídrica. En la **Tabla 2** Se observa los rangos de nivel de afectación para cada una de las actividades analizadas, indicadas con un color para cada uno de los impactos, desde el más alto hasta el más bajo.

Tabla 2. Rangos asignados a cada criterio de la importancia ambiental (IA)

Rango de la IA	Calificación	Símbolo
<25	Irrelevantes o compatibles con el ambiente	
25-50	Moderado	
50-75	Severo	
>75	Críticos	
Los valores con signo + se consideran nulos		

Fuente: (Arboleda, 2008).

El método de Conesa hace la correlación entre las actividades y los componentes, donde es necesaria una cuantificación numérica para obtener el valor del grado de afectación, tomando variables como la naturaleza (NA), intensidad (IN), momento (MO), reversibilidad (RV), sinergia (SI) acumulación (AC), efecto (EF), probabilidad (PR), recuperabilidad (R), extensión (EX), persistencia (PE) e importancia (I), se puede ver en la **Tabla 3**, dónde está la evaluación y valoración de la afectación generada.

3 RESULTADOS

3.1 EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

La valoración fue realizada con respecto a las actividades antrópicas más relevantes, en la **tabla 3** se aprecia la matriz de impactos.

Tabla 3. Matriz de evaluación de identificación de impacto ambiental.

IMPACTO	NAT (+/-)	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	Import	Valorización del Impacto
COMPONENTE BIOTICO Y ABIOTICO													
Perturbación del suelo	(-)	4	4	4	4	2	2	1	4	4	4	45	Moderado
Daño al paisaje natural	(-)	4	4	4	4	2	2	4	4	4	4	48	Moderado
Alteración en las fuentes hídricas	(-)	8	4	4	4	4	2	4	4	4	4	62	Severo

