

DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN ANTONIO, MUNICIPIO DE
PACHO CUNDINAMARCA.

Luisa Fernanda Bello Rojas.

Universidad de Pamplona.
Facultad de Ingenierías y Arquitectura.
Ingeniería Ambiental.
Pamplona, Colombia.
2021.

DIAGNOSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN ANTONIO, MUNICIPIO DE
PACHO CUNDINAMARCA.

Luisa Fernanda Bello Rojas.

Proyecto de pasantía empresarial presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental.

Director:

PhD. Fidel Antonio Carvajal Suarez.

Universidad de Pamplona.
Facultad de Ingenierías y Arquitectura.
Ingeniería Ambiental.
Pamplona, Colombia.
2020.

NOTA DE ACEPTACION

JURADO

JURADO

AGRADECIMIENTOS

Al culminar una etapa importante en mi vida quiero agradecer primeramente a Dios por darme fortaleza para afrontar los obstáculos que se presentaron en este recorrido.

A mis padres y hermanos por brindarme un apoyo emocional e impulsarme a ser mejor cada día, por confiar y creer en mí, por ser el motivo para querer salir adelante y así lograr superarme.

A mis tíos por sus consejos, por su apoyo tanto económico como emocional, por confiar en mis capacidades y por brindarme la confianza de demostrar que si puedo.

A cada uno de los docentes por brindarme sus conocimientos, por ser guía y hacer parte de mi formación profesional. A mi director de trabajo de grado el PhD Fidel Antonio Carvajal, por su paciencia en el desarrollo de este proyecto.

A mis compañeros y grandes amigos, por el apoyo, por impulsarme, por compartir grandes momentos y experiencias inolvidables dentro y fuera del aula, durante la carrera universitaria

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	13
Introducción.....	14
Capítulo 1. Planteamiento Del Problema Y Justificación	15
Planteamiento del Problema.....	15
Justificación	16
Capítulo 2. Objetivos	17
Objetivos	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos.....	17
Capítulo 3. Marco Referencial.....	17
Marco Teórico.....	17
Marco Conceptual	26
Marco Contextual	28
Marco Legal	31
Antecedentes	33
Capítulo 4. Marco Metodológico.....	36
Metodología	36
Capítulo 5. Análisis y Resultados	48
Caracterización de componentes biofísicos, socioeconómicos y culturales.....	48

Componente biofísico	48
Componentes Socioeconómico y Cultural	132
Potenciales y limitantes	142
Conclusiones	147
Recomendaciones	149
Bibliografía.....	150

TABLA DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del factor forma.....	20
Tabla 2 Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad.....	20
Tabla 3 Índice de alargamiento.....	21
Tabla 4 Puntajes asignados a familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP(Co11	24
Tabla 5 Clasificación de las aguas y su significado de acuerdo al índice BMWP	25
Tabla 6 Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice ASPT	26
Tabla 7 Información necesaria para el desarrollo del proyecto	37
Tabla 8 Coordenadas puntos de muestreo	38
Tabla 9 Formulas datos dudosos (Outlier)	42
Tabla 10 Datos de precipitación mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120)	49
Tabla 11 Datos de Temperatura máxima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120).....	54
Tabla 12 Datos de Temperatura mínima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120).....	56
Tabla 13 Datos de Humedad Relativa máxima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120).....	61
Tabla 14 Datos de Humedad Relativa mínima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120).....	63
Tabla 15 Caudales experimentales Punto 1 - San Antonio	71
Tabla 16 Caudales experimentales Punto 2 - San Antonio	73
Tabla 17 Caudales experimentales Punto 3 - San Antonio	74

Tabla 18 Caudales promedios de la zona de estudio.....	76
Tabla 19 Descripción macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua (Parte alta)	79
Tabla 20 Descripción macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua (Parte media).....	81
Tabla 21 Descripción macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua (Parte baja)	82
Tabla 22 Análisis Físicoquímico Vertimiento San José - PSMV	84
Tabla 23 Análisis Físicoquímico Vertimiento Colegio Ana Francisca Lara y Vertimiento La palmita - PSMV	85
Tabla 24 Análisis Físicoquímico Vertimiento Aguas arriba y Vertimiento Aguas abajo- PSMV	86
Tabla 25 Parámetros geomorfométricos del Río San Antonio	93
Tabla 26 Área y porcentaje de área de las pendientes.....	98
Tabla 27 Caracterización de la flora presente en el punto 1 (Parte alta).....	109
Tabla 28 Caracterización de la flora presente en el punto 2 (Parte media).....	112
Tabla 29 Caracterización de la flora presente en el punto 3 (Parte baja).....	118
Tabla 30 Mamíferos presentes en el municipio de Pacho Cundinamarca.....	123
Tabla 31 Aves registradas en el municipio de Pacho.....	124
Tabla 32 Reptiles registrados en el municipio de Pacho.....	126
Tabla 33 Distribución de producción agropecuaria	137
Tabla 34 Rango edades - Vereda Canadá.....	139
Tabla 35 Rango edades - Vereda Negrete	140
Tabla 36 Rango edades - Vereda El Pinal	141

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa localización Microcuenca San Antoni, municipio de Pacho Cundinamarca	30
Figura 2 Esquema Metodológico	36
Figura 3 Imputar datos faltantes en InfoStat	42
Figura 4 Delimitación de la cuenca.....	43
Figura 5 Encuesta caracterización socioeconómica y cultural del municipio de Pacho Cundinamarca	45
Figura 6 Validación de la Precipitación máxima, estación La Cabrera	52
Figura 7 Mapa de Isoyetas de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca.....	53
Figura 8 Mapa de Isotermas de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca	59
Figura 9 Mapa de Isohelias de la microcuenca San Antonio	60
Figura 10 Climograma de la Temperatura media de la estación climatológica La Cabrera (23065120).....	65
Figura 11 Precipitación vs Humedad Relativa de estación climatológica La Cabrera (23065120)	66
Figura 12 Mapa de la clasificación del Clima de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca	68
Figura 13 Mapa de suelos de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca.....	70
Figura 14 Representación de la ganancia de caudales, según los puntos de muestreo	78
Figura 15 Mapa red hídrica - Microcuenca San Antonio.....	89
Figura 16 Mapa morfométrica de la microcuenca San Antonio de Pacho Cundinamarca	91
Figura 17 Perfil del cauce de la microcuenca San Antonio	92
Figura 18 Mapa de la curva hipsométrica de la microcuenca San Antonio	97

Figura 19 Mapa de pendientes de la microcuenca San Antonio.....	99
Figura 20 Mapa geomorfología de la microcuenca San Antonio	101
Figura 21 Mapa de usos recomendados microcuenca San Antonio	103
Figura 22 Mapa Cobertura vegetal de la microcuenca San Antonio	106
Figura 23 Mapa ecosistemas de la Microcuenca San Antonio	128
Figura 24 Mapa de biomas de la microcuenca San Antonio	129
Figura 25 Mapa de Paramos de la zona de estudio	131
Figura 26 Personas que cuentan o no con servicio de energía	132
Figura 27 Personas que cuentan o no con servicio de Acueducto	132
Figura 28 Personas que presentan o no alguna dificultad	133
Figura 29 Rango de edades.....	134
Figura 30 Nivel educativo de la población muestra.....	135
Figura 31 Ingreso promedio mensual en el hogar.....	136
Figura 32 Grafica rangos de edades - Vereda Canadá	139
Figura 33 Grafica Rango de edades - Vereda Negrete.....	140
Figura 34 Grafica Rango de edades - Vereda El Pinal.....	141
Figura 35 Matriz de Potencialidades y limitantes de la microcuenca San Antonio	142

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Mosaico de los aforos volumétricos.....	39
Ilustración 2 Mosaico metodología propuesta - calidad de agua	40
Ilustración 3 Mosaico transeptos seleccionados para identificación de flora	41
Ilustración 4 Capacidad y uso de suelo.....	104
Ilustración 5 Tejido Urbano Continuo.....	107
Ilustración 6 Pastos limpios	107
Ilustración 7 Bosque de Galería	108
Ilustración 8 Bosque denso	108

TABLA DE ANEXOS

Anexo A	Informe Vertimiento San José	153
Anexo B	Reporte Análisis Físicoquímico Vertimiento San José	153
Anexo C	Informe Vertimientos Ana Francisca Lara y La Palmita	153
Anexo D	Reporte Análisis Físicoquímico Vertimientos Ana Francisca Lara y La Palmita	153
Anexo E	Informe Vertimientos Aguas Arriba y Aguas Abajo	153
Anexo F	Reporte Análisis Físicoquímico Vertimientos Aguas Arriba y Aguas Abajo	153
Anexo G	Evidencia Encuesta	153

Resumen

El Diagnóstico ambiental de la microcuenca San Antonio, municipio de Pacho Cundinamarca, se realizó la evaluación de la microcuenca anteriormente mencionada, con el fin de conocer el estado actual de la misma, teniendo en cuenta que es la fuente principal de abastecimiento, ya que surte el acueducto municipal y es allí, donde desembocan los vertimientos de aguas residenciales, institucionales y comerciales. Se llevo a cabo, la metodología propuesta en la fase de diagnóstico según la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), donde realizando salidas de campo y haciendo uso del software ArcGIS 10.8, se identificaron los componentes biofísicos que la conforman, en relación a la caracterización del componente socioeconómico de la zona de estudio, se llevaron a cabo encuestas y se analizaron los limitantes y potenciales de los recursos naturales con respecto a las actividades antropogénicas.

De los resultados obtenidos, se destaca que la microcuenca San Antonio cuenta con un área de 54,8 Km², un perímetro de 40,05 Km, un ancho promedio de 5,0 Km, entre otras características morfométricas. En cuanto a la calidad del agua, es una variable preocupante ya que según la metodología realizada se cuenta con una calidad crítica que representa aguas contaminadas, a su vez, se reflejó el potencial agrónomo con el que cuenta la zona de estudio, ya que presenta suelo fértil y óptimo, resaltando la necesidad de implementar medidas de educación con respecto al medio ambiente para apropiar a la comunidad y capacitar acerca de la importancia y cuidado del recurso hídrico.

Introducción

El diagnóstico ambiental de una cuenca hidrográfica tiene como fin determinar el estado actual de la cuenca, evaluando sus componentes biofísicos, socioeconómicos, culturales, con el fin de abordar de manera integral los potenciales y limitantes que se presente respecto a las actividades antrópicas y así poder identificar la causa y efecto de las mismas para formular estratégicamente soluciones relacionadas a estas.

En la actualidad una de las principales problemáticas ambientales que se presencian son la disminución del cauce de las cuencas hidrográficas, esto debido a la explotación de las mismas por las actividades antrópicas y a su vez por la contaminación masiva ocasionada por el ser humano.

El municipio de Pacho está ubicado al noroccidente del departamento de Cundinamarca, se caracteriza por sus riquezas hídricas y sus paisajes montañosos, se considera que cerca del 50% del mismo hacen parte de la zona agrícola, donde prevalecen los cultivos, la producción de pasto, ganado, especies pecuarias, entre otras. El río San Antonio, es una microcuenca que se encuentra localizado en el municipio anteriormente mencionado que atraviesa la zona urbana y es de gran importancia ya que es la principal fuente de abastecimiento que surte el acueducto municipal. A su vez es importante conocer que Río San Antonio no cuenta con un estudio que determine el estado actual de la cuenca.

La problemática de contaminación ambiental se centra principalmente en los vertimientos que van directamente a la fuente hídrica, provocando alteraciones físico-químicas y biológicas propias del recurso de agua, suelo, acarreado el deterioro de la flora y fauna presente en la zona de estudio.

El presente proyecto tiene como fin realizar el diagnóstico ambiental de la microcuenca San Antonio, mediante la caracterización de los componentes biofísicos, sociales, económicos del medio con el fin de establecer el estado real de este sistema impactado, como consecuencia de las actividades antrópicas llevadas a cabo en la zona de estudio y plantear estrategias para mitigar el impacto que se genera al medio ambiente.

Capítulo 1. Planteamiento Del Problema Y Justificación

Planteamiento del Problema

El agua es de vital importancia para los seres vivos, allí comprenden las redes hídricas, que se constituyen como reserva de agua para la potabilización de la misma o como hábitat de diferentes especies. El cuidado y protección de las cuencas hidrográficas es de gran importancia, ya que se ha evidenciado la disminución de cauces y la contaminación masiva, afectando las especies tanto de flora como de fauna que necesitan de ellas, sin contar las familias que trabajan en actividades agrícolas y ganaderas.

El Rio San Antonio es la principal fuente de abastecimiento de Pacho Cundinamarca, este se encuentra localizado al sur del municipio y drena en sentido sur-norte, es de gran importancia ya que surte el acueducto municipal. Adicional a esto, el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Pacho Cundinamarca describe a una población agrupada en 186 familias y ubicadas en 5 veredas y sus afluentes más importantes son el rio La Piñuela, quebrada San Antonio, quebrada La Esmeralda y Copetones. A su vez, el municipio en 50% aprox. de su densidad cuenta con zonas agrícolas donde prevalece los cultivos de café, cítricos, papa, plátano, tomate, caña panelera, heliconias, sábila, además con producción de pastos, ganado de leche, ganado de carne y otras especies pecuarias

Considerando, que la problemática de contaminación se centra especialmente en los vertimientos provenientes de la población tanto urbana como rural que van directamente al Río San Antonio sin ninguna clase de tratamiento oportuno, es importante conocer el estado actual de la cuenca con el fin de determinar las estrategias de mitigación que contribuyan con la disminución de del impacto ambiental que allí se genera.

Justificación

En vista de la importancia que representa la microcuenca San Antonio del municipio de Pacho Cundinamarca y la gran preocupación en cuanto a la contaminación ya que hasta el momento no se cuenta con una planta de tratamiento de agua residual PTAR, es fundamental determinar los factores más impactantes que afectan el estado de la calidad y cantidad del recurso hídrico, haciendo énfasis en las diferentes actividades llevadas a cabo en la zona de estudio- Por ello es necesario implementar un diagnostico ambiental que comprenda la identificación de los componentes biofísicos, socioeconómicos y culturales de la misma, sin omitir lo establecido en la normativa legal vigente, con el fin de conocer el estado de la cuenca y así, lograr formular estrategias de mitigación y alternativas de gestión sostenible según el impacto ambiental negativo que se conozca.

Teniendo en cuenta que la microcuenca no cuenta con estudios que caractericen el estado actual del manejo y aprovechamiento de los recursos naturales se desea determinar:

¿Cuál es la situación ambiental actual de uso del suelo, cobertura vegetal, actividades socioeconómicas, calidad del recurso hídrico, fauna, flora, para establecer las medidas de conservación de la microcuenca San Antonio del municipio de Pacho Cundinamarca?

Capítulo 2. Objetivos

Objetivos

Objetivo General

- Realizar el diagnóstico ambiental de la microcuenca San Antonio del Municipio de Pacho Cundinamarca.

Objetivos Específicos

- Identificar los componentes biofísicos que conforman la microcuenca hidrográfica San Antonio
- Describir las actividades del componente socioeconómico de la microcuenca hidrográfica
- Analizar limitante y potencial de los recursos naturales en relación con las actividades antropogénicas
- Formular estrategias de mitigación y alternativas de gestión sostenible de la cuenca hidrográfica

Capítulo 3. Marco Referencial

Marco Teórico

El medio ambiente presenta un alto grado de amenaza debido a las actividades antrópicas (generadas por el ser humano), como consecuencia de estas acciones han disminuido los recursos naturales debido a la sobreexplotación de los mismos. Es de vital importancia conocer el estado actual de las cuencas hidrográficas, teniendo en cuenta que son la fuente de suministro del recurso hídrico, por ello, es necesaria su conservación. Los diagnósticos ambientales son caracterizaciones puntuales del medio físico, químico o biótico, tendientes a establecer el estado actual de un sistema impactado con relación a patrones nacionales o internacionales vigentes. A

diferencia de los estudios de línea base en este se trata de evidenciar el grado de alteración ambiental por un suceso antrópico o natural (IVERMAR, 2018).

Cuando se habla de microcuenca hidrográfica se hace referencia a las unidades pequeñas y a su vez áreas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas. También las microcuencas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones para su manejo. En la práctica, las microcuencas se inician en la naciente de los pequeños cursos de agua, uniéndose a las otras corrientes hasta constituirse en la cuenca hidrográfica de un río de gran tamaño (Gómez, 2002).

La cuenca hidrográfica cumple diversas funciones en sus diferentes ámbitos, entre ellas:

- Captación de agua de las diferentes fuentes para formar manantiales, ríos y arroyos.
- Descarga del agua como escurrimiento.
- Provee diversidad de sitios y rutas a lo largo de la cual se llevan a cabo interacciones entre las características de calidad física y química del agua.
- Regula la recarga hídrica y los ciclos biogeoquímicos.
- Provee de un espacio para el desarrollo social y cultural de la sociedad (ALARCÓN, 2015).

Morfometría

Las variables geomorfológicas a considerar son:

Área

Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; este parámetro se expresa normalmente en km².¹

Perímetro

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.¹

Longitud de la cuenca

Distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal.¹

Ancho de la cuenca

Es la relación entre el área y la longitud de la cuenca.¹

Factor forma de Horton

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.¹

¹ Planes y Programas de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. (s.f). *Ministerio de ambiente, Ministerio de hacienda*. Obtenido de https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrograficas/La%20Vieja%20%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf

Tabla 1*Clasificación del factor forma*

Kf	CARACTERÍSTICA
<1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas

Fuente: (Planes y Programas de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, s.f)

Coficiente de compacidad

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia.¹

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Tabla 2*Formas de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad*

CLASE	INDICE DE COMPACIDAD	FORMA DE LA CUENCA
Kc1	1 a 1.25	Casi redonda a oval redonda
Kc2	1.26 a 1.50	Oval - redonda a oval o
Kc3	1.52 o más de 2	Oval – oblonga a rectangular oblonga

Fuente: (Planes y Programas de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas, s.f)

Índice de Alargamiento

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal y el ancho máximo de ella. Este define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando sus valores son menores a la unidad.¹

$$I = \frac{Lax}{Amax}$$

Tabla 3

Índice de alargamiento

Kf	CARACTERÍSTICA
I > 1	Cuenca alargada
I < 1	Cuenca achatada y por tanto el cauce principal es corto

Fuente: (Planes y Programas de Ordenacion y Manejo de Cuencas Hidrografica, s.f)

Relación de Bifurcación

Horton también introdujo este concepto para definir el cociente entre el número de cauces de cualquier orden (Nn) y el número de cauce de orden (n) del siguiente orden superior, es decir:

$$Rb = \frac{Nn}{Nn + 1}$$

Densidad de drenaje

Este índice relaciona la longitud de la red de drenaje y el área de la cuenca sobre la cual drenan las corrientes hídricas.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Coefficiente Orográfico

Este parámetro expresa el potencial de degradación de la cuenca, tiene en cuenta la altura sobre el nivel del mar la cual influye directamente en el flujo potencial del agua, y el área cuya inclinación ejerce acción directa sobre la escorrentía superficial.

$$Co = \frac{\text{elevacion media}^2}{A}$$

Tiempo de concentración

Se considera como el tiempo en que se demora una gota de lluvia en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca en llegar a la desembocadura de la misma, este se determina a través de formas experimentales tales como¹:

- Formula de Kirpich: Se calcula el tiempo de concentración en minutos con la siguiente ecuación.

$$Tc = \frac{0,0194 * L^{0,77}}{S^{0,385}}$$

- Formula de Guaire: Esta ecuación se describe de la siguiente manera

$$Tc = 0,355 \left(\frac{A}{\sqrt{S}} \right)^{0,595}$$

- Formula de Temez:

$$Tc = 0,3 * \left[\frac{L}{S^{0,25}} \right]^{0,76}$$

Las características físicas de una cuenca presentan una relación estrecha con los caudales que transitan en ella, sin embargo, existe un alto grado de complejidad al disponer de información cartográfica y, por tanto, sus estudios son limitados (Herrera, 2015).

Calidad de agua

La metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, explica que, para coleccionar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados, es indispensable explorar cuidadosamente el sitio de muestreo, con el fin de cubrir todos los hábitats posibles, es decir, sustrato de fondo (arena, piedras, lodo, restos de vegetación); plantas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas); raíces de árboles, etc. Para obtener resultados comparables, el esfuerzo de muestreo debe cubrir un área entre 10 y 20 m² y hacerse durante 20 o 30 min. Las muestras recolectadas por los diferentes métodos se lavan, preferiblemente en un balde limnológico, con malla en el fondo (menor de 0,5 mm) y los organismos se llevan luego al laboratorio almacenados en bolsas o recipientes plásticos con alcohol al 70%, debidamente rotulados, para su separación, identificación y conteo (Arango, 2005, pág. 14).

BMWP, es el índice Biological Monitoring Working Party creado en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores; para la aplicación del índice sólo se requiere llegar hasta el nivel de familia, este permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las especies acuáticas que habitan en el mismo; se atribuye a cada especie un valor determinado de acuerdo con su tolerancia a la contaminación que va de 1 a 10. Cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado (Arango, 2005, pág. 19).

La siguiente tabla representa los puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP(Col¹):

Tabla 4

Puntajes asignados a familias de macroinvertebrados para la obtención del BMWP(Col¹)

FAMILIAS	PUNTAJES
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Griptopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelpusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Lymnaeidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6

Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae.	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotaxida, Tubificidae	1

Fuente: (Arango, 2005)

Tabla 5

Clasificación de las aguas y su significado de acuerdo al índice BMWP

CLASE	CALIDAD	VALOR BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	≥150	Aguas muy limpias	
		123 – 149	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	71 – 122	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	46 – 70	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	21 – 45	Aguas muy contaminadas	
V	Muy critica	<20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: (Arango, 2005)

ASPT, es el puntaje promedio por taxón, es un índice valioso para la evaluación de la calidad del agua. Se calcula dividiendo el puntaje total BMWP por el número de los taxones calificados en la muestra, lo cual expresa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas en un sitio determinado. Los valores ASPT van de 0 a 10. Un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación (Arango, 2005, pág. 21).

Tabla 6

Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice ASPT

CLASE	CALIDAD	VALOR BMWP	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	>9 – 10	Aguas muy limpias	
		>8 - 9	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	>6.5 – 8	Ligeramente contaminadas: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	>4.5 – 6,5	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Critica	>3 – 4,5	Aguas muy contaminadas	
V	Muy critica	1 – 3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: (Arango, 2005)

Marco Conceptual

Aguas superficiales:

Toda el agua expuesta naturalmente a la atmósfera (ríos, lagos, depósitos, estanques, charcos, arroyos, represas, mares, estuarios, etcétera) y todos los manantiales, pozos u otros recolectores directamente influenciados por aguas superficiales (Hernández, 2009).

Actividad agropecuaria

Uso dentro del cual se desarrollan actividades relacionadas con cultivos agrícolas y explotación pecuarias, de poca rentabilidad, sin tecnología adecuada y bajas condiciones sociales; básicamente la realizada por las comunidades campesinas, con fuertes restricciones en espacio, economía y mercado (Hernández, 2009)

Calidad del agua

Es el resultado de comparar las características físicas, químicas y microbiológicas encontradas en el agua, con el contenido de las normas que regulan la materia.

Fuente de abastecimiento de agua

Depósito o curso de agua superficial o subterránea, utilizada en un sistema de suministro a la población, bien sea de aguas atmosféricas, superficiales, subterráneas o marinas (Hernández, 2009).

Diagnóstico en manejo de cuencas hidrográficas

Es un proceso dirigido a determinar el estado actual de la cuenca, considerando su capacidad natural y las tendencias de las intervenciones humanas sobre los recursos naturales y el ambiente. Consiste en conocer las características, potencialidades, interacciones problemas, causas, consecuencias y soluciones a esos problemas de la cuenca, interpretando como funciona este sistema, desde el punto de vista biofísico, socioeconómico y ambiental (Alarcón, 2015).

Cuenca hidrográfica

Es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (MINAMBIENTE, 1974).

Los componentes de la cuenca hidrográfica se dividen en: biológico, físico y socioeconómico.

Componente Biológico

Es un medio natural compuesto por diferentes elementos que por sus interrelaciones e interacciones mantienen el equilibrio dinámico de la naturaleza los cuales son: los bosques, los cultivos, vegetación, flora y fauna.

Componente Físico

Es un medio natural compuesto por diferentes elementos que por sus interrelaciones e interacciones mantienen el equilibrio dinámico de la naturaleza los cuales son: el agua, el suelo, el subsuelo y el aire.

Componente Socio-económico

Son las comunidades que habitan en la cuenca, las que aprovechan y transforman los recursos naturales para su beneficio, construyen obras de infraestructura, de servicio y de producción, los cuales elevan el nivel de vida de estos habitantes (Fernandez, 2012).

Marco Contextual

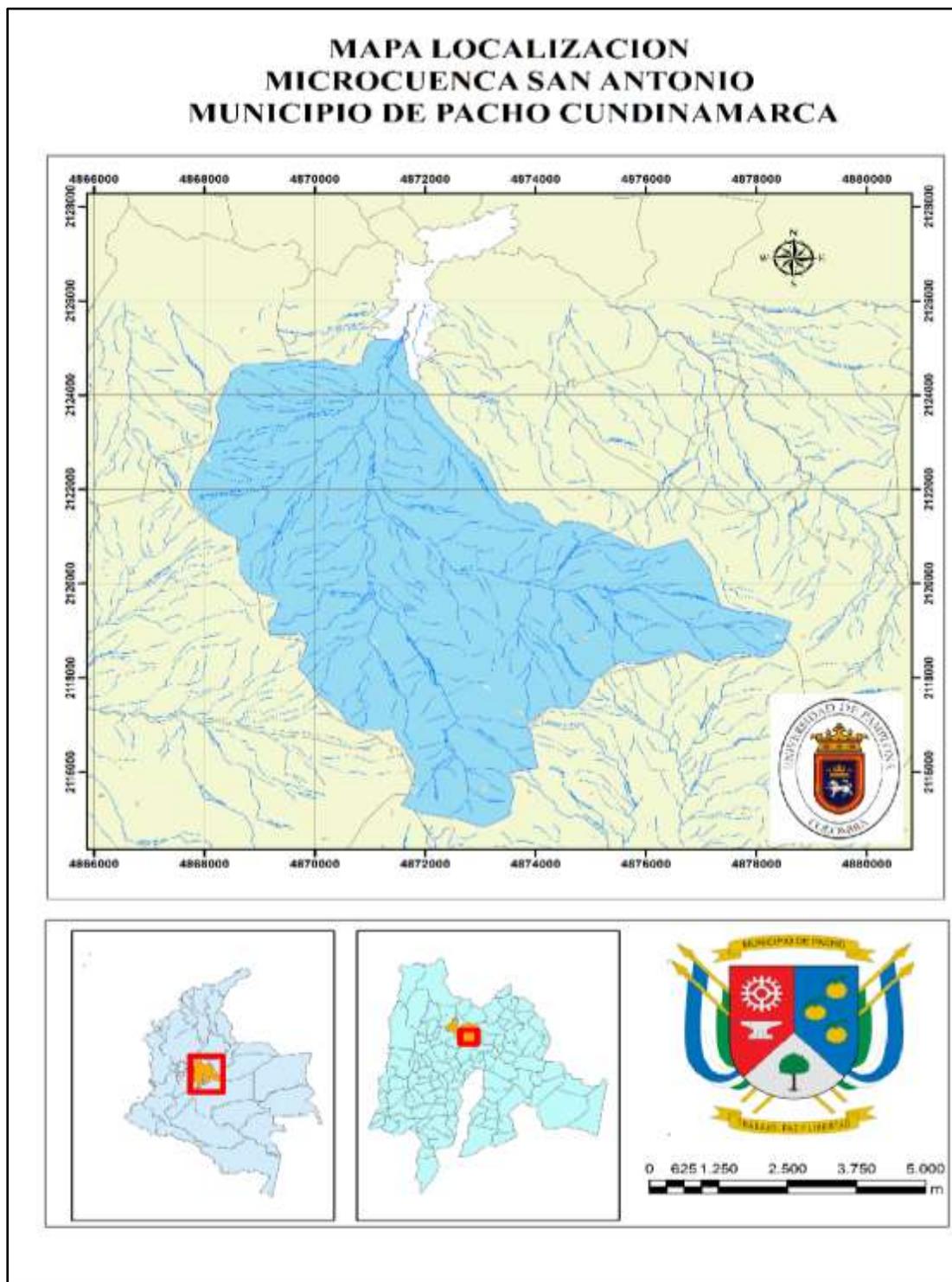
Según (AMPC, 2018) el municipio de Pacho se encuentra ubicado al noroccidente del departamento de Cundinamarca, cuenta con una extensión de 403 Km², donde cerca de 3,6 Km²

hacen parte de la zona urbana y 399,4 Km² de la zona rural, su población es de aproximadamente 27.000 habitantes. Cuenta con una distancia de 88 Km de Bogotá D.C. Presenta una Red Vial importante que lo comunica en primera instancia con Bogotá D.C. y la Sabana a través de la Troncal del Rionegro, la cual une a los Municipio de Zipaquirá, La Palma, Yacopí y Autopista a Medellín, así mismo el Municipio se comunica a través de vías intermunicipales con los Municipios de San Cayetano, Supatá, Vergara, Villagómez, El Peñón y La Peña. Cuenta con un clima cálido y una Altura sobre el nivel del mar en metros de 2.136 m, un rango altitudinal entre los 1.000 y los 3.700 m.

