

**IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL CRECIMIENTO
POBLACIONAL SOBRE LA ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA
QUEBRADA PUBUS MUNICIPIO DE POPAYÁN- CAUCA**



HOLMAN YAIR CAICEDO CAMILO

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYAN – CAUCA
2023**

**IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL CRECIMIENTO
POBLACIONAL SOBRE LA ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA DE LA
QUEBRADA PUBUS MUNICIPIO DE POPAYÁN- CAUCA**



HOLMAN YAIR CAICEDO CAMILO

Trabajo de Grado para optar al título de Ingeniero Ambiental y Sanitario

**Director(a)
Dra. Diana Milena Muñoz Solarte**

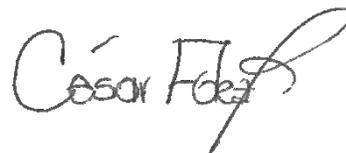
**UNIVERSIDAD AUTONOMA DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERIAS
PROGRAMA INGENIERIA AMBIENTAL Y SANITARIA
POPAYAN – CAUCA
2023**

NOTA DE ACEPTACION

Se hace constar que el presente trabajo en modalidad pasantía ha sido aceptado por la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca, como requisito para optar el título de ingeniero ambiental y sanitario.



Firma del director



Firma del Jurado



Firma del Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres Dasmari Camilo, Jaime Caicedo y a mis hermanas Karen Camilo y Yina Vidal, que siempre han estado apoyando en cada proceso que he afrontado, que han sido parte fundamental para mi crecimiento como persona y profesionalmente, mi madre que ha sido ejemplo de perseverancia, siempre estar con pensamientos positivos los amo a todos.

AGRADECIMIENTOS

Principalmente agradezco a Dios por haberme dado el tiempo de culminar mi carrera, prosigo agradeciendo a los miembros de mi familia, mi madre; gracias por siempre estar ahí, gracias por cada regaño por cada consejo que me hacen ser la persona que soy ahora, espero que estés orgullosa en el hombre que me convertido, gracias por siempre apoyarme en cada decisión, por brindarme el mas de los sinceros sentimientos que es el amor; a mis hermanas que siempre han estado dándome voz de aliento animándome en todo, compartiendo cada locura y por siempre estar ahí y por ultimo a mi padre que siempre ha estado al pendiente de mí; los amo a todos he infinitas gracias les doy.

Ahora paso a mis amigos, Kilele, Reyes, Eva, Camilo, Marisol, Luisa, yuliana gracias a ustedes por brindarme ese cariño y apoyo, por brindarme sus saberes sin esperar nada a cambio, gracias por ser esos seres especiales que siempre están para mí sin importar nada los quiero con todo mi corazón; mi grupo de trabajo y estudio ustedes 4 han sido parte fundamental de mi crecimiento como persona y profesionalmente hablando Lu, Aleja, Gabi, Tefita, de verdad gracias por sen tan paciente, especial y gentiles conmigo, por siempre estar con una sonrisa, por apoyarme por darme voz de aliento cuando estoy decaído, gracias por cada corrección, que aunque hayamos tenido diferencias hemos sabido como afrontarlas, que sin importar cuanto tiempo llevemos sin hablar o vernos el reencuentro siempre es emotivo y con todo el cariño del mundo de verdad gracias y el cariño que les tengo a ustedes es infinito.

Agradezco a la compañía prestadora de servicio de acueducto y alcantarillado en especial a la doctora Liliana Recaman por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de grado. Continuo con mis compañeros de pasantía; Natalia Lara, Alejandro Martínez y nuestro supervisor Pablo Cano, gracias a ustedes por acompañarme en el proceso de realización de los diferentes recorridos, gracias por darme su conocimiento y experiencias.

Por ultimo quiero dar gracias a todos los docentes que me dieron clases, gracias por compartir todos sus conocimientos conmigo y agradezco especialmente a mi directora de trabajo de grado, la profesora Diana Muñoz, profe infinitas gracias por absolutamente todo, por siempre estar en la disposición de ayudarme, por los conocimientos compartidos a lo largo de la carrera, por ser ese mentor en mi trabajo de grado por haberme tenido paciencia en el transcurso de la realización del mismo infinitas gracias y los aprecio mucho a todos.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido	
RESUMEN	12
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I: PROBLEMA	17
1.1. Planteamiento del problema.....	17
1.2. Justificación.....	18
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo General	19
1.3.2. Objetivos Específicos	19
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL	20
2.1. Marco conceptual.....	20
2.2. Marco Normativo.....	22
2.3. Antecedentes	24
CAPITULO III: METODOLOGÍA	31
3.1 FASE I. identificación de las condiciones ambientales y sanitaria de la quebrada Pubus.....	31
3.2 FASE II. Valoración de los impactos ambientales generados por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus en las comunas 6 y 9 en Popayán- Cauca.	33
3.3. Fase III. Formulación de estrategias y alternativas para el manejo de los impactos ambientales y sanitarios.	36
CAPITULO IV: RESULTADOS	38
4.1 Identificación de las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada Pubus.	38
4.1.1. Determinación del grado de cumplimiento de aspectos ambientales en la zona de estudio.....	38
4.1.2 Percepción de los impactos ambientales y sanitarios en las comunas 6, 7 y 9	40
4.1.3 Encuesta general de conocimiento Ambiental.	41
4.2. Valoración de los impactos ambientales generados por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus en las comunas 6 y 9 en Popayán- Cauca.	49

4.2.1. Valoración de los impactos ambientales mediante la Matriz de Leopold.	49
4.2.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos para la calidad de agua en la quebrada Pubus.	52
4.2.3. Establecimiento de índices.	57
4.3. Alternativas para el manejo de impactos ambientales.	58
4.3.1. Diseño de cartilla educativa	58
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	60
5.1. CONCLUSIONES	60
5.2. Recomendaciones	61
BIBLIOGRAFÍA	62
ANEXOS	69

ABREVIATURAS

ARD. Agua Residual Domestica

DBO. Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO. Demanda Química de Oxígeno

ICOMI. Índice de Contaminación por Mineralización

ICOMO. Índice de Contaminación por Materia Orgánica

OD. Oxígeno Disuelto

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Marco normativo respecto a los vertimientos de ARD en fuentes superficiales	22
Tabla 2 Estudios realizados a nivel regional, nacional e internacional respecto a la evaluación de impactos ambientales y sanitarios.....	24
Tabla 3 Magnitud e Importancia.....	33
Tabla 4 Valoración de impactos.....	34
Tabla 5 Condiciones ambientales y sanitaria.....	38
Tabla 6 Resumen Matriz de Leopold.	49
Tabla 7 Muestreo comuna 6	53
Tabla 8 Muestreo Comuna 7.....	54
Tabla 9 Muestreo comuna 9	55
Tabla 10 Muestreo comuna 9	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación geográfica del punto de inicio del recorrido	31
Figura 2	Caracterización de las condiciones ambientales.....	32
Figura 3	A) primer punto de muestreo B) quinto punto de muestreo.....	35
Figura 4	Estado de la quebrada Pubus respecto al agua.....	38
Figura 5	Estado de la quebrada Pubus respecto al suelo.	39
Figura 6	Estado sanitario de la quebrada Pubus.....	39
Figura 7	Porcentaje promedio (%) de encuestados que tienen conocimiento de la contaminación ambiental.....	41
Figura 8.	Porcentaje Promedio (%) de encuestados que comprenden la problemática de los residuos sólidos.....	42
Figura 9.	Porcentaje Promedio (%) Vecinos que arrojan basura a la quebrada ...	43
Figura 10	Porcentaje Promedio (%) Encuestados que arrojan basura a la quebrada	44
Figura 11	Porcentaje Promedio (%) Afectación a los encuestados por la contaminación de la quebrada	45
Figura 12	Porcentaje Promedio (%) Quema de residuos por parte de los vecinos	46
Figura 13	Porcentaje Promedio (%) Quema de residuos por parte del encuestado.	46
Figura 14	Porcentaje Promedio (%) Conocimiento de enfermedades por el manejo inadecuado de RS.....	47
Figura 15	Porcentaje promedio (%) encuestados con servicio de alcantarillado..	48
Figura 16.	Vertimiento de agua ARD sobre el componente abiótico agua.	50
Figura 17	Cámaras de inspección selladas.....	51
Figura 18	Vertimiento de ARD directamente a la fuente hídrica.....	52
Figura 19	A Punto 1 ICOMO. Puente variante sur y B Punto 5. Desembocadura Pubus – río Cauca.....	57
Figura 20	A Punto 1. Puente variante B Punto 5. Desembocadura Pubus – río Cauca	58
Figura 21	Portada de cartilla semillas para un futuro ambiental	59
Figura 22	Resultados primer muestreo	72
Figura 23	Resultado segundo y tercer muestreo.....	73
Figura 24	Resultado cuarto muestreo	74
Figura 25	Resultado quinto muestreo.....	74
Figura 26	Estancamiento de agua comuna – 6	75
Figura 27	Vertimiento de ARD y Acumulación de residuos sólidos comuna – 6. .	75
Figura 28	Vertimiento de ARD comuna – 7	76
Figura 29	Vertimiento de ARD comuna – 9	76
Figura 30	Acumulación de residuos sólidos en el cauce de la quebrada	77
Figura 31	Vertimiento de ARD comuna – 9	78
Figura 32	Aportante a la quebrada y oxigenación de la quebrada	78
Figura 33	Oxigenación de la quebrada y Toma de muestra comuna – 6	79

Figura 34	Toma de muestra después del humedal Los Tejares Comuna – 7	79
Figura 35	Toma de muestra unión quebrada chozas y Pubus Comuna – 9.....	80
Figura 36	Toma de muestra 5 desembocadura quebrada Pubus al rio – Cauca Comuna - 9.....	80

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1	Lista de chequeo	69
ANEXO 2	Encuesta general de conocimiento Ambiental.....	69
ANEXO 3	Matriz De Leopold.....	70
ANEXO 4	Determinación del tamaño de la muestra	72
ANEXO 5	Resultados de laboratorio Acueducto y alcantarillado de Popayán.	72
ANEXO 6	Registro Fotográfico.	75

RESUMEN

Este documento corresponde al trabajo final de grado en modalidad pasantía, se llevó a cabo en el municipio de Popayán - Cauca, en la empresa prestadora de servicio municipal de agua potable **Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A.E.S. P** con el objetivo de evaluar el impacto ambiental generado por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus y las diferentes actividades realizadas alrededor de la misma, donde se tuvieron en cuenta tres comunas: la comuna seis, siete y nueve.

Este trabajo se divide en tres fases; En la **fase número uno**, se incluye tres actividades: 1) Recorrido para la identificación de puntos de muestro en la cuenca. 2) Determinación del grado de cumplimiento de aspectos ambientales en la zona de estudio, por medio de una lista de chequeo; indicando que las diferentes actividades realizadas en estas comunas perjudican las características ambientales y sanitaria de la cuenca, afectando la salud de las personas que se encuentran aledañas a esta 3). Aplicación de la encuesta ambiental, que indica que el 67% de total de personas encuestadas, no tienen conocimiento de las enfermedades que puede ocasionar el inadecuado manejo de residuos sólidos y que el 68% no cuenta con la conexión a alcantarillado sanitario, vertiendo de este modo las aguas residuales domésticas directamente a la quebrada Pubus.

En la **fase número dos**, se empleó la Matriz de Leopold la cual permite afirmar el estado de la zona evaluada; en donde se presenta un impacto ambiental crítico según lo obtenido en la escala de valorización que se utilizó en este trabajo. Por otra parte, con el recorrido también se identificaron los puntos claves dentro de las comunas por donde transcurre la quebrada, para la toma de muestra y así realizar el análisis fisicoquímico y microbiológicos; el cual nos permite decir que las fuentes hídricas, se están viendo afectadas por el incremento de personas en los cascos urbanos de manera irregular, ya que estas no todas cuentan con la conexión al alcantarillado y lo que hacen es verter sus aguas grises y aguas residuales domésticas directamente a la fuente superficial más cercana como lo es evidenciado en la quebrada Pubus, estos vertimientos alteran sus características organolépticas, físicas y químicas, afectando la calidad del agua e incluso a las mismas personas aledañas a este afluente, además, esta fuente se puede catalogar como agua superficial poco contaminada con aguas residuales, dado que la BDO y la DQO tienen valores bajos: <50 y 69,9 mg O₂/L, respectivamente, y con lo observado en campo se puede afirmar aún más. Por otro lado, del análisis del OD obtuvo un valor de 1,57 mg O₂/L, siendo un valor bajo. Por último la **fase número tres**, teniendo en cuenta la información de la fase uno y dos, se planteó la realización de ciertas actividades en pro de la cuenca tales como jornadas de limpiezas y mejorar la sección del cauce, así mismo se hizo una cartilla educativa la cual permite conocer a la comunidad respecto a ciertos temas ambientales, como lo son los conceptos,

la importancia que tiene cuidar todo lo que nos rodea y cuáles son las actividades que pueden afectar dicho entorno.

PALABRAS CLAVES

Impactos ambientales, crecimiento poblacional, valoración de impacto ambiental, análisis fisicoquímicos y microbiológicos, condiciones ambientales y sanitarias, agua residual doméstica, residuo sólido.

ABSTRACT

This document corresponds to the final degree project in internship modality, was carried out in the municipality of Popayán – Cauca, in the company that provide municipal drinking water service **Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A.E.S.** **P** with the objective of evaluating the environment impact generated by population growth on the area of direct influence of the Pubus creek and the different activities carried out around it, where three communes were taken into account: commune six, seven and nine.

This work was divided into three phases; In the **phase number one**, three activities are included: 1). Tour for the identification of sampling points 2). Determination of the degree of compliance with environmental aspects in the study area, by means of a checklist; indicating that the different activities carried out in these communes harm the environmental and sanitary characteristic of the basin. Affecting the health of the people who are close to it 3). Application of the environmental survey, which indicates that 67% of the total number of people surveyed have no the knowledge about the diseases that improper solid waste management can cause and that 68% do not have a connection to a sanitary sewer system, discharging their domestic sewage directly into the Pubus creek.

In **phase number two**, the Leopold matrix was used, which allows to affirm the state of the evaluated area; where a critical environmental impact is presented according to what was obtained in the valuation scale that was used in this project. On the other hand, with the tour, the key points were also identified within the communes through which the ravine passes, for the taking of samples and carry out the physicochemical and microbiological analysis; which allows us to say that the water sources are being affected by the increase in people in the urban centers in irregular way, since not all of them have a connection to the sewerage and what they do is pour their grey water and domestic wastewater directly to the nearest surface source as evidenced in the Pubus creek, these discharges alter its organoleptic, physical and chemical characteristics, affecting the quality of the water and even the people surrounding this tributary, in addition, this source can be classified as a surface water contaminated with wastewater, since the BOD and CDO have low values: <50 y 69,9 mg O₂/L, respectively, and with what was observed in the field, it can be confirmed even more. On the other hand, the DO analysis obtained a value of 1,57 mgO₂/L, being a low value. Finally, **phase number three**, taking into account the information from phase one and two, the realization of certain activities in favor of the basin was proposed, such as cleaning days and improving the section of the channel, likewise and educational booklet was made which allows the community to know about certain environmental issues, such as concepts, the importance of taking care of everything that surround us and what are the activities that can affect said environmental.

KEYWORDS

Environmental impacts, population growth, environmental impact assessment, physicochemical and microbiological analysis, environmental and healthy conditions, domestic wastewater, solid waste.

INTRODUCCIÓN

El saneamiento básico ha sido un factor de carácter importante en el desarrollo e historia de la humanidad, correspondiente a los problemas y acciones que se han presentado desde los primeros levantamientos de ciudades. Dada su importancia para la sociedad, el saneamiento básico juega un papel fundamental para mejorar la simbiosis que debe tener el hombre y la naturaleza, contrarrestando así que se genere contaminación e impactos ambientales y afectaciones a otros seres vivos [1]. Por otra parte, los impactos ambientales han aumentado. En particular, las cuencas hídricas se han visto afectadas por la contaminación antropogénica, que en el caso de la quebrada Pubus ubicada en las comunas seis, siete y nueve del municipio de Popayán, se encuentran asentamientos que no están dentro de la legalidad, y estudios demográficos realizados por **El Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas** (DANE) indican que las comunas seis y siete, son las que tienen una mayor conglomeración de persona y de alta pobreza [2]. Estos asentamientos están en la línea de protección de la quebrada, de manera que se ve afectada directamente.

Por esta razón se realizó la evaluación del impacto ambiental donde se tuvieron en cuenta metodologías y métodos utilizados para la valoración del mismo, como la matriz de Leopold la cual puede exponer como las actividades antropogénicas afectan al entorno, también se pretende tomar muestras de aguas, para realizar un análisis fisicoquímico y determinar la calidad del agua, una vez obtenidos los resultados se trataran en el programa ICATest el cual, permite calcular el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) y el índice de contaminación por mineralización (ICOMI).

Ya determinadas y valoradas las problemáticas ambientales y sanitarias, se pretende dar a conocer y concientizar a la población de las afectaciones ambientales, las cuales son causadas por las diferentes actividades antrópicas realizadas, formulando alternativas de protección y conservación del ambiente, por medio de una cartilla educativa, para fomentar una cultura ambiental para este recurso.

CAPÍTULO I: PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

El crecimiento poblacional es uno de los factores que está afectando de manera directa a la conservación y protección del ambiente, ya sea por el modelo de desarrollo económico dominante o su sistema de producción y consumo [3]. Robert Malthus planteó en su ensayo *el principio de la población* “que el crecimiento poblacional excede las capacidades productivas de los recursos naturales” [4], ocasionando así un deterioro ambiental que puede considerarse reversible o irreversible dependiendo de sus características.