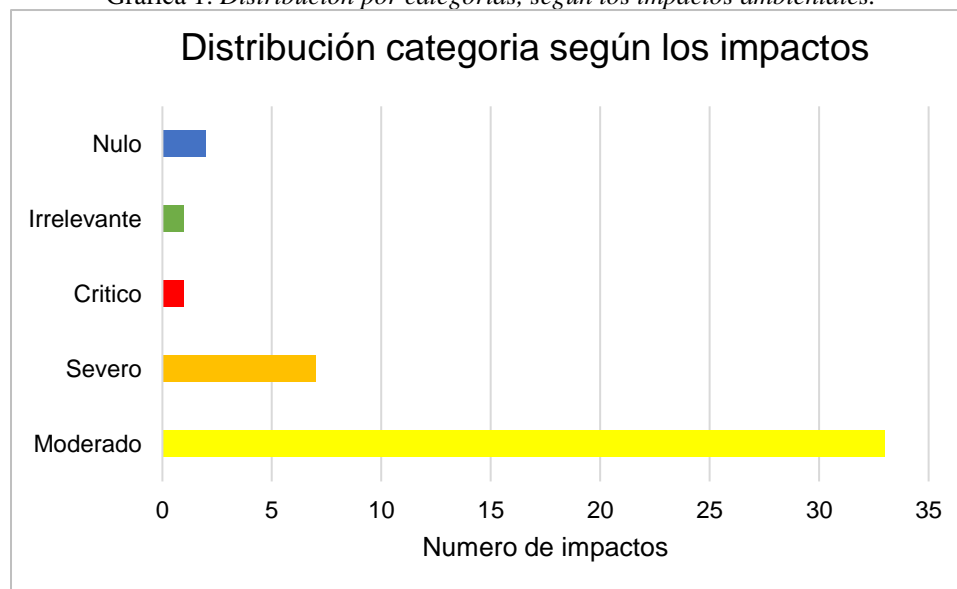


IMPACTO	NAT (+/-)	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	Impo r	Valorizaci ón del Impacto
Pérdida de los recursos naturales	(-)	4	4	4	4	2	2	4	2	1	4	43	Moderado
Contaminación del agua	(-)	12	8	4	4	4	4	4	4	4	8	88	Crítico
Pérdida de la capa vegetal	(-)	4	4	4	4	2	1	1	4	4	2	42	Moderado
Emisión de gases	(-)	4	4	2	4	4	2	1	2	4	2	41	Moderado
Deforestación de especies nativas	(-)	4	4	2	4	4	2	4	4	4	8	52	Moderado
Contaminación por pesticidas al agua	(-)	8	8	4	4	1	2	4	4	4	4	67	Severo
Acumulación de gases en la atmosfera	(-)	4	1	4	4	1	1	1	1	4	2	32	Moderado
Deterioro de la flora	(-)	4	4	2	2	2	1	4	1	2	1	35	Moderado
Reducción de especies	(-)	4	4	1	2	1	1	1	2	2	1	31	Moderado
Disminución de especies acuáticas	(-)	4	4	2	4	1	2	4	1	4	2	40	Moderado
Contaminación del suelo	(-)	4	4	2	4	4	2	4	2	4	1	43	Moderado
Concentración de sustancias químicas en el ambiente.	(-)	4	4	1	2	1	2	1	4	4	2	37	Moderado
Aumento de la alcalinidad en el agua	(-)	8	8	4	4	4	2	4	1	4	4	67	Severo
Deterioro del paisaje natural	(-)	4	4	4	2	2	4	1	2	2	1	38	Moderado
Disminución de la calidad del agua.	(-)	4	4	2	4	4	2	4	4	4	1	45	Moderado
Destrucción de la biodiversidad	(-)	4	4	2	2	4	2	1	4	4	2	41	Moderado
Disminución del oxígeno en el agua	(-)	8	4	4	4	1	2	4	2	2	1	52	Severo
Generación de vertimientos	(-)	8	4	4	2	2	4	4	4	1	2	55	Severo
Desintegración de la estructura del suelo	(-)	4	4	2	4	1	2	1	2	4	1	37	Moderado
Modificación del paisaje	(-)	4	4	4	4	4	4	1	4	2	4	47	Moderado
Alteración de la calidad del agua	(-)	8	4	2	4	4	2	4	4	4	2	58	Severo
Proliferación de algas	(-)	4	4	2	2	2	4	1	4	2	1	38	Moderado
Modificación del suelo	(-)	4	4	4	4	4	2	1	4	4	2	45	Moderado
Generación de material particulado	(-)	4	4	4	2	2	4	4	2	2	4	44	Moderado
Transformación del paisaje	(-)	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	48	Moderado
Alteración de los cuerpos de agua	(-)	4	4	4	4	2	2	4	4	4	2	46	Moderado
Aumento de gases en la atmosfera	(-)	4	4	2	2	2	2	1	2	2	1	34	Moderado
Estrés fisiológico en las plantas	(-)	4	4	1	1	1	1	1	2	1	2	30	Moderado
Crecimiento de las ciudades	(-)	4	4	4	4	4	4	1	4	4	2	47	Moderado
Aumento de la erosión del suelo	(-)	4	4	2	2	2	4	4	4	2	4	44	Moderado
Disminución de la producción de oxígeno	(-)	4	1	2	4	2	4	4	1	4	1	36	Moderado
Sobreexplotación de los recursos naturales	(-)	4	4	1	1	1	1	1	1	4	2	32	Moderado
Afectación a la calidad del agua	(-)	4	4	4	2	4	2	4	4	4	2	46	Moderado
Desplazamiento de la masa forestal	(-)	2	4	1	2	1	1	1	2	4	1	27	Moderado
Pérdida de la biota terrestre	(-)	4	4	4	4	2	2	1	4	4	2	43	Moderado

IMPACTO	NAT (+/-)	IN	EX	MO	PE	RV	SI	AC	EF	PR	MC	Impo r	Valorizaci ón del Impacto
Fragmentación del suelo	(-)	4	4	2	4	4	2	1	4	4	2	43	Moderado
Generación de gases efecto invernadero	(-)	1	4	2	2	2	2	1	1	2	1	24	Irrelevante
Desperdicio excesivo de agua	(-)	8	4	1	4	2	4	4	1	4	1	62	Severo
COMPONENTE SOCIAL													
Aumento de la productividad	(+)	8	4	2	2	2	2	1	2	4	4	51	Nulo
Aumento de la economía	(+)	4	4	2	4	1	4	1	2	2	4	40	Nulo
Aumento de enfermedades en las personas	(-)	4	4	2	4	4	2	4	2	4	4	46	Moderado

En las grafica 1 se evidencia los valores de los impactos irrelevantes, moderados, severos y críticos que fueron identificados en la evaluación de los impactos ambientales presentes en el área de influencia de la fuente hídrica.