El departamento cuenta con un eje fluvial que nace en el municipio de Pacho Cundinamarca, el cual es denominado Rio Negro, según lo establecido en el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional (CAR). Una de las ramificaciones es el Rio San Antonio el cual surte el acueducto municipal considerado entonces como la principal fuente de abastecimiento, este se encuentra al sur del municipio y drena en dirección sur norte. Sus cotas van desde los 1.800 hasta los 3.700 m. Sus afluentes más importantes son el rio La Piñuela, quebrada San Antonio, quebrada La Esmeralda y Copetones (Ver Figura 1).

Figura 1

Mapa localización Microcuenca San Antoni, municipio de Pacho Cundinamarca



Fuente: Elaboración Propia

Marco Legal

En relación al estado ambiental actual de la microcuenca San Antonio es necesario realizar una revisión de la normativa ambiental vigente. Teniendo en cuenta la reglamentación estipulada por el Ministerio del Medio Ambiente se determinan una serie de leyes, decretos y resoluciones como soporte legal para el proyecto:

Decreto Ley 2811 de 1974: Art. 312. Define como cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red hidrográfica natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar (MINAMBIENTE, 1974).

Decreto Ley 2811 de 1974: Art. 316. Establece que se entiende por ordenación de una cuenca la planeación del uso coordinado del suelo, de las aguas, de la flora y la fauna; y por manejo de la cuenca la ejecución de obras y tratamiento (MINAMBIENTE, 1974)

Ley 99 de 1993: Art. 3. Define el desarrollo sostenible como aquel que conduzca al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de la vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el medio ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades (MININTERIOR, 2010).

Ley 99 de 1993: Art. 31. Establece como función de las Corporaciones Autónomas Regionales, “Ordenar y establecer las normas y directrices para el manejo de las cuencas hidrográficas ubicadas dentro del área de su jurisdicción, conforme a las disposiciones superiores y a las políticas nacionales (MININTERIOR, 2010).

Ley 99 de 1993: Art. 65. Son funciones de los municipios promover, cofinanciar o ejecutar en coordinación con los entes directores de organismo ejecutores del sistema nacional de adecuación de tierras y con las corporaciones autónomas regionales obras y proyectos de irrigación, drenaje, recuperación de tierras, defensa contra las inundaciones y regulación de cauces o corrientes de agua, para el adecuado manejo y aprovechamiento de cuencas y microcuencas hidrográficas (MININTERIOR, 2010).

Constitución política de Colombia de 1991: Art. 80. El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas (Rama Judicial, 2010)

Decreto 1729 del 2002: Art. 10. Fase de diagnóstico. <Decreto derogado por el artículo 68 del Decreto 1640 de 2012> Está dirigida fundamentalmente a identificar la situación ambiental de la cuenca, con el fin de establecer las potencialidades, conflictos y restricciones de los recursos naturales renovables (ICBF, 2002).

Decreto 1729 del 2002: Art. 11. Elementos del diagnóstico. El diagnóstico deberá contener, entre otros, los siguientes aspectos:

- Delimitación, extensión, localización y situación ambiental de la cuenca hidrográfica.
- Zonificación ambiental de la cuenca
- Caracterización físico-biótica, que comprende, entre otros, los siguientes aspectos: geográficos, hidro climáticos y biológicos.

- Inventario detallado de usuarios y usos actuales y potenciales de los recursos naturales renovables de la cuenca, priorizando lo relacionado con el recurso hídrico.
- Identificación de las obras de infraestructura física existentes en el área de la cuenca para las actividades productivas y domésticas, entre ellas, agropecuarias, industriales, mineras, petroleras, vivienda y de servicios.
- Determinación de los impactos ambientales sobre los recursos naturales renovables, generados por el aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca.
- Identificación de riesgos, amenazas y vulnerabilidad.
- La identificación de conflictos de uso de los recursos naturales renovables y potencialidades de la cuenca.
- Caracterización de las condiciones socioeconómicas y culturales de la población. - -
Inventario y caracterización de los recursos naturales renovables de la cuenca y de los ecosistemas de la misma (ICBF, 2002)

Antecedentes

Se llevo a cabo una revisión bibliográfica con el fin de establecer los criterios necesarios para el desarrollo del presente proyecto. A continuación, se evidencian algunos ejemplos de aplicación de Diagnóstico ambiental en diferentes cuencas hidrográficas:

“DIAGNOSTICO AMBIENTAL PARA LA QUEBRADA LA COLORADA UBICADA EN LA VEREDA LA COLORADA EN EL MUNICIPIO DE RIONEGRO SANTANDER”

tiene como objeto conocer la problemática ambiental del área de influencia e identificar las causas y los efectos sobre los recursos naturales. Se consideró necesario realizar el proyecto, en esta zona; mediante inspecciones oculares, aplicación de encuestas, monitoreo de aguas, revisión

de la normatividad vigente, caracterización de residuos sólidos, muestreo de suelos, cálculo del Índice de Calidad de Agua y el Índice de Escasez (Hernández, 2009).

“DIAGNOSTICO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA BELLEZA” que tiene como objeto realizar un diagnostico para el manejo integral de la microcuenca Belleza, que se encuentra ubicada en el Departamento de Caaguazú, en la denominada Región Oriental del Paraguay. Con relación al punto biofísico, socioeconómico. Donde se resaltan como resultado debilidades y amenazas que se pueden minimizar y prever entre los relacionados al conflicto entre el uso del suelo y capacidad del suelo, así como también fortalezas y oportunidades que se puedan potenciar y aprovechar estratégicamente (González, 2018).

“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA CUENCA DEL RÍO YUMURÍ” con el objetivo de determinar el estado ambiental de ella, a partir del enfoque de cuencas hidrográficas. Para ello se elabora los aspectos metodológicos definiendo, a partir del estado ambiental y el análisis tendencial del territorio (Socarrás, 2011).

“CUENCA DEL RÍO SAN PEDRO: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y OBJETIVOS PARA SU MANEJO INTEGRADO” El diagnóstico ambiental permitió identificar los objetivos principales para el manejo integrado de la cuenca hidrográfica, son éstos: Lograr la compatibilización requerida entre las diversas actividades socio-económicas de la cuenca, minimizando los conflictos, elevar la calidad de vida en los asentamientos poblacionales, a partir del mejoramiento de las condiciones ambientales, especialmente de saneamiento, con énfasis en la ciudad de Camaguey (J. Primelles F., 2004)

“DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN JOSÉ PARA DETERMINAR SU POTENCIAL COMO ÁREA NATURAL PROTEGIDA EN EL ESTADO DE MÉXICO” se enfoca a una propuesta metodológica basada en indicadores que permitan diagnosticar los atributos y procesos ambientales de un territorio determinado, por lo tanto no pretende generar una propuesta de una nueva área natural protegida, más bien analizar las unidades del paisaje que componen la microcuenca San José y el Parque Estatal “Los Tres Reyes” en el decreto 2013 y 2014 (Mondragón, 2015).

“DIAGNOSTICO AMBIENTAL FISICO-CONSERVACIONISTA DE LA SUB-CUENCA DEL RIO ANGASMARCA, LA LIBERTAD, PERÚ” El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico ambiental físico y de conservación de suelos de la sub-cuenca del río Angasmarca en la Región La Libertad, mediante el uso de técnicas de Geoprocesamiento. Los resultados de este trabajo fueron obtenidos a partir de modelos digitales de elevación (DEM), con delimitación del área de estudio en micro cuencas hidrográficas (Rimarachin, 2015).

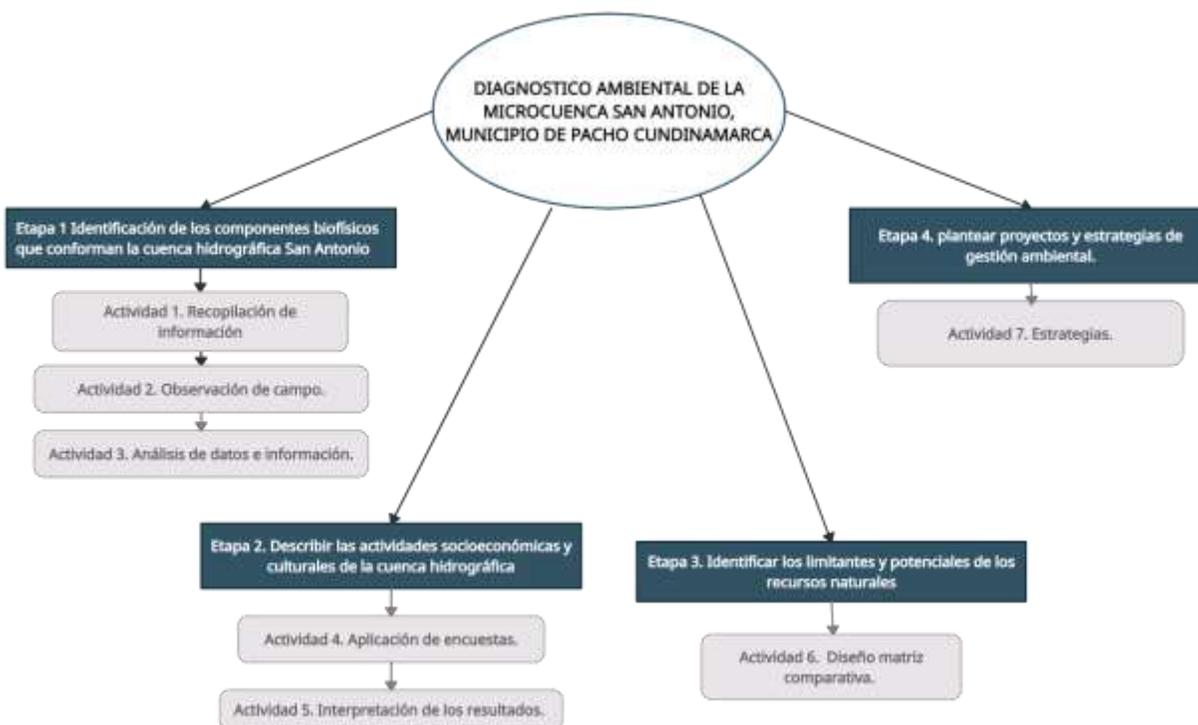
Capítulo 4. Marco Metodológico

Metodología

Se planteó una metodología con diferentes etapas y actividades para llevar a cabo este proyecto como se evidencia a continuación mediante un esquema (Ver Figura 2).

Figura 2

Esquema Metodológico



Fuente: Elaboración Propia

Descripción De Las Actividades

Etapa 1 Identificación de los componentes biofísicos que conforman la microcuenca hidrográfica San Antonio

Actividad 1. Recopilación de información. Se realizó una revisión bibliográfica (informes, artículos, documentos, consultorías, tesis, proyectos, PBOT, POMCA) relacionadas con el área de estudio, así mismo la descarga de datos climatológicos de la plataforma del IDEAM, las planchas cartográficas 208IVB, 208IVD del Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), información del SIGOT, y la consulta de la base de datos del Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt, como se observa en la siguiente tabla (Ver Tabla 7):

Tabla 7

Información necesaria para el desarrollo del proyecto

Tipo De Información	Fuente	Escala
Base de datos climatológicos (precipitación, humedad relativa y temperatura) Estación: CABRERA LA [23065120] CATEGORIA Climática	IDEAM	Mensual
Planchas: (208IVB, 208IVD)	IGAC	25.000
Planchas de Cobertura vegetal y ecosistemas	SIGOT	
Mapa de Suelos del Territorio Colombiano Departamento: Cundinamarca	Servicio Geológico Colombiano	100.000
Base de datos del inventario de flora	Instituto de Investigación Alexander Von Humboldt	

Fuente: Elaboración propia

Actividad 2. Observación de campo. Se realizó la visita a campo en los tres puntos establecidos (parte alta, media y baja) de la microcuenca San Antonio (Ver Tabla 8) para conocer los componentes biofísicos de la cuenca, tales como:

Tabla 8

Coordenadas puntos de muestreo

Punto	Latitud	Longitud
1	5,112561	-74,164239
2	5,127261	-74,161175
3	5,131234	-74,159279

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Cantidad de Agua (Caudal): Se llevó a cabo el método volumétrico (Ver Ilustración 1) en los puntos estipulados anteriormente, teniendo en cuenta que es una forma sencilla de calcular caudales pequeños, haciendo uso de material convencional como las cuerdas, valdes con volumen conocido y un cronometro, para luego calcularlo mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Donde: Q: Caudal (L/s), V: Volumen de agua captado (L), t: Tiempo (s)

Ilustración 1

Mosaico de los aforos volumétricos



Nota: (A) Medición ancho del río, (B) Método volumétrico para caudales en punto 2 de muestreo, (C) Método volumétrico para caudales en punto 1 de muestreo, (D) ubicación de una cuerda para tener un soporte para medir el ancho del cauce, (E) Sujetando el valde a la cuerda de soporte, (F) Método volumétrico para caudales en punto 3 de muestreo.

Fuente: Elaboración propia

- ✓ Calidad de agua: Para conocer la calidad del agua, se llevó a cabo el análisis de la misma haciendo uso de bioindicadores presentes en la zona de estudio. Esta consiste en explorar detenidamente el punto de muestreo con el fin de cubrir la mayor zona posible, observando bajo las rocas, en la arena, en el lodo, etc. Debe hacerse durante 30 minutos, como mínimo, utilizando coladores, valdes, entre otros (Ver Ilustración 2). Una vez se realiza la recolección de los macroinvertebrados se envasan en frascos plásticos con alcohol al 70%, esto con el fin de conservarlos y así poder analizarlos y clasificarlos debidamente.

Ilustración 2

Mosaico metodología propuesta - calidad de agua



Fuente: Elaboración propia

Nota: (A) exploración con ayuda de recipiente, (B) exploración en orillas, (C) exploración con colador, (D) exploración en rocas, (E) recipientes plásticos donde se conservaron las muestras con alcohol al 70%.

- ✓ Flora: Se realizó un recorrido alrededor de la microcuenca, teniendo en cuenta cada punto establecido para la respectiva toma de muestras, considerando que las parcelas fueron de aproximadamente 15 metros, intentando tener mayor cubrimiento de la zona (Ver Ilustración 3). Las muestras fueron identificadas con ayuda del ingeniero ambiental y sanitario de la Alcaldía Municipal Gian Luigi Pérez y el biólogo egresado de la universidad de Pamplona Stiven Rodríguez González

Ilustración 3

Mosaico transeptos seleccionados para identificación de flora



Fuente: Elaboración propia

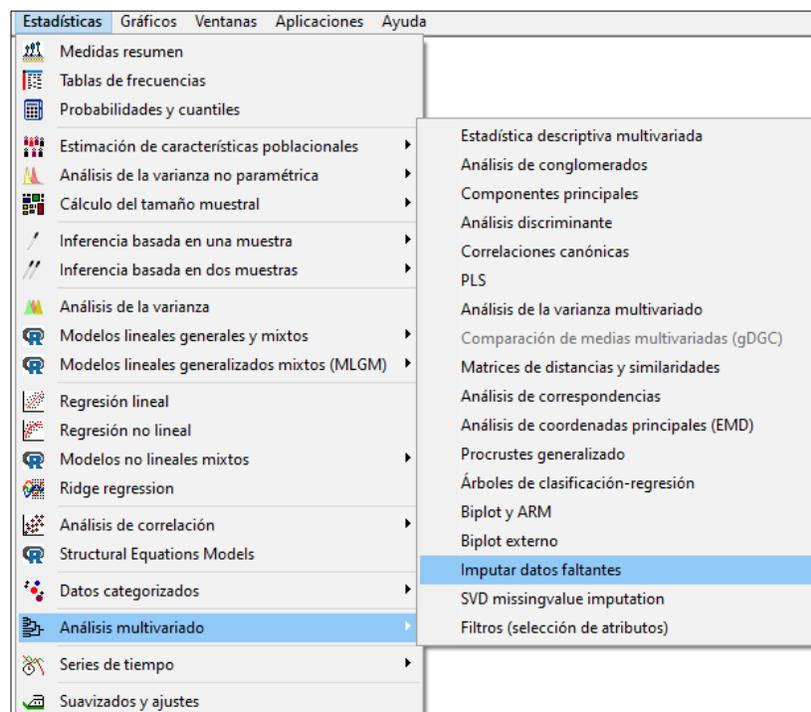
Nota: (A) transepto explorado en punto 3 de muestreo, (B) transepto explorado en punto 3 de muestreo, (C) transepto explorado en punto 2 de muestreo, (D) transepto explorado en punto 1 de muestreo

Actividad 3. Análisis de datos e información. Se organizó la información obtenida y se realizó el respectivo análisis de interpretación de resultados. En cuanto a las series históricas que se tuvieron en cuenta fue de 30 años aproximadamente (1990 – 2020), para el estudio de las variables climatológicas como precipitación, humedad relativa y temperatura, que corresponden a datos mensuales expresadas en milímetros (mm), porcentaje (%) y grados centígrados (°C) respectivamente.

Una vez se realizó la validación de los datos de las variables climatológicas, obtenidos del IDEAM, se observaron datos faltantes, para lo cual se requirió la utilización de un software llamado InfoStat, donde pueden ser imputados de forma automática por medio de la herramienta “análisis multivariado” (Ver Figura 3) con la finalidad de obtener datos confiables.

Figura 3

Imputar datos faltantes en InfoStat



Fuente: Elaboración Propia

Siguiendo el análisis de datos dudosos (Outlier) propuesto en libro de Hidrología Aplicada de Ven te Chow, se estudiaron las precipitaciones máximas, mediante las siguientes ecuaciones (Ver Tabla 9):

Tabla 9

Formulas datos dudosos (Outlier)

Validación de datos dudosos altos	Validación de datos dudosos bajos
$X_H = \bar{X} + K_n * \delta$	$X_L = \bar{X} - K_n * \delta$
\bar{X} = Media logarítmica	\bar{X} = Media logarítmica
δ = Desviación estándar Log	δ = Desviación estándar Log

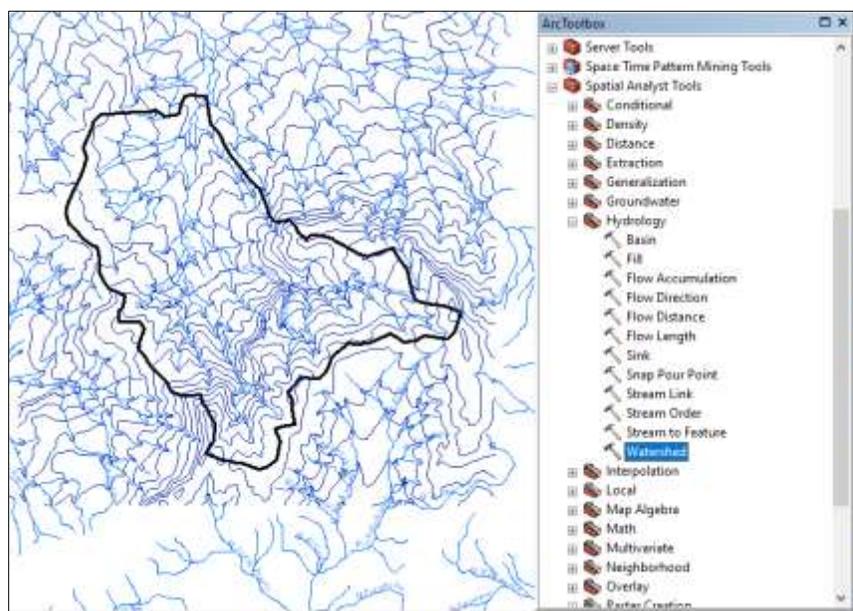
Fuente: Elaboración Propia

Se identificó la precipitación máxima y mínima aceptadas, con el fin de estudiar si los datos obtenidos de la plataforma del IDEAM eran admisibles para el estudio.

En cuanto al software ArcGIS, se implementó con el fin de conocer los componentes biofísicos de la microcuenca San Antonio de una forma sistemática, teniendo en cuenta plataformas como: el Geoportal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) donde se descargaron las planchas 208IVB Y 208IVD para delimitar la cuenca de estudio (Ver Figura 4) y conocer la morfometría de la misma, el Geoportal del Servicio Geológico Colombiano, utilizando la plancha del mapa de suelos del territorio Colombiano del Departamento de Cundinamarca para determinar la litología, tipo de suelos, el clima, la geomorfología, a su vez el mapa de cobertura vegetal y ecosistemas del Sistema de Información Geográfica para la Planeación y el Ordenamiento Territorial Nacional (SIGOT), para identificar la cobertura vegetal, los ecosistemas, los biomas, entre otros.

Figura 4

Delimitación de la cuenca



Fuente: Elaboración Propia

Teniendo en cuenta la visita a campo, se observó el tipo de la flora presente en la zona de estudio, cumpliendo a su vez, con la metodología propuesta para conocer la calidad y cantidad del agua, para posteriormente compararlos según la normativa vigente.

Etapa 2. Describir las actividades socioeconómicas y culturales de la cuenca hidrográfica.

Actividad 4. Aplicación de encuestas. Se diseñó una encuesta (Ver Figura 5) a la población cercana del lugar de muestreo, con el fin de obtener información asociada al factor socioeconómico del municipio.

Figura 5

Encuesta caracterización socioeconómica y cultural del municipio de Pacho Cundinamarca

	ENCUESTA PARA EL TRABAJO DE GRADO: DIAGNÓSTICO AMBIENTAL DE LA MICROCUENCA SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE PACHO CUNDINAMARCA Programa Ingeniería Ambiental Facultad De Ingeniería Y Arquitectura Universidad De Pamplona Pasantía: Luisa Fernanda Bello Rojas	
OBJETIVO: Realizar un diagnóstico ambiental de la microcuenca San Antonio del Municipio de Pacho Cundinamarca		
DEPARTAMENTO: Cundinamarca	FECHA	
MUNICIPIO: Pacho	BARRIO	
1. ¿Qué edad tiene? 18 - 35 _____ 35 - 60 _____ > 60 _____	2. Sexo Femenino _____ Masculino _____	
3. ¿La vivienda donde usted habita es? Propia _____ Arrendada _____ De un familiar u amigo _____ Otra ¿Cuál? _____	4. ¿Cuántas personas habitan en su vivienda? Hombres _____ Mujeres _____ Niños _____	
5. ¿Con que servicios cuenta en su vivienda? Agua _____ Energía eléctrica _____ Gas Natural _____ Teléfono - Celular _____ Televisión _____	6. El material de construcción de su vivienda es: Madera _____ Cemento _____ Bareque _____ Mixto _____ Otros _____	
7. ¿Cuál es su nivel de educación? Primaria _____ Secundaria _____ Técnico _____ Profesional _____ Ninguno _____	8. ¿Está afiliado al sistema de salud? Si _____ No _____ ¿Régimen contributivo? _____ ¿Régimen Subsidiado? _____	
9. ¿Cuántas personas aportan económicamente en el hogar?	10. ¿Cuál es el valor promedio del ingreso mensual familiar?	

	< 1 SMMLV _____ 1 SMMLV _____ > 1 SMMLV _____
11. Alguno de los miembros de su familia presenta una discapacidad: Si _____ No _____	12. ¿Qué tipo de enfermedades aqueja en su Barrio? Respiratorias _____ Hepáticas _____ Renal _____ Coronaria _____ Diabetes _____ Infecciosas y/o parasitarias _____
13. ¿Cuáles son los problemas sociales que destaca en su barrio? Drogadicción _____ Hurto _____ Riñas _____ Violencia intrafamiliar _____ Racismo _____ Trabajo infantil _____	14. ¿Como califica el servicio de salud en su municipio? Muy malo _____ Malo _____ Regular _____ Bueno _____ Muy Bueno _____
15. ¿Qué mitos y leyenda conoce del municipio?	16. ¿Qué actos culturales conoce que se llevan a cabo en el municipio?
Firma del encuestado: _____	
Observaciones: la información recolectada en esta encuesta será de uso exclusivo para el investigador en curso.	

Fuente: Elaboración Propia

Actividad 5. Interpretación de los resultados. Se llevo a cabo el análisis cualitativo y cuantitativo de la información mediante la encuesta realizada a la población aledaña a los puntos de muestreo haciendo la representación gráfica con la ayuda de las herramientas que brinda el software Excel.

Etapa 3. Identificar los limitantes y potenciales de los recursos naturales en relación con las acciones socioeconómicas y culturales

Actividad 6. Diseño matriz. Se realizo una matriz como lo estipula la Guía técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA), teniendo en cuenta las potencialidades y limitantes presentes en la zona de estudio, para realizar el análisis y evaluación de aspectos ambientales.

Etapa 4. Formulación de estrategias de mitigación y alternativas de gestión sostenible de la cuenca hidrográfica

Actividad 7. Estrategias. Analizando los resultados obtenidos se plantean acciones que incluyan (indicadores base), con el fin de mitigar el impacto ambiental generado por las actividades antrópicas para la conservación de la microcuenca hidrográfica

Capítulo 5. Análisis y Resultados

Caracterización de componentes biofísicos, socioeconómicos y culturales

Componente biofísico

La caracterización biofísica de la microcuenca San Antonio está compuesta por los factores del medio natural que facilitan la determinación del grado de vulnerabilidad que esta presenta teniendo en cuenta las principales actividades humanas que se desarrollan en la zona de estudio. Los elementos que hacen parte de este componente son los siguientes:

Clima. Pacho Cundinamarca se caracteriza por tener un clima templado y húmedo, considerado entonces agradable, su temperatura varía entre 17°C y 25°C.

Se realizó un análisis de las variables climatológicas tales como la temperatura, humedad relativa y precipitación de la estación climatológica CABRERA LA [23065120] teniendo en cuenta la base de datos obtenida de la plataforma del IDEAM con la serie histórica de aproximadamente 30 años (1990 – 2020) según lo recomendado por la Organización Mundial de Meteorología para obtener estadísticas confiables, se organizó haciendo uso de las hojas de cálculo de Excel y la herramienta texto en columnas, logrando obtener los siguientes resultados (Ver Tabla 10, Tabla 11, Tabla 12, Tabla 13, Tabla 14).

Los datos faltantes que se observaron en cada una de las tablas, se calcularon mediante la herramienta de análisis multivariado que brinda el software InfoStat, representando cada uno de los datos obtenidos en color rojo en cada una de las tablas correspondientes

a las variables que se tuvieron en cuenta según la zona de estudio. No se registraron todos los datos en la cantidad de años correspondientes, dado que en la toma de datos se presenta dificultades debido a factores tanto naturales como instrumentales, generando así, la pérdida de los mismos.