El aumento en el consumo de recursos, la generación de residuos sólidos y aguas residuales tienen una relación directamente proporcional al crecimiento poblacional, es decir, a mayor número de habitantes mayor consumo, generación de residuos sólidos y aguas residuales, los cuales, si no tienen una disposición final o están conectadas a un sistema de alcantarillado, con su previo tratamiento, pueden generar afectaciones sociales, ambientales, sanitarias y económicas a la población.

En la quebrada Pubus en el municipio de Popayán, tramo comprendido en las comunas 6 y 9, se ha evidenciado la existencia de viviendas sin conexiones al sistema de alcantarillado, lo que ocasiona vertimientos de aguas residuales al afluente afectando al ecosistema. Adicional a esto, no se cumple con los límites permisibles estipulados en el decreto ley 2811 de 1974 en el cual se estipula que las construcciones deben hacerse a 30 metros de distancia de la orilla de la fuente hídrica, además, menciona que las obras de construcción realizadas solo pueden ser de protección [5]. Es importante tener presente que no solo vertimientos de aguas residuales tienen un impacto negativo en el ambiente, sino que también existen cantidades significativas de residuos sólidos causantes del represamiento del agua provocando de esta manera inundaciones.

Hacer la evaluación del impacto ambiental y sanitario generado por el crecimiento poblacional o desarrollo de viviendas en la zona de las comunas 6 y 9 en la quebrada Pubus del municipio de Popayán- Cauca, permitirá un buen desarrollo en las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada y se evidenciará la mejoría de la calidad de vida y la salud pública, además, si se aplican estrategias de mitigación, recuperación y protección a la quebrada, podría llegar a ser utilizada para diferentes actividades como potabilización y riego de cultivos.

1.2. Justificación

La población ha estado en una constante evolución de factores tecnológicos, económicos e industriales que permiten el desarrollo de la humanidad, este a su vez aumenta el número de problemáticas ambientales así como, el inadecuado manejo de los residuos sólidos, el déficit de tratamiento de las aguas residuales, contaminación del suelo y aire, erosión, la deforestación y por último pero no menos importante la contaminación del recurso hídrico, afectando así de manera directa al desarrollo de un ambiente sano, contra restando el cumplimiento de lo estipulado en el artículo 79 de la constitución política colombiana de 1991 el cual menciona que *“Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo”* [6], lo cual se ha podido evidenciar en los alrededores de la quebrada Pubus y la complejidad de los problemas ocasionados por el ingreso de personas a zonas de alto riesgo, utilizando el suelo de una manera errónea la cual distorsiona la planeación territorial del municipio [7].

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, surge la necesidad de hacer la evaluación del impacto ambiental generado por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus, debido a que se ha evidenciado la expansión masiva de viviendas en las zonas aledañas a esta, de forma que estas personas se exponen a que ocurra un evento natural, puesto que estas comunas están categorizadas como zona de alto deslizamiento [8]. Por eso, es pertinente la realización de esta propuesta con el fin de que las personas evidencien la complejidad del crecimiento poblacional, los impactos ambientales y sanitarios que se pueden generar si no se tienen buenas prácticas de desarrollo.

Por otra parte, la factibilidad del proyecto en términos económico es buena, puesto que el Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A.E.S.P cuenta con información que permitirá el desarrollo del análisis de las muestras de agua que se realizará. Además, es viable en términos de tiempo, ya que se cumpliría con los objetivos propuestos; así mismo se evidenciaría el mejoramiento del ecosistema con la mitigación de los impactos negativos en la zona.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Evaluar el impacto ambiental generado por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus municipio de Popayán-Cauca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada Pubus en las comunas 6, 7 y 9 en Popayán – cauca.
- Valorar los impactos ambientales generados por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus en las comunas 6, 7 y 9 en Popayán- Cauca.
- Formular alternativas de manejo de los impactos ambientales y sanitarios identificados por la expansión poblacional irregular en las comunas 6, 7 y 9 en Popayán - Cauca.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO O REFERENCIAL

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Aguas Residuales y su Tratamiento

Colombia es un país el cual se distingue por la variedad de fuentes hídricas existentes, pero estas se están viendo afectadas por los diferentes vertimientos generados, los cuales no tienen en consideración los impactos y las consecuencias ambientales producidas, esto no solo afecta de manera negativa al ecosistema, sino que también afecta de manera indirecta a la población con problemas de salud pública, bienestar y carencia del recurso hídrico de óptima calidad [9]. Existen diferentes procesos para el tratamiento de las aguas residuales tales como: físicos, biológicos y físico-químicos, el sistema deberá tener una mínima eficiencia para la reducción de parámetros contaminantes y estos deben estar dentro de los “límites máximos permisibles”[10].

2.1.2. Expansión urbana y el Recurso hídrico

La expansión urbana se caracteriza por el desarrollo de nuevas y diversas actividades económicas, como el establecimiento de infraestructura urbana y transporte, a las cuales se les otorga la producción de diferentes contaminantes afectando directamente al ecosistema. La devastación de la cobertura vegetal, en especial en los cerros, el mal uso del suelo, la erosión, la sobreutilización de los recursos hídricos y la contaminación han producido una intensa degradación de los ecosistemas acuáticos [11].

El municipio de Popayán-Cauca en **las comunas 6, 7 y 9** se presenta la expansión de manera irregular, siendo esto el principal motivo de la degradación del ecosistema, específicamente la quebrada Pubus, donde se depositan todo tipo de residuos sólidos, aparte de los vertimientos de las viviendas aledañas a la cuenca.

2.1.3. Conexiones erradas y Alcantarillado

A lo largo del desarrollo poblacional y urbanístico la implementación del saneamiento básico como las redes de alcantarillado sanitarios y pluviales se ha visto como una necesidad tanto para el cuidado de la sociedad y el ambiente, pero con el crecimiento de estas y las distintas migraciones las condiciones sanitarias se han visto afectadas, donde el funcionamiento de las redes de alcantarillado pluvial se altera por las diferentes viviendas u establecimientos que hacen las conexiones de las aguas residuales domésticas a este mismo impactando negativamente a la fuente superficial más cercana[12].

2.1.4. Calidad del Agua potable y tratamiento

Alrededor del mundo las fuentes hídricas están siendo contaminadas por las diferentes actividades antropogénicas realizadas, en donde las características físico

químicas y microbiológicas se ven alteradas, actividades donde se pueden agregar metales pesados, materia orgánica entre otros[13]. Teniendo en cuenta que este recurso es uno de los pilares para el desarrollo de la vida, además, por los contaminantes mencionados anteriormente, es importante la realización de su tratamiento, donde se pueden depurar alrededor del 90% de la carga contaminante siendo esta ya apta para el consumo humano.

2.2. Marco Normativo

Como se describe en la **tabla 1** donde se compilan las principales leyes, decretos y resoluciones para el manejo de aguas residuales a nivel nacional. De acuerdo a la problemática, se realizó la revisión del marco normativo, por las cuales se establecen las bases legales más relevantes como el decreto 2811 en el cual, se estipula una serie de reglas en pro de la conservación de los recursos ambientales, o como en la resolución 0631, en la cual establecen los límites permisibles, para la descarga de aguas residuales puntuales, o según lo establecido por la constitución política de Colombia el estado tiene como obligación proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental esto establecido en los artículos 79 y 80, es por esto que se instauraron leyes que aseguren la convivencia ambiente - humano sea seguro y beneficioso para ambas partes.

Tabla 1

Marco normativo respecto a los vertimientos de ARD en fuentes superficiales

Nombre	Descripción
Decreto ley 2811 de 1974	Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente[5].
Artículo 79 y 80 constitución política de Colombia	El estado tiene como obligación proteger la diversidad e integridad del ambiente; fomentar la educación ambiental; prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental[6].
Ley 99 de 1993	Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones[14].
Resolución Numero 1096 de 2000	"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS"[15].
Decreto Numero 3440 de 2004	Establecer objetivos de calidad de los cuerpos de agua de acuerdo a su uso conforme a los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico[16].
Decreto Numero 1575 de 2007	Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano[17].
Decreto Numero 3930 de 2010	Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones[18].

Nombre	Descripción
Decreto 1076 de 2015	Promueve el Reúso de las Aguas Residuales a través de los Planes de Reconversión a Tecnologías Limpias en Gestión de Vertimientos – PRTLGV y lo incluye en la gradualidad para el cumplimiento de la norma de vertimientos[19].
Resolución 0631 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[20].

2.3. Antecedentes

Una revisión de la literatura de los recursos digitales reveló una serie de estudios realizados en una amplia gama a nivel regional, nacional e internacional, relacionados con el desarrollo del trabajo de grado, como se muestra en la **tabla 2**.

Tabla 2

Estudios realizados a nivel regional, nacional e internacional respecto a la evaluación de impactos ambientales y sanitarios.

Tema o título	Objetivos	Herramienta o metodologías de obtención de datos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Ref.
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL SOBRE EL HUMEDAL EL PANTANO PERTENECIENTE A LOS MUNICIPIOS FE GIRÓN Y LEBRIJA, SANTANDER (COLOMBIA), A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA IVAFIC.	Estimar de forma cuantitativa el factor de impacto ambiental del Humedal El Pantano mediante de la metodología IVAFIC	La Matriz de Leopold es uno de los métodos matriciales para este proyecto.	La adecuación de terrenos para la ganadería, el establecimiento de avícolas, y la eliminación de cobertura vegetal producen efectos adversos en desarrollo natural del humedal.	factores que están afectando el humedal son las actividades de ganadería, agricultura intensiva, mala disposición de los residuos sólidos.	[21]
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DEL CULTIVO DE LA PITAHAYA, CANTÓN PALORA, ECUADOR.	Determinar el impacto ambiental que genera el cultivo de pitahaya, y proponer estrategias de manejo que permitan mitigar los efectos sobre el medio ambiente.	Listas de chequeo y la matriz de Leopold, las cuales se fundamentan en el análisis de las interacciones existentes entre las etapas del cultivo y los factores ambientales impactados.	En el caso del recurso hídrico no se presenta incumplimientos de los parámetros, en este caso la normativa nacional.	La producción y cosecha de la pitahaya en la finca “Juanka”, presenta alteraciones ambientales sobre algunos de los componentes físicos, bióticos y socio-económicos-culturales, identificados en el diagnóstico.	[22]

Tema o título	Objetivos	Herramienta o metodologías de obtención de datos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Ref.
CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CON EL PROGRAMA HYDROBID, EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTÁ, COLOMBIA.	Cuantificar la disponibilidad hídrica para diferentes escenarios de cambio climático futuro mediante el programa de HydroBID.	HydroBID es un sistema público de datos y de modelación que, mediante métodos de análisis hidrológicos y climáticos permite hacer simulaciones.	Para el primer escenario como se planteó anteriormente se aumentó 1.8 °C y aumento un 20 % la precipitación se obtiene el siguiente balance hídrico.	Los cambios o fluctuaciones de caudal de la cuenca del rio Bogotá representan un riesgo o una amenaza a la gran cantidad de industria que se albergan dentro de la cuenca y que dependen de la misma.	[23]
IMPLEMENTACIÓN DE PROTOCOLOS DE EVALUACIÓN CUALITATIVA DE CORRIENTES HIDROLÓGICAS: ESTUDIO DE CASO RÍO CHITICUY, DUITAMA.	Determinar cualitativamente las condiciones del río Chiticuy mediante la implementación de protocolos alternativos para la evaluación de corrientes hídricas, y su posible replicación por parte de la comunidad.	Protocolos alternativos.	En la mayoría de los parámetros se presentó divergencia entre los datos obtenidos para un mismo punto, pero en distintos monitoreos.	Los resultados obtenidos por la metodología de evaluación visual fueron coherentes con lo mostrado en los análisis fisicoquímicos realizados, por lo que el protocolo de evaluación visual.	[24]
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LA CUENCA DE LA LAGUNA MERÍN	Evaluar de forma integrada la calidad del agua de los principales afluentes de la Laguna Merín entre los años 2015 y 2019.	Se basó en el Programa internacional del Sistema Global de Monitoreo Ambiental (GEMS/Agua).	Dentro de las variables físicas y químicas, la conductividad en la cuenca de la Laguna Merín presentó valores en el rango de 43 y 376 $\mu\text{S/cm}$.	Se concluyó que, si bien las concentraciones de nutrientes de los cuerpos de agua estuvieron en el rango esperable para sistemas loticos, esto implica una carga de nutrientes elevada para un sistema lentic.	[25]

Tema o título	Objetivos	Herramienta o metodologías de obtención de datos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Ref.
WATER QUALITY EVOLUTION MECHANISM MODELING AND HEALTH RISK ASSESSMENT BASED ON STOCHASTIC HYBRID DYNAMIC SYSTEMS.	Monitorear puntos de control de aguas superficiales y subterráneas en Europa.	FFOA - Algoritmo de optimización de la mosca de la fruta. WQEM - Mecanismo de evolución de la calidad del agua SHDS - Sistemas dinámicos híbridos estocásticos	El cuerpo de agua contiene diferentes estados de características, y los modelos H-WQEM establecidos pueden modelarlos y sus transiciones mutuas de manera efectiva.	Los resultados del experimento demuestran que el modelo H-WQEM establecido puede escribir de manera efectiva la evolución a largo plazo de la calidad del agua.	[26]
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LOS DIQUES TURÍSTICOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO PUYO, MEDIANTE EL USO DEL ICATEST V1.0.	Evaluar la calidad del agua a partir del uso de un Índice de Calidad.	ArcGIS 10.3, ICATest V1.0. y Microsoft Excel	Los datos resultantes de la aplicación del ICOMO manifiesta que la calidad de las aguas de los diques turísticos presenta “Ninguno” y “Bajo” grado de contaminación por materia orgánica.	Los valores individuales de los parámetros DBO5 y coliformes totales sobrepasan los límites establecidos en la legislación ecuatoriana para el área de estudio de la microcuenca del río Puyo.	[27]
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y FITO PLANCTÓNICO DE LA CIÉNAGA PUERTO CAIMÁN, VERTIENTE CARIBE, COLOMBIA.	Evaluación del comportamiento de variables físico-químicas y su relación con la comunidad Fito planctónica de la ciénaga de Puerto Caimán, cuenca del bajo río Magdalena, Colombia.	Los cálculos de los índices fueron realizados mediante el software ICATest v1.0.	En concentraciones el oxígeno disuelto presentó fluctuaciones temporales (H=18,96; p=0,00) En el caso del pH (H=17,24; p=0,00) se observaron tendencias a la alcalinidad entre 7,37 y 8,94.	Los cambios en los valores para los parámetros físico-químicos medidos en la ciénaga de Puerto Caimán evidenciaron una variación temporal debido a los periodos climáticos de estudio (época seca y lluvia).	[28]

Tema o título	Objetivos	Herramienta o metodologías de obtención de datos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Ref.
MONITOREO, VALORACION Y EVALUACION DIAGNOSTICA DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO ALGODONAL EN EL TRAMO COMPRENDIDO ENTRE LOS MUNICIPIOS DE ABREGO Y OCAÑA, NORTE DE SANTANDER.	Realizar el monitoreo, valoración y evaluación diagnóstica de la calidad fisicoquímica, y microbiológica del agua Rio Algodonal en el tramo comprendido entre los municipios de Abrego y Ocaña, Norte de Santander.	ICATESTV1.0 permite calcular los índices de contaminación de una manera más precisa.	Abril es el mes más lluvioso para esta zona, pues años atrás se contaban con un mayor registro de lluvias y por supuesto una mayor oferta superficial como es el caso de resultados publicados por la Asociación Promotora Medioambiental.	En un periodo de 10 años, donde se tuvieron en cuenta los registros históricos de caudales comparados con los actuales, se afirma y se concluye que esta fuente superficial en un periodo de diez (10) años presenta una reducción considerada de caudales alrededor del 50%.	[29]
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL CAÑO MAIZARO A PARTIR DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y APLICACIÓN DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN EN UN PERIODO DE 4 MESES.	Evaluar la calidad del agua tomando como base parámetros fisicoquímicos, microbiológico y la aplicación de índices de contaminación en el periodo de 4 meses y así realizar posibles recomendaciones para el manejo del recurso hídrico.	Los ICOs que fueron fundamentales para esta investigación, (ICOSUS, ICOTRO, ICOPH y ICOMI) estos están contenidos en el programa ICATEST V1.0.	Si se tiene en cuenta los valores obtenidos en campo los valores oscilan entre 6, 20 a 8,53, lo que indica que estos resultados en todos los puntos de muestreo se encuentran en el rango básico.	La calidad del cauce no se altera drásticamente debido a los procesos de autodepuración natural del cuerpo hídrico.	[30]
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y METALES TRAZA DEL RÍO JUBONES EN EL CANTÓN PASAJE, PROVINCIA DE EL ORO, ECUADOR.	Evaluar la calidad del agua y presencia de metales traza en el río Jubones, cantón Pasaje, Provincia de El Oro, mediante indicadores fisicoquímicos.	Para establecer la calidad de agua del río Jubones que fluye dentro del cantón Pasaje, se utilizó el software ICATest v1.0, el cual, para este estudio, se	Los resultados muestran que la variabilidad del pH entre los tres puntos, es inapreciable (Figura No. 9). Con un valor de 7.65 en el primer punto, 7.36	El parámetro con mayor influencia en el análisis de criterio de calidad son los Coliformes Fecales, que incumplen con los criterios de calidad establecidos en la tabla uno y tres.	[31]