Gráfica 1. Distribución por categorías, según los impactos ambientales.



Fuente:(Autores)

3.2 CARACTERIZACIÓN FUENTE HÍDRICA

El caudal del vertimiento después de tabular los tiempos tomados en el vertimiento cada hora, se obtuvo un promedio de 3,44 segundos y el volumen empleado para este caso fue de 14 L, por lo tanto, el caudal obtenido fue de 4,07 L/s, de este modo el flujo de agua es alto.

Para la toma del caudal de aguas arriba y aguas abajo se tabularon los datos del área donde se llevó a cabo la toma del caudal, el tiempo y las coordenadas. Se puede observar a continuación en la **Tabla 4** los valores obtenidos del caudal para cada caso.

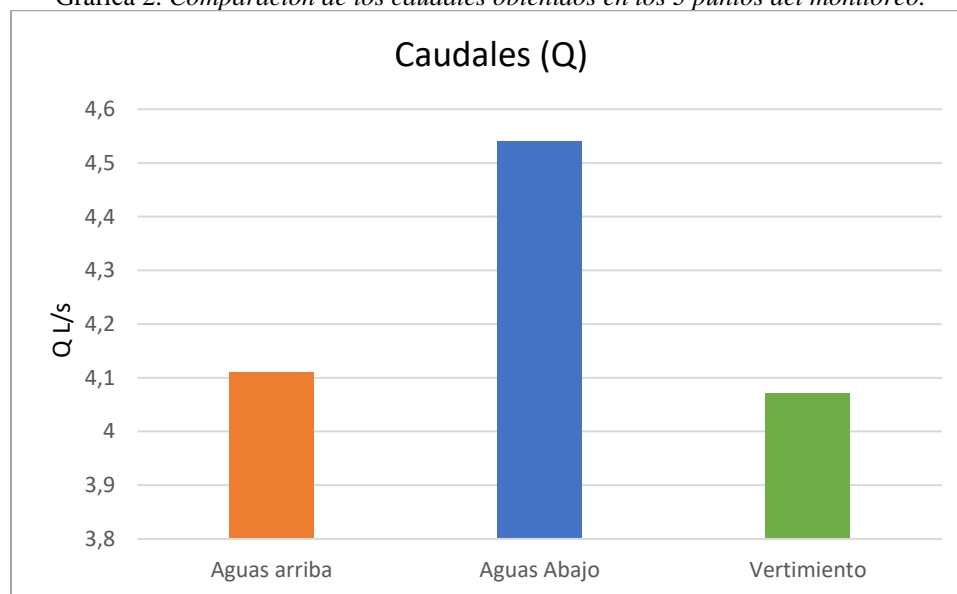
Tabla 4. Caudal aguas abajo y aguas arriba.

Punto del monitoreo	Volumen (L)	Tiempo (s)	Q (L/s)
Aguas Abajo	14	3,08	4,54
Aguas Arriba	14	3,40	4,11

Fuente: (Autores)

Con respecto al caudal obtenido aguas abajo y aguas arriba fue de 4,54 L/s y 4,11 L/s respectivamente como se puede observar en la **Tabla 4**, donde al hacer el comparativo con el caudal del punto de vertido, es mayor aguas abajo, mientras que el del vertimiento fue menor, seguido del tomado aguas arriba. Este comparativo se puede apreciar con mayor facilidad en la **Gráfica 2**.