Inicialmente se analizó el comportamiento de la precipitación:

Tabla 10

Datos de precipitación mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120)

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	113,50	106,40	170,40	208,50	77,60	4,70	21,70	11,30	1,00	293,80	62,50	12,90
1991	121,18	60,70	186,40	17,40	94,30	24,50	23,90	19,60	60,90	112,60	209,70	149,60
1992	99,30	116,40	67,60	175,60	70,80	11,50	26,40	32,70	60,50	37,20	241,70	140,80
1993	113,40	149,90	117,10	120,70	191,10	8,30	20,40	10,70	148,80	130,70	284,50	157,40
1994	158,40	89,20	167,80	206,80	65,40	49,30	19,40	13,10	64,60	197,80	297,20	87,10
1995	30,70	212,70	189,80	185,60	127,80	56,50	65,00	165,00	148,70	182,90	175,40	149,00
1996	209,80	143,60	304,50	150,30	202,50	98,50	76,60	72,50	55,90	339,30	108,10	105,00
1997	289,50	60,60	111,10	189,50	99,20	146,70	6,80	3,70	73,60	91,60	242,30	31,30
1998	15,60	146,60	160,70	128,70	249,80	30,30	35,20	118,30	127,90	172,10	309,70	198,50
1999	218,70	208,20	126,20	175,40	49,30	109,70	19,40	82,10	197,00	227,60	199,10	146,00

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	91,10	170,80	238,70	78,20	148,80	57,00	75,00	11,70	176,70	138,50	102,20	71,70
2001	66,60	122,00	101,50	30,20	123,80	43,30	25,00	9,60	131,00	268,30	156,00	128,80
2002	19,00	70,90	145,30	324,10	188,00	62,00	30,30	38,50	116,20	179,60	110,10	189,90
2003	96,50	118,20	176,90	373,30	42,30	47,60	56,20	31,20	113,10	229,90	160,10	92,40
2004	101,90	59,20	180,40	164,10	109,00	5,40	40,80	3,40	178,00	267,10	284,40	83,30
2005	53,40	58,90	97,00	123,10	99,50	3,10	20,20	18,80	101,10	329,00	135,30	153,10
2006	207,80	51,60	244,50	254,00	149,40	49,40	11,10	24,40	25,60	176,40	280,10	155,40
2007	73,50	33,50	142,00	238,70	87,90	38,70	60,60	74,20	26,50	315,00	216,79	128,84
2008	159,80	210,80	158,50	170,70	227,90	38,50	65,10	191,30	94,90	193,00	243,10	125,70
2009	71,90	150,40	195,10	100,70	40,00	25,60	7,40	10,60	30,80	138,90	137,00	67,40
2010	49,50	57,60	29,00	320,50	184,20	75,70	231,20	88,20	180,00	163,60	431,00	209,60
2011	183,20	233,70	207,30	499,60	187,70	100,20	63,00	70,60	50,00	268,70	312,30	275,90
2012	223,20	156,40	188,60	229,40	64,20	25,10	50,30	29,60	71,50	195,84	216,79	128,84
2013	91,60	238,60	116,50	178,00	128,47	11,10	41,22	47,60	77,20	164,70	338,30	216,70
2014	212,90	114,00	156,70	172,00	133,60	10,60	7,50	21,70	51,30	244,10	199,30	175,00
2015	95,10	109,8	167,80	148,30	26,90	14,00	19,90	11,10	23,30	39,70	123,50	1,00
2016	55,50	99,10	254,40	256,80	153,80	40,60	15,00	12,30	151,10	179,50	301,40	109,90
2017	195,20	102,90	307,60	168,90	134,80	78,20	30,60	46,60	73,80	210,90	306,60	225,10

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2018	47,10	123,48	169,83	151,00	145,30	17,50	28,60	20,70	75,50	298,60	211,50	14,50
Promedio	119,5	123,3	168,2	191,0	124,3	44,3	41,2	44,5	92,6	199,5	220,6	128,6

Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

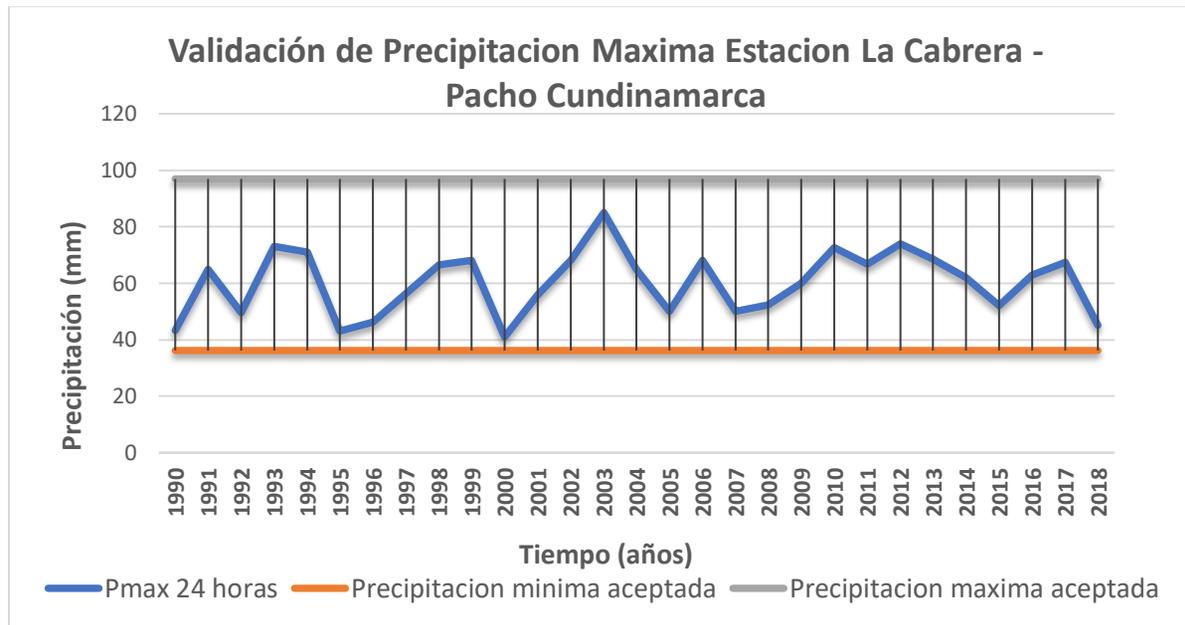
Esta tabla representa los datos de la precipitación mensual de 28 años según la estación climatológica La Cabrera. Se logra evidenciar que los meses de enero a mayo y de septiembre a diciembre presentan mayor precipitación.

La precipitación mensual más alta evidenciada fue de 499,60 mm, en el mes de abril del 2011 como consecuencia del fenómeno de la Niña, el cual se presentó en esa época con mayor intensidad. También se observa que los meses de junio y julio presentan menos precipitación, confirmando así lo descrito en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial, que dice que este municipio cuenta con una precipitación de tipo bimodal, es decir estaciones secas y lluviosas intercaladas.

Una vez organizadas, se llevó a cabo la validación de la precipitación máxima con el fin de identificar si estos valores se encuentran dentro del rango permitido. Al realizar el análisis de datos dudosos (Outlier), según la metodología aplicada, se representaron gráficamente los resultados obtenidos (Ver Figura 6).

Figura 6

Validación de la Precipitación máxima, estación La Cabrera



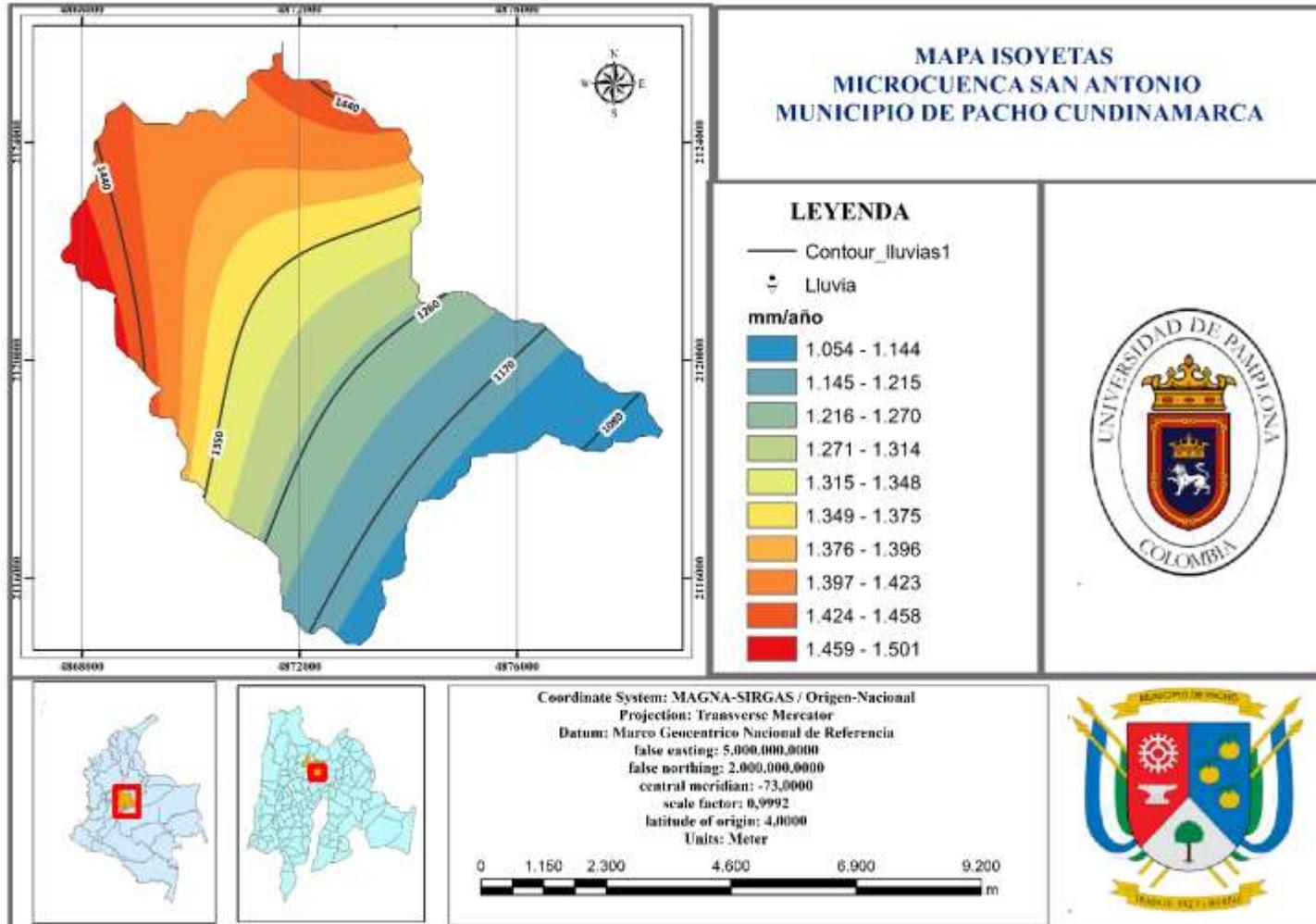
Fuente: Elaboración propia

La grafica representa la validación de los datos de precipitación máxima, una vez cuantificada la precipitación máxima aceptada (línea superior) y la precipitación mínima aceptada (línea inferior), se evidencia que los datos validados de la plataforma del IDEAM, se encuentran dentro del rango permisible.

A su vez, es importante conocer el comportamiento de la precipitación según la distribución espacio – temporal de la misma, esto mediante la representación gráfica (Ver Figura 7).

Figura 7

Mapa de Isoyetas de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

Este mapa representa la distribución de dicha variable con el transcurrir del tiempo, donde se evidencia que en la zona de estudio se presentan precipitaciones anuales dentro del rango de (1054 mm – 1501 mm). Se tuvieron en cuenta las estaciones climatológicas más cercanas a la cuenca, resaltando que la cuenca presenta una dirección de flujo de sur a norte, donde se deduce que en la zona alta de la microcuenca se presenta menor precipitación en comparación con la zona baja .

Una vez, validada esta variable, se estudió el comportamiento de la temperatura, tanto mínima como máxima:

Tabla 11

Datos de Temperatura máxima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120)

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	21,33	21,44	21,21	21,17	21,70	23,50	22,28	22,95	22,71	21,61	20,90	21,15
1991	21,33	21,72	20,07	18,80	22,21	21,89	22,03	22,03	22,10	22,05	20,45	20,57
1992	21,37	21,40	22,47	21,79	21,79	22,88	22,10	22,82	22,46	22,43	20,48	20,55
1993	20,65	20,82	20,87	21,43	21,43	22,43	22,54	23,14	21,59	21,74	20,14	20,84
1994	20,19	20,11	20,46	21,13	21,35	22,04	21,76	22,10	23,17	21,31	20,41	21,14
1995	21,80	21,86	21,38	21,51	21,85	21,37	21,19	20,71	21,94	20,39	20,76	20,07
1996	20,52	20,72	20,39	21,57	20,67	20,91	20,92	22,05	22,10	20,97	20,43	20,88
1997	19,48	21,41	21,83	20,94	22,16	21,28	22,79	23,94	23,10	21,61	20,90	22,46
1998	22,64	19,69	22,03	21,86	21,58	21,84	20,87	21,28	21,19	21,61	20,68	20,58

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1999	20,15	19,70	20,69	21,25	21,58	20,81	21,95	21,35	20,05	20,10	19,97	19,98
2000	19,73	20,03	20,25	22,20	21,93	22,03	22,28	22,77	22,71	21,61	20,90	21,15
2001	21,33	21,44	21,55	21,80	21,41	21,82	21,92	23,33	21,59	21,68	20,81	20,38
2002	21,81	21,71	21,35	20,76	22,35	21,27	22,44	22,99	23,24	22,47	21,69	21,35
2003	22,07	22,06	21,80	21,55	22,25	21,44	22,06	22,69	21,76	21,05	20,63	20,81
2004	20,78	21,83	22,15	21,13	21,49	22,45	21,67	23,19	21,55	20,95	20,62	20,32
2005	20,62	20,70	21,79	21,60	22,08	21,53	22,77	22,38	22,59	20,96	20,90	20,63
2006	20,79	21,34	20,79	20,94	21,44	21,48	21,71	22,52	22,60	21,50	20,84	20,93
2007	22,27	22,21	21,36	21,29	21,20	21,44	22,54	20,99	22,71	20,68	20,90	21,15
2008	20,16	20,51	21,04	20,84	21,21	21,36	20,85	21,05	21,29	20,98	20,45	20,43
2009	20,73	20,58	21,08	22,06	22,06	22,24	22,76	23,01	24,25	22,73	21,56	21,59
2010	22,48	21,44	21,55	21,71	21,93	22,03	20,76	21,28	20,69	21,03	20,19	19,56
2011	20,84	20,93	21,07	20,83	20,88	21,73	21,87	22,40	22,62	20,70	20,61	20,63
2012	20,65	21,48	21,70	20,96	21,83	22,80	22,30	22,41	23,49	21,61	20,90	21,15
2013	21,33	21,44	21,55	21,71	21,93	22,91	22,28	22,77	22,89	22,11	21,21	20,95
2014	21,08	21,39	21,50	22,83	22,10	23,09	24,03	23,46	24,10	21,74	21,27	21,90
2015	22,87	22,36	22,48	23,52	23,54	23,05	24,04	24,66	25,63	23,64	22,30	24,96
2016	23,83	23,74	24,06	22,61	23,19	23,07	23,32	24,88	23,95	22,63	21,68	22,08

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2017	21,33	21,44	20,34	22,67	21,94	22,03	22,83	23,66	23,08	22,45	20,90	21,15
2018	21,33	21,44	21,55	21,58	21,69	22,21	22,79	23,26	23,06	21,98	21,29	22,82
2019	22,36	22,29	21,83	22,15	22,03	22,70	23,20	24,01	23,90	21,66	21,52	21,53
2020	22,71	23,25	22,17	22,88	23,39	22,68	22,19	23,16	22,64	22,64	20,83	21,23
Promedio.	21,31	21,37	21,43	21,58	21,88	22,07	22,23	22,68	22,61	21,63	20,88	21,13

Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

En esta tabla se evidencia la temperatura máxima calculada en la estación climatológica La Cabrera durante una serie histórica de 30 años. La temperatura máxima fue de 25,63°C en el mes de septiembre del 2015. Teniendo en cuenta el promedio de la temperatura máxima esta se encuentra en un rango de [18°C – 26°C] aproximadamente.

Tabla 12

Datos de Temperatura mínima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120)

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1990	12,10	12,04	13,06	13,38	13,67	13,92	13,58	13,53	13,31	13,23	13,11	12,80
1991	12,36	12,91	13,61	13,23	13,85	14,23	13,45	13,71	13,22	12,72	12,88	12,79
1992	12,37	12,87	12,91	13,41	13,76	14,25	13,19	13,39	12,81	12,71	12,64	12,38
1993	12,32	11,76	12,54	13,78	13,14	14,27	12,97	13,83	12,84	12,93	12,85	12,35
1994	12,08	13,09	13,12	13,47	14,06	13,48	13,67	13,12	13,96	13,05	12,98	13,41

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	12,05	12,19	13,50	13,96	14,06	14,20	13,43	13,31	13,21	13,11	12,76	12,50
1996	11,88	12,86	13,32	13,41	13,50	13,76	13,06	13,15	13,38	12,95	12,77	12,68
1997	12,82	13,32	13,50	13,72	14,41	13,81	14,33	14,50	14,01	13,80	13,50	13,06
1998	13,36	13,36	14,55	14,86	14,95	14,20	13,95	13,48	13,26	13,23	13,31	13,01
1999	12,93	13,34	12,78	13,83	13,30	13,15	13,14	12,73	12,74	13,01	12,86	12,63
2000	12,06	12,19	12,57	13,24	13,89	13,74	13,21	13,39	13,05	13,28	13,04	12,54
2001	11,26	13,04	13,19	13,51	13,69	13,41	13,27	13,78	12,58	13,43	12,63	12,31
2002	11,44	11,81	12,38	12,43	12,86	12,53	12,71	11,93	12,50	12,83	12,31	12,70
2003	11,99	12,68	12,75	12,99	13,81	12,85	13,44	13,50	12,63	12,86	12,53	12,52
2004	11,62	11,61	12,87	13,34	13,77	13,40	13,40	13,23	12,42	13,06	13,11	12,59
2005	12,56	12,38	12,84	14,00	13,65	13,92	13,53	13,27	13,52	12,86	13,35	12,34
2006	12,73	12,78	13,31	13,36	13,53	13,72	13,44	13,68	12,80	13,18	13,03	12,86
2007	12,57	11,56	12,84	13,55	13,55	13,51	13,42	12,55	13,31	12,79	13,11	12,80
2008	12,10	12,16	12,25	12,81	13,50	13,33	13,11	12,88	13,00	12,72	12,86	12,09
2009	11,95	11,78	12,71	13,21	13,20	13,53	13,63	13,74	13,79	13,53	13,17	12,39
2010	11,89	12,78	13,17	13,62	13,88	13,82	13,05	13,12	12,87	13,00	13,13	12,66
2011	11,78	12,71	13,17	13,22	14,06	14,15	13,68	13,43	13,09	13,04	13,16	13,05
2012	12,74	11,96	13,62	13,49	14,15	13,83	13,83	13,70	13,74	13,23	13,11	12,80

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2013	12,36	12,78	13,17	13,62	13,88	14,03	13,58	13,53	13,79	13,08	12,98	12,93
2014	12,69	13,03	13,35	14,06	13,75	14,45	14,71	13,62	13,60	13,73	13,39	12,95
2015	13,06	13,61	13,49	14,55	14,68	14,49	14,25	14,60	15,21	14,52	14,31	14,74
2016	13,39	14,47	14,66	14,59	14,84	14,34	14,19	14,33	13,80	13,51	13,52	13,14
2017	12,36	12,78	13,45	14,19	14,54	13,82	14,14	13,79	13,92	13,71	13,11	12,80
2018	12,36	12,78	13,17	13,64	13,83	13,80	14,15	14,12	13,78	13,61	14,03	13,19
2019	13,74	13,82	14,66	14,37	14,79	14,83	14,32	14,41	14,26	13,12	13,75	13,68
2020	13,14	13,65	13,91	14,49	15,02	14,38	14,07	13,93	13,60	13,78	13,86	12,70
Promedio	12,39	12,71	13,24	13,66	13,92	13,84	13,61	13,52	13,35	13,21	13,13	12,82

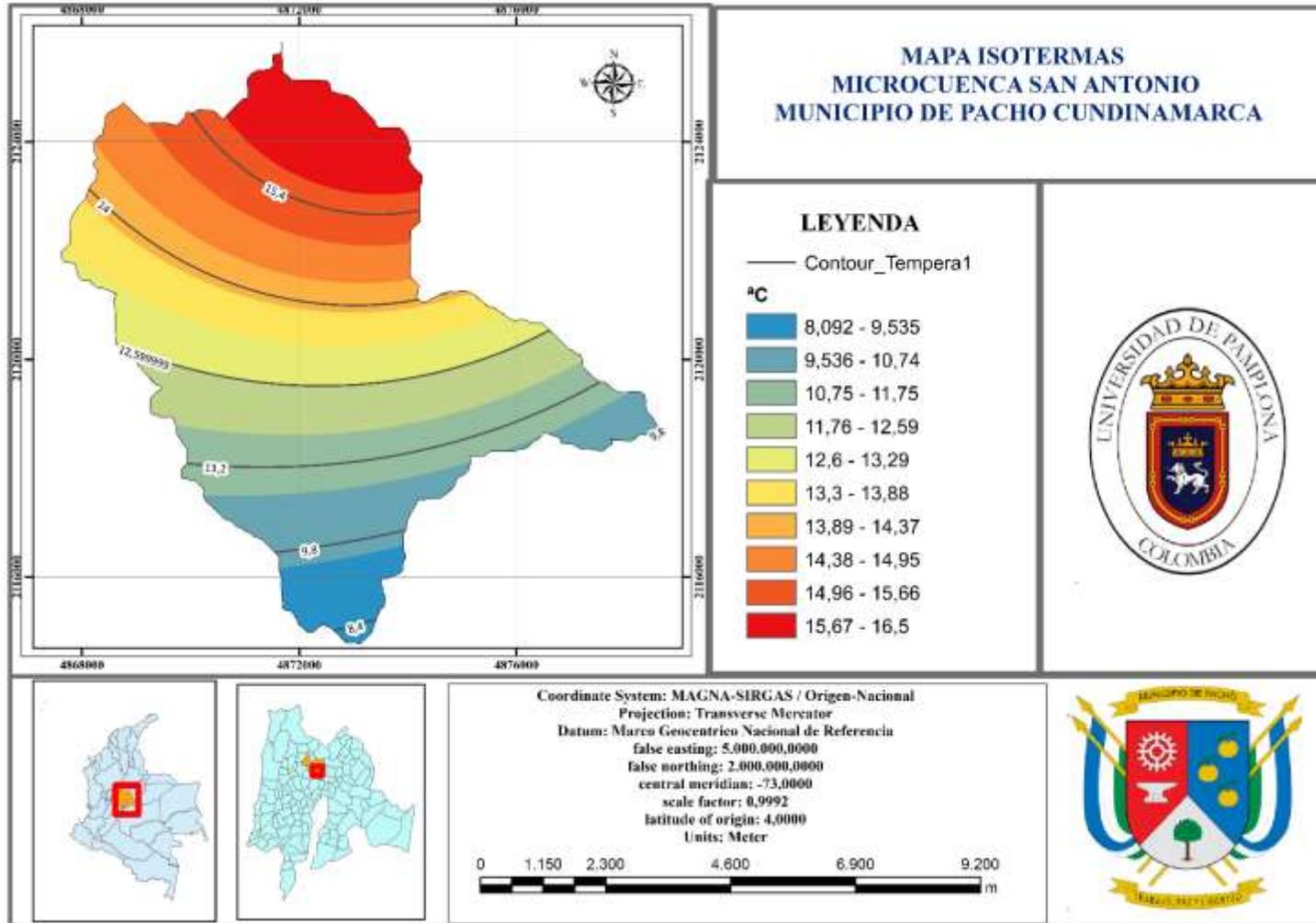
Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

La tabla representa la temperatura mínima mensual durante 30 años, según la base de datos del IDEAM, de la estación La Cabrera, en esta se observa que en enero del año 2001 se presentó una temperatura mínima de 11,26°C. Se estima que la temperatura mínima del municipio varía entre [13°C – 16°C].

Teniendo presente la importancia de conocer el comportamiento de la temperatura en la zona de estudio, se realizó el mapa de Isotermas (Ver Figura 8) donde se logra evidenciar que en las zonas altas de la cuenca hidrográfica se presentan temperaturas entre (8.092 °C – 9,535 °C) y en las zonas bajas (15,67 °C – 16,5 °C), así como también la representación gráfica de Isohelias (Ver Figura 9) que simboliza las horas de insolación durante el día. Allí, se puede deducir que el municipio presenta un rango de (3 – 4) horas diarias.