Tema o título	Objetivos	Herramienta o metodologías de obtención de datos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Ref.
EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES. CASO RÍO PINDO CHICO, PUYO, PASTAZA, ECUADOR.	Determinar los principales impactos ambientales de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales del subsistema Pindo Chico en la ciudad del Puyo, Ecuador.	<p>eligió el método ICA-NSF.</p> <p>Se emplearon estructuras matriciales de doble entrada basadas en el sistema de Leopold original.</p>	<p>en el punto dos y 7.49 en el punto tres.</p> <p>Remoción de la cobertura vegetal, apertura de zanjas, creación de vías de acceso, así como la excavación y cambio de la estructura del suelo están son las principales actividades que afectan a este componente.</p>	La realización de la evaluación de impacto ambiental es de gran importancia, pues garantiza el buen uso del recurso, previene la ejecución de actividades con bajo, mediano y alto impacto para el ambiente, lo que permite realizar estructuras en armonía con los eco-sistemas.	[32]
PLANIFICACIÓN TERRITORIAL EN LAGUNA GRANDE- SECTOR MUELLE PARA LA MITIGACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES, PARACAS, 2019.	Elaborar una planificación territorial en Laguna Grande-sector muelle en el distrito de Paracas para la mitigación de los impactos ambientales.	<p>se utilizó cuestionarios y fichas de evaluación, para la elaboración de mapas se empleó el software ArcGIS y para la cuantificación de los impactos ambientales se utilizó la matriz de Leopold.</p>	El 28 % indica que la comunidad maneja adecuadamente los recursos naturales; y el 76% cree que las actividades que se realizan generan contaminación a los recursos naturales.	Se obtuvo que el 63% de impactos fue no significativos, el 26% de impacto significativos y el 11% neutros, obteniendo un criterio bajo porque obtuvieron un puntaje de 135.	[33]
IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN PETROLERA EN COLOMBIA Y SU RELACIÓN CON LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS ÚLTIMOS QUINCE AÑOS.	Analizar los impactos ambientales de la producción petrolera en relación con la innovación tecnológica en una escala temporal.	Matriz de Leopold, metodología cualitativa, metodologías de las empresas públicas de Medellín (epm) y metodologías de redes complejas.	Se puede observar una mayor importancia del tratamiento de aguas de producción (69.9 %) para la minimización de los impactos ambientales.	Al realizar la jerarquización de dichos impactos, se encontró un mayor grado de importancia de aquellos relacionados con la alteración de la calidad físicoquímica y microbiológica del agua,	[34]

Tema o título	Objetivos	Herramienta o metodologías de obtención de datos	Resultados	Conclusiones y recomendaciones	Ref.
IMPACTOS AMBIENTALES GENERADOS POR EL DEFICIENTE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MERCADO MODELO DE HUÁNUCO, 2019	Determinar los impactos ambientales generados por el deficiente manejo de residuos sólidos en el mercado modelo de Huánuco, 2019.	Se utilizó la estadística descriptiva a través de las tablas de frecuencia, proporciones, gráficos para caracterizar algunas variables, al igual que la matriz de Leopold.	Existe mal manejo de los residuos sólidos en el mercado de Huánuco, lo cual genera contaminaciones del agua influyendo de manera directa en la salud de la población.	seguido por la pérdida de fauna. Se identificó que el 83,3% (150) de los trabajadores por puesto (interno) con la matriz de Leopold, presentaron un impacto ambiental moderado suelo generado por el deficiente manejo de residuos sólidos.	[35]
INFLUENCIA DE LAS ACTIVIDADES AGRÍCOLAS EN LA GENERACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA MICROCUENCA JUNINGUILLO LA MINA, DISTRITO Y PROVINCIA DE MOYOBAMBA.	Estudiar la manera de cómo está influenciando las actividades agrícolas en la generación de impactos ambientales en la Microcuenca Juninguillo La Mina, Distrito y Provincia de Moyobamba.	se implementó una encuesta, luego se hizo un procesamiento estadístico se realizó, aplicando Excel (matriz de Leopold).	Se manifiestan problemas de salinización, acidificación, erosión, contaminación de suelos, agua y efectos en la salud humana debido a la agricultura comercial	Teniendo en cuenta la relación de las actividades de la agricultura en la microcuenca se evidencia en la matriz de Leopold los diferentes impactos ambientales generados debido a los procesos realizados en ella.	[36]
EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA AGUAS SUPERFICIALES MEDIANTE EL CÁLCULO DE LA OFERTA Y DEMANDA HIDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PALO EN EL MUNICIPIO DE PUERTO TEJADA (CAUCA).	Evaluar el índice de escasez para aguas superficiales mediante el cálculo de la oferta y demanda hídrica en la microcuenca del río Palo en el municipio de Puerto Tejada (Cauca).	Se implemento la herramienta computacional ICATEST V1.0	Río Palo antes de PTAR Guachené 0.4m3/seg Río Palo después de PTAR Guachené 0.47m3/seg	En cuanto a las reducciones realizadas sobre la oferta hídrica el caudal por calidad se redujo en un 15% debido a un ICA medio, y el caudal ecológico al 25% debido a un IRH de 0.65-0.75.	[37]

Teniendo en cuenta los estudios encontrados a nivel regional, nacional e internacional observados en la **tabla 2**, respecto a la evaluación de impactos ambientales y calidad del agua para la elaboración de la identificación de Impactos ambientales generados por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus municipio de Popayán- Cauca, el instrumento metodológico más adecuado para la evaluación de impactos ambientales es la matriz de Leopold esto según C. Ardila López y A. Espinosa con su trabajo ***Evaluación del impacto ambiental sobre el humedal el pantano perteneciente a los municipios de girón y Lebrija, Santander (Colombia), a través de la metodología ivafic*** [21] y S. Trinidad Ortiz con ***Impactos ambientales generados por el deficiente manejo de residuos sólidos en el mercado modelo de Huánuco, 2019*** [35], por otro lado se encuentra el programa ICATest, con los diferentes índices de contaminación, facilita el análisis y la determinación de la calidad del agua según los estudios de F. Hernández y C. Páez con la ***Evaluación de la calidad del agua en el caño Maizaro a partir de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y aplicación de índices de contaminación en un periodo de 4 meses*** [30] y según E. Córdoba Anaya con la ***Evaluación del índice de escasez para aguas superficiales mediante el cálculo de la oferta y demanda hídrica en la microcuenca del río palo en el municipio de puerto tejada (cauca)*** [37].

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1 FASE I. identificación de las condiciones ambientales y sanitaria de la quebrada Pubus.

3.1.1 ACTIVIDAD 1. Área de estudio.

Para definir el área de estudio se realizaron una serie de visitas técnicas por el cauce de la quebrada en estudio, donde el recorrido inicio **al sur del municipio de Popayán – Departamento del Cauca**, como se denota en **la figura 1** el cual se encuentra a una altura de 1718 msnm, con Latitud: 2°25'49.75" Norte, Longitud: 76°37'13.11" Oeste. A lo largo del recorrido se pudieron identificar las diferentes actividades realizadas para el desarrollo económico de la ciudad como lo son: aserradoras de maderas, lavado de autos, construcciones de casas, ruta que relaciona las comunas 6,7 y 9 con una totalidad de **98 801** habitantes en las 3 comunas [38].

Figura 1 Ubicación geográfica del punto de inicio del recorrido



Nota. Adaptado de Google Earth Pro 2022 [39].

3.1.2 ACTIVIDAD 2. Determinación del grado de cumplimiento de aspectos ambientales en la zona de estudio.

En esta actividad se llevó a cabo la extracción de información mediante visitas técnica a las comunas estipuladas y se realizó la caracterización de las condiciones ambientales y sanitarias de la zona como se observa en la **figura 2** .mediante una lista de chequeo, la cual fue adaptada de **D. S. Bichachi** [40], se realizó la recolección de la información con el fin de verificar el grado de cumplimiento de las reglas predeterminadas o establecidas a priori con un fin determinado. En el **anexo 1** se presenta el formato que se estableció, para la recolección de estas.

Figura 2 Caracterización de las condiciones ambientales



3.1.3 ACTIVIDAD 3. Percepción de los impactos ambientales y sanitarios en las comunas 6, 7 y 9.

Se aplicó una encuesta que permitió la obtención de información de la comunidad, para lograr consolidación de la percepción de los impactos ambientales y sanitarios de la fuente hídrica en estudio. Además, para la aplicación de dicha encuesta se tuvo en cuenta a un número significativo de personas establecidos mediante la Ec 1.

$$n = \frac{Z^2 * p * q * N}{(N * e)^2 + Z^2 * p * q} \quad (\text{Ec 1. Tamaño de muestra.})$$

Donde:

Z = Nivel de confianza → 90%; N = Numero de población; P = Probabilidad a favor → 50%; q = Probabilidad en contra → 50%; e = Error de estimación → 10%; n = Tamaño de la muestra con esta información se pretende abordar la conciencia ambiental de la población (**anexo 2**).

3.2 FASE II. Valoración de los impactos ambientales generados por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus en las comunas 6, 7 y 9 en Popayán- Cauca.

3.2.2 ACTIVIDAD 1. Valoración de los impactos ambientales mediante la Matriz de Leopold

Esta matriz se dividió en filas y columnas. En las columnas se pudieron evidenciar las acciones o actividades como quema de residuos, acumulación de residuos sólidos, presencia de olores, presencia de vectores, lixiviados, lavado de carros y talleres mecánicos, que son realizadas por el hombre y en las filas las características del medio o los factores los cuales pueden ser alterados o afectados (Agua, suelo, aire, factor sanitario y biológico). La celda donde se colocarán los datos fue dividida por una diagonal donde en la parte superior se pondrá el valor de la magnitud, la cual corresponde al grado o nivel de alteración que sufre el factor ambiental a causa de una acción y en la parte inferior la importancia, la cual evalúa el peso relativo o la gravedad que el factor ambiental considerado tiene dentro del ambiente que puede ser afectado (*tabla 3*). En el *anexo 3* se indica la matriz de Leopold [41] debidamente diligenciada para las comunas objeto de esta tesis.

Tabla 3

Magnitud e Importancia.

MAGNITUD			IMPORTANCIA		
Intensidad	Alteración	Calificación	Duración	Influencia	Calificación
Baja	Baja	-1	Temporal	Puntual	1
Baja	Media	-2	Media	Puntual	2
Baja	Alta	-3	Permanente	Puntual	3
Media	Baja	-4	Temporal	Puntual	4
Media	Media	-5	Media	Puntual	5
Media	Alta	-6	Permanente	Local	6
Alta	Baja	-7	Temporal	Local	7
Alta	Media	-8	Media	Local	8
Alta	Alta	-9	Permanente	Regional	9
Muy alta	Alta	-10	Permanente	Nacional	10

Nota. Guía metodológica para la elaboración de un impacto ambiental. [42]

Para la designación de los valores dentro de la matriz se identificaron los siguientes puntos:

Punto 1. Sí son beneficiosos o son perjudiciales,

Punto 2. Sí son beneficiosos se coloca un valor positivo de 1 a 10, pero si son perjudiciales este va con un valor negativo que desde el -1 a -10

Punto 3. Los valores de la **MAGNITUD** se colocan dependiendo de la interacción que tengan la intensidad y la alteración, es decir: si la **intensidad es baja** y la **alteración es baja**, este llevara un **valor de -1**, pero si la **intensidad es alta** y la **alteración es muy alta** llevara un **valor de -10**

Punto 4. Los valores de la **IMPORTANCIA** se colocarán dependiendo de la durabilidad y la influencia del impacto, es decir: si la **duración es temporal** y la **influencia es puntual** llevara un **valor de 1**, pero si la **duración es permanente** y la **influencia nacional** lleva una **puntuación de 10** [43].

Se tuvo en cuenta la siguiente escala para poder determinar si el impacto generado es bajo, medio, alto o crítico (**tabla 4**). Esto dependiendo del valor que de la ponderación de los valores al finalizar la matriz de Leopold que se define como impacto total [41].

Tabla 4

Valoración de impactos

Impacto bajo	-100 a -500
Impacto medio	-500 a -1000
Impacto alto	-1000 a -2000
Impacto crítico	-3000>

3.2.3 ACTIVIDAD 2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos para la calidad de agua en la quebrada Pubus.

Se realizó un análisis fisicoquímico y microbiológico de muestras de agua, tomadas en los puntos previamente localizados en la quebrada Pubus. Las muestras se realizaron de manera puntual siguiendo los lineamientos y técnicas recomendados en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (U.S EPA) en su Handbook for Analytical Quality control in water and wastewater laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua (AWWA) en el American Standard Methods for Examination of Water and wastewater, además de la norma técnica colombiana NTC – ISO 17025 “Requisitos Generales de Competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración (ICONTECT, 2005) como la cadena de frio y el protocolo para entrega de muestra. Se utilizaron 4 recipientes por cada punto, uno para los parámetros fisicoquímicos, el siguiente para el oxígeno disuelto, otro para los parámetros biológicos y el ultimo para las coliformes totales. Se muestreó la parte alta de la quebrada ubicada en la comuna 6 la parte media que está ubicada

en la comuna 7 y la parte baja que está ubicada en la comuna 9, de esta manera se determinaron los cinco puntos estratégicos que se describen a continuación y que se observan en la **figura 3A y 3B**:

Primer punto: La toma de muestra se realizó el inicio del recorrido de la quebrada Pubus ubicado en el puente de la variante sur comuna seis (6).

Segundo y tercer punto: En la comuna siete (7) está ubicado el barrio Los tejares, en el cual se encuentra el humedal Los Tejares donde se decidió tomar una muestra antes y después del humedal.

Cuarto punto: Este está ubicado en la comuna nueve (9) donde se une la quebrada Pubus con la quebrada chozas, la toma de la muestra se realizó después de dicha unión.

Quinto punto: La toma de esta muestra se hizo en la desembocadura de la quebrada Pubus al rio Cauca, ubicado en la comuna (9).

Una vez llevada las muestras al laboratorio, se evaluaron los siguientes parámetros; OD, medido a través del método **SM 4500-OG**, pH por **SM 4500 H*B**, **DBO SM 5210 B**, **ASTM D 888 - 09**, DQO **SM 5220 D** por espectrofotometría, coliformes fecales **SM 9223 B** con la técnica **NMP – Enzima sustrato** y sólidos suspendidos totales, mediante la gravimetría con el método **SM 2540** [44]. El laboratorio del Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A.E.S. P contaba con la contratación de estudios en caracterización de aguas en vertimientos, los cuales fueron indispensables para la realización de la evaluación de impacto ambiental (EIA).

Figura 3 A) primer punto de muestreo B) quinto punto de muestreo



3.2.4 ACTIVIDAD 3. Establecimiento de índices.

Mediante el programa ICA TEST V 1.0. el cual es libre acceso, se calculó los índices de calidad y contaminación de las aguas desarrolladas en Colombia. Este programa es una herramienta para la valoración de la calidad del agua la cual requiere ciertos parámetros mencionados anteriormente para el cálculo de los ICOs[45][46]. Tras obtener los resultados del análisis fisicoquímico, se continuo con el procesamiento de datos, por medio del programa ICATest evaluando los ICOMO (índice de contaminación por materia orgánica) y el ICOMI (índice de contaminación por mineralización) para el inicio del recorrido (**figura 3A**) y el final del recorrido (**figura 3B**).

3.3. Fase III. Formulación de estrategias y alternativas para el manejo de los impactos ambientales y sanitarios.

La información recolectada en la fase 1 y 2 en las cuales se determinaron y se identificaron los diferentes impactos ambientales ocasionados por el crecimiento irregular en la **comuna 6, 7 y 9** se procedió a formular y sugerir las siguientes actividades:

3.3.1. campaña de limpieza en compañía de la comunidad para mejorar las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada.

Se proyecto en conjunto con la empresa prestadora de servicio Acueducto y Alcantarillado de Popayán campañas de limpieza, orientadas a la comunidad en las cuales son partícipes.

La limpieza se realizará en un tramo en específico de la quebrada en estudio, con el objetivo de mejorar las condiciones ambientales y sanitarias de esta, teniendo en cuenta elementos de protección personal tales como guantes y cubre bocas; una vez recolectados los residuos sólidos, se clasificarán en residuos aprovechables y no aprovechables de los cuales los no aprovechables se dispondrán en el relleno sanitario del Municipio de Popayán.

3.3.2. Diseño de cartilla educativa

Se diseñó una cartilla educativa, en la cual se dio a conocer a la comunidad los diferentes impactos ambientales con el fin de fomentar el cuidado del recurso hídrico, y así tener un mejor desarrollo ambiental, previniendo a futuro afectaciones más grandes.

La cartilla en su contenido incluye: Conceptos ambientales, ejemplos de impactos ambientales negativos y positivos, cual es la importancia del cuidado del ambiente, alternativas para ayudar a mitigar los impactos generados y a cómo proteger y conservar el ambiente; teniendo en cuenta la parte sanitaria contara con temáticas

enfocadas a enfermedades que se pueden presentar por la formación de vectores producidos por la inadecuada disposición final de los residuos sólidos, y finalmente información preventiva e ilustraciones alusivas a cada tema referido [47].

CAPITULO IV: RESULTADOS

4.1 Identificación de las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada Pubus.

4.1.1. Determinación del grado de cumplimiento de aspectos ambientales en la zona de estudio.

En cuanto a las condiciones ambientales y sanitarias caracterizadas en la zona de estudio, se evidenciaron diferentes acciones que muestran la alteración generada directamente sobre la fuente superficial hídrica, el suelo y las condiciones sanitarias de la comunidad debido a las actividades de desarrollo y la geomorfología del terreno (**tabla 5**).

Tabla 5

Condiciones ambientales y sanitaria

Aspecto	Acciones	Afectaciones	Figura
Agua	Vertimientos de ARD.	Contaminación del recurso hídrico.	
	Acumulación de residuos sólidos.	Estancamientos. Eutrofización.	
	Aumento en la concentración de la materia orgánica.	Contaminación de aguas subterráneas.	
	Actividades ganaderas.		
	Lixiviados de residuos sólidos y madera.		

Figura 4

Estado de la quebrada Pubus respecto al agua.

Aspecto	Acciones	Afectaciones	Figura
Suelo	Mala disposición de los residuos sólidos	Proliferación de roedores y vectores	
	Actividades de lavados de autos y talleres mecánicos (Hidrocarburos y derivados)	Cambios en las propiedades del suelo	
	Actividades de agricultura	Modificación de la geomorfología	
	Construcciones de viviendas	Erosión	
	Pastoreo	Perdida de la cobertura vegetal	

Figura 5
Estado de la quebrada Pubus respecto al suelo.

