

**CARACTERIZACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERVENCIÓN
DEL FONDO DE AGUA DE POPAYÁN EN LA SUBCUENCA ABASTECEDORA
DEL RÍO LAS PIEDRAS, EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO
DEL CAUCA, 2019.**



**MARTHA LILIANA QUIRÁ MANQUILLO
EIBER HORLANIER ESPINOSA HERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
POPAYÁN
2019**

**CARACTERIZACIÓN Y PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERVENCIÓN
DEL FONDO DE AGUA DE POPAYÁN EN LA SUBCUENCA ABASTECEDORA
DEL RÍO LAS PIEDRAS, EN EL MUNICIPIO DE POPAYÁN, DEPARTAMENTO
DEL CAUCA, 2019.**



**MARTHA LILIANA QUIRÁ MANQUILLO
EIBER HORLANIER ESPINOSA HERNÁNDEZ**

**TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE PRÁCTICA PROFESIONAL, PARA
OPTAR POR EL TÍTULO DE GEÓGRAFO.**

DIRECTOR

MG: USUARDO RAMÍREZ RICO

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS HUMANAS Y SOCIALES
POPAYÁN
2019**

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
2. JUSTIFICACIÓN	12
3. OBJETIVOS	13
3.1 Objetivo general	13
3.2 Objetivos específicos	13
4. MARCO TEÓRICO	14
4.1 MARCO CONCEPTUAL	16
4.1.1 Caracterización	16
4.1.2 Cobertura de la Tierra	17
4.1.3 Uso del Suelo	17
4.1.4 Cuencas hidrográficas	18
4.1.5 Fondo de Agua	18
4.2 MARCO LEGAL	19
□ La Constitución política de Colombia en el Artículo 79	19
4.3 ESTADO DE ARTE	21
5. METODOLOGÍA	24
5.1 Etapa previa	24
5.1.1 Selección de factores y parámetros como indicadores en el proceso de priorización.	29
5.2. Primera etapa: caracterización biofísica.	29
5.3. Segunda etapa: Coberturas y usos de suelo	30
5.3.1 Procesamiento Digital de Imágenes.	30
6. ÁREA DE ESTUDIO	32
6.1 Economía:	32
6.2 Organizaciones sociales:	33
7. CAPITULO I: RECONOCIMIENTO DE LAS ÁREAS BIOFÍSICAS DE INTERÉS PARA LA INTERVENCIÓN DEL FONDO DE AGUA DE POPAYÁN RÍO LAS PIEDRAS	36
7.1 Condiciones climáticas	36
7.1.1 Análisis de la Precipitación media mensual	37

7.1.2 Análisis de la temperatura media mensual	40
7.2 Clasificación climática.....	42
7.3 Zonas de vida	48
7.3.1 Bosque Húmedo montano bajo - símbolo bh-MB (tierra fría).....	50
7.3.2 Bosque muy húmedo montano símbolo (bmh-M)	50
7.4 Estado actual del recurso hídrico.....	53
8. CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS PARA LA PRIORIZACIÓN A PARTIR DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA Y USOS DEL SUELO DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER, (CLC)	64
8.1 TERRITORIOS AGRÍCOLAS (2)	66
8.1.1 PASTOS (2.3).....	66
8.1.1.1 Pastos Limpios (2.3.1)	67
8.1.1.2 Pastos enmalezados (2.3.3.)	67
8.1.2 AREAS AGRICOLAS HETEROGENEAS (2.4).....	67
8.1.2.1 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3)	67
8.1.2.2 Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4)	68
8.2 BOSQUE Y AREAS SEMINATURALES (3.)	68
8.2.1 BOSQUES (3.1).....	69
8.2.1.1 Bosque denso (3.1.1).....	69
8.2.1.2 Bosque fragmentado (3.1.3)	70
8.2.2 AREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA (3.2)	70
8.2.2.1 Herbazal (3.2.1)	71
8.2.2.2 Arbustal (3.2.2)	71
9. USOS DEL SUELO:.....	74
9.1. Ganadería:.....	74
9.2. Conservación:.....	75
10. VOCACIÓN DE SUELO.....	78
10.1. Suelo con vocación agroforestal:.....	78
10.2. Suelos con vocación forestal:	79
10.3. Suelo con vocación agrícola	80
11. CONFLICTOS POR USO DEL SUELO.	83

11.1. Tierras con uso adecuado	83
11.2. Tierras con conflicto por sub-utilización	84
11.3. Tierra con conflicto por sobre-utilización.....	84
12. RESERVAS NATURALES DE LA SOCIEDAD CIVIL	87
13 CAPITULO III: ANÁLISIS Y PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS PARA LA INTERVENCIÓN DEL FONDO DE AGUA DE POPAYÁN	89
13.1. Indicadores Presión, Estado y Respuesta:	89
13.2. Proceso Metodológico	96
13.2.1 Identificación de atributos, siendo estas las unidades definidas en las diferentes variables analizadas.....	96
13.2.2 Ponderación de variables	97
13.3. Superposición de información temática, utilizando sistemas de información geográfica (SIG) haciendo cruce y superposición de mapas (Algebra de mapas)	101
13.3.1. Creación del modelo espacial de priorización.....	102
13.4 Priorización de áreas de interés para la intervención	103
13.4.1 Priorización alta	103
13.4.2. Priorización media.	104
13.4.3. Prioridad baja.....	104
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
15. BIBLIOGRAFÍA	110
16. ANEXOS	115

LISTA DE MAPAS

Mapa N° 1 Localización de la Parte Alta de la subcuenca del río las Piedras.....	35
Mapa N° 2 Distribución espacial de la precipitación en la Parte Alta de la subcuenca el río las Piedras	39
Mapa N° 3 Distribución espacial de la temperatura en la Parte Alta de la subcuenca el río las Piedras	41
Mapa N° 4. Zonificación climática en la Parte Alta de la subcuenca del rio las Piedras	47
Mapa N° 5 Zonas de vida en la Parte Alta de la sub-cuenca del rio las Piedras...	52
Mapa N° 6 Zonas visitadas en campo.....	63
Mapa N° 7 Cobertura vegetal de la Parte Alta de la subcuenca rio las Piedras...	73
Mapa N° 8. Usos del suelo en la Parte Alta de la subcuenca río las Piedras.....	77
Mapa N° 9 Vocación de suelo en la Parte Alta de la subcuenca del río las Piedras	82
Mapa N° 10 Conflictos por usos del suelo en la Parte Alta de la subcuenca rio las Piedras	86
Mapa N° 11. Reservas naturales de la sociedad civil en la Parte Alta de la subcuenca rio las Piedras	88
Mapa N° 12. Áreas priorizadas para la intervencion del fondo del agua del municipio de Popayán	106

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Nomograma de Holdridge	48
Figura 2. Quebrada Santa Teresa y afluentes.....	56
Figura 3. Quebrada Pavas	56
Figura 4. Quebrada Campo Alegre	58
Figura 5. Quebrada Peñas Blancas	58
Figura 6. Nacimiento de agua Quebrada Aanta Teresa	62
Figura 7. Firma espectral de Bosque denso.....	65
Figura 8. Firma espectral del suelo desnudo.....	65
Figura 9. Modelo espacial de priorización de áreas de interés.....	102

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Componentes, factores, parámetros y criterios para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas	25
Tabla 2. Indicadores de la matriz Presión-Estado - Respuesta.....	29
Tabla 3. clases de clima según caldas.....	43
Tabla 4. clases de clima según lang.	44
Tabla 5. Tipos de clima según Caldas – Lang.....	44
Tabla 6. Zonificación climática según Caldas-Lang	45
Tabla 7. Zonas de vida identificadas en la parte alta de la sub-cuenca del rio las Piedras	51
Tabla 8. Redes hídricas visitadas en campo	54
Tabla 9. Humedales identificados	59
Tabla 10. Nacimientos de agua identificados	60
Tabla 11. Coberturas de la tierra identificadas en la parte alta de la subcuenca rio Las Piedras	72
Tabla 12. Usos del suelo en la parte alta de la subcuenca río Las Piedras	76
Tabla 13. Vocación de suelo en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras.....	81
Tabla 14. Conflictos por uso de suelo en la parte alta de la subcuenca del rio Las Piedras	85
Tabla 15. Matriz de indicadores de presión estado y respuesta en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras	91
Tabla 16. Categorización y ponderación de la variable uso del suelo.....	97
Tabla 17. Categorización y ponderación de la variable cobertura vegetal	97
Tabla 18. Categorización y ponderación de la variable conflictos por uso del suelo	98
Tabla 19. Categorización y ponderación según tipo de clima	98
Tabla 20. Categorización y ponderación para el estado actual del recurso hídrico	99
Tabla 21. Matriz multicriterio con sus respectivas ponderaciones a cada variable	100
Tabla 22. Áreas priorizadas para la intervención del fondo del agua del municipio de Popayán	105

INTRODUCCIÓN

El proyecto, va dirigido a la identificación de las áreas a intervenir para el Fondo del Agua de la ciudad de Popayán, a través de la caracterización y priorización de las áreas, bajo el lineamiento de Aplicación de Metodologías para el monitoreo de coberturas de la tierra y uso de suelo, este ejercicio se llevó a cabo en la parte alta de la subcuenca río Las Piedras, fuente abastecedora del Acueducto y alcantarillado de la ciudad de Popayán; es necesario realizar un estudio de las condiciones actuales de la subcuenca, para destacar sus potencialidades, debilidades y necesidades dirigidas a mejorar la calidad y cantidad del recurso hídrico.

Para el desarrollo del presente proyecto presentado en modalidad de práctica profesional, se planteó un objetivo general y 3 objetivos específicos, que para su cumplimiento se utilizaron metodologías como la Corine Land Cover, que busca la caracterización de las coberturas naturales y antropizadas presentes en el territorio, los cuales proporcionaron información fundamental para diversos procesos como, ordenación de las cuencas y del territorio, tipos de ocupación y conflictos del uso del suelo entre otros; esto con el apoyo de imágenes satelitales, información que procesada a través de los Sistemas de Información Geográfica, según las características espectrales y espaciales de la imagen.

El documento que se presenta continuación, está constituido por 3 componentes, el primero busca el reconocimiento las áreas biofísicas de interés para la intervención del fondo de agua de Popayán río Las Piedras mediante el análisis de variables tales como: temperatura, precipitación, clases de clima, tipo de zonas de vida, y el estado actual del recurso hídrico. El segundo componente estructural del proyecto es la Caracterización las áreas para la priorización a partir de las coberturas de la tierra y usos del suelo de acuerdo a la metodología Corine Land Cover, (CLC), componente que describe las coberturas de la tierra, los usos

actuales del suelo, la vocación de los suelos en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras y los conflictos que se presentan en dicha zona. El tercer y último componente es el análisis y priorización de las áreas para la intervención del Fondo de Agua de Popayán

Por lo anterior se utiliza el modelo de indicadores de Presión, Estado y Respuesta utilizado para el seguimiento ambiental, enfocado hacia el desarrollo sostenible, según la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico-OECD, como también fue utilizado por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena-CAM para el desarrollo del proceso de priorización de las cuencas hidrográficas en el área de su jurisdicción. De esta manera se toman como referencia para la elaboración del presente documento.

2. JUSTIFICACIÓN

La subcuenca del río Las Piedras es un principal afluente abastecedor de agua para la ciudad de Popayán y parte del municipio de Totoró, por tal razón es indispensable hacer una gestión integral del recurso hídrico a través de acciones y esfuerzos de todos los sectores de la ciudadanía. El propósito del presente proyecto fue conocer e identificar las áreas a priorizar que necesitan de una intervención directa e inmediata y oportuna en la parte alta de la subcuenca, para la generación de medidas de conservación y protección por parte del fondo de Agua de la Ciudad de Popayán, fue necesario conocer las causas que han llevado al estado actual de la subcuenca Las Piedras, se requirió de un reconocimiento de la zona, a través de la caracterización biofísica, para la identificación de las áreas a priorizar, donde se busca una adecuada gestión integral de recurso hídrico, la conservación y protección del ecosistema de la subcuenca, pensado en el beneficio de la comunidad urbana y rural.

Las consecuencias que trae el asentamiento de la población en las zonas de gran importancia ambiental, como lo es la parte alta de la subcuenca río Las Piedras, es la transformación del paisaje por medio de las actividades que impactan en el deterioro del medio ambiente, como también la contaminación de las fuentes hídricas, inadecuado manejo de residuos sólidos, malas prácticas de agricultura, entre otros factores que generan perturbaciones al ambiente, es por esto que la incursión de este tipo de estudios beneficia a la población consumidora del agua que se origina y transcurre en la totalidad de la Subcuenca.

Con el proyecto se quiere mostrar cuáles son las áreas que requieren de una intervención oportuna a través de infraestructura natural e identificar las distintas variables que son causantes del deterioro de la subcuenca, Para que permitan a las instituciones públicas y organizaciones sociales de la zona, tomar mejores decisiones en la Gestión Integral del Recurso Hídrico, razón por la cual se requiere el reconocimiento, caracterización, análisis y priorización de estas áreas

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

- Caracterizar y priorizar las áreas de intervención del Fondo de Agua de Popayán en la parte alta de la Subcuenca abastecedora del Rio Las Piedras.

3.2 Objetivos específicos

- Reconocer las áreas biofísicas de interés para la intervención del fondo de Agua de Popayán Rio Las Piedras.
- Caracterizar las áreas para la priorización a partir de las coberturas de la tierra y usos del suelo de acuerdo a la metodología Corine Land Cover, (CLC).
- Modelar cartográficamente las áreas para la intervención del Fondo de Agua de Popayán.

4. MARCO TEÓRICO

La Geografía a través de la historia ha descrito las diferentes maneras de ver y representar la realidad, de igual forma la interacción de la sociedad con el espacio, también ha considerado los distintos paradigmas que han surgido a partir de los cambios y la evolución que ha tenido la disciplina geográfica a través de los distintos periodos y más aún en el último siglo. A finales del siglo XIX y principios del siglo XX permitieron que la Geografía se desarrollara como una ciencia interdisciplinaria, forjando relaciones estrechas entre las ciencias naturales y exactas asimismo con las ciencias humanas y el avance de la tecnología, le permitieron establecer distintos enfoques y “perspectivas ecológica, corológica y sistémica, las cuales interactúan muy estrechamente con el nivel focal de los Sistemas de Información Geográfica, y proporcionan las bases de su relación con la geografía aplicada.”¹ Estos avances y relaciones con otras disciplinas permitieron abordar problemas complejos en el espacio. A partir de distintos puntos de vista, por ejemplo, el corológico define la Geografía “como la ciencia que estudia la diferenciación de espacios sobre la superficie terrestre y desde una visión sistémica, gran cantidad de estudios realizados con Sistemas de Información Geográfica pueden utilizarse para corroborar modelos espaciales y tomar referencia de diferentes leyes del comportamiento espacial.”²

Por esta razón actualmente los estudios geográficos se han interesado en el análisis espacial el cual “se centra en el estudio, de manera separada, de los componentes del espacio, definiendo sus elementos constitutivos y la manera como éstos se comportan bajo ciertas condiciones.”³. Es así como el principal objeto de estudio de la Geografía ha sido el espacio, sus componentes y sus

¹ Gustavo D. Buzai “SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA-Evolución teórico-Metodológica hacia campos emergentes, (2008)”. Universidad Nacional de Luján Programa de Estudios Geográficos. Recuperado de <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal13/Nuevastecnologias/Sig/01.pdf>

² *Ibíd.* p.288

³ Madrid, A y Ortiz, L “Análisis y Síntesis en Cartografía”. Bogotá Colombia. 2009. P.16. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/1239/3/02CAPI01.pdf>

relaciones, ya sean con la naturaleza, con los individuos y la diversidad de problemáticas que son los principales agentes transformadores del espacio. Esto ha permitido que se analice el espacio a través de diferentes técnicas cuantitativas y cualitativas

Teniendo en cuenta lo anterior, el análisis espacial está determinado por un conjunto de técnicas y procedimientos que permiten clasificación y procesamiento de los datos para buscar solución a problemas de gran dimensión. Por otra parte, cabe resaltar la importancia de elaborar un Análisis Espacial utilizando los Sistemas de Información Geográfica SIG, como una herramienta en capacidad de procesar información espacial y representarla mediante un modelo análogo de la realidad.

Los SIG surgen a partir de la década de los 70 con el desarrollo de nuevos enfoques cartográficos, autores como “John K.Wright en la Sociedad Geográfica Americana, en especial la publicación de su obra Elements of Cartography en 1953”⁴, obras como esta van ampliando el campo de la geografía cuantitativa y su relación con la informática. Si bien los SIG en sus inicios estaban ligados a las cuestiones forestales y de planificación Urbanística, actualmente se encuentran relacionados con muchas más disciplinas las cuales han generados nuevas formas de implementar los SIG a otros temas. Sin duda un elemento clave para la utilización de los Sistemas de Información Geográfica es la sensibilización medio ambiental, la cual obliga a generar un estudio más detallado del espacio. Hoy en día los sistemas de información geográfica son un campo del conocimiento muy amplio. Líneas de desarrollo como la construcción de servidores cartográficos de alto rendimiento para el manejo, visualización, consulta y el análisis espacial basado en datos con estructura Raster, son prácticamente especialidades que difícilmente se pueden cubrir en un solo texto. No obstante al vincular los sistemas de información geográfica aplicado a las cuencas hidrográficas

⁴ CARLOS EDUARDO CÁCERES GONZÁLEZ “Sistema de Información Geográfica para la Evaluación Regional del agua en el Departamento del Huila”. Universidad de Manizales, 2007. P.18. Recuperado de http://ridum.umanizales.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/6789/3214/Caceres_Gonzalez_Carlos_Eduardo_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

“constituye un marco para planificar el uso sostenible de la cuenca, se considera como una unidad ambiental del territorio, dado que sus límites fisiográficos se mantienen en un tiempo considerablemente mayor a otras unidades de análisis, además involucra una serie de factores y elementos tanto espaciales como sociales, que permiten una comprensión integral de la realidad del territorio”⁵.

La priorización de las cuencas entendida como proceso de la planificación sistemático, previsorio, continuo e integral, conducente al uso y manejo sostenible de los recursos naturales y condiciones de una cuenca, de manera que se mantenga o restablezca un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento social y económico de tales recursos y la conservación de la estructura y función físico biótica de la cuenca. Cuando se requiere la caracterización y priorización una cuenca debe realizarse un estudio que revele el estado actual de la cuenca, el estado futuro que se desea para ella y qué proyectos factibles direccionarían el estado actual hacia el estado futuro deseado.

4.1 MARCO CONCEPTUAL

En esta propuesta se tomaron en cuenta, conceptos como Caracterización, Priorización, Fondo de Agua, Uso de Suelo y Coberturas de la Tierra.

4.1.1 Caracterización

Para el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de República Dominicana *“La caracterización ambiental presenta el panorama de la oferta y la demanda ambiental del territorio, así como las afectaciones ambientales*

⁵ Castaño C., 2003. Planificación y Ordenamiento Territorial: Algunos Modelos e Instrumentos para la Gestión Integrada de las Cuencas. III Congreso Latinoamericano de Manejo de Cuencas Hidrográficas, Arequipa, Perú / Junio 9 al 13, 2003.

*relevantes. Nos muestra un claro conocimiento de la realidad ambiental existente*⁶.

Es así como para el carácter ambiental la caracterización es línea de desarrollo de la planificación, según la revista de investigación “la caracterización de los elementos físico-naturales, facilita el análisis de sus complejas interacciones y permite luego de diversos análisis, plantear propuestas para lograr un mejor aprovechamiento, en procura de obtener un uso armónico y sostenido de los recursos, sin detrimento de su calidad”⁷.

4.1.2 Cobertura de la Tierra

“Comprende todos los elementos que se encuentran sobre la superficie del suelo ya sean naturales o creados por el ser humano; constituye en muchas áreas la manifestación más clara de las condiciones ambientales de una región, de la fertilidad o capacidad de porte de un suelo, de la disponibilidad local de agua y uno de los elementos que más incide en la apreciación visual de los paisajes”⁸.

Las unidades de uso obtenidas constituyen el punto de partida para la evaluación de los sistemas ambientales para mayor planificación territorial.

4.1.3 Uso del Suelo

“El suelo es un componente fundamental del ambiente, natural y finito, constituido por minerales, aire, agua, materia orgánica, macro y micro-organismos que

⁶ Guía para la caracterización ambiental provincia, República Dominicana: pág. 2: https://www.academia.edu/974283/Gu%C3%ADa_para_la_Caracterizaci%C3%B3n_Ambiental_Provincial_Rep%C3%ABlica_Dominicana

⁷ Artículo Científico, Caracterización Físico Natural de la Comunidad Indígena de Kashaama con Fines de Manejo Sostenible de la Tierra. Años 2015, disponible en el siguiente enlace: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892015000200005

⁸CRC, clima del Patía, uso de suelo: pag,62

desempeñan procesos permanentes de tipo biótico y abiótico, cumpliendo funciones vitales para la sociedad y el planeta”⁹.

A pesar de su importancia, el uso insostenible del suelo, entre otras actividades antrópicas, ocasiona su degradación, la cual resulta particularmente preocupante, por el efecto negativo en los ecosistemas, los organismos y las comunidades, es por ello que se hace necesario *“el proceso metodológico de la planificación y el uso de la tierra contribuye a: orientar la localización de las actividades económicas y sociales respecto a la aptitud de la tierra y aporta soluciones a conflictos de uso; indica las áreas expuestas a amenazas naturales y su manejo; e identifica las actividades y sistemas productivos y extractivos sostenibles”*¹⁰.

4.1.4 Cuencas hidrográficas

Es *“un área de captación natural del agua de precipitación de la lluvia que hace converger los escurrimientos hacia un único punto de salida. Este punto de salida es denominado exutorio y está compuesta por un conjunto de superficies vertientes constituidas por la superficie del suelo y de una red de drenaje formada por los cursos de agua que confluyen hasta llegar a un lecho único en el punto de salida”*¹¹.

4.1.5 Fondo de Agua

Este es un mecanismo de intervención para los estudios de aprovechamiento del recurso hídrico, es por eso que: *“Los Fondos de Agua son mecanismos financieros, de gobernanza y de gestión que integran a los actores relevantes de una cuenca para promover la seguridad hídrica de una zona metropolitana a*

⁹ Minambiente, Sistema de Información Ambiental de Colombia; Disponible en el siguiente enlace: <http://www.siac.gov.co/suelo>

¹⁰ Planificación del uso de la tierra, citado en un documento parcial sin título. Disponible en pdf.

¹¹ Planeamiento y manejo y gestión de cuencas hidrográficas, unidad 1. Disponible en el siguiente enlace: https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/83/2/Unidade_1.pdf

través de acciones de Canalizan inversiones de largo plazo para proyectos de conservación que maximizan la filtración, reducen sedimentos y otros contaminantes para ayudar a mejorar la calidad y regular los flujos de agua que abastecen a las ciudades. Los Fondos de Agua fortalecen la gobernanza de las cuencas al reunir a los actores relevantes – usuarios, empresas administradoras de agua, corporaciones, autoridades y sociedad civil – y aportar un sólido conocimiento científico para facilitar el proceso de toma de decisiones”¹².

La necesidad de la protección de medio ambiente se vuelve muy urgente debido al cambio brusco que se está generando en los territorios, debido a las grandes manifestaciones humanas, por ello, “el fondo de agua para Popayán propende a garantizar estabilizar en los caudales de los ríos abastecedores en épocas de sequía y lograr que en tiempos de lluvia, teniendo reforestadas las zonas de las cuencas, se pueda disminuir el riesgo de avalancha y turbiedad del agua”¹³.

4.2 MARCO LEGAL

- **La Constitución política de Colombia en el Artículo 79:** Establece que “es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines”¹⁴.
- **Artículo 80:** “El Estado tendrá que planificar el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible,

¹² Alianza latinoamericana de fondos de agua: ¿que son los fondos de agua disponible en, <https://www.iadb.org/es/sectores/water-and-sanitation/iniciativa-fondos-de-agua/inicio%2C20489.html>

¹³ Cauca extremo; Fondos de agua para Popayán: disponible en el siguiente enlace: <http://caucaextremo.com/site/fondo-de-agua-para-popayan/>

¹⁴ *Ibíd.*p.20

protección uso y conservación. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental”¹⁵.

