

**DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO DE LA MICROCUENCA  
DEL RÍO LOS CEDROS, CORREGIMIENTO DE CHIRIBÍO, MUNICIPIO DE  
SOTARÁ**



**DAYSY CATHERINE GARZÓN BRAVO  
JAMES FABIÁN RODRÍGUEZ RUIZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERÍA FORESTAL  
POPAYÁN CAUCA  
2012**

**DIAGNÓSTICO BIOFÍSICO Y SOCIOECONÓMICO DE LA MICROCUENCA  
DEL RÍO LOS CEDROS, CORREGIMIENTO DE CHIRIBÍO, MUNICIPIO DE  
SOTARÁ**

**DAYSY CATHERINE GARZÓN BRAVO  
JAMES FABIÁN RODRÍGUEZ RUIZ**

**Trabajo de grado en la modalidad de investigación como requisito para  
optar al título de Ingeniero Forestal**

**Director:  
M.Sc. JUAN PABLO PAZ CONCHA  
Ecólogo.**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA INGENIERÍA FORESTAL  
POPAYÁN CAUCA  
2012**

## NOTA DE ACEPTACION

Los jurados han revisado este trabajo, han escuchado su presentación y lo encuentran satisfactorio.

---

Presidente de jurado

Ing. José Franco Alvis Gordo

---

Jurado

Ing. Oscar Ramiro Samboni Torres

---

Director

Msc. Juan Pablo Paz Concha

Popayán, 18 de Abril 2012

## **DEDICATORIA**

Este gran logro de mi vida está dedicado a Dios por ser mi guía en el camino, a mis padres que con esfuerzo me han dado lo mejor que han podido, pero especialmente a mi madre por apoyarme en cada uno de mis sueños, a mi hermana Edith por ser mi cómplice en el camino, a mi prima Yenny quien con su apoyo permitió que esta meta se cumpliera, a mi familia y amigos que de una forma u otra han influido en mi vida y me han ayudado a ser la persona que soy.

**JAMES FABIAN RODRIGUEZ RUIZ**

Este triunfo está dedicado, principalmente a Dios, por estar a mi lado en todo lugar y momento, a mis padres Flor Bravo Molina y Ciro Garzón Longo, por su amor incondicional, porque con su esfuerzo han permitido que sea más fácil el logro de mis metas personales, especialmente a mi madre, porque sin su apoyo no hubiese llegado donde estoy, a mis abuelos por su inmenso cariño, a mis primos y tíos por su contribución en mis proyectos y a mis amigos con quienes he recorrido el camino de la vida y he compartido buenos y no tan buenos momentos que me han hecho crecer como persona.

**D. CATHERINE GARZÓN BRAVO**

A nuestros profesores que siempre nos brindaron lo mejor de su conocimiento para formarnos como profesionales integrales y a nuestros compañeros con quienes compartimos la vida universitaria llena de alegrías y obstáculos que fueron vencidos gracias a su compañía y apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos a todos quienes hicieron posible cumplir con los objetivos de este trabajo, en especial al acueducto de la cooperativa Los Cedros Tambo "COOACEDROST" y su representante legal Guillermo Mejía, por su apoyo para la realización de esta propuesta investigativa, a los habitantes de la microcuenca rio Los Cedros por brindarnos el espacio para el desarrollo de la propuesta, a la geógrafa de la fundación de SKCC Adriana Realpe y la ingeniera forestal Julieth Chacón por el acompañamiento en el desarrollo del trabajo de grado y al fontanero del acueducto Marco Tulio Martínez quien con su amplio conocimiento de la zona facilitó el recorrido de campo y recolección de información.

Al Msc. Juan Pablo Paz Concha director de la investigación, el cual gracias a sus importantes orientaciones contribuyó a la realización de esta propuesta investigativa.

A la Msc. Martha Bolívar Lobato quien con su conocimiento nos impulsó a trabajar en el área de las cuencas hidrográficas.

## RESUMEN

El río Los Cedros está ubicado en el corregimiento de Chiribío, municipio de Sotará, beneficia directamente a los municipios de Timbío y el Tambo al abastecer el agua para su acueducto. La microcuenca río Los Cedros posee suelos de origen volcánico, relieve fuertemente quebrado a escarpado, presenta un régimen de precipitación bimodal y dos tipos de clima. El estudio realizado permitió conocer los aspectos biofísico y socioeconómico de la microcuenca, con el cual busca conocer la línea base que sirva como soporte para generar un plan de manejo y contribuir a la solución de conflictos que giran alrededor del uso del suelo, la productividad y la calidad del agua. El trabajo se realizó utilizando información primaria y secundaria, trabajo de campo (aforos y una encuesta) y consulta de mapas e información existente de la zona. La microcuenca posee un área de 2331 hectáreas y alturas que van desde los 2000 a los 3000 m.s.n.m, y atraviesa las veredas de Los Cedros, El Higuérón, Trilladero y Casas Nuevas Las actividades productivas que se desarrollan en la zona están asociadas esencialmente con el sector primario de la economía: siendo la ganadería extensiva (producción de leche) la principal actividad, seguida de cultivos de maíz, fresa, papa y otras hortalizas.

Los conflictos debidos al desarrollo no planificado de las actividades antrópicas como la falta de cobertura boscosa y las prácticas agropecuarias inapropiadas, disminuyen la cantidad y calidad del agua, causando problemas de deterioro ambiental y de la infraestructura a lo largo de toda la microcuenca. Este diagnóstico busca contribuir con el ordenamiento espacial del área encaminada a la protección de recursos naturales, mejorando los aspectos ambientales de la zona y principalmente garantizar una optima calidad y un suministro constante del recurso hídrico ya que este es el eje principal de la propuesta de diagnostico planteada en este trabajo.

**Palabras clave:** microcuenca, línea base, plan de manejo, ordenamiento, cantidad, calidad, agua.

## ABSTRACT

The Cedros river is located in Chiribío's corregimiento, Sotará's municipality, benefits directly Timbío's municipalities and the Tambo on having supplied the water for his aqueduct, the microbasin river The Cedars possesses soils of volcanic origin, relief strongly broken to scarped, presents a regime of bimodal rainfall and two types of climate. In this document biophysicist elaborated a diagnosis and socioeconomic of the microbasin, which seeks to realize the line bases that it serves as support to generate a plan of managing and to be able to solve conflicts that turn about the use of the soil, the productivity and the quality of the water. The work I realize for using primary and secondary information, fieldwork (appraisals and a survey) and consultation of maps and existing information of the zone. The microbasin possesses an area of 2331 has, heights that go from 2000 to the 3000 m.s.n.m, and crosses the paths of The Cedros, The Higuierón, Trilladero and New Houses The productive activities that develop in the zone are associated essentially with the primary sector of the economy: being the extensive ranching (production of milk) the principal activity followed of cultures of maize, strawberry, eats and other vegetables.

The conflicts due to the development not planned of the activities antrópicas as the lack of wooded coverage and the agricultural inappropriate practices, diminish the quantity and quality of the water, causing problems of environmental deterioration and of the infrastructure along the whole microbasin. This diagnosis seeks to give a spatial classification to the area directed to the protection of natural resources, improving with this the characteristic environmental of the zone and principally to guarantee an ideal quality and a constant supply of water since this one is the principal axis of the offer of diagnosis raised in this work.

**Key Words:** microbasin, line base, plan of managing, quantity, quality, water

## CONTENIDO

	Pág.
<b>INTRODUCCIÓN</b>	19
<b>1. MARCO REFERENCIAL</b>	20
<b>1.1 CUENCA HIDROGRÁFICA</b>	20
<b>1.2 MANEJO DE CUENCAS</b>	20
<b>1.3 LÍNEA BASE</b>	21
<b>1.4 DECRETO 1729 DE 2002</b>	21
<b>1.5 LEY 373 DE 1997</b>	21
<b>1.6 DECRETO LEY 2811 DE 1974</b>	21
<b>1.7 LEY NÚMERO 99 DE 1993</b>	22
<b>1.8 ASPECTOS FISICOS DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA</b>	22
1.8.1 Geología	22
1.8.2 Geomorfología	22
1.8.3 Suelo	23
1.8.4 Erosión	23
1.8.5 Clima	23
1.8.6 Evapotranspiración	24
1.8.7 Cobertura Vegetal Y Uso Del Suelo	24
<b>1.9 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA</b>	24
1.9.1 Área de la cuenca hidrográfica	25
1.9.2 Parámetros de forma.	25
1.9.2.1 Factor de forma	25
1.9.2.2 Coeficiente de compacidad	25
1.9.3 Parámetros de relieve	25
1.9.3.1 Rectángulo equivalente	25
1.9.3.2 Curva hipsométrica	26
1.9.3.3 Altura media de la cuenca	26

1.9.3.4 Pendiente de la cuenca	26
1.9.4 Parámetros relativos a la red de drenaje	27
1.9.4.1 Longitud del cauce principal de la cuenca	27
1.9.4.2 Pendiente media de la corriente principal	27
1.9.4.3 Densidad de drenaje	28
1.9.4.4 Tiempo de concentración	28
1.9.4.5 Número de orden de la cuenca	28
1.9.4.6 Constante de estabilidad	28
1.9.4.7 Índice de torrencialidad	29
<b>1.10 MEDICIÓN DEL CAUDAL</b>	<b>29</b>
<b>1.11 CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO</b>	<b>29</b>
<b>1.12 CARTOGRAFÍA DE LA MICROCUENCA</b>	<b>29</b>
<b>1.13 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>30</b>
<b>1.14 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS</b>	<b>30</b>
1.14.1 Aspectos demográficos	30
1.14.2 Aspectos Políticos	30
1.14.3 Aspectos sociales	31
1.14.4 Aspectos Económicos	31
<b>2. METODOLOGÍA</b>	<b>32</b>
<b>2.1 RECORRIDO PRELIMINAR DE CAMPO</b>	<b>32</b>
<b>2.2 RECOLECCIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>32</b>
<b>2.3 RECONOCIMIENTO GEOGRÁFICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO LOS CEDROS</b>	<b>32</b>
<b>2.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>33</b>
<b>2.5 SUELOS</b>	<b>33</b>
<b>2.6 CLIMA</b>	<b>33</b>
<b>2.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN</b>	<b>33</b>
<b>2.8 CARTOGRAFÍA DE LA MICROCUENCA</b>	<b>33</b>

<b>2.9 CÁLCULO DE PARÁMETROS BIOFÍSICOS</b>	<b>33</b>
2.9.1 Área, perímetro y longitud del cauce	33
2.9.2. Factor de forma.	34
2.9.3 Coeficiente de compacidad	34
2.9.4 Rectángulo equivalente	34
2.9.5 Curva hipsométrica	34
2.9.6 Altura media de la cuenca	35
2.9.7 Pendiente media de la cuenca	35
2.9.8 Longitud del cauce principal de la cuenca	35
2.9.9 Pendiente media de la corriente principal	35
2.9.10 Densidad de drenaje	35
2.9.11 Tiempo de concentración	36
2.9.12 Número de orden de la cuenca	36
2.9.13 Constante de estabilidad del río	36
2.9.14 Índice de torrencialidad	37
<b>2.10 AFORO CON MOLINETE</b>	<b>37</b>
<b>2.11 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA</b>	<b>37</b>
<b>2.12 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	<b>38</b>
2.12.1 Recopilación de información secundaria	38
2.12.2 Información primaria	38
<b>3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>39</b>
<b>3.1 ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>39</b>
<b>3.2 GEOLOGÍA</b>	<b>39</b>
3.2.1 Rocas estratificadas	40
3.2.1.1 Conjunto de Cenizas “AshFall” (Qc).	40
3.2.1.2 Depósitos aluviales Qal	40
3.2.2 Complejo arquía	41
3.2.2.1 Conjunto de Esquisto Cuarzomicaceos y Cuarcita (PziMs)	41
3.2.2.2 Triásico – Jurásicas, Granitoide Cataclizado de Bellones.	41
<b>3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL</b>	<b>41</b>
3.3.1 Falla Pijao-Silvia	42
3.3.2 Fallas Las Estrellas	42