Sanitario y comunidad	Migración de personas	Saneamiento básico ineficiente	
	Mal organización del POT	Infraestructuras en malas condiciones	
	Falta de educación ambiental	Terrenos de construcción no aptos	
	Conexiones erradas	No cumplimiento de la normatividad por parte de la comunidad	
	Surgimiento de vectores, virus y bacterias	Contaminación del recurso hídrico	

Figura 6
Estado sanitario de la quebrada Pubus

Las fuentes estancadas, son los precursores de criaderos de larvas de mosquito como *Aedes aegypti* el cual es el precursor de enfermedades como el dengue, zika y Chikunguya [48]. También se debe tener en cuenta que estas aguas son reservorios de microorganismos como bacterias, hongos, protozoos y virus, causante de afectaciones graves a la salud[49], como se observa en **la figura 4**. Por otro lado, se encuentra el aspecto suelo, como se expone en **la figura 5** que es uno de los recursos naturales más importante, del cual depende la supervivencia de plantas, animales y seres humanos que debido a las diferentes actividades **ya mencionadas en la tabla 5** está siendo afectado de manera considerable. En todos los casos, el desarrollo de la población ha tenido un impacto directo y decisivo en la modificación del uso del suelo y estas con tendencias a la urbanización[50]. Las diferentes ciudades están en constante crecimiento y el aspecto sanitario es uno de

los principales factores que se debe tener en cuenta para el desarrollo de estas, lo cual no se ve reflejado en la caracterización realizada, como se observa en **la figura 6** la comunidad está vertiendo sus aguas residuales directamente a la quebrada modificando sus características físicas y químicas, ocasionando que los organismos del sistema acuático demanden oxígeno y, por lo tanto, influyen en la distribución de la vida acuática [51].

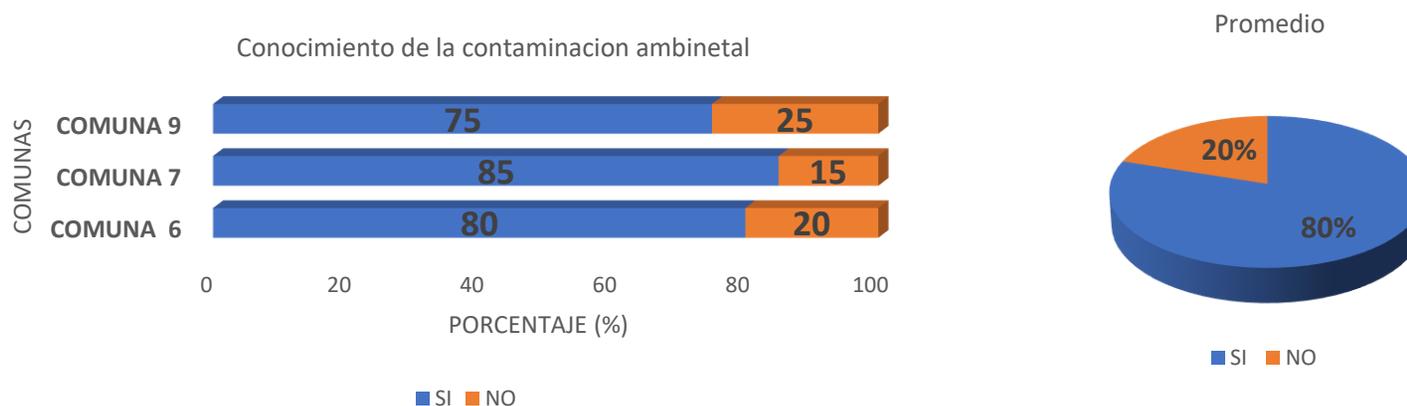
4.1.2 Percepción de los impactos ambientales y sanitarios en las comunas 6, 7 y 9

Una vez realizada la caracterización de las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada Pubus, se prosiguió a realizar la aplicación de la encuesta diseñada. Para esto, se determinó el número de personas que se encuestarían (**anexo 4**) dando como resultado un número de 20 personas por cada comuna, teniendo en cuenta el censo municipal, información brindada por **la oficina de planeación de la alcaldía del municipio de Popayán – Cauca** [38]. Ya obtenida la información los valores se expresaron como frecuencia o número de habitantes por comunas. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos en la aplicación de la encuesta en las diferentes comunas en las cuales se desarrolló este trabajo de grado.

4.1.3 Encuesta general de conocimiento Ambiental.

En los resultados obtenidos en la encuesta relacionado al conocimiento de la contaminación ambiental (**Figura 7**), muestra que el 80% de la comuna 6, 85% de la comuna 7 y el 75% de la comuna 9 tienen conocimiento de la contaminación con una discrepancia del 20% para la comuna 6, con un 16% para la comuna 7 y por último con un 25% para la comuna 9.

Figura 7 Porcentaje promedio (%) de encuestados que tienen conocimiento de la contaminación ambiental.



Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente, se tienen que el promedio de los encuestados da un 80% los cuales afirman tener algún tipo de conocimiento acerca a la contaminación ambiental; con este trabajo se pretende que los habitantes de estas comunas generen una conciencia ambiental y brindarles las diferentes estrategias, para las buenas prácticas y así tener un mejor desarrollo sostenible y reducir dichas afectaciones[52]. En la universidad de Sipán Chiclayo - Perú, se realizó una encuesta donde se abordaban temas como la contaminación ambiental, cuidado del ambiente y prácticas para un buen desarrollo dando como resultado, que los estudiantes presentaban un déficit en todos los temas mencionados anteriormente, en comparación a lo que sucede en las comunas de Popayán, que tienen el conocimiento de la contaminación, sin embargo, son los mismos habitantes quienes se encargan de que la afectación se incremente y empeore [53].

Los resultados obtenidos exponen que para la comuna 6 y 7 el 80% de los encuestados comprenden el detrimento que generan los residuos sólidos a la quebrada, al igual que para la comuna 9 con un 70% a diferencia del 20% para la comuna 6,7 y para la comuna 9 con un valor del 30% como se evidencia en la **figura 8**.

Figura 8. *Porcentaje Promedio (%) de encuestados que comprenden la problemática de los residuos sólidos.*



Las personas encuestadas tienen conocimiento de las problemáticas ambientales, las cuales en su mayoría son ocasionadas por diferentes factores; como el crecimiento de la población, la desinformación de temas importantes y que son de relevancia para el cuidado y conservación de estos medios. Como se puede observar en el promedio con el 77% de las personas encuestadas afirman saber de lo que los residuos sólidos son capaces de generar a la quebrada siendo este un resultado positivo, debido a que más del 50% dijo que “sí”, sin embargo, las condiciones observadas en campo y como se puede evidenciar en la **figura 6** no son las adecuadas y no están tomando acciones, para poder subsanar la afectación que se genera. Por el contrario, continúan arrojando residuos sólidos a la fuente aun conociendo la problemática que estos producen. Según información suministrada por parte del acueducto, la acumulación de estos residuos sólidos en el cauce de la quebrada ha propiciado inundaciones en los barrios aledaños.

Los resultados obtenidos (**figura 9**) muestran que el 80% perteneciente a la comuna 6 han arrojado basura a la quebrada, por otro lado, está la comuna 7 con un valor de 100%, es decir, que todas las personas encuestadas han arrojado basura al cauce y por último está la comuna 9 con un 20%.

La **figura 9** y la **figura10** se correlacionan, puesto que estas dos preguntas miden con mayor veracidad la sinceridad con la que las personas encuestadas responden, lo cual no se ve reflejado, es decir, en campo, en visitas anteriores, se evidenció mediante la observación cómo personas a las cuales se les aplicó la encuesta arrojaban basura a la cuenca y cuando se les preguntó que si lo realizaban su respuesta fue no, esto puede ser debido a que, piensen que se les va a sancionar por hacerlo, haciendo que los datos tengan un margen de error. De acuerdo a las respuestas obtenidas, se puede decir que las personas nunca asumirán sus malas acciones frente a la contaminación de las fuentes hídricas, por el contrario, siempre buscaran a quien acusar. Según estudios en la comuna 20 de la ciudad Santiago de Cali las personas tienen como practica arrojar diferentes residuos sólidos a la fuente más cercana, que para ese caso sería la quebrada Guarrús y el Indio, similar a lo que se evidencio en la quebrada Pubus, afectado de manera negativa estas fuentes hídricas, además, ocasionando represamientos de las aguas que transcurren por el cauce de estas [54].

Figura 9. Porcentaje Promedio (%) Vecinos que arrojan basura a la quebrada

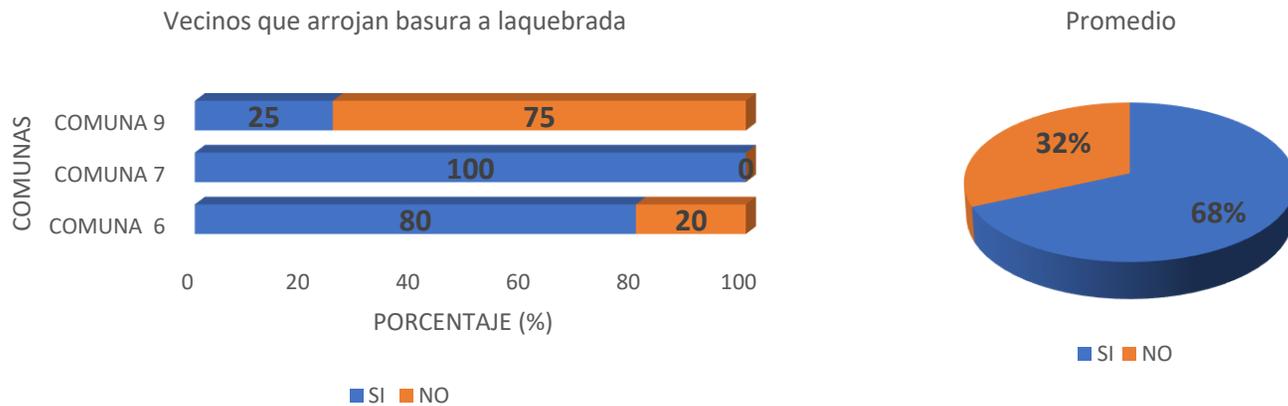
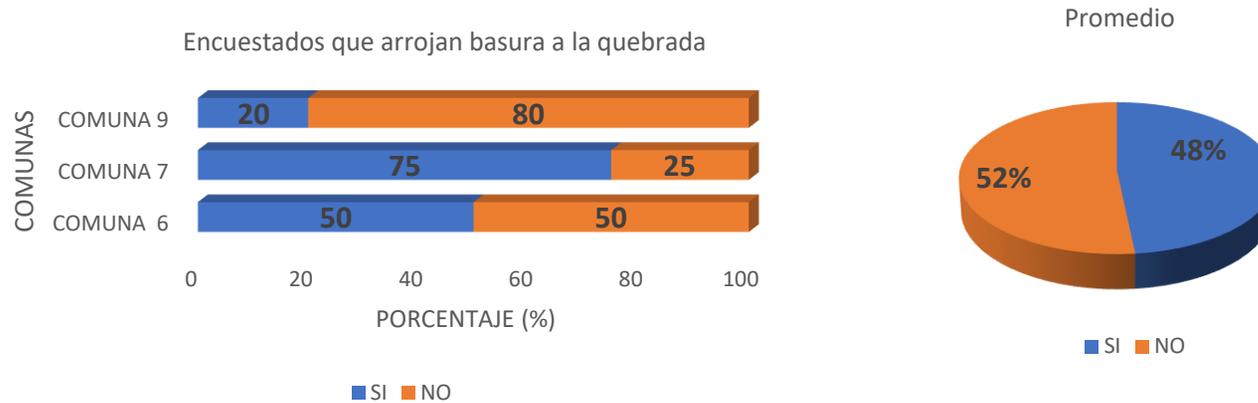


Figura 10 Porcentaje Promedio (%) Encuestados que arrojan basura a la quebrada



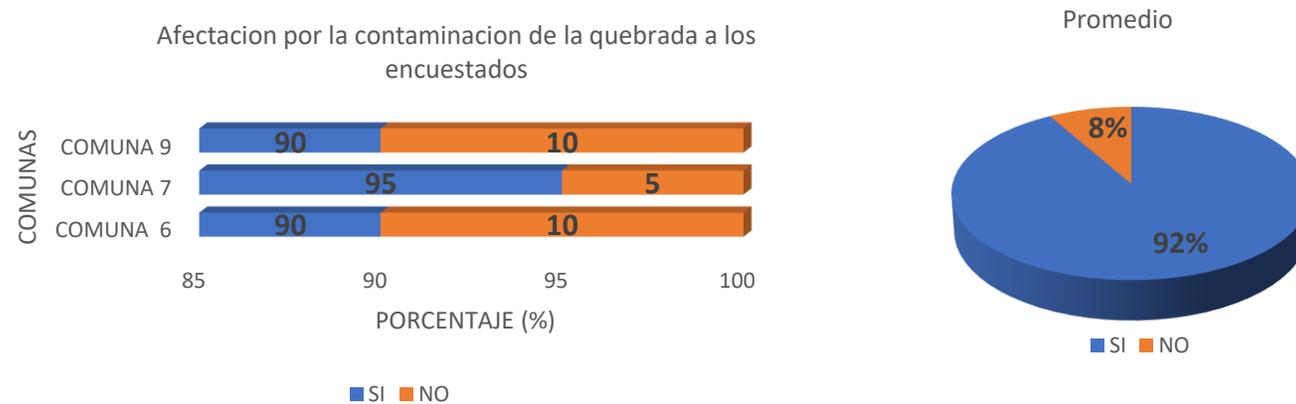
En la **figura 11** se puede observar los resultados obtenidos relacionados con **la afectación a la salud**, en donde se tiene que la comuna 6 y 9 el 90% de los encuestados tienen conocimiento de las diferentes afectaciones, y por último la comuna 7 con 95%.

Teniendo en cuenta el promedio de las 3 comunas, se tiene que el 92% de los encuestados aseguran tener conocimiento de las diferentes afectaciones que les puede generar a su salud por vivir cerca de una quebrada contaminada, sin embargo, las conductas ciudadanas no son las adecuadas, y dichas afectaciones van desde arrojar un residuo sólido directa o indirectamente a esta.

Además, la existencia de otros factores se hace presente, como el arrastre del viento que logra desplazar ciertos residuos sólidos al cauce de la quebrada. Por otro lado, está la posición económica que manejan estas comunas, en específico la comuna 6 y 7 las cuales son personas de bajo recursos; dicha información, fue confirmada con las visitas técnicas y por los mismos habitantes, los cuales mencionaron cito: *“no nos retiramos porque la plata no nos alcanza para más”*, L. Muñoz menciona en su artículo que tener un nivel económico bajo, afecta de manera directa la calidad de vida, debido a que se presentan escasez en los recursos naturales y la deficiencia en cubrir necesidades básicas como el acceso al agua potable, conexión al alcantarillado y atención a la salud, lo que se evidencia en las comunas 6,7 y 9 del municipio de Popayán,

afectando el factor ambiental en cuanto a las descargas de ARD que se realizan de forma directa a la quebrada Pubus y la acumulación de RS en la misma [55].

Figura 11 *Porcentaje Promedio (%) Afectación a los encuestados por la contaminación de la quebrada*



En la **figura 12** y en la **figura 13**, sucede algo similar a lo que se obtuvo en la **figura 9** y **figura 10**, puesto que las personas encuestadas, daban su respuesta y lo observado en visitas anteriores era totalmente diferente, de tal manera que los datos observados en campo y los recolectados por medio de la encuesta arrojen resultados discrepantes. Esto puede ser debido a que las personas no tengan la suficiente confianza y deciden dar una respuesta en la cual ellos no se vean afectados y exonerarse de toda responsabilidad ante el encuestador.