- **LEY 99 DEL 93** “ A través de esta norma se crea el Ministerio del Medio Ambiente, donde cabe mencionar, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental -SINA; establece los principios generales ambientales con la finalidad de proteger y recuperar áreas de importancia ambiental como los nacimientos de agua estrellas hidrográficas entre otros, por medio de estas se crean las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), encargadas de la planificación y cumplimiento de las normas ambientales territoriales estableciendo en las mismas autonomía sobre las regiones”¹⁶.

La normativa relacionada con la gestión del agua de la última década, considera desde aspectos relativos a la participación de la sociedad, el establecimiento de tasas retributivas y de utilización del recurso hasta la creación de las comisiones conjuntas. Con el fin de armonizar las regulaciones establecidas en el Código de Recursos Naturales con los principios normativos ambientales señalados en la Ley 99 de 1993, en el año 2002 se expide el Decreto 1729 de 2002 que establece las finalidades, principios y directrices de la ordenación de cuencas y señala como su principal objetivo el de la planificación del uso y manejo sostenible de los recursos naturales renovables, de manera que se consiga mantener o restablecer un adecuado equilibrio entre el aprovechamiento económico de tales recursos y la

¹⁵ Constitución Política de Colombia 1991 Actualizada con los Actos Legislativos a 2016. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>.

¹⁶ Ley 99 de 1993. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>

conservación de la estructura físico-biótica de la cuenca y particularmente de sus recursos hídricos

Como parte de la implementación del Decreto 1729 de 2002, le correspondió al IDEAM la formulación de la “Guía Técnico Científica para Ordenación de Cuencas Hidrográficas” en la cual se establecen los principios orientadores y el esquema metodológico para la formulación de los POMCH.

- **DECRETO 1640 DE 2012:** “Por medio de la cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación, manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos. Se constituye en una herramienta de planificación de uso del territorio y de los Recursos Naturales Renovables de la nación para garantizar su aprovechamiento y desarrollo sustentable, con el fin de lograr la identificación y programación del proceso de conciliación de los conflictos surgidos entre el modelo de desarrollo y la dinámica autónoma de la Región”¹⁷.

4.3 ESTADO DE ARTE

La FAO (Organizaciones para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), es uno de los organismos mundiales sobre estudios de planificación de usos de suelo, ha desarrollado proyectos a nivel de Suramérica como el siguiente: “**Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas para la adaptación al cambio climático**”, este trabajo se enfoca hacia la asistencia técnica respondiendo a las medidas de conservación y difusión de los nuevos sistemas de manejo orientados a la producción sostenible, mediante el desarrollo de herramienta, para el seguimiento y evaluación de los esfuerzos para la conservación de tierras y aguas que se desarrollan a nivel mundial.

¹⁷Decreto 1640 de 2012. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.ideam.gov.co/documents/24189/389196/34.+DECRETO+1640+DE+2012.pdf/16c0bbbb-644a-4a96-9c9d-b0edcbce50aa?version=1.1>

Así el proyecto presenta una metodología llamada WOCAT (Panorama Mundial de Enfoques y Tecnologías de la Conservación) consiste en la identificación de una práctica o enfoque exitoso para la conservación de suelos y aguas, ubicación y caracterización de los problemas de degradación en la zona, donde se analizan con tecnologías haciendo énfasis en los usos de herramientas de sistemas de información geográfica, que permiten un claro análisis sobre los problemas presentes en la zona referente al cambio climático.¹⁸

En Colombia existen varios estudios sobre conservación y el uso del suelo, este trabajo de **“Análisis Multitemporal de las Coberturas y uso de suelo de la reserva forestal protectora productora casa blanca en Madrid Cundinamarca”** realizado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, con el apoyo de la universidad Distrital Francisco José de Caldas, es un estudio en el cual se da a conocer un análisis multitemporal de los cambios de cobertura y uso de suelo de las áreas protegidas de la cuenca alta de Río Bogotá, cambios que han sido generados por el desplazamiento de habitantes hacia Bogotá y sus alrededores debido al conflicto social y armado Colombiano, lo que ha generado un alto nivel de presión sobre los recursos y la aparición de nuevos usos de suelo; además la sabana se considera una región de interés ecológico nacional; con lo anterior se elaboró una serie de recomendaciones en la toma de medidas sobre el manejo ambiental del municipio; este estudio utilizó la aplicación de las tecnologías de la información geográfica, Los cuales permitieron resolver problemas gestión y planificación en cuanto al uso del suelo¹⁹.

¹⁸ FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2014. Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas con enfoque de adaptación al cambio climático. Metodología basada en WOCAT para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.fao.org/3/a-i3741s.pdf>

¹⁹ Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora “Casa Blanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015: aportes para el ordenamiento territorial del municipal (2017). Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Disponible en el siguiente enlace: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf

Los sistemas de información geográfica (S.I.G), se convierten en una herramienta clave para la identificación de problemas presentes en las zona a estudiar, el siguiente trabajo “ **Zonificación sobre las coberturas de la tierra mediante la aplicación de herramientas SIG para la revisión y ajuste del p.o.t en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: caso municipio Zipaquirá**” en este trabajo trata de los inminentes cambios en el uso del suelo y la falta de una clasificación de las coberturas de la tierra, que procure e análisis espacial y la orientación para la ocupación del territorio por parte de los planeadores de esta manera la problemática, en la actualidad con el avance de las tecnologías de la información, estos modelos predictivos de cambios de usos de suelo presenta una herramienta potencial haciendo uso de los Sistemas de Información Geográfica, y percepción remota, que da como resultado una serie de datos e información que pueda ser utilizada la toma de decisiones.

La existencia de actividades en la protección y restauración de las cuencas hídricas son acciones encaminadas por organizaciones ambientales como el “**Programa global de agua dulce**” (The Nature Conservancy), han utilizado varias estrategias para proteger las fuentes hídricas incluyendo inversiones en infraestructura verde, prácticas de manejo de uso del suelo, mejoramiento de la eficiencia en el uso del agua en la agricultura, contando para ello con la participación de las empresas líderes y grandes usuarios del agua en el manejo de la cuenca hidrológica y donde los fondos de agua son una herramienta para apoyar este trabajo.

Los Fondos de Agua son mecanismos financieros y de gobernanza que se crean con el objetivo principal de la conservación de las cuencas hídricas. En un esfuerzo por asegurar el suministro continuo de agua limpia, a los usuarios cuenca abajo (municipios, servicios públicos, compañías) y / o las agencias públicas; dan recursos a las comunidades que habitan cuenca arriba (agricultores y ganaderos) así como a organizaciones de conservación para financiar los esfuerzos de

restauración ecológica y de conservación a largo plazo dentro de la cuenca hidrológica de la cual dependen²⁰.

El Fondo de Agua de Popayán se ha proyectado como una estrategia financiera a largo plazo, con el cual busca fortalecer la gestión integral de las cuatro cuencas abastecedoras de la ciudad, uniendo aportes voluntarios de actores comunitarios urbanos y rurales e instituciones públicas y privadas, para invertir en la conservación y restauración de las cuencas, en la consolidación de Popayán, como municipio sostenible, resiliente y competitiva.²¹

5. METODOLOGÍA

En el desarrollo del proyecto se enmarca en las siguientes etapas:

5.1 Etapa previa

Se Recopiló información secundaria y selección de metodología Corine Land Cover para Colombia CLCC y el modelo de Presión, Estado y respuesta P.E.R para la selección de criterios y parámetros.

En esta etapa se llevó a cabo la recolección y recopilación de información secundaria relacionada con la temática de interés, documentos de instituciones públicas (Acueducto y Alcantarillado de Popayán, Alcaldía de Popayán, Universidad del Cauca, Corporación Regional del Cauca, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Cabildos Indígenas de Puracé y Quintana) y otras instituciones,

²⁰ The Nature Conservancy, Organización Internacional dedicada a la Conservación de la Biodiversidad y el medio Natural. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.mundotnc.org/>

²¹Fundación Procuencia Rio las Piedras Acueducto y Alcantarillado de Popayán. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.acueductopopayan.com.co/gestion-ambiental/fundacion-procuencia-rio-las-piedras/fuentes-de-abastecimiento/cuenca-molino/>

dentro esta etapa, se revisaron los criterios y parámetros a estimar, para la conservación de la estructura biofísica de la subcuenca, esto de acuerdo al “Decreto 1729/2003”²².

Es importante resaltar que el Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales (IDEAM) a partir de la Resolución No. 104 del 7 de julio de 2003 “Por la que se establecen los criterios y parámetros para la Clasificación y Priorización de cuencas hidrográficas”²³. Para la Caracterización y Priorización de las áreas de intervención del fondo de Agua de Popayán en la Subcuenca del río Las Piedras fue necesario aplicar esta metodología de Presión, Estado y Respuesta (PER). Esta resuelve en su artículo primero adoptar los criterios y parámetros establecidos por el IDEAM para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas. (Ver Tabla 1).

Tabla 1 Componentes, factores, parámetros y criterios para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas

Componente	Factor	Parámetro	Criterio
Hidrológico	Demanda y oferta hídrica	Índice de escasez	Mayor índice de escasez mayor prioridad
	Riesgos naturales	Grado de vulnerabilidad	A mayor grado de Vulnerabilidad mayor prioridad
	Estado de desarrollo de estudio de agua	Inventario y evaluación	A mayor cantidad de estudios mayor prioridad

²² DECRETO No.1729 DE 2002 – Cuencas hidrográficas: disponible en el siguiente enlace:

http://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Decreto_1729_de_2002.pdf/59ad8528-1179-4fd7-9075-aed67fce2b40

²³ IDEAM. “Guía para la Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas en Colombia Segunda Versión”. (2010). Recuperado de http://repositorio.gestiondelriesgo.gov.co/bitstream/handle/20.500.11762/22587/33-2010_IDEAM_Guia_Cuencas.pdf;jsessionid=C9AB0D7516F5C101ED0A257221C52280?sequence=1

	Disponibilidad de información y sistema de monitoreo	Índice de densidad de monitoreo	Mayor cantidad de información y calidad de monitoreo mayor prioridad.
	Estado de reglamentación del recurso hídrico	Nivel de aplicación de la reglamentación	A menor aplicación de reglamento menor prioridad
Físico/biótico	Presencia y estado de ecosistemas estratégicos (páramos sub-páramos, bosques de niebla, ecosistema seco y humedales	Presencia /ausencia	A mayor presencia de ecosistemas estratégicos mayor prioridad.
	Oferta de bienes y servicios ambientales a nivel nacional, regional y local	Tangibles e intangible	A mayor riqueza de intangibles mayor prioridad.
	Existencia de aguas protegidas	Tipo de áreas	A mayor área protegida mayor Prioridad
	Degradación de ecosistemas y pérdida de biodiversidad	Área	A mayor superficie de ecosistemas en degradación mayor prioridad

	Degradación de suelos (perdida materia orgánica, compactación, salinización, erosión)	Nivel de degradación	A mayor nivel de degradación mayor Prioridad
Socio cultural	Conflicto por uso de agua	A mayor nivel de degradación mayor Prioridad	Mayor número de conflictos por uso mayor prioridad
	Disponibilidad de la comunidad	Valoración contingente de la disponibilidad de participar	A mayor disponibilidad comunitaria mayor prioridad
	Densidad población	Habitantes / área	A mayor densidad mayor prioridad
	Conflictos por uso del suelo	Degradación, actividades antrópicas	A mayor número de conflictos mayor prioridad
	Nivel de organization social	Número, tipo y coordinación de las organizaciones sociales	A mayor nivel (Verificar políticas de estado) mayor prioridad
	Fragmentación predial y tenencia de la tierra	Índice de concentración de la Propiedad	A mayor índice (Verificando la productivid de la tierra) menor prioridad

	Nivel de calidad de vida(NBI; pobreza, miseria)	NBI, Pobreza, Miseria	A mayor índice de NBI, Pobreza, Miseria (con la reserva regional del caso) mayor prioridad
Tecnología y Economía	Estado de desarrollo de estudios, diagnósticos y formulación de planes y disponibilidad de información y sistemas de monitoreo.	Nivel de aplicación de tecnologías sostenibles	A mayor nivel de aplicación mayor Prioridad
	Actividades productivas y sistemas de Producción	Tipo de actividad (Detallar bajo ventajas comparativas, competitivas y sostenibles)	A mayor competitividad Regional Sostenible mayor prioridad.
Político institucional	Existencia y /o potencial de coordinación interinstitucional, intersectorial para el ordenamiento de la Cuenca	Razón de recursos provenientes de: convenios, transferencias e instrumentos económicos a recursos totales	A mayor proporción de recursos disponibles mayor prioridad
	Posibilidades de participación social en la ordenación de Cuenca	Medios efectivos de participación y cobertura de estos medios al total, de la población que desea participar	A mayor posibilidad de participación mayor prioridad

Fuente: Tomado de la Resolución N°104 del 7 de Julio de 2003.

5.1.1 Selección de factores y parámetros como indicadores en el proceso de priorización.

Considerando la información anteriormente obtenida en el proceso de priorización se establecieron los siguientes criterios y parámetros a evaluar más pertinentes para el desarrollo del proyecto.

Tabla 2 Indicadores de la matriz Presión-Estado - Respuesta

Indicadores de presión	Indicadores de estado	Indicadores respuesta
Actividades productivas y sistemas de producción.	-porcentaje de erodabilidad del suelo -número de redes hídricas alteradas por el desvío de cause para el riego ganadero y agrícola	Existencia de planes de ordenamiento y manejo de cuencas.
Usos del suelo y coberturas de la tierra	-Área estratégica degradada -Porcentaje de bosques primarios deforestados	-Estrategias comunitarias - alta capacidad organizativas por parte de la comunidades
Conflicto de uso del suelo	-Número de humedales y nacimientos de agua sedimentados	-adquisición de predios para la protección ambiental
Deforestación		

Fuente: Elaboración propia - 2019

5.2. Primera etapa: caracterización biofísica.

Se realizó un reconocimiento parcial del área de estudio, con el apoyo de las comunidades de la parte alta de Subcuenca Río Las Piedras, para caracterizar las áreas de intervención y el uso de suelo, conocer el estado actual subcuenca hidrográfica, especialmente en las zonas de páramo, sub-páramos, nacimientos de agua. Se partió con la identificación de:

- **Cuerpos de agua:** Entendidos como quebradas, humedales, nacimientos de agua, acuíferos y las problemáticas, por lo cual se requirió del mapa temático de la subcuenca río Las Piedras GPS, tabla metodológica, y el acompañamiento de la comunidad.

5.3. Segunda etapa: Coberturas y usos de suelo

Metodología Corine Land Cover permitió “caracterizar, clasificar y comparar las coberturas de la tierra, que estandariza un sistema de clasificación, con categorías jerárquicas adaptada a Colombia por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) en el año 2010, posteriormente implementada en la zona, la leyenda nacional fue estructurada de manera jerárquica, derivando las unidades de coberturas de la tierra con base en criterios fisonómicos de altura y densidad, claramente definidos y aplicables a todas las unidades consideradas para un grupo de coberturas del mismo tipo. De esta manera, se garantizó la inclusión de nuevas unidades o la definición de nuevos niveles de unidades para estudios más detallados, permitiendo su ubicación y definición”²⁴.

Se realizaron recorridos en campo, con el fin de elaborar un análisis de la cobertura de la tierra y el uso de ella, lo que permite la actualización y elaboración del mapa correspondiente de la parte alta de la subcuenca río Las Piedras.

5.3.1 Procesamiento Digital de Imágenes.

El procesamiento digital de las imágenes satelitales landsat 8, con el análisis de la información se definió toda el área de estudio a través de un geo-procesamiento

²⁴ IDEAM, 2010. Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

utilizando los sistemas de Información Geográfica “SIG”, que permitieron tener una mejor interpretación de las zonas de estudio.

Dentro de esta metodología se empleó el software ArcGis10x el cual ayudó a generar información de la cobertura vegetal y uso del suelo en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras a escala 1:25.000.

6. ÁREA DE ESTUDIO

La parte alta de la subcuenca del Río Las Piedras está ubicada en el municipio de Popayán y Totoró; al nororiente de la ciudad, sobre el flanco occidental de la cordillera Central. “El nacimiento de esta sub cuenca, se encuentra a 76° 31’ 10” al Oeste de Greenwich y 2° 21’ 45” de latitud Norte, y a 76° 23’ 45” longitud Oeste y 2° 25’ 40” de latitud Norte en la desembocadura del río Cauca. Así mismo, limita al norte con la divisoria de aguas de la cuenca del río Palacé, al sur con la divisoria de aguas del río Vinagre, al este con los cerros de Puzná y Cargachiquillo, al oeste con el río Cauca. Se encuentra en la parte alta de la cuenca del río Cauca en el departamento del Cauca. Su extensión es de aproximadamente 6.551 Ha y una altitud variable entre 1.980 y 3.820 msnm, presenta los pisos térmicos páramo, frío y templado lo cual permite que se diferencien los pisos bioclimáticos subandino, andino, alto andino y páramo”.²⁵

6.1 Economía:

En la Subcuenca del Río Las Piedras, la economía se sustenta principalmente de los “sistemas productivos tradicionales y en especial la ganadería extensiva seguido de la explotación agrícola (CRC), es por ello que la subcuenca hidrográfica es considerada un ecosistema estratégico para el municipio de Popayán por las siguientes razones fuente abastecedora de agua para consumo humano, en el municipio de Popayán, además se constituye como zona de amortiguamiento del Parque Nacional Natural Puracé y además cuenta con una pequeña zona de páramo, dentro de la área de la subcuenca habitan comunidades indígenas y campesinas”.²⁶

²⁵ CASAS Figueroa Apolinar y Valencia Patricia Mónica: coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca (2009). Rojas. Sello Editorial Universidad del Cauca.

²⁶ Corporación Autónoma Regional del Cauca Corporación Autónoma Regional del Cauca: Plan de ordenación y manejo de la sub cuenca hidrográfica del Río Las Piedras

6.2 Organizaciones sociales:

Dentro de la subcuenca Río Las Piedras, participan 4 actores que a continuación nombraremos:

“El resguardo indígena de Puracé, actualmente lo habitan 1.020 familias, para un total de 5.060 habitantes. El sector de Cuaré bajo habitan unas 60 familias, 240 habitantes, en una extensión aproximada de 920 hectáreas, todos hacen parte de los grupos comunitarios: EL CEDRO, EL PORVENIR, LA COSTA, LA SARDINA, JUNTAS, BUENA VISTA de la parte alta de la subcuenca río Las Piedras, como comunidad indígena hacen parte de la estructura organizativa de la Asociación de Cabildos Genaro Sánchez Zona Centro Pueblo Kokonuko”.²⁷

“El resguardo indígena Páez de Quintana, cuenta con un área inicial de 655.8 hectáreas, representado por el cabildo indígena de Quintana como autoridad tradicional y entidad pública de carácter especial, actualmente lo habitan 712 familias, para un total de 2.268 habitantes. Mediante el proceso de lucha y recuperación y liberación de la madre tierra, hoy en día se cuenta con una extensión aproximada de 3000 hectáreas legalizadas y en procesos de legalización, todos hacen parte de los grupos comunitarios de las subcuencas río Las Piedras y río Palacé, la organización hace parte de la estructura organizativa de la Asociación de Cabildos Genaro Sánchez Zona Centro Pueblo Kokonuko.”²⁸

- **Red de Reservas Naturales – ASOCAMPO**

La Asociación Campesina Municipio de Popayán Red de Reservas Naturales-ASOCAMPO “se conforma a raíz de la problemática por la tenencia de tierra que se originó a partir de los años 70 cuando se inicia la afectación de la hacienda el

(2006). Disponible en el siguiente enlace: <http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Piedras/Documento%20final.pdf>

²⁷ Plan de salvaguarda étnico pueblo indígena Kokonuko “PSEPIK” (2011-2013). Disponible en el siguiente enlace: http://observatorioetnicocecoin.org.co/cecoin/files/P_S%20Kokonuco.pdf - y plan de Vida del Resguardo Indígena de Puracé.

²⁸ Ibid.p. 34

Limonar ubicada en la vereda El canelo, extendiéndose a las demás haciendas de la zona y dando origen a la creación del cabildo indígena de quintana y la recuperación de tierras por los cabildos de Puracé y Quintana; surgen los conflictos por tenencia de la tierra, afectando no solo los latifundios de los grandes terratenientes sino también de los de los pequeños propietarios campesinos pretendiendo consolidar una hegemonía indígena. El radio de acción de la organización Asocampo abarca las veredas de: Las Huacas, Los Laureles, El Canelo, Quintana San Ignacio y la Laguna.

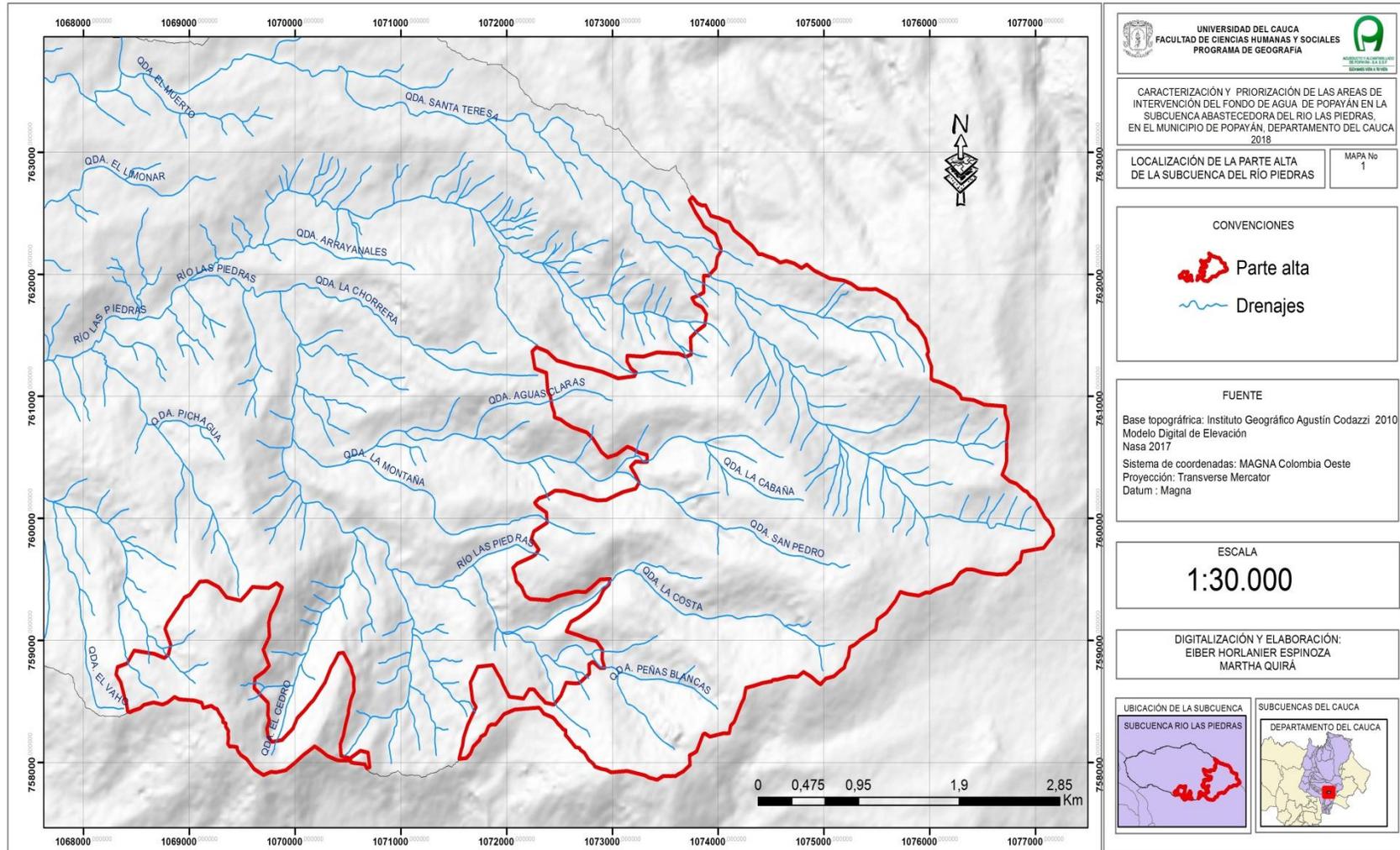
Actualmente la Organización Campesina Asocampo cuenta con 77 asociados activos y 64 familias, la población es de 326 habitantes y con personería jurídica vigente expedida por cámara de comercio.”