<b>3.4 GEOMORFOLOGÍA</b>	<b>44</b>
3.4.1 Relieve Montañoso y colinado denudacional.	44
3.4.1.1 Montañas y/o Colinas Sedimentarias.	44
3.4.1.2 Geoformas de áreas de lomerío y ondulados	46
3.4.1.3 Altillanura Degradada	46
<b>3.5 SUELO</b>	<b>47</b>
3.5.1 Suelos de montañas y suelos de clima frío húmedo	47
3.5.1.2 Asociación Salado (SA).	47
3.5.1.3 Consociación Puracé (PC)	49
3.5.2 Erosión	50
<b>3.6 CLIMA</b>	<b>52</b>
3.6.1 Precipitación	52
3.6.2 Clasificación climática	52
3.6.2.1 Clima Templado Húmedo	52
3.6.2.2 Clima Frío Húmedo	53
<b>3.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN</b>	<b>53</b>
<b>3.8 COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO</b>	<b>54</b>
<b>3.9 PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS</b>	<b>57</b>
3.9.1 Área	57
3.9.2 Perímetro	57
3.9.3 Parámetros de forma	57
3.9.3.1 Factor de forma	57
3.9.3.2 Coeficiente de compacidad	57
3.9.3.3 Índice de alargamiento	57
3.9.4 Parámetros de relieve	57
3.9.4.1 Rectángulo equivalente	57
3.9.4.2 Curva hipsométrica	58
3.9.4.3 Altura media de la cuenca	58
3.9.4.4 Pendiente de la cuenca	59
3.9.5 Parámetros relativos a la red de drenaje	59
3.9.5.1 Longitud del cauce principal	59
3.9.5.2 Pendiente media del cauce principal	59
3.9.5.3 Densidad de drenaje	59
3.9.5.4 Tiempo de concentración	60
3.9.5.5 Número de orden	60
3.9.5.6 Constante de estabilidad	60

3.9.5.7 Índice de torrencialidad	60
3.9.6 Zonificación ambiental	62
3.9.6.1 Zona forestal productora protectora	62
3.9.6.2 Áreas de conservación y restauración ecológica	62
3.9.6.3 Áreas de producción agropecuaria	63
3.6.9.4 Zonas de reserva	63
<b>3.10 CALIDAD DE L RECURSO HIDRICO</b>	<b>65</b>
3.10.1 medición del caudal	65
3.10.2 Calidad de agua	65
<b>3.11 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA</b>	<b>66</b>
3.11.1 Aspectos demográficos	67
3.11.2. Aspectos Políticos	68
3.11.2.1 Presencia Institucional	68
3.11.2.2 Problemas de las Organizaciones Sociales.	69
3.11.3 Aspectos sociales	69
3.11.3.1 Educación	69
3.11.3.2 Población empleada y desempleada	70
3.11.3.3 Vivienda	70
3.11.3.4 Servicios públicos	72
3.11.3.5 Acueducto	72
3.11.3.6 Energía eléctrica	74
3.11.4 Aspectos económicos	75
3.11.5 Evaluación Ambiental	76
<b>4. CONCLUSIONES</b>	<b>80</b>
<b>5. RECOMENDACIONES</b>	<b>83</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>85</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>87</b>

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa temático de localización general de la microcuenca del río Los Cedros.	39
Figura 2. Erosión hídrica	40
Figura 3. Geología de la microcuenca del río Los Cedros	43
Figura 4. Relieve montañoso.	44
Figura 5. Mapa geomorfológico de la microcuenca río Los Cedros.	45
Figura 6. Altillanura degradada.	46
Figura 7. Suelos de la microcuenca del río Los Cedros	48
Figura 8. Mapa de erosión de la microcuenca del río Los Cedros.	51
Figura 9. Precipitación media microcuenca del río Los Cedros.	52
Figura 10. Evapotranspiración media microcuenca del río Los Cedros	54
Figura 11. Cobertura de la microcuenca del río Los Cedros.	56
Figura 12. Rectángulo equivalente	58
Figura 13. Curva hipsométrica.	58
Figura 14. Mapa hidrológico de la microcuenca del río Los Cedros.	61
Figura 15. Mapa de Zonificación ambiental de la microcuenca del río Los Cedros	64
Figura 16. Pirámide poblacional de la microcuenca del río Los Cedros	68
Figura 17. Nivel de escolaridad de los habitantes de la cuenca.	69
Figura 18. Vivienda de la microcuenca del río Los Cedros.	70
Figura 19. Tipo de propiedad.	71

Figura 20. Infraestructura de la vivienda	71
Figura 21. Habitantes por vivienda.	72
Figura 22. Tenencia de acueducto en la vivienda.	73
Figura 23. Tipo de batería sanitaria.	73
Figura 24. Servicio de energía eléctrica.	74
Figura 25. Combustible de cocina.	75
Figura 26. Cultivos transitorios.	75
Figura 27. Tipo de sistema productivo.	76
Figura 28. Vista de la microcuenca desde la parte alta.	77
Figura 29. Participación en programas relacionados con la mejora del medio ambiente.	77
Figura 30. Apreciación de cambios en la calidad de factores asociados con el medio ambiente.	78
Figura 31. Percepción del deterioro ambiental por Actividades económicas de la microcuenca.	78
Figura 32. Usos del agua.	79

## LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Formas de la cuenca a partir del valor Coeficiente de Gravelius	25
Cuadro 2. Características geomorfológicas	47
Cuadro 3. Cobertura y uso de tierra	55
Cuadro 4. Áreas entre cotas consecutivas microcuenca rio Los Cedros	58
Cuadro 5. Número total de cauces para cada orden	60
Cuadro 6. Zonificación ambiental	62
Cuadro 7. Resumen de los aforos realizados.	65
Cuadro 8. Aforos medios mensuales.	65
Cuadro 9. Datos fisicoquímicos in-situ en la bocatoma de la microcuenca río Los Cedros.	65
Cuadro 10. Calidad de agua de la fuente abastecedora.	66
Cuadro 11. Distribución poblacional por veredas.	67
Cuadro 12. Tamaño y distribución poblacional por edad y sexo de la Microcuenca río Los Cedros.	67
Cuadro 13. Densidad poblacional de la microcuenca río Los Cedros.	68
Cuadro 14. Población ocupada y desempleada.	70
Cuadro 15. Acueductos en la Microcuenca Rio Los Cedros y número de usuario.	72
Cuadro 16. Total de área de las fincas por vereda y microcuenca.	76

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
<b>Anexo A.</b> Humedal	88
<b>Anexo B.</b> Planta de tratamiento del acueducto COOACEDROST	88
<b>Anexo C.</b> Infraestructura, tuberías	89
<b>Anexo D.</b> Bocatoma COOACEDROST.	89
<b>Anexo E.</b> Encuesta sobre parámetros Socioeconómicos de la Microcuenca rio Los cedros.	90
<b>Anexo F.</b> Formatos de aforo con molinete y flotador respectivamente.	92
<b>Anexo G.</b> Información general del acueducto Los Cedros Tambo "COOACEDEOST"	93

## GLOSARIO

**ANÁLISIS FISIAGRÁFICO:** se constituye como un método moderno y expeditivo para la interpretación de las imágenes de la superficie de la tierra, el cual se fundamenta en la relación que hay entre la geomorfología, los suelos y la vegetación. Según este, se asume que el suelo y la vegetación son los resultados de la síntesis ecológica y de los elementos del paisaje. Además, el ambiente geomorfológico- determinado por el relieve, el material parental y el tiempo- junto con el clima son los factores físicos formadores de ese paisaje, y la cobertura vegetal y el uso de la tierra constituyen sus factores biológicos y socioeconómicos.

**CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO:** es la capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, merced a su contenido en arcillas y materia orgánica. Las arcillas están cargadas negativamente, por lo que suelos con mayores concentraciones de arcillas exhiben capacidades de intercambio catiónico mayores. A mayor contenido de materia orgánica en un suelo aumenta su capacidad de intercambio catiónico.

**CIZALLA:** deformación producida por esfuerzos paralelos y de sentido contrario. Zonas de límites paralelos con alta deformación de este tipo.

**COBERTURA VEGETAL:** es toda vegetación natural correspondiente a un área o territorio, que incluye principalmente: bosques, matorrales, sabanas, vegetación de agua dulce, terrenos con escasa vegetación y áreas agropecuarias en uso. Los suelos dedicados a actividades agropecuarias son predominantes en el territorio dominicano y ocupan un 38. 41%, seguidos en un segundo lugar por los bosques, que representan un 32. 89% y en un tercer lugar por los matorrales con un 16. 22% de cobertura. Las demás categorías, con excepción de los pastos, que presentan un 7. 94%, están cerca o por debajo del 1% de cobertura.

**EVAPORACION:** Fase del ciclo hidrológico en el cual la precipitación que llega al superficie de la tierra retorna a la atmósfera en forma de vapor. En el aspecto físico puro la evaporación es el paso del agua del estado líquido al gaseoso. La definición hidrológica de evaporación esta restringida a la tasa neta de transporte de vapor hacia la atmósfera. Las unidades de medición son en mm, cm por período de tiempo (mes, día).

**FISIOGRAFÍA:** está definida como la descripción de la naturaleza a partir del estudio del relieve y la litosfera, en conjunto con el estudio de la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera.

**METAMORFISMO DE CONTACTO:** el metamorfismo de contacto puede ser el resultado de aumentos de temperatura que actúan bajo presiones hidrostáticas, con poca o ninguna introducción de material desde el magma. El metamorfismo de contacto puede tener lugar también mediante la introducción de constituyentes del magma en gran escala.

**ORDENAMIENTO TERRITORIAL:** es un instrumento de la política económica, ambiental y social que se aplica a un contexto espacial específico. Interpreta la relación sociedad- ambiente, desde el punto de vista de sistemas puestos en valor por la interacción recíproca en el espacio y en el tiempo, de los agentes transformadores de la sociedad y la naturaleza. Su visión es de medio y largo plazo y se fundamenta en la toma de decisiones desde la base social, con una perspectiva de mejoramiento y sostenibilidad social y ambiental de la calidad de vida, definida por los propios actores.

**PROCESOS DENUDACIONALES:** desprendimiento de la parte más externa de la corteza terrestre, provocada por la acción erosiva de los agentes geológicos externos, suele usarlo como sinónimo de erosión

**PROCESOS DEGRADACIONALES:** consiste en el desgaste de los materiales de la superficie de la corteza y se dan cuando las corrientes de agua arrancan materiales de las cordilleras originando valles y gargantas o cuando el viento desprende partículas de las rocas.

**PROCESOS AGRADACIONALES:** consiste en los depósitos de los materiales en determinados lugares y se presentan cuando las corrientes de agua depositan los materiales que arrancan minerales o también el viento transporta las partículas de minerales y las depositan en las playas o desiertos formando una duna.

**SEDIMENTACIÓN:** es la acumulación por deposición de todos aquellos materiales alterados y transportados previamente. Siempre tiene lugar cuando disminuye la energía de los agentes de transporte. Por ejemplo cuando el río llega al mar. Los sitios donde se acumulan los sedimentos se llaman medios sedimentarios y de su estudio se desprende que podemos conocer los medios de transporte y erosión que han sufrido los materiales, también de dónde proceden y qué medio había cuando se depositaron esos materiales.

**UNIDAD ECOLÓGICA DEL PAISAJE:** porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad que esta conformado por diferentes sistemas (bióticos y abióticos), productos de la interacción. Es reconocible y diferenciable de los paisajes vecinos.

## INTRODUCCIÓN

Al examinar el panorama de los recursos naturales de Colombia se puede apreciar con facilidad que el agua, elemento indispensable para la vida y condicionante del desarrollo de las comunidades humanas, ocupa un puesto sobresaliente por su abundancia, como por la favorable distribución que la caracteriza en casi todo el país, desde el punto de vista temporal y geográfico. Diariamente estamos viviendo emergencias no tanto por la escasez de agua, sino por los daños que esta produce a su paso por la tierra, al precipitarse sobre las laderas descubiertas arrasando con suelos y cultivos, ocasionando en las zonas bajas inundaciones, que anualmente cobran más vidas y mayores pérdidas económicas.