Figura 12 *Porcentaje Promedio (%) Quema de residuos por parte de los vecinos*

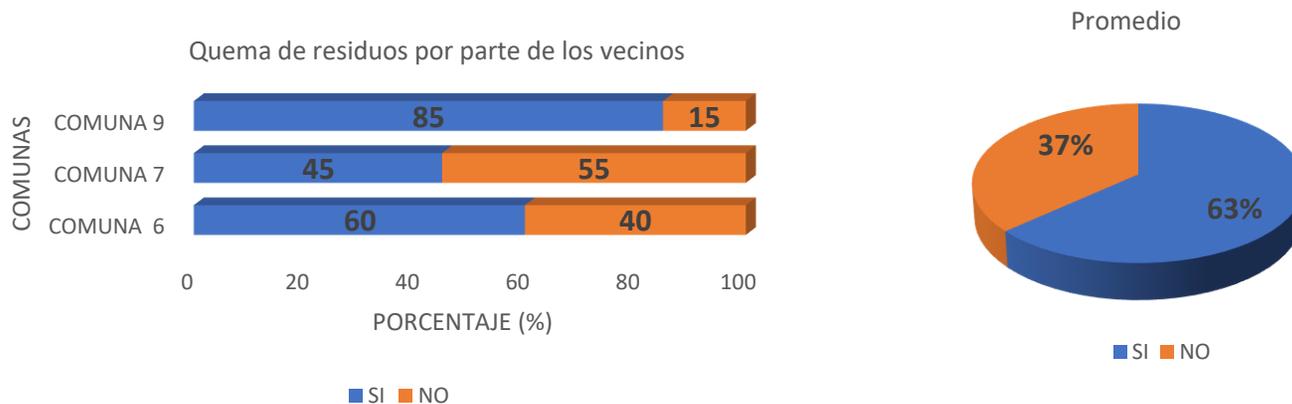
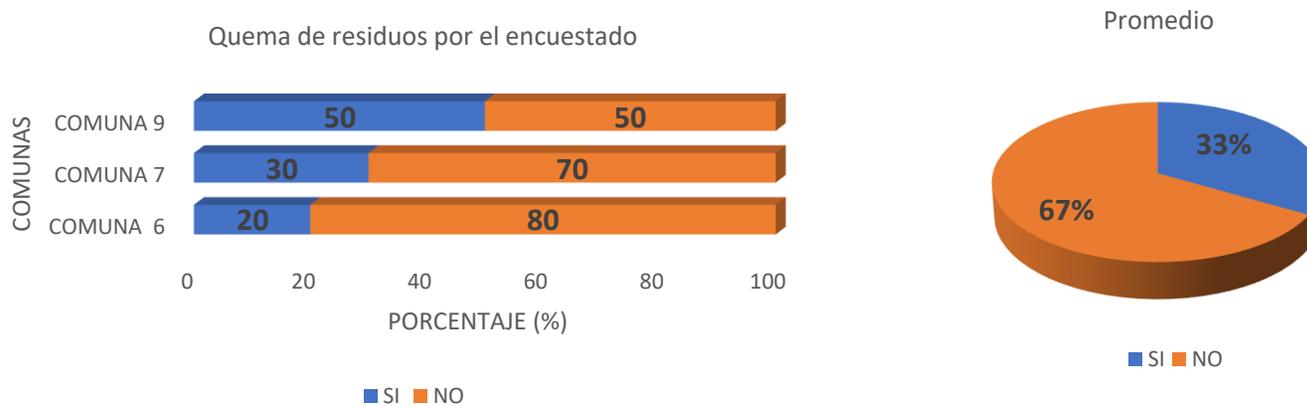


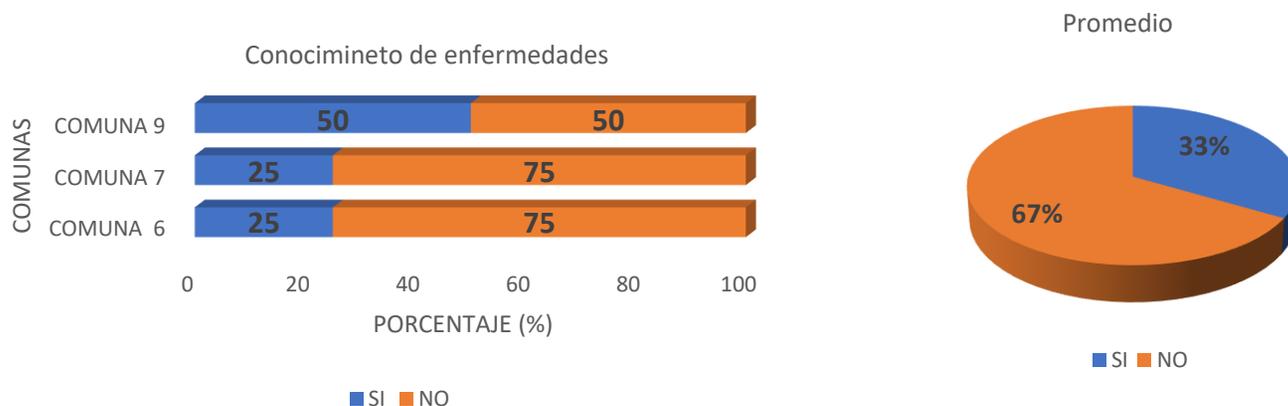
Figura 13 *Porcentaje Promedio (%) Quema de residuos por parte del encuestado.*



Una de las grandes afectaciones al ambiente y a la sociedad es el inadecuado manejo de los residuos sólidos ya que estos generan las condiciones adecuadas para la proliferación de las enfermedades que son portadas por diferentes vectores como: Moscas las cuales son transportadores de cólera o fiebre tifoidea, también las cucarachas que son acarreadoras de

gastroenteritis e intoxicaciones alimentarias y los mosquitos que son portadores de graves enfermedades como **la malaria, dengue, malaria entre otros** [56], es por esto que es significativo la educación de la población con los temas ambientales como se observa en la **figura 14**

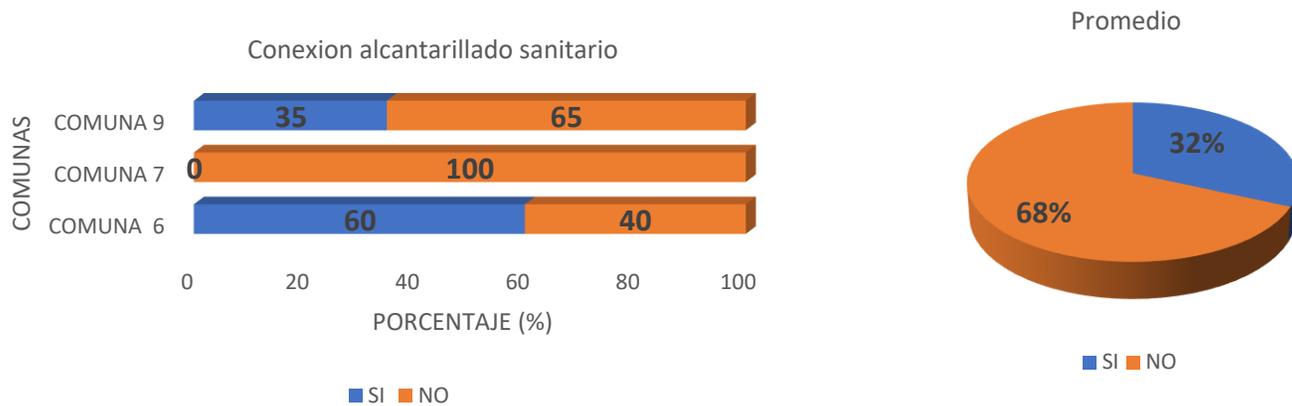
Figura 14 Porcentaje Promedio (%) Conocimiento de enfermedades por el manejo inadecuado de RS.



El promedio de los encuestados que tienen conocimiento respecto a las enfermedades generadas por el inadecuado manejo de los residuos sólidos es del 67%, de los cuales se tiene que para la comuna 9 el 50% tiene conocimiento, y tanto para la comuna 6 y 7 tan solo un 25%. M. García et al, menciona que al no tener un adecuado manejo de los residuos sólidos, hace que se generen las condiciones óptimas para la proliferación de dichos vectores portadores de enfermedades[57]. Además, en estas zonas ya se reportaron 9 casos positivos de dengue en el año 2021 de acuerdo a los informes reportados a la Secretaria de Salud Municipal notificados por los entes de salud a través de la página del SIVIGILA, demostrando así, que es de suma importancia tener un plan, para la gestión del manejo de los residuos sólidos.

Las aguas residuales domésticas son las precursoras de muchos impactos ambientales a nivel global, estas contribuye al cambio de los ecosistemas, como lo son la eutrofización, generación de vectores y cambios en las condiciones organolépticas de la quebrada, entre otras, es aquí donde se manifiestan las afectaciones que está presentado la quebrada Pubus debido a los vertimientos de las ARD que realiza la comunidad y los resultados obtenidos afirman lo anteriormente mencionado, como se puede observar en la **figura 15**.

Figura 15 *Porcentaje promedio (%) encuestados con servicio de alcantarillado.*



En la comuna 7 el 100% de los encuestados no tienen acceso a la conexión de alcantarillado sanitario por lo tanto vierten directamente las aguas residuales generadas en sus hogares a la quebrada. Por otro lado, para la comuna 9 se obtuvo que el 65% no cuentan con la prestación de servicio. Los resultados anteriores muestran que el Plan de Ordenamiento Territorial, presenta falencias y como menciona C. Granados 2021, es importante determinar las proyecciones de las poblaciones, para así calcular los picos máximos de generación de aguas residuales y por tanto establecer la capacidad con la que trabajaría la tubería. Así mismo, proyectar las conexiones sanitarias que se necesitarían a medida que crezca la población [58].

4.2. Valoración de los impactos ambientales generados por el crecimiento poblacional sobre la zona de influencia directa de la quebrada Pubus en las comunas 6 y 9 en Popayán- Cauca.

4.2.1. Valoración de los impactos ambientales mediante la Matriz de Leopold.

Se evidencio que en las comunas de estudio el vertimiento de ARD, la acumulación de RS y materiales inadecuados para la estabilización del terreno, afectan las condiciones ambientales y sanitarias de la quebrada, por lo que, estas fueron evaluadas por medio de la matriz de Leopold. En la **tabla 6** se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 6

Resumen Matriz de Leopold.

Valor del impacto del Componente Abiótico		
Agua	-1190	
Suelo	-1168	-2777
Aire	-429	
Valor del impacto del Componente Sanitario		
Salud	-128	
Modo de vida	26	-310
paisajístico	-208	
Valor del impacto del Componente Biótico		
Flora	-222	-450
Fauna	-228	
TOTAL		-3537

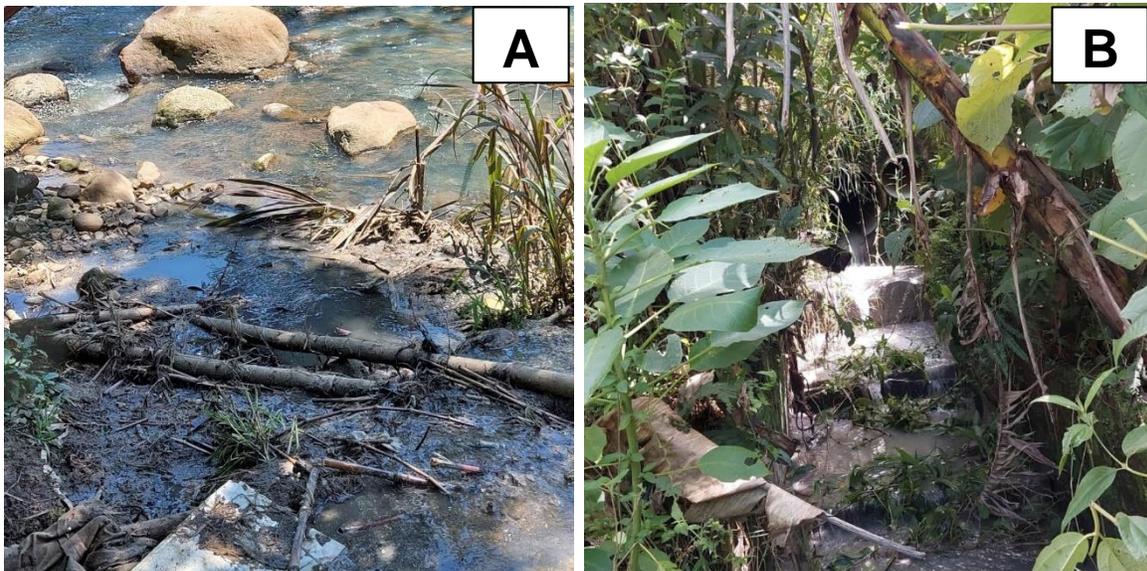
Las actividades analizadas en la matriz de Leopold y que producen efectos adversos al desarrollo natural de la quebrada, como se observa en el **anexo 3**, muestran que alrededor de la fuente hídrica, los habitantes han modificado el ambiente a su conveniencia, debido a actividades como la agricultura y ganadería; siendo esta última, la actividad principal que produce más problemas ambientales, puesto que los excrementos producidos por los animales incrementan la proliferación de agentes patógenos como bacterias, virus y parásitos [59].

Según los resultados obtenidos (**tabla 6**), el **componente abiótico** es el que presenta una mayor afectación con un valor de -2777, siendo el **componente físico agua** el más deteriorado, según la escala de valoración (**tabla 4**), se aprecia que, si se tiene un valor entre -1000 y -2000, es una afectación o impacto alto y el resultado

obtenido fue de -1190. Esto es debido a que en la zona de estudio en la actualidad se está presentando un crecimiento urbanístico o poblacional irregular y a la falta de saneamiento básico: (Acceso a agua potable, tener el manejo adecuado y disposición final de los residuos sólidos, control de plagas y acceso al alcantarillado sanitario o uso de pozos sépticos) [60], por lo último mencionado, es por lo que el componente físico agua es el más afectado, puesto que estas viviendas, están vertiendo sus aguas grises y servidas directamente a la fuente.

Además, en el barrio Lomas de Granada y en el Valle del Ortigal se observó el alcantarillado pluvial (**figura 16.B**), el cual en ese momento no debía estar con ningún tipo de descarga, puesto que no se presentaba ninguna precipitación. Las conexiones erradas suceden cuando una instalación o un hogar conecta su sistema de alcantarillado de aguas servidas a un sistema de alcantarillado pluvial, generando así afectaciones a las cuencas hidrográficas donde se vierte las aguas netamente pluviales [61], esto produce que la calidad de la cuenca disminuya, por lo que se consideró a la fuente como una quebrada contaminada con aguas residuales.

Figura 16. Vertimiento de agua ARD sobre el componente abiótico agua.



Teniendo en cuenta lo mencionado, se podría rediseñar el sistema de alcantarillado y que daría soluciones a varias problemáticas o condiciones que no son favorables, ni para la quebrada ni para la sociedad.

El **componente físico suelo** se encuentra con un valor total de -1168 (**tabla 6**), debido a las diferentes modificaciones que los habitantes de estas comunas han realizado para su beneficio, como el relleno con materiales residuales de construcción y demolición (RCD) para la estabilización del terreno, esto con el fin de mejorar el suelo en donde se construyen viviendas, sin embargo, esta zona está catalogada como zona de alto deslizamiento [8] y teniendo en cuenta las

características físicas de los RCD, no son aptos para la estabilización del terreno, puesto que la infiltración del agua se produce de una manera más rápida, aumentando así el caudal y arrastrando partículas que no son beneficiosas para la quebrada.

En el **componente sanitario**, los principales aspectos ambientales afectados son el agua y el suelo, debido a las diferentes actividades laborales (talleres mecánicos, lava autos y trilladoras de madera), a pesar de que generan recursos económicos que ayudan a la población en el sustento de sus hogares, producen gran cantidad de contaminantes, pero con las practicas adecuadas se podría disminuir o evitar. Un ejemplo de ello, serían los establecimientos para la limpieza de automotores y talleres mecánicos, implementando trampas de grasas y tratando las aguas residuales que se generen en las actividades diarias de estos lugares.

La valoración total de los impactos ambientales, es de **-3537 (tabla 6)**, indicando un impacto ambiental crítico, además, teniendo en cuenta todos los procesos de crecimiento urbanístico, en donde las construcciones no respetan los límites permisibles establecidos, según decreto ley 2811, llevan al deterioro de la quebrada disminuyendo su calidad y protección. Además, se encontraron otras problemáticas que afecta directamente a la fuente hídrica como a la comunidad misma. Una de estas es la obstrucción de la línea por dónde van los colectores de las aguas residuales, a causa de la construcción de viviendas o de establecimientos, generando el impedimento del debido mantenimiento que los funcionarios encargados deben darle a estas cámaras de inspección o colectores. Asimismo, la generación de malos olores dentro de los colectores son factores que afectan a la calidad de vida de las personas, es por esto que optan por sellarlas así ocasionando el mal funcionamiento de la línea (**figura 17**).

Figura 17 Cámaras de inspección selladas.



4.2.2. Determinación de los parámetros fisicoquímicos para la calidad de agua en la quebrada Pubus.

Las fuentes hídricas, se están viendo afectadas por el incremento de personas en los cascos urbanos de manera irregular, ya que no todas cuentan con la conexión al alcantarillado y lo que hacen es verter sus ARD directamente a la fuente superficial más cercana como evidenciado en la quebrada Pubus (*figura 18*).

Figura 18 Vertimiento de ARD directamente a la fuente hídrica



Estos vertimientos alteran sus características organolépticas, físicas y químicas, afectando la calidad del agua como se observa en la *tabla 7*. A continuación, se presentarán los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y microbiológico del agua de la quebrada Pubus en las diferentes comunas.

En la *tabla 7* se observan los resultados obtenidos de los parámetros, según estos la fuente hídrica se puede catalogar como agua superficial contaminada con aguas residuales [62], debido a que la DBO y la DQO tienen valores bajos: **<50 y 69,9 mg O₂/L** respectivamente, y que fue confirmado con lo observado en campo. Por otro lado, el valor bajo de OD de **1,57 mg O₂/L**, indicando que los organismos aerobios no están tan presentes en esta primera muestra a comparación de los organismos anaerobios, que pueden tener mayor proliferación por el consumo de materia orgánica debido a que es su medio natural: El bajo nivel OD, es un indicador de que la fuente hídrica está en contaminación por materia orgánica [63], pero los resultados de la DBO y la DQO dicen lo contrario ya que de acuerdo con la resolución 0631 estos dos parámetros están cumpliendo con lo establecido, lo cual no concuerda con lo observado en el sitio de muestreo, debido a que es un sector donde se presentan descargas directas de aguas residuales domésticas a la fuente hídrica dado que estas viviendas no cuenta con la conexión al sistema de alcantarillado.

Tabla 7

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Pubus (comuna 6)

Puente Variante Sur		
Parámetros	Unidad	Dato
Coliformes totales	NMP/100mL	>241960
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /L	<50
Demanda Química de Oxígeno	mg O ₂ /L	69,9
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100mL	173290
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	1,57
pH		6,93
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	<35
Conductividad	μS/cm	245
Dureza	mg/L	3
Alcalinidad	mg/L	5

Además, las muestras se realizaron en una época de alta pluviosidad, debido al fenómeno de la niña. Las precipitaciones generan un aumento del oxígeno disuelto, y el aumento de las corrientes ayudan a la oxigenación, la problemática es que los valores de la DBO y la DQO, son bajos para lo que se observó en campo y es aquí donde el incremento del caudal de la quebrada ejerce su factor de dilución, de tal forma que los resultados obtenidos no reflejan la afectación real de la zona de estudio. Así que la disminución del OD no depende de la contaminación por materia orgánica y puede estar asociada a otro componente como lo es el cauce. Aunque la contaminación se puede evidenciar por el análisis de las coliformes fecales lo exigido por el decreto 1594 de 1984 donde se establecen los criterios de calidad para destinación del recurso; es decir la norma establece que para la potabilización y consumo humano utilizando un tratamiento convencional las coliformes totales deben estar en **2000 NMP/100mL** y que no debe sobrepasar los **5000 NMP/100mL** si se va utilizar para riego de frutas que se consuman sin quitar la cáscara.