- **Asociación de Propietarios y Productores de la Vereda de Quintana – ASOPROQUINTANA**

“Es una asociación sin ánimo de lucro, siempre permite el diálogo y la concertación para buscar soluciones en un primer momento de tipo social y construir tejido social; entre sus fortalezas está el recurso humano de la misma comunidad, los recursos hídricos y naturales de la región, la convivencia pacífica; entre las dificultades el difícil acceso a la vereda por el mal estado de la vía, falta de presencia del gobierno municipal, departamental y nacional, escases de compromiso de las entidades que firmaron el pacto de convivencia para él un buen bienestar de las familias asentadas en la zona; actualmente la asociación cuenta con 53 asociados, correspondientes a 15 familias, para un total de 70 habitantes.”²⁹

²⁹ Acueducto y Alcantarillado de Popayán. -S. A E.S.P. (Fundación Procuencia Rio las Piedras). Disponible en el siguiente enlace: <http://www.acueductopopayan.com.co/gestion-ambiental/fundacion-procuencia-rio-las-piedras/fuentes-de-abastecimiento/cuenca-molino/>

MAPA N° 1 LOCALIZACIÓN DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS PIEDRAS



Fuente: Elaboración propia – 2019

7. CAPITULO I: RECONOCIMIENTO DE LAS ÁREAS BIOFÍSICAS DE INTERÉS PARA LA INTERVENCIÓN DEL FONDO DE AGUA DE POPAYÁN RÍO LAS PIEDRAS

Para la realización del reconocimiento de las áreas de interés para la intervención, se consultó información secundaria y primaria para el respectivo diagnóstico de las variables que se estructuran en el marco metodológico del presente proyecto, en este aparte se analizará el estado actual del recurso hídrico, calidad del agua, la temperatura, precipitación y posteriormente se realizó la clasificación climática según Caldas Lang y la identificación de las zonas de vida según Holdridge.

La evaluación cuantitativa de cuencas requiere herramientas y datos a una escala temporal y espacial determinada. En este sentido, adquiere especial relevancia, la geoespacialización de datos climáticos; particularmente la asignación de estaciones meteorológicas utilizadas para realizar modelos hidrológicos que permiten cuantificar en el tiempo y en el espacio los volúmenes de producción de agua de la cuenca como datos de entrada, estas herramientas requieren datos diarios de precipitación y temperatura entre otras. Con frecuencia las estaciones meteorológicas no tienen una cobertura espacial adecuada, no se dispone de registros de todos los elementos climáticos necesarios y se presentan problemas con su longitud y calidad. Ello limita el uso de modelos y la información que de ellos puede obtenerse. En este contexto, los Sistemas de Información Geográficos (SIG) pueden ser muy útiles considerando su potencialidad para la integración de datos y la representación cartográfica, de las variables climáticas.

7.1 Condiciones climáticas

el clima es el resultado del conjunto de condiciones atmosféricas predominantes durante un periodo determinado de tiempo, Por esta razón, para la descripción del clima se han venido utilizando las estadísticas de las variables meteorológicas mencionadas inicialmente, cuya espacialidad temporal y territorial de los datos

estadísticos climatológicos, permite identificar patrones de comportamiento del clima en una región para así poder desarrollar estrategias de adaptación ante las variaciones climáticas³⁰.

El análisis climático es mucho más que el cúmulo y procesamiento de datos estadísticos que reflejan la dinámica espacio temporal de las variables climáticas. “El clima ejerce gran influencia en los procesos formativos del suelo, también es un agente modelador de relieve”³¹. Por tal motivo es necesario realizar estudios más detallados de las afectaciones de las dinámicas climáticas en los componentes principalmente los medios biofísicos y las implicaciones tanto positivas como negativas en los procesos económicos de los territorios que se analicen.

Para el análisis de esta variable se recolectó información estadística de la precipitación y temperatura suministradas el Acueducto y Alcantarillado de Popayán S.A. E.S.P de un total de 21 estaciones ubicadas en el área de interés del proyecto, Posteriormente se procedió a la especialización de los datos estadísticos recopilados representados en los gráficos (1 y 2) mediante el cual se generó los mapas de isoyetas e isotermas y finalmente se elaboró la clasificación climática según la metodología Caldas-Lang y la identificación de las zonas de vida en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras.

7.1.1 Análisis de la Precipitación media mensual

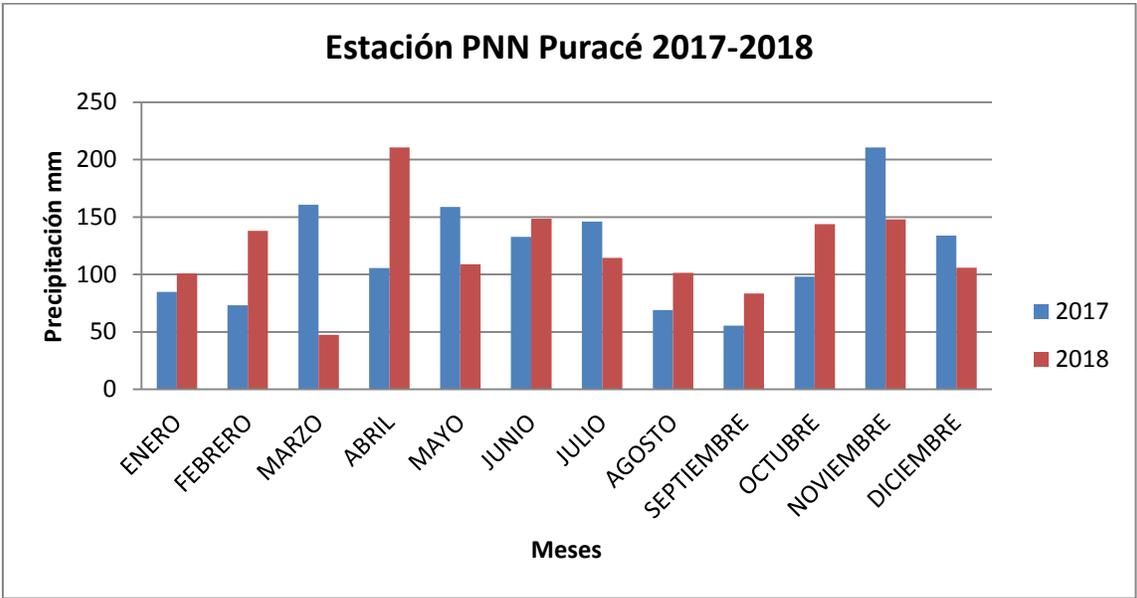
el régimen de lluvias presentes en la parte alta de la zona campesina es de carácter bimodal, según la tendencia estadística de los datos pluviométricos, las lluvias se concentran en dos periodos, el primero comienza general entre el mes de marzo y abril, el segundo periodo comienza en el mes de noviembre, estos meses son los que más precipitación se recibe en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras , como podemos ver en el gráfico (1) los meses que presentaron menos lluvias para el año 2017 fueron agosto con una precipitación

³⁰ RUIZ, Alfredo. Tejada, Adalberto. CLIMATOLOGÍA. Universidad Nacional de México. Estado de Veracruz. México. 2009. P. 15.

³¹ MENESES, Fernando. Mazabuel, Saúl. *CHARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA DE LA ZRC DEL MUNICIPIO DE TOTORÓ*. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia. 2018.p. 35

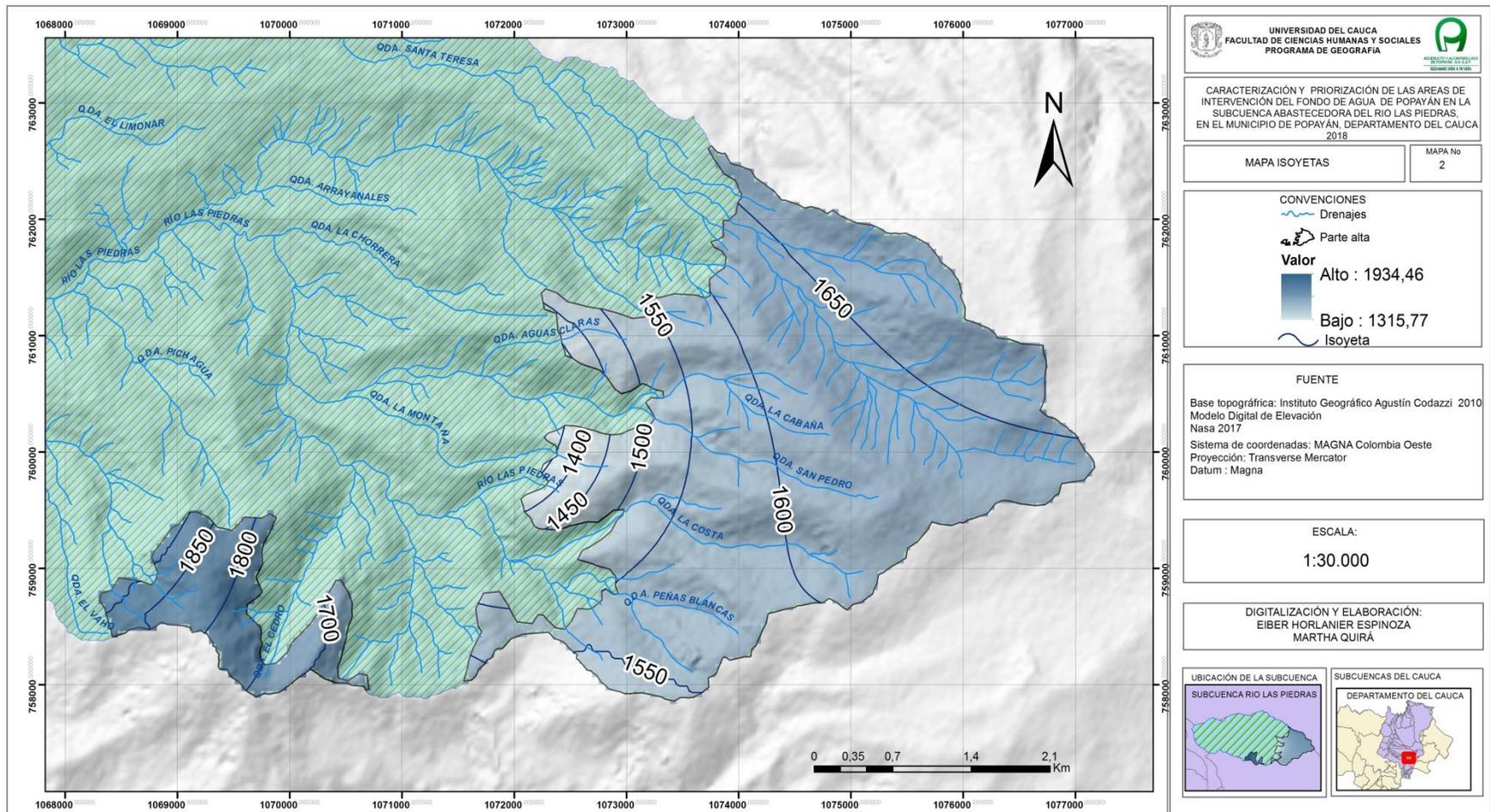
media mensual de 69,1 mm y el mes de septiembre con una precipitación media mensual de 55,4 mm, en comparación con el año 2018 los meses que presentaron las más baja precipitación son: el mes de marzo con una precipitación de 47,5 mm y el mes de septiembre con una precipitación de 83,3 mm. Caso contrario, los meses de mayores precipitaciones para el año 2017 fueron marzo con un total de 160,8 mm de lluvia portante y el mes de noviembre con un total de 210,6 mm y para el año 2018 las mayores lluvias se acentuaron en el mes de abril con un total de 210,5 mm de agua lluvia, el mes de junio con 148,6 mm de lluvia y el mes de noviembre con 148mm de precipitación media mensual.

GRÁFICO N° 1 Precipitación media mensual de la estación PNN Puracé 2017-2018



Fuente: Elaboración propia basada en datos suministrados por el acueducto de Popayán (2019)

MAPA N° 2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA EL RÍO LAS PIEDRAS

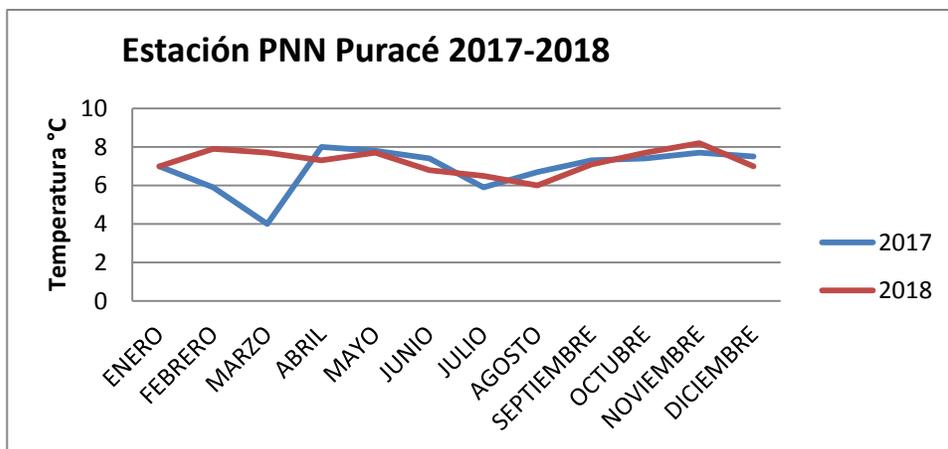


Fuente: Elaboración propia -2019

7.1.2 Análisis de la temperatura media mensual

en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, según los datos estadísticos de la temperatura suministrados por el acueducto de Popayán, la estación climatológica PNN Puracé, registra una máxima temperatura para el año 2017 en los meses de noviembre con 7,7 °C y el mes de diciembre con 7,5 °C, las temperatura más baja se registra en el mes de marzo del mismo año, equivalentes a 4°C, coincidiendo con uno de los meses más lluviosos para el año en mención, en año 2018 esta variable meteorológica se mantuvo constante, con una temperatura promedio de 7,2°C, presentándose las temperaturas más bajas en el mes de agosto con 6°C y la temperatura más alta en el mes de noviembre con 8,2°C. (Ver gráfico 2). “Los periodos máximos, mínimos de lluvias y de temperaturas, son cambiantes en el transcurso del año, influyen los factores como la ubicación geográfica del área de estudio, los fenómenos de la niña y del niño, propias de las regiones que se encuentran en la zona de intertropical de convergencia, el ENOS, es el principal dinamizador de la precipitaciones, pues acentúan, retrasan o adelantan los periodos de más lluvias y los de menos lluvias”³².

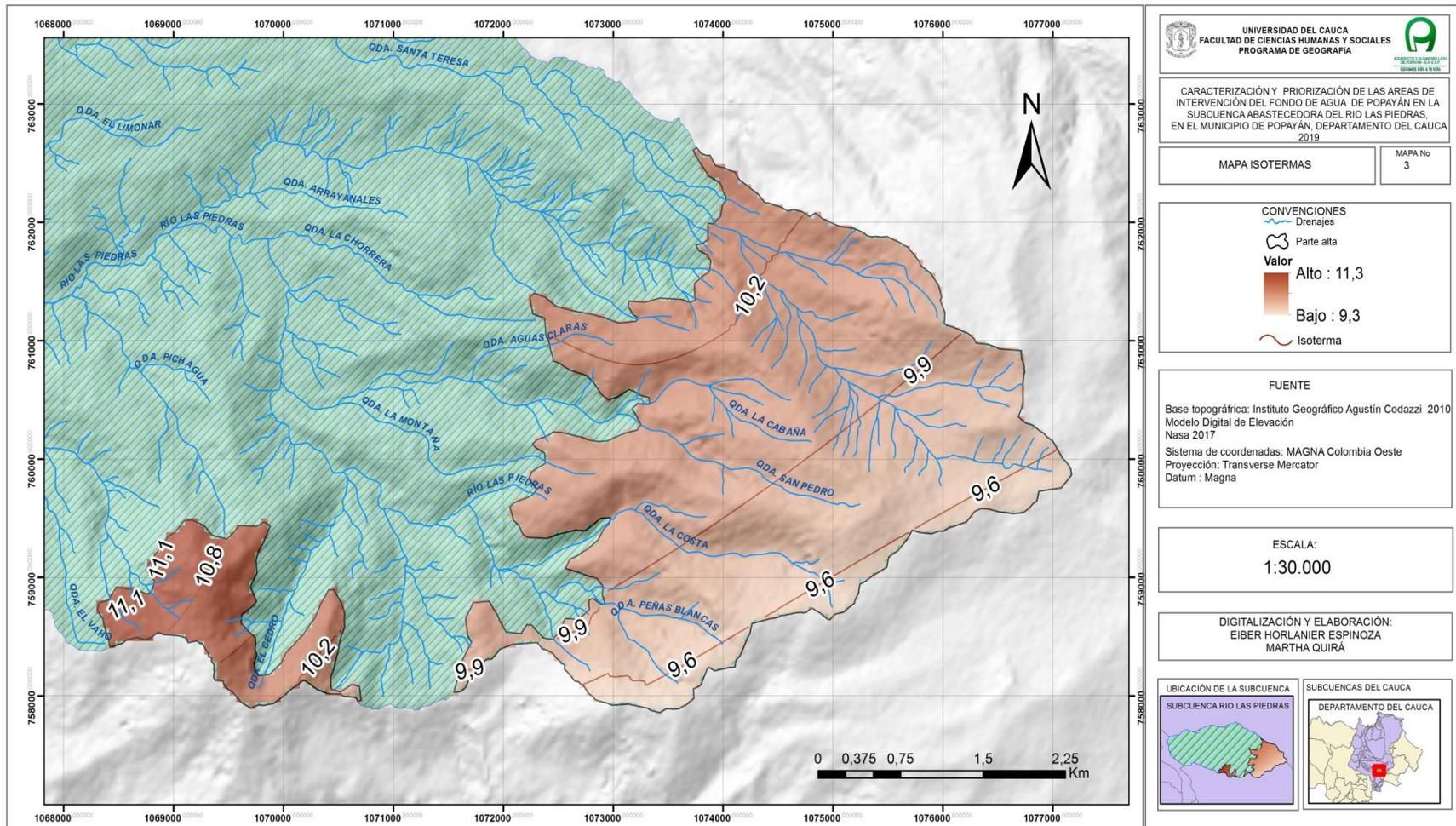
GRÁFICO N° 2 Temperatura °C Estación PNN Puracé 2017-2018



Fuente: Elaboración propia basada en datos suministrados por el acueducto de Popayán (2019)

³² Ibid.p.35

MAPA N° 3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA TEMPERATURA EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA EL RÍO LAS PIEDRAS



Fuente: Elaboración propia- 2019

7.2 Clasificación climática

“Las clasificaciones climáticas son frecuentemente utilizadas para agrupar o diferenciar comportamientos de uno o más elementos meteorológicos en el tiempo y en el espacio”³³. Constituyen una herramienta importante para biólogos en trabajos de ecología, botánica, zoología y evolución; también se utilizan en agronomía, veterinaria, medicina, ingeniería, arquitectura y economía, entre otras áreas. “La utilidad de una zonificación climática depende de la medida en que refleje las restricciones climáticas que gobiernan el proceso físico de interés. Si, por ejemplo, los procesos de interés son los flujos de cuencas o ríos y su relación con la producción agrícola, ambos dependen de los aportes de precipitación y energía (temperatura y radiación), elementos relacionados con el clima”³⁴

Se considera que el mayor avance sobre el tema de las clasificaciones climáticas fue introducido por Alexander Supan en el siglo XIX, quien “fundamentó su zonificación en las temperaturas reales a cambio de las teóricas. Estableció tres categorías distribuidas en franjas latitudinales: el cinturón caliente (ecuador térmico), dos cinturones templados (trópicos de Cáncer y Capricornio) y dos cinturones fríos (aledaños a los templados y llegan hasta los polos boreal y austral). A partir de esta propuesta, se observan dos grandes tendencias de clasificación: las genéticas, fundamentadas en factores que generan la diversidad climática (masas de aire, circulación de la atmósfera y radiación solar). También están las denominadas empíricas, que se basan en elementos del clima combinados en índices, por ejemplo, grado de temperatura y humedad”³⁵ El IDEAM recopiló las clasificaciones climáticas de mayor reconocimiento en el país, a saber, Köppen, Thornthwaite, Caldas, Lang, Caldas-Lang, Martonne y Holdridge. Estas clasificaciones están basadas principalmente en el comportamiento medio de la precipitación y la temperatura. Las clasificaciones de Köppen y Thornthwaite

³³ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. 2007. 276 p.

³⁴ *Ibíd.*, p.280

³⁵ *Ibíd.*, p.280

son los más usados en estudios de agro-meteorología, geografía y estudios climáticos en general

Para efectos del presente proyecto, realizamos la zonificación de caldas lang y la clasificación de Holdridge, en esta última se identificaron las zonas de vida en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras.

- **Clasificación de caldas:** “La clasificación de mayor reconocimiento en Colombia fue concebida por Francisco José de Caldas en 1802. Su aplicabilidad es exclusiva para el trópico americano. Considera únicamente la variación de la temperatura con la altura para la definición de pisos térmicos, los cuales se relacionan a continuación”³⁶

Tabla 3 clases de clima según caldas

Piso térmico	Rango de altura en metros	Temperatura en °C	Variación altitudinal por condiciones locales
Cálido	0 - 1000	T > 24.0	Límite superior +/- 400 mt.
Templado	1001 - 2000	17.6 – 24.0	Límite superior +/- 500 mt. Límite inferior +/- 500 mt.
Frío	2001 - 3000	12.1 – 17.5	Límite superior +/- 400 mt. Límite inferior +/- 400 mt.
Páramo bajo	3200 - 3700	7.1 – 12.0	
Páramo alto	3701 - 4200	< 7.0	

Fuente: Clasificación Climática IDEAM – 2008

- **Clasificación Lang:** Richard Lang³⁷ estableció una clasificación climática basada en la relación obtenida al dividir la precipitación anual (P, en mm) por la temperatura media anual (T, en °C). Este cociente se llama también Índice de efectividad de la precipitación o factor de lluvia de Lang, fijó los límites de su clasificación teniendo en cuenta una sencilla relación entre la precipitación y la temperatura.

³⁶ Ibíd.,p.283

³⁷ CASTAÑEDA, Paola. Zonificación climatológica según el modelo caldas – lang de la cuenca río negro mediante el uso del sistema de información geográfica sig. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá, Colombia. 2010. P.6.

Tabla 4 clases de clima según Lang.

Coeficiente (P/T)	Clase de clima
0.0 – 20.0	Desértico
20.1 – 40.0	Árido
40.1 – 60.0	Semiárido
60.1 – 100.0	Semi-húmedo
100.1 – 160	Húmedo
>160	Súper-húmedo

Fuente: Clasificación Climática IDEAM – 2008

- **Clasificación de Caldas-Lang:** “En 1962 Paul Schaufelberguer combinó las clasificaciones propuestas por Lang y Caldas, obteniendo 25 tipos de climas (Tabla 5) que correlacionan la elevación del lugar, la temperatura media anual y la precipitación total media anua”³⁸l.