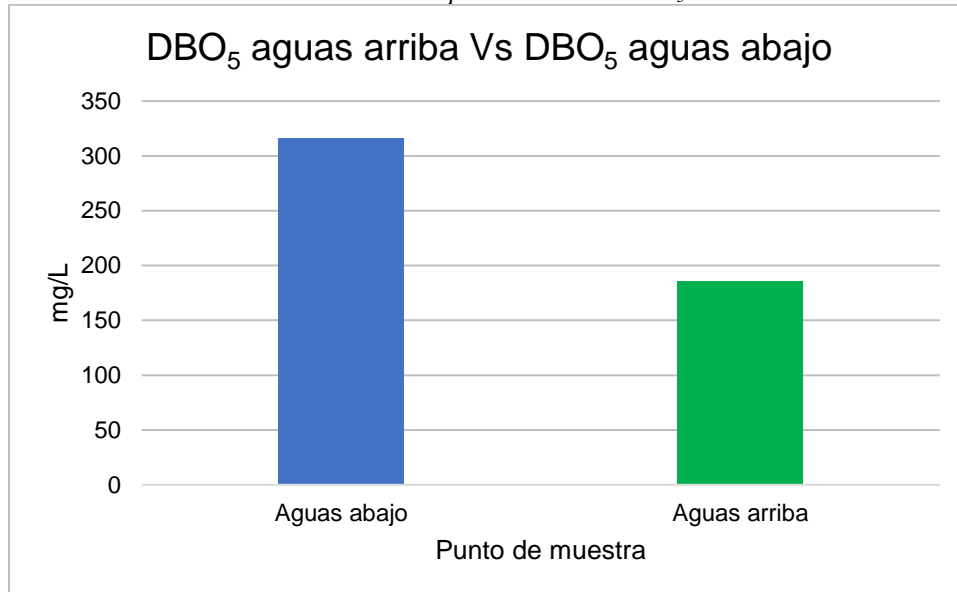
Gráfica 2. Comparación de los caudales obtenidos en los 3 puntos del monitoreo.



Fuente: (Autores)

En las **Gráficas 2 y 3** se muestran los resultados obtenidos de la caracterización de la fuente hídrica donde se comparan los parámetros de DBO₅ y DQO, también los índices de biodegradabilidad de cada punto el cual se puede ver en la **Gráfica 4**, donde se tuvieron en cuenta los rangos de muestreo como se puede observar en la **Tabla 3**.

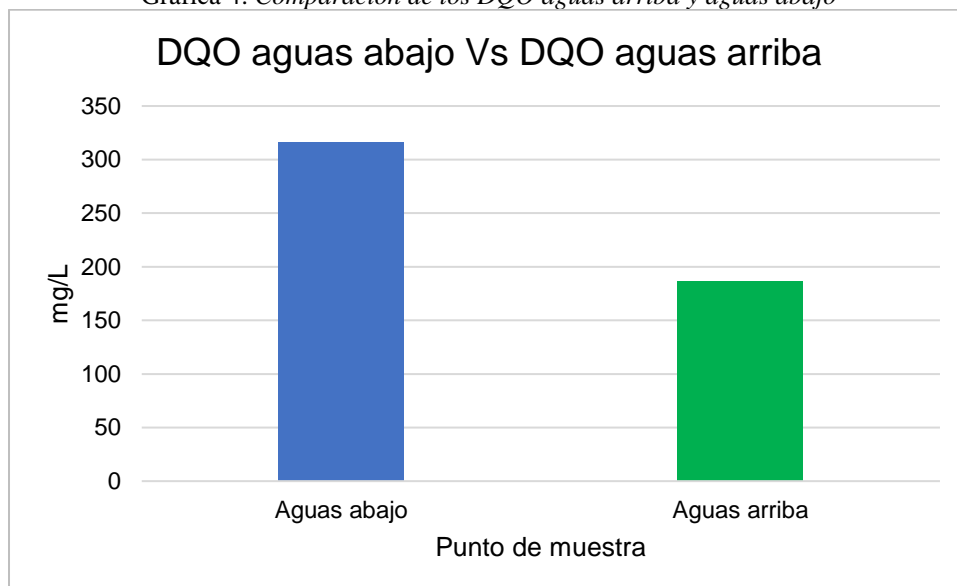
Gráfica 3. Comparación de los DBO₅.



Fuente: (Autores)

La DBO₅ de aguas arriba y agua abajo obtenida fue de 43,4 mg/L de O₂ y 166 mg/L de O₂ respectivamente, donde el mayor valor fue el registrado aguas abajo, por lo tanto, estos valores se encuentran directamente relacionados con las actividades de plantas de sacrificios, tanto de aves como de cabezas de ganado, la porcicultura presente en el municipio.