El ordenamiento y manejo de una cuenca hidrográfica, corresponde al uso racional que el hombre haga de los recursos naturales (agua, suelo, flora y fauna) que existen dentro de sus linderos y no debe ser orientado simplemente a resolver los problemas del suministro de agua. Los objetivos para el ordenamiento y manejo de cuencas deben hacer frente a los problemas del uso de la tierra y el agua, no en términos de cualquier recurso, sino sobre la base que todos estos dependen uno del otro y deben considerarse por consiguiente todos unidos, con un enfoque integrado. De igual manera, el conocer las variables biofísicas y socioeconómicas de una cuenca, nos permite evaluar las características de éstas, su comportamiento y estado y de esta manera generar una línea base que permita definir trabajos participativos tendientes a establecer propuestas para el manejo y conservación de la cuenca como sistema, generando la información necesaria que facilite la toma de decisiones frente a programas como el de uso eficiente y ahorro de agua expuesto en la Ley 373 de 1997 y a la definición de estrategias para el manejo, restauración y conservación de las cuencas.

La riqueza hídrica con la que cuenta Colombia se ve representada en el municipio de Sotará, ya que éste cuenta con una gran cantidad de cuencas hidrográficas las cuales han servido para el desarrollo de las comunidades allí asentadas, y para satisfacer las necesidades básicas que sustentan el desarrollo de una región.

Por lo tanto el objetivo de esta investigación fue generar la línea base que facilite la toma de decisiones frente al programa de uso eficiente y ahorro de agua y a la definición de estrategias para el manejo, restauración y conservación de la microcuenca, lo cual, se realizó con la caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca del río Los Cedros y conocimiento de las características morfométricas de la microcuenca y así, definir estrategias generales desde el análisis de la línea base, buscando un adecuado manejo del recurso hídrico.

## **1. MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 CUENCA HIDROGRÁFICA**

Entiéndase por cuenca u hoya hidrográfica el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar. (Presidencia de la República de Colombia, 1974)

Las cuencas son espacios socio geográficos donde las personas y sus organizaciones comparten el territorio, sus identidades, tradiciones y culturas; socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos. Las cuencas hidrográficas se reconocen como un sistema debido a la existencia de interacciones entre el sistema natural del suelo, el agua y biodiversidad y el sistema socioeconómico, que si bien éste no tiene un límite físico, sí depende de la oferta, calidad y disposición de los recursos. Los diferentes componentes del sistema cuenca no siempre se encuentran dispuestos de manera coordinada. Por ejemplo, la división político administrativa de un país puede no coincidir con las divisiones de las cuencas hidrográficas, por lo tanto, se tiene en la cuenca, injerencia de varios municipios/provincias/departamentos u organizaciones estatales, todo en función a la dimensión de cada territorio (Paz, 2009).

### **1.2 MANEJO DE CUENCAS**

Se entiende por manejo de cuencas la aplicación de principios y métodos para el uso racional, integrado y participativo de los recursos naturales de la cuenca; fundamentalmente del agua, del suelo y de la vegetación, a fin de lograr una producción óptima y sostenida de estos recursos con el mínimo deterioro ambiental, para beneficio de los pobladores y usuarios de la cuenca. En el manejo de la cuenca es importante la labor coordinada de las instituciones públicas y privadas pertinentes.

Los principios y métodos empleados están basados en ciencias como la hidrología, la geología, la ciencia del suelo, la agrotecnia y el cultivo de las plantas, la forestaría, la ciencia de los pastos, la meteorología, la ecología, la geografía, la sociología, la antropología, la administración, la economía y la informática, entre las principales. Esta diversidad de especialidades hace que el manejo de cuencas sea una actividad necesariamente multi e interdisciplinaria y, sobre todo, transectorial (Llerena, 1996).

### **1.3 LÍNEA BASE**

Es el marco de referencia cualitativo y cuantitativo que sirve para analizar los impactos y cambios a nivel físico biótico y socioeconómico, relacionados con la implementación de actividades de un Plan o Proyecto.

En los proyectos de manejo de cuencas, proyectos ambientales y de recursos naturales, los cambios e impactos, se producen a mediano o largo plazo, sin embargo es importante monitorear los procesos, para establecer los ajustes necesarios y sustentar la intensidad de acciones en determinados componentes con el fin de asegurar los productos esperados (Paz, 2009).

### **1.4 DECRETO 1729 DE 2002**

Por el cual se reglamenta la Parte XIII, Título 2, Capítulo III del Decreto-ley 2811 de 1974 sobre cuencas hidrográficas, parcialmente el numeral 12 del artículo 5° de la Ley 99 de 1993, finalidades, principios y directrices de la ordenación, elaboración y ejecución del plan de ordenamiento de cuencas hidrográficas (Colombia. Presidencia, 2002).

### **1.5 LEY 373 DE 1997**

Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Todo plan ambiental regional y municipal debe incorporar obligatoriamente un programa para el uso eficiente y ahorro del agua. Se entiende por programa para el uso eficiente y ahorro de agua el conjunto de proyectos y acciones que deben elaborar y adoptar las entidades encargadas de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado, riego y drenaje, producción hidroeléctrica y demás usuarios del recurso hídrico (Colombia. Presidencia, 1997).

### **1.6 DECRETO LEY 2811 DE 1974**

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. Este Código reúne todas las normas esenciales sobre el manejo de la atmósfera y el espacio aéreo nacional, las aguas, los suelos, la flora, la fauna, las fuentes primarias de energía no agotables, las pendientes topográficas con potencial energético, los recursos geotérmicos, los recursos biológicos de las aguas, el suelo y subsuelo del mar territorial, los recursos del paisaje, los residuos y basuras, el ruido y los asentamientos humanos en general, en cuanto se trate acerca de la calidad de su ambiente.

Decreto 2811/74 definió en el título II, de la parte XIII del libro segundo lo correspondiente a “Las áreas de manejo especial”, y dentro de ellas las categorías de: Distrito de manejo integrado y áreas de recreación, Cuencas hidrográficas, Distritos de conservación de suelos y Sistema de parques nacionales (Colombia Presidencia, 1974).

### **1.7 LEY NÚMERO 99 DE 1993.**

Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector público encargado de la Gestión y Conservación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones. Entre las múltiples funciones que tiene el Ministerio del Medio Ambiente, le corresponde expedir y actualizar el estatuto de zonificación del uso adecuado del territorio, para su apropiado ordenamiento, y las regulaciones nacionales sobre uso del suelo en lo concerniente a sus aspectos ambientales, y fijar las pautas generales para el ordenamiento y manejo de cuencas hidrográficas, y demás áreas de manejo especial (artículo 5, ordinal 12) (Colombia. Ministerio de ambiente, 1993).

### **1.8 ASPECTOS FISICOS DE UNA CUENCA HIDROGRAFICA**

**1.8.1 Geología.** El conocimiento de la geología de la cuenca reviste gran importancia, como elemento que tiene profunda influencia en los resultados de las actividades humanas, especialmente en la construcción de obras de infraestructura, tales como: carreteras, puentes, represas, edificaciones, etc. Este conocimiento conlleva al estudio litológico de la cuenca, que comprende conocer la naturaleza, composición, textura y propiedades de las rocas. En la identificación y descripción de las diferentes unidades geológicas se debe hacer énfasis en los grados de estabilidad geológica de las mismas.

**1.8.2 Geomorfología.** Las geoformas son todas aquellas figuras sólidas terrestres (marina, submarina y continental), originadas y moldeadas sobre la corteza terrestre por agentes endógenos (tectonismo, magmatismo) o exógenos (agua, viento). El término “geoformas” encierra, entonces, toda la variedad del relieve existente sobre la Tierra, como: montañas, volcanes, valles, terrazas aluviales, ciénagas, glaciares, playas, dunas, entre otras.

Algunas intervenciones humanas sobre las geoformas llegan a alterarlas; en Colombia, por ejemplo, la actividad generalizada de la ganadería extensiva en la ladera, logra generar microrrelieves, denominados caminos de ganado o

erosión pata de vaca, que modifican la superficie de las montañas, y degradan los suelos.

Respecto de las geoformas, este concepto debe ir mucho más allá de la simple configuración física del relieve, y explicar el conjunto de procesos que actúan en un espacio determinado. Los procesos son aquellos que modifican constantemente las geoformas, especialmente por la dinámica externa. Deslizamientos, derrumbes, escurrimientos hídricos superficiales y flujos de lodo, son procesos morfogénicos cuya acción está condicionada por la geología del lugar, condiciones climáticas, pendiente del terreno, clase de suelos y formas de ocupación humana (Londoño, 2001)

**1.8.3 Suelo.** El suelo juega un papel muy importante como soporte o sostén de la cubierta vegetal y desde el punto de vista edafológico en las actividades agrarias y el desarrollo biológico. Por lo anterior es necesario su conocimiento en una cuenca hidrográfica, para lograr un mejor aprovechamiento del mismo, para evitar deterioros irreversibles o aparición de fenómenos degradatorios derivados de un mal uso y desde el punto de vista hidrológico, es una determinante de la escorrentía superficial que junto con la cubierta vegetal, establecen un valor del complejo hidrológico suelo-cubierta, que es un numero representativo de los factores que principalmente influyen en la infiltración(Gonzales, 2008).

**1.8.4 Erosión.** Es un término amplio aplicado a las diversas maneras como los agentes móviles (agua, viento, glaciares) desprenden y transportan los productos de la meteorización y de la sedimentación.

La erosión se convierte en amenaza cuando la tasa de recuperación del suelo es menor que la del desgaste; o sea que las consecuencias del fenómeno erosivo es la degradación o pérdida de horizonte superficial. En algunos sectores del municipio de Sotará el hombre se constituye en el principal agente de la erosión por que la produce, la acelera o la facilita cuando desarrolla sus actividades (GEOSIG Ltda., 2006).

**1.8.5 Clima.** El estudio de las características del clima debe estar enfocado a conocer las condiciones climáticas generales del territorio, y localizar zonas concretas, cuyas características climatológicas particulares difieran del resto del territorio.

La importancia del estudio del clima en una zona determinada es muy elevada puesto que influye tanto en los aspectos de la vida humana como en los aspectos del medio físico, ya que determina en gran medida las características del suelo, de

su vegetación y, en definitiva, del paisaje y de la evolución de éste en el tiempo (Grajales, *et al*, 2008).

**1.8.6 Evapotranspiración.** Es la pérdida de agua por evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas.

La evapotranspiración constituye uno de los parámetros mas importantes en el balance hídrico de una región para cualquier aprovechamiento de los recursos hidráulicos (Gonzales, 2008).

**1.8.7 Cobertura vegetal y uso del suelo.** La cobertura vegetal de una cuenca, tiene influencia directa sobre el régimen hidrológico, especialmente con relación a la escorrentía, la concentración de sedimentos, la erosión y considerando los suelos, influyen sobre la mayor o menor infiltración y el abastecimiento de las capas freáticas, lo que se viene a reflejar en el aumento de la alimentación de los ríos en periodos de verano o estiaje.

La capacidad de infiltración del agua en el suelo, la permeabilidad, en suma depende así mismo del tipo de cubierta vegetal asentada sobre aquel (Gonzales, 2008).

## **1.9 PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS DE UNA CUENCA HIDROGRÁFICA**

Las características fisiográficas de la cuenca pueden ser explicadas a partir de ciertos parámetros o constantes que se obtienen del procesamiento de la información cartográfica y conocimiento de la topografía de la zona de estudio. La cuenca como unidad dinámica natural es un sistema hidrológico en el que se reflejan acciones recíprocas entre parámetros y variables. Las variables pueden clasificarse en variables o acciones externas, conocidas como entradas y salidas al sistema, tales como: precipitación, escorrentía directa, evaporación, infiltración, transpiración; y variables de estado, tales como: contenido de humedad del suelo, salinidad, cobertura vegetal, entre otros. Los parámetros en cambio permanecen constantes en el tiempo y permiten explicar las características fisiomorfométricas de la cuenca.

En general, las variables del sistema hidrológico cambian de tormenta a tormenta, en contraste con los parámetros que permanecen invariables. En hidrología superficial existe una relación muy estrecha entre parámetros y variables, relaciones que son muy bien aprovechadas por el ingeniero para solucionar problemas cuando se carece de información hidrológica en la zona de estudio (Gonzales, 2006).

**1.9.1 Área de la cuenca hidrográfica (A).** Es la proyección ortogonal encerrada por una divisoria de aguas, delimitada sobre un plano, carta preliminar o fotografía aérea.