Tabla 5 Tipos de clima según Caldas – Lang

No.	Tipo climático	Símbolo
1	Cálido Súper-húmedo	CSH
2	Cálido Húmedo	CH
3	Cálido Semi-húmedo	Csh
4	Cálido Semiárido	Csa
5	Cálido Árido	CA
6	Cálido Desértico	CD
7	Templado Súper-húmedo	TSH
8	Templado Húmedo	TH
9	Templado Semi-húmedo	Tsh
10	Templado Semiárido	Tsa
11	Templado Árido	TA
12	Templado Desértico	TD
13	Frío Súper-húmedo	FSH
14	Frío Húmedo	FH
15	Frío Semi-húmedo	Fsh
16	Frío Semiárido	Fsa
17	Frío Árido	FA
18	Frío Desértico	FD
19	Páramo Bajo Súper-húmedo	PBSH

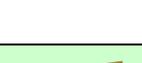
³⁸ Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia.,Op.cit.p.286

20	Páramo Bajo Húmedo	PBH
21	Páramo Bajo Semi-húmedo	PBsh
22	Páramo Bajo Semiárido	PBsa
23	Páramo Alto Súper-húmedo	PASH
24	Páramo Alto Húmedo	PAH
25	Nieves Perpetuas	NP

Fuente: Clasificación Climática IDEAM – 2008

La parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, se encuentra condicionada por los tipos de clima según la clasificación climática Caldas-Lang; frío-Húmedo, Frío-Súper Húmedo, Páramo alto-Súper Húmedo, Páramo bajo-Húmedo, Páramo bajo-Súper húmedo. Datos que se resumen en la tabla 6 y se espacializan en el mapa 4.

Tabla 6 Zonificación climática según Caldas-Lang

CALDAS	LANG	Caldas-lang	Simbología	Área (has)	Simbología
Frío	Súper Húmedo	Frío -Súper Húmedo	FSH	52	
Frío	Húmedo	Frío –Húmedo	FH	36	
Páramo alto	Súper Húmedo	Páramo alto -Súper Húmedo	PASH	113	
Páramo bajo	Súper Húmedo	Páramo bajo- Súper Húmedo	PBSH	943	
Páramo bajo	Húmedo	Páramo bajo-Húmedo	PBH	259	

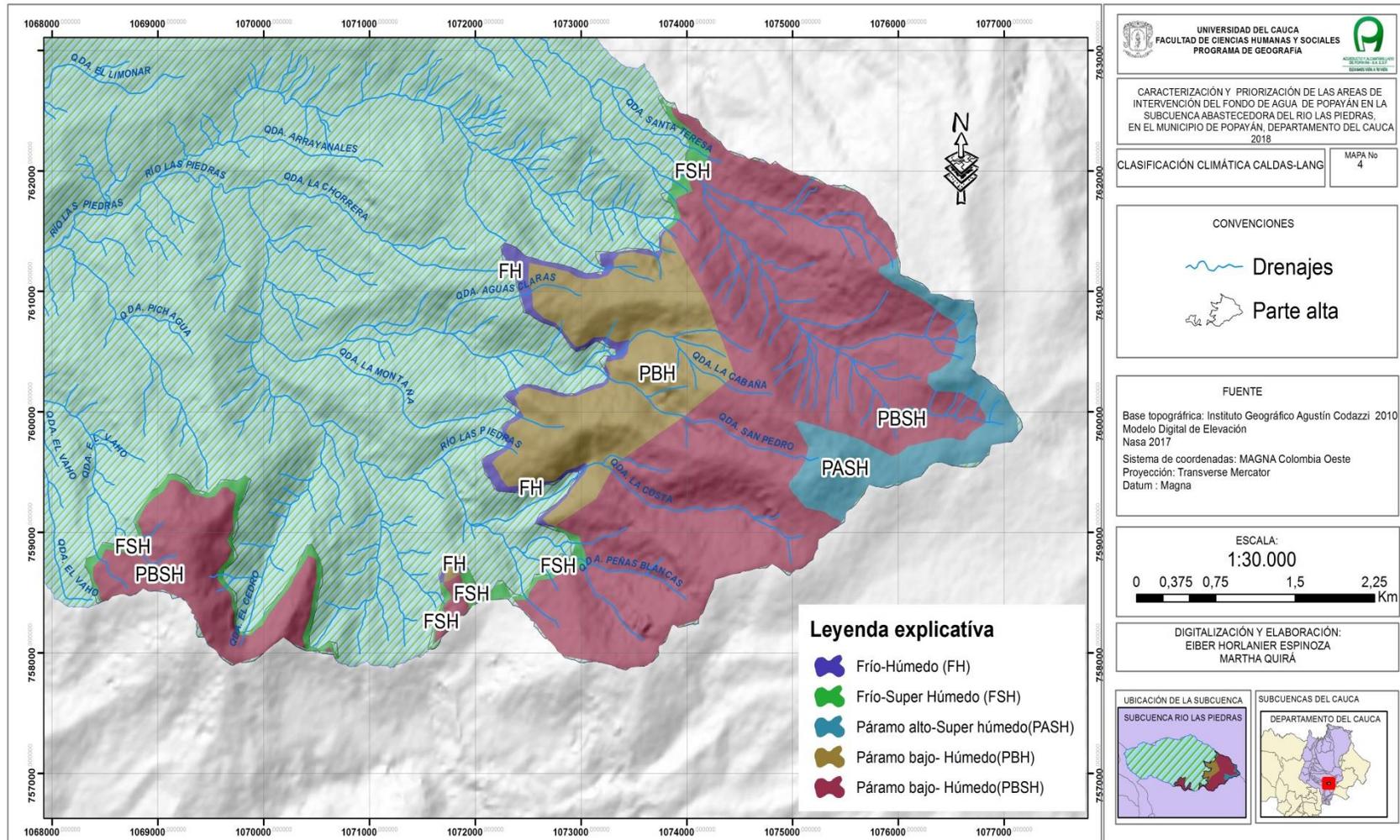
Fuente: Elaboración propia – 2019

Según lo evidenciado en la tabla 6, en la parte alta de la subcuenca del río las Piedras predomina un clima de Páramo bajo-súper húmedo, abarcando un área de 943 hectáreas, equivalentes al 67,2% sobre el área total de la parte alta de la

subcuenca, en general, el clima de tipo páramo abarca el 93,7 %, discriminándose entre páramo alto-súper húmedo acaparando un área de 113 hectáreas, representando el 8 % sobre el área total, seguidamente identificamos el páramo bajo húmedo que abarca 259 hectáreas, equivalentes al 18,4 % sobre el área total definida para la parte alta de la subcuenca, el 6,27% restante presenta un clima frío-súper húmedo y frío húmedo, abarcando 52 hectáreas y 36 has respectivamente.

según el resultado obtenido de la aplicación de la metodológica establecida para la identificación del tipo de clima, de caldas-Lang, la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras ecosistema vital para mantener los ciclos del agua, porque permiten la transformación de la neblina en recurso hídrico que a su vez genera el nacimiento de lagos y ríos, siendo un gran regulador y abastecedor del recurso hídrico para toda la subcuenca del río Las Piedras, así pues, en las áreas identificadas como páramo, entendido como ecosistema estratégico, se deben desarrollar estrategias para la preservación con las comunidades residentes en el área.

MAPA N° 4. ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS PIEDRAS

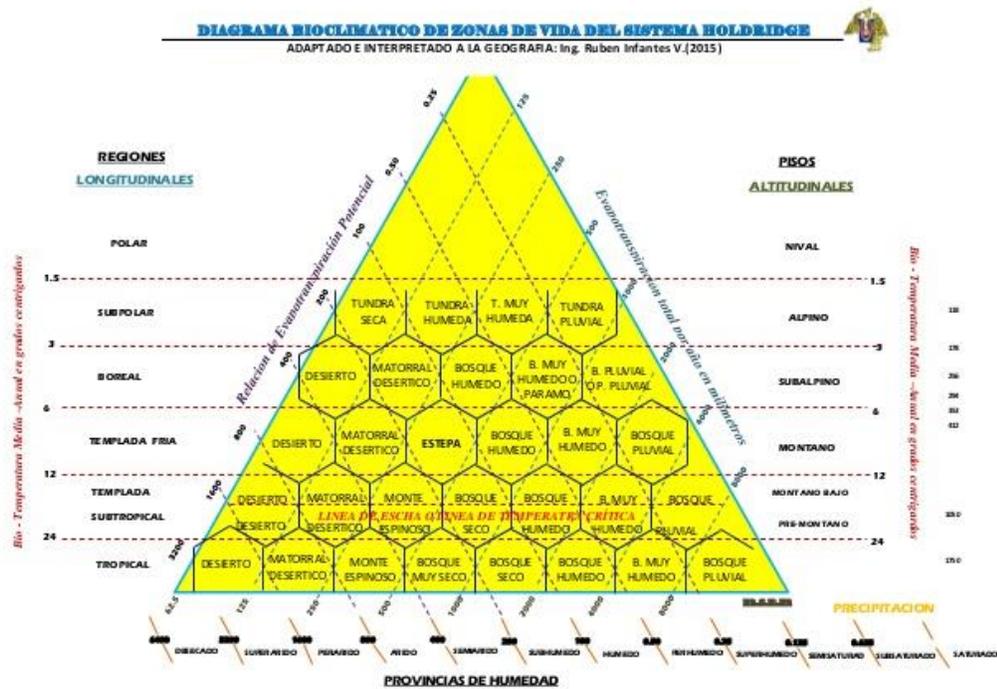


Fuente: Elaboración propia – 2019

7.3 Zonas de vida

Las áreas con condiciones ambientales similares en cuanto a los parámetros de temperatura, precipitación pluvial y evapotranspiración, se denominan Zonas de Vida. Según Leslie Holdridge³⁹. Son un sistema en el que las zonas biogeográficas se clasifican según los efectos biológicos de la temperatura y las precipitaciones, factores abióticos que son los principales determinantes del tipo de vegetación que se encuentra en una zona. Holdridge utiliza 4 ejes (biotemperatura, precipitación, piso altitudinal y región latitudinal (ver figura 1)

Figura 1 nomograma de Holdridge



Fuente: Tomado de Holdridge, 1978

Las zonas de vida están representadas en el nomograma por hexágonos que se forman a partir de las mediatrices dibujadas en cada triángulo formado por la intersección de la bio-temperatura (BT) (líneas horizontales) y la precipitación (P) (líneas inclinadas izquierda), variables que son la base para calcular la Relación

³⁹ VALLEJO, C, MORA, C Y MAYA, L. Configuración regional de la microcuenca Torcasalado, cuenca alta del Rio Guamués, departamento de Nariño. trabajo de grado para optar al título de Ingeniero agroforestal. Pasto. Universidad de Nariño. 2007. p. 102

de Evapotranspiración Potencial (ETP) (líneas inclinadas derecha). Las escalas de las variables son logarítmicas y diseñadas sobre ejes no ortogonales que forman un ángulo de 60°. Las escalas logarítmicas inclinadas de ETP y P conforman un triángulo que funge de envolvente a un conjunto de hexágonos y semihexágonos, los cuales son los equivalentes geométricos de las unidades climáticas de primer orden denominadas zonas de vida

Holdridge⁴⁰ observó que ciertos grupos de ecosistemas o asociaciones vegetales, corresponden a rangos de temperatura, precipitación y humedad, de tal forma que pueden definirse divisiones balanceadas de estos parámetros climáticos para agruparlas, eliminando la subjetividad al hacerlo. “A estos conjuntos de asociaciones, los denominó zonas de vida. Así, las zonas de vida son conjuntos naturales de asociaciones (segundo orden en su sistema jerárquico), sin importar que cada grupo incluya una cadena de diferentes unidades de paisaje o de medios ambientales”⁴¹, que pueden variar desde pantanos hasta crestas de colinas. Las zonas de vida comprenden divisiones igualmente balanceadas de los tres factores climáticos principales, es decir, calor, precipitación y humedad. El sistema se basa en la fisonomía o apariencia de la vegetación y no en la composición florística y los principales factores que tiene en cuenta para la clasificación de una región son la bio-temperatura y la precipitación.

De acuerdo con el IDEAM “la clasificación de Holdridge se desarrolló en condiciones tropicales y se ajusta bien en la descripción de las condiciones climáticas de la mayoría de las regiones del país. Sin embargo, algunos tipos de clima no son aplicables a Colombia, pues prácticamente no hay regímenes con menos de 250 mm anual y climas como desierto húmedo tropical, matorral desértico premontano o tundra seca alpina no han sido identificados en áreas significativas del país”⁴²

⁴⁰ Holdridge, L. R. 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Science Vol 105 No. 2727: 367-368 pp.

⁴¹ IBÍD.P.345

⁴² Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia.,Op.cit.p.287

En la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras se identificaron 2 zonas de vida (ver tabla 7 y mapa 5), producto de la confluencia entre las dinámicas climatológicas, morfo-dinámica, morfogénesis y las características edafológicas de la zona, factores que dan origen a una amplia complejidad de flora y fauna de gran importancia ambiental, propias de los bosques húmedos montanos.

7.3.1 Bosque Húmedo montano bajo - símbolo bh-MB (tierra fría)

Esta zona de vida presenta unos límites climáticos generales son una temperatura media entre 12-18°C y un promedio anual de lluvia entre 1.000-2000 mm. Con un Tipo de relieve de filas y vigas, la litología está compuesta en menor medida por una Capas de cenizas volcánicas discontinuas que cubren diabasas y basaltos, basamento que conforma el paisaje de Montaña de tipo volcánica estructural-erosional, los suelos de esta zona de vida son profundos, bien drenados, texturas moderadamente gruesas a moderadamente finas, muy fuerte a fuertemente ácidos, alta a moderada saturación de aluminio, erosión ligera a severa y fertilidad moderada a baja. El clima bondadoso y la feracidad de las tierras han tolerado cultivos permanentes papa, frijol, maíz, arracacha, hortalizas, frutales (peras, manzanas, ciruelas, tomate de árbol, mora de castilla, fresas, curubas,) y pastos para ganadería. Las reforestaciones se deben intensificar como protección en las cuencas hidrográficas y en áreas no aptas para la agricultura.

En la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras esta zona de vida abarca una extensión de 102 hectáreas, equivalentes al 7,1 por ciento del área total de la parte alta de la subcuenca, se localiza en la parte baja del área objeto del presente proyecto (ver mapa 5, tabla 7)

7.3.2 Bosque muy húmedo montano símbolo (bmh-M)

Presenta una temperatura media entre 6-12°C y un promedio anual de Lluvias entre 1.000-2.000 mm. Litología está compuesta por capas de cenizas volcánicas continuas que cubren total o parcialmente rocas ígneas y metamórficas, configuran un paisaje de Montaña de tipo glacio-volcánica, suelos de esta zona

de vida son moderadamente profundos a superficiales, bien drenados, texturas moderadamente gruesas, extremada a fuertemente ácidos, alta saturación de aluminio, erosión moderada y fertilidad baja

Los Numerosos bosques y matorrales paramunos han sido arruinados para establecer potreros o cultivos de papa, terminando de esta manera con unas joyas biológicas muy escasas en el mundo. La flora es rica en especies de plantas con flores de intensos colores, rojos, amarillos, azules, violetas, que hacen de estas montañas fascinantes jardines paramunos, con planicies surcadas por corrientes de agua que serpentean por entre frailejones. Lo aconsejable es conservar estos páramos con su vegetación nativa protectora de suelos, flora, fauna y aguas.

Su vegetación se caracteriza por la presencia de árboles de tamaño relativamente pequeños y en mayor proporción especies arbustivas. La alta humedad presente en forma de niebla reduce la evapotranspiración ahorrando de esta manera la cantidad de agua absorbida. La función principal d esta zona de vida es la de servir como agente regulador del rendimiento hídrico dando origen a espejos de agua tales como lagunas, ciénagas, humedales y pantanos naturales a partir de los cuales se originan casi la totalidad de las quebradas, riachuelos y ríos.

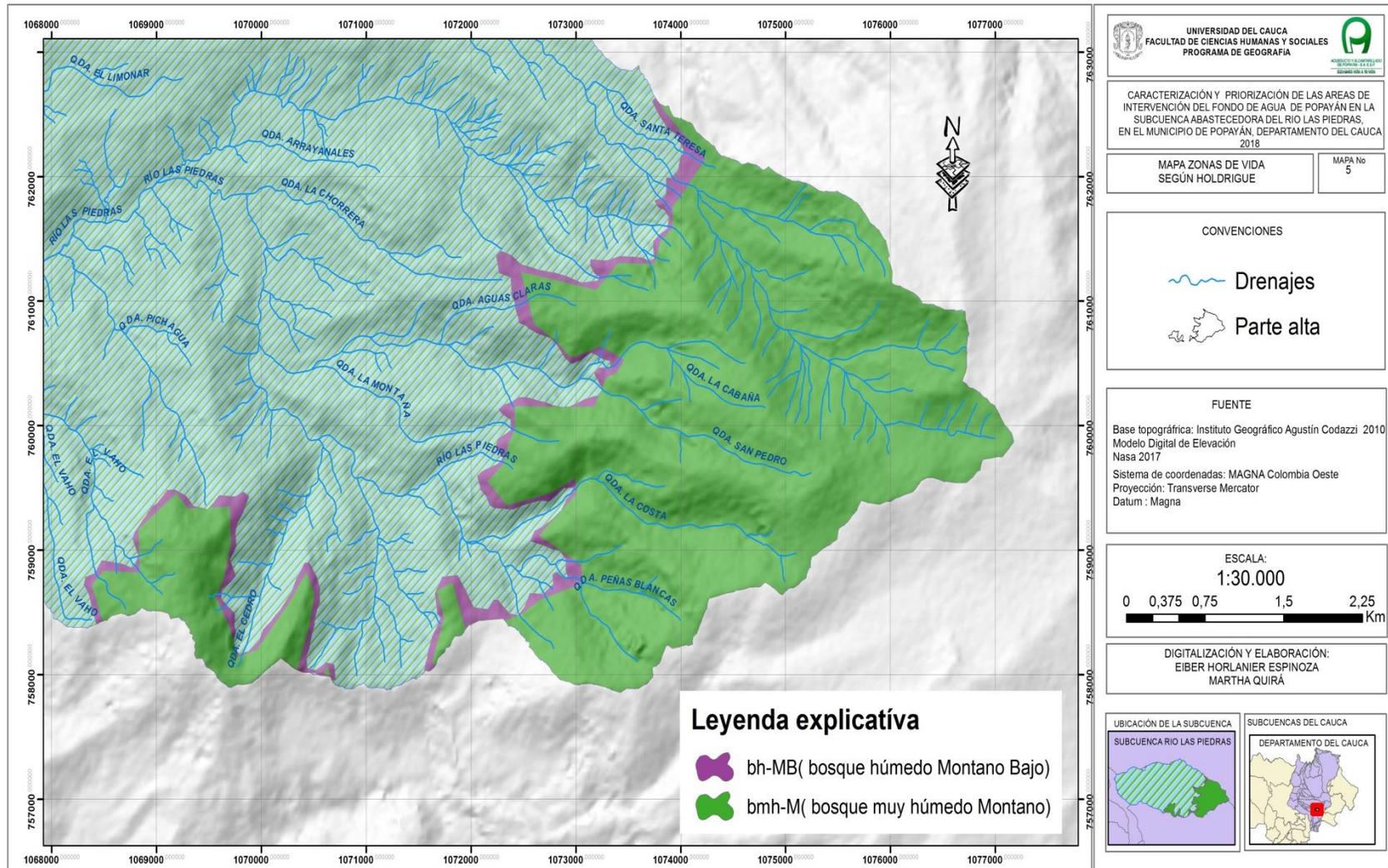
La zona de vida identificada como bosque muy húmedo montano abarca un área de 1320 hectáreas, equivalentes al 92% del área total de la parte alta de la subcuenca, cabe destacar que se deben que esta zona debe ser objeto de múltiples investigaciones en temas socio-ambientales para desarrollar estrategias entorno a la gestión integral del recurso hídrico por su importancia ecológica.

Tabla 7. Zonas de vida identificadas en la parte alta de la sub-cuenca del río Las Piedras

ZONA DE VIDA	SIMBOLOGÍA	ÁREA (has)	PORCENTAJE	LEYENDA
Montano- bosque muy húmedo	bmh-M	1320	92,8270042	
Montano bajo- bosque húmedo	bh-MB	102	7,17299578	

Fuente: Elaboración propia – 2019

MAPA N° 5 ZONAS DE VIDA EN LA PARTE ALTA DE LA SUB-CUENCA DEL RÍO LAS PIEDRAS



Fuente: Elaboración propia – 2019

7.4 Estado actual del recurso hídrico

La cadena de páramos de la cordillera central, se encuentra en altitudes entre los 3200 m.s.n.m. y los 3400 m.s.n.m.; tales condiciones varían, de manera especial, para la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras de donde las condiciones típicas paramunas (precipitación, humedad relativa, temperatura, vegetación, topografía, sistemas lagunares y humedales), se dan desde los 2900 msnm, esto dada su ubicación geográfica de alta montaña, al estar custodiado por un sistema de glaciales.

Esta área presenta un complejo hídrico caracterizado por la presencia de múltiples reservorios naturales, rebosados de agua en forma permanente o Lagunas Alto Andinas. El movimiento constante de las masas nubosas entre los valles interandinos, de las cuencas de los ríos Magdalena y Cauca, generan precipitaciones permanentes a lo largo del ciclo climático anual que con los complejos vegetales típicos de páramo (frailejones, puyas, gramíneas, musgos, líquenes, diferentes hepáticas y la vegetación arbórea de alta montaña) y junto a las condiciones topográficas hacen que los suelos se hallen encharcados, ya que los niveles freáticos son muy superficiales o afloran en áreas relativamente planas. Este complejo hídrico en este ecosistema, opera en forma permanente como una gran área de captación de agua y de reserva de la misma, la cual a través de su cauce principal, el río Las Piedras, exporta unos excedentes en forma de caudales constantes a través de todo el año .

Para realizar la descripción acerca del estado actual del recurso hídrico, nos basamos principalmente en las salidas de campo, visualización directa de los principales problemas ambientales que se presentan en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, cabe estacar que la realización en campo fue acompañada por campesinos que residen en la zona.

A continuación presentamos las quebradas que se recorrieron, vislumbrado el uso del agua y las principales problemáticas.

Tabla 8. Fuentes hídricas en la parte alta de la Subcuenca del río las Piedras

Nombre de la quebrada	Vereda	Uso del agua	Uso del suelo	CLC	Longitud - x	Latitud - y	Altura	Problemática
SANTA TERESA	SANTA TERESA	Conservación	Protección	Bosque subpáramo	-76.399	-76.399	3331	Sin aislamiento
SANTA TERESA	SANTA TERESA	Conservación	Protección	Bosque subpáramo	-76.39	2.426	3657	Sin aislamiento
PAVAS	SANTA TERESA	conservación	Protección	Bosque subpáramo	-76.4	2.43	3445	Compactación del suelo por ganado
LAS PALMAS	SANTA TERESA	Conservación	Protección	Bosque subpáramo	-76.396	2.429	3449	Sin aislamiento
ALICANTO	Santa teresa	Conservación	Ganadero	Bosque de ripario	-76.3987604	2.43075144	3313	Zona de ganado
CONGOL	cóngolo	Consumo	Ganadero	Pastos con vegetación dispersa	-76.41957089	2.41231820	3048	Redes hídricas sin alimento
PEÑAS BLANCAS	Sin información	Protección	Ganadero	pastos	-76.41519222	2.41339290	3153	Contaminación por pisadas de ganado

PEÑAS BLANCAS	Sion información	Consumo humano	Ganadero	Bosque ripario	- 76.4211 012	2.4146 3724	299 3	Sin aislamiento
LA COSTA	Sin información	Protección	Ganadero	Bosque ripario	- 76.4122 65377	2.4181 3943	319 1	Sin aislamiento ganado al rededores
LA CHORRERA	QUINTANA	Protección	Conservación	Vegetación restauración	- 76.4293 226	2.4361 7024	290 7	Sin problemática
EL VAHO	QUINTANA	Protección	Conservación	Vegetación nativa	- 76.4614 736	2.4185 1589	273 3	Sin probetica
ARRAYANALES	QUINTANA	Protección	Conservación	Vegetación en restauración	- 76.4268 468	2.4380 921	297 3	Sin proclítica
AFLUENTE DE LA QUEBRADA ARRANALES	QUINTANA	Consumo bebederos	Ganadero	Pasto vegetación dispersa	- 76.4221 493	2.4387 6388	288 2	Sin aislamiento
AFLUENTE DE LA QUEBRADA ARRAYANALES	Quintana	Bebederos	Ganadero	pastos	- 76.4268 468	2.4380 921	297 3	Sin aislamiento

Fuente: Elaboración propia -2019

Como se evidencia en la tabla 8 las principales problemáticas que se presentan en estas principales redes hídricas es que no presentan aislamientos de protecciones o su vegetación ripiara se encuentra altamente alterado por el avance de la frontera agrícola hacia estas fuentes hídricas y también hacia los sistemas de páramos comprometiendo seriamente la sostenibilidad ambiental y la disposición del recurso hídrico. Cabe anotar que el uso principal que se le da a estas agua principalmente es el doméstico, seguidamente en la parte baja por su actividades agropecuarias el uso de este líquido es ganadero.