Figura 8

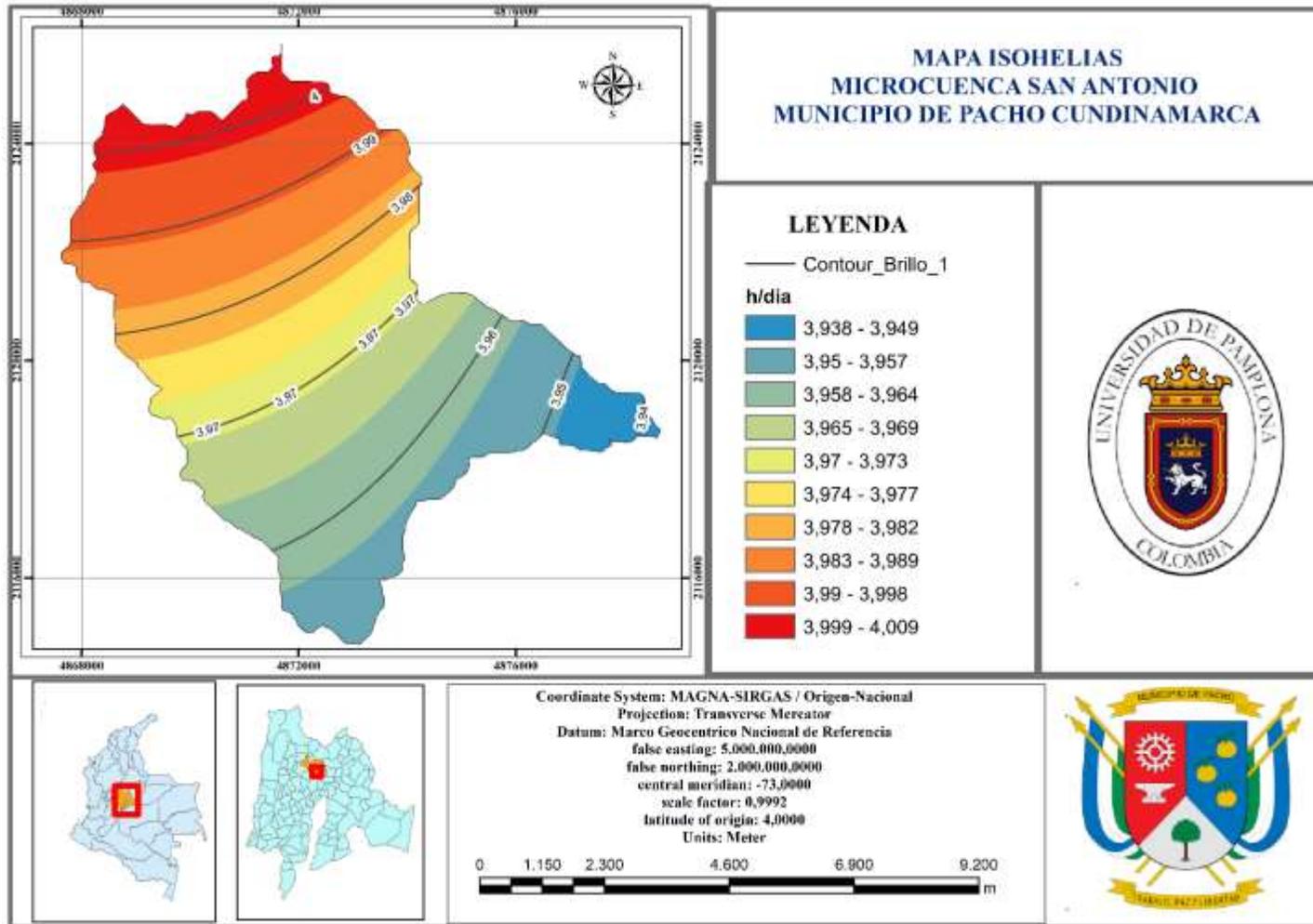
Mapa de Isotermas de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

Figura 9

Mapa de Isohelias de la microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

Finalmente, el estudio de la Humedad relativa:

Tabla 13

Datos de Humedad Relativa máxima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120)

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1991	95,8	94,3	96,5	96,3	98,1	98,0	96,0	95,1	96,8	98,0	100,0	95,8
1992	95,8	94,3	96,5	96,3	98,1	97,4	95,1	92,0	96,8	92,0	94,0	98,0
1993	98,0	91,0	98,0	98,0	99,0	91,0	91,0	91,0	98,0	100,0	100,0	96,0
1994	93,0	100,0	100,0	100,0	100,0	97,4	95,1	95,1	98,0	96,0	98,0	90,0
1995	98,0	88,0	88,0	96,3	98,1	97,4	95,1	95,1	96,8	98,6	98,1	100,0
1996	90,0	100,0	96,5	96,3	98,1	97,4	95,1	81,0	88,0	90,0	88,0	91,0
1997	88,0	89,0	94,0	94,0	94,0	100,0	89,0	89,0	92,0	100,0	98,0	92,0
1998	90,0	96,0	94,0	92,0	92,0	98,0	95,1	95,1	98,0	98,6	100,0	92,0
1999	92,0	96,0	98,0	100,0	96,0	96,0	98,0	95,1	96,8	100,0	98,0	96,0
2000	95,8	94,3	96,5	96,3	98,0	97,4	95,1	95,1	100,0	96,0	100,0	100,0
2001	95,8	94,3	96,5	96,3	98,1	97,4	96,0	95,1	93,0	98,6	94,0	94,0
2002	92,0	90,0	93,0	90,0	100,0	98,0	95,0	98,0	96,0	100,0	98,0	96,0
2003	91,0	95,0	95,0	95,0	98,0	95,0	95,1	95,1	91,0	96,0	96,0	100,0
2004	96,0	96,0	96,0	96,0	100,0	100,0	96,0	96,0	98,0	98,0	100,0	96,0
2005	96,0	96,0	96,0	98,0	96,0	92,0	100,0	91,0	92,0	100,0	92,0	92,0

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2006	94,0	95,0	100,0	94,0	98,1	97,4	100,0	91,0	98,0	91,0	91,0	98,0
2007	94,0	100,0	100,0	100,0	98,0	94,0	95,1	98,0	96,8	100,0	98,1	95,8
2008	100,0	100,0	100,0	98,0	98,0	98,0	94,0	100,0	98,0	93,0	97,0	94,0
2009	98,0	94,0	95,0	98,0	98,0	100,0	98,0	96,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2010	98,0	94,3	96,5	96,3	98,1	97,4	95,1	98,0	96,8	98,6	98,1	100,0
2011	100,0	100,0	100,0	100,0	98,1	98,0	100,0	98,0	98,0	100,0	100,0	95,8
2012	100,0	100,0	100,0	100,0	98,0	97,4	100,0	98,0	96,8	98,6	98,1	95,8
2013	95,8	94,3	96,5	96,3	98,1	98,0	95,1	95,1	96,8	100,0	100,0	95,8
2014	100,0	100,0	100,0	96,3	98,1	100,0	98,0	98,0	96,8	100,0	100,0	98,0
2015	98,0	98,0	100,0	98,0	100,0	100,0	98,0	100,0	100,0	98,0	100,0	100,0
2016	98,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	95,1	95,1	100,0	98,6	100,0	95,8
Promedio	95,5	95,8	97,0	96,8	97,9	97,4	96,0	94,9	96,5	97,7	97,6	96,1

Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

Esta tabla presenta los valores del porcentaje de Humedad Relativa máxima mensual de la estación climatológica La Cabrera, durante 25 años, según los datos obtenidos de la base de datos del IDEAM.

Tabla 14*Datos de Humedad Relativa mínima mensual multianual de la estación La Cabrera (23065120)*

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1991	56,63	59,13	54,63	57,88	59,50	49,00	53,00	47,88	38,63	72,00	70,00	41,88
1992	56,63	59,13	54,63	57,88	59,50	59,25	52,88	39,00	38,63	37,00	47,00	47,00
1993	45,00	40,00	42,00	42,00	44,00	42,00	33,00	50,00	52,00	53,00	53,00	26,00
1994	49,00	62,00	56,00	59,00	54,00	59,25	52,88	47,88	57,00	43,00	65,00	65,00
1995	57,00	47,00	56,00	57,88	59,50	59,25	52,88	47,88	38,63	51,38	57,13	72,00
1996	62,00	61,00	54,63	57,88	59,50	59,25	52,88	37,00	44,00	66,00	57,00	58,00
1997	70,00	67,00	57,00	71,00	63,00	64,00	49,00	40,00	52,00	13,00	54,00	46,00
1998	52,00	67,00	59,00	65,00	58,00	52,00	52,88	47,88	65,00	51,38	67,00	73,00
1999	73,00	74,00	51,00	73,00	67,00	76,00	82,00	47,88	38,63	81,00	84,00	80,00
2000	56,63	59,13	54,63	57,88	64,00	59,25	52,88	47,88	82,00	82,00	89,00	80,00
2001	56,63	59,13	54,63	57,88	59,50	59,25	83,00	47,88	67,00	51,38	-8,00	80,00
2002	81,00	78,00	70,00	70,00	78,00	78,00	81,00	24,00	-22,00	80,00	68,00	26,00
2003	82,00	82,00	70,00	63,00	70,00	82,00	52,88	47,88	79,00	80,00	81,00	82,00
2004	18,00	80,00	46,00	83,00	80,00	80,00	73,00	80,00	59,00	78,00	77,00	53,00
2005	79,00	78,00	64,00	80,00	73,00	79,00	80,00	76,00	80,00	65,00	61,00	62,00
2006	79,00	80,00	73,00	67,00	59,50	59,25	67,00	64,00	64,00	64,00	64,00	57,00

AÑO / MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2007	62,00	66,00	57,00	64,00	61,00	47,00	52,88	60,00	38,63	70,00	57,13	41,88
2008	61,00	40,00	53,00	40,00	59,00	49,00	44,00	54,00	40,00	66,00	70,00	60,00
2009	71,00	49,00	67,00	44,00	50,00	46,00	38,00	24,00	32,00	36,00	29,00	36,00
2010	53,00	59,13	54,63	57,88	59,50	59,25	52,88	57,00	38,63	51,38	57,13	58,00
2011	62,00	56,00	59,00	67,00	59,50	42,00	43,00	37,00	37,00	60,00	68,00	41,88
2012	58,00	64,00	55,00	46,00	49,00	59,25	40,00	35,00	38,63	51,38	57,13	41,88
2013	56,63	59,13	54,63	57,88	59,50	37,00	52,88	47,88	38,63	29,00	54,00	41,88
2014	50,00	59,00	61,00	57,88	59,50	36,00	32,00	28,00	38,63	49,00	66,00	50,00
2015	28,00	41,00	38,00	33,00	29,00	36,00	25,00	35,00	16,00	20,00	45,00	26,00
2016	38,00	33,00	39,00	44,00	45,00	49,00	52,88	47,88	42,00	51,38	59,00	41,88
2017	56,63	59,13	67,00	46,00	42,00	59,25	47,00	50,00	50,00	42,00	57,13	41,88
Promedio	58,14	60,66	56,38	58,44	58,56	56,91	53,76	46,99	46,06	55,34	59,47	52,97

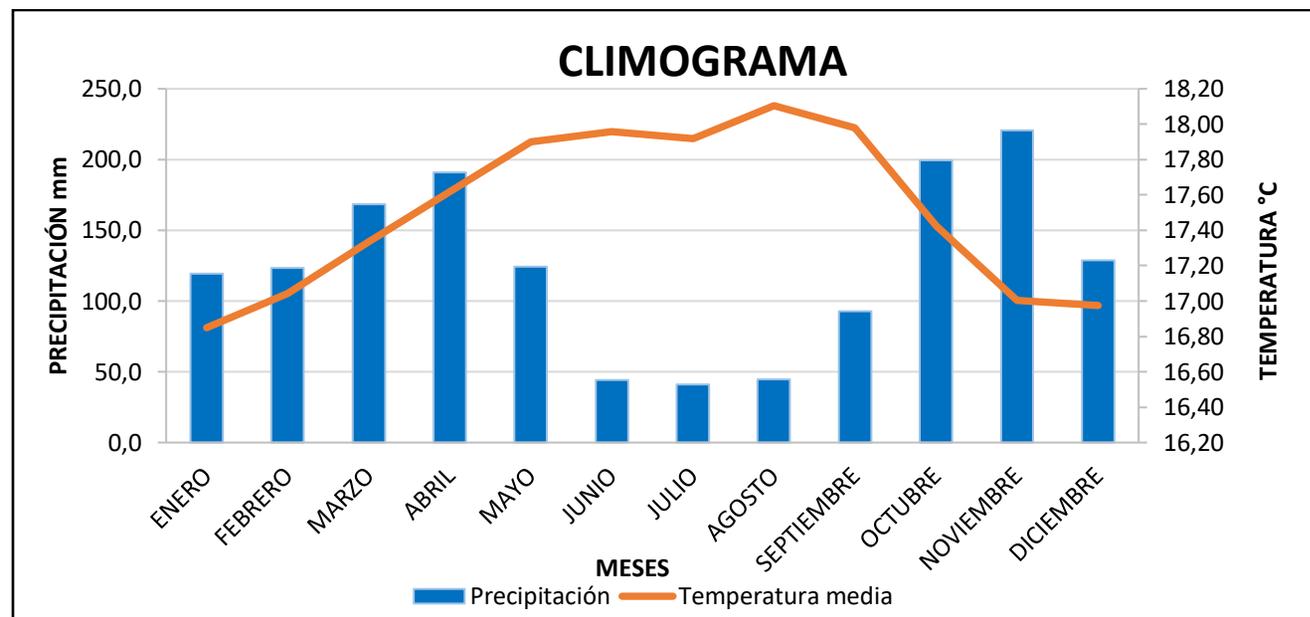
Fuente: Elaboración propia – Con base IDEAM, 2021

Esta tabla presenta los valores del porcentaje de Humedad Relativa según la estación climatológica La Cabrera durante 26 años. El porcentaje de humedad relativo promedio mensual más baja durante la serie histórica fue de 46,06% en el mes de agosto.

En cuanto a los promedios obtenidos según la validación de datos presentados anteriormente en las tablas, se realizó la representación gráfica relacionando las variables de temperatura, precipitación y humedad relativa. Las gráficas elaboradas fueron la de climograma (Ver Figura 10) y la gráfica que representa la relación entre precipitación y humedad relativa (Ver Figura 11).

Figura 10

Climograma de la Temperatura media de la estación climatológica La Cabrera (23065120)



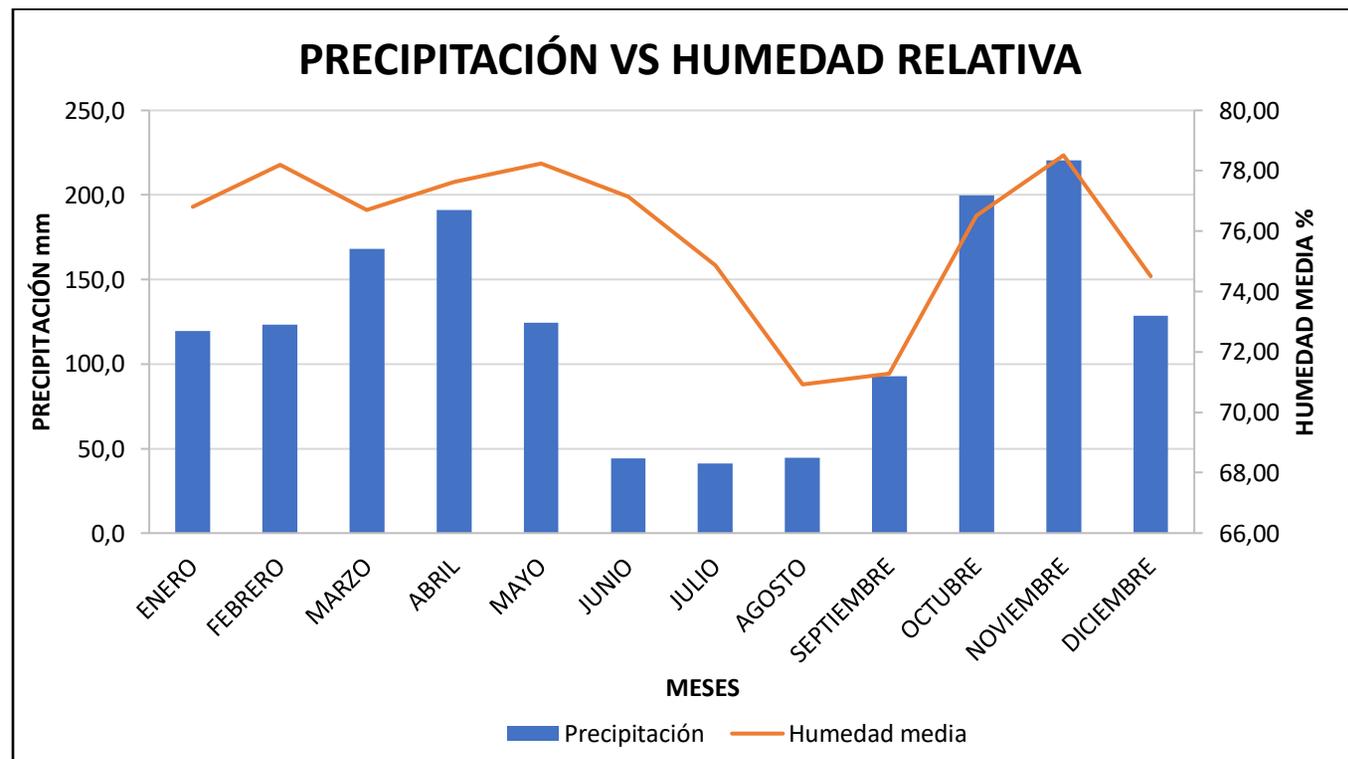
Fuente: Elaboración propia

La grafica del Climograma de la estación La Cabrera del Municipio de Pacho Cundinamarca, nos permite evidenciar que la precipitación es inversamente proporcional a la temperatura, es decir, cuando se presentan precipitaciones bajas, el grado de la

temperatura aumenta. A su vez, muestra que los meses con mayor precipitación son el mes de abril, octubre y noviembre, en un rango de 180mm a 200mm. En cuanto a la temperatura media se puede decir que es de aproximadamente de 18°C.

Figura 11

Precipitación vs Humedad Relativa de estación climatológica La Cabrera (23065120)



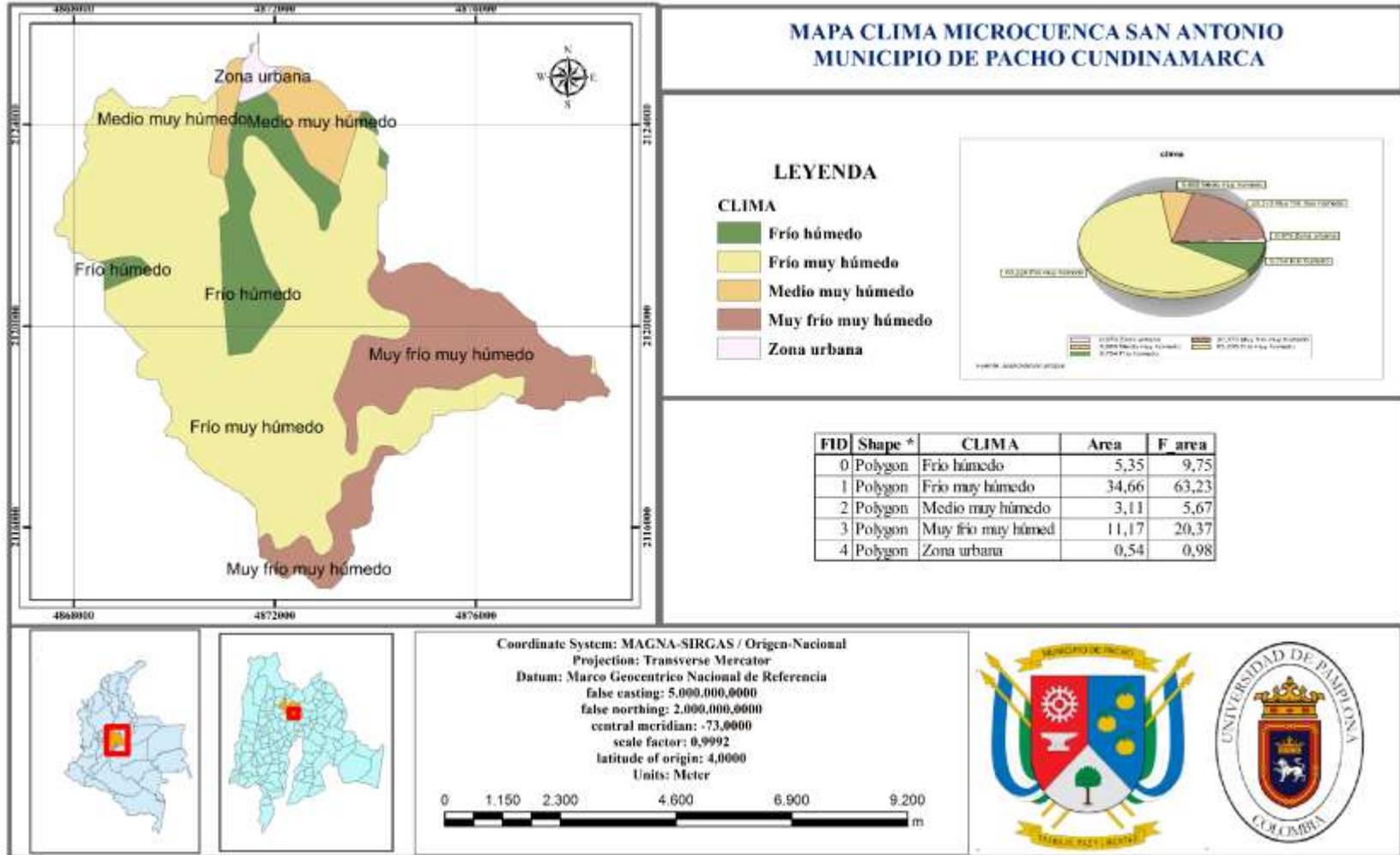
Fuente: Elaboración propia

Esta grafica representa la comparación entre las variables de precipitación y humedad relativa, en ella se evidencia que estas dos variables son directamente proporcionales y además presentan precipitación de tipo bimodal, es decir estaciones secas y lluviosas intercaladas.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos luego de utilizar las herramientas que brinda el software ArcGIS 10.8 al desplegar la tabla de atributos según la plancha del mapa de suelos del territorio Colombiano del Departamento de Cundinamarca descargada del Geoportal del Servicio Geológico Colombiano, se puede concluir que la microcuenca San Antonio presentan un clima en especial Frio muy húmedo, siendo este el que se presenta en la mayor área de la cuenca, como se observa en el mapa (Ver Figura 12), a su vez, cuenta con climas frio húmedo, medio muy húmedo y muy frio y muy húmedo.

Figura 12

Mapa de la clasificación del Clima de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca



Fuente: Elaboración Propia – Con base IDEAM, 2021

Geología.

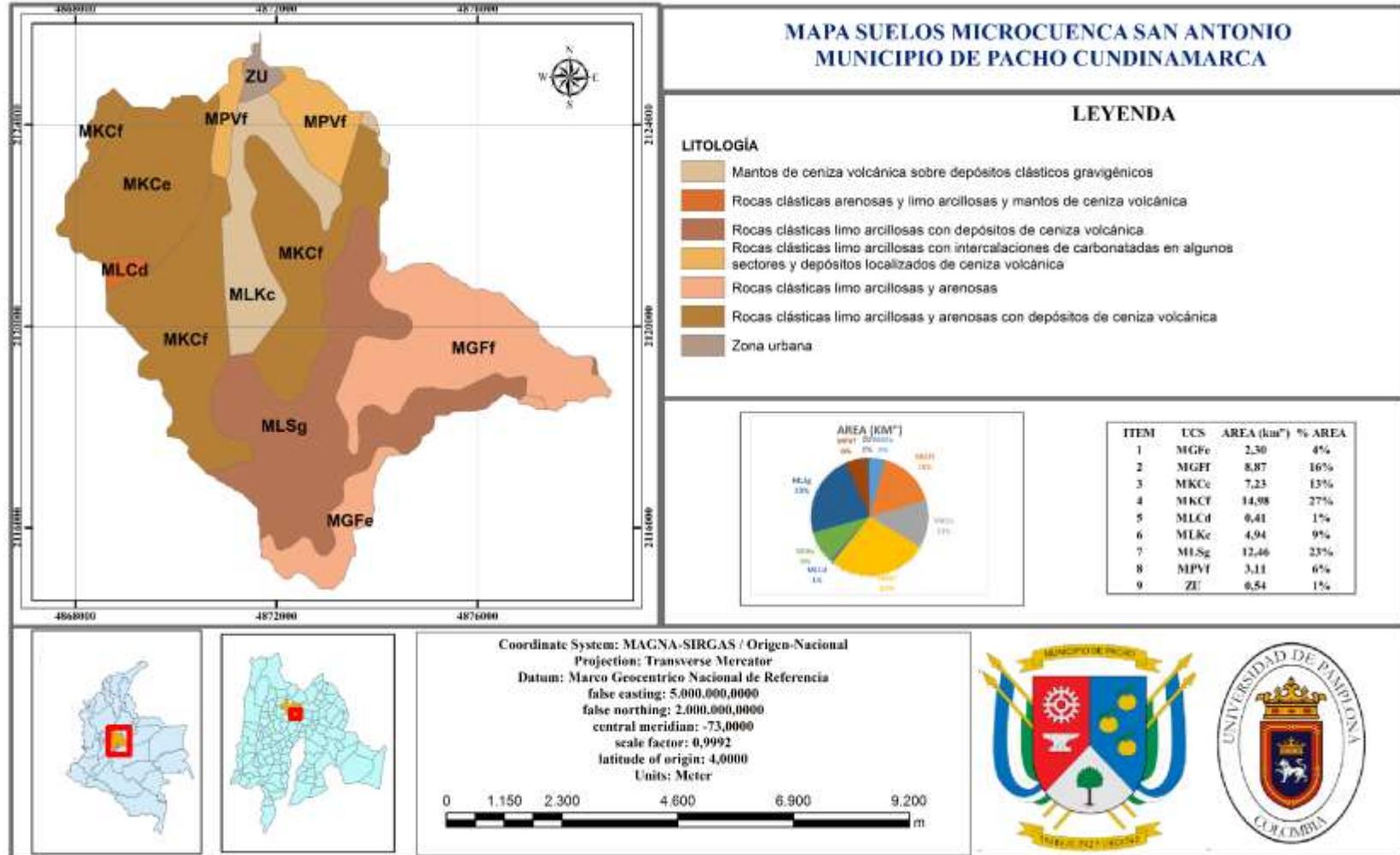
Haciendo uso de las herramientas que brinda el software ArcGIS y de la plancha obtenidas del Geoportal del Servicio Geológico Colombiano, se realizó el mapa de suelos de la microcuenca San Antonio, donde se evidencia la litología de la misma (Ver Figura 13).

En el siguiente mapa se representa la clasificación de la litología de la microcuenca San Antonio, donde se evidencia que las de mayor área son las rocas clásticas, tales como: arenosas y limo arcillosas y mantos de ceniza volcánica con un 1% de área, las limo arcillosas con depósitos de ceniza volcánica con un 23%, las limo arcillosas y arenosas con depósitos de ceniza volcánica con un 27%, los mantos de ceniza volcánica sobre depósitos gravigénicos con un 9% entre otras.

Teniendo en cuenta la información obtenida luego de la revisión bibliográfica (PBOT, 2000), el municipio de Pacho Cundinamarca cuenta con formaciones de Terciario y Cretáceo, debido a los procesos orogénicos que el paisaje ha presentado. Al estar ubicado en el departamento de Cundinamarca, las rocas son más antiguas presentando así una serie de estratos sedimentarios, hablando en sí de aproximadamente 160 – 165 millones de años. El suelo de municipio ha evolucionado da partir de rocas clásticas limo arcillosas y arenosas, confirmando de tal manera los resultados obtenidos en la representación sistemática mediante el software.

Figura 13

Mapa de suelos de la microcuenca San Antonio, Pacho Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia – Con base SGC, 2021

Hidrología.

Cantidad de agua (Caudal)

En la microcuenca San Antonio se implementó el método volumétrico para conocer el caudal aproximado en 3 puntos diferentes de la zona de estudio, los cuales se organizaron respectivamente (Ver Tabla 15, Tabla 16, Tabla 17). Allí se logra evidenciar la variabilidad del mismo, teniendo en cuenta los puntos de muestreo establecidos.

Tabla 15

Caudales experimentales Punto 1 - San Antonio

PUNTO 1 - Parte Alta			
Latitud	5,112561	Longitud	-74,164239
Ancho del rio		10,40 m	
VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (M3/S)
9	10,55	0,85308057	0,00085308
8,5	6,74	1,2611276	0,00126113
10	4,98	2,00803213	0,00200803
8	7,55	1,05960265	0,0010596
11	13,7	0,80291971	0,00080292
12	10,74	1,11731844	0,00111732

PUNTO 1 - Parte Alta			
Latitud	5,112561	Longitud	-74,164239
Ancho del rio		10,40 m	
VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (M3/S)
8	9,18	0,87145969	0,00087146
13	25,82	0,50348567	0,00050349
8	7,76	1,03092784	0,00103093
11	12,7	0,86614173	0,00086614
9	9,83	0,9155646	0,00091556
8,7	7,02	1,23931624	0,00123932
10	4,67	2,14132762	0,00214133
11	12,81	0,85870414	0,0008587
9	9,04	0,99557522	0,00099558
CAUDAL		16,5245838	0,01652458

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla representa el comportamiento del caudal en el primer punto de muestreo (Parte alta), donde se obtuvo un aproximado de 16,524 L/s.

Tabla 16*Caudales experimentales Punto 2 - San Antonio*

PUNTO 2 - Parte Media			
Latitud	5,127261	Longitud	-74,161175
Ancho del rio		10m	
VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (M3/S)
7,5	2,81	2,66903915	0,00266904
6	2,49	2,40963855	0,00240964
6,2	4,12	1,50485437	0,00150485
9	4,13	2,17917676	0,00217918
12	3,99	3,0075188	0,00300752
10	2,42	4,1322314	0,00413223
12	2,62	4,58015267	0,00458015
12	2,36	5,08474576	0,00508475
12	1,64	7,31707317	0,00731707
12	2,02	5,94059406	0,00594059

6	4,38	1,36986301	0,00136986
7	3,83	1,82767624	0,00182768
4	3,12	1,28205128	0,00128205
2	5,49	0,36429872	0,0003643
7	2,83	2,47349823	0,0024735
CAUDAL		46,1424122	0,04614241

Fuente: Elaboración propia

Según los resultados obtenidos en el segundo punto de muestreo, el caudal aproximado en esa zona es de 46,1424 L/s.