**1.9.2 Parámetros de forma.** La forma de la cuenca cumple un papel importante en las corrientes de los ríos, ya que controla la velocidad con que el agua llega al cauce principal cuando sigue su curso, desde el origen hasta el punto considerado. Se tienen varios índices numéricos para expresar la forma de la cuenca y que permiten la organización del drenaje dentro de la misma y otros factores que afectan la hidrología de la cuenca. Estos índices de comparación nos pueden proporcionar una idea más objetiva de lo anteriormente expuesto.

Los índices más empleados para representar estas características son el factor de forma (Ff) y el coeficiente de compacidad (Gonzales, 2006).

**1.9.2.1 Factor de forma:** Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas rápidas y muy intensas a lentas y sostenida según su comportamiento, si tiende hacia valores extremos grandes o pequeños, respectivamente. Es un parámetro adimensional que denota la forma redondeada o alargada de la cuenca (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**1.9.2.2 Coeficiente de compacidad.** El valor que toma esta expresión siempre es mayor que 1 y crece con la irregularidad de la forma de la cuenca y estas se presentan en el cuadro N° 1.

**Cuadro No.1** Formas de la cuenca a partir del valor del Coeficiente de Gravelius.

Valores de Kc	Forma	Características
1,00 – 1,25	Compacta o redonda a oval redonda.	Cuenca torrencial peligrosa.
1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblonga.	Presenta peligros torrenciales, pero no iguales a la anterior.
1,50 – 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga.	Son las cuencas que tienen menos torrencialidad.

Fuente: Londoño, 2008

**1.9.3 Parámetros de relieve.** El análisis del relieve permite determinar ciertos parámetros relacionados con la distribución de las alturas en la cuenca, los cuales ayudan a comprender cómo es el devenir de los caudales en la misma, y a

determinar, mediante curvas y figuras geométricas, el cubrimiento, en superficie, de los diferentes rangos altitudinales (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**1.9.3.1 Rectángulo equivalente.** Para facilitar la comparación geométrica de cuencas hidrográficas, estas se pueden reducir a figuras simples, cumpliendo determinadas condiciones de analogía. Uno de los modelos más utilizados es el rectángulo equivalente, propuesto por Roche, que se define como un rectángulo que tiene la misma área de la cuenca, e igual índice de compacidad de Gravelius. La característica más importante de este rectángulo es que tiene igual distribución de alturas, que la curva hipsométrica de la cuenca (Londoño, 2008).

El rectángulo equivalente, además de facilitar la comparación geométrica de las cuencas, permite ver la influencia de sus características sobre la escorrentía. Se supone que el escurrimiento sobre una cuenca es, aproximadamente, el mismo en condiciones climatológicas iguales, que sobre un rectángulo de la misma superficie, teniendo el mismo coeficiente de compacidad, y la misma repartición hipsométrica.

Una vez dimensionado el rectángulo, se construye un rectángulo equivalente de área igual a la de la cuenca, tal que el lado menor sea  $a$ , y el lado mayor  $L$ . Las curvas de nivel se representan por rectas paralelas al lado más pequeño del rectángulo, y las distancias entre las curvas de nivel se establecen de acuerdo con los porcentajes de área por encima de las diferentes curvas de nivel (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**1.9.3.2 Curva hipsométrica (Ch).** Es la representación gráfica de la distribución altitudinal de una cuenca y se puede expresar por medio del histograma de las áreas comprendidas en los distintos rangos de altura. El desarrollo de los caudales en una sección fluvial (punto de concentración), va a depender en forma acumulativa de todo lo que sucede aguas arriba de ella en la cuenca y por esa razón se representa la distribución altitudinal de una cuenca en una curva, tal que para cada altura aparece el área comprendida en la cuenca situada en un área mayor que la que es dada (Gonzales, 2008).

**1.9.3.3 Altura media de la cuenca.** Tiene influencia capital sobre el régimen hidrológico, puesto que la tiene sobre las precipitaciones que alimentan el ciclo terrestre de las aguas y además se verifica una buena correlación entre la altura media y otros índices morfométricos de las cuencas de una región determinada (Gonzales, 2008).

La altitud y la elevación media de una cuenca son importantes, por la influencia que ejercen sobre la precipitación, sobre las pérdidas de agua por evaporación y transpiración y, consecuentemente, sobre el caudal medio (Londoño, 2001).

**1.9.3.4 Pendiente de la cuenca.** Es la variación de la inclinación de una cuenca, su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas del suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión; mientras que en las regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

Debido a la variación de pendientes en un área de drenajes como una cuenca hidrográfica hay que considerar la una pendiente ponderada, siendo esta una característica importante, puesto que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo y en un momento dado determina la erosión que esta produce en función del uso y manejo que se puede dar al suelo de sus vertientes (Gonzales, 2008).

**1.9.4 Parámetros relativos a la red de drenaje.** La red de drenaje está conformada por el cauce principal y sus tributarios; se traza considerando las corrientes perennes, las intermitentes y efímeras. En la práctica, el detalle de la red de drenaje depende de la escala del plano usado para trazar los canales (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**1.9.4.1 Longitud del cauce principal de la cuenca (L).** La longitud de la cuenca puede estar definida como la distancia horizontal del río principal entre un punto aguas abajo (estación de aforo) y otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea de divorcio de la hoya es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. El ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L) y se designa por la letra W.

**1.9.4.2 Pendiente media de la corriente principal.** La pendiente media se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, especialmente con la velocidad del agua y la capacidad de transportar sedimentos, producto de la erosión. Además, determina el tiempo de concentración de los diferentes puntos de la cuenca en donde es máximo el caudal.

La influencia de la pendiente media total de la corriente se nota, principalmente, en la velocidad de flujo, y en la duración de subida o en la duración total de las avenidas y, por consiguiente, juega un papel importante en la forma del hidrograma. Su influencia se acopla a la de la longitud de la corriente.

La pendiente media total de las corrientes de agua, indica, también, el aspecto de la variación de algunas características físicas, químicas y biológicas de las aguas (Londoño, 2001).

**1.9.4.3 Densidad de drenaje (Dd).** Este es un índice importante, puesto que refleja la influencia de la geología, topografía, suelos y vegetación, en la cuenca hidrográfica, y está relacionado con el tiempo de salida del escurrimiento superficial de la cuenca (Londoño, 2001).

**1.9.4.4 Tiempo de concentración (Tc).** Se define como el tiempo que tarda en llegar por escorrentía superficial a la sección de salida de la cuenca o hasta un punto de interés, la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca. Al cabo de este tiempo la cuenca está aportando caudales al río y el caudal es máximo en el punto considerado (Gonzales, 2008).

**1.9.4.5 El número de orden de la cuenca (N).** Es un número que tiene relación estrecha con el número de ramificaciones de la red de drenaje. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también el componente de escorrentía directa que en otra cuenca de similar área.

Existen dos metodologías para determinar el orden de una cuenca, el criterio de Schumn y el criterio de Horton. El primero se determina asignando el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general la unión de dos cauces de igual orden determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior y dos de diferente orden dan origen a otro de igual orden que el de orden mayor y así sucesivamente hasta llegar al orden de la cuenca. El cauce principal tiene el orden más elevado, que es nada menos el orden de la cuenca. El criterio de Horton sólo permite asignar el orden 1 a uno de los tributarios simples confluyentes, siendo el otro de orden inmediatamente superior que hace un menor ángulo con la dirección del flujo en el punto de confluencia. Siguiendo la misma ley anterior se llega al número de orden de la cuenca. (Faustino, *et al*, 2006).

**1.9.4.6 Constante de estabilidad.** Representa físicamente la superficie de cuenca necesaria para mantener condiciones hidrológicas en una unidad de

longitud de canal. Puede considerarse, por tanto, como una medida de erodabilidad de la cuenca.

**1.9.4.7 Índice de torrencialidad.** Relaciona el número de corrientes de primer orden y el área total de la cuenca. Este índice es utilizado para definir el carácter torrencial de una cuenca (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

## **1.10 MEDICIÓN DEL CAUDAL**

- **Aforo.** Consiste en determinar a través de mediciones el caudal que pasa por una sección dada, en un momento determinado. Este cálculo es necesario para el conocimiento de la disponibilidad de agua y lograr un adecuado manejo de la oferta de la microcuenca, ya que es una fuente abastecedora de agua.

El instrumento más usado para realizar el aforo es el molinete o correntómetro, este instrumento relaciona la velocidad del flujo en un punto, con el número de vueltas de las copas o hélices en un determinado tiempo. Cada molinete está caracterizado por una curva específica de calibración que relaciona la velocidad del agua con el número de vueltas (Gonzales, 2008).

## **1.11 CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO**

La caracterización de las aguas permite evaluar clara y puntualmente la calidad del recurso hídrico que está siendo utilizado por la población en las labores cotidianas, además de conocer los puntos de mayor contaminación de la fuente, motivo por el cual es necesario realizar pruebas de análisis físico-químicos, bacteriológicos e hidrobiológicos. En tramos de corrientes o cuerpos de agua sobre los cuales se presume contaminación por residuos específicos se deberá evaluar sustancias sanitarias de interés que correspondan a dichos procesos (CRC. 2003).

## **1.12 CARTOGRAFÍA DE LA MICROCUENCA**

Los resultados de observaciones directas o de la explotación de una documentación, intervienen en la elaboración, análisis y utilización de cartas, planos, mapas, modelos en relieve y otros medios de expresión, que representan la Tierra, parte de ella o cualquier parte del Universo, esta ciencia se ocupa de los métodos e instrumentos utilizados para exponer y expresar ideas, formas y relaciones en un espacio bi o tridimensional. Con la ayuda de la cartografía se realiza la representación gráfica a una escala reducida de una porción de la superficie terrestre que muestra sólo algunos rasgos o atributos de la realidad. La

cartografía general y temática es una de las fuentes más importantes de datos para los Sistemas de Información Geográfica.

### **1.13 ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.**

La zonificación ambiental de un territorio es la división del mismo en zonas homogéneas con base en criterios ambientales, por lo cual se considera como una síntesis de los diagnósticos biofísico, sociocultural y económico y, a la vez, una base para una propuesta de gestión ambiental, esto es de un manejo diferenciado de las intervenciones y acciones que se recomienden. La zonificación ambiental busca, a través de la optimización de los usos del territorio en unidades específicas, garantizar una oferta adecuada de bienes y servicios ambientales que respondan a los objetivos de manejo.(Botero, 1977).

### **1.14 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS**

La dimensión socio- económica se constituye como un elemento articulador en el marco de la equidad, de las responsabilidades, de los beneficios, impactos, derechos y deberes de quienes tienen participación en el proceso de ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas como espacios de planificación.

El estudio de este entorno debe comprender los siguientes aspectos:

**1.14.1 Aspectos demográficos.** En el contexto actual de crisis tanto de la zona rural como de los centros urbanos por desplazamientos forzosos, se hace necesario evaluar las dinámicas poblacionales, sus características, comportamientos y causas a partir de:

- Tamaño y distribución poblacional por edad y sexo
- Crecimiento poblacional
- Densidad poblacional por veredas
- Proyecciones de crecimiento

**1.14.2 Aspectos Políticos.** Comprende el análisis de las relaciones de poder existentes en la cuenca, a partir de las organizaciones sociales hasta los partidos políticos, incluyendo el contexto político departamental y su incidencia en las dinámicas de la cuenca.

En este sentido es necesario identificar el entorno político a partir de:

- Organizaciones con influencia dentro de la cuenca.

- Presencia de gremios, sector privado, conflictos de intereses sectoriales y territoriales.

**1.14.3 Aspectos sociales.** Se requiere en este sentido, una caracterización de los aspectos sociales que den lectura de la inversión social, la distribución del ingreso, los conflictos existentes, los procesos de urbanización, los efectos de los planes, programas y proyectos regionales e institucionales con influencia en la cuenca. Para ello se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Población ocupada y desempleada.
- Escolaridad (Nivel educativo, asistencia escolar por edad y sexo, analfabetismo).
- Servicios públicos: características de la disponibilidad y calidad de servicios en la cuenca (abastecimiento de agua, eliminación de excretas y energía eléctrica) (CRC, 2003).