Figura 2. Quebrada Santa Teresa y afluentes



Fuente: Elaboración propia 2019

El uso del agua en la parte alta de la quebrada santa teresa es principalmente la de conservación, se destaca el paisaje de tipo montaña, propios de los sistemas de páramos, presenta una cobertura vegetal de tipo herbazal, las problemáticas evidenciadas en el avance de la frontera agrícola hacia este ecosistema de gran importancia para la regulación hídrica en la subcuenta.

Figura 3. Quebrada Pavas.



Fuente: Elaboración propia 2019

La quebrada pavas, como lo podemos observar en la figura 3 presenta una gran problemática en la parte alta, pues por actividad ganadera, se está compactando, alterando el curso y la disponibilidad del agua, a este problema se le asocia el del bajo aislamiento al cuerpo de agua, es necesario implementar estrategias para la conservación de este primordial curso de agua.

Figura 4. Quebrada Campo Alegre.



Fuente: Elaboración propia 2019

La quebrada Campo Alegre no presenta mucha alteración en su red hídrica, producto de su difícil acceso y la buena conservación de su vegetación ripiara, existen parte de la quebrada que presenta poca vegetación, es necesario el planteamiento de proyectos encaminados al fortalecimiento de la vegetación ripiara y a los aislamientos

Figura 5. Quebrada Peñas Blancas.



Fuente: Elaboración propia 2019

La quebrada peñas Blancas es la que más presenta alteración en la parte alta de la subcuenca producto de las actividades económicas tales como la ganadería, los principales problemas que se evidenciaron en los recorridos es la compactación del suelo producto de la ganadería, no cuenta con barreras de aislamiento y su vegetación ripiara ha sido deforestada, la cobertura vegetal que se encuentra en la zona son pastos.

En la tabla 9 se evidencian los humedales encontrados en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, la zona donde se identificaron corresponde al ecosistema de páramo, ahí la importancia de este ecosistema en la producción y regulación hídrica de toda la subcuenca.

Tabla 9. Humedales en la parte alta de la Subcuenca del río Piedras.

Humedales	vereda	Uso del agua	Uso del suelo	CLC	Long- y	latid- x	altura	Problemática
Santa teresa	Santa teresa	Protección	Conservación	Pastos	- 76.4121483	2.44606239	2973	Contaminación por ganado
Santa teresa	Santa teresa	conservación	Conservación	Vegetación dispersa	- 76.4014762	2.43254209	3251	Contaminación por ganado
Santa teresa	Santa teresa	Producción ganadero	ganado	pastos	- 76.4077967	2.44083141	3090	Contaminación del suelo por ganado
La costa	Sin información	Protección	Restauración	bosque secundario	- 76.41491276	2.42108849	3250	Sin contaminación

Fuente: Elaboración propia 2019

Todos los humedales identificados presentan la problemática de contaminación por ganadería, como resultado a esta problemática acelera sedimentación de dichos humedales, por otro lado, no presentan vegetación protectora, se deben direccionar recursos económicos y de mano de obra para la conservación en sinergia con la comunidad.

Tabla 10. Nacimientos identificados de agua en la parte alta de la Subcuenca del río Piedras

Ojos de agua	Vereda	Uso del agua	Uso del suelo	CLC	Long- y	latid- x	altura	Problemática
Nacimiento Santa Teresa	Santa teresa	Conservación	Conservación	Páramo	-76.387	2.425	3700	Sin problemática
nacimiento pavas	Santa teresa	Conservación	Conservación	Páramo	-76.396515	2.42879888	3424	Sin problemática
ojo de agua	Cóngolo	Protección	Protección	Bosque sub páramo	-76.42632142	2.41172800	2986	Ganado a los alrededores
Ojo de agua	Cóngolo	Conservación	Conservación	pastos	-76.42330009	2.41361738	2991	Ganado a los alrededores
nacimiento aguas		Conservación	Conservación	Bosque	-76.41443	2.4238025	3303	Sin problemática

claras				sub páramo	07			ica
nacimiento piedras	Quinta	Protección	Conservación	Bosque sub páramo	- 76.4263092	2.43436036	2965	Sin problemática
ojo de agua	Quinta	protección	protección	Pastos	- 76.4268468	2.4380921		
Nacimiento peñascas		protección	conservación	Bosque sub páramo	- 76.4167184	2.41682108	3215	Sin problemática

Fuente: Elaboración propia 2019

En general los ojos de agua o nacimientos de agua se encuentran con franjas protectoras, el trabajo comunitario e institucional se evidencia en la preocupación de cuidar estos importantes reservorios de agua fortaleciendo la gobernanza de este recurso que genera vida faunística y florística en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras , el uso actual de este recurso es netamente de protección combinado con el usos del suelo que también corresponde a la característica de protección y conservación debido a que se encuentran en zona de páramo.

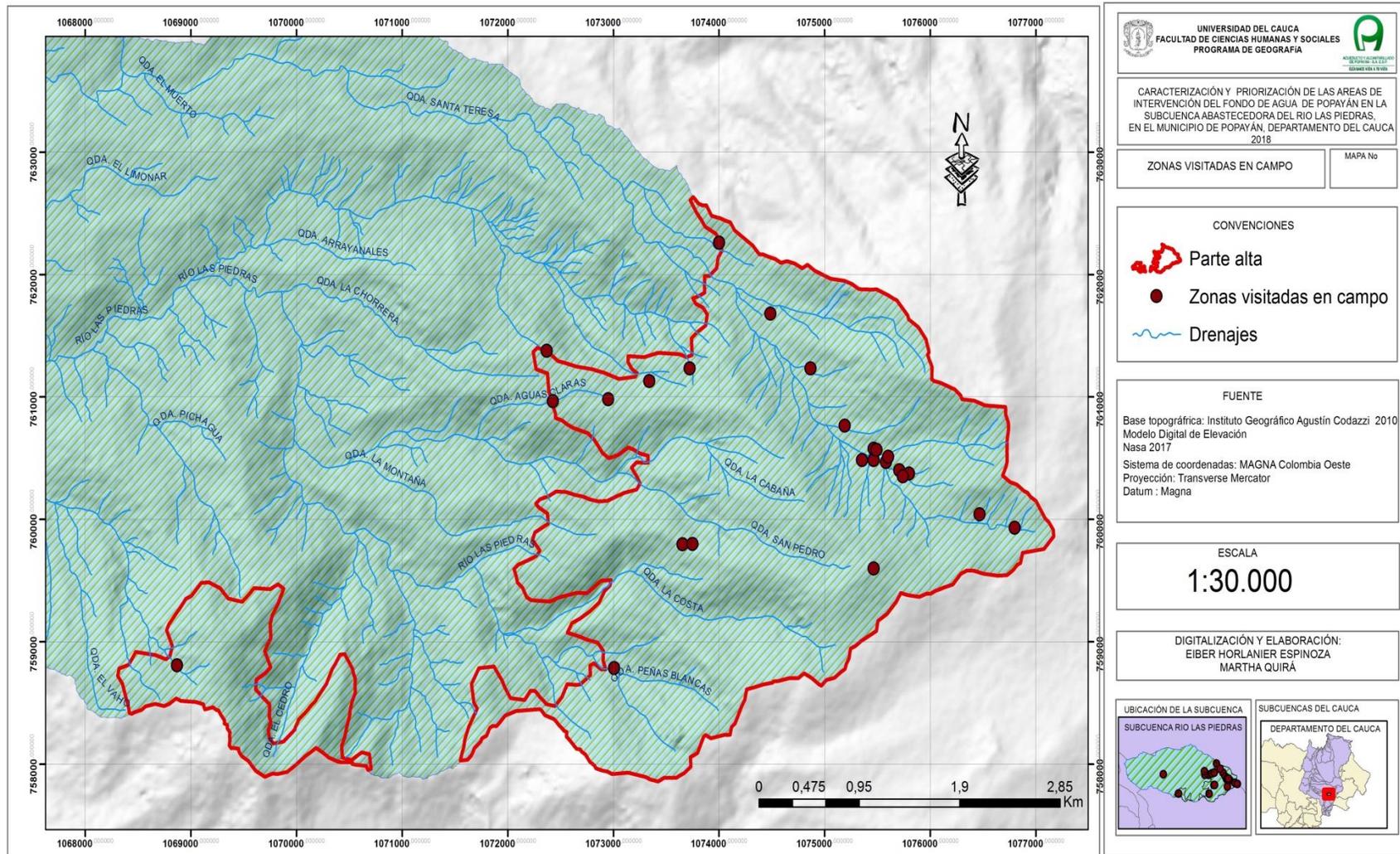
Figura 6. Nacimiento de agua de la Quebrada Santa Teresa.



Fuente: Elaboración propia 2019

Es importante reconocer que la gran mayoría de estos cuerpos de agua identificados por la comunidad se encuentran aislados con especies nativas como: Aliso, Nacedero, Carbonero, Higuerón, Ensenillo, entre otras especies, principalmente bosque natural (ripario), y algunos con aislamiento elaborado por la comunidad con guadua y alambre con el objetivo de proteger estos cuerpos de agua. Con la información proporcionada por los habitantes de las veredas se sugirió una mayor cobertura de estos aislamientos principalmente en los humedales de las zonas, además de proponer la creación de senderos ecológicos con el propósito de incentivar a la población más joven en el cuidado y protección de las rondas hídricas, Por tanto, se hace necesario la participación integral tanto de las instituciones correspondientes como la comunidad en general con el fin de conservar y proteger estas fuentes de agua.

MAPA N° 6. ZONAS VISITADAS EN CAMPO



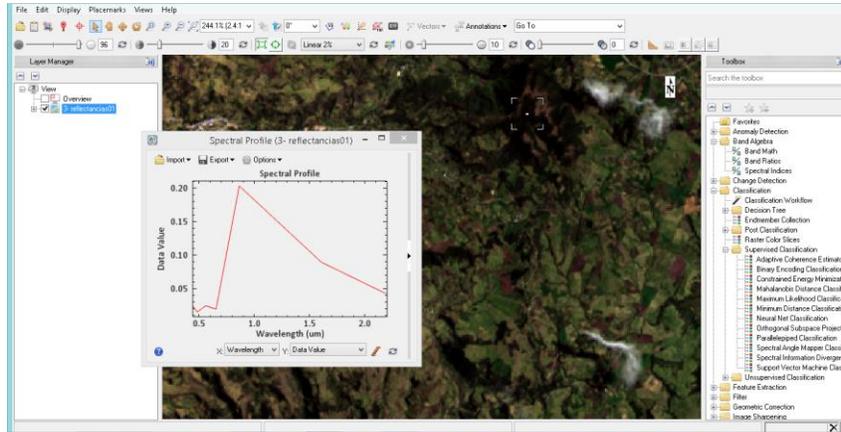
Fuente: Elaboración propia - 2019

8. CAPITULO II: CARACTERIZACIÓN DE LAS ÁREAS PARA LA PRIORIZACIÓN A PARTIR DE LAS COBERTURAS DE LA TIERRA Y USOS DEL SUELO DE ACUERDO A LA METODOLOGÍA CORINE LAND COVER, (CLC)

Para caracterizar e identificar las áreas prioritarias en la subcuenca a partir del uso del suelo y cobertura de la tierra, se utilizaron salidas de campo y modelamiento cartográfico para la identificación de usos del suelo y coberturas de la tierra, se aplicó la metodología CLCC (Corine Land Cover) para Colombia, como también la comparación con los mapas de vocación de uso del suelo y el mapa de conflicto de uso del suelo.

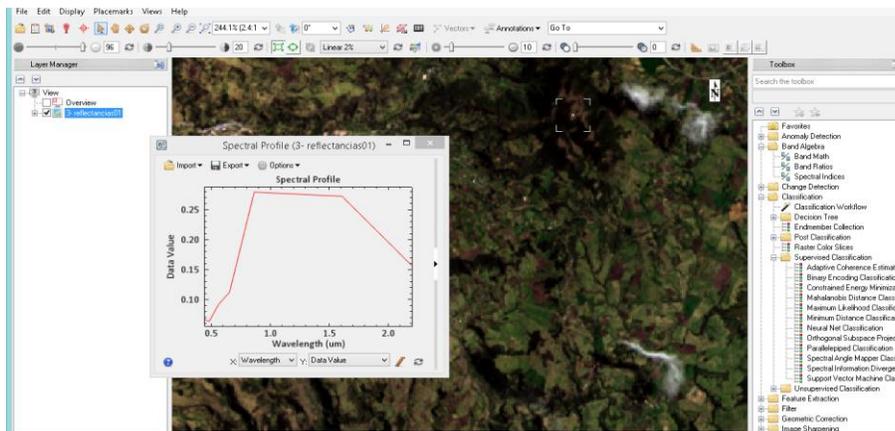
Para realizar el mapa de coberturas terrestres de la zona de estudio, se descargó una imagen multiespectral del sensor Landsat 8, con resolución espacial de 30 metros por pixel, de la página <https://earthexplorer.usgs.gov/>. Se procedió a verificar el sistema de proyección de las imágenes y se rectificaron (proyectar los datos en un plano) al sistema de coordenadas planas que para este caso fue Magna Colombia Oeste; posteriormente se realizó el pre-procesamiento, realce y clasificación de la imagen satelital; este proceso es básicamente la preparación de la imagen satelital para procesarla, se hace mediante una corrección geométrica en el cual se le asigna una latitud y longitud a la imagen, una corrección radiométrica en el cual se reconvierte el Nivel Digital de la imagen (ND), en radiancias utilizando parámetros de ganancias y obtenemos firmas espectrales de radiancias y finalmente se realizó una corrección atmosférica en el cual se obtuvo la reflectancia teniendo en cuenta las ventanas atmosféricas que están relacionadas a las interacciones que tiene la radiación electromagnética con la atmósfera como resultado se pudo comparar la firma espectral de reflectancia (ver figura 7 y 8), que se empleó para la identificación de las diferentes coberturas vegetales (ver mapa 7)

Figura 7 Firma espectral de Bosque denso.



Fuente: tomado de Fernando Meneses - 2018

Figura 8 Firma espectral del suelo desnudo.



Fuente: tomado de Fernando Meneses – 2018

Con la comparación de estas firmas espectrales, el cual consistió en la realización de un análisis exploratorio sobre la imagen a clasificar y la identificación de coberturas vegetales que se puedan encontrar en el área de estudio, teniendo en

cuenta los tipos de cobertura de acuerdo a la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia por el IDEAM.

En la tabla 11 se identifican 8 coberturas de la tierra correspondientes a: Pastos Limpios, Pastos enmalezados, Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, Mosaico de pastos con espacios naturales, Bosque denso, Bosque fragmentado, Herbazal, Arbustal.

8.1 TERRITORIOS AGRÍCOLAS (2)

“Son los terrenos dedicados principalmente a la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho”⁴³. Comprende las áreas dedicadas a cultivos permanentes, transitorios, áreas de pastos y las zonas agrícolas heterogéneas, en las cuales también se pueden dar usos pecuarios además de los agrícolas. En la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras se identificaron las unidades de pasto y áreas agrícolas heterogéneas.

8.1.1 PASTOS (2.3)

“Comprende las tierras cubiertas con hierba densa de composición florística dominada principalmente por la familia Poaceae, dedicadas a pastoreo permanente por un período de dos o más años”⁴⁴. Algunas de las categorías definidas pueden presentar anegamientos temporales o permanentes cuando están ubicadas en zonas bajas o en depresiones del terreno. Una característica de esta cobertura es que en un alto porcentaje su presencia se debe a la acción antrópica, referida especialmente a su plantación, con la introducción de especies no nativas principalmente, y en el manejo posterior que se le hace.

⁴³ INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC), mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D.C, 2007.98.P

⁴⁴ *Ibíd.*, P. 33

8.1.1.1 Pastos Limpios (2.3.1)

Esta cobertura comprende las tierras ocupadas por pastos limpios con un porcentaje de cubrimiento del 18,8 % equivalentes a 268 hectáreas en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras; la realización de prácticas de manejo (limpieza, encalamiento y/o fertilización, etc.) y el nivel tecnológico utilizados impiden la presencia o el desarrollo de otras coberturas.

8.1.1.2 Pastos enmalezados (2.3.3.)

“Son las coberturas representadas por tierras con pastos y malezas conformando asociaciones de vegetación secundaria, debido principalmente a la realización de escasas prácticas de manejo o la ocurrencia de procesos de abandono. En general, la altura de la vegetación secundaria es menor a 1,5 m”⁴⁵ el área cubierta en la parte alta de la subcuenca de río Las Piedras abarca 137 hectáreas, representando el 9,6 % sobre el área total.

8.1.2 AREAS AGRICOLAS HETEROGENEAS (2.4)

“Son unidades que reúnen dos o más clases de coberturas agrícolas y naturales, dispuestas en un patrón intrincado de mosaicos geométricos que hace difícil su separación en coberturas individuales; los arreglos geométricos están relacionados con el tamaño reducido de los predios, las condiciones locales de los suelos, las prácticas de manejo utilizadas y las formas locales de tenencia de la tierra”⁴⁶. En la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras se identificaron las siguientes unidades de cobertura de la tierra.

8.1.2.1 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales (2.4.3)

“Comprende las superficies del territorio ocupadas principalmente por coberturas de cultivos y pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el

⁴⁵ Ibíd.,p.35

⁴⁶ Ibíd.,p.35

patrón de distribución de las coberturas no puede ser representado individualmente, como parcelas con tamaño mayor a 25 hectáreas⁴⁷, esta unidad de cobertura contempla un área de 173 hectáreas, equivalentes al 12,1 % sobre el total del área de la parte alta de la subcuenca. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o riparios, vegetación secundaria o en transición, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas, que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural

8.1.2.2 Mosaico de pastos con espacios naturales (2.4.4)

“Constituida por las superficies ocupadas principalmente por coberturas de pastos en combinación con espacios naturales. En esta unidad, el patrón de distribución de las zonas de pastos y de espacios naturales no puede ser representado individualmente y las parcelas de pastos presentan un área menor a 25 hectáreas. Las coberturas de pastos representan entre 30% y 70% de la superficie total del mosaico. Los espacios naturales están conformados por las áreas ocupadas por relictos de bosque natural, arbustales, bosque de galería o ripario, pantanos y otras áreas no intervenidas o poco transformadas y que debido a limitaciones de uso por sus características biofísicas permanecen en estado natural o casi natural⁴⁸. Esta unidad de cobertura comprende un área de 93 hectáreas, equivalentes al 6,5 % sobre la superficie total de la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras

8.2 BOSQUE Y AREAS SEMINATURALES (3.)

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo boscoso, arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales que son el resultado de procesos climáticos; también por aquellos territorios constituidos por suelos desnudos y afloramientos rocosos y arenosos, resultantes de la ocurrencia

⁴⁷ Ibíd.,p.36

⁴⁸ Ibíd.,p.38

de procesos naturales o inducidos de degradación, “Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras coberturas que son el resultado de un fuerte manejo antrópico, como son las plantaciones forestales y la vegetación secundaria o en transición”⁴⁹. En la parte alta de la Subcuenca del río Las Piedras se identificaron unidades de Bosques y áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva.

8.2.1 BOSQUES (3.1)

Comprende las áreas naturales o seminaturales, constituidas principalmente por elementos arbóreos de especies nativas o exóticas. Los árboles son plantas leñosas perennes con un solo tronco principal, que tiene una copa más o menos definida. “esta cobertura comprende los bosques naturales y las plantaciones. Para la leyenda de coberturas de la tierra de Colombia, en esta categoría se incluyen otras formas biológicas naturales, tales como la palma y la guadua”⁵⁰. Para efectos de clasificación de unidades de esta leyenda, los bosques son determinados por la presencia de árboles que deben alcanzar una altura del dosel superior a los cinco metros. “Para su diferenciación los bosques fueron clasificados de acuerdo con tres criterios fisonómicos estructurales fácilmente observables en imágenes de sensores remotos como son la densidad y la altura , y un elemento interpretable del terreno que se puede inferir del sensor como es la condición de drenaje”⁵¹

En la parte alta de la Subcuenca del río Las Piedras se identificaron las coberturas de la tierra pertenecientes a estas unidades, las cuales son Bosque denso y Bosque fragmentado

8.2.1.1 Bosque denso (3.1.1)

⁴⁹ *Ibíd.*,p.39

⁵⁰ ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION. Situación de los bosques del mundo 2001. FAO, Roma, 131 p. 2001

⁵¹ *Óp.*,cit. 39.

“ Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente arbóreos, los cuales forman un estrato de copas (dosel) más o menos continuo cuya área de cobertura arbórea representa más de 70% del área total de la unidad, y con altura del dosel superior a cinco metros”⁵². Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales, en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, abarca un área de 513 hectáreas, equivalentes al 36,1 % sobre el área total, es la cobertura más predominante en el área de estudio.

8.2.1.2 Bosque fragmentado (3.1.3)

“Comprende los territorios cubiertos por bosques naturales densos o abiertos cuya continuidad horizontal está afectada por la inclusión de otros tipos de coberturas como pasto, cultivos o vegetación en transición, las cuales deben representar entre 5% y 30% del área total de la unidad de bosque natural. La distancia entre fragmentos de intervención no debe ser mayor a 250 metros”⁵³. Por ser producto de la intervención humana, los parches de pastos, cultivos y minería tienen generalmente formas geométricas. Los bosques fragmentados tienden a presentarse en zonas de colonización, cerca de las áreas donde aún se conserva la matriz de bosque natural. Esta cobertura se identifica en la parte alta de la subcuenca con una proporción de 88 hectáreas, equivalentes al 6,1 % sobre el área total.

8.2.2 AREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA (3.2)

Comprende un grupo de coberturas vegetales de tipo natural y producto de la sucesión natural, cuyo hábito de crecimiento es arbustivo y herbáceo, desarrolladas sobre diferentes sustratos y pisos altitudinales, con poca o ninguna intervención antrópica. Para la leyenda de Corine Land Cover adaptada para

⁵² Ibíd.,p.40

⁵³ Ibíd.,p.40

Colombia, en esta "clase se incluyen otros tipos de cobertura tales como las áreas cubiertas por vegetación principalmente arbustiva con dosel irregular y presencia de arbustos, palmas, enredaderas y vegetación de bajo porte"⁵⁴, en la parte alta de la subcuenca río Las Piedras se identificaron coberturas de tipo Herbazal y Arbustal.

8.2.2.1 Herbazal (3.2.1)

"Cobertura constituida por una comunidad vegetal dominada por elementos típicamente herbáceos desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos, los cuales forman una cobertura densa (>70% de ocupación) o abierta (30% - 70% de ocupación). Una hierba es una planta no lignificada o apenas lignificada, de manera que tiene consistencia blanda en todos sus órganos, tanto subterráneos como epigeos (Font Queur, 1982). Estas formaciones vegetales no han sido intervenidas o su intervención ha sido selectiva y no ha alterado su estructura original y las características funcionales"⁵⁵. Para su diferenciación, los herbazales fueron clasificados de acuerdo con tres criterios: por la densidad de la cobertura herbácea, en densos y abiertos; de acuerdo con la condición de inundabilidad se clasifican en inundables y de tierra firme; y de acuerdo con la presencia de árboles y arbustos, en arbolados y no arbolados.

En la parte alta de la subcuenca este tipo de cobertura abarca un área de 144 hectáreas, representando el 10,1 % sobre el área total.

8.2.2.2 Arbustal (3.2.2)

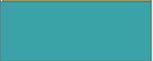
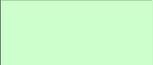
"Comprende los territorios cubiertos por vegetación arbustiva desarrollados en forma natural en diferentes densidades y sustratos. Un arbusto es una planta perenne, con estructura de tallo leñoso, con una altura entre 0,5 y 5 m, fuertemente ramificado en la base y sin una copa definida."⁵⁶ En la parte alta se identificó con una proporción de 5 hectáreas, equivalentes al 0,3 % sobre el área total.