Gráfica 4. Comparación de los DQO aguas arriba y aguas abajo



Fuente: (Autores)

El valor obtenido de DQO aguas arriba y aguas abajo fue de 186 mg/L de O₂ y 316 mg/L de O₂ respectivamente, siendo este último el más alto. Estos valores demuestran concentraciones muy altas, debido a las actividades que se realizan en el municipio como: la agricultura, lavado de carros, lavanderías, entre otras, acciones antrópicas.

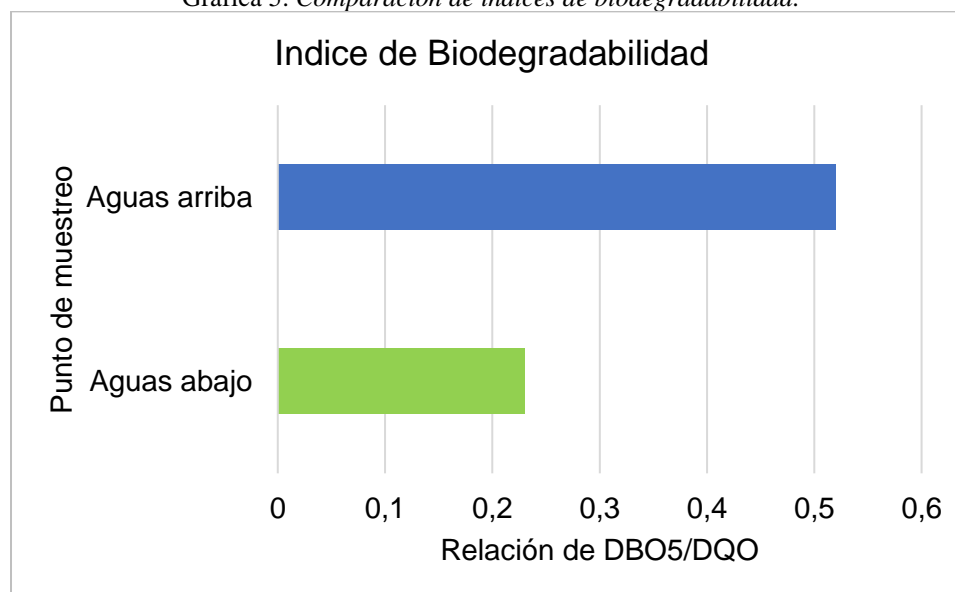
Tabla 5. Rangos de la biodegradabilidad y su clasificación.

DBO ₅ /DQO	Clasificación
>0.8	Muy biodegradable
0.7-0.8	Biodegradable
0.3-0.7	Poco biodegradable
<0.3	No biodegradable

Fuente: (Torín, 2020)

Lo índices de biodegradabilidad obtenidos para la fuente hídrica fueron 0,23 y 0,52 aguas abajo y aguas arriba respectivamente, lo cual se plasma en la 5, donde el que tiene mayor índice de biodegradabilidad es el obtenido aguas arriba, siendo clasificado como poco biodegradable, concluyendo que el índice de biodegradabilidad de la fuente hídrica después de recibir el vertido es No biodegradable, demostrando la alteración que genera las aguas residuales, no permitiendo la recuperación de la fuente hídrica (Torín, 2020).

Gráfica 5. Comparación de índices de biodegradabilidad.



Fuente: (Autores)

4 RESULTADOS

Como resultado de la evaluación e identificación de los impactos ambientales se evidencia que el mayor impacto generado en el área de estudio es la contaminación del recurso hídrico debido a las descargas de aguas residuales generadas de las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan en el municipio,



igualmente se halló un impacto severo en cuanto a la alteración de la fuente hídrica y la contaminación en el agua por el uso de pesticidas esto relacionado con la actividad económica principal que se realiza en el municipio que es la agricultura, en cuanto a los impactos moderados, se asocian con efectos ambientales negativos sobre los ecosistemas terrestres y acuáticos, incluyendo la flora y la fauna, los cuales representan una amenaza directa por su posible migración, provocando una disminución de la biodiversidad en la región (Siesquen,2023).