**1.14.4 Aspectos económicos.** Consiste en la identificación y estudio de las actividades económicas que están causando impactos sobre los recursos naturales, con el fin de determinar alternativas de uso, manejo y conservación de dichos recursos.

En este sentido es necesario definir un contexto general económico de la cuenca a ordenar, el cual debe estar conformado como mínimo por los siguientes factores:

- Detectar la base de la estructura y especialización de la economía en la cuenca hidrográfica.

El conocimiento de la dinámica económica de la cuenca y su interrelación con su oferta natural se adelanta a través de la caracterización de los sistemas de producción y extracción presentes en ella, en función de los impactos generados por ellos sobre los recursos naturales, fundamentalmente sobre el recurso suelo, la cobertura vegetal, la biodiversidad, los recursos genéticos, el agua, el aire y los ecosistemas de interés ambiental. Para desarrollar lo anterior es necesario definir lo siguiente:

- Tipo de Sistema: Agricultura de subsistencia, comercial, agroforestería, ganadería extensiva e intensiva, piscicultura, avicultura, porcicultura, apicultura, frutícola, minería, industria, turismo y otros.
- Distribución de la Tierra: Tipos de tenencia de la tierra, distribución predial, tamaño de predios y número (CRC, 2003).

## **2. METODOLOGÍA**

Debido a las inexistencia de un diagnóstico del área de estudio los datos se obtuvieron de investigaciones realizadas a nivel regional y local, con el fin de articular dicha información y obtener los datos correspondientes al área de estudio, además se realizaron cálculos de parámetros hidrológicos y una encuesta a la pobladores de la microcuenca para obtener datos biofísicos, sociales, económicos y políticos.

La localización espacial y ubicación geográfica de la microcuenca río Los Cedros se realizó con base en una plancha cartográfica del municipio de Sotará, la cual se encuentra a una escala de 1:40.000.

### **2.1 RECORRIDO PRELIMINAR DE CAMPO**

Con el apoyo de la comunidad y los técnicos del proyecto se realizó un reconocimiento del área con el fin de conocer aspectos generales de la dinámica de la cuenca, además durante estos recorridos se hicieron charlas informales con los actores sociales de la cuenca y se identificaron líderes comunitarios, a quienes se les informó el propósito del proyecto.

### **2.2 RECOLECCIÓN, REVISIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Esta etapa consistió en realizar una relación de la información secundaria de tipo cartográfico, temático, bibliográfico y estadístico de la microcuenca río Los Cedros que exista en las instituciones de nivel nacional, regional y local. Esta información ser evaluó en términos de calidad, confiabilidad, nivel de detalle, año de generación y formato disponible.

### **2.3 RECONOCIMIENTO GEOGRÁFICO DE LA MICROCUENCA DEL RIO LOS CEDROS.**

Se realizó un reconocimiento del área y se recorrieron diferentes zonas de la microcuenca, para identificar en el terreno los usos que tienen los recursos naturales, los problemas asociados, los puntos clave como derrumbes y cárcavas, lo que nos permitió tener una visión global de la microcuenca.

## **2.4 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA**

Para determinar estas variables físicas de la microcuenca, se utilizó información disponible en esquema de ordenamiento territorial de Sotaró EOT e información de la CRC e IGAC la cual se encontraba a una escala de 1:180.000.

## **2.5 SUELOS**

Se determinaron los tipos de suelos tomando como base el EOT de Sotaró e información de INGEOMINAS.

## **2.6 CLIMA**

Se utilizó información secundaria proveniente de la investigación realizada para la subcuenca de río Hondo y EOT de Sotaró, ya que dentro de la zona de estudio no se cuenta con estaciones climatológicas.

## **2.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN**

Se utilizó información secundaria proveniente de la investigación realizada para la subcuenca de río Hondo.

## **2.8 CARTOGRAFÍA DE LA MICROCUENCA**

Para la elaboración de la cartografía se utilizaron mapas digitales a escala 1:180.000 del EOT de Sotaró y el POMCH de la subcuenca de río Hondo y con los programas Quantum GIS y ArcGis se delimitó la zona correspondiente a la microcuenca río Los Cedros y se procedió a realizar los cortes de las capas para generar los mapas.

## **2.9 CÁLCULO DE PARÁMETROS BIOFÍSICOS**

Para establecer la caracterización biofísica se utilizaron los siguientes parámetros:

**2.9.1 Área, perímetro y longitud del cauce.** Se determinaron con la ayuda de cartografía digital y los programas Quantum gis y gvSIG.

**2.9.2. Factor de forma.** Constituye la relación entre el área de la cuenca y el largo de la misma.

$$\text{Factor de forma} = \frac{\text{Area (km)}}{\text{Largo (km)}}$$

A medida que el coeficiente aumenta, la forma se convierte de redonda a oblonga (Pizzati, 2002).

**2.9.3 Coeficiente de compacidad.** Relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca teórica circular de la misma superficie, es expresa por la siguiente forma:

$$Ic = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Ic es el coeficiente de compacidad.

P es el perímetro de la cuenca en Kilómetros

A es la superficie de la cuenca en Km<sup>2</sup>

#### 2.9.4 Rectángulo equivalente.

Las fórmulas para dimensionar el rectángulo son:

$$L1 = \frac{Kc * \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left[ \frac{1,12}{Ic} \right]^2} \right]$$

$$L2 = \frac{Kc * \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left[ \frac{1,12}{Ic} \right]^2} \right]$$

L<sub>2</sub>= Largo del rectángulo.

L<sub>1</sub> = Ancho del rectángulo.

Ic = Coeficiente de compacidad.

A = Área de la cuenca.

(Gonzales, 2008)

**2.9.5 Curva hipsométrica (Ch).** Para construir la curva se llevó a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca, para lo cual cada punto tiene la cota al menos igual a esa altitud, en proyección horizontal sobre las abscisas. Esta última se obtuvo calculando mediante el SIG la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre la curva de nivel

cuya se ha definido en las ordenadas y los límites de la cuenca por encima de la citada cota, verificándose esta operación para todos los intervalos seleccionados en las ordenadas (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**2.9.6 Altura media de la cuenca.** Se utilizó el método área- elevación donde la altura media está dada por:

$$\hat{h} = \frac{\sum A_i * E_i}{A_t}$$

$\hat{h}$ : Altitud media en Km.

$A_i$ : área entre curvas de nivel o cotas en Km<sup>2</sup>.

$E_i$ : promedio de las curvas de nivel que delimitan cada franja (m.s.n.m).

$A_t$ : área de la Cuenca en Km<sup>2</sup> (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**2.9.7 Pendiente media de la cuenca.** Se calculó utilizando el método de Alvord.

$$S_m = \frac{D * L_c}{A}$$

Dónde:

$S_m$ = pendiente media de la cuenca

$D$ = diferencia de nivel entre las curvas de nivel del plano topográfico empleado (Km).

$A$ = Área total de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

$L_c$ = Longitud de la curva de nivel.

**2.9.8 Longitud del cauce principal de la cuenca (L).** Se utilizó cartografía digital y el programa gvSIG.

**2.9.9 Pendiente media de la corriente principal.** El método usado fue el de los valores extremos que consiste en determinar el desnivel ( $\Delta h$ ) entre los puntos más elevado y más bajo del cauce y, luego, dividir este valor entre la longitud del mismo.

$$P_m = \frac{\Delta h}{L} * 100$$

**2.9.10 Densidad de drenaje (Dd).** Constituye la longitud total de los cauces dentro de una cuenca hidrográfica (L), dividida por el área total de drenaje (A),

define la densidad de drenaje o longitud de cauces por unidad de área. Este parámetro se expresa en Km/Km<sup>2</sup> (Gonzales, 2008).

$$D = \frac{L}{A}$$

### 2.9.11 Tiempo de concentración (Tc).

$$T_c = 0.3 \left( \frac{L}{(J)^{1/4}} \right)^{0.76}$$

Dónde:

Tc= tiempo de concentración en horas

L= longitud en Km del cauce principal de la cuenca

J= pendiente media del cauce principal de la cuenca

J=  $\Delta H/L$   $\Delta H$  es la diferencia de nivel entre la salida de la cuenca y el punto hidráulicamente más alejado en m.

(Gonzales, 2008)

**2.9.12 El número de orden de la cuenca (N).** Se utilizó el criterio de Schumm donde se le asigna el primer orden 1 a todos los cauces que no tienen tributarios y, en general la unión de dos cauces de igual orden determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior y dos de diferente orden dan origen a otro de igual orden que el de orden mayor y así sucesivamente hasta llegar al orden de la cuenca. El cauce principal tiene el orden más elevado, que es nada menos el orden de la cuenca (Faustino, et al 2009).

**2.9.13 Constante de estabilidad del río.** La constante de estabilidad de un río propuesta por Schumm fue la utilizada y esta constituye el valor inverso de la densidad de drenaje.

$$C = \frac{A}{\sum Li}$$

Dónde:

C=constante de estabilidad

A= Área de la cuenca (km<sup>2</sup>)

$\sum Li$ = Suma de las longitudes de los drenajes que se integran en la cuenca (Km<sup>2</sup>)

### 2.9.14 Índice de torrencialidad $C_t$ :

$$C_t = \frac{n_1}{A}$$

Dónde:

$C_t$ : índice de torrencialidad

$n_1$ : número de corrientes de primer orden.

A: Área de la microcuenca ( $\text{Km}^2$ )

(Reyes, Barroso y Carvajal, 2010)

### 2.10 AFORO CON MOLINETE

Se seleccionó la sección transversal donde se realizó el aforo, se dividió en una serie de subáreas  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Se midió en cada una de ellas las profundidades  $P_1, P_2, \dots, P_n$  y las velocidades puntuales en cada uno de los tirantes  $V_1, V_2, \dots, V_n$ .

$$\bar{v} = \frac{2}{3} v_n$$

Dónde:

n= abscisado

P= profundidades

v= velocidades puntuales

a= subáreas

Para cualquier sección el caudal es igual:

$$q_n = \left( \frac{V_n + V_{n+1}}{2} \right) * a_n, a_{n+1}$$

El caudal total será igual:

$$Q = \sum_{n=1}^n \left[ \left( \frac{V_n + V_{n+1}}{2} \right) * a_n, n+1 \right]$$

(Gonzales, 2008)

### 2.11 MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA

Se utilizó información secundaria proveniente de la investigación realizada para la subcuenca de río Hondo y en el programa de ahorro y uso eficiente del agua del acueducto de Los Cedros.

## **2.12 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA**

**2.12.1 Recopilación de información secundaria.** Se revisó la información de las siguientes instituciones, CRC, DANE, IGAC, SKCC y el acueducto de los Cedros.

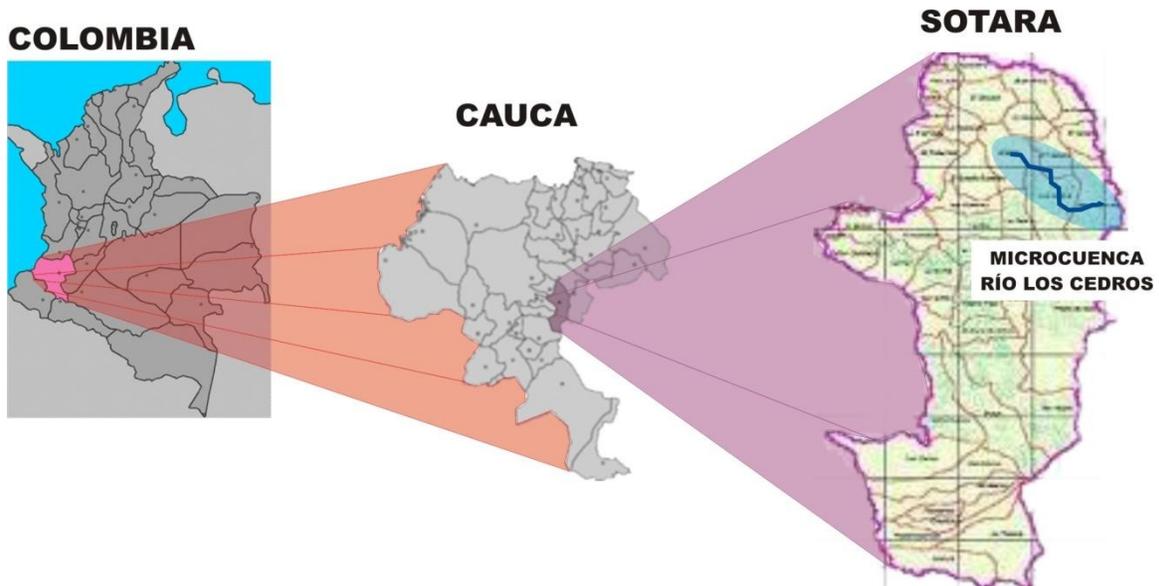
**2.12.2 Información primaria.** En esta etapa del estudio se elaboró una encuesta que permitió evaluar aspectos demográficos políticos, sociales y económicos (ver Anexo E), donde se tomaron variables como en nivel de educación, participación de las familias en los programas ambientales, población dedicada a la producción agrícola, tenencia de la tierra y las condiciones actuales de la infraestructura sanitaria, además se realizaron aforos mensuales para obtener el caudal de la microcuenca (CRC, 2003).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

La microcuenca del río Los Cedros hace parte de la Cuenca alta del río Cauca, y está ubicada en la parte nororiental del municipio de Sotará, en el Departamento del Cauca. El río los cedros cuenta con varios nacimientos de agua en la parte alta y baja de las veredas Los Cedros, El Higuieron y Chiribío, ubicadas en el extremo nororiental y sur oriental de la misma y sobre los límites de las veredas de Casas Nuevas y Trilladero.