Tabla 17

Caudales experimentales Punto 3 - San Antonio

PUNTO 3 - Parte Baja			
Latitud	5,131234	Longitud	-74,159279
Ancho del rio		11,20m	
VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (M3/S)
4	1,18	3,38983051	0,00338983
7	1,51	4,63576159	0,00463576

PUNTO 3 - Parte Baja			
Latitud	5,131234	Longitud	-74,159279
Ancho del rio		11,20m	
VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (M3/S)
5	2,07	2,41545894	0,00241546
8	1,52	5,26315789	0,00526316
4	1,1	3,63636364	0,00363636
3,5	2,88	1,21527778	0,00121528
6	4,12	1,45631068	0,00145631
5	3,41	1,46627566	0,00146628
7	4,48	1,5625	0,0015625
7	3,91	1,79028133	0,00179028
12	1,03	11,6504854	0,01165049
12	1,38	8,69565217	0,00869565
12	0,93	12,9032258	0,01290323
7	0,65	10,7692308	0,01076923

PUNTO 3 - Parte Baja			
Latitud	5,131234	Longitud	-74,159279
Ancho del rio		11,20m	
VOLUMEN (L)	TIEMPO (S)	CAUDAL (L/S)	CAUDAL (M3/S)
11	0,98	11,2244898	0,01122449
CAUDAL		82,074302	0,00547162

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se representa la cuantificación de cada uno de los caudales medidos según el tramo establecido en el punto 3 de la zona de estudio. Allí se obtiene un caudal aproximado de 82,074 L/s.

Los resultados registrados evidenciaron la ganancia de caudal (Ver Tabla 18), demostrando efectivamente el incremento del mismo.

Tabla 18

Caudales promedios de la zona de estudio

PUNTO	DISTANCIA (Km)	CAUDAL (m3/s)
1	0	16,5245838
2	1,56	46,1424122

PUNTO	DISTANCIA (Km)	CAUDAL (m3/s)
3	3,11	82,074302

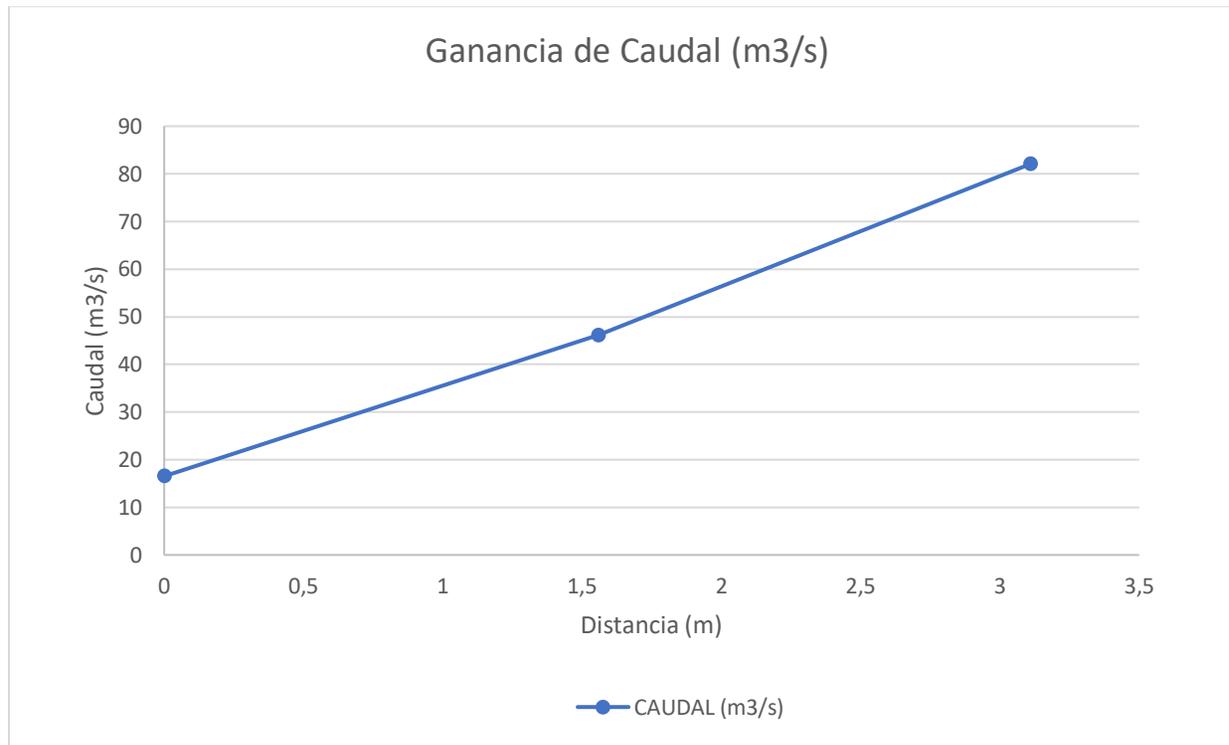
Fuente: Elaboración propia

Según la Resolución DJUR No. 50207101396 de 1 OCT. 2020, por medio de la cual se aprueba un Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos - PSMV y se adoptan otras determinaciones, se identificaron los vertimientos provenientes el acueducto municipal que ocasionan parte del aumento del cauce según los puntos de muestreo establecido, tales como: El vertimiento 5 Colegio Ana Francisca, el vertimiento 16 La miquera, los cuales se encuentran entre el punto 2 y 3 de muestreo, y los vertimientos 7 Matadero municipal, 8 Barrio Santa Helena, 10 San José y el aporte del cauce de la Quebrada Los Copetones que se une al Rio San Antonio entre el punto 1 y 2 de muestreo.

Se realizó la representación gráfica de la ganancia de caudal (Ver Figura 14;**Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), donde se observa el incremento del mismo teniendo en cuenta lo dicho anteriormente y la época de lluvias en la que se llevó a cabo el estudio.

Figura 14

Representación de la ganancia de caudales, según los puntos de muestreo



Fuente: Elaboración propia

Nota: Esta gráfica representa la ganancia de caudal del Río San Antonio, en los puntos de muestreo.

Calidad de agua

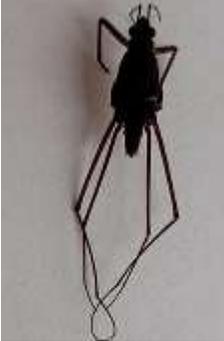
Se implemento el método BMWP (Biological Monitoring Working Party score) a fin de determinar la calidad de agua en la zona de estudio, con el cual se concluyó que esta es contaminada teniendo en cuenta que las puntuaciones son menores a 45 que indican aguas con calidad muy crítica y crítica dependiendo el puntaje, de igual manera al realizar una comparación con el índice ASPT (puntaje promedio por taxa) que indico agua con calidad muy crítica y critica, ya que sus puntuaciones eran menores a 4,5.

Se organizaron los macroinvertebrados identificados (Ver Tabla 19, Tabla 20, Tabla 21), considerando los puntos de muestreo que se establecieron inicialmente para realizar el estudio de la microcuenca San Antonio.

Tabla 19

Descripción macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua (Parte alta)

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	IMAGEN	PUNTAJE
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae		3
Arthropoda	Insecta	Diptera	Tipulidae		

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	IMAGEN	PUNTAJE
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Veliidae		5
Arthropoda	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae		7
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae		2
Arthropoda	Insecta	Diptera	Stratiomyidae		3

Fuente: Elaboración propia

La tabla representa que en el primer punto de muestreo se obtiene un puntaje de 23 según el índice de BMWP el cual indica que presenta una calidad crítica, es decir, aguas muy contaminadas, y comparándolo con el índice ASPT, el puntaje promedio fue de 3,8 el cual tiene el mismo significado del índice anterior, se presenta una calidad crítica, es decir, aguas muy contaminadas.

Tabla 20

Descripción macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua (Parte media)

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	IMAGEN	PUNTAJE
Arthropoda	Insecta	Plecoptera	Perlidae		10
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae		

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	IMAGEN	PUNTAJE
Mollusca	Gastropoda	Pulmonata	Planorbiidae		5

Fuente: Elaboración propia

En esta tabla se logra evidenciar las especies encontradas en el segundo punto de muestreo, en el cual se obtiene un puntaje de 21 según el índice de BMWP que indica que allí se presenta una calidad crítica, es decir, aguas muy contaminadas. En comparación con el índice ASPT, donde el promedio fue de 7, que indica que la calidad del agua es aceptable es decir ligeramente contaminada y se evidencian efectos de contaminación.

Tabla 21

Descripción macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua (Parte baja)

FILO	CLASE	ORDEN	FAMILIA	IMAGEN	PUNTAJE
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Staphylinidae		6

Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida	Tubificidae		1
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Elmidae		7

Fuente: Elaboración propia

Esta tabla representa las especies identificadas en el punto 3 de muestreo. Allí se cuantifica un puntaje de 14 según el índice de BMWP, que hace referencia a una calidad de agua muy crítica, evidenciando aguas fuertemente contaminadas en situación crítica y comparándolo con el índice ASPT se obtiene un puntaje de 4,6 que considera agua con calidad dudosa que significa aguas moderadamente contaminadas.

Finalmente se concluye, que el agua del Rio San Antonio se encuentra contaminada ya sea por los vertimientos que este recibe como de los residuos que arrojan directamente al cauce, según los resultados obtenidos de los índices comparados anteriormente en los 3 puntos de muestreo.

Existen una relación de estudios de calidad de agua aferentes al Rio San Antonio por parte de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR), donde se evalúa la calidad hídrica de los vertimientos provenientes del acueducto municipal teniendo en cuenta que su fuente receptora es el Rio San Antonio (Ver Tabla 22, Tabla 23, Tabla 24).

Tabla 22

Análisis Físicoquímico Vertimiento San José - PSMV

Numero de muestra	Tipo de agua	pH (Unidades)	Oxigeno (mg/l)	Conductividad (μ S/cm)	Temperatura del agua ($^{\circ}$ C)	Temperatura del Aire ($^{\circ}$ C)	Cianuro (mg/l)	Caudal (l/s)
538 - 21	Residual	8,19 \pm 0,57	4,72 \pm 0,05	937 \pm 4,69	20,3	20,3	< LCT	0,61

Fuente: CAR, 2021 – Con base al Informe Técnico No 170 del 2021 – 05 – 20 (Dirección Laboratorio e innovación ambiental)

Vertimiento N° 10 Sector Aferente: San José, coordenadas Norte 990538- Este 1058225, ubicación calle 8 con 6 - chamizo fuente receptora Rio Rute (Rio san Antonio, Rio negro).

Según el Informe Técnico No 170 del 2021 – 05 – 20 (Ver

Anexo A), en el Vertimiento San José, Muestra 538-21 encontramos que el recurso aguas residuales domésticas en este punto presenta concentraciones por fuera de los límites permisibles dados por la resolución 0631/2015 para actividades domésticas

mencionadas en los parámetros Aceites y Grasas, DBO, DQO y SST (Sólidos suspendidos totales). Los demás parámetros analizados y que la resolución tiene en cuenta presentan concentraciones por debajo de estos (Ver Anexo B).

Tabla 23

Análisis Físicoquímico Vertimiento Colegio Ana Francisca Lara y Vertimiento La palmita - PSMV

Numero de muestra	Tipo de agua	pH (Unidades)	Oxigeno (mg/l)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura del Aire ($^{\circ}\text{C}$)	Cianuro (mg/l)	Caudal (l/s)
0517 – 21	Residual	$7,85 \pm 0,55$	$4,88 \pm 0,05$	693 ± 3	20,3	22,7	< LCT	8,37
0518 - 21	Residual	$7,66 \pm 0,54$	$4,84 \pm 0,05$	634 ± 3	21,1	21,1	< LCT	

Fuente: CAR, 2021 – Con base al Informe Técnico No 168 del 2021 – 05 – 20 (Dirección Laboratorio e innovación ambiental)

Vertimiento N° 5 Sector Aferente: el en Colegio Ana Francisca Lara, Coordenadas Norte 991100- Este: 1059831, ubicado en el Colegio Comercial.

Según el Informe Técnico No 168 del 2021 – 05 – 20 (Ver Anexo C) el vertimiento Colegio Ana Francisca Lara; encontramos que el recurso hídrico agua residual no presentó concentraciones por fuera de los límites permisibles establecidos en 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, a cuerpos de Agua Superficiales Carga mayor a

3000 kg/día DBO. A excepción de los parámetros Aceites y Grasas, DBO5 y DQO cuyos resultados superaron las concentraciones por fuera del límite permisible dado a Resolución 0631 de 2015.

Vertimiento La Palmita; encontramos que el recurso hídrico agua residual no presentó concentraciones por fuera de los límites permisibles establecidos en 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, a cuerpos de Agua Superficiales Carga mayor a 3000 kg/día DBO. A excepción de los parámetros Aceites y Grasas, DBO5 y DQO cuyos resultados superaron las concentraciones por fuera del límite permisible dado a Resolución 0631 de 2015 (Ver Anexo D).

Tabla 24

Análisis Físicoquímico Vertimiento Aguas arriba y Vertimiento Aguas abajo- PSMV

Numero de muestra	Tipo de agua	pH (Unidades)	Oxigeno (mg/l)	Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temperatura del agua ($^{\circ}\text{C}$)	Temperatura del Aire ($^{\circ}\text{C}$)	Cianuro (mg/l)	Caudal (l/s)
0550 – 21	Superficial	$7,97 \pm 0,56$		$118,1 \pm 0,59$	15,5	17,1	< LCT	
0551 – 21	Superficial	$7,94 \pm 0,55$		$166,9 \pm 0,83$	18,6	20,1	< LCT	

Fuente: CAR, 2021 – Con base al Informe Técnico No 186 del 2021 – 05 – 20 (Dirección Laboratorio e innovación ambiental)

Aguas arriba del primer vertimiento en el Rio Rute (Rio san Antonio, Rio negro) Sector puente de Arco.

Según Informe Técnico No 186 del 2021 – 05 – 20 (Ver Anexo E), en el sitio de monitoreo Aguas arriba vertimiento san José sector puente de arco, Muestra 550- 21 encontramos que el recurso aguas superficiales en este punto, no presenta concentraciones por fuera de los límites permisibles dados por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, Artículo 38 Agua Superficial donde se establecen los criterios de calidad admisibles para destinación del recurso hídrico para consumo humano y para su potabilización se requiere tratamiento convencional.

Aguas abajo del ultimo vertimiento en el Rio Rute (Rio san Antonio, Rio negro) sector La Dorada

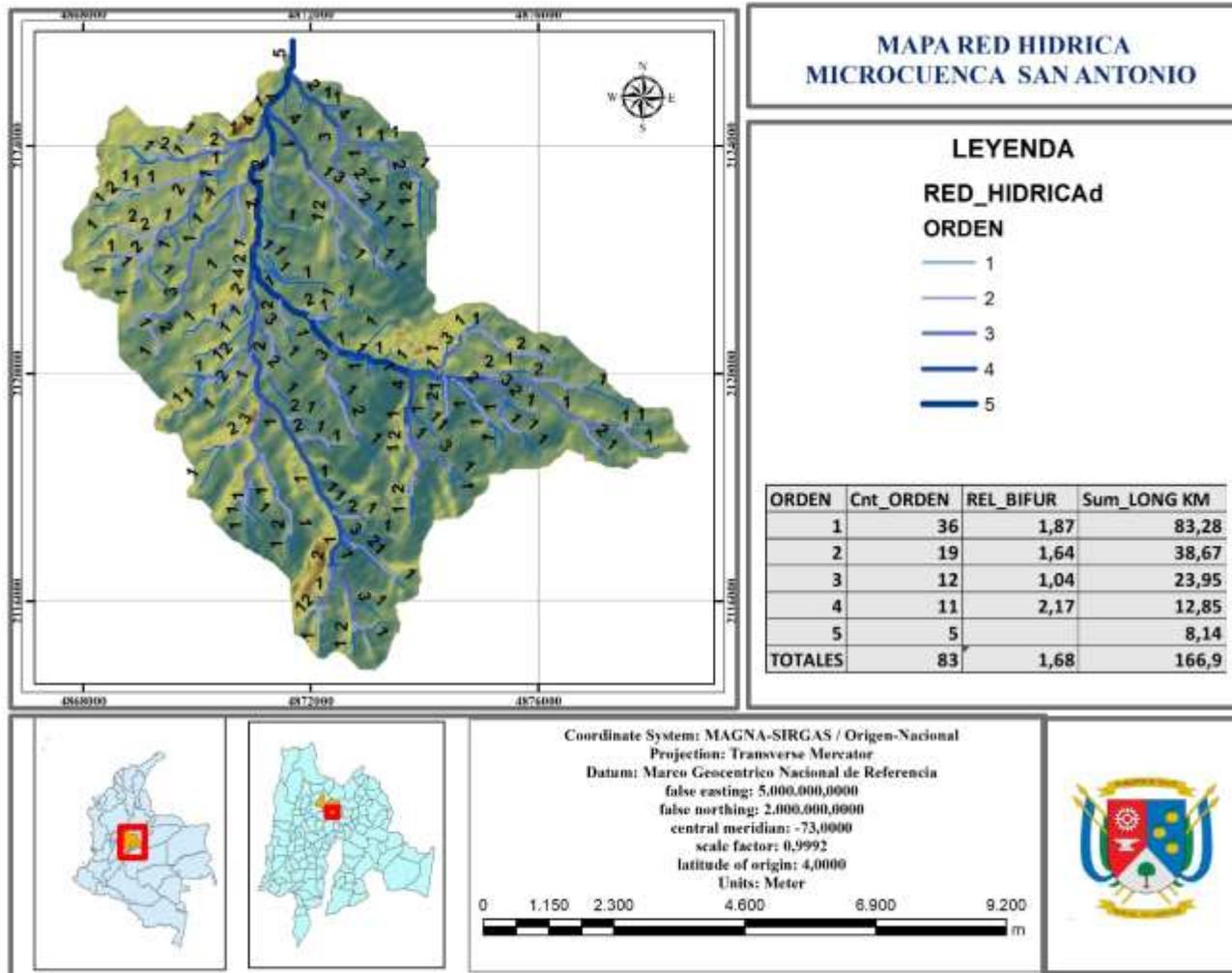
En el sitio de monitoreo Aguas abajo vertimiento Villa Esperanza sector la Dorada, Muestra 551-21 encontramos que el recurso aguas superficiales en este punto, no presenta concentraciones por fuera de los límites permisibles dados por el Decreto 1594 de 1984 del Ministerio de Agricultura, Artículo 38 Agua Superficial donde se establecen los criterios de calidad admisibles para destinación del recurso hídrico para consumo humano y para su potabilización se requiere tratamiento convencional (Ver Anexo F).

Hidrografía

San Antonio, es clasificada como una red hídrica de orden 5. En el siguiente mapa se observa la distribución de cada una de sus ramificaciones, indicando el orden al que pertenecen (Ver Figura 15), allí se contempla el predominio de los cauces con corrientes fuertes clasificados como orden 1, que cuentan con una relación de bifurcación de 1,87 y una longitud aproximada de 83,28 Km. A su vez se identificaron 19 cauces de orden 2 que cuentan con una relación de bifurcación de 1,64 y una longitud de 36,67 Km, 12 cauces de orden 3 con bifurcación de 1,04 y 23,95 km de longitud, 11 cauces de orden 4 donde su relación de bifurcación es de 2,17, una longitud aproximada de 12,85 y por último 5 de sus ramificaciones presentan un orden 5, con una longitud de 8,14 Km aproximadamente.

Figura 15

Mapa red hídrica - Microcuenca San Antonio



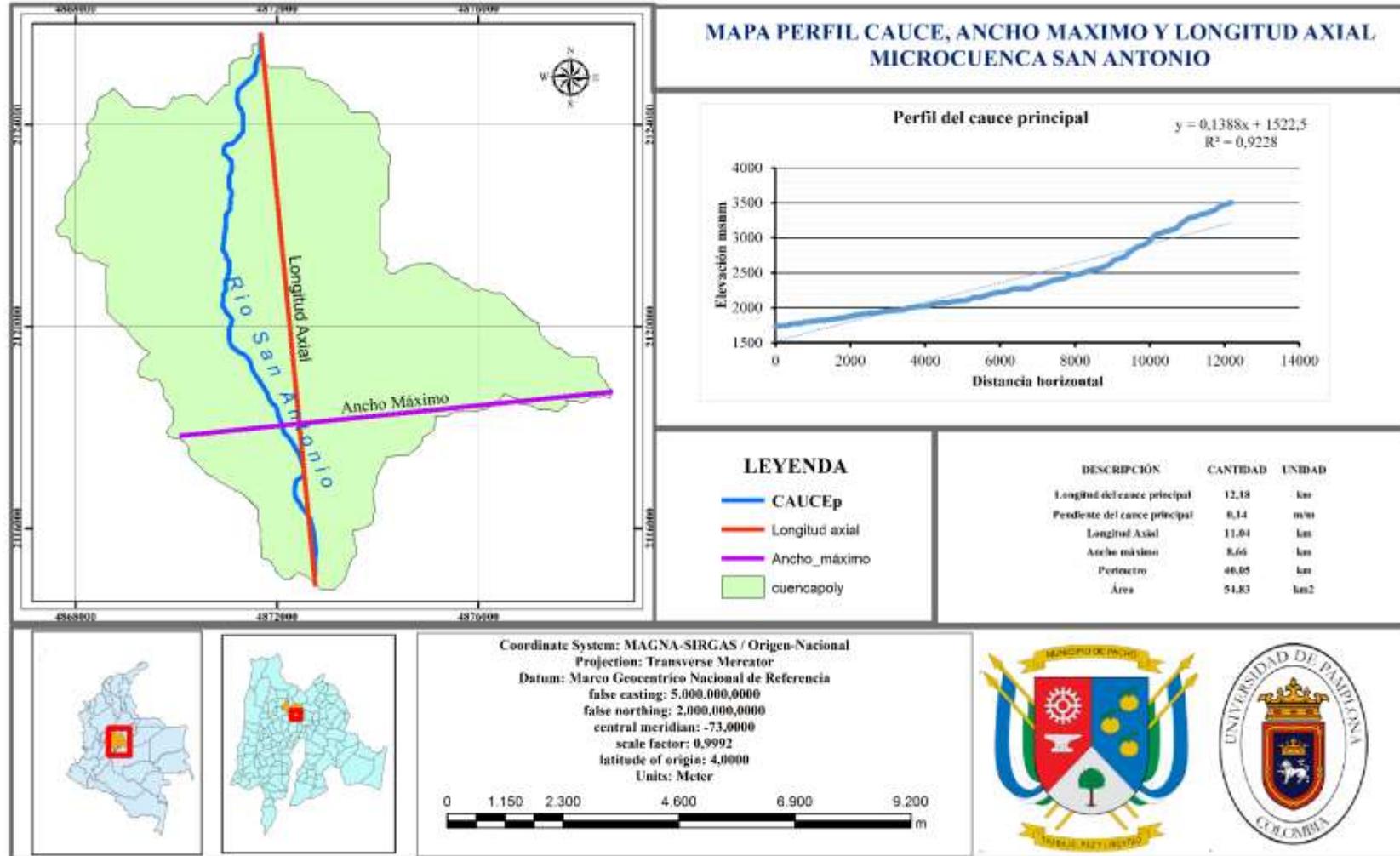
Fuente: Elaboración propia - Con base IGAC, 2021

Morfometría

EL Geoportal del IGAC permite la descarga de información georreferenciada como la cartografía básica, allí, se descargaron las planchas 208IVD y 208IVB correspondientes al municipio de Pacho Cundinamarca, siendo estas necesarias para la delimitación de la microcuenca, debido a que contiene información como las curvas de nivel y superficies de agua. Haciendo uso de las planchas anteriormente mencionadas y de las herramientas de análisis espacial del software ArcGIS , que proporcionan recursos de análisis y modelado, tales como, Topo to Raster para la interpolación, Fill para eliminar las imperfecciones como sumideros, Flow Direction y Flow Accumulation para identificar la dirección del flujo hidrológico y la acumulación del mismo, a su vez, la herramienta Watershed para delimitar la Microcuenca, obteniendo así un shapefile tipo polígono, donde se pudo conocer que la microcuenca San Antonio, cuenta con un área de 54,8 Km² hace parte aproximadamente un 13% del área municipal, un perímetro de 40,05 Km, una longitud axial de 11,04 Km, como se representa a continuación (Ver Figura 16).

Figura 16

Mapa morfométrica de la microcuenca San Antonio de Pacho Cundinamarca

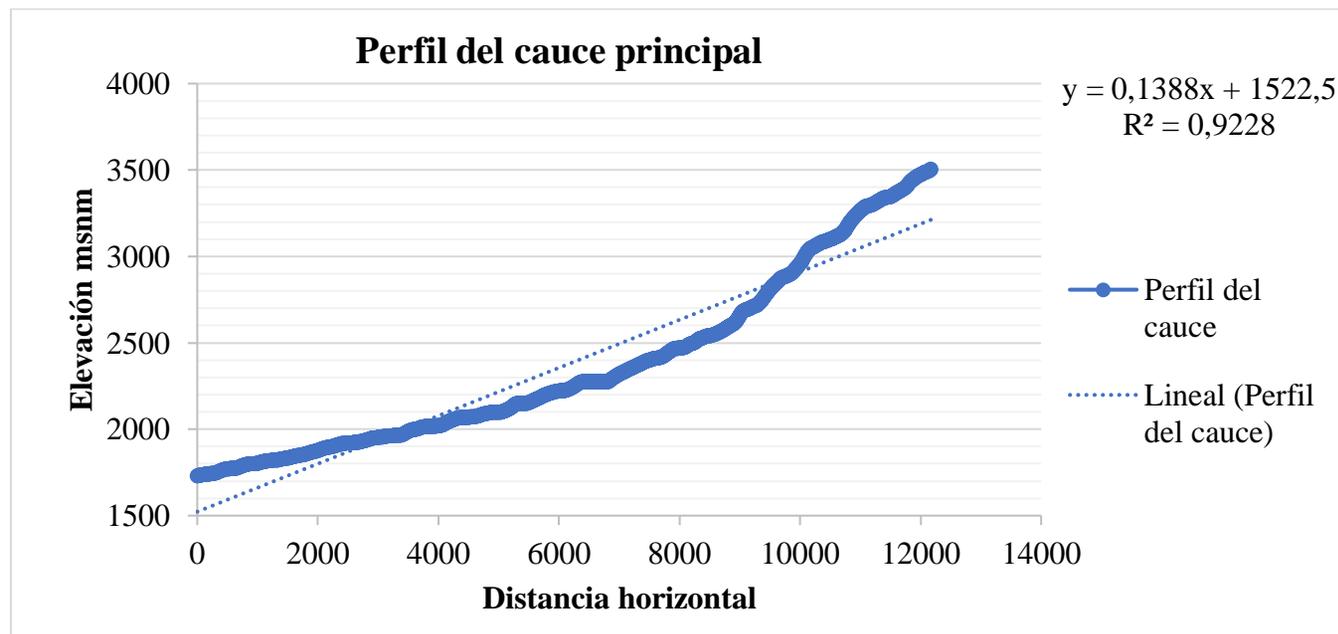


Fuente: Elaboración propia – Con base IGAC, 2021

Así mismo se logra identificar el perfil del cauce, el cual se representa gráficamente, como se puede observar a continuación (Ver Figura 17):

Figura 17

Perfil del cauce de la microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia

La grafica representa una curva lineal que hace referencia al perfil del cauce de la microcuenca San Antonio como resultado de la relación entre la elevación en metros sobre el nivel del mar (msnm) y la distancia horizontal del cauce principal en metros (m). Se

obtiene la ecuación $Y=0,1388X + 1522,5$ que indica que este cauce cuenta con una pendiente aproximada de 13,88%, lo cual significa que es de clase fuerte, presentando grandes velocidades en el desplazamiento del agua.