De los caudales hallados se encontró que el mayor valor registrado fue el de aguas abajo debido a las condiciones del río que hacen que el caudal varíe tanto aguas arriba como aguas abajo, pues aguas arriba el río se encuentra en su estado natural mientras que aguas abajo el río se encuentra canalizado.

De las muestras que se tomaron tanto aguas arriba como aguas abajo se pudo evidenciar que de los valores obtenidos de DQO Y DBO₅ el valor de DQO fue el más alto lo cual permite identificar que el afluente está siendo altamente contaminado debido a actividades antrópicas como la agricultura, lavado de carros, lavanderías, entre otras, desarrolladas cerca del área de estudio.

En cuanto al índice de biodegradabilidad calculado aguas arriba y aguas abajo donde el que tiene menor índice de biodegradabilidad es el obtenido aguas abajo respecto al vertido, siendo clasificado como poco biodegradable, la fuente hídrica presenta dificultad de regenerarse, por lo cual no presenta sus condiciones naturales, debido al vertido de aguas residuales.

5 CONCLUSIONES

Las características del cuerpo de agua del río Pamplonita en el tramo de la cárcel y el hospital evidencia un constante deterioro producto de los vertimientos con cargas contaminantes aguas abajo, siendo el que capta las aguas residuales de gran parte del municipio Pamplona, Norte de Santander.

La evaluación de impactos ambientales, la caracterización de la fuente hídrica y su área de influencia a través del desarrollo de la línea base ambiental del proyecto, junto con el método de Conesa se precisó un alto grado de degradación en cuanto a la flora y fauna debido a las actividades antrópicas desarrolladas en el municipio, las cuales fueron clasificadas en impactos ambientales moderados y severos.

Con respecto al factor social se evidenció que la mayoría de las personas no tienen conocimiento de las afectaciones que conlleva el mal manejo de las aguas residuales ya que no solamente se podría ver afectada la calidad de vida de ellos sino también un desequilibrio al ecosistema debido al deterioro de los recursos naturales.

Con base a la información recolectada de la caracterización del río Pamplonita, se llegó a la conclusión de que el río presenta un alto grado de contaminación ya que los resultados de los distintos parámetros que se tomaron para la realización del estudio indican que el agua de éste afluente no se encuentra en las condiciones óptimas de calidad del agua.



Finalmente, la fuente hídrica se encuentra alterada no solo por los vertimientos directos de aguas residuales domésticas y no domésticas, sino por alternas actividades antrópicas, las cuales las personas de la zona de influencia no tienen conocimiento, por lo que hace que se genere incertidumbre por las condiciones de calidad de la fuente y del abastecimiento de la misma hacia la población, ya que gran parte del municipio se abastece del cuerpo de agua.



REFERENCIAS

Banco Mundial. (2021). Crecimiento de la Población. Obtenido de <https://www.datosmundial.com/america/colombia/crecimiento-poblacional.php#:~:text=El%20crecimiento%20de%20la%20poblaci%C3%B3n,aument%C3%B3%20en%20unos%20743.000%20habitantes.>

Corponor. (2018). Río Pamplonita. Obtenido de https://corponor.gov.co/calidad_agua/2018/1_RIO_PAMPLONITA2018/4_ANALISIS_CALIDAD_BIOLOGICA_DEL_AGUA_RIO_PAMPLONITA.pdf

Corzo, V. (2021). Evaluación integral de la calidad del agua del Río Pamplonita a la altura del sector Agua Clara. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/42709/2022CorzoValentina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Núñez, C. (6 de marzo de 2023). National Geographic. Obtenido de <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/contaminacion-del-agua>

Torín, J. (2020). Índice de biodegradabilidad. Obtenido de <https://sistemajpii.blogspot.com/2020/05/indice-de-biodegradabilidad.html>

Siesquén Adanaqué, A. M. (2023). Caracterización y evaluación de los impactos antropogénicos del río Piura en el tramo puente Ñacara-puente Andrés Cáceres de la ciudad de Piura 2021.

Villamizar, Y., Ramón, J., & López, L. (2020). Análisis De Las Condiciones Del Recurso Hidrico En La Quebrada Escorial, Pamplona Norte De Santander. Obtenido de <https://ojs.unipamplona.edu.co/ojsviceinves/index.php/aaas/article/view/382/352>