**Figura 1.** Mapa temático de localización general de la microcuenca río Los Cedros.



El río los Cedros es afluente principal del río Los Robles el cual es una subcuenca río Hondo y finalmente forman parte de la cuenca Cauca. Del río Los Cedros se capta el agua requerida para el consumo humano para varias veredas de los municipios de El Tambo y Timbío (Montaño y Ortega, 2008).

#### 3.2 GEOLOGÍA

La geología histórica trata sobre la evolución de la tierra, la atmósfera, los ambientes, el origen o causas de fenómenos geológicos y las geformas presentes.

La formación de las cordilleras de los Andes se formó por la evolución de la corteza terrestre dando como resultado el plegamiento, fracturamiento, depósitos minerales y las amenazas naturales presentes (CRC, 2010).

**Figura 2.** Erosión hídrica.



### 3.2.1 Rocas estratificadas

**3.2.1.1 Conjunto de Cenizas “AshFall” (Qc).** Se compone de cenizas de caída y flujos de ceniza. Alcanzan un espesor hasta de 20 metros entre los cuales se encuentra las cenizas de caída con un espesor hasta de 8 metros que recubren toda la parte oriental del municipio. Cerca de Popayán y Timbío, recubren ignimbritas meteorizadas o flujo de cenizas. La unidad se asigna a la era cenozoica y al período cuaternario (CRC, 2010).

### 3.2.2 Complejo arquia

**3.2.2.1 Conjunto de Esquisto Cuarzomicáceos y Cuarcita (PziMs).** Corresponde a las facies de los esquistos verdes, presentan metamorfismo regional. Son rocas finamente laminadas con capitas de 2 a 6 mm de espesor, las rocas que predominan son esquistos cuarzo – micáceos, cuarcitas y esquistos grafitico – micáceos que se componen de cuarzo, micas, plagioclasas, clorita y grafito. En menor proporción esquistos de color gris verdoso (GEOSIG Ltda, 2006).

**3.2.2.2 Triásico – Jurásicas, Granitoide Cataclizado de Bellones.** Este cuerpo aflora como un bloque tectónico alargado. El cuerpo está limitado al Este y al Oeste por el conjunto de esquistos cuarzo – micáceas y cuarcitas.

En el municipio de Sotará se presentan buenos afloramientos sobre la carretera que va de Popayán a Paispamba, tramo del río Cedros – Las Estrellas y en el río Solado.

La unidad se asigna al Triásico – Jurásico pero podría abarcar también al Paleozoico.

- ✓ **Complejo Quebrada grande (Kcqs) Kssq.** El complejo se conforma de sedimentitas, capaz de flujos basálticos y posiblemente de niveles de tobas básicas. Las sedimentitas se presentan en colores verdosos y oscuros, los basaltos se encuentran inter estratificados con sedimentitas (IGAC, 1982).

### **3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

#### **Marco Tectónico Regional**

La costa oeste de Suramérica ha sido considerada como una zona de subducción activa de una placa oceánica debajo de la litosfera continental. Este proceso ha sido claramente la fuerza dominante en el desarrollo de la estructura geológica de la región desde finales del Jurásico. El comportamiento regional de las estructuras en el área de estudio tiene sentido NS en promedio. Las rocas sedimentarias e ígneas se presentan altamente tectonizadas siendo el fallamiento la característica más importante (CRC, 2010).

Dentro de la microcuenca río Los Cedros se encontraron las siguientes fallas geológicas:

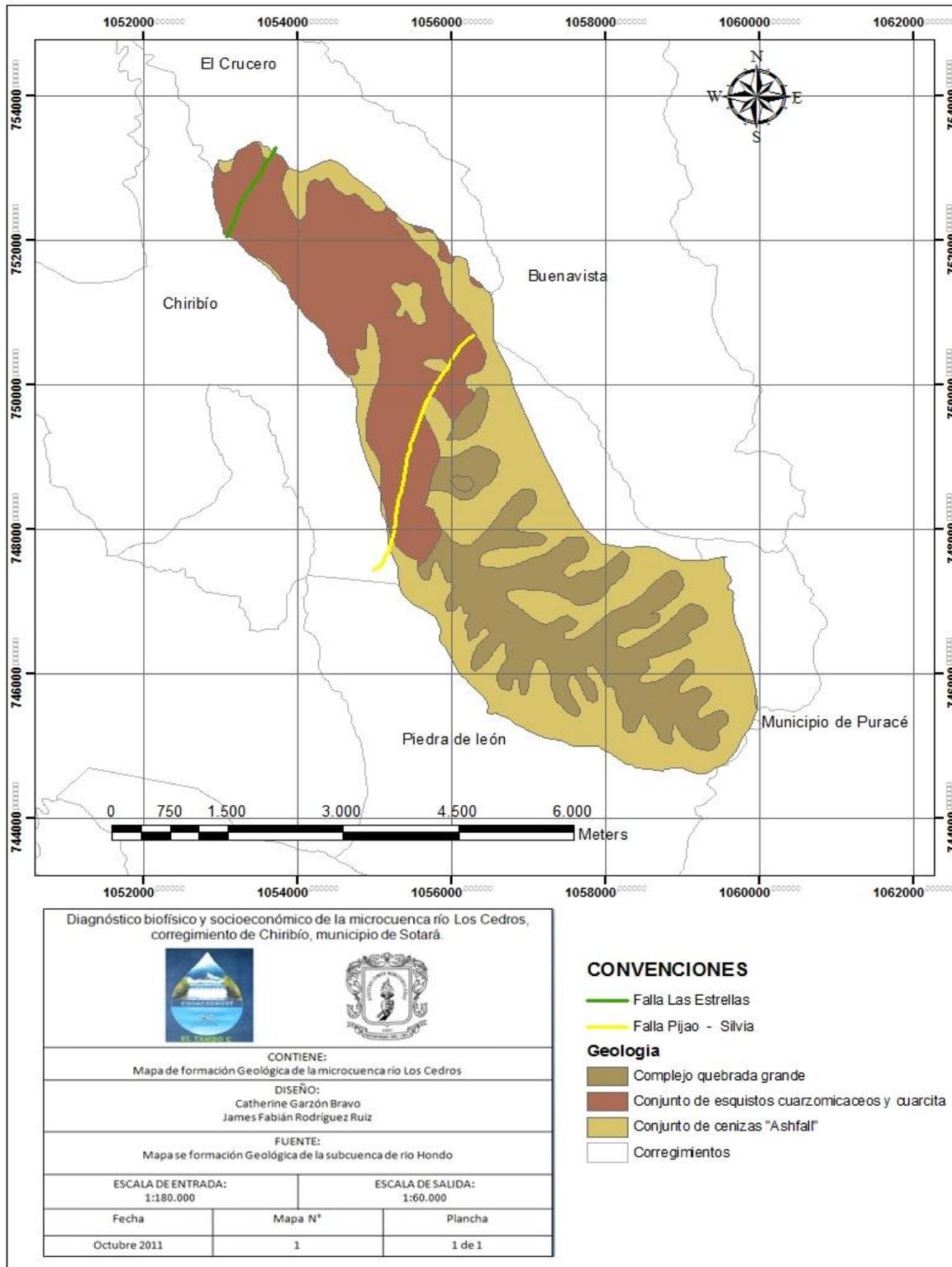
#### **3.8.1 Falla Pijao-Silvia**

Esta falla es de gran extensión y su expresión topográfica es persistente por centenares de kilómetros en el flanco occidental de la Cordillera Central, además de servir como límite o contacto tectónico entre los Complejos Quebradagrande, al oriente y Arquía, al occidente. Son muy evidentes las estructuras de falla como espejos, zonas de cizallas y de rocas trituradas. En algunos sitios se observan desplazamientos de cenizas recientes. Lo último indica que la falla Pijao-Silvia es activa y que ha tenido movimientos durante el Cuaternario.

### **3.8.2 Fallas Las Estrellas**

Esta estructura sirve de límite o contacto tectónico a la unidad denominada Granitoide Cataclizado de Bellones, de forma alargada que se emplazó tectónicamente dentro de las rocas del Complejo Arquía. La falla muestra características de estructuras con movimientos laterales deslizantes, además constituye el límite oriental del granitoide, esta estructura esta a lo largo de la línea de falla y presenta geoformas tales como silletas de falla, escarpes regularmente preservados y quiebres de terreno. (Aguirre, 2002)

Figura 3. Geología de la microcuenca río Los Cedros.



Fuente: CRC, 2010

### 3.4 GEOMORFOLOGÍA

**Figura 4.** Relieve montañoso



**3.4.1 Relieve Montañoso y colinado denudacional.** En este grupo se incluyen aquellas elevaciones del terreno que hacen parte de cordilleras, sierras y serranías donde los procesos exógenos degradacionales determinados por el agua, el viento y con fuerte incidencia de la gravedad han determinado la configuración de los actuales paisajes.

Los materiales involucrados en la configuración de los paisajes de esta unidad genética de relieve son:

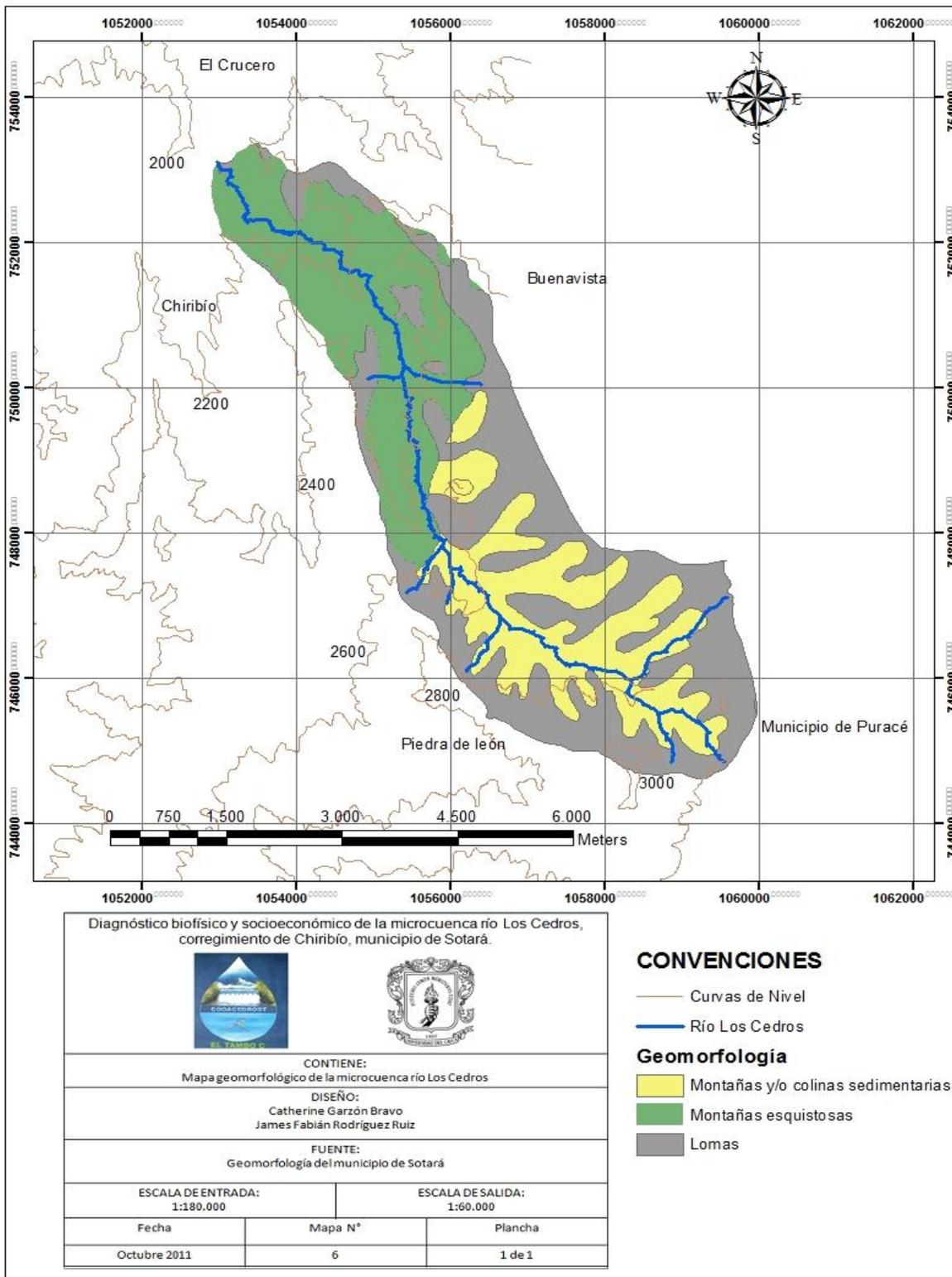
- ✓ Rocas ígneas intrusivas (gabros, granitos)
- ✓ Rocas intrusivas metamórficas (esquistos, neises, anfibolitas)
- ✓ Rocas sedimentarias consolidados y no plegados, sometidos a intensa disección (IGAC, 1982).

La modelación de estos paisajes se debe a una erosión intensa de carácter fluvio-gravitacional en combinación con diferentes fenómenos de remoción en masa.

Dentro de los paisajes erosionales de esta unidad tenemos:

**3.4.1.1 Montañas y/o Colinas Sedimentarias.** Los rangos morfológicos presentan en la zona es de relieve fuerte con pendientes mayores del 50%, y el patrón de drenaje principal es paralelo, hacia las partes altas es dendrítico, presenta cauces en “V”, los fenómenos de remoción es masa (deslizamientos, desplomes, flujo de suelo y roca) son intensos (Paris y Marín, 1979).

**Figura 5.** Mapa geomorfológico de la microcuenca río Los Cedros.



Fuente: GEOSIG, 2006

**3.4.1.2 Geoformas de áreas de lomerío y ondulados.** En áreas de lomas las ondulaciones cubren amplias zonas del territorio del municipio sin mostrar una dirección clara, provenientes de la denudación de antiguas llanuras agradacionales, o del aplanamiento diferencial de anteriores cordilleras y serranías, determinado por una acción prolongada de los procesos denudacionales (Paris y Marín, 1979).

**3.4.1.3 Altillanura Degradada.** Unidad genética de relieve de extensión regional que corresponde a cualquier tipo de antiguas llanuras agradacionales (hidrovolcánica, fluvio-volcánica, ignimbrítica, lacustre, aluvial), localizadas a diferente altitud y constituidas por capas o estratos horizontales de sedimentos y/o materiales volcánicos, las cuales están sometidas hoy en día a un ataque tal del conjunto de procesos degradacionales, pero sobretodo de la erosión fluvial y de algunas formas de remoción en masa, que prácticamente han transformado su morfología inicial, ya subdividiéndolas en porciones menores separadas por gargantas y valles, o bien disectándolas mediante una intensa red de drenaje.

A menudo las colinas y lomas aparecen separadas por algunos valles estrechos colmatados, de fondo plano y plano – cóncavo, lo cual en gran extensión dan al relieve un paisaje de lomeríos y ondulaciones, con pendientes menores del 16%, dichas lomas presentan cimas amplias redondeadas y alargadas (IGAC, 1982).

**Figura 6.** Altillanura degradada.



## Cuadro 2. Características geomorfológicas

Montañas Esquistosas	Relieve de mediano a fuerte. Pendientes > 50 %. Drenaje dendrítico. Valles profundo en forma de "V".
Montañas y/o colinas Sedimentarias	Pendientes > 50 %. Patrón de drenaje principal es paralelo. Presenta cauces en "V". Fenómenos de remoción en masa son intensos. Relieve fuerte.
Lomas	Presenta cimas amplias redondeadas y alargadas. Pendientes entre 8 y 16%.
Lomeríos	Pendientes < 8 %. Ondas cóncavas y convexas.

Fuente: IGAC, 1982

### 3.5 SUELO

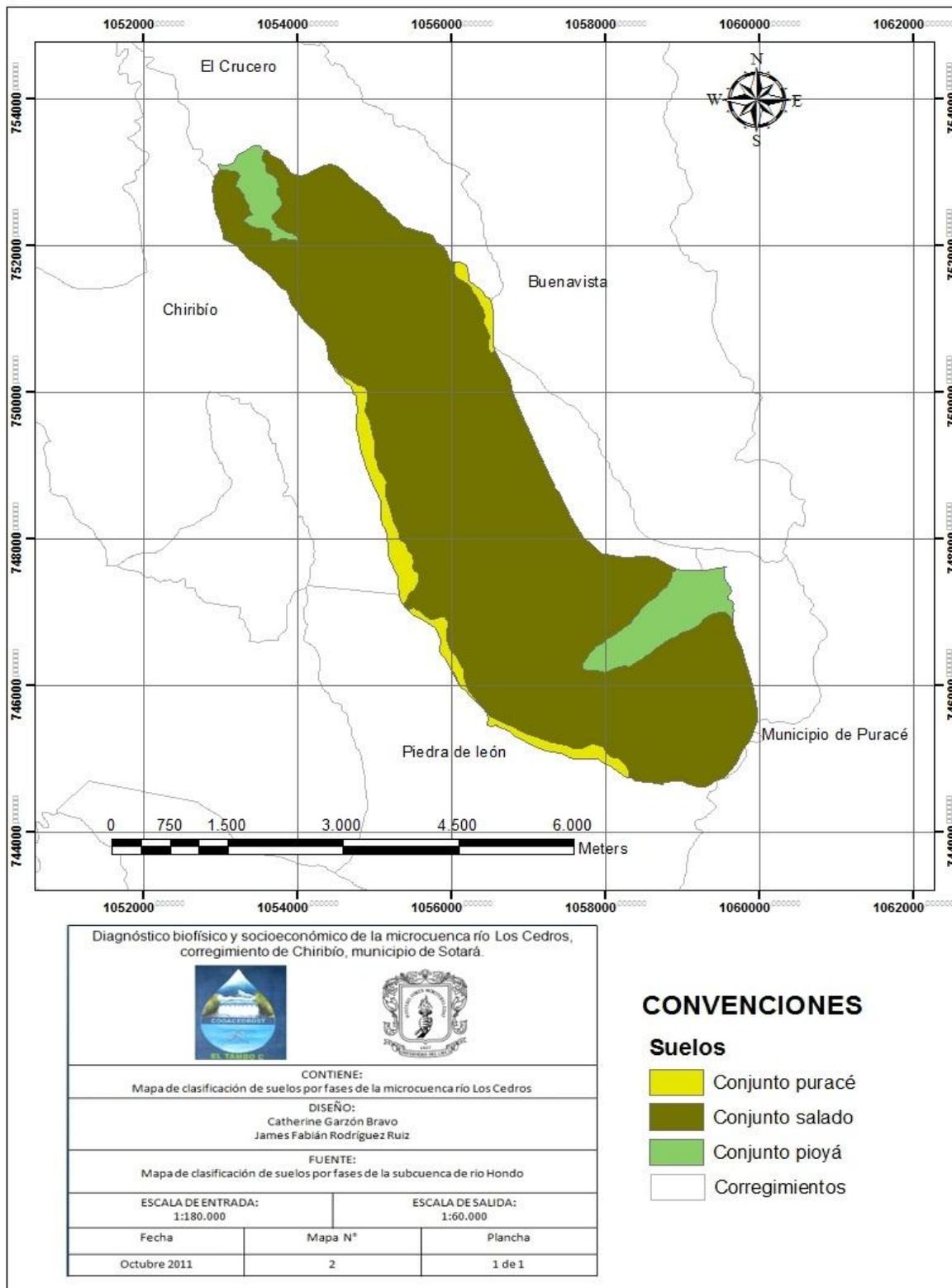
#### 3.5.1 Suelos de montañas y suelos de clima frío húmedo

**3.5.1.2 Asociación Salado (SA).** Geomorfológicamente pertenecen a las laderas de montañas, de clima frío húmedo, situados entre 2.000 y 3.000 m.s.n.m. y zonas de vida de bosque muy húmedo Premontano (bmh- PM) y bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), según Holdridge. El relieve es quebrado a muy quebrado, con pendientes de 25 a 50% y aún mayores. Se observan áreas con relieve más suave. Tienen drenaje natural que varía de bueno a excesivo. La erosión es ligera a severa, evidenciada por escurrimiento difuso, reptación, solifluxión y deslizamientos localizados.

Son suelos evolucionados a partir de cenizas volcánicas, depositadas sobre rocas metamórficas (esquistos). Su profundidad efectiva es moderadamente profunda a profunda.

La vegetación natural ha sido destruída. La unidad tiene límites difusos con las asociaciones Silvia (SL), Guanacas (GS), Cofre (CF), Paniquitá (PQ) y Totoró (TO); claro con la asociación Chapa (CH). La Asociación está integrada por los conjuntos Salado (Typic Dystrandept) 45%, Pioyá (Typic Humitropept) 40% y 15% de inclusión del conjunto Cofre (Cxic Dystrandept) de la Consociación Cofre (CF).

Figura 7. Suelos de la microcuenca río Los Cedros.



Fuente: CRC, 2010

- ✓ **Conjunto Salado (Typic Dystrandept) (SAb).** Son suelos localizados en las partes altas y medias de las laderas de montaña, de clima frío. Las cenizas volcánicas, en este suelo, están cubriendo a materiales metamórficos esquistosos, mientras que en los suelos análogos, descritos en la Asociación Silva (SL), las cenizas recubren rocas antiguas.
- ✓ **Conjunto Pioyá (Typic Humitropept) (SAe).** Los suelos de este conjunto, se encuentran en las partes media baja de las laderas de montaña, de clima frío húmedo.

Son suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas y de material metamórfico moderadamente profundo, limitado por la presencia de esquistos parcialmente alterados; las texturas dominantes son francas finas y sus colores son pardo a pardo oscuro en los horizontes superficiales y pardo amarillento en los subyacentes; bien drenados. Las características químicas del perfil muestran, alta a media capacidad catiónica de cambio, alta a mediana saturación de bases; alto contenido de carbono orgánico en el horizonte superficial y muy bajo en profundidad; reacción es fuerte a medianamente ácida, pH 5.2 a 5.8 (GEOSIG Ltda., 2006).

### 3.5.1.3 Consociación Puracé (PC)

Sus suelos corresponden a la unidad de montañas, de clima frío húmedo, entre 2.400 y 3.000 m.s.n.m. y a la zona de vida de bosque muy húmedo Montano Bajo (bmh-MB), de acuerdo a la clasificación de Holdridge.

El relieve de la unidad se caracteriza por sus formas ligeramente quebradas, con cimas redondeadas, disecciones profundas y pendientes de 3-7-12-25-50%, en pequeños sectores llega a ser del 75%. En general, son suelos poco afectados por la erosión y sólo en pequeños sectores se observa erosión de tipo laminar, reptación (pata de vaca) y movimientos en masa. El drenaje natural, es bueno.

Los suelos que integran la consociación, se han desarrollado a partir de cenizas y lodos volcánicos, que en capas muy gruesas cubrieron totalmente a materiales de origen volcánico como tobas, brechas, bombas y rocas andesíticas. Son suelos profundos a muy profundos, que en su perfil presentan poca cantidad de piedras y gravillas. Las texturas dominantes son franco arcillosas y arcillosas; el régimen de humedad del suelo es údico y el de temperatura isotérmico. Son tierras ampliamente utilizadas en actividades agropecuarias; la agricultura se realiza en parcelas continuamente cultivadas con papa y una amplia gama de hortalizas. La ganadería es de tipo semi-intensivo, con pastos kikuyo, poa y grama .

- ✓ **Conjunto Puracé (Typic Dystrandept) (PCb).** Los suelos de este conjunto, son ampliamente dominantes en todas las posiciones relativas de la unidad. Son suelos profundos y bien drenados. En general, sólo en pequeños sectores

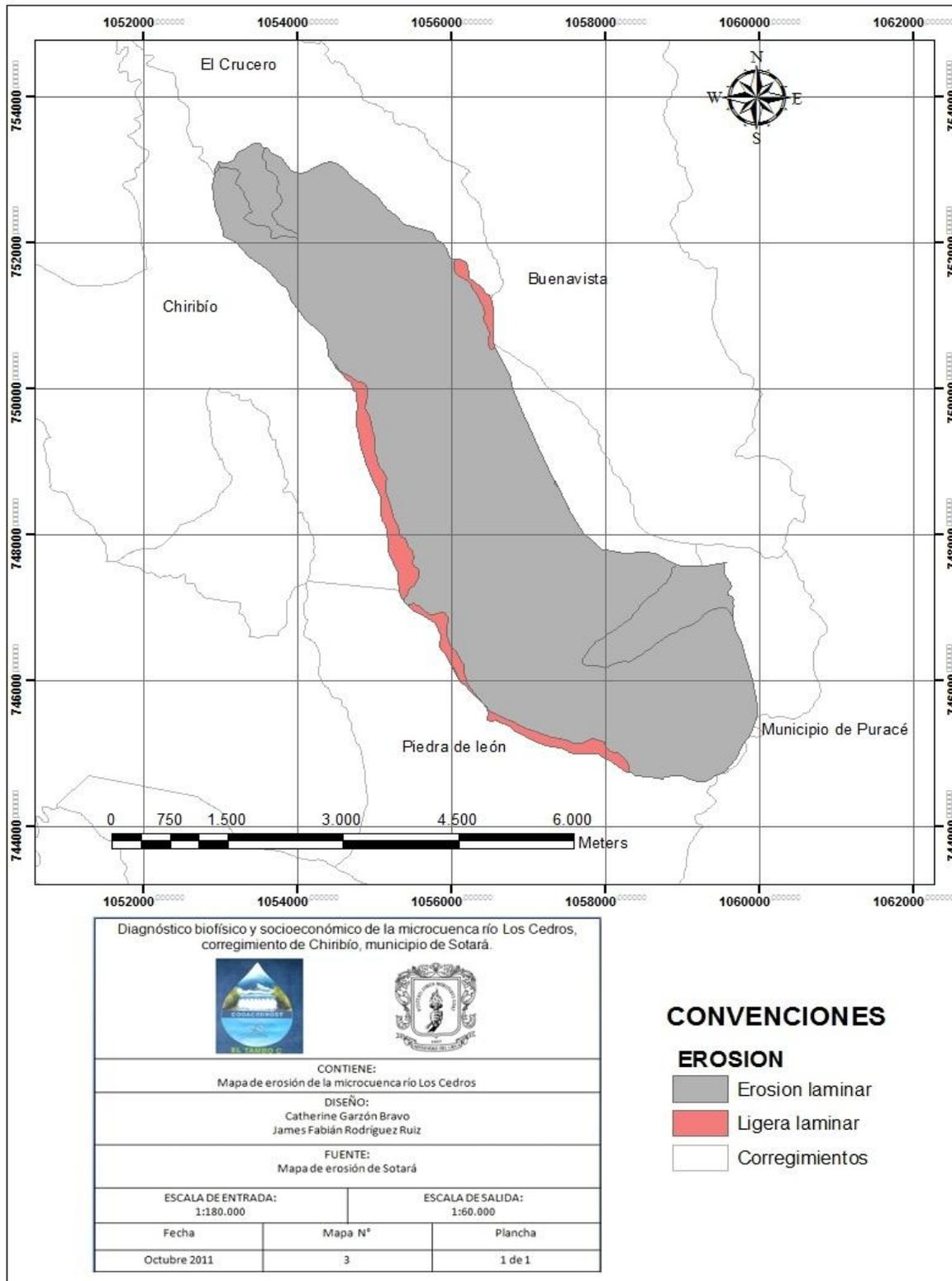
hay ligera erosión de tipo laminar y reptación (pata de vaca). El perfil representativo del conjunto tienen una serie de horizontes de colores negros y pardo grisáceos muy oscuros, que profundizan a más de 100 cm; después aparece un horizonte B de color pardo amarillento, el cual descansa a los 140 cm sobre un horizonte plácido continuo y de un centímetro de grosor. Las texturas de campo se hacen cada vez más finas con la profundidad, desde franca en la superficie hasta arcillosa en la profundidad, A partir de los 65 cm aparecen pocas piedras semi-redondeadas, de diferentes tamaños y poca cantidad de gravilla.

Son suelos de mediana a fuerte acidez, con muy altos contenidos de carbón orgánico en todos los horizontes, muy alta capacidad de intercambio catiónico y altos contenidos de aluminio intercambiable en los dos primeros horizontes (45 y 37% respectivamente) (GEOSIG, 2006).

**3.5.2 Erosión.** Los tipos de erosión que se manifiestan a simple vista sobre la tierra son más preocupantes pues indican un alto grado de degradación. Entre las manifestaciones más claras se tienen la “pata de vaca” o caminos de ganado, los terracetos, los surcos y las cárcavas. Estas son el último más severo estado de erosión y corresponde a zanjonos profundos que se hacen en el suelo cuando el escurrimiento es un declive aumenta en velocidad o volumen, lo suficiente como para abrir profundamente el suelo o bien cuando el agua concentrada corre por los mismos surcos el tiempo suficiente para ocasionar dichas entalladuras o cárcavas (GEOSIG Ltda., 2006)

- ✓ **Erosión en surcos.** Es la concentración de agua en surcos paralelos que causan el arrastre del suelo, son independientes y durables.
- ✓ **Erosión en terraceta o “pata de vaca”.** Son los caminos en forma de zigzag dejados por el ganado en los potreros por el sobrepastoreo, puede causar erosión por surcos y formar cárcavas.
- ✓ **Remoción en masa.** Movimientos de tierra generados por el efecto que causa el agua de infiltración y/o la gravedad, existen varias formas de remoción en masa dependiendo de su flujo y la cantidad de material removido (ZAMORA Editores Ltda., 2009)

**Figura 8.** Mapa de erosión de la microcuenca del río Los Cedros.



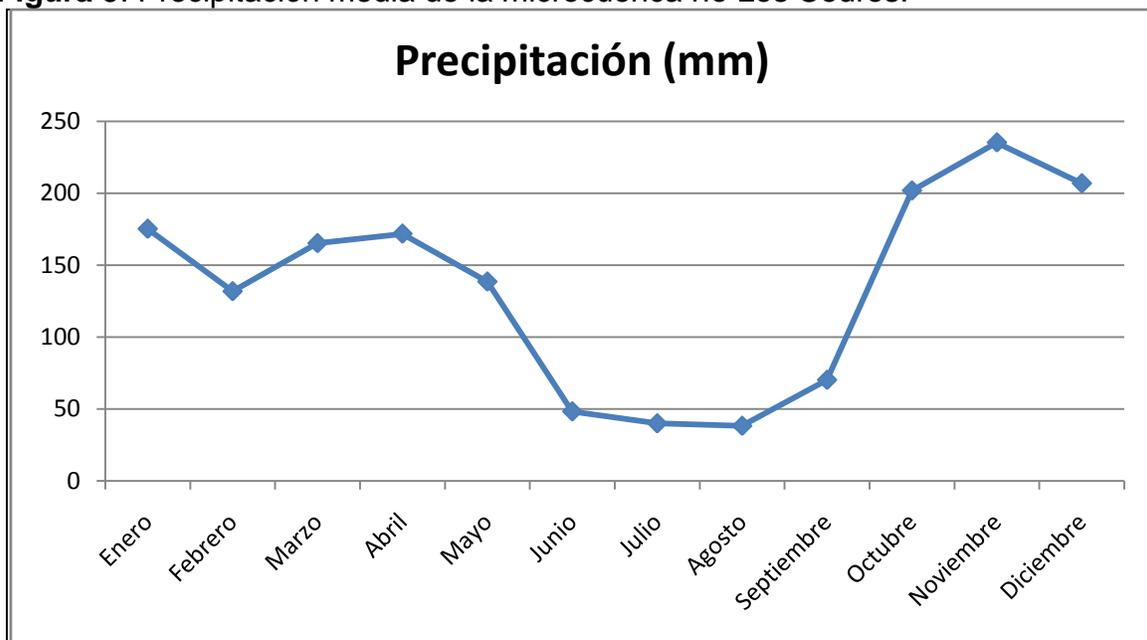
Fuente: GEOSIG Ltda., 2006

### 3.6 CLIMA

**3.6.1 Precipitación.** Promediando los datos de precipitación del EOT de Sotar y del POMCH de río Hondo, la microcuenca del río Los Cedros, presenta una precipitación promedio anual de 1623,2 mm/año, presentando una distribución de tipo bimodal, con dos periodos secos, los cuales ocurren entre los meses de diciembre a febrero y de junio a septiembre, siendo el mes de agosto el que presenta las más bajas lluvias, con una precipitación media de 38,3 mm/mes, para el caso de los periodos húmedos, estos ocurren el primero de ellos entre los meses de marzo y mayo en donde se destaca por presentar a abril como uno de los meses más lluviosos de este periodo, con una precipitación media de 171,8 mm/mes.

El segundo periodo húmedo, se presenta finalmente entre los meses de octubre y noviembre, en donde se destaca este último como el mes con las mayores lluvias en el año, las cuales alcanzan los 235,2 mm/mes.

**Figura 9.** Precipitación media de la microcuenca río Los Cedros.



### 3.6.2 Clasificación climática

**3.6.2.1 Clima Templado Húmedo.** Las áreas que presentan este clima, generalmente se localizan en forma de franjas adyacentes al clima frío húmedo

hasta dominar el altiplano de Popayán. La precipitación promedio anual es de 1.862 mm; los meses más lluviosos son marzo, abril, mayo, septiembre, octubre y noviembre, con un promedio mensual de 167,4 mm; los períodos menos lluviosos se presentan generalmente de enero a febrero y de junio a agosto con un promedio mensual de 68,2 mm.

Las temperaturas fluctúan entre 17 y 24°C, y las máximas temperaturas se presentan en los meses de julio – agosto y diciembre – enero.

La humedad relativa está relacionada con la precipitación y la temperatura, oscilando entre 75% en los meses de verano y 85% en la época de invierno.

Estas regiones están dominadas por la presencia de vientos locales. Dentro de esta caracterización se encuentran los corregimientos de La Paz, El Carmen, El Crucero y Sachacoco. Se localizan pequeñas manchas de bosque secundario en las pendientes moderadas. La mayoría de vegetación ha sido devastada por el intenso pastoreo (GEOSIG Ltda., 2006).

**3.6.2.2 Clima Frío Húmedo.** Estas áreas están localizadas principalmente en las regiones de montañas, colinas, pie de montaña y superficies aluviales. La precipitación es de 2.177 mm/año, distribuida de la siguiente forma: 70 mm/mes promedio en el período de verano, que va de mayo a septiembre; en época de invierno moderado que comprende los meses de enero a abril, la precipitación promedio es de 215 mm mensuales; en los meses de octubre a diciembre se presentan las máximas precipitaciones, 296 mm/mes en promedio.

Las elevaciones son desde 2.000 hasta los 3.500 m.s.n.m., y la temperatura en esta zona varía poco, pero en promedio la temperatura es de 13°C.

Estas áreas están influidas principalmente por una fuerte acción de los vientos locales, y los vientos planetarios y continentales, no tienen ninguna influencia.