Es importante conocer los parámetros geomorfométricos de la microcuenca, es por ello que se exponen a continuación (Ver Tabla 25):

Tabla 25

Parámetros geomorfométricos del Rio San Antonio

PARÁMETROS GEOMOFOMETRICOS DEL RIO SAN ANTONIO		
Área	54,8	Km ²
Perímetro	40,05	Km
Longitud del Cauce Principal	12,18	Km
Longitud Axial	11,04	Km
Ancho promedio de la cuenca	5	Km
Ancho máximo de la cuenca	8,66	Km
Pendiente cauce	13,88	%

 PARÁMETROS GEOMOFOMETRICOS DEL RIO SAN ANTONIO

Elevación media		2620,15	m
PARÁMETRO	FORMULA	VALOR	CARACTERÍSTICAS
Factor forma (Horton)	$Kf = \frac{A}{L^2}$	0,37	Ligeramente alargada
Índice de compacidad o Índice de Gravelius	$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{A}}$	1,51	De oval oblonga a rectangular oblonga
Índice de alargamiento	$I = \frac{Lax}{Amax}$	1,27	La cuenca es poco alargada
Razón de Bifurcación	$Rb = \frac{Nn}{Nn + 1}$	Orden 1: 1,87	
		Orden 2: 1,64	Rb promedio = 1,68, es una relación de bifurcación
		Orden 3: 1,04	baja, lo que significa cuencas bien drenadas y
		Orden 4: 2,17	susceptibles a crecidas violentas
		Orden 5: -----	

 PARÁMETROS GEOMOFOMETRICOS DEL RIO SAN ANTONIO

Densidad de drenaje	$Dd = \frac{Lt}{A}$	3,045 Km/km2	Clase Alta - refleja una cuenca muy bien drenada, susceptible a crecidas, de alta pendiente, se relaciona con una litología dura con materiales impermeables.
Coefficiente Orográfico	$Co = \frac{\text{elevacion media}^2}{A}$	0,125	Poco accidentada y su potencial de degradación es bajo
Tiempo de concentración			
1. Kirpich	$Tc = \frac{0,0194 * L^{0,77}}{S^{0,385}}$	0,04829 horas	Tiempos relativamente medios, lo que significa que genera velocidades medias del flujo ante determinadas precipitaciones
2. Guaire	$Tc = 0,355 \left(\frac{A}{\sqrt{S}} \right)^{0,595}$	1,7576 horas	
3. Temez	$Tc = 0,3 * \left[\frac{L}{S^{0,25}} \right]^{0,76}$	1,2166 horas	

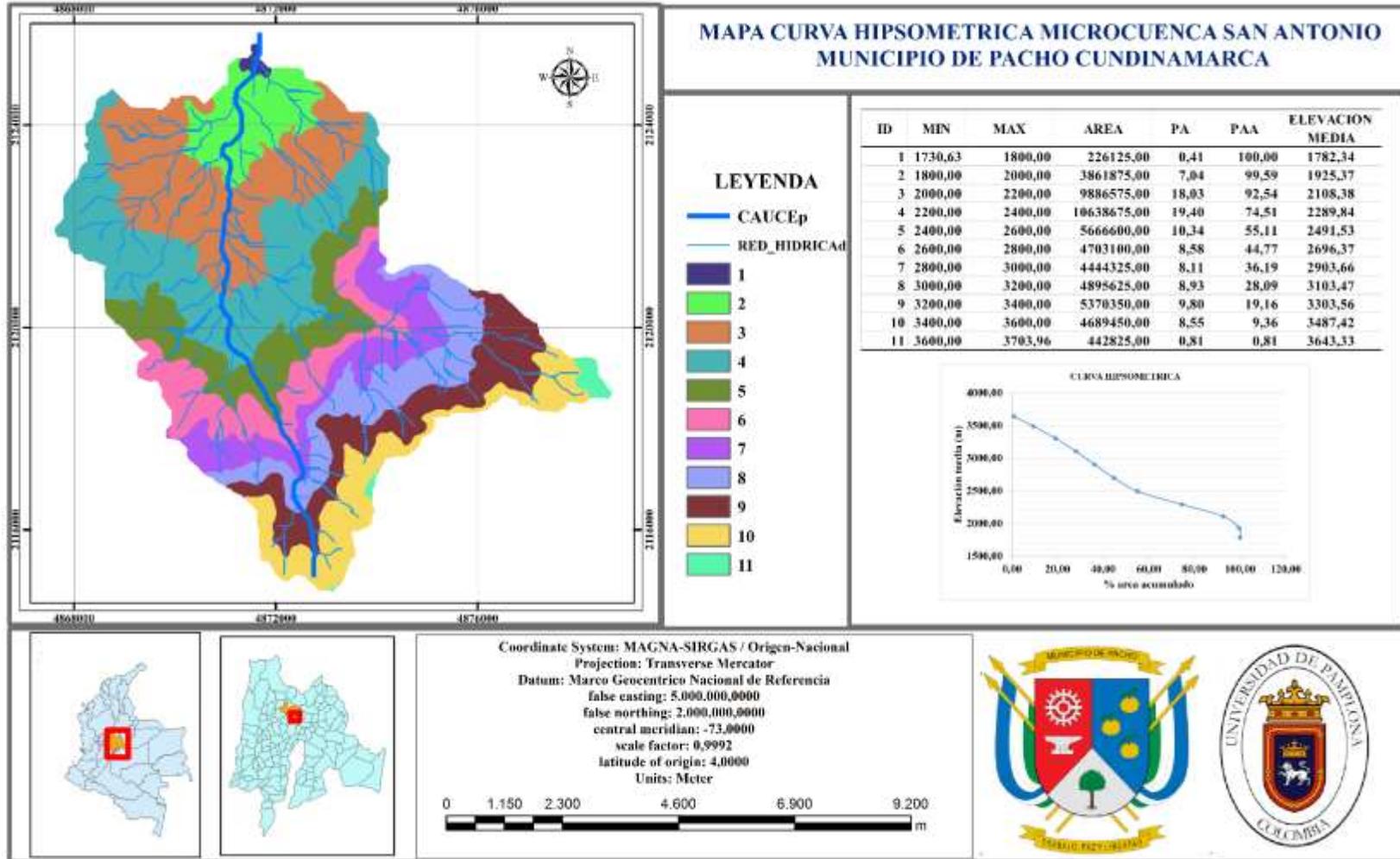
 Fuente: Elaboración propia

Esta tabla describe los parámetros geomorfométricos de la microcuenca San Antonio, los cuales indican que esta microcuenca es ligeramente alargada, poco accidentada y su potencial de degradación es bajo, presenta una densidad de drenaje alta que refleja una cuenca muy bien drenada, susceptible a crecidas, de alta pendiente, se relaciona con una litología dura con materiales impermeables.

El siguiente mapa representa la relación entre la elevación media y los porcentajes de área acumulados, mediante la curva hipsométrica (Ver Figura 18). A su vez se logra observar la edad del mismo, según la curva obtenida el río San Antonio es un río maduro, lo que significa que está en equilibrio entre los procesos de erosión y sedimentación.

Figura 18

Mapa de la curva hipsométrica de la microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia – Con base IGAC, 2021

Pendientes.

En el Rio San Antonio prevalecen las pendientes ligeramente escarpadas y fuertemente inclinadas, según lo obtenido luego de realizar gráficamente el mapa de pendientes con ayuda de las herramientas del software ArcGIS (Ver Figura 19), allí mismo, se observan zonas con pendiente moderadamente escarpadas, resultados que fueron previamente tabulados (Ver Tabla 26) con su respectiva área y porcentaje de área como se muestra a continuación:

Tabla 26

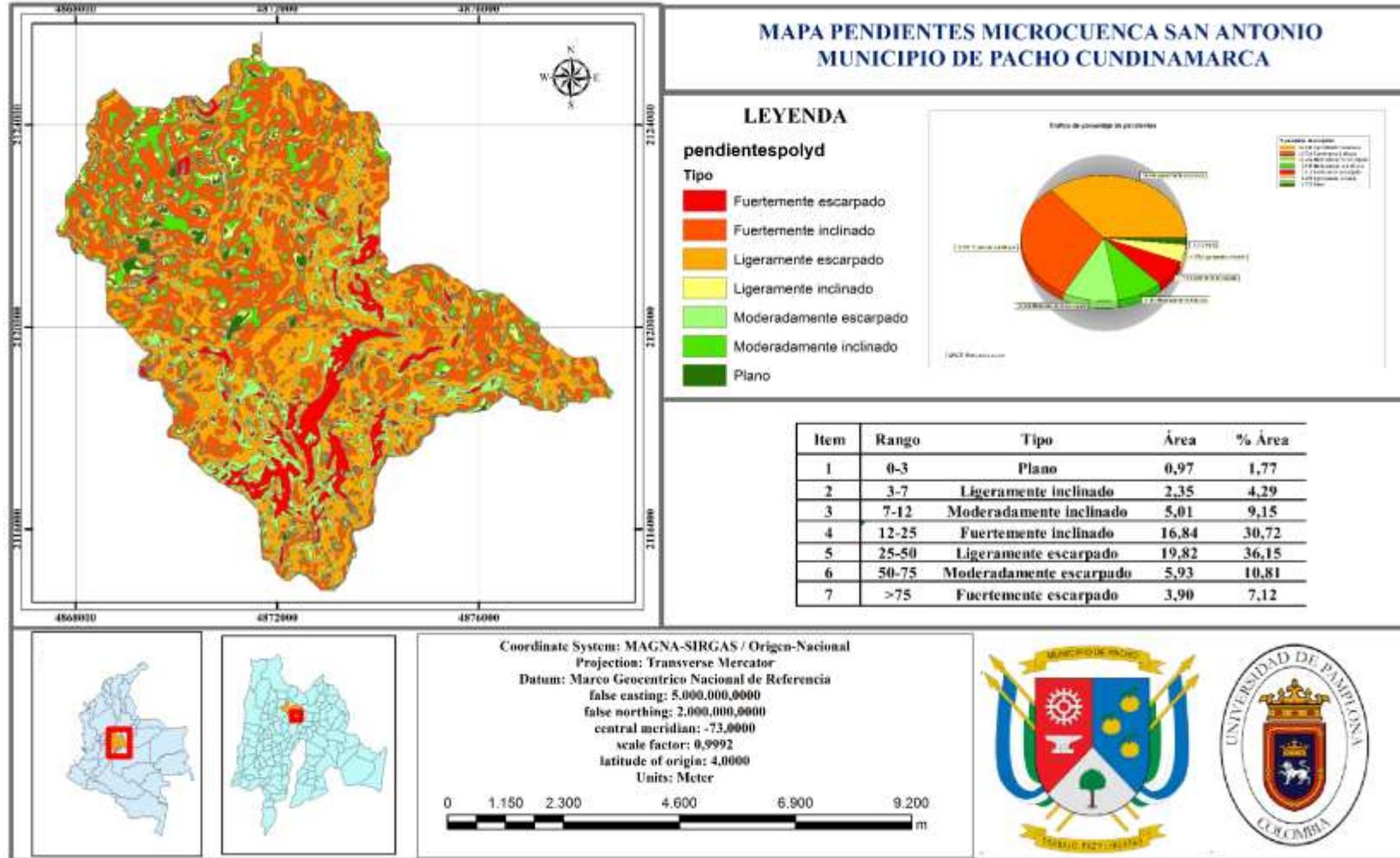
Área y porcentaje de área de las pendientes

SÍMBOLO	GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN	AREA	PAREA
a	0-3	Plano	0,97	1,77
b	3-7	Ligeramente inclinado	2,35	4,29
c	7-12	Moderadamente inclinado	5,01	9,15
d	12-25	Fuertemente inclinado	16,84	30,72
e	25-50	Ligeramente escarpado	19,82	36,15
f	50-75	Moderadamente escarpado	5,93	10,81
g	>75	Fuertemente escarpado	3,90	7,12

Fuente: Elaboración propia

Figura 19

Mapa de pendientes de la microcuenca San Antonio



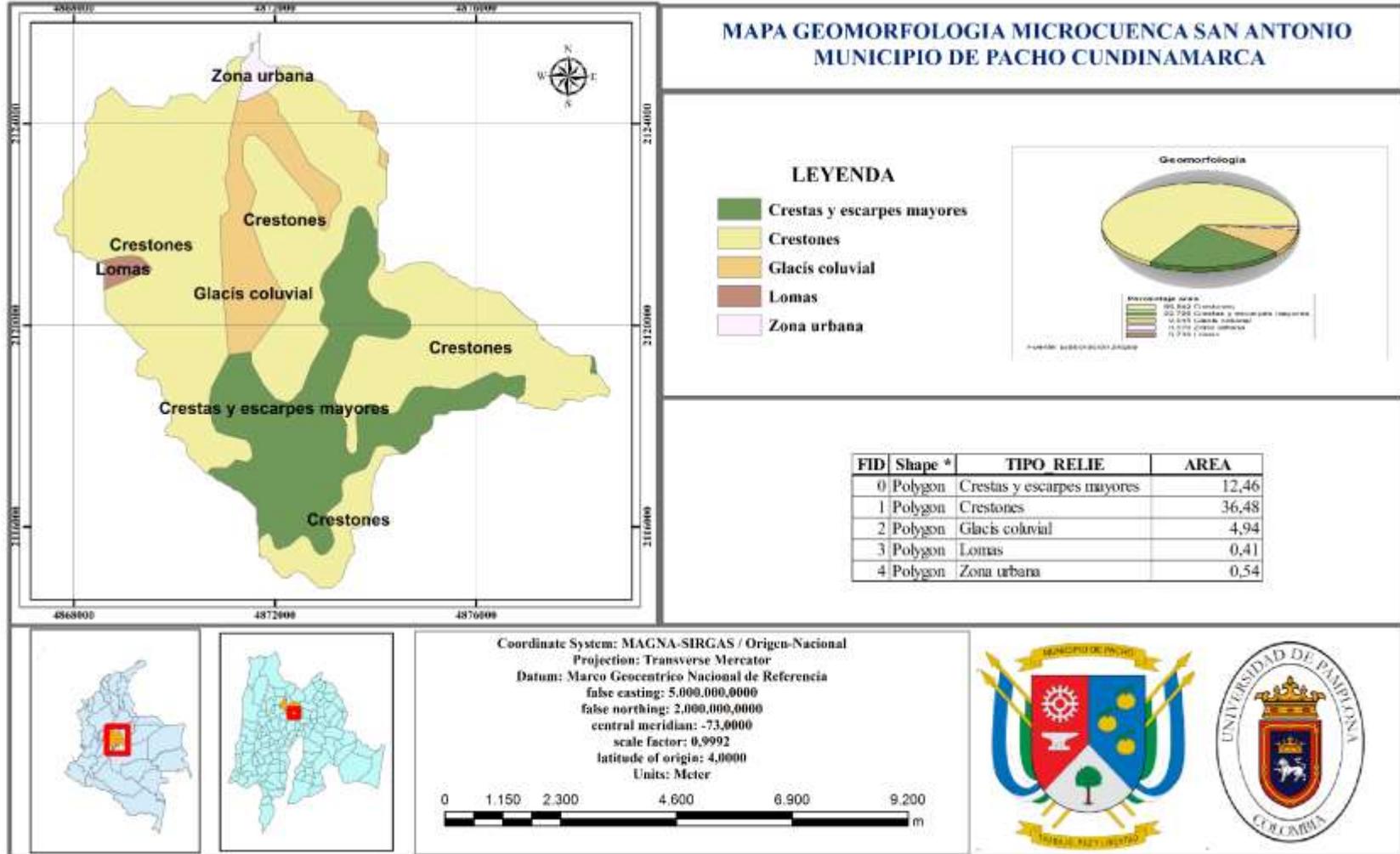
Fuente: Elaboración propia – Con base IGAC, 2021

Geomorfología

Se realizó la representación gráfica mediante el mapa geomorfológico de la microcuenca San Antonio, donde se evidencia que prevalecen los crestones, contando con un área aproximada de 36,48 Km², los cuales son una unidad geomorfológica que hace referencia a las formaciones rocosas por su semejanza a las crestas de los gallos, como consecuencia de los procesos de erosión y fallas geológicas, allí también se observan unidades como las crestas y escarpes mayores con un área de 12,46 Km², los glacis coluviales con 4,94 Km², el relieve de lomas como se denota en la zona noroeste de la cuenca (Ver Figura 20).

Figura 20

Mapa geomorfología de la microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia - – Con base SGC, 2021

Capacidad de uso de la tierra

San Antonio se caracteriza por contar con un uso de suelo variado. Se diseñó el mapa de la capacidad de uso de suelo con ayuda del software ArcGIS y la información obtenida de la plataforma de datos abiertos de cartografía y geografía del IGAC (Ver Figura 21) con el fin de representar la capacidad de uso de suelos de la zona de estudio en datos de agrología y validada en campo. Allí se resalta la variedad de usos que brinda el suelo, entre ellos se encuentran:

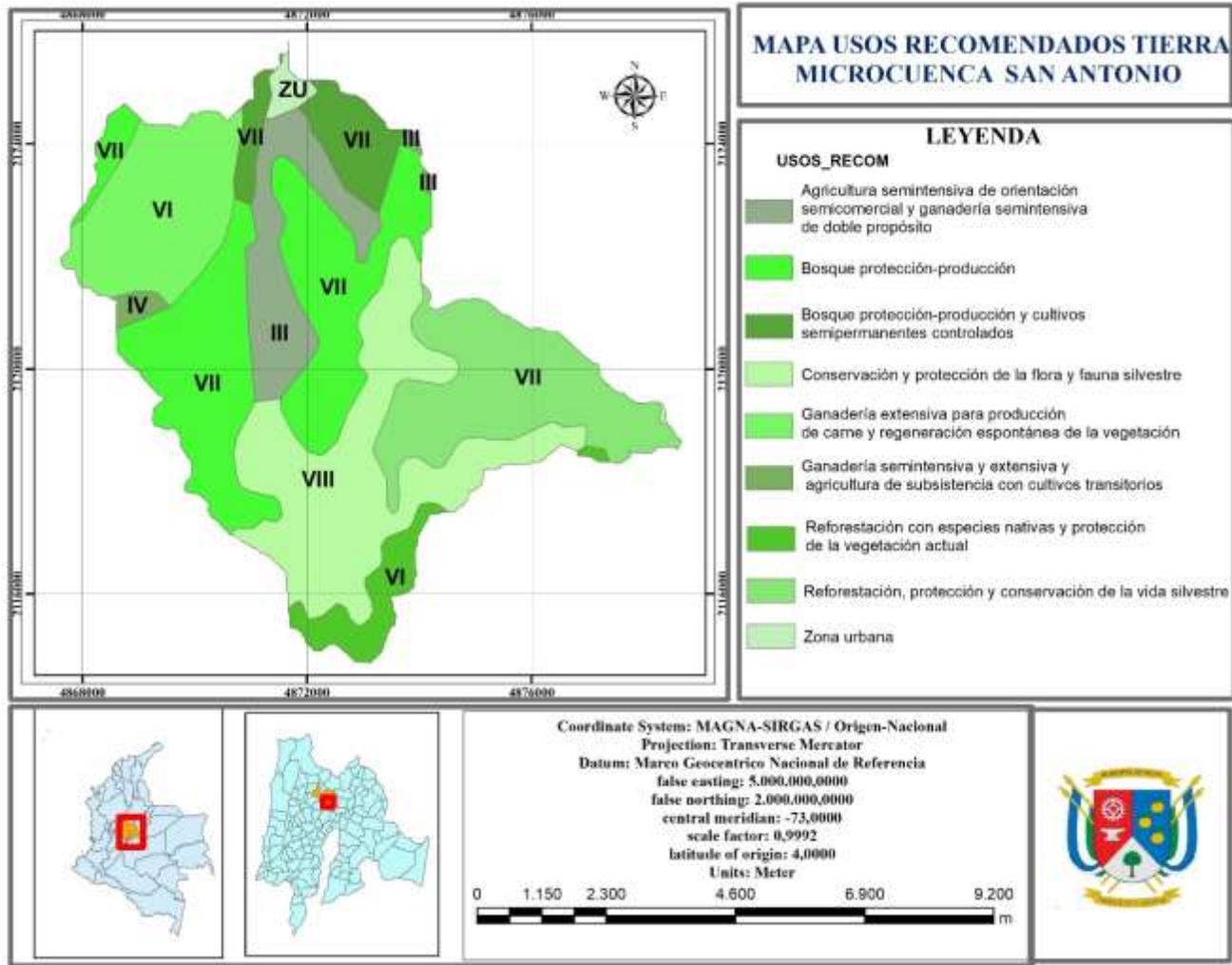
La conservación y protección de uso de la flora y fauna silvestre con una clasificación de VIII que según (POMCAS, 2014), se describe como un suelo con vulnerabilidad extrema e importancia como ecosistema estratégico y se proponen usos como un sistema Forestal protector y áreas para la recuperación de la naturaleza.

La agricultura semiintensiva de orientación semicomercial y ganadería semintensiva de doble propósito, con una clasificación de III, indicando que cuenta con suelos con limitaciones importantes y se proponen usos como los cultivos transitorios intensivos y semiintensivos.

Con clasificación VII de suelos con limitaciones muy importantes, impropios para el cultivo, donde su uso principal es el forestal en el cual el bosque debe tener carácter protector, encontramos en el mapa usos como la reforestación, protección y conservación de la vida silvestre, bosques de protección y producción, bosques de protección – producción y cultivos semipermanentes controlados, la ganadería extensiva para producción de carne y regeneración espontánea de la vegetación, entre otros.

Figura 21

Mapa de usos recomendados microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia – Con base IGAC, 2021

En la siguiente Ilustración se observa en la parte superior las zonas de conservación correspondientes a bosques primarios, en la parte inferior los pastizales y actividades pecuarias como la ganadería extensiva (Ver Ilustración 4)

Ilustración 4

Capacidad y uso de suelo

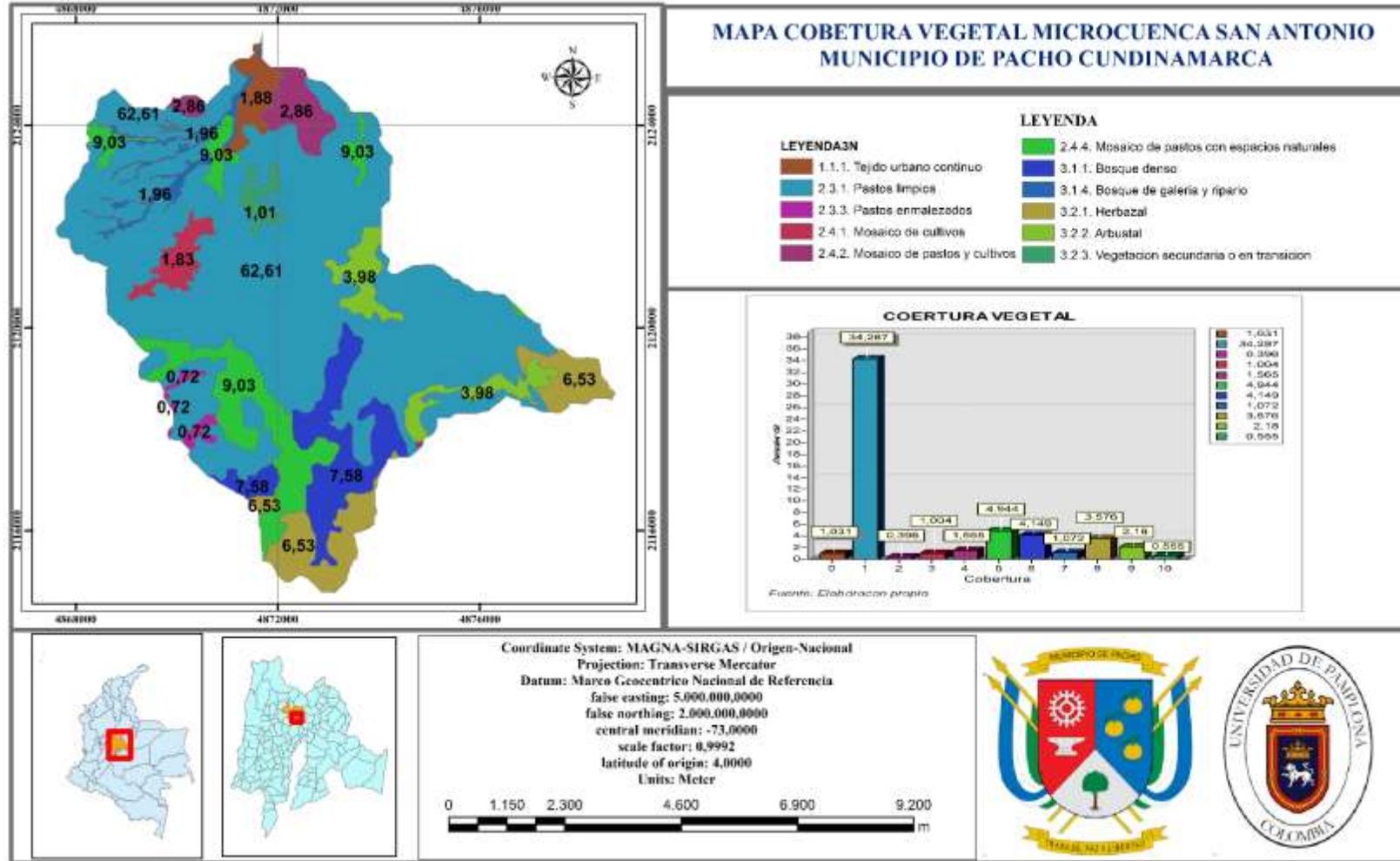


Cobertura y Uso de la Tierra

La zona de estudio cuenta con una gran variedad de cobertura vegetal según la información obtenida de la base de datos del SIGOT, la cual fue representada mediante un mapa (Ver Figura 22), donde se destaca con un área de 34,287 Km² la cobertura vegetal de pastos limpios representando el 62,61 % del área total, se observa poca presencia de pastos enmalezados con un área de 0,396 Km² representando un 0,72% y el 1,01% de vegetación secundaria o en transición con un área de 0,555 Km². Allí se logra observar que la microcuenca San Antonio cuenta con un mosaico de pastos con espacios naturales que abarcan un área aproximada de 4,944 Km² simbolizando el 9,03%, el 7,58% es de bosques densos con 4,149 Km² de área, los bosques de galería y ripario representan el 1,96% ya que cuentan con un área de 1,072 Km², así como el 1,88% que hace parte del tejido urbano continuo contando con un área de 1,031 Km² y el mosaico de cultivos, pastos y cultivos y el arbustal reflejando el 1,83%, 2,86% y 3,98% respectivamente.

Figura 22

Mapa Cobertura vegetal de la microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia – Con base SIGOT, 2021

Para la verificación de la información obtenida de las capas temáticas de Cobertura de la Tierra, Suelo del territorio Colombiano y Litología de la plataforma que brinda el SIGOT, se realizó un recorrido en el área de estudio mediante la salida de campo, evaluando visualmente, según los puntos de muestreo establecidos, obteniendo la siguiente información (Ver Ilustración 5, Ilustración 6, Ilustración 7, Ilustración 8):

Ilustración 5

Tejido Urbano Continuo



Esta figura representa el Tejido Urbano Continuo de la microcuenca San Antonio que confirma lo establecido en la representación gráfica tanto en cobertura como en coordenadas.