⁵⁴ Ibíd.,p.47

⁵⁵ Ibíd.,p.47

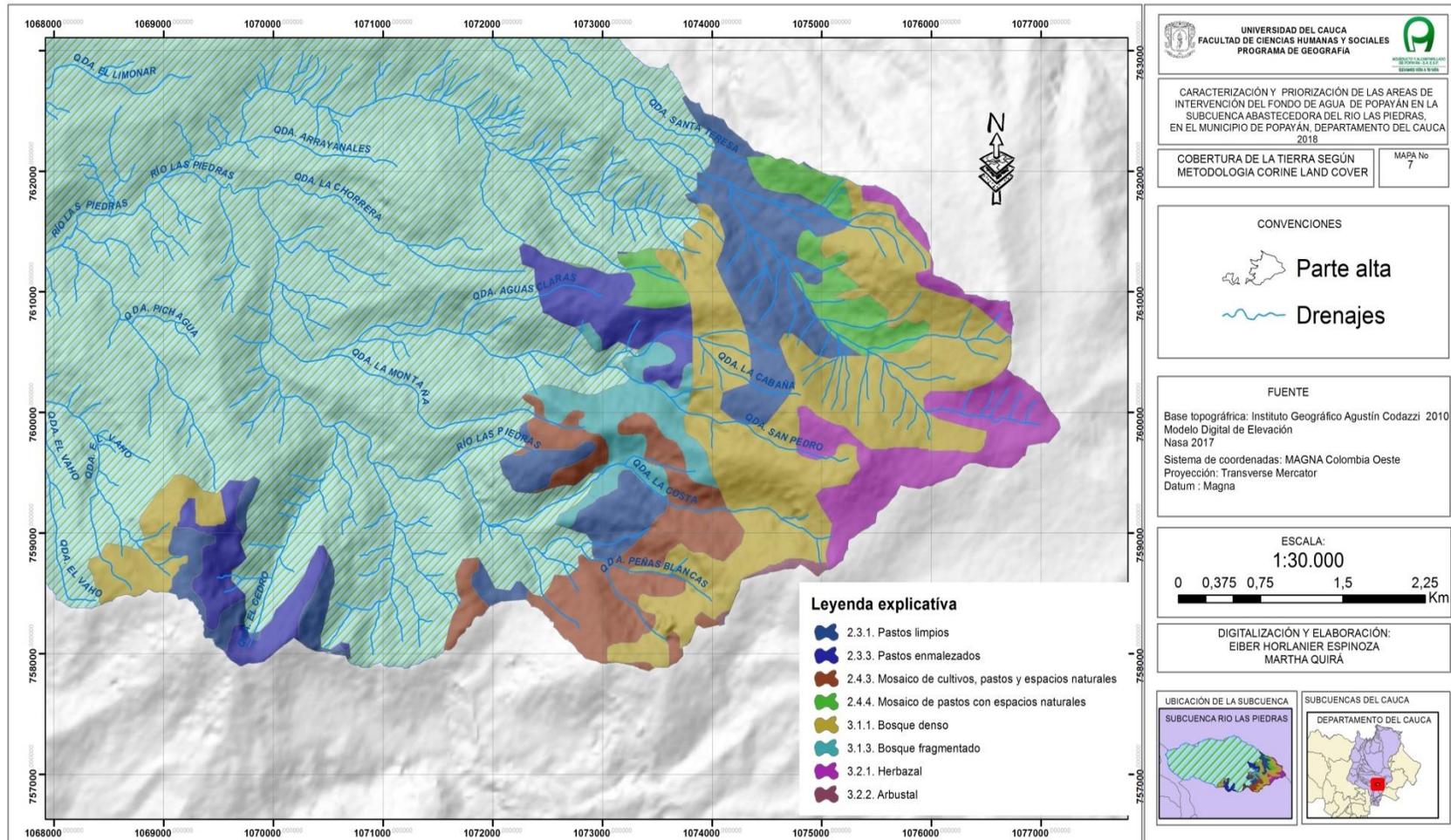
⁵⁶ Ibíd.,p.53

Tabla 11. Coberturas de la tierra identificadas en la parte alta de la subcuenca río las Piedras

NIVEL 1	NIVEL 2	NIVEL 3	HAS	%	SIMBOLO - GÍA
2. TERRITORIOS AGRICOLAS	2.3 PASTOS	2.3.1 Pastos Limpios	268	18,86	
		2.3.3. Pastos enmalezados	137	9,64	
	2.4 AREAS AGRICOLAS HETEROGENEAS	2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	173	12,17	
		2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	93	6,54	
3. BOSQUE Y AREAS SEMINATURALES	3.1 BOSQUES	3.1.1 Bosque denso	513	36,10	
		3.1.3 Bosque fragmentado	88	6,19	
	3.2 AREAS CON VEGETACIÓN HERBÁCEA Y/O ARBUSTIVA	3.2.1 Herbazal	144	10,13	
		3.2.2 Arbustal	5	0,35	
TOTAL			1421	100	

Fuente: Elaboración propia – 2019

MAPA N° 7. COBERTURA VEGETAL DE LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA RÍO LAS PIEDRAS



Fuente: Elaboración propia - 2019

9. USOS DEL SUELO:

“Se entiende por uso del suelo a la manifestación visible en el territorio de determinadas actividades y/o formas de ocupación, a partir de las cuales pueden inducirse determinadas prácticas y/o formas de apropiación por parte de los actores en cada lugar. Mientras dichas manifestaciones, visibles mediante la ocupación, pueden ser concebidas como parte constitutiva de sistemas de objeto, las prácticas -manifiestas en diferentes formas de apropiación, uso y abuso de los lugares- pueden ser concebidas como parte inherente de sistemas de acción determinados”⁵⁷ .

En la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, los usos del suelo más representativos son: ganadero, agricultura, forestal y conservación, especialmente en zonas de ronda hídrica, humedales y en ecosistemas de páramo, en el mapa 8, se visualizan los usos mencionados anteriormente, cabe resaltar que para la elaboración del mapa, se realizó mediante recorridos en campo, y digitalización de imágenes satelitales landsat 8 del año 2018.

9.1. Ganadería:

Las áreas que desarrollan la actividad ganadera están conformadas por pastizales naturales, que generan diferentes grados de producción en la actividad ganadera. En algunas zonas se desarrolla una actividad agropecuaria incipiente ya sea por exceso de humedad, pedregosidad, porque los suelos son muy superficiales, impermeables y susceptibles a la degradación o porque la actividad predominante es la extractiva. En otras es más extensiva permitiendo el desgaste de los suelos y el avance acelerado de los procesos de remoción en masa de reptación por pata de vaca. Así, la tala de árboles realizada para la ampliación de los potreros de forma indiscriminada, produce la desprotección de las zonas de

⁵⁷ José Miguel Santos Preciado. El Planteamiento Teórico Multiobjetivo/Multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. Ráster. Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía, t. 10, 2009, págs. 129-151

pasto, lo que conlleva la desviación de la vida microbiológica necesaria para la descomposición de materias vegetales; animales, cuyos minerales se filtran en la tierra y la hacen fértil.

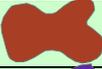
Además, teniendo en cuenta que para sostener un animal adulto es necesaria una Hectárea dada la baja calidad nutritiva de los pastos, actualmente en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras este uso del suelo abarca una extensión territorial de 578 Has, equivalentes al 40,67 %, extensión de las tierras para pasto se va aumentando pero sin que sé de aumento proporcional, en la producción. Pero sin duda alguna, a nivel productivo, el principal problema, que está en relación con los anteriormente descritos, son los bajos rendimientos, que se aceleran año tras año. Los cruces genéticos sin ningún tipo de control; los deficientes tipos de pasto (Kikuyo, la Yaragua, Pangola y, en especial, la Grama) por desprotección descrita; y los altos costos de los insumos ganaderos, como la sal, las vacunas, las drogas, y la mano de obra; provocan unas menores ganancias.⁵⁸

9.2. Conservación:

La conservación se presenta en mayor o menor medida en la áreas de nacimientos de agua, humedales y especialmente en las zonas de páramo y subpáramo mediante la implantación de especies nativas ejerciendo la función como bosques protectores, pues la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras hace parte de la zona de amortiguación del Parque Natural Puracé, tiene como usos los de Protección- Conservación, Regeneración, Producción Agrícola y Pecuaria. La oferta hídrica y el clima, aún determinan la cobertura vegetal y condicionan el uso agropecuario de las tierras.

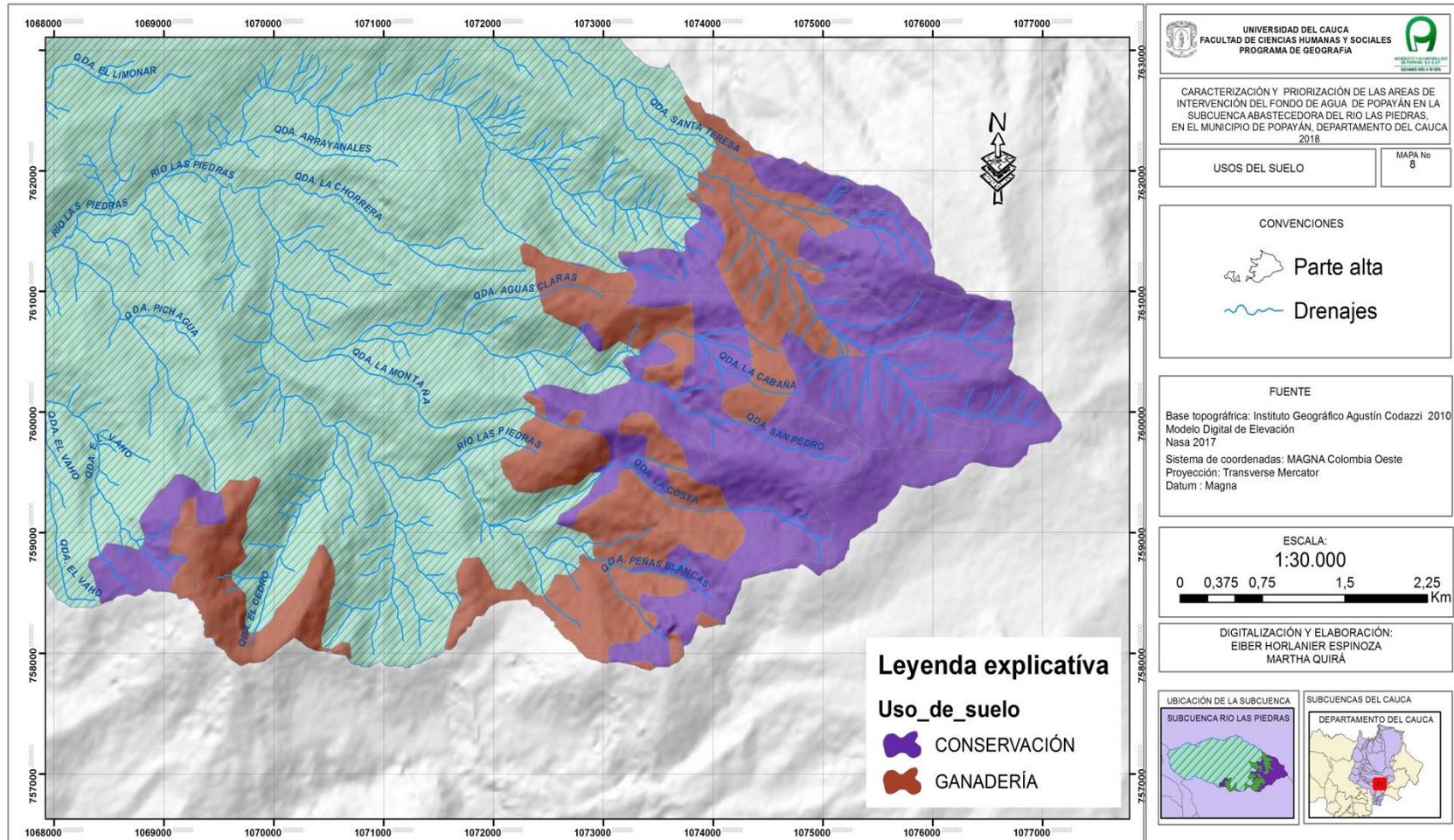
Este uso del suelo abarca una extensión de 843 hectáreas, equivalentes al 59,33 % sobre el área total, (Ver tabla 12)

Tabla 12. Usos del suelo en la parte alta de la subcuenca río Las Piedras

USO DEL SUELO	HAS	%	SIMBOLOGÍA
GANADERÍA	578	40,67	
CONSERVACIÓN	843	59,33	
TOTAL	1421	100	

Fuente: Elaboración propia-2019

MAPA N° 8. USOS DEL SUELO EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA RÍO LAS PIEDRAS



Fuente: Elaboración propia - 2019

10. VOCACIÓN DE SUELO.

es el uso del suelo más adecuado con base en la capacidad natural de soportar el uso, con características de sostenibilidad, evaluada sobre una base biofísica, se define como el uso más idóneo que se le puede dar a una unidad de tierra una vez analizado el menú de sus mejores Aptitudes, tomando en consideración: las políticas de Estado (estrategias agroalimentarias, valor cultural, entre otros), las condiciones físico naturales (Capacidad o potencialidad de uso de las tierras), las condiciones socioeconómicas (agrario: infraestructura, servicios, demanda e insumos) que, junto con las Aptitudes, determinarán el uso que debería dársele finalmente a las tierras a corto o mediano plazo.

La descripción de esta variable se elaboró a partir de la consulta de información secundaria levantada cartográficamente por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) a escala 1:100.000, que para la parte alta de la subcuenca río Las Piedras se identificaron tres posibles vocaciones el suelo, las cuales son el agroforestal, el forestal y agrícola.

10.1. Suelo con vocación agroforestal:

“las tierras con vocación agroforestal son aquellas que por sus características biofísicas (clima, relieve, material parental, suelo, erosión, etc) no permiten la utilización exclusiva de usos agrícolas o ganaderos. Estas tierras deben ser utilizadas bajo sistemas combinados, donde deliberadamente, se mezclen actividades agrícolas, ganaderas y forestales, en arreglos tanto espaciales como temporales”⁵⁹.

Los sistemas agroforestales implica una interacción ecológica, productiva entre el componente forestal, agrícola y/o pecuario. Entre los objetivos que tienen estos sistemas agroforestales se tienen: preservar la biodiversidad, conservar o propiciar

⁵⁹ Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Estudio general del suelo y zonificación de la tierra Departamento del Cauca, Bogotá, 2009.p. 85.

un microclima, aumentar la productividad vegetal o animal, aumentar la sostenibilidad de la explotación, diversificar la producción, integrar la producción forestal con la pecuaria y combinar lo mejor de la experiencia tradicional con los conocimientos modernos.

Estas formas de utilización de las tierras responden ampliamente a la necesidad de proteger, conservar y manejar racionalmente los recursos en forma simultánea con la producción y extracción de productos cultivados por el hombre, en donde además de propender por el mantenimiento de las funciones ecológicas de las tierras. Para clasificar las diversas prácticas y sistemas agroforestales se pueden considerar criterios estructurales, funcionales, socioeconómicos o temporales.

Para la parte alta de la subcuenca río Las Piedras la vocación agroforestal abarca un área de 448,4 hectáreas, equivalentes al 31,5 % sobre el área total (ver tabla 13), el uso principal que se le teniendo en cuenta la naturaleza de sus componentes, está orientado hacia el sistema de producción agrosilvopastoril con cultivos permanentes, en este sistema una vez establecida la plantación forestal, se aprovecha el suelo con pastoreo o con el establecimiento de algunos cultivos que toleran parcialmente la sombra

10.2. Suelos con vocación forestal:

“se refiere a aquellas tierras que por las limitaciones severas del clima, pendientes, suelos, drenaje y riesgo de erosión, deben aprovecharse con usos que aseguran la protección y/o conservación de los recursos hídricos, fauna y flora, suelos y del mismo bosque”⁶⁰.

En la parte alta esta unidad abarca una extensión de 934,8 hectáreas, el cual equivalen al 65,7% sobre el área total, esta vocación ideal del suelo, a su vez, presenta dos usos recomendados, los cuales son de producción forestal de protección, que abarca un área de 156,1 Has, representando el 10,9 % del área total de la parte alta de la subcuenca río Las Piedras, este tipo de usos del suelo

⁶⁰ Ibíd.,p.516.

recomendado por sus características deben ser dedicadas a la conservación y establecimientos de sistemas forestales orientados a la protección de la fauna, flora, suelos y recursos hídricos. En términos generales en esta área no se deben desarrollar ningún tipo de actividad económica diferente a la de protección y regeneración del bosque protector y conservación de la cobertura del bosque primario. Por otro lado para la vocación forestal en la parte alta también se recomienda el uso destinando a la protección – producción abarcando un área de 778,7 Has, equivalentes al 54,7 % sobre el área total del área de estudio (ver tabla 13) , es el área de mayor proporción en la parte alta de la subcuenca, esta área debe estar destinada a la protección y conservación permanentemente con el fin de mantener los recursos naturales, no obstante, como las pendientes son irregulares, es posible establecer en ellos plantaciones con especies leñosas para diferentes fines.

10.3. Suelo con vocación agrícola

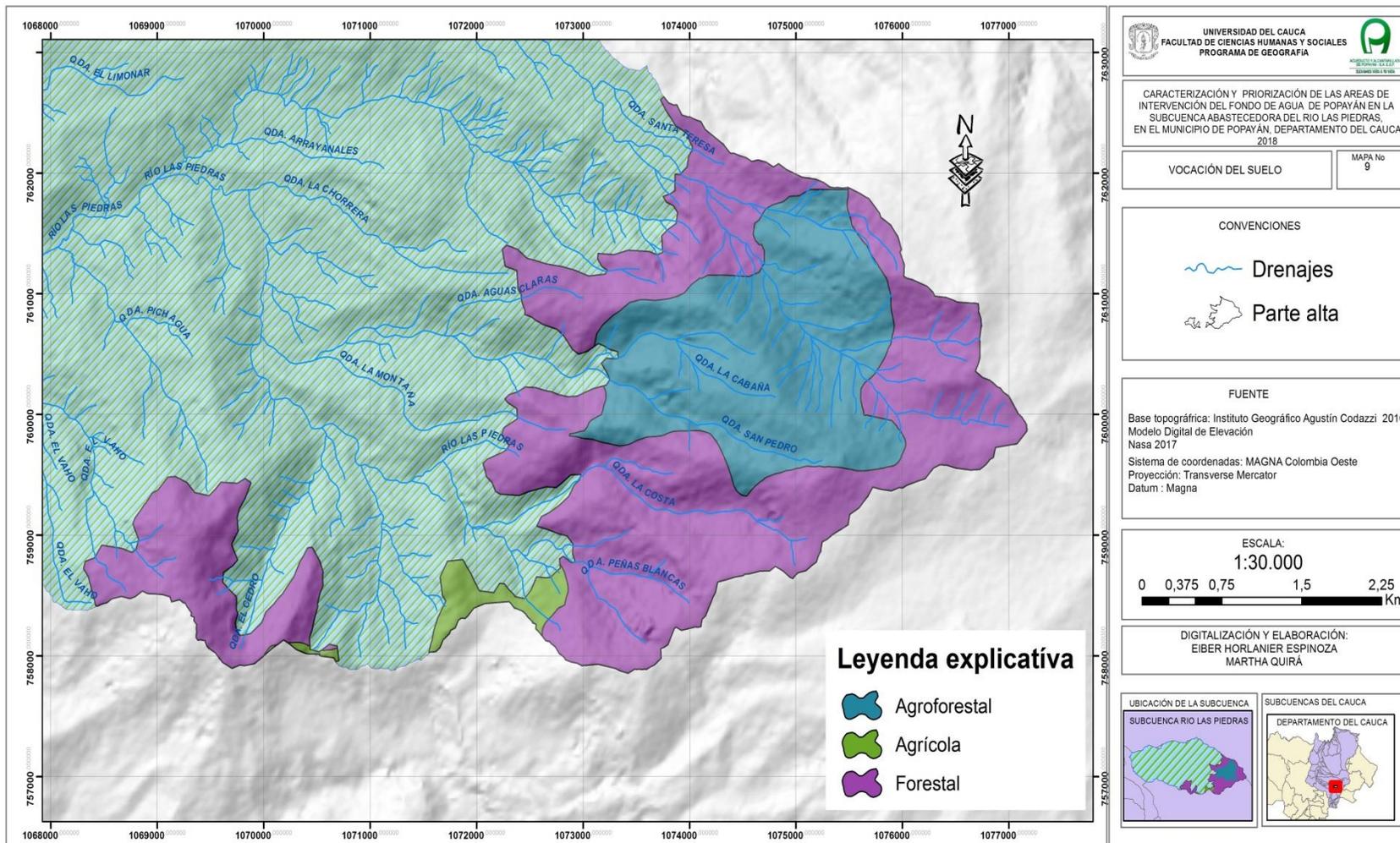
Las tierras con vocación agrícolas en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras desde el punto de vista biofísico y de función social, las actividades productivas más recomendables deben ser agrícolas con Cultivos transitorios semi intensivos de clima frío, son aquellos que tienen un ciclo de vegetativo menor de un año y requieren pocas labores de labranza y de cultivo; necesitan para su establecimiento moderada a alta inversión de capital y mano de obra calificada, estos suelos tienen vocación de agricultura intensiva de orientación comercial con cualquier clase de cultivos como papa, arveja, maíz, habas frijol, entre otros. Esta unidad abarca un área de 38,4 hectáreas en la parte alta de la subcuenca y contempla un porcentaje de 2,7 % sobre el área total.

Tabla 13. Vocación de suelo en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras

Vocación	Uso Principal	Área (ha)	%	Simbología
Agrícola	Cultivos transitorios semi intensivos de clima frío	38,412126 H	2,70181532	
Forestal	Forestal de protección	156,10866	10,9803027	
	Protección – producción	778,723052	54,7734815	
Agroforestal	Agrosilvopastoril con cultivos permanentes	448,471618	31,5444005	
TOTAL		1421,7	100	

Fuente: Elaboración propia – 2019, Basado en estudio del IGAC (2009)

MAPA N° 9. VOCACIÓN DE SUELO EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS PIEDRAS.



Fuente: Elaboración propia – 2019, Basado en estudio del IGAC (2009)

11. CONFLICTOS POR USO DEL SUELO.

“Los conflictos de uso de las tierras son el resultado de la discrepancia entre el uso que el hombre hace del medio natural y aquel que debería tener, de acuerdo con la oferta ambiental. Ello es consecuencia de diversas causas, entre las que sobresale la desigualdad en la distribución de las tierras, el predominio de intereses particulares sobre los intereses colectivos y por la aplicación de un sistema impositivo que no exige un uso social racional de las mismas. Los conflictos de uso de la tierra se presentan cuando las tierras son utilizadas inadecuadamente, ya sea por sobre o subutilización”⁶¹. En el área de estudio que es la parte alta de la subcuenta del río Las Piedras se tomaron tres categorías que se definieron como uso adecuado, sub-utilización y sobre-utilización.

11.1. Tierras con uso adecuado

“En estas áreas califican tierras donde el agroecosistema dominante guarda correspondencia con la vocación de uso principal o con un uso compatible. El uso actual no causa deterioro ambiental, lo cual permite mantener actividades adecuadas y concordantes con la capacidad productiva natural de las tierras”⁶². Por tal razón se recomienda evitar que entren en algún tipo de conflicto. Se debe mantener el uso actual o usos alternativos compatibles, incorporando en sus tecnologías de producción medidas que prevengan el deterioro de los recursos para garantizar sus sostenibilidad en el tiempo.

En la parte alta de la subcuenta del río Las Piedras las tierras que no presentan conflicto por su uso abarcan una extensión de 548 hectáreas y representan el 38,5 % sobre el área total, equiparándose con la misma proporción que las tierra que presentan un conflicto por sobre-utilización (ver tabla 14)

⁶¹ *Ibíd.*, p.515

⁶² SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA. Conflicto de uso de la tierra en Colombia, el uso y la oferta ambiental. Disponible en Internet: <http://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=434&conID=693>.