Según los resultados obtenidos de las coliformes totales, no están cumpliendo con lo establecido ya que estos datos sobrepasan en grandes dimensiones de lo que menciona el decreto; teniendo valores de **241 960 NMP/100mL** para las cada una de las 5 muestras realizadas. Indicando que hay una alta presencia de

microorganismos descomponedores de bacterias coliformes provenientes de las excretas, que consumen el OD tendiendo a convertirse en un sistema anaerobio y eutrófico afectando la vida acuática, este descenso OD refleja los procesos de oxidación química y biológica los cuales no se observan en los resultados de BDO y DQO.

En la **tabla 8** se encuentran expresados los valores correspondientes a las muestras ubicadas antes y después del humedal, para la muestra 2, el OD continúa bajo 2,60 mgO₂/L, la DBO y DQO no superan los 50 mgO₂/L, teniendo el mismo comportamiento de la primera muestra, sin embargo, los valores después del humedal corresponden al tercer muestreo realizado indican que, el OD aumenta a 4,99 mgO₂/L, esto debido a los múltiples beneficios que tiene un humedal, ya que estos ayudan a mejorar la calidad del agua, aire y suelo puesto que la cobertura vegetal que tienen los humedales es amplia lo que permite que se generen este tipo de comportamientos ayudando de igual manera a la salud de las personas que se encuentran alrededor de estos ecosistemas. Por otra parte los humedales también son reguladores hídricos; infiltran y almacenan el agua para luego en épocas de sequía liberarla, además, en este proceso aportan agua a los acuíferos subterráneos[64][65].

Tabla 8

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Pubus (comuna 7)

Muestreo humedal Tejares			
Parámetros	Unidad	Antes	Después
Coliformes totales	NMP/100mL	>241960	>241960
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO ₂ /L	<50	<50
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	<50	<50
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100mL	104620	64880
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	2,60	4,99
pH		7,10	6,99
Solidos Suspendidos Totales	Mg/L	<35	<35

En la **tabla 9** se muestran los resultados del cuarto muestreo. Para la DBO y DQO los valores no tienen una variación significativa a las anteriores, esta se mantiene en **<50 mg O₂/L** a diferencia del OD que aumenta a **6,86 mgO₂/L**, con este aumento de oxígeno disuelto, aumenta las probabilidades de supervivencia de la vida

acuática; ya que la resolución 1096 del 2000 establece parámetros de calidad de agua mínimos para que esta sea aceptable, estableciendo que OD debe ser mayor o igual a 4 mg/L [15].

Por otro lado, están los sólidos suspendidos totales, que para todas las muestras tiene un valor menor a 35 mg/L, como esta es una variable que dependen de la variabilidad del clima, puesto que si se tomó en un día de invierno o verano los sólidos suspendidos totales tenderían a aumentar o a disminuir, respectivamente, en el caso de estas muestras las cuales fueron tomadas en días soleados, a excepción de la muestra número dos y número tres, puesto que se presentó una ligera precipitación, sin embargo no se vio reflejado en los resultados de SST.

Tabla 9

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Pubus (comuna 9)

Unión quebrada La choza y Pubus		
Parámetros	Unidad	Dato
Coliformes totales	NMP/100mL	>241960
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO ₂ /L	<50
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /l	<50
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100mL	173290
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	6,86
pH		6,99
Solidos Suspendidos Totales	mg/L	<35

Para el quinto punto muestreo, los valores de DBO y DQO tuvieron un cambio significativo (**tabla 10**) de 61 mgO₂/L y 90 mgO₂/L, sin embargo, estos valores no representan una afectación para las condiciones de la quebrada.

Tabla 10

Resultados de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua de la quebrada Pubus (comuna 9)

Desembocadura de la quebrada Pubus al rio Cauca		
Parámetros	Unidad	Dato
Coliformes totales	NMP/100mL	>241960

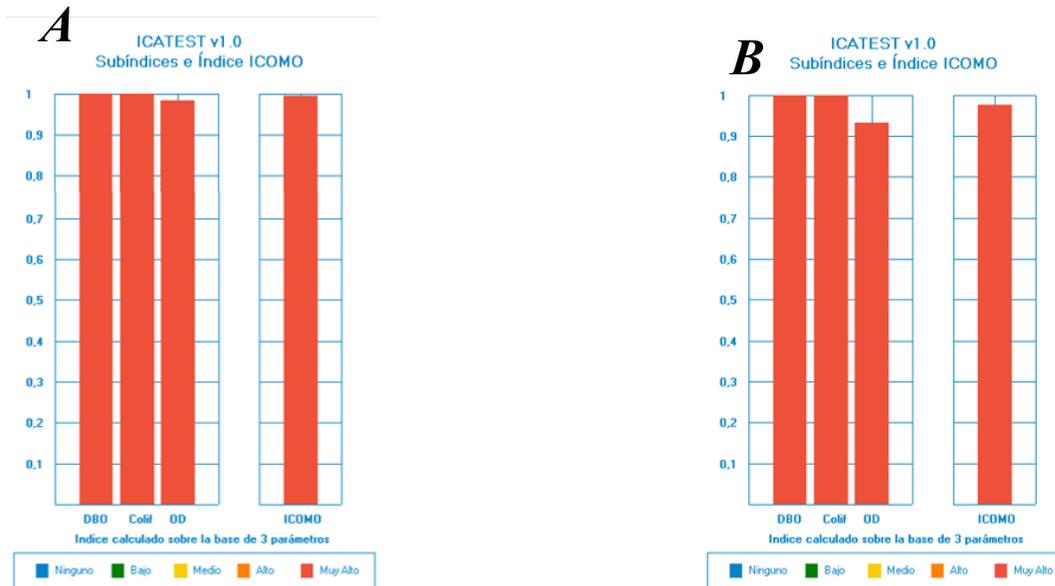
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mgO ₂ /L	61
Demanda Química de Oxígeno	mgO ₂ /L	90
<i>Escherichia Coli</i>	NMP/100mL	>241960
Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /L	6,82
pH	-	7,31
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	36
Conductividad	µS/cm	260
Dureza	mg/L	5
Alcalinidad	mg/L	7

Teniendo en cuenta los resultados mostrados en las tablas **7, 8, 9** y **10**, en específico el parámetro E- Coli se puede evidenciar que hay contaminación de tipo bacteriológico, debido a que esta tiene un valor de **173 290 NMP/100mL, 104 620 NMP/100mL, 64 880 NMP/100mL, 173 290 NMP/100mL, 241 960 NMP/100mL** respectivamente, estos son organismos patógenos que afectan a la salud humana y se encuentran en el medio acuático debido a descargas de aguas residuales como es en el caso de la quebrada Pubus. Además, las fuentes hídricas no están libres de la E – Coli, debido a que la existencias de animales y las excretas de estos también aportan al aumento de esta bacteria, el claro ejemplo de esto es en el parque de las garzas ubicado en la comuna 9, estas aves tienen sus nidos la orilla de la quebrada y su excreción termina en la cuenca [66].

4.2.3. Establecimiento de índices.

En la **figura 19** se observan los índices de contaminación por materia orgánica y por mineralización para la determinación de la calidad del agua.

Figura 19 A Punto 1 ICOMO. Puente variante sur y B Punto 5. Desembocadura Pubus – río Cauca

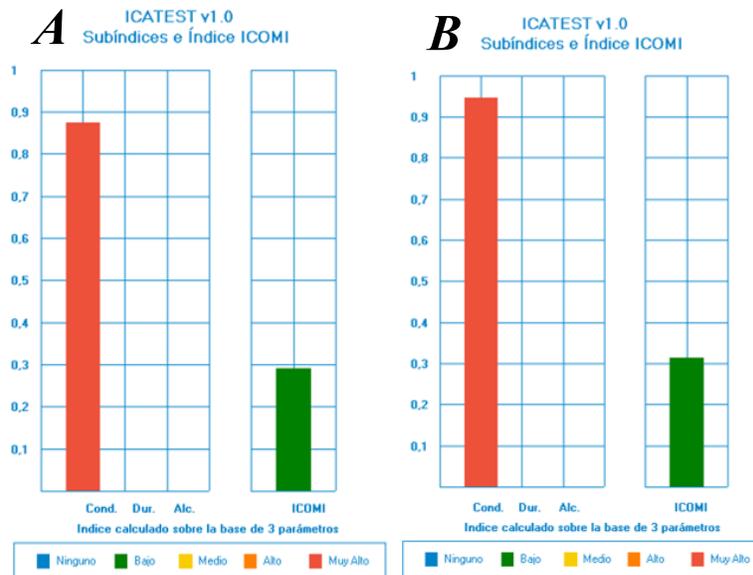


De acuerdo a los resultados obtenidos, el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) (**figura 19A y 19B**) presentó valores **muy altos** donde las coliformes fecales tienen un valor **>241960 NMP/100mL** para los dos puntos de muestreo. Este comportamiento se debe a que ambos sitios se evidenciaron descargas directa de aguas residuales domésticas lo cual, se ve manifestado en los niveles de coliformes fecales de estos [67], pero como se había mencionado anteriormente, los valores de la DBO, están por debajo de los límites máximos permisibles cumpliendo con lo estipulado en la norma, es decir a este indicador se le atribuye el resultado **muy alto** a las coliformes fecales y al oxígeno disuelto, dado que para el punto uno está en **1,54 mgO₂/L** y según el título c del RAS 2000 en el apartado calidad del agua y grado de tratamiento indica que, para que una fuente hídrica sea considerada aceptable para un sistema de potabilización la variable OD debe ser **> 4,5 mgO₂/L** a lo que en el punto 5 tiene un valor de **6,82mgO₂/L** cumpliendo con lo establecido, sin embargo el programa ICAtest arroja un valor alto para dicho parámetro [15].

Acorde con los resultados en la **figura 20A y 20B** la alcalinidad, dureza con valores de **3 y 5 mg/L**, permitiendo el cálculo del índice, categorizándolo en un grado de contaminación bajo, debido a que presentaron niveles bajos, los cuales obedecen a la clasificación de la dureza como blanda. Además, según lo establecido en la resolución 2115 del 2007 está en cumplimiento con los valores máximos permisibles

ya determinados, haciendo que si el agua se va a utilizar para consumo humano, sea mucho más fácil su potabilización [68].

Figura 20 A Punto 1. Puente variante B Punto 5. Desembocadura Pubus – río Cauca



4.3. Alternativas para el manejo de impactos ambientales.

4.3.1. Diseño de cartilla educativa

En la **figura 21** se presenta la cartilla digital semillas para un futuro ambiental, la cual contiene: portada, presentación, introducción y el objetivo o propósito de la misma, además, contiene conceptos ambientales, la importancia del cuidado del ambiente y en cómo se podría ayudar a mitigar los impactos generados, al igual que ejemplos de impactos ambientales positivos y negativos e ilustraciones referentes a cada tema mencionado. Para ampliar la información de la cartilla véase el link <https://imagenescreativasnq.com/semillas-para-un-futuro-ambiental/> el cual lleva a la cartilla virtual.

Figura 21 Portada de cartilla semillas para un futuro ambiental



En las campañas de limpieza que se proyectaron, en donde se trabajará directamente con la comunidad y para consolidar la información dada, se entregará la cartilla semillas para un futuro ambiental.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- De acuerdo con los valores obtenidos de la evaluación del impacto ambiental generado a la fuente hídrica Pubus, se puede afirmar que el origen de la contaminación se adjudica a los múltiples vertimientos de carácter domésticos, siendo la comuna 7 y la comuna 9 los mayores aportantes a la concentración de contaminantes, alterando las características químicas como el oxígeno disuelto que oscilan entre **1,57 mgO₂/L** y **6,82mgO₂/L**, las características microbiológicas en donde se encontraron valores de coliformes totales mayores a **241960NMP/100mL** y por ultimo las organolépticas, confirmando el mal estado del agua.
- La quebrada Pubus está atravesando un proceso de contaminación, por las actividades antropogénicas que se generan alrededor de ella, las cuales son las causantes de la alteración y disminución del recurso hídrico y la cobertura vegetal. Además, las actividades humanas, produce diversos desechos que se depositan en los lugares incorrectos y terminan en las cuencas hídricas, ya sea por el arrastre de la lluvia, o porque se arrojan directamente en la misma, como sucede en la quebrada Pubus.
- Aplicando los instrumentos de valoración de impactos ambientales haciendo uso de la matriz de Leopold, se pudo confirmar, que la quebrada tiene un grado de contaminación crítico dado que se obtuvo como resultado -3537, en donde el componente abiótico es el más afectado con un valor de -2777. Sin embargo, no solo se evidenciaron impactos negativos, debido a que por la geomorfología del cauce en ciertos puntos de la quebrada el aumento de velocidad, el choque del agua con las piedras y el intercambio atmosférico que se presentan conlleva a que la cuenca recupere un porcentaje de la calidad que debería tener el oxígeno disuelto, en cuanto a lo anterior, se puede ver reflejado en el aumento de dicho parámetro, que paso de estar de **1,57 mgO₂/L**, donde los organismos acuáticos eran prácticamente inexistentes a **6,82mgO₂/L** beneficiando a las bacterias aerobias, generando degradación de la materia orgánica con mucha más eficiencia causando que se consuma más oxígeno.
- El ICOMO muestra que el grado de contaminación por materia orgánica en los dos puntos de muestreo son muy altos, sin embargo, los valores individuales de la DBO son bajos, a comparación de las coliformes totales, las cuales sobrepasan los límites máximos establecidos, y es aquí donde las autoridades competentes deben generar planes para disminuir los valores de estos parámetros y garantizar la recuperación de las características naturales

de la quebrada. Por otro lado, está el ICOMI, del cual se determinó que el grado de contaminación por mineralización es bajo, debido a que los valores obtenidos de los parámetros de dureza y alcalinidad fueron bajos.

- Por último, respecto a la formulación de estrategias para el manejo de impactos ambientales, fue importante identificarlos, para así poder sensibilizar a la comunidad y mejorar las prácticas de desarrollo realizadas en cada una de sus viviendas, puesto que si se quiere evitar que las afectaciones ambientales incrementen se deben plantear dichas medidas.

5.2. Recomendaciones

- La mejor opción sería realizar un estudio topográfico debido a que estos permiten describir las características físicas, geográficas y geológicas de la superficie terrestre y es importante tener conocimiento, de cómo se comporta el suelo y ver que material es el viable para la estabilización de este mismo y ver cómo se puede mejorar su calidad.
- Al reestructurar el sistema de alcantarillado, se pueden incluir las viviendas que están haciendo sus vertimiento directamente en la quebrada, y realizar la renovación de tuberías, ya que según la información brindada por el acueducto de Popayán aún existen tuberías que no se les ha hecho reposición y esto sería beneficioso para ambas partes, además de hacer una respectiva proyección de la población, para así tener conocimiento de los litros que va utilizar cada individuo por día y así saber con qué capacidad va trabajar la tubería y esta no colapse en el proceso; se recomienda utilizar la tubería en material PVC corrugado para el buen funcionamiento de la línea y así evitar deterioro de la misma
- Realizar jornada de limpieza al cauce de la quebrada, puesto que la acumulación de estos residuos sólidos genera retención de caudal pudiendo ocasionar inundaciones a los barrios aledaños a esta misma.
- Verificar si los autolavados y talleres mecánicos identificados en las comunas tienen algún tratamiento para las aguas residuales que generan.
- Realizar campañas de sensibilización ambiental, puesto que es de suma importancia que la población tenga conocimiento de las afectaciones que está causando, que no solo es una persona la que se daña, sino todos como sociedad y ver qué medidas se pueden tomar para evitar o mitigar.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] T. V. S. Athaydes, M. Parolin, and J. D. Q. Crispim, “Análise histórica sobre práticas de saneamento básico no mundo,” *Rev. Nac. Gerenciamento Cid.*, vol. 8, no. 65, 2020, doi: 10.17271/2318847286520202586.
- [2] “Sistema Estadístico Nacional - SEN,” 2021, [Online]. Available: <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/planes-departamentos-ciudades/210303-InfoDane-Popayan-Cauca.pdf>.
- [3] Y. V. Trejos, “Demografía Ambiental: ¿Cómo Explicar El Crecimiento Poblacional a Partir Del Enfoque De Las Fuerzas Mediadoras?,” *Rev. Geográfica América Cent.*, vol. 1, no. 46, pp. 37–64, 2011.
- [4] “Ensayo sobre el principio de la población - Thomas Robert Malthus - Google Libros.” [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2aOuxVUqw6YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=principio+de+la+población&ots=7Ha0h0zZFs&sig=nRabTKDhcxZDitQDyyMg5lrrlVo#v=onepage&q=principio de la población&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=2aOuxVUqw6YC&oi=fnd&pg=PA1&dq=principio+de+la+población&ots=7Ha0h0zZFs&sig=nRabTKDhcxZDitQDyyMg5lrrlVo#v=onepage&q=principio+de+la+población&f=false) (accessed Sep. 02, 2021).
- [5] Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, “Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente - Decreto Ley 2811 de 1974,” *D. Of.*, vol. 1974, no. diciembre 18, p. 71, 2014, [Online]. Available: https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf.
- [6] “CONSTITUCION POLITICA DE COLOMBIA 1991,” p. 108, 1991.
- [7] Gobernación del Cauca and Alcaldía de Popayán, “CAPÍTULO I. Marco Conceptual y Articulación del Plan de Ordenamiento con el Plan de Desarrollo Municipal,” *Plan Ordenamiento Territ. - Munic. Popayán*, p. 87, 2012.
- [8] S. de S. M. de Popayán, “ANÁLISIS DE SITUACIÓN DE SALUD CON EL MODELO DE LOS DETERMINANTES SOCIALES DE SALUD DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN – CAUCA 2020 Secretaría,” p. 182, 2020.
- [9] A. K. N. Vargas *et al.*, “Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia,” *Ingeniare. Rev. Chil. Ing.*, vol. 28, no. 2, pp. 315–322, Jun. 2020, doi: 10.4067/S0718-33052020000200315.
- [10] J. A. ROSALES SALAS, “ESTUDIO COMPARATIVO DEL COMPORTAMIENTO DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES EN LAS POBLACIONES ALTOANDINAS – PROVINCIA DE ACOBAMBA,” HUANCAYO-PERU, 2020.
- [11] L. Ramirez Rojas, “Facultad de Estudios Ambientales y Rurales . Laura

Ramírez Rojas Director : Armando Sarmiento Codirector : Mauricio González
Una evaluación de la afectación del flujo hidrológico causado por la expansión urbana en la ciudad de Bogotá,” 2018.