Ilustración 6

Pastos limpios

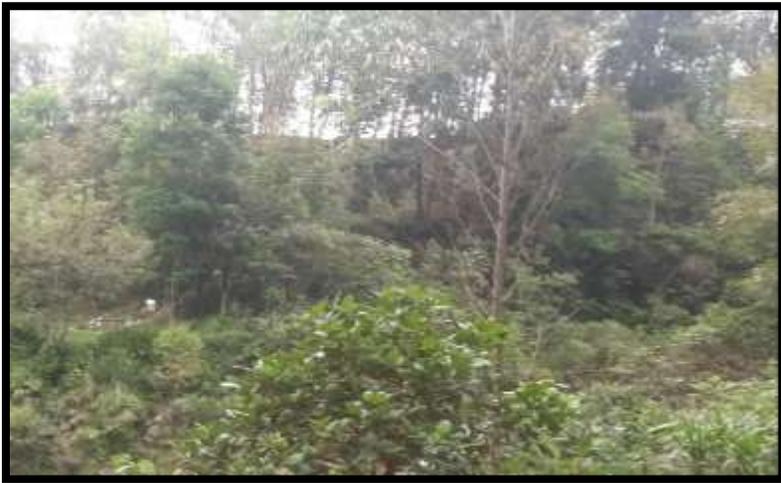


Esta figura representa los pastos limpios de la Microcuenca San Antonio, coincidiendo con lo descrito en la

cartografía obtenida, ya que es la cobertura con mayor área presente en la zona de estudio

Ilustración 7

Bosque de Galería



Esta figura representa las zonas boscosas que se observan de la microcuenca San Antonio, confirmando lo descrito en la representación cartográfica

Ilustración 8

Bosque denso



Esta figura representa el bosque denso presente en la zona de estudio y según coordenadas contradice lo descrito en

el mapa de coberturas ya que en esa zona predominan los pastos limpios.

Caracterización de Vegetación y Flora

Para la identificación de la flora presente en la zona de estudio, se realizó por transeptos con el fin de caracterizar la mayor parte de especies presentes. Se llevo a cabo este método en cada uno de los puntos de muestreo donde se lograron identificar 7 especies en la parte alta de la microcuenca San Antonio, 17 especies en la parte media de la microcuenca San Antonio y 16 en la parte baja de la misma, obteniendo en total una variedad de 40 especies. Los resultados de la caracterización se observan a continuación (Ver Tabla 27, Tabla 28, Tabla 29):

Tabla 27

Caracterización de la flora presente en el punto 1 (Parte alta)

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Higuerilla (Ricinus communis)	Magnoliopsida	Rosidae	Malpighiales	Euphorbiaceae	Ricinus	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Austroeupatorium inulaefolium	Magnoliopsida		Asterales	Asteraceae	Eupatorium	
Helecho (Lophosoria quadripinnata)	Polypodiopsida		Cyatheales	Dicksoniaceae	Lophosoria	
Chilco – Baccharis latifolia	Magnoliopsida		Asterales	Asteraceae	Baccharis	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Romaza (Rumex cf. Crispus)	Magnoliopsida		Caryophyllales	Polygonaceae	Rumex	
çMortiño – (Clidemia hirta)	Magnoliopsida		Myrtales	Melastomataceae	Clidemia	
Solanum sp	Magnoliopsida		Solanales	Solanaceae	Solaneae	

Tabla 28*Caracterización de la flora presente en el punto 2 (Parte media)*

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Hypochaeris radicata	Magnoliopsida	Asteridae	Asterales	Asteraceae	Hypochaeris	
Hierva e chivo – Ageratum conyzoides	Eudicotyledoneae		Asterales	Compositae		

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Morella pubescens	Magnoliopsida		Fagales	Myricaceae	Morella	
Cadillo (Bidens cf. Pilosa)			Asterales	Asteraceae	Bidens	
Ageratum conyzoides	Magnoliopsida		Asterales	Asteraceae	Ageratum	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Cuphea sp	Magnoliopsida		Myrtales	Lythraceae	Cuphea	
Eucalipto	Magnoliopsida		Myrtales	Myrtaceae	Eucalyptus	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Eucalipto	Magnoliopsida		Myrtales	Myrtaceae	Eucalyptus	
Escobilla (Artemisia campestris)	Magnoliopsida		Asterales	Asteraceae	Artemisia	
Gynoxys sp	Magnoliopsida		Asterales	Asteraceae	Gynoxys	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Laurel (Morella parvifolia)	Magnoliopsida		Fagales	Myricaceae	Morella	
Cordoncillo (Piper cf. Aduncum)	Magnoliopsida		Piperales	Piperaceae	Piper	
Dryopteris sp	Pteridopsida		Dryopteridales	Dryopteridaceae	Dryopteris	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Helecho – Dryopteris wallichiana (Cabeza de chivo)	Pteridopsida		Polypodiales	Dryopteridaceae	Dryopteris	
Urapán (Fraxinus cf. sinensis)	Magnoliopsida	Asteridae	Lamiales	Oleaceae	Fraxinus	
Montefrio (Alchornea glandulosa)	Magnoliopsida		Malpighiales	Euphorbiaceae	Alchornea	
Hidranga arborescens	Magnoliopsida		Cornales	Hidrangeaceae	Hydrangea	

Tabla 29*Caracterización de la flora presente en el punto 3 (Parte baja)*

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Monstera deliciosa	Liliopsida		Alismatales	Araceae	Monstera	
Xanthosoma sp	Liliopsida		Alismatales	Araceae	Xanthosoma	
Urapan (Fraxinus uhdei)	Magnoliopsida	Asteridae	Lamiales	Oleaceae	Fraxinus	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Elephantopus sp			Asterales	Asteraceae	Elephantopus	
Cestrum sp	Magnoliopsida		Solanales	Solanaceae	Cestrum	
Frangula goudotiana	Eudicotyledoneae	Rosidae	Rosales	Rhamnaceae	Frangula	
Acnistus arborescens	Magnoliosida		Solanales	Solanaceae	Acnistus	
Rivina humilis	Magnoliopsida	Caryophyllidae	Caryophyllales	Petiveriaceae	Rivina	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Bidens sp			Asterales	Asteraceae	Bidens	
Mirabilis jalapa	Magnoliopsida		Caryophyllales	Nyctaginaceae	Mirabilis	
Sida rhombifolia	Magnoliopsida		Malvales	Malvaceae	Sida	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Malva del bosque (<i>Pavonia sepium</i>)	Magnoliopsida		Malvales	Malvaceae	<i>Pavonia</i>	
<i>Ageratum</i> sp.	Magnoliopsida	Asteridae	Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum</i>	
<i>Thunbergia alata</i>	Magnoliopsida		Lamiales	Acanthaceae	<i>Thunbergia</i>	

NOMBRE	CLASE	SUBCLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	FOTO
Pavonia sp	Magnoliopsida		Malvales	Malvaceae	Pavonia	
Hypoestes lasiostegia	Asterides			Acanthaceae	Hipoestes	

Caracterización de Fauna

Según (PBOT, 2000) el municipio de Pacho Cundinamarca cuenta con dos zonas de vida, las cuales son:

- Bosque muy húmedo montano bajo, el cual es identificado como un refugio de la fauna que aun sobrevive a las acciones del hombre.
- Bosque muy húmedo premontano, donde se evidencia que la fauna en esta zona de vida está casi extinta debido a la desaparición de gran parte del bosque.

Teniendo en cuenta los registros en campo realizados en esa época, se identificaron diversas especies de mamíferos, aves y reptiles (Ver Tabla 30, Tabla 31, Tabla 32), como se muestran a continuación:

Tabla 30

Mamíferos presentes en el municipio de Pacho Cundinamarca

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ESPECIE
Fara	Didelphidae	Didelphis albiventris
Runcho	Caenolestida	Caenolestes obscurus
Murciélago	Phyllostomidae	Sturnira erythromos
Zorro	Canidae	Vrocyon cinereoargentus
Oso	Ursidae	Tremaretos ornatus
Guache o Cusumbo	Procyonidae	Nasuella frenata
Comadreja	Mustelidar	Muslela frenata
Soche	Cervidae	Mazama rufina
Ardilla	Sciuridae	Sciurus granatensis
Ratón	Cricetidae	Chilomys instans
Curí	Caviidae	Cavia porcellus

NOMBRE COMÚN	FAMILIA	ESPECIE
Tinajo	Agoutidae	Agouti taczanowskii
Conejo	Leporidae	Sylviragus brasiliensis

Fuente: (PBOT, 2000)

En la zona del bosque muy húmedo montano bajo disminuye la presencia del zorro donde se declara como una especie extinta, así como la del fara, debido a la caza ya que se considera una plaga para las aves domésticas y los cultivos de naranja, y en cuanto al runcho, guache y tinajo también son especies que cazan por su exquisita carne. Mientras que en la zona de vida del bosque muy húmedo premontano es muy rara la presencia de mamíferos.

Tabla 31

Aves registradas en el municipio de Pacho

FAMILIA	ESPECIE
Icteridae	Tangara microviridis
Icteridae	Cacicus sp
Icteridae	Cacicus leucoramphus
Turdidae	Tardus fuscater
Turdidae	Tardus serranus

FAMILIA	ESPECIE
Accipitridae	Arpia arpía
Cracidae	Penelope montagnii
Trochilidae	Colibri coruscans
Tiranidae	Nothecercus Julius
Hirundinidae	Notiechelidon murina

Fuente: (PBOT, 2000)

Se han registrados pocas especies conocidas por la población, esto debido a los hábitos migratorios de las mismas.

Las especies más comunes en la zona de vida del bosque muy húmedo montano bajo son el chulo, la pava, la torcaza, golondrinas, miras, arrendajo, toche, azulejo, chupaflor, que se han visto afectadas debido a la deforestación, ocasionando el desplazamiento de estas aves hacia las partes altas del municipio. Así mismo, las aves que predominan en el bosque muy húmedo premontano son las golondrinas, varias especies de chupaflor, el aguardientero y el copetón. También se observa el chulo y en las áreas misceláneas se registraron aves como la lechuza, y tominejo.

Y por último los reptiles, considerados el grupo de fauna silvestre que presenta una diversidad más baja, representada en especial por las culebras. Resaltando la amenaza en la que se encuentran estas especies ya que la población no repara en matarlas sin conocer primero si son o no peligrosas.

Tabla 32*Reptiles registrados en el municipio de Pacho*

NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO	FAMILIA
Verdon		Cullebridae
Cazadora	Spillotes pullatus	
Talla X	Bothorps atrox	Biperidae
Coral	Microrus isoxomus	Coralidae
Salamanqueja	Salamanqueja sp	

Fuente: (PBOT, 2000)

Esta tabla representa las especies de reptiles registradas según la información obtenida de la población, allí se describen serpientes como la talla x, voladora verde y cazadora, así como también unos lagartos, culebras y ranas. Se considera que la recopilación de información de estas especies es muy compleja debido la gran dificultad que se presenta a la hora de observar en campo.

Ecosistemas estratégicos

Se llevo a cabo la representación gráfica, donde se determinó que en la zona de estudio se cuentan con 12 ecosistemas diferentes (Ver Figura 23). El ecosistema que muestra mayor área en la microcuenca San Antonio es el de los cultivos anuales o transitorios del Orobioma medio de los Andes que representa 52,33% del total del área, seguido de los bosques naturales del

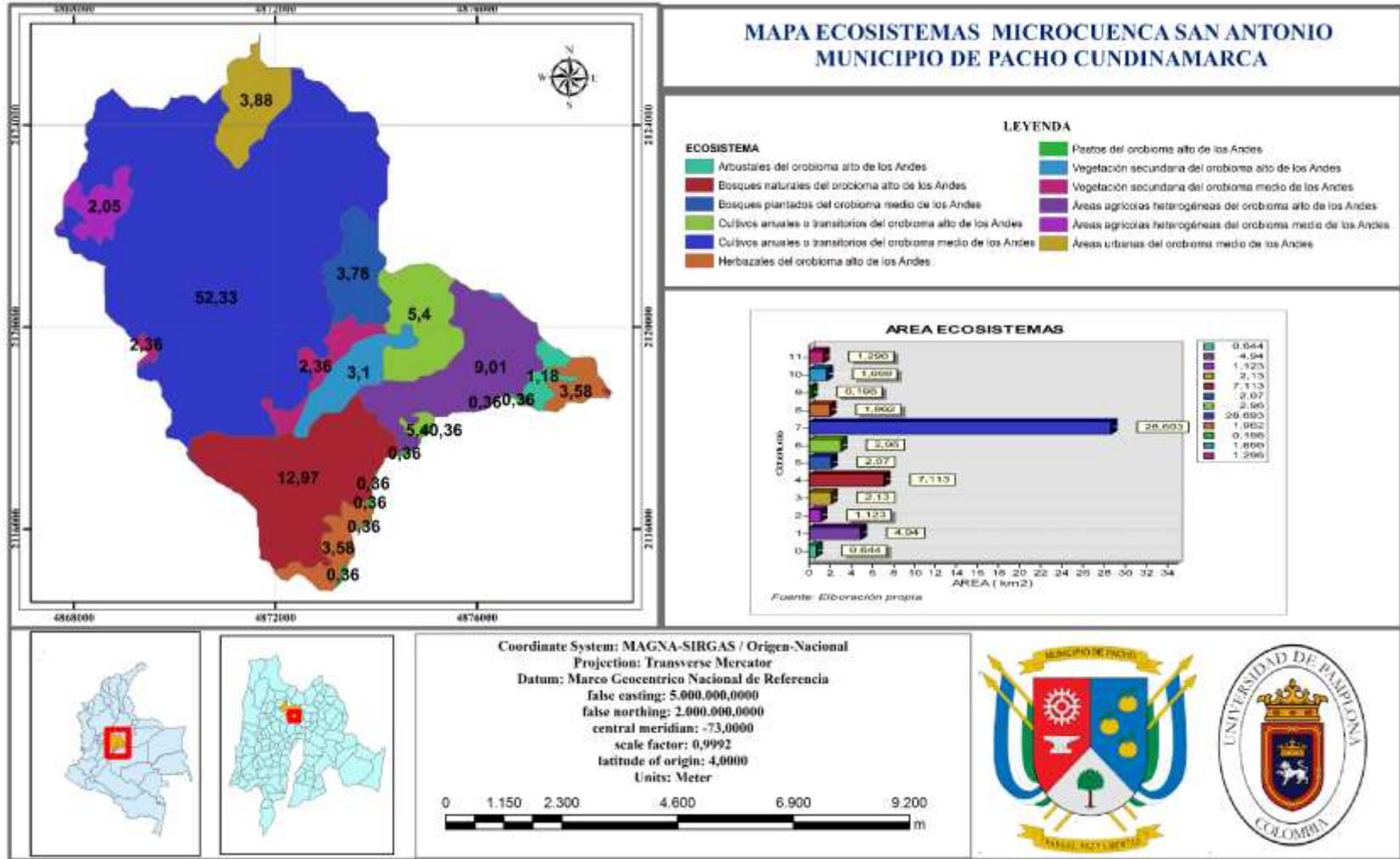
Orobioma alto de los andes con un 12,97%. En el norte de la microcuenca se denotan las áreas urbanas del orobioma medio de los andes con 2,13 Km² que representan el 3,88 % del area total, así como también las áreas agrícolas heterogéneas del orobioma medio de los andes con un 9,01%, y los que presentaron porcentajes bajos según el área total de la zona de estudio fueron los pastos del orobioma alto de los Andes, los arbustales del orobioma alto de los Andes con un porcentaje de 0,36% y 1, 18% respectivamente.

Biomás

En San Antonio, prevalecen dos tipos de biomás, el Orobioma medio de los Andes parte baja de la microcuenca y el Orobioma alto de los Andes en la parte alta de la misma (Ver Figura 24). En el primero, se caracterizan los climas templado seco a muy húmedo, con piedemontes, lomeríos y montañas principalmente los cuales abarcan un área aproximada de 35,31 Km², mientras que los Orobiomas altos de los andes cuentan con un área de 19,51 Km² y se caracterizan por presentar climas frío muy seco a nivel seco, en piedemontes, lomas y montañas.

Figura 23

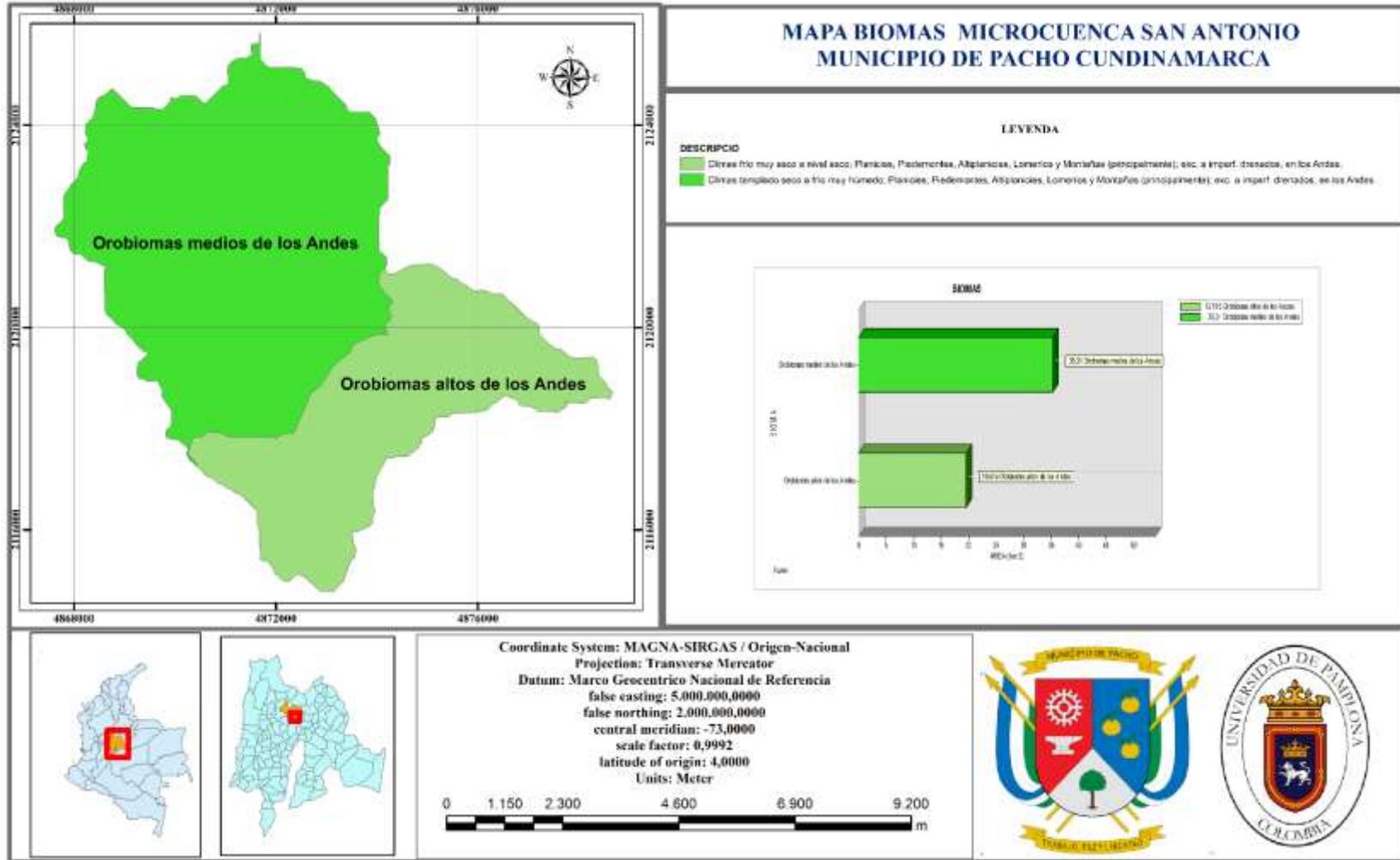
Mapa ecosistemas de la Microcuenca San Antonio



Fuente: Elaboración propia – Con base SIGOT, 2021

Figura 24

Mapa de biomas de la microcuenca San Antonio



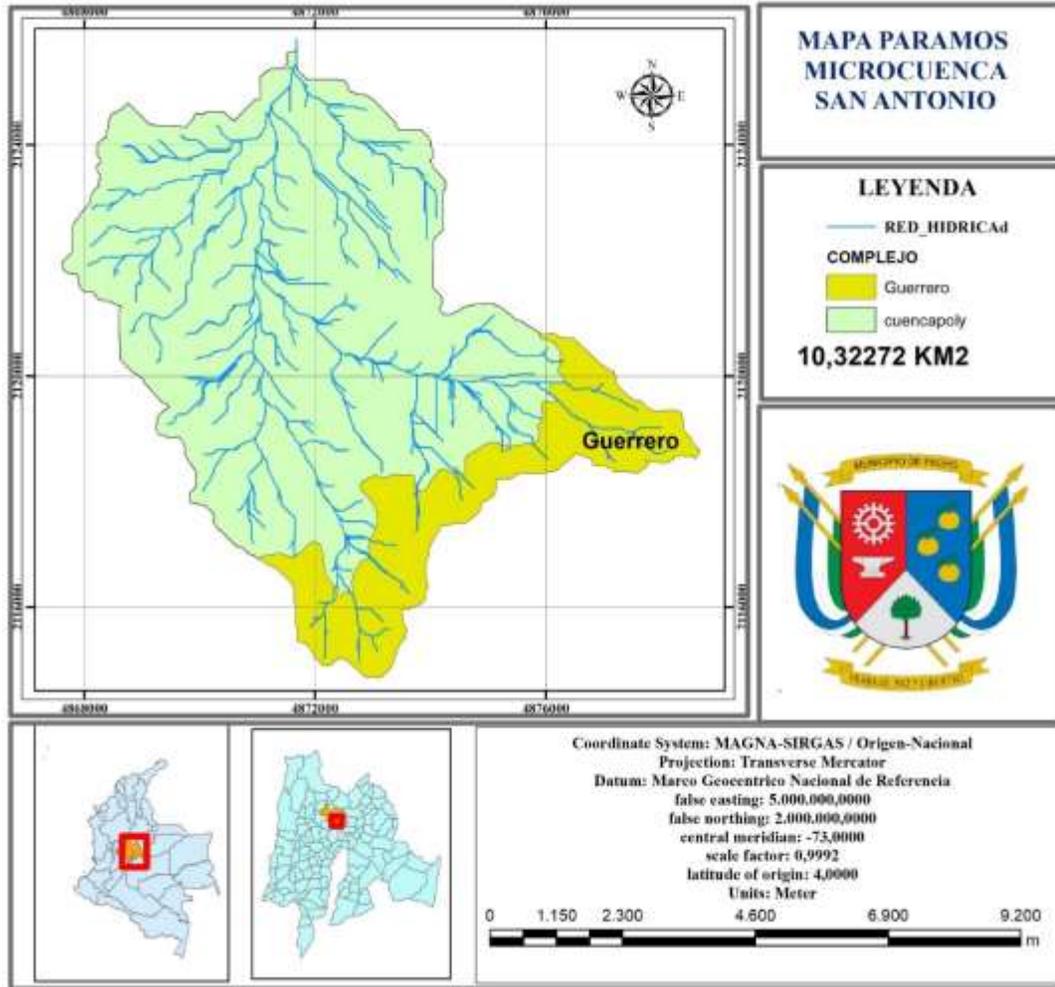
Fuente: Elaboración propia – Con base SIGOT, 2021

Paramo

Se realizó la representación gráfica de los páramos teniendo en cuenta que es uno de los ecosistemas estratégicos de gran importancia local y regional (Ver Figura 25), donde se observa que en la parte alta de la cuenca se resalta un páramo, el cual se denomina Paramo de Guerrero. Según (PBOT, 2000) este ecosistema es compartido con los municipios de Zipaquirá, Tausa y Cogua, el cual presenta biomas de páramo y subpáramo, generando intervención antrópica debido a los cultivos de papa y el pastoreo extensivo que allí se llevan a cabo. Su importancia radica en que hace parte del área de captación del municipio y su influencia regional.

Figura 25

Mapa de Paramos de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia – Con base en IGAC, 2021

Componentes Socioeconómico y Cultural

Según el Geovisor de Censo Nacional de Población y Vivienda - CNPV 2018 la población proyectada para el año 2018 en el municipio de Pacho Cundinamarca es de 27780 habitantes, contando con una densidad poblacional de 58,928 Hab/Km².

En cuanto al nivel de escolaridad se cuenta con 4994 personas asisten a una entidad educativa y 1300 personas presentan alfabetismo. A su vez, 3964 habitantes poseen una escolaridad de primaria completa, 933 secundaria completa, 789 tienen técnico y 1183 presentan estudios universitarios.

En el contexto de los servicios públicos, 8292 personas cuentan con servicio de energía (Ver Figura 26), 988 con servicio de internet, 3554 con servicio de gas y 5963 con servicio de acueducto (Ver Figura 27).

Figura 26

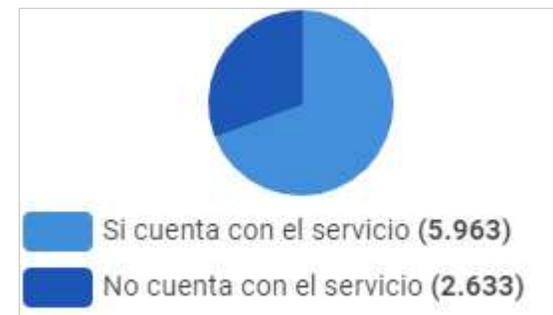
Personas que cuentan o no con servicio de energía



Fuente: (DANE, 2018)

Figura 27

Personas que cuentan o no con servicio de Acueducto

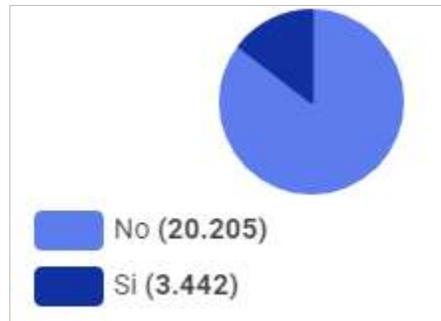


Fuente: (DANE, 2018)

Teniendo en cuenta el sector de la salud, 3442 habitantes presentan alguna afectación (Ver Figura 28).

Figura 28

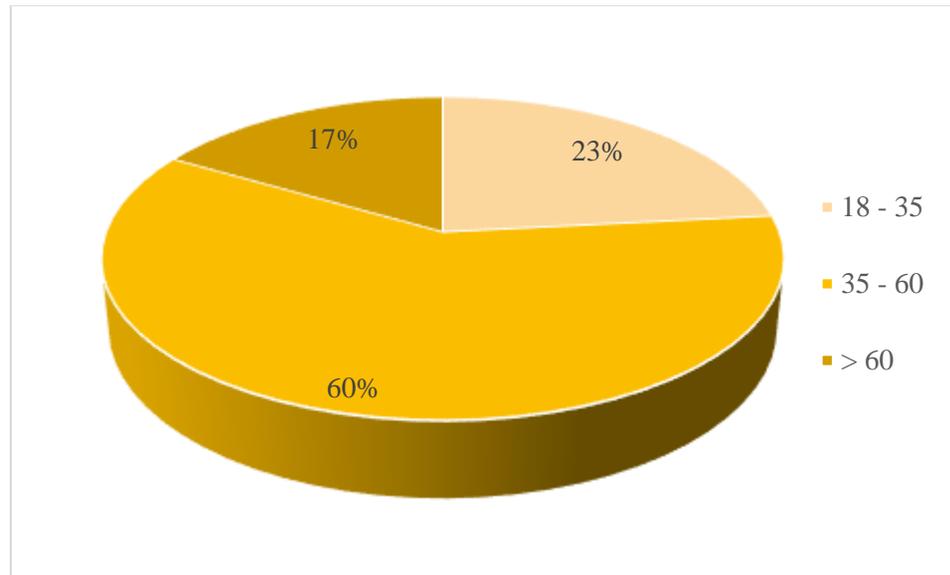
Personas que presentan o no alguna dificultad



Fuente: (DANE, 2018)

En la zona urbana se realizó una encuesta mediante una salida de campo, con el fin de caracterizar el componente socioeconómico de la zona de estudio, teniendo en cuenta que el Río San Antonio atraviesa el casco urbano, generando el desarrollo a costados del mismo. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Se escogieron tres barrios (Kennedy, Centro, Palmita) donde se consolidaron en total 30 encuestas. Según los rangos de edades, donde el 60% de la población de muestra se encuentra entre los 35 a 60 años, el 23% de 18 a 35 años y el 17% representa las personas mayores a 60 años (Ver Figura 29).