11.2. Tierras con conflicto por sub-utilización

“Calificación dada a la tierras donde el agroecosistema dominante corresponde a un nivel menor de intensidad de uso, si se compara con la vocación de uso principal o la de los usos compatibles”⁶³. En estas áreas el uso actual es menos intenso en comparación con la mayor capacidad productiva de las tierras, razón por la cual no cumplen con la función social y económica. En esta categoría el conflicto se encuentra en el uso actual que la comunidad lo ha destinado como conservación, pero la vocación de ese mismo suelo es de agroforestal y los de uso forestal sobre suelo con vocación agroforestal.

El conflicto por sub-utilización se presenta en un área de 322 hectáreas, representando el 22,66 % sobre el área total, deberá ser manejado cuidadosamente en aquellas zonas de amortiguamiento, por cuanto las prácticas agrícolas inadecuadas afectarán la disponibilidad y calidad del recurso hídrico por contaminación con agroquímicos.

11.3. Tierra con conflicto por sobre-utilización

“son tierras donde el uso actual dominante es más intenso en comparación con la vocación de uso principal natural asignado a las tierras, de acuerdo con sus características agroecológicas”⁶⁴. En estas tierras los usos actuales predominantes hacen un aprovechamiento intenso de la base natural de recursos, sobrepasando su capacidad natural productiva, siendo incompatibles con la vocación de uso principal y los usos compatibles recomendados para la zona, con graves riesgos de tipo ecológico y social.

Los principales conflictos se centran en suelo con uso actual de ganadería y su vocación es forestal, agroforestal o agrícola, y usos actuales de agricultura sobre suelos con vocación forestal, esta unidad presenta un área de 551 hectáreas, equivalente al 38,7% sobre el área total. Es recomendable la implementación de especies forestales nativas dispersas en potreros con el propósito de mejorar la estructura de los suelos y el ciclaje de nutrientes.

⁶³ Ibíd.,p. 29

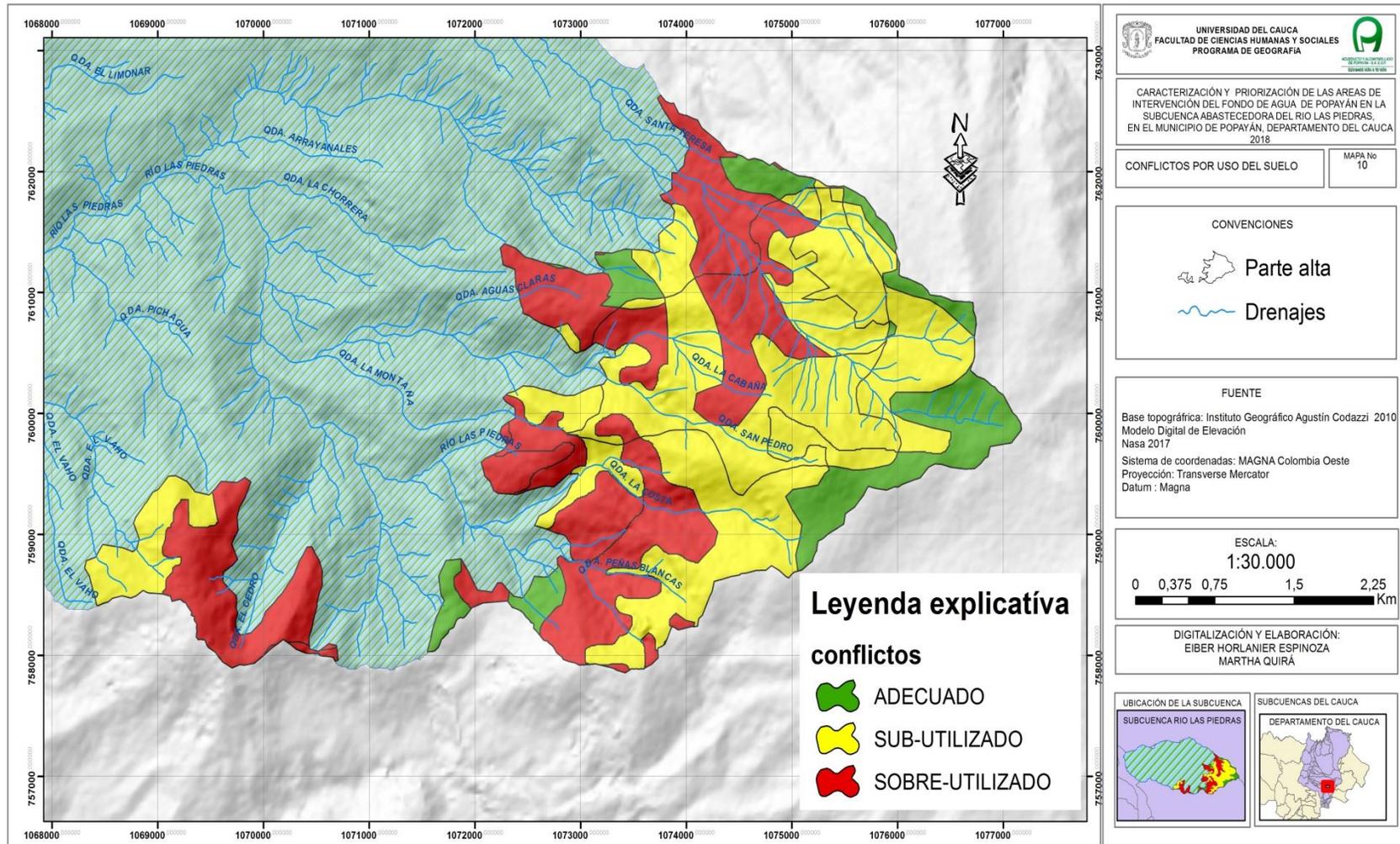
⁶⁴ Ibíd.,p. 31

Tabla 14 Conflictos por uso de suelo en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras

USO ACTUAL	VOCACIÓN	CONFLICTO	ÁREA (ha)	%	SIMBOLOGÍA
CONSERVACIÓN	Forestal	ADECUADO	548	38,5643913	
AGRICULTURA	Agrícola	ADECUADO			
CONSERVACIÓN	Forestal	ADECUADO			
CONSERVACIÓN	Agroforestal	SUB-UTILIZADO	322	22,6600985	
CONSERVACIÓN	Agroforestal	SUB-UTILIZADO			
GANADERÍA	Agrícola	SOBRE-UTILIZADO	551	38,7755102	
GANADERÍA	Forestal	SOBRE-UTILIZADO			
GANADERÍA	Agroforestal	SOBRE-UTILIZADO			
AGRICULTURA	Forestal	SOBRE-UTILIZADO			
AGRICULTURA	Agroforestal	SOBRE-UTILIZADO			
			1421	100	

Fuente: Elaboración propia – 2019, Basado en estudio del IGAC (2009)

MAPA N° 10 CONFLICTOS POR USOS DEL SUELO EN LA PARTE ALTA DE LA SUBCUENCA RÍO LAS PIEDRAS



Fuente: Elaboración propia – 2019, Basado en estudio del IGAC (2009)

12. RESERVAS NATURALES DE LA SOCIEDAD CIVIL

El Artículo 109 de la Ley 99 de 1993, define una RNSC como “la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales, cuyas actividades productivas y usos se establecerán de acuerdo a reglamentación, con la participación de las organizaciones sin ánimo de lucro de carácter ambiental”⁶⁵.

Para la caracterización de áreas prioritarias de intervención, se tuvo en cuenta la red de reservas de la sociedad civil, debido a esto la importancia que tiene la consolidación de la red de reservas naturales de la Subcuenca río Las Piedras, en los municipios de Popayán y Totoró, departamento del Cauca a través de procesos productivos y de conservación con los propietarios de cada reserva, Dadas las condiciones de su localización en la parte alta de la subcuenca , que se presenta como una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable para las comunidades de la zona, la población que habitan estos territorios juegan un papel indispensable en la preservación de los recursos hídricos por la localización de sus predios, y su objetivo estar en equilibrio con la naturaleza, y la conservación y restauración de áreas de bosque natural, o con presencia de ecosistemas estratégicos en la regulación hídrica, con existencia de humedales, nacimientos y quebradas, como también la incorporación de prácticas agroecológicas, por lo tanto son actores clave, en la toma de decisiones y la puesta en marcha de acciones pertinentes, sobre la subcuenca.

⁶⁵ Ministerio de Ambiente Decreto 870 de 2017 se establece el pago por servicios ambientales y otros incentivos a la conservación. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20870%20DEL%2025%20DE%20MAYO%20DE%202017.pdf>

13 CAPITULO III: ANÁLISIS Y PRIORIZACIÓN DE LAS ÁREAS PARA LA INTERVENCIÓN DEL FONDO DE AGUA DE POPAYÁN

La identificación de áreas a priorizar para la intervención , es la base para determinar cómo se deben utilizar de la mejor manera los espacios del territorio, de una forma armónica entre la comunidad que reside en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras y la oferta de los recursos naturales; Es la carta de navegación para orientar a los actores sociales quienes intervienen y toman decisión sobre sus actuaciones en la zona, buscando así un equilibrio hombre naturaleza, de tal manera que se garantice para las generaciones futuras la sostenibilidad en términos ambientales, socioeconómicos y culturales.

La priorización se constituye además en un ejercicio dinámico, flexible el cual debe ser revisado y ajustado constantemente de acuerdo a las dinámicas sociales y a las eventualidades imprevistas como son las catástrofes naturales.

13.1. Indicadores Presión, Estado y Respuesta:

Bajo este marco (PER) se ha identificado y organizado los factores y parámetros que permitieron desarrollar el proceso de Caracterización y Priorización de la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras

- **Indicadores de presión:** Son aquellos que reflejan la situación por las acciones de fuerzas económicas sociales, demográficas, políticas y productivas que pueden ocasionar cambios negativos sobre los recursos de la cuenca y que por lo tanto afectan a las variables de estado ⁶⁶

⁶⁶ Corporación Autónoma Regional de Nariño, CORPONARIÑO. “Clasificación y Priorización de Cuenca Hidrográficas en el Departamento de Nariño (2008)”. Recuperado de <http://corponarino.gov.co/expedientes/intervencion/DOCUMENTO%20PRIORIZACION%20ODE%20CUENCAS.pdf>

Para la implementación de la matriz (P-E-R) Tienen en cuenta (Actividades productivas y sistemas de producción., uso del suelo, conflictos por uso del suelo, cobertura de la tierra y deforestación).

- **Los indicadores de estado:** Como su nombre lo indica son los que miden el estado o las condiciones de los componentes de una Cuenca en un momento determinado. Este indicador incluye factores que nos muestran las características, como la oferta ambiental y los niveles de degradación de la cuenca⁶⁷

Se consideran indicadores tales como: porcentaje de erodabilidad del suelo, número de redes hídricas alteradas por el desvío de cauce para el riego ganadero y agrícola, Área estratégica degradada, Porcentaje de bosques primarios deforestados y Número de humedales y nacimientos de agua sedimentados, zonas de reserva natural de la sociedad civil

- **Los indicadores de repuesta:** Los parámetros políticos- administrativos, identifican o miden las acciones y medidas que se van poniendo en práctica para lograr escenarios deseados en las cuencas hidrográficas⁶⁸

Se abordaron temas como (la disponibilidad de estudios y planes de ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, y predios adquiridos para protección ambiental).

⁶⁷ Ibíd.,p.35

⁶⁸ Ibíd.,p.35

Tabla 15. Matriz de indicadores de presión estado y respuesta en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras

INDICADOR	FACTOR DE ANÁLISIS	PROBLEMÁTICA	ACCIONES	OBSERVACIÓN
Sistemas de producción, Usos del suelo y coberturas de la tierra	Destino de la (comercialización)	Uso de agroquímicos principalmente el cultivo de moras.	Papa Mora Cebolla Plantas aromáticas	Principalmente para autoconsumo y en menor cantidad para Comercialización
	Cultivos	Alto costo de insumos		
	Agrícola	Cultivo de papa, mora, agroquímicos.		
	Pecuario	<p>Malas prácticas de ganadería en las rondas hídricas</p> <p>Vertimientos por parte de fincas porcinas a fuentes hídricas</p> <p>Malos olores provenientes de fincas porcicultoras.</p> <p>Inadecuado manejo de especies menores (Conejos, gallinas)</p>	Actualmente la comunidad y las instituciones han desarrollado pocas acciones hacia el control de estas problemáticas en la zona.	<p>Los habitantes de la vereda expresan un a preocupación. Asimismo, inconformidad con algunas acciones desarrolladas en el territorio.</p>

	Forestal (plantaciones y /o natural)	existencia de plantaciones forestales.		Los habitantes expresaron interés en la conformación de áreas de protección ambiental.
	Asentamientos humanos (rural/urbano)	Crecimiento demográfico por tanto presenta hacinamiento en algunas viviendas. La población no cuenta con servicio de saneamiento básico alcantarillado y agua potable.		La comunidad manifiesta que algunos predios no cuentan con servicios básicos como el suministro de agua potable y el alcantarillado Asimismo algunas viviendas se encuentran en alto riesgo y en condiciones de alta vulnerabilidad por Remoción en masa.
	Protección a la naturaleza (parques naturales, reservas campesinas,			
	Terrenos improductivos Naturales (cumbres, montañas, laderas, etc..)			

	Forestal (plantaciones y/	existencia de plantaciones forestales.		Los habitantes expresaron interés en la conformación de áreas de protección ambiental.
	Asentamientos humanos	Crecimiento demográfico por tanto presenta hacinamiento en algunas viviendas. La población no cuenta con servicio de saneamiento básico alcantarillado y agua potable.		La comunidad manifiesta que algunos predios no cuentan con servicios básicos como el suministro de agua,
	Protección a la naturaleza (parques naturales, reservas campesinas,			
	Terrenos improductivos Naturales (cumbres, montañas, laderas, etc..)			.

		Contaminación por basuras. Contaminación por agroquímicos		
¿Cuál cree debería ser el uso del suelo? (Vocación).	Agrícola	Inexistencia de una clasificación de uso del suelo y coberturas de la tierra.		Predomina las pequeñas parcelas con cultivos para autoconsumo en menor escala.
	Pecuario Forestal (natural o Extracción de recursos	Contaminación del nacimiento (inadecuadas prácticas de ganadería)		Presencia de ganadería en algunos predios.
		Contaminación por vertimientos de una granja porcina.		
		Vertimientos por existencia de una curtiembre.		

Áreas protegidas y áreas de interés	Existencia e identificación.		Conformación el grupo de vigías	La comunidad se Impulsado procesos de conservación y de grupos
Ambiental			ambientales.	vigías en la zonas.
Conflictos	Adquisición de predios,(con recursos propios, comunitarios, públicos o privados).	Legalización de predios (actualización catastro rural). Conflictos por el uso del agua. Mejoramiento de linderos.		La comunidad expresa que necesitan apoyo por parte de las instituciones para mejorar las problemáticas de legalización de los predios.

Fuente: Elaboración propia - 2019

13.2. Proceso Metodológico

Con base en la caracterización Biofísica del área de influencia y la legislación vigente se presenta a continuación un análisis de priorización de las áreas que se deben intervenir por el fondo del agua en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, el cual se comenzó identificando los criterios de priorización, mediante un análisis multi-criterio, entendiéndose como criterios, aquellos atributos que caracterizan un ambiente, los cuales se pueden expresar en forma cuantitativa o cualitativa, y su aplicación determina la asignación de categorías a priorizar a las unidades diferenciadas, el cual se le asigna un peso de incidencia para la variable que se estipule como criterio para la elaboración del mapa final de priorización para la intervención

La priorización de áreas para la intervención se estructura en la identificación de áreas isotrópicas, el cual se categorizaron en área de priorización alta, priorización media y priorización baja.

Se tomaron como base los mapas temáticos generados en el capítulo uno y el capítulo dos, se procedió a establecer los siguientes procesos metodológicos para obtener la zonificación entendida como la priorización de áreas a intervenir en la zona de estudio:

13.2.1 Identificación de atributos, siendo estas las unidades definidas en las diferentes variables analizadas

A continuación se presentan las variables o criterios que se emplearon para en elaboración de la zonificación, con sus respectivas ponderaciones, fue necesario discriminarla según el sistema en el que se abordaron en los capítulos anteriores del presente proyecto, que mediante procesos matemáticos con la herramienta algebra de mapas, se cruzaron los mapas de las variables que se interrelacionaran en la matriz multicriterio para obtener el mapa final que permite la identificación de las zonas de importancia para la conservación del recurso hídrico, protección de rondas hídricas, restauración y adecuación desarrollado en base a

la metodología planteada, incorporando “una alta gama de información relativa al medio ambiente; es decir al medio físico, medio biótico, aspectos antrópicos y sus relaciones

13.2.2 Ponderación de variables

En este modelo, la zonificación integra cinco (5) variables de mayor relevancia, siendo la base para la obtención de las áreas a priorizar en la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras (ver tabla 21), teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

Alto: 3 zonas que necesitan de una intervención inmediata

Medio: 2 la cual no necesita de una intervención inmediata

Bajo: 1 no presenta daño o intervención considerable según los criterios y parámetros establecidos

Tabla 16. Categorización y ponderación de la variable uso del suelo

CATEGORIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LA VARIABLE USO DEL SUELO	
Parámetro	Calificación
Conservación	3
Ganadería	2

Fuente: Elaboración propia-2019

Tabla 17. Categorización y ponderación de la variable cobertura vegetal

CATEGORIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LA VARIABLE COBERTURA VEGETAL	
Parámetro	Calificación
2.3.1 Pastos Limpios	3
2.3.3. Pastos enmalezados	1
2.4.3 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2

2.4.4 Mosaico de pastos con espacios naturales	3
3.1.1 Bosque denso	1
3.1.3 Bosque fragmentado	3
3.2.1 Herbazal	1
3.2.2 Arbustal	2

Fuente: Elaboración propia-2019

Tabla 18. Categorización y ponderación de la variable conflictos por uso del suelo

CATEGORIZACIÓN Y PONDERACIÓN DE LA VARIABLE CONFLICTOS POR USO DEL SUELO	
Parámetro	Calificación
Adecuado	1
Sobre-utilizado	3
Sub-utilizado	2

Fuente: Elaboración propia-2019

Tabla 19. Categorización y ponderación según tipo de clima

CATEGORIZACIÓN Y PONDERACIÓN SEGÚN TIPO DE CLIMA	
Parámetro	Calificación
Frío -Súper Húmedo	2
Frío -Húmedo	2
Páramo alto -Súper Húmedo	3
Páramo bajo- Súper Húmedo	3

Páramo bajo-Húmedo	2
--------------------	---

Fuente: Elaboración propia-2019

Tabla 20. Categorización y ponderación para el estado actual del recurso hídrico

CATEGORIZACIÓN Y PONDERACIÓN PARA EL ESTADO ACTUAL DEL RECURSO HIDRICO	
Parámetro	Calificación
Redes hídricas	3
Humedales	3

Fuente: Elaboración propia-2019

Posteriormente se realizó una matriz multi-criterio, donde se agruparon todos los criterios o variables escogidas como criterio de entrada al modelo espacial de priorización a cada una de las variables y parámetros se le asignó su respectivo peso. Los criterios del análisis de superposición ponderada no tienen la misma importancia, así que se les dio más peso a los criterios importantes que a los otros criterios (Ver tabla 21)

Tabla 21. Matriz Multicriterio con sus respectivas ponderaciones a cada variable

Variable	Descripción	Ponderación (%)
Usos del suelo	Se priorizaron las áreas que presentan un uso del suelo que genera una mayor alteración al sistema biótico	20
Conflictos por uso del suelo	Orientado a identificar las áreas donde existe incompatibilidad (sitios de uso y no concordantes con su vocación natural, así como sitios en uso en concordancia natural pero con problemas ambientales por el mal manejo)	25
Cobertura vegetal	Cartografía de la cobertura y uso actual de la tierra según la clasificación Corine Land Cover hasta el tercer nivel para escalas 1:250000 y 1:100000 Esta cartografía es de gran importancia para la elaboración del modelo espacial de priorización	20
Clasificación climática	El mapa se obtuvo mediante la interpolación de datos estadísticos	

	climáticos, proporcionados por la empresa de acueducto y alcantarillado de Popayán y la aplicación de la metodología de clasificación climática Caldas – Lang	10
Estado actual del recurso hídrico	Se elaboró buffer de 30 mts alrededor del cauce de las principales redes hídricas, también se tuvieron en cuenta los humedales y nacimientos de agua identificados en los recorridos en campo	15
Reserva natural de la sociedad civil	A mayor área de reservas naturales, mayor priorización	10

Fuente: Elaboración propia - 2019

13.3. Superposición de información temática, utilizando sistemas de información geográfica (SIG) haciendo cruce y superposición de mapas (Algebra de mapas)

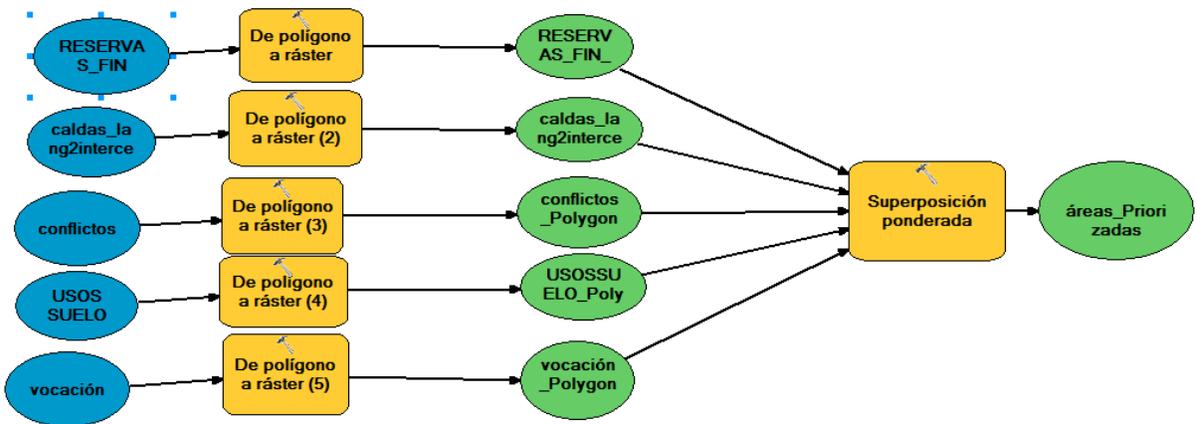
Como proceso principal en este paso metodológico, se rasterizaron los criterios que se encontraban en tipo vector, posteriormente, se tuvo en cuenta la calificación asignada a las variables en las tablas (16, 17, 18, 19, 20) y las ponderaciones asignadas a los criterios seleccionados en la matriz (ver tabla 21), con la herramienta de algebra de mapas de ArcGis se elaboró las siguiente ecuaciones para la operatividad del modelo espacial de priorización.

Zonificación de áreas a priorizar = $\Sigma(\text{Usos del suelo}) * 0,20 + (\text{Conflictos por uso del suelo}) * 0,30 + (\text{cobertura vegetal}) * 0,25 + (\text{clasificación climática}) * 0,10 + \text{estado actual (del recurso hídrico)} * 0,15$

13.3.1. Creación del modelo espacial de priorización

El modelo de priorización para la intervención es un modelo de decisión, ya que a partir de las variables debe elegirse cuales son las opciones de uso más favorables para el aprovechamiento sostenible de los recursos y la implementación de estrategias por parte de las instituciones públicas en sinergia con la comunidad para el adecuado ordenamiento del suelo y la conservación de los bienes eco- sistémicos.