- [12] Contreras.Sandra, “EVALUACIÓN DE LAS CONEXIONES ERRADAS Y VERTIMIENTOS AL SISTEMA SANITARIO Y PLUVIAL DE LA ZONA 2 DE LA EMPRESA DE ACUEDUCTO DE BOGOTÁ,” *Rev. Bras. Ergon.*, vol. 3, no. 2, pp. 80–91, 2016, [Online]. Available: <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7356/ContrerasBernalSandraRocío2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- [13] J. A. Obando *et al.*, “La calidad del agua y su impacto social,” *Issn*, vol. 40, p. 43, 2019, [Online]. Available: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n43/a19v40n43p13.pdf>.
- [14] Ministerio del Interior, “Ley 99 de 1993 | Ministerio del Interior,” 1993. <https://www.mininterior.gov.co/la-institucion/normatividad/ley-99-de-1993> (accessed Oct. 22, 2021).
- [15] Ministerio de desarrollo economico, “Resolucion 1096 de 2000,” *Norm. Colomb.*, no. 1096, pp. 1–29, 2000.
- [16] Ministerio de Ambiente, “Decreto 3440,” p. 22, 2011.
- [17] M. De and L. P. Social, “Hoja 1 de 14 Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA DE COLOMBIA,” 1575.
- [18] P. I.-L. li *et al.*, “Decreto 3930 de 2010,” pp. 1–19, 2015.
- [19] Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, “Decreto 1076 26 de mayo de 2015,” *Diario Oficial*, vol. 1, no. 2015. p. 654, 2015, [Online]. Available: <http://www.parquesnacionales.gov.co/portal/wp-content/uploads/2013/08/Decreto-Unico-Reglamentario-Sector-Ambiental-1076-Mayo-2015.pdf>.
- [20] M. de A. y D. sostenible Minambiente, “Resolución 631 de 2015,” *D. Of. No. 49.486 18 abril 2015*, vol. 2015, no. 49, p. 73, 2015, Accessed: Mar. 31, 2022. [Online]. Available: http://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf.
- [21] C. ARDILA LOPEZ and A. ESPINOSA, “Evaluación del impacto ambiental sobre el humedal el pantano perteneciente a los municipios de girón y Lebrija, Santander (Colombia), a través de la metodología IVAFIC.,” pp. 1–88, 2021, [Online]. Available: <https://emea.mitsubishielectric.com/ar/products-solutions/factory-automation/index.html>.
- [22] K. Dieguez Santana, A. A. Zabala-Velin, K. L. Villarroel-Quijano, and L. B. Sarduy-Pereira, “Evaluación del impacto ambiental del cultivo de la pitahaya,

Cantón Palora, Ecuador,” *TecnoLógicas*, vol. 23, no. 49, pp. 113–128, 2020, doi: 10.22430/22565337.1621.

- [23] Y. MESA, “CARACTERIZACIÓN HIDROLÓGICA Y EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL CON EL PROGRAMA HYDROBID, EN LA CUENCA DEL RIO BOGOTÁ, COLOMBIA.,” *Endocrine*, vol. 9, no. May, p. 6, 2020, [Online]. Available: https://www.slideshare.net/maryamkazemi3/stability-of-colloids%0Ahttps://barnard.edu/sites/default/files/inline/student_user_guide_for_spss.pdf%0Ahttp://www.ibm.com/support%0Ahttp://www.spss.com/sites/dm-book/legacy/ProgDataMgmt_SPSS17.pdf%0Ahttps://www.n
- [24] D. Leonardo and A. Araque, “Implementación de protocolos de evaluación cualitativa de corrientes hidrológicas: Estudio de caso río Chiticuy, Duitama,” 2021.
- [25] B. M. Bioq. Mag. Amelia Fabre (Consultora), Bach. Ing. Natalia Neighbor (Consultora), B. M. G. Mariana Nin (Consultora), Ing. Luciana Badano (Consultora), B. M. F. Q. (Consultora), Ing. Mag. Pablo Kok, Biol. Mag. Elena Rodó, and (Consultor) y Biol. Mag. Lizet De León, “Ministro de Ambiente Director Nacional de Medio Ambiente División Calidad Ambiental Departamento Evaluación Ambiental Integrada Equipo de Monitoreo,” 2021.
- [26] Z. Zhao, Y. Zhou, X. Wang, Z. Wang, and Y. Bai, “Water quality evolution mechanism modeling and health risk assessment based on stochastic hybrid dynamic systems,” *Expert Syst. Appl.*, p. 116404, 2022, doi: 10.1016/j.eswa.2021.116404.
- [27] D. J. S. Villalba, R. V. A. Saltos, L. M. R. Badillo, F. A. R. Rodríguez, and P. A. A. Chugcho, “Evaluación De La Calidad De Las Aguas De Los Diques Turísticos En La Subcuenca Del Río Puyo, Mediante El Uso Del Icatest V1.0.,” *Eur. Sci. Journal, ESJ*, vol. 13, no. 8, p. 260, 2017, doi: 10.19044/esj.2017.v13n8p260.
- [28] E. Blanco-Muñoz, A. C. De la Parra-Guerra, C. García-Alzate, and E. Villarreal-Blanco, “Análisis físico-químico y fitoplanctónico de la ciénaga Puerto Caimán, vertiente Caribe, Colombia,” *Intropica*, vol. 15, no. 2, pp. 114–125, Dec. 2020, doi: 10.21676/23897864.3650.
- [29] R. MIRANDA, “Evaluar la calidad del agua tomando como base parámetros fisicoquímicos, microbiológico y la aplicación de índices de contaminación en el periodo de 4 meses y así realizar posibles recomendaciones para el manejo del recurso hídrico,” 2018.
- [30] F. HERNANDEZ and C. PAEZ, “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN EL CAÑO MAIZARO A PARTIR DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS, MICROBIOLÓGICOS Y APLICACIÓN DE ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN EN UN PERIODO DE 4 MESES,” p. 84, 2019.
- [31] K. ESPINOZA, “EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA Y METALES

TRAZA DEL RÍO JUBONES EN EL CANTÓN PASAJE, PROVINCIA DE EL ORO, ECUADOR,” p. 94, 2020.

- [32] F. S. Montero-Vega, C. S. Molina-Cedeño, B. M. Pillco-Herrera, L. B. Sarduy-Pereira, and K. Diéguez-Santana, “Evaluación del impacto ambiental de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales. Caso río Pindo Chico, Puyo, Pastaza, Ecuador,” *Ciencia, Ambient. y Clima*, vol. 3, no. 1, pp. 23–39, 2020, doi: 10.22206/cac.2020.v3i1.pp23-39.
- [33] luz clarita Díaz, “Planificación territorial en Laguna Grande- sector muelle para la mitigación de los impactos ambientales, Paracas, 2019.” p. 128, 2019.
- [34] L. D. Vargas guarin, “IMPACTOS AMBIENTALES DE LA PRODUCCIÓN PETROLERA EN COLOMBIA Y SU RELACIÓN CON LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA EN LOS ÚLTIMOS QUINCE AÑOS,” p. 87, 2020.
- [35] S. V. Trinidad Ortiz, “Impactos Ambientales Generados Por El Deficiente Manejo De Residuos Sólidos En El Mercado Modelo De Huánuco, 2019,” *Fac. Ciencias La Salud Esc. Académico Prof. Obstet.*, vol. 1, p. 83, 2019, [Online]. Available:
http://repositorio.udh.edu.pe/bitstream/handle/123456789/238/uzuriaga_cespedes_ever_tesis_maestria_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [36] L. CARDENAS, “Universidad Nacional De San,” *Univ. Nac. San Martín*, vol. 1, p. 78, 2018, [Online]. Available:
http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2418/TP_AGRO_00662_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- [37] E. CORDOBA ANAYA, “EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE ESCASEZ PARA AGUAS SUPERFICIALES MEDIANTE EL CÁLCULO DE LA OFERTA Y DEMANDA HIDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PALO EN EL MUNICIPIO DE PUERTO TEJADA (CAUCA),” p. 65, 2021.
- [38] alcaldia de popyan planeacion, “Poblacion_comunas.” .
- [39] “Google Earth Pro,” vol. 16.
- [40] D. S. Bichachi, “EL USO DE LAS LISTAS DE CHEQUEO (CHEK-LIST) COMO HERRAMIENTA PARA CONTROLAR LA CALIDAD DE LAS LEYES.”
- [41] B. TIMANA and K. HERNANDEZ, “Universidad privada antenor orrego,” pp. 1–60, 2021, [Online]. Available:
http://www.gonzalezcabeza.com/documentos/CRECIMIENTO_MICROBIANO.pdf.
- [42] M. G. Dellavedova, “Guía Metodológica Para La Elaboración De Una Evaluación De Impacto Ambiental,” *Univ. Nac. La Plata*, vol. 2010, pp. 1–39, 2016.
- [43] G. Kekin, “Facultad De Ingeniería Civil Carrera De Ingeniería Civil Machala

2019,” pp. 1–170, 2019, [Online]. Available: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/15069>.

- [44] C. A. Caho-Rodríguez and E. A. López-Barrera, “Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI,” *Prod. + Limpia*, vol. 12, no. 2, pp. 35–49, 2017, doi: 10.22507/pml.v12n2a3.
- [45] N. Fernández, G. Ramos, and F. Solano, “Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua.”
- [46] J. A. Navarro Benavides and Y. A. Clavijo Ovalle, “Evaluación De La Calidad Del Agua De La Quebrada Peralonso Como Fuente De Abastecimiento Para La Comunidad Del Corregimiento De Montecitos, Municipio De Rio De Oro, Cesar.,” *Tesis*, pp. 1–49, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/2290/1/32100.pdf>.
- [47] L. A. I. E. D. Revuelta, A. Carolina, C. Márquez, and L. A. I. E. D. Revuelta, “GENERACIÓN HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO EN GENERACIÓN HÍBRIDO SOLAR-EÓLICO EN,” 2020.
- [48] L. Anquez, A. Nouvellon, and D. Simon, “Control del vector *Aedes aegypti* y medidas preventivas en el contexto del Zika,” 2016, [Online]. Available: <https://www.unicef.org/lac/informes/control-del-vector-aedes-aegypti-y-medidas-preventivas-en-el-contexto-del-zika>.
- [49] E. Hernández, “Importancia en salud pública de la presencia de *Legionella* spp . en sistemas de agua de consumo humano,” 2021, [Online]. Available: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24058/Importancia en salud publica de la presencia de Legionella spp en sistemas de agua de consumo humano .pdf?sequence=1](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/24058/Importancia%20en%20salud%20publica%20de%20la%20presencia%20de%20Legionella%20spp%20en%20sistemas%20de%20agua%20de%20consumo%20humano.pdf?sequence=1).
- [50] E. Hern, C. Gonz, and S. M. Reyes, “Dynamics of changes in land use and vegetation due to anthropogenic activities in Zaachila, Oaxaca.,” vol. 12, no. 66, 2021, [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://www.scielo.org.mx/pdf/remcf/v12n66/2007-1132-remcf-12-66-26-en.pdf>.
- [51] “LA ELECTROCOAGULACIÓN COMO ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO PARA LA REDUCCIÓN DE LOS NIVELES DE DQO EN LAS AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES DE LA EMPRESA UN SOLO PROVEEDOR S.A.S, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ITAGÜÍ ANTIOQUIA,” 2020, [Online]. Available: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1449/Informe Electrocoagulación.pdf?sequence=1&isAllowed=y](chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfindmkaj/https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/1449/Informe%20Electrocoagulaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

- [52] O. Ramirez, "IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES EN COLOMBIA A PARTIR DE LA PERCEPCIÓN SOCIAL DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS LOCALIZADOS EN Omar RAMÍREZ HERNÁNDEZ Grupo de Estudios Ambientales Aplicados - GEAA , Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD," vol. 31, no. 3, pp. 293–310, 2015, [Online]. Available: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992015000300009&script=sci_arttext.
- [53] A. Vazquez, I. Morales, J. de la cruz Ramirez, and C. Medina, "LEVEL OF ENVIROMENTAL CULTURE OF THE STUDENTS OF THE UNIVERSITY OF SIPÁN," pp. 1–11, 2019.
- [54] D. Peñaranda, "CAUSAS Y EFECTOS DE LOS USOS SOCIOAMBIENTALES DESARROLLADOS EN TORNO A LAS QUEBRADAS 'GUARRÚS' Y 'EL INDIO' EN LA COMUNA VEINTE DE SANTIAGO DE CALI. UNA MIRADA DESDE LAS CIENCIAS SOCIALES," pp. 1–115, 2012, [Online]. Available: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/10001>.
- [55] L. Muñiz, D. Ramirez, and I. Ayon, "Nivel de pobreza y su incidencia en la calidad de vida de los habitantes de Puerto Loor del cantón Rocafuerte.," vol. 4, no. 7, pp. 327–342, 2019, doi: 10.23857/pc.v4i7.1167.
- [56] B. Antonio, "Manejo De Basura Y Su Clasificacion," *Manejo los desechos*, 2019, [Online]. Available: http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_1989.pdf.
- [57] M. Garcia, A. Socorro, and A. Maldonado, "Control and Environmental Management of Solid Waste, Case Study," *Univ. y Soc.*, vol. 11, no. 1, pp. 265–271, 2019, [Online]. Available: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202019000100265.
- [58] C. A. Bonilla, "DETERMINACION DEL FACTOR MAXIMO DE PICO PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS DE ALCANTARILLADO SANITARIO MEDIANTE MONITOREO DE FLUJO DE AGUAS RESIDUALES CASO DE ESTUDIO: CÚCUTA, COLOMBIA," no. August 2019, 2021, doi: 10.13140/RG.2.2.19189.29926.
- [59] S. Ríos Tobón, R. AgudeloCadavid, and L. Gutiérrez Builes, "Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano," *Rev. Fac. Nac. Salud Pública*, vol. 35, no. 2, pp. 236–247, 2017, doi: 10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08.
- [60] X. Macedo, "EVALUACION DE CULMINACION DEL PROYECTO DE SANEAMIENTO BASICO INTEGRAL EN LA ASOCIACION PRO VIVIENDA PERLA DEL VILCANOTA DEL DISTRITO DE SICUANI, PROVINCIA DE CANCHIS CUSCO 2017-2018.," 2019.
- [61] D. Urrea and J. Salas, "PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE CONEXIONES ERRADAS EN

REDES PLUVIALES,” p. 144, 2021, [Online]. Available: <file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/SalasAzzaJavierMarcelo2021.pdf>.

- [62] J. R. Díaz, J. Lezama, A. E. Medina, and G. Chávez, “Evaluación de la eficiencia de la Planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Celendín,” *Caxamarca*, vol. 18, pp. 61–68, 2019, [Online]. Available: <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/252%0Ahttps://revistas.unc.edu.pe/index.php/Caxamarca/article/view/65>.
- [63] A. Alcantara, “CONTAMINANTES DE AGUAS RESIDUAL,” *Univ. Auton. del estado Mex.*, 2019.
- [64] Francisca *et al.*, “BIODIVERSIDAD, CENERO Y CAMBIO CLIMATICO propuesta basada en cononocimiento,” no. December, 2019.
- [65] A. L. Santa Méndez, A. Jiméne Neira, and S. Arroyo, “Complejo de Humedales Urbanos del Distrito Capital en la Lista de Humedales de Importancia Internacional Ramsar,” *ResearchGate*, no. August, 2020, [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Sandy-Arroyo/publication/343365165_Complejo_de_Humedales_Urbanos_del_Distrito_Capital_en_la_Lista_de_Humedales_de_Importancia_Internacional_Ramsar/links/5f2565bfa6fdcccc439fe7b0/Complejo-de-Humedales-Urbanos-del-Distri.
- [66] S. L. PINO, D. V. BARROS, L. A. SISALEMA, P. L. FERNANDEZ, and C. D. MOLINA, “El costo de remediación del recurso agua por contaminación de coliformes fecales en el Estero Salado, sector La Chala, Guayaquil-Ecuador,” *Espacios*, vol. 42, no. 04, pp. 102–120, 2021, doi: 10.48082/espacios-a21v42n04p09.
- [67] A. Hurtado and J. Silva, “Evaluación de la calidad del agua superficial a través de los índices ICA, ICOMI, ICOMO e ICOSUS. Caso de estudio: microcuenca del río Guachicos, fuente abastecedora del acueducto del municipio de Pitalito-Huila,” pp. 1–74, 2019, [Online]. Available: <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/50385/jesilvama.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- [68] V. Y. D. T. MINISTERIO, DE AMBIENTE and D. P. S. MINISTERIO, “PROTECCION SOCIAL,” 2007.

ANEXOS

ANEXO 1

Lista de chequeo

Afectaciones	Aspecto	Causa
	Agua	
Afectaciones	Aspecto	Causa
	Suelo	
Afectaciones	Aspecto	Causa
Sanitario y Comunidad		

Fuente: Modificado de USO DE LA LISTA DE CHEQUEO [40]

ANEXO 2

Encuesta general de conocimiento Ambiental.

Encuesta General.	Si-No
1. ¿Tiene usted conocimiento o ha escuchado hablar de la contaminación ambiental?	
2. ¿comprende usted la afectación que le causa los residuos sólidos a la quebrada?	
3. ¿Se ha percatado si arrojan basura a la quebrada?	
4. ¿Ha arrojado usted basura a la quebrada?	
5. ¿Piensa usted que la contaminación de la quebrada le afecta?	
6. ¿Ha presenciado la quema de residuos sólidos por parte de sus vecinos?	
7. ¿Ha usted quemado residuos sólidos al aire libre?	
8. ¿Tiene usted conocimiento de las enfermedades que se generan por inadecuado manejo de los residuos sólidos?	
9. ¿cuenta usted con servicio de alcantarillado?	

ANEXO 3

Matriz De Leopold

EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL A LAS COMUNAS 6, 7 Y 9

COMPONENTES AMBIENTALES		ACCIONES	Quema de Residuos	Acumulación de residuos solidos	Presencia de olores	Presencia de vectores	Generación de material particulado	Transformación del suelo	vertimientos de aguas domésticas	talleres mecánicos	Trilladoras de madera	lavado de autos	alteración del paisaje	Descomposición de materia orgánica	Generación de gases de efecto invernadero	Generación de RCD	REEE	RESULTADOS						
																		Promedios positivos	Promedios negativos	Promedios aritméticos	Impactos por subcomponentes	Impactos por componentes	Impacto total de proyecto	
ABIOTICO	FÍSICO	Agua	Calidad del agua superficial	-2	-7	-6	-3	-5	-6	-10	-8	-4	-10	-8	-9	-9	-5	-3	15	15	-590	-1190	-2777	-3537
			Calidad del agua vertida	-1	-1	-6	-2	-2	-1	-10	-9	-6	-8		-6	-5	-5		13	13	-306			
			Disminución del recurso hídrico	-1	-4	-1	-2	-5	-5	-3	-3	-2	-6	-7	-5	-9	-6	-2	15	15	-294			
		Suelo	Geomorfología	-5	-8				-9	-8	-8	-6	-3	-6		-3	-6		10	10	-262			
				3	8				6	3	3	3	3	3		6	3							
	Suelo	Erosión	-6	-7		-2	-5	-9	-9	-10	-8	-6	-8		-3	-6	-2	13	13	-301				
			3	7		1	3	6	3	3	3	3	3		6	3	2							
		Calidad del suelo	-7	-9		-4	-8	-4	-9	-10	-8	-8	-6		-3	-5	-3	13	13	-379				
	8	7		1	6	3	3	3	3	6	3	3		6	5	2								

		Aire	Capacidad de uso	-3	-5		-4		-6	-8	-10	-8	-8			-3	-5	-2	11	11	-226	-419				
			Calidad del aire	-6	-6	-6		-9				-9	-5	-6	-7			-5			9				9	-317
			Ruidos y vibraciones	7	7	7		7				3	7	7	2			2			3				3	-102
SANITARIO			Salud	-9	-8	-7	-9	-9	-3	-8					-5	9		-5	10	10	-128	-310	-310			
			Modo de vida	-6	-7	-6	-5	-9	-4	-6	6	6	6	-2	-2	-6			-2	14	14				26	
			paisajístico	-9	-9	-6	-9	-5	-9	-8	-2	-2	-2	-2	-2	-6	-9	-6	-5	15	15				-208	
BIOTICO	BIOLOGICO	Flora	Disminución de la cobertura vegetal	-6	-3			-3	-6	-6	-5	-6		-8		-5	-3	-1	11	11	-110	-222	-450			
			Alteración del hábitat	-6	-3			-3	-6	-6	-5	-6		-8		-5	-3	-2		11	11				-112	
		Fauna	Disminución de especies					-3	-5	-6	-5	-5	-6	-9		-5	-2	-2		10	10	-228				
			Especies terrestres y aves en vía de extinción					2	2	8	8	8	8	2		2	2	2		0	0	0				
Promedios positivos																		173								
Promedios negativos																				173						
Promedio aritmético			-198	-348	-153	-72	-247	-257	-433	-309	-251	-321	-246	-147	-291	-216	-48				-3537					

ANEXO 4

Determinación del tamaño de la muestra

$$n = \frac{0,9^2 * 0,5 * 0,5 * 27040 \text{ hab}}{(27040 \text{ hab} * 0,1)^2 + 0,9^2 * 0,5 * 0,5} = 20,23 \text{ hab comuna 6}$$

$$n = \frac{0,9^2 * 0,5 * 0,5 * 37505 \text{ hab}}{(37505 \text{ hab} * 0,1)^2 + 0,9^2 * 0,5 * 0,5} = 20,24 \text{ hab comuna 7}$$

$$n = \frac{0,9^2 * 0,5 * 0,5 * 34256 \text{ hab}}{(34256 \text{ hab} * 0,1)^2 + 0,9^2 * 0,5 * 0,5} = 20,23 \text{ hab comuna 9}$$

ANEXO 5

Resultados de laboratorio Acueducto y alcantarillado de Popayán.

Figura 22 Resultados primer muestreo



laboratorio

ÓMni: FAC/STT
Versión: 6.9
Vigencia: 2022-05-07

REPORTE DE RESULTADOS N° R2519

ENTREGA: Holman Yair Calcedo	FECHA MUESTREO: 2022-09-16*
ID: 1.060.880.939	FECHA DE EMISIÓN: 2022-09-16
DIRECCIÓN: Calle 11B # 2 885 16	FECHA DE EXPIRACIÓN: 2022-09-27
CLIENTE/PROYECTO: Holman Yair Calcedo	SITIO DE MUESTREO: Puente Varientes Sur
TÍTULO: N/A	TIPO DE MUESTRA: AGUA TIRIBUJAL
TELÉFONO: 321 6841983	FECHA DE MUESTREO: PUNTUAL*
EMAIL: holman.calcedo@unilabotoma.edu.co	CONTINENTE DE MUESTREO: PUNTO DE MUESTREO PARALELO A LA CALLE 11B
COORDINADOR: 1940	PLAN DE MUESTREO: PLAN DE MUESTREO

ITEM	FECHA ANALISIS (AAAA-MM-DD)	PARÁMETRO	ACTIVO	UNIDAD	VALOR	VALOR LIMITE	ESTADO DE CALIDAD
1	2022-09-16	Coliformes totales	SM 9223 B	NMP-Enzima sustrato	NMP/100 mL	>241960	-
2	2022-09-16	Demanda bioquímica de oxígeno	SM 9210 B, ASTM D 888-09	Inoculación 5 días-luminiscencia	mg O ₂ /L	<50	90
3	2022-09-20	Demanda química de oxígeno	SM 5220 D	Espectrofotométrico	mg O ₂ /L	69,9	180
4	2022-09-16	E. coli	SM 9223 B	NMP-Enzima sustrato	NMP/100 mL	173290	-
5	2022-09-16	Oxígeno disuelto	SM 4500 O G	Quimiluminiscencia	mg O ₂ /L	1,57	-
6	2022-09-16	pH	SM 4500 H ⁺ B	Electrométrico	Unidad de pH	6,93	6,0 - 9,0
7	2022-09-20	Sólidos suspendidos Totales	SM 2540 D	Gravimetría	mg/L	<35	90

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS
Resultados válidos solamente para la (s) muestra(s) analizada(s).

* Datos sensibilizados por el cliente
© Los límites presentados se refieren a flujos informativos y no representan los resultados obtenidos en la muestra analizada

Observaciones:

Laboratorio autorizado para la realización de análisis físicoquímicos y microbiológicos en agua para consumo humano según Resolución N° 0172 del 04 de febrero de 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social
Método de análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd. ed 2017
Ley 589 del 2000, artículo 289. Faltado en documento presentado. El que fotocopie documento privado sufrirá sanción de prisión, multa o inhabilitación.



JAVIER FLORES BERNAL LOPEZ
Coordinador Laboratorio AAPSa
PQ-4320



10 años



www.aapsa.com.co

● Avenida Panamericana Planta Tabaco plaza norte
● Teléfono: 4028 333464
● Email: laboratorio@aapsa.com.co
● Email: javier.bernal@aapsa.com.co

Figura 23 Resultado segundo y tercer muestreo



Código: FACLA073
Versión: 4.0
Vigencia: 2022-04-07

REPORTE DE RESULTADOS N°
R2520

EMPRESA:	Holman Yair Calcedo	FECHA DE RECEPCIÓN:	2022-09-16*
NIT:	1.060.880.939	FECHA DE EMISIÓN:	2022-09-16
DIRECCIÓN:	Calle 118 # 2 BIS 16	FECHA DE VENCIMIENTO:	2022-09-27
CONTACTO:	Holman Yair Calcedo	UBICACIÓN:	Puente Variante Sur
TÉLEFONO:	N.E.	TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL
CÉDULA:	3216041983	TIPO DE MUESTREO:	DOMESTICA
EMAIL:	holman.calcedo@uninotoma.edu.co	MUESTREO ESTADÍSTICO:	PUNTUAL
CIUDAD DE ORIGEN:	1940	MUESTREO ESTADÍSTICO:	REPETITIVO
		ANÁLISIS:	-

ITEM	FECHA DE ANÁLISIS (DÍA/MES/AÑO)	PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADOS	
						Valor	Límite Máximo Permisible (LMP)
1	2022-09-16	Coliformes totales	SM 9223 B	NMP-Enzima sustrato	NMP/100 mL	>241960	-
2	2022-09-16	Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B, ASTM D 888-09	Incubación 5 días - luminiscencia	mg O ₂ /L	<50	90
3	2022-09-20	Demanda química de oxígeno	SM 5220 D	Espectrofotométrico	mg O ₂ /L	<50	180
4	2022-09-16	E. coli	SM 9223 B	NMP-Enzima sustrato	NMP/100 mL	104620	-
5	2022-09-16	Oxígeno disuelto	SM 4500-O G	Quimiluminiscencia	mg O ₂ /L	2,60	-
6	2022-09-16	pH	SM 4500-H B	Electrométrico	Unidad de pH	7,50	6,0 - 9,0
7	2022-09-20	Sólidos suspendidos Totales	SM 2540 D	Gravimetría	mg/L	<35	90

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS
Resultados válidos únicamente para la (s) muestra(s) analizada(s).

* Datos suministrados por el cliente.

† Los límites presentados se encuentran a título informativo y no representan los resultados obtenidos en la muestra analizada.

Observaciones:

Laboratorio autorizado para la realización de análisis físicoquímicos y microbiológicos en agua para consumo humano según Resolución N° 0172 del 04 de febrero de 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social.
Método de análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd, ed 2017
Ley 599 del 2000, artículo 285. Falsedad en documento privado. El que falsifica documento privado que pueda servir de prueba, incurrerá, si lo usa, en prisión de uno (1) a seis (6) años.

JAVIER ANDRÉS BERNAL LOPEZ
Coordinador Laboratorio AAPSa
PQ-4920



● Avenida Panamericana Planta Tablazo planta surte
● Teléfono: 6028 333444
● Email: laboratorio@aapsa.com.co
● Email: javier.bernal@aapsa.com.co



Código: FACLA073
Versión: 4.0
Vigencia: 2022-04-07

REPORTE DE RESULTADOS N°
R2521

EMPRESA:	Holman Yair Calcedo	FECHA DE RECEPCIÓN:	2022-09-16*
NIT:	1.060.880.939	FECHA DE EMISIÓN:	2022-09-16
DIRECCIÓN:	Calle 118 # 2 BIS 16	FECHA DE VENCIMIENTO:	2022-09-27
CONTACTO:	Holman Yair Calcedo	UBICACIÓN:	Puente Variante Sur
TÉLEFONO:	N.E.	TIPO DE MUESTRA:	AGUA RESIDUAL
CÉDULA:	3216041983	TIPO DE MUESTREO:	DOMESTICA
EMAIL:	holman.calcedo@uninotoma.edu.co	MUESTREO ESTADÍSTICO:	PUNTUAL
CIUDAD DE ORIGEN:	1940	MUESTREO ESTADÍSTICO:	REPETITIVO
		ANÁLISIS:	-

ITEM	FECHA DE ANÁLISIS (DÍA/MES/AÑO)	PARÁMETRO	MÉTODO	TÉCNICA	UNIDAD	RESULTADOS	
						Valor	Límite Máximo Permisible (LMP)
1	2022-09-16	Coliformes totales	SM 9223 B	NMP-Enzima sustrato	NMP/100 mL	>241960	-
2	2022-09-16	Demanda bioquímica de oxígeno	SM 5210 B, ASTM D 888-09	Incubación 5 días - luminiscencia	mg O ₂ /L	<50	90
3	2022-09-20	Demanda química de oxígeno	SM 5220 D	Espectrofotométrico	mg O ₂ /L	<50	180
4	2022-09-16	E. coli	SM 9223 B	NMP-Enzima sustrato	NMP/100 mL	64880	-
5	2022-09-16	Oxígeno disuelto	SM 4500-O G	Quimiluminiscencia	mg O ₂ /L	4,98	-
6	2022-09-16	pH	SM 4500-H B	Electrométrico	Unidad de pH	6,99	6,0 - 9,0
7	2022-09-20	Sólidos suspendidos Totales	SM 2540 D	Gravimetría	mg/L	<35	90

FIN DEL REPORTE DE RESULTADOS
Resultados válidos únicamente para la (s) muestra(s) analizada(s).

* Datos suministrados por el cliente.

† Los límites presentados se encuentran a título informativo y no representan los resultados obtenidos en la muestra analizada.

Observaciones:

Laboratorio autorizado para la realización de análisis físicoquímicos y microbiológicos en agua para consumo humano según Resolución N° 0172 del 04 de febrero de 2022 del Ministerio de Salud y Protección Social.
Método de análisis aplicados según Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 23rd, ed 2017
Ley 599 del 2000, artículo 285. Falsedad en documento privado. El que falsifica documento privado que pueda servir de prueba, incurrerá, si lo usa, en prisión de uno (1) a seis (6) años.

JAVIER ANDRÉS BERNAL LOPEZ
Coordinador Laboratorio AAPSa
PQ-4920



● Avenida Panamericana Planta Tablazo planta surte
● Teléfono: 6028 333444
● Email: laboratorio@aapsa.com.co
● Email: javier.bernal@aapsa.com.co

Figura 24 Resultado cuarto muestreo

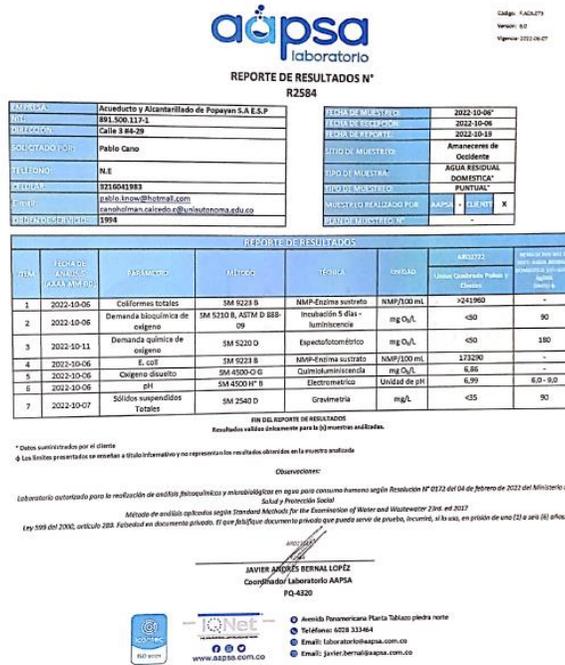
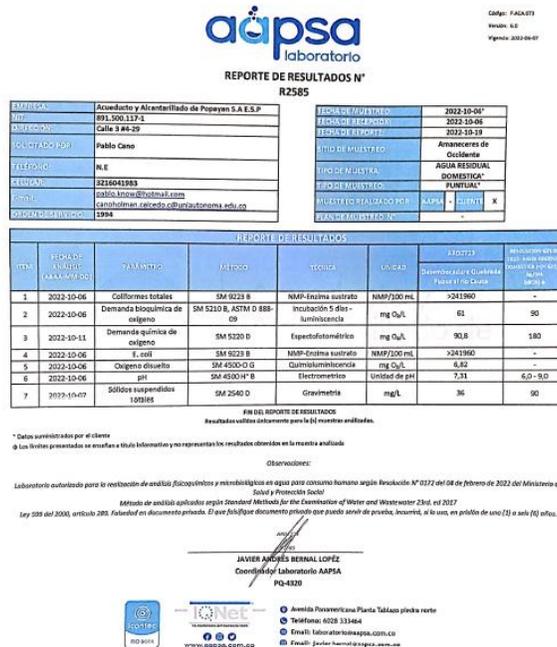


Figura 25 Resultado quinto muestreo



ANEXO 6

Registro Fotográfico.

Figura 26 Estancamiento de agua comuna – 6



Figura 27 Vertimiento de ARD y Acumulación de residuos sólidos comuna – 6.



Figura 28 Vertimiento de ARD comuna – 7



Figura 29 Vertimiento de ARD comuna – 9



Figura 30 *Acumulación de residuos sólidos en el cauce de la quebrada*



Figura 31 Vertimiento de ARD comuna – 9



Figura 32 Aportante a la quebrada y oxigenación de la quebrada



Figura 33 Oxigenación de la quebrada y Toma de muestra comuna – 6



Figura 34 Toma de muestra después del humedal Los Tejares Comuna – 7



Figura 35 Toma de muestra unión quebrada chozas y Pubus Comuna – 9



Figura 36 Toma de muestra 5 desembocadura quebrada Pubus al rio – Cauca Comuna - 9