Figura 29*Rango de edades*

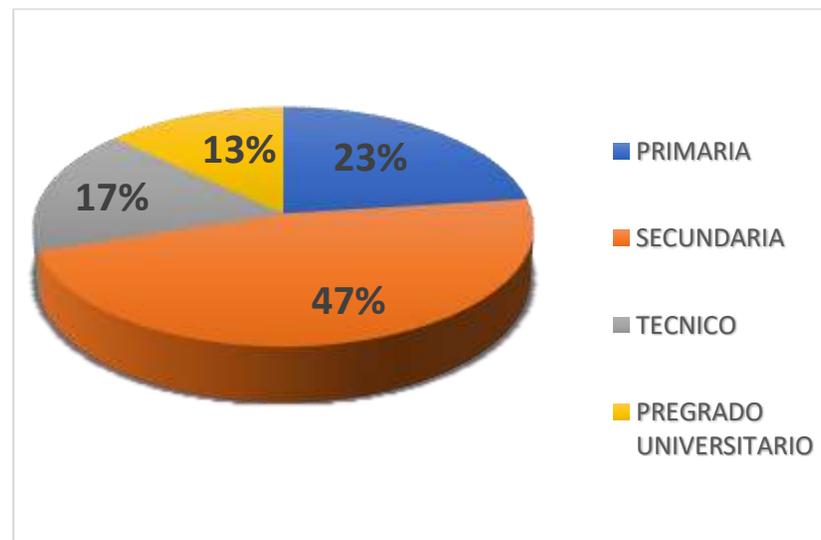
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la información del hogar se recopiló que el 53,33% habitan en una casa en arriendo y el 46,67% tienen casa propia, así como también la mayoría de la población cuenta con los servicios básicos (agua, luz y gas natural) y que el 60% de las viviendas están construidas en cemento, el 6,7 material mixto y el 3,3% de las viviendas de madera.

En relación al nivel educativo el 23% solo cuentan con la primaria, el 47% con la secundaria, el 17% con un técnico y el 13% realizaron un pregrado universitario (Ver Figura 30).

Figura 30

Nivel educativo de la población muestra

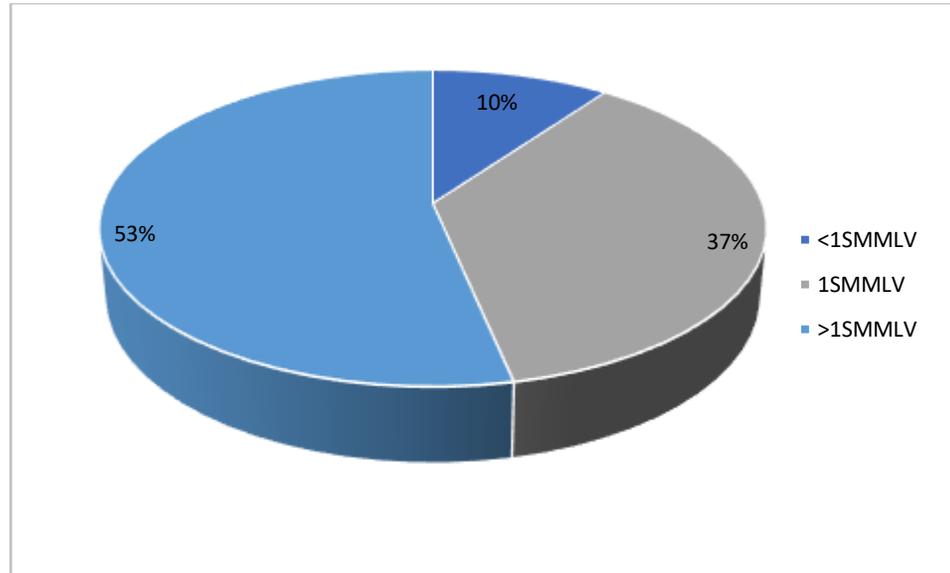


Fuente: Elaboración propia

En cuanto al sector económico de la población, se determinó que el 10% cuenta con un ingreso promedio mensual que es inferior al Salario mínimo establecido actualmente, el 36,67% tienen un ingreso promedio de 1 salario mínimo mensual y el 53,33% más de un salario (Ver Figura 31).

Figura 31

Ingreso promedio mensual en el hogar



Fuente: Elaboración propia

En cuestión a la salud, lo catalogaron como un sector que brinda un buen servicio, a su vez, se estimó que el 63% de la población de muestra encuestada se encuentra afiliada al sistema de salud en régimen contributivo, el 30% en régimen subsidiado y el 6,7% no se encuentran afiliados. Entre las enfermedades que se lograron identificar mediante la encuesta fueron de tipo respiratorio y coronario.

Para la zona rural se identificaron 3 de las veredas que hacen parte de la microcuenca San Antonio, las cuales son: Negrete, Canadá y Pinal, se recopiló información secundaria directamente de la Secretaría de Agricultura, Desarrollo Económico y Turismo (SADET), 2021 del municipio de Pacho Cundinamarca, de la cual se obtuvo lo siguiente (Ver Tabla 33):

Tabla 33

Distribución de producción agropecuaria

VEREDA	NIVEL DE OFERTA	CULTIVOS Y EXPLOTACIONES	CULTIVOS Y EXPLOTACIONES
	HIDRICA	EXISTENTES	POTENCIALES
CANADÁ	Medio alta	Ganadería de ceba y leche, en lo agrícola cultivos de papa de año, arveja y maíz	Frutales como Durazno, fresa, ciruela y papayuela curuba, feijoa
			Frutales como granadilla, gulupa, tomate de árbol, mora, fresa, aguacate de altura.
NEGRETE	Medio alta	Ganadería de leche y ceba, cultivos de papa criolla, arveja, maíz	Cultivos transitorios papa criolla, arveja, frijol, hortalizas

EL PINAL	Medio alta	Ganadería de leche y ceba, cultivos de papa criolla, papa de año arveja, maíz	Frutales como Durazno, fresa, ciruela y papayuela granadilla, gulupa, tomate de árbol, mora, fresa, aguacate de altura. Cultivos transitorios papa criolla, arveja, frijol, hortalizas
----------	------------	---	--

Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Agricultura, Desarrollo Económico y Turismo (SADET), 2021

Esta tabla representa la distribución de producción agropecuaria, donde se evidencia que en las tres veredas predomina la explotación de la ganadería ya sea de ceba o leche y cultivos como la papa criolla, arveja y maíz, también se caracterizan por contar con una oferta hídrica medio alta. Cada una de las veredas cuenta con un potencial de explotación agropecuaria, como, por ejemplo: la vereda Canadá que representa una zona de paramo con bosques nativos y zonas de reserva, allí se destacan frutales como el durazno, fresa y ciruela, en la vereda negrete la mora, fresa, granadilla y cultivos transitorios como papa criolla, frijol, hortalizas, siendo esta vereda una zona de clima frío, con bosques nativos y de reserva, y en El Pinal los cultivos transitorios de papa criolla, frijol y hortalizas, la cual se encuentra entre los 2300msnm y 3600msnm, contando con zonas de paramo y reservas, a su vez con una topografía ondulada en la parte baja de la vereda y quebrada, montañosa en la parte alta..

De acuerdo con la información obtenida de la secretaria de Desarrollo Social del municipio de Pacho Cundinamarca, 2018, la población de la zona veredal perteneciente a la microcuenca de estudio se tabula la siguiente manera (Ver Tabla 34, Tabla 35, Tabla 36) y se representa gráficamente (Ver Figura 32, Figura 33, Figura 34):

Tabla 34

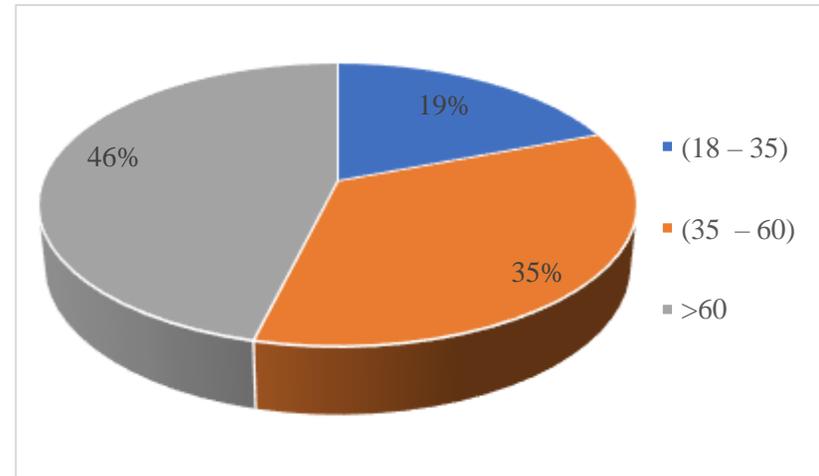
Rango edades - Vereda Canadá

RANGO DE EDADES (años)	POBLACION
(18 – 35)	3
(35 – 60)	11
>60	12

Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Desarrollo Social

Figura 32

Grafica rangos de edades - Vereda Canadá



Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Desarrollo Social

Esta tabla representa la población de la vereda Canadá, clasificándola por rango de edades, donde se obtiene un total de 26 habitantes que según la información obtenida 14 son hombres y 12 mujeres. Allí predomina la población con una edad superior a 60 años

Tabla 35

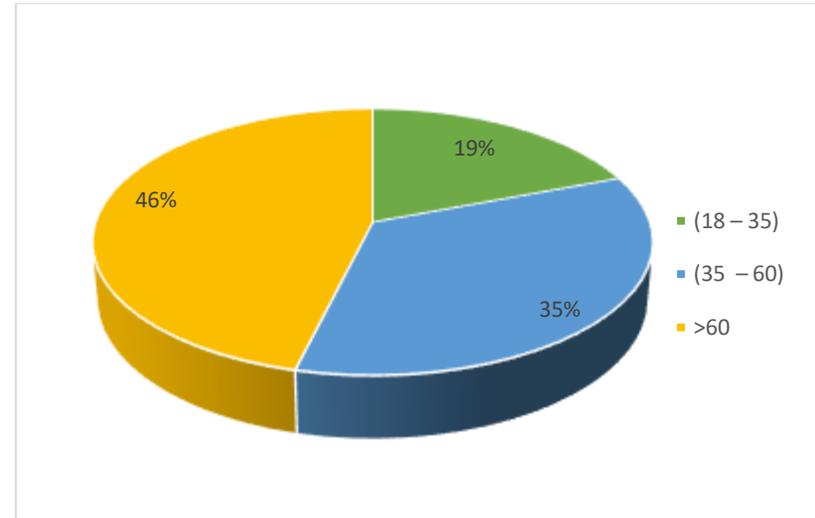
Rango edades - Vereda Negrete

RANGO DE EDADES (años)	POBLACION
(18 – 35)	10
(36 – 60)	48
>60	17

Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Desarrollo Social

Figura 33

Grafica Rango de edades - Vereda Negrete

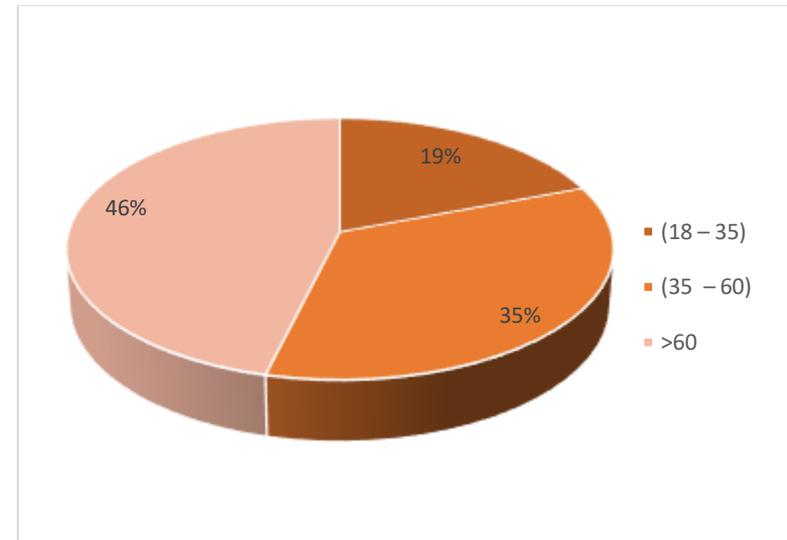


Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Desarrollo Social

La tabla representa la población de la vereda Negrete, donde se cuantifica un total aproximado de 75 habitantes, de los cuales 38 son hombres y 37 mujeres. En la gráfica se observa que el 64% de la población se encuentra en un rango de 35 a 60 años y que el 23% representa la población mayor a sesenta años

Tabla 36*Rango edades - Vereda El Pinal*

RANGO DE EDADES (años)	POBLACION
(18 – 35)	5
(37 – 60)	9
>60	12

*Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Desarrollo Social***Figura 34***Grafica Rango de edades - Vereda El Pinal**Fuente: Elaboración propia – Con base Secretaria de Desarrollo Social*

Esta tabla representa la población de la vereda El Pinal, de la cual 14 son hombres y 12 mujeres, representando un total aproximado de 26 habitantes. Según la representación gráfica se puede deducir que allí predomina la población mayor a sesenta años representando el 46% de la misma, seguida con el 35% los habitantes entre los 35 – 60 años y por último con un 19% aquellos que se encuentran entre los 18 – 35 años

Potenciales y limitantes

Se llevo a cabo el diligenciamiento de una matriz para identificar los potenciales y limitantes según los recursos con los que cuenta la zona de estudio, como se muestra a continuación (Ver Figura 35):

Figura 35

Matriz de Potencialidades y limitantes de la microcuenca San Antonio

MATRIZ DE POTENCIALIDADES Y LIMITANTES DE LA MICROCUENCA SAN ANTONIO			
MUNICIPIO DE PACHO CUNDINAMARCA			
DIAGNOSTICO			POTENCIALIDADES / LIMITANTES
	COMPONENTE BIOFISICO	CAPACIDAD DEL USO DE LAS TIERRAS	Fertilidad alta – El suelo de la zona de estudio presenta buena fertilidad
			Suelos profundos - El territorio presenta suelos profundos con riqueza orgánica en el primer perfil, ya en algunos sectores puede llegar a un metro de profundidad
			Pendiente fuerte – En la zona de estudio predominan las pendientes ligeramente escarpadas con un 36,15% y las pendientes fuertemente inclinadas con un 30,72% ,

		HIDROLOGIA	<p>Baja oferta hídrica – Teniendo en cuenta los caudales medidos obtenidos ya que el estudio se llevó a cabo aguas abajo del punto de captación de la bocatoma, siendo el Rio San Antonio el que surte el acueducto municipal de Pacho Cundinamarca.</p>
			<p>Mala calidad de agua – Al realizar la metodología propuesta para identificar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados, se determinó que en la zona de estudio se presenta una calidad critica referente a aguas contaminadas. También se deduce debido a la alta población y por ende existen vertimientos que incrementan la contaminación de la red hídrica.</p>
		BIODIVERSIDAD	<p>Cobertura transformada – En la zona de estudio existe explotación agrónoma referente a los cultivos de hortalizas, frutales y actividad ganadera.</p>
			<p>Baja biodiversidad – Ya que predominan los pastos limpios y no se observará la misma biodiversidad que en otros ecosistemas como los bosques densos, además que en cuanto a la fauna ha disminuido debido a la caza y deforestación.</p>

		GESTION DEL RIESGO	<p>Áreas protegidas – En la parte alta de la microcuenca San Antonio se identifican diferentes zonas determinadas como áreas protegidas, allí se destaca el Páramo de Guerrero del cual 10,33 Km², representando el 18,85%.</p>
			<p>Mayor oferta de servicios ecosistémicos – Se cuenta con prácticas como la agricultura, ganadería y se resalta que el Rio San Antonio surte el acueducto municipal beneficiando a la población,</p>
			<p>Zonas con alta amenaza por fenómenos naturales y antrópicos – Según (PBOT, 2000) las áreas identificadas como riesgo y amenazas afectan el casco urbano de Pacho. El riesgo sísmico se encuentra en el rango medio de acuerdo al Mapa de Riesgo Sísmico para Colombia de INGEOMINAS.</p>
			<p>Asentamientos humanos expuestos al riesgo – El Rio San Antonio atraviesa el casco urbano del municipio, a su vez hace parte del Rio Negro, el cual es considerado el fluvial del departamento de Cundinamarca. Según (PBOT, 2000) la dinámica fluvial del río Negro, también representa riesgo y amenaza en especial por fenómenos de socavación y erosión lateral, específicamente sobre la infraestructura vial y algunos sectores poblados.</p>

COMPONENTE SOCIOECONOMICO	SOCIOECONOMICO	Acceso a servicios sociales – La mayor población cuenta con los servicios básicos de Agua, Energía y Gas Natural. Así como también cuentan con servicio de educación y salud
		Abundante disponibilidad de recursos naturales – El entorno de la microcuenca San Antonio, cuenta con la disponibilidad de recursos como la flora, fauna, recursos hídricos, suelo fértil, entre otros.
		Condiciones óptimas de habitabilidad – El municipio de pacho Cundinamarca se destaca como un municipio productor, con suelos fértiles que permite el desarrollo y sostenibilidad de las familias, mediante la exportación de productos agrícolas, considerado entonces un lugar con buenas condiciones de adaptabilidad.
		Prácticas productivas que alteran los recursos existentes en la cuenca – Los recursos se ven alterados debido a prácticas como la Ganadería y los cultivos
	CULTURA	Falta de sentido de pertenencia y baja cultura ciudadana – Teniendo en cuenta el grado de contaminación que incrementa con el pasar del tiempo y la

			<p>poca cultura de la ciudadanía ya que en cuestión al río se observan los residuos que son arrojados por parte de la comunidad.</p>
			<p>Baja consciencia y falta de conocimiento en la conservación de los recursos- La comunidad no cuenta con una cultura ambiental desarrollada, esto se evidencia con el incremento de la contaminación y la falta de apropiación para el cuidado de los recursos naturales</p>
			<p>Prácticas culturales que afectan a sostenibilidad de la cuenca -</p>

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

La microcuenca del Rio San Antonio según sus características morfométricas es catalogada como una cuenca alargada con poca susceptibilidad a las avenidas por su forma, presenta una densidad de drenaje de clase alta, es decir, drena muy bien y debería responder relativamente rápido a la influencia de la precipitación, según su coeficiente orográfico es poco accidentada y presenta bajo potencial de degradación.

De acuerdo a los resultados obtenidos al cuantificar el índice BMWP y ASPT con base a los macroinvertebrados encontrados en la zona de estudio, se determino que el agua presenta calidad crítica y muy crítica, haciendo referencia a las aguas contaminadas, todo esto debido a que no se cuenta con un tratamiento adecuado para los vertimientos que van directamente al rio, sin contar el incremento de la contaminación por los residuos que arrojan al mismo.

La zona de estudio cuenta con un suelo fértil y potencial para la agricultura, allí predominan cultivos como la papa de año, arveja y maíz, frutales como el durazno, la naranja, la fresa, la granadilla, el tomate de árbol, el aguacate, entre otros y cultivos transitorios como la papa criolla, frijol, hortalizas, dependiendo la zona en la que ese encuentre ya que varia la altitud de la misma, el clima y su topografía, por otro lado, se considera un potencial en las actividades pecuarias como la ganadería de ceba y leche; siendo estas actividades las que generan desarrollo económico a la población .

La matriz de potenciales y limitantes reflejo que la microcuenca San Antonio cuenta con alta fertilidad, suelos profundos y pendientes fuertes en algunas zonas, según el componente del uso del suelo, para la hidrología se identificó baja oferta hídrica, y en cuestión a

zonas de Riesgo se observó que el eje fluvial del Rio Negro representa riesgo y amenaza en especial por fenómenos de socavación y erosión lateral, específicamente sobre la infraestructura vial y algunos sectores poblados.

Es preocupante la baja conciencia y la falta de conocimiento en la preservación y conservación de los recursos por parte de la comunidad, por ello, es importante implementar medidas para concientizarlos con el fin de ayudar a la reducción de residuos sólidos y dar un mejor uso al recurso hídrico. Una estrategia para la concientización puede ser la utilización de medios de divulgación que permitan dar a conocer la importancia de los recursos naturales

Recomendaciones

Es importante llevar a cabo un seguimiento en cuanto a la calidad de agua, así mismo, recomendar a la población que se abastece directamente del Rio San Antonio como fuente hídrica para el consumo humano sin el tratamiento de potabilización para que utilicen técnicas caseras como filtros y así, minimicen los riesgos que acarrea el consumo de agua cruda, como el contraer enfermedades, esto especialmente en la zona veredal.

En consideración a la falta de cultura ciudadana, es conveniente realizar capacitaciones sobre la importancia de la protección de los recursos hídricos, teniendo en cuenta las actividades agrícolas adecuadas, el respectivo tratamiento, y la disposición de los residuos con el fin de disminuir la contaminación de los recursos naturales evitando las afectaciones a los ecosistemas existentes en la zona de estudio.

Se sugiere a la Alcaldía Municipal como ente gubernamental gestionar con grado de priorización, el proyecto para la implementación de la planta de tratamiento de agua residual (PTAR), en el municipio de Pacho Cundinamarca.

Bibliografía

- Alarcón, F. H. (Julio de 2015). *DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA LOS AMATES, CUENCA GRANDE DE ZACAPA*. Obtenido de Tesis de grado: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/03/Duarte-Favio.pdf>
- ALARCÓN, F. H. (2015). *DIAGNÓSTICO DE LA MICROCUENCA LOS AMATES, CUENCA GRANDE DE ZACAPA*. Obtenido de UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjcem/2015/06/03/Duarte-Favio.pdf>
- AMPC. (01 de Sep de 2018). *Alcaldia Municipal de Pacho Cundinamarca*. Obtenido de <http://www-pacho-cundinamarca.gov.co/municipio/informacion-general>
- Arango, L. F. (2005). *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Obtenido de Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- DANE. (2018). *Departamento Administrativo Nacional de Estadística*. Obtenido de <https://geoportal.dane.gov.co/geovisores/sociedad/cnpv-2018/>
- Fernandez, O. G. (2012). *CARACTERIZACION MORFOMETRICA DE LA CUENCA HIDROGRAFICA CHINCHAO, DISTRITO DE CHINCHAO, PROVINCIA HUANUCO, REGION HUANUCO*. Obtenido de Universidad Nacional Agraria de la Selva: https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/CARACTERIZACION%20MORFOMETRICA%20DE%20LA%20CUENCA%20HIDROGRAFICA%20CHINCHAO%2C%20DISTRITO%20DE%20CHINCHAO%2C%20PROVINCIA%20DE%20HUANUCO%2C.pdf
- Gómez, E. U. (Noviembre de 2002). *MANEJO DE CUENCAS HIDROGRAFICAS Y PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA*. Obtenido de https://sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2016-07-02_10-54-55135308.pdf
- González, L. O. (Julio de 2018). *DIAGNOSTICO PARA EL MANEJO INTEGRAL DE LA MICROCUENCA BELLEZA*. Obtenido de Universidad de Salzburg: https://issuu.com/unigis_latina/docs/fari_a_lucia
- Hernández, A. A. (2009). *Diagnostico Ambiental para la Quebrada la Colorada ubicada en la Vereda la Colorada en el Municipio de Rionegro Santander*. Obtenido de Universidad Pontificia Bolivariana: https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/575/digital_17300.pdf?sequence=1

- Herrera, N. Y. (2015). *COMPARACIÓN DE LOS MÉTODOS RACIONAL E HIDROGRAMA UNITARIO PARA EL CALCULO DE CAUDALES EN SECTORES HIDROLOGICOS RURALES EN EL DEPARTAMENTO DEL TOLIMA*. Obtenido de UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA:
<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/2968/4/PROYECTO%20DE%20GRADO%20ERH%20VER%20FINAL%20DEF.pdf>
- ICBF. (6 de Agosto de 2002). *DECRETO 1729 DE 2002*. Obtenido de
https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/decreto_1729_2002.htm
- IVERMAR. (2018). *Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés*. Obtenido de
<http://www.invemar.org.co/diagnosticos-ambientales>
- J. Primelles F., Z. M. (2004). *Cuenca del Río San Pedro: Diagnóstico Ambiental y Objetivos para su manejo integrado*. Obtenido de
<http://ama.redciencia.cu/articulos/7.06.pdf>
- MINAMBIENTE. (18 de Diciembre de 1974). Obtenido de DECRETO 2811 DEL 18 DE DICIEMBRE DE 1974:
https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf
- MININTERIOR. (2010). *LEY 99 DE 1993*. Obtenido de
https://www.mininterior.gov.co/sites/default/files/dacn_ley_99_de_1993_0.pdf
- Mondragón, J. Q. (Abril de 2015). *Diagnóstico Ambiental de la Microcuenca San José para Determinar su Potencial como Área Natural Protegida en el Estado de México*. Obtenido de [http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/23847/UAEM-FAPUR-TESIS-QUINTANA,+JHOVANY+\(1\).pdf;jsessionid=EF45F0324236ADD7A0DA9A11D585A099?sequence=1](http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/23847/UAEM-FAPUR-TESIS-QUINTANA,+JHOVANY+(1).pdf;jsessionid=EF45F0324236ADD7A0DA9A11D585A099?sequence=1)
- PBOT, P. B. (2000). *Alcaldía Municipal de Pacho*. Obtenido de www.pacho-cundinamarca.gov.co: <http://www.pacho-cundinamarca.gov.co/planes/plan-basico-de-ordenamiento-territorial-pacho-cundinamarca>
- Planes y Programas de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas. (s.f). *Ministerio de ambiente, Ministerio de hacienda*. Obtenido de
https://www.cvc.gov.co/sites/default/files/Planes_y_Programas/Planes_de_Ordenacion_y_Manejo_de_Cuencas_Hidrografica/La%20Vieja%20-%20POMCA%20en%20Ajuste/Fase%20Diagnostico/7_CapituloI_Diagnostico_Morfometria.pdf

- POMCAS. (2014). *Guía Técnica para la Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS*. Obtenido de Anexo A. Diagnostico: <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/Anexo-Fase-diagnostico-Guia-tecnica-para-la-formulacion-de-POMCAS.pdf>
- Rama Judicial. (2010). *Constitucion Politica de Colombia 1991*. Obtenido de <https://www.ramajudicial.gov.co/documents/10228/1547471/CONSTITUCION-Interiores.pdf>
- Rimarachin, J. L. (12 de Octubre de 2015). *DIAGNOSTICO AMBIENTAL FISICO-CONSERVACIONISTA DE LA SUB-CUENCA DEL RIO ANGASMARCA, LA LIBERTAD, PERÚ*. Obtenido de <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/486>
- Socarrás, M. L. (Mayo de 2011). *La Cuenca del río Yumurí, Diagnóstico Ambiental*. . Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277129490_La_Cuenca_del_rio_Yumuri_Diagnostico_Ambiental

ANEXOS

Anexo A

Informe Vertimiento San José



Informe San
Jose.pdf

Anexo B

Reporte Análisis Físicoquímico Vertimiento San José



Reporte San
Jose.pdf

Anexo C

Informe Vertimientos Ana Francisca Lara y La Palmita



Informe Ana
Francisca Lara y la P:

Anexo D

*Reporte Análisis Físicoquímico Vertimientos Ana Francisca Lara y La
Palmita*



Reporte Ana
Francisca Lara y Paln

Anexo E

Informe Vertimientos Aguas Arriba y Aguas Abajo



Informe Aguas
Arriba y Aguas Abajo

Anexo F

Reporte Análisis Físicoquímico Vertimientos Aguas Arriba y Aguas Abajo



Reporte Aguas
Arriba y Aguas Abajo

Anexo G

Evidencia Encuesta



Resultado -
Encuesta.pdf