Figura 9. Modelo espacial de priorización de áreas de interés



Fuente: Elaboración propia - 2019

13.4 Priorización de áreas de interés para la intervención

La priorización de la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras se encuentra dividida en tres categorías, la priorización alta, priorización media y priorización baja, cada una con características biofísicas diferenciadas, el cual permitieron, por medio de la implementación de la matriz Multicriterio y la ponderación de las variables que a criterio del marco metodológica del presente trabajo, identificar áreas homogéneas priorizadas cuyo fin último será la implementación de estrategias institucionales en aras de la preservación y la gestión integral del recurso hídrico. A continuación presentamos los resultados obtenidos en el modelamiento cartográfico de la matriz Multicriterio. (Ver tabla # 22, mapa # 12)

13.4.1 Priorización alta

Las áreas categorizadas como prioridad alta presentan nacimientos de agua con presencia de drenajes a lo largo del mismo, cuenta además con la presencia de una zona de páramo el cual contribuye a la regulación hídrica, comprende suelos con uso mayoritariamente de ganadería, actividad que más genera alteración al sistema biótico por su inadecuado sistema de producción, desarrollados bajo suelos que mayoritariamente son vocación forestal y agroforestal, es evidente el conflicto por usos del suelo que se presentan en la zona y fueron tomados como variable fundamental para la identificación de esta área catalogada como prioridad alta, también se tuvieron en cuenta las zonas de reservas naturales que juegan un papel importante en la preservación del ecosistema, también se incorporaron las rondas hídricas de los principales drenajes, cuya finalidad es la restauración de la vegetación riparia y del bosque fragmentado

El área de priorización alta abarca una extensión de 486 hectáreas, equivalentes al 30,7 % sobre el área total de la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, estas áreas es bien conocido por los habitantes de la zona y consideran que se debe proteger debido a la deforestación que se ha hecho.

13.4.2. Priorización media.

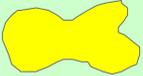
Estas áreas presentan suelos mayoritariamente forestales y de conservación, actualmente han sido intervenidas o alteradas con menor intensidad que las categorizadas como prioridad alta, sin embargo no son exentas al planteamiento de estrategias de conservación y protección. El área con prioridad media tiene características del suelo que lo acondicionan a una vocación principalmente de tipo forestal producto y protector, y en menor medida presenta una vocación de tipo agroforestal.

El área que abarca este nivel de priorización es de 787 hectáreas, equivalentes al 49,8 % sobre el área total de la parte alta de la subcuenca del río Las Piedras, es congruente afirmar que la mayor proporción del área de estudio se encuentra categorizada en esta unidad, pero si no se desarrollan acciones a nivel comunitario e institucional en pro de la conservación ambiental, pues dicha cantidad disminuirá y se acumulará en la prioridad alta.

13.4.3. Prioridad baja.

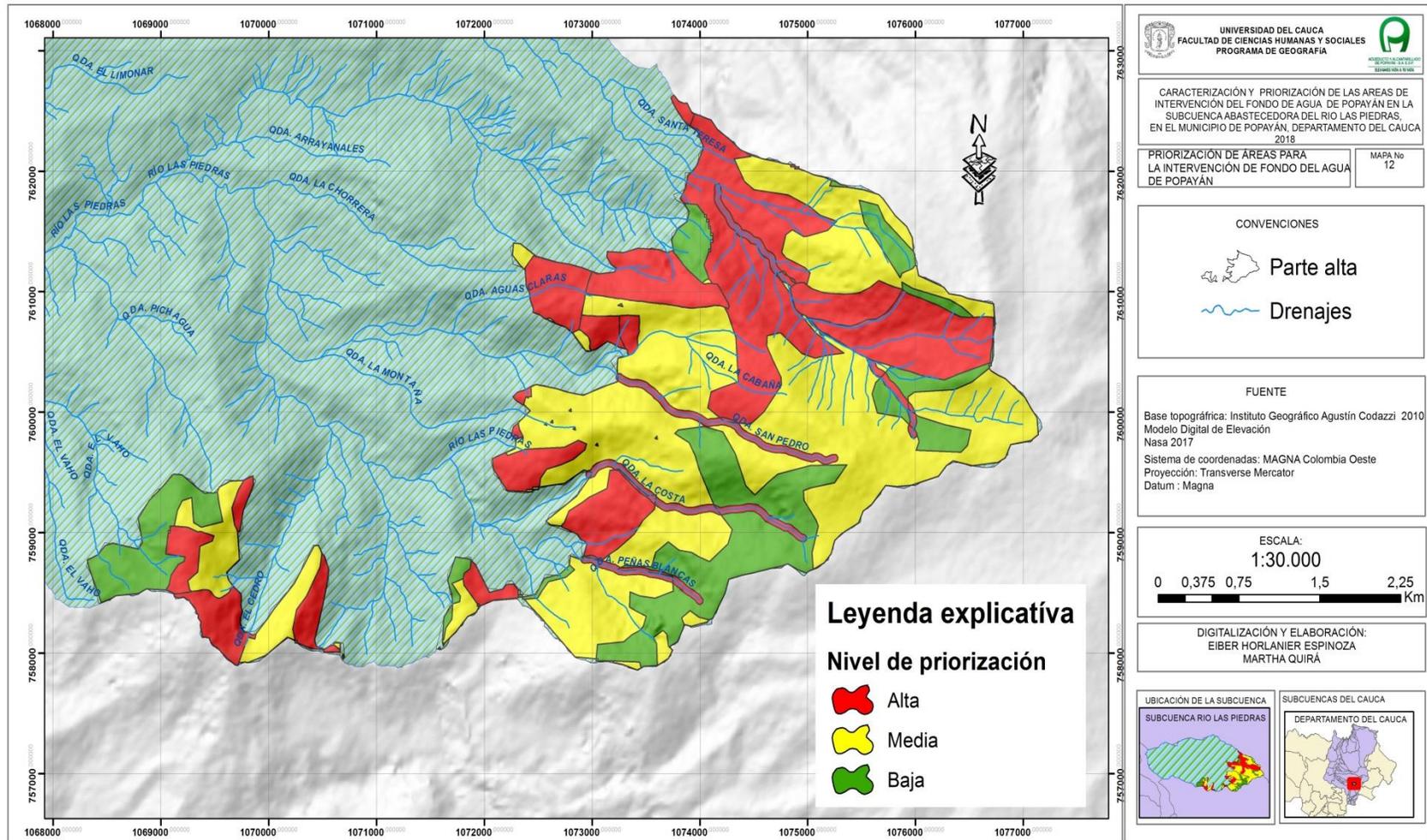
La zonas identificadas como prioridad baja presentan usos del suelo de tipo forestal productor – protector, sobre suelos que por sus características intrínsecas son condicionados para una vocación de tipo forestal, es decir, en esta categoría de priorización no se evidencian altos conflictos por usos del suelo, criterio que permitió agruparlo en el nivel de priorización bajo, que abarca una extensión de 306 hectáreas, equivalentes en datos relativos al 19,3 % sobre el área total, que a su vez presenta una cobertura vegetal del bosque denso.

Tabla 22. Áreas prioritizadas para la intervención del fondo del agua del municipio de Popayán

PRIORIZACIÓN	CARACTERÍSTICA	ÁRE A	%	
Alta	zonas que necesitan de una intervención inmediata	486	30,763503 8	
Media	la cual no necesita de una intervención inmediata	787	49,858532 1	
Baja	no presenta daño o intervención considerable según los criterios y parámetros establecidos	306	19,377964 1	
		1578	100	

Fuente: Elaboración propia - 2019

MAPA N° 12. ÁREAS PRIORIZADAS PARA LA INTERVENCIÓN DEL FONDO DEL AGUA DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN



Fuente: Elaboración propia - 2019

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante la aplicación de la metodología propuesta para este trabajo se pudo identificar que la parte alta de la subcuenca es un ecosistema estratégico páramuno de vital importancia para toda la subcuenca del río Las Piedras, al regular el ciclo hidrológico y la oferta hídrica que garantizan un mejor desenvolvimiento de las comunidades que se sitúan en la zona de estudio. Por otro lado, en la parte alta de la subcuenca se identificaron zonas de reserva de la sociedad civil, el cual se destinaron como priorización alta por su gran impacto a nivel positivos en la conservación y protección de los recursos naturales que alberga en su área.

Los resultados obtenidos durante el Análisis Multicriterio (AMC) señalan la presencia de áreas estratégicas para la protección, conservación y preservación del recurso hídrico, que actualmente no están siendo incorporadas y abordadas en los escenarios de protección y/o restauración, por las figuras legales tales como Plan de Ordenación y manejo de cuencas hidrográficas, POMCH, POT Municipal, situación que a corto y mediano plazo, debe considerarse con el objetivo de incorporar estas áreas prioritarias dada su relevancia ecológica para la regulación hídrica de la subcuenca río Las Piedras.

La selección de áreas estratégicas, está relacionada con todos los elementos que componen una cuenca, por lo cual su evaluación no debe hacerse de manera apresurada y bajo un solo enfoque, por el contrario debe incluir la mayor cantidad de variables posibles y objetivas que permitan reconocer las debilidades y fortalezas del sistema.

La priorización de áreas a pesar de que se realiza en un lugar específico debe reconocer las características de toda la subcuenca. Estos procesos de priorización de áreas no sólo deben considerar las variables físico-ambientales, sino que también deben estar ligados a la memoria histórica y al valor que la comunidad le da a los lugares, como por ejemplo, dónde nace el agua que llega a sus predios,

sabiendo que detrás de cada área existe todo un legado relacionado con las personas que han vivido o trabajado allí, elementos que no se pueden reconocer si no hay acercamiento a las comunidades y trabajo conjunto con ellas para la formulación y ejecución de un proyecto. La importancia de priorizar áreas, en términos generales, puede clasificarse como de carácter técnico y de carácter social, siendo la primera más factible de cuantificar en términos físicos y funcionales, por ejemplo en pérdidas potenciales referidas a los daños que pueden sufrir los recursos o la interrupción de los servicios, a diferencia de la segunda, que prácticamente sólo puede valorarse cualitativamente y en forma relativa, debido a que está relacionado con aspectos económicos, educativos, culturales e ideológicos.

Los resultados obtenidos sirven como un indicador, para dirigir esfuerzos hacia las áreas prioritarias, con intervenciones que permitan conservar y recuperar ecosistemas y servicios eco sistémicos. Para asegurar el cumplimiento de estas acciones es necesario que las intervenciones tengan sostenibilidad. Las comunidades campesinas e indígenas, por su localización, conocimientos, saberes y capacidades, son de vital importancia para continuar los proyectos de conservación, restauración ecológica y educación ambiental desarrollados, garantizando beneficios directos a su comunidad e indirectos a toda la población que habita en la subcuenca.

La parte alta de subcuenca río las Piedras cuenta con fortalezas sociales, pacto de paz y convivencia, ya que a través de los años la comunidad se ha organizado en torno a la gestión del recurso hídrico, sin embargo, será necesario tomar medidas serias frente a temas relacionados con el uso irracional del agua, quemas descontroladas y la aplicación de tecnologías apropiadas a los procesos productivos que se desarrollan en esta zona. Siendo importante fortalecer la articulación de la parte alta, media y baja de la subcuenca, desde el propio reconocimiento, apropiación y capacidad asociativa en torno a la gestión del recurso hídrico. Por esta razón, fueron de gran ayuda todos los aportes realizados a esta investigación por parte de la comunidad, su apoyo e interés permanente por los resultados obtenidos.

La metodología propuesta se validó para un contexto en particular, se espera pueda ser utilizada en otros casos y con diferentes enfoques donde se busquen beneficios tanto para el sistema natural como para el sistema social, reconociendo que este último fortalece toda iniciativa que se quiera llevar a cabo. La metodología desarrollada constituye una herramienta para la toma de decisiones en la protección de las subcuencas hidrográficas.

15. BIBLIOGRAFÍA

- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Sistematización de prácticas de conservación de suelos y aguas con enfoque de adaptación al cambio climático: Metodología basada en WOCAT para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile, 2014. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.fao.org/3/a-i3741s.pdf>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Análisis multitemporal de las coberturas y usos del suelo de la reserva forestal protectora-productora “Casa Blanca” en Madrid Cundinamarca entre los años 1961 y 2015. Disponible en el siguiente enlace: https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Veloza-Torres-Jenny-Patricia.pdf
- Ministerio del Medio Ambiente. Dirección de la gestión integral del recurso Hídrico: Criterios para la priorización de cuencas hidrográficas objeto de ordenación y manejo, 2014. Disponible en el siguiente enlace: <http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/cuencas-hidrograficas/Criterios-para-la-priorizacion-de-cuencas-hidrograficas-objeto-de-Ordenacion-y-Manejo.pdf>
- The Nature Conservancy. Organización internacional dedicada a la conservación de la biodiversidad y el medio natural. Disponible en el siguiente enlace: <https://www.mundotnc.org/>
- Acueducto y Alcantarillado de Popayán. Fundación Procuencia Rio las Piedras Disponible en el siguiente enlace: <http://www.acueductopopayan.com.co/gestion-ambiental/fundacion-procuencia-rio-las-piedras/fuentes-de-abastecimiento/cuenca-molino/>
- Guía para la caracterización ambiental provincia, República Dominicana. Disponible en el siguiente enlace: https://www.academia.edu/974283/Gu%C3%ADa_para_la_Caracterizaci%C3%B3n_Ambiental_Provincial_Rep%C3%BAblica_Dominicana
- Caracterización Físico Natural de la Comunidad Indígena de Kashaama con Fines de manejo sostenible de la tierra, 2015. disponible en el siguiente enlace: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892015000200005
- Plan de salvaguarda étnico pueblo indígena Kokonuko “PSEPIK”, 2011-2013. Disponible en el siguiente enlace: http://observatorioetnicocecoin.org.co/cecoin/files/P_S%20Kokonuco.pdf

- ESTEBANEZ, José. El carácter de la geografía-Geografía Humana. Madrid: Editorial pirámide, 1992.p.19
- Guía para la caracterización ambiental provincia, República Dominicana: pág. 2:
https://www.academia.edu/974283/Gu%C3%ADa_para_la_Caracterizaci%C3%B3n_Ambiental_Provincial_Rep%C3%ABlica_Dominicana
- BONILLA, Castro E., Hurtado Prieto J. & Jaramillo Herrera C. La investigación. Aproximaciones a la construcción del conocimiento científico, Colombia.
Disponible en PDF.
- -SÁNCHEZ, Upegüi, A. Introducción: ¿qué es caracterizar? Medellín, Fundación Universitaria Católica del Norte. 2010.p.4
Disponible en PDF.
- FAO, Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura. ¿qué es el suelo?:
Disponible en el siguiente enlace:
cortolima.gov.co/sites/default/files/images/stories/centro_documentos/pom_totare/diagnostico/i_28cobertura_uso_tierra_totare.pdf
- -Planificación del uso de la tierra: Citado en un documento parcial sin título disponible en el siguiente enlace:
<http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/la%20planificacion%20del%20uso%20de%20la%20tierra.pdf>
- -Planeamiento y manejo y gestión de cuencas hidrográficas, unidad 1.
Disponible en el siguiente enlace:
https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/83/2/Unidade_1.pdf
- Alianza latinoamericana de fondos de agua: ¿que son los fondos de agua disponible en, <https://www.iadb.org/es/sectores/water-and-sanitation/iniciativa-fondos-de-agua/inicio%2C20489.html>
- Cauca extremo; Fondos de agua para Popayán: disponible en el siguiente enlace: <http://caucaextremo.com/site/fondo-de-agua-para-popayan/>
- -Constitución Política de Colombia 1991 Actualizada con los Actos Legislativos a 2016. Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion%20politica%20de%20Colombia.pdf>.

- -Ley 99 de 1993.Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.humboldt.org.co/images/documentos/pdf/Normativo/1993-12-22-ley-99-crea-el-sina-y-mma.pdf>
- -Decreto 1640 de 2012.Disponible en el siguiente enlace:
<http://www.ideam.gov.co/documents/24189/389196/34.+DECRETO+1640+DE+2012.pdf/16c0bbbb-644a-4a96-9c9d-b0edcbce50aa?version=1.1>
- -POMCAS, año 2014, Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas: pág.11
- -Santos Preciado José M: El planteamiento teórico multiobjetivo/multicriterio y su aplicación a la resolución de problemas medioambientales y territoriales, mediante los S.I.G. Ráster : Disponible en el siguiente enlace:
<http://e-spacio.uned.es/fez/eserv.php?pid=bibliuned:ETFSerie6-B3DEF4BA-3143-B4C9-16C6-4D5EDF3F8AA9&dsID=Documento.pdf>
- -ArcGreek, Clasificación supervisada y no supervisada en ArcGis: disponible en el siguiente enlace:
[enlace:https://www.scribd.com/document/34781975/Clasificacion-supervisada-ARCGIS-9-3.](https://www.scribd.com/document/34781975/Clasificacion-supervisada-ARCGIS-9-3)
- -Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra,(2010), disponible en el siguiente enlace:
http://siatac.co/c/document_library/get_file?uuid=a64629ad-2dbe-4e1e-a561-fc16b8037522&groupId=762
- Figueroa Casas Apolinar y Valencia Rojas Mónica Patricia: Fragmentación y coberturas vegetales de ecosistemas andinos, departamento del Cauca (2009).. Sello Editorial Universidad del Cauca.
- CRC: Corporación Autónoma Regional del Cauca. Plan de ordenación y manejo de la sub cuenca hidrográfica del Río Las Piedras (2006). Disponible en el siguiente enlace:
<http://crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Piedras/Documento%20final.pdf>
- Plan de salvaguarda étnico pueblo indígena Kokonuko “PSEPIK” (2011-2013). Disponible en el siguiente enlace:
http://observatorioetnicocecoin.org.co/cecoin/files/P_S%20Kokonuco.pdf - y plan de Vida del Resguardo Indígena de Puracé.

- Acueducto y Alcantarillado de Popayán. -S. A E.S.P.(descripción de la subcuenca Rio las Piedras , año 2003).Disponible en el siguiente enlace:<http://www.acueductopopayan.com.co/gestion-ambiental/fundacion-procuenca-rio-las-piedras/fuentes-de-abastecimiento/cuenca-molino/>
- RUIZ, Alfredo. Tejada, Adalberto. CLIMATOLOGÍA. Universidad Nacional de México. Estado de Veracruz. México. 2009. P. 15.
- MENESES, Fernando. Mazabuel, Saúl. *CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA DE LA ZRC DEL MUNICIPIO DE TOTORÓ*. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia. 2018.p. 35
- RUIZ, Alfredo. Tejada, Adalberto. CLIMATOLOGÍA. Universidad Nacional de México. Estado de Veracruz. México. 2009. P. 15.
- MENESES, Fernando. Mazabuel, Saúl. *CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA DE LA ZRC DEL MUNICIPIO DE TOTORÓ*. Universidad del Cauca. Popayán. Colombia. 2018.p. 35
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Bogotá, D. C., Colombia. 2007. 276 p.
- CASTAÑEDA, Paola. Zonificación climatológica según el modelo caldas – lang de la cuenca rio negro mediante el uso del sistema de información geográfica sig. Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, Bogotá, Colombia. 2010.
- VALLEJO, C, MORA, C Y MAYA, L. Configuración regional de la microcuenca Torcasalado, cuenca alta del Rio Guamués, departamento de Nariño. trabajo de grado para optar al título de Ingeniero agroforestal. Pasto. Universidad de Nariño. 2007.
- Holdridge, L. R. 1947. Determination of World Plant Formations from Simple Climatic Data. Science Vol 105 No. 2727: 367-368
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI (IGAC), mapa de cobertura de la tierra cuenca Magdalena-Cauca. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá, D.C, 2007.98.P
- Santos Preciado José Miguel. El Planteamiento Teórico Multiobjetivo/Multicriterio y su aplicación a la resolución de problennas medioambientales y territoriales,

mediante los S.I.G. Ráster. Espacio, Tiempo y Forma, Serie VI, Geografía, t. 10, 2009, págs. 129-151

- SISTEMA DE INFORMACIÓN AMBIENTAL DE COLOMBIA. Conflicto de uso de la tierra en Colombia, el uso y la oferta ambiental. Disponible en Internet: <http://www.siac.gov.co/contenido/contenido.aspx?catID=434&conID=693>.

- Ministerio de Ambiente Decreto 870 de 2017 se establece el pago por servicios ambientales y otros incentivos a la conservación. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%20870%20DEL%2025%20DE%20MAYO%20DE%202017.pdf>

16. ANEXOS

DATOS LAS DE VARIABLES CLIMATOLÓGICAS DE PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA DE LAS ESTACIONES QUE TIENEN INFLUENCIA EN LA PARTE DE LA SUBCUENCA DEL RÍO LAS PIEDRAS

	ESTACIÓN EL TABLAZO (2017)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	128,2	161,9	261,4	267,1	258,6	130,7	18,8	22,6	183,1	168,5	292,9	200,3
T	18	18,9	18,3	19	18,8	18,8	19,6	19,6	19,6	18,7	18,3	16,8

	ESTACIÓN EL TABLAZO (2018)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	41,3	24,3	18,9	12,2	97,1	39,9	39,9	47,8	16,9	151	335,1	97,7
T	18,1	18,9	16	18,1	18,1	18,6	18,1	19,6	19,3	18,6	18,5	18,9

	ESTACIÓN INZÁ (2015)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	57,7	92,4	215,6	141,1	104,7	95,5	54,1	37,4	21,7	47,7	107,9	12,7
T	15,8	16,2	15,8	16,2	8,33	14,2	16,4	16,3	16,6	16,6	16,7	17,4

	ESTACIÓN INZÁ (2016)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	33,5	38,7	52,7	140,9	206,2	128,5	103	38,1	108,7	112,5	104,8	101,4
T	17,2	18	17,6	17,5	17,3	16,5	15,9	16,4	16,7	18,7	18,9	18,9

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

	ESTACIÓN INZÁ (2017)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	167,4	47,2	248	147,6	221,1	141,3	67,4	80,8	47,9	97,9	180,2	95,9
T	18,2	19,5	18,9	19,5	19,6	19,3	17,5	19	19,6	19	19,4	19,8

anexos

	ESTACIÓN INZÁ (2018)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	97,6	22,7	40,2	116,4	131,8	153	96	63,6	79,7	139,8	113,5	38,1
T	19,1	19,2	19,1	18,2	18,9	18,2	17,9	18,1	18,8	19,1	19,5	18,9

	ESTACIÓN LA PRIMAVERA (2015)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	118,7	107,2	203,5	111,9	116,9	230	161,9	155,4	50,7	104,2	152,4	36,3
T	17,4	17,7	17,5	17,4	17,4	16,1	16,4	16,6	17,7	16,7	17,8	17,7

	ESTACIÓN LA PRIMAVERA (2016)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	28,3	100,2	114,5	59,6	143,7	162,9	216	212,5	59	60,4	167,5	123,1
T	19,1	18,4	18,4	18,2	17,6	16,5	16,2	16,5	17,2	17,7	17,4	17,3

	ESTACIÓN LA PRIMAVERA (2017)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	182,6	100,4	54	49,6	58,7	36,6	29,9	78,1	63,4	78,6	157,7	75,7
T	17,2	17,5	17,4	16,4	17,2	16,9	17,8	17	17,2	17	17,3	17,5

	ESTACIÓN LA PRIMAVERA (2018)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	86,6	102,9	55,2	49,6	38,2	50,2	37,5	60,3	38,8	137	172	96,5
T	17	17,5	17,6	16,5	16,9	16,2	15,8	16,1	17,1	17,7	17,9	17,3

	ESTACIÓN LA ESTACIÓN LA SIERRA (2017)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	166,1	115,6	363,8	190,3	272	65,2	70,5	55,6	63,4	144,1	191,5	197,3
T	17,6	18,3	17,6	18,8	18,1	18,5	19,1	19,1	19,5	18,5	17,7	17,9

	ESTACIÓN LA ESTACIÓN LA SIERRA (2018)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	50,8	313	177,4	212,8	138,4	32,6	40,4	38,6	47	308	386,9	184,8
T	17,6	18,1	18,6	17,9	17,9	18,7	19,1	19,5	19,3	18,1	17,7	18,4

	ESTACIÓN LA ESTACIÓN PNN PURACÉ (2017)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	84,8	73,3	160,8	105,7	158,9	132,8	146	69,1	55,4	98,2	210,6	133,8
T	7	5,9	4	8	7,8	7,4	5,9	6,7	7,3	7,4	7,7	7,5

ESTACIÓN LA ESTACIÓN PNN PURACÉ (2018)												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
P	100,9	137,9	47,5	210,5	109	148,6	114,4	101,5	83,3	143,8	148	106
T	7	7,9	7,7	7,3	7,7	6,8	6,5	6	7,1	7,7	8,2	7

ESTACIÓN ARRAYANES												
Meses	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Precipitación mm	128	115	103	103	22	35	59	50	48,9	51	260	240
Temperatura C	10	11	10	10	10	12	12	10	11	11	10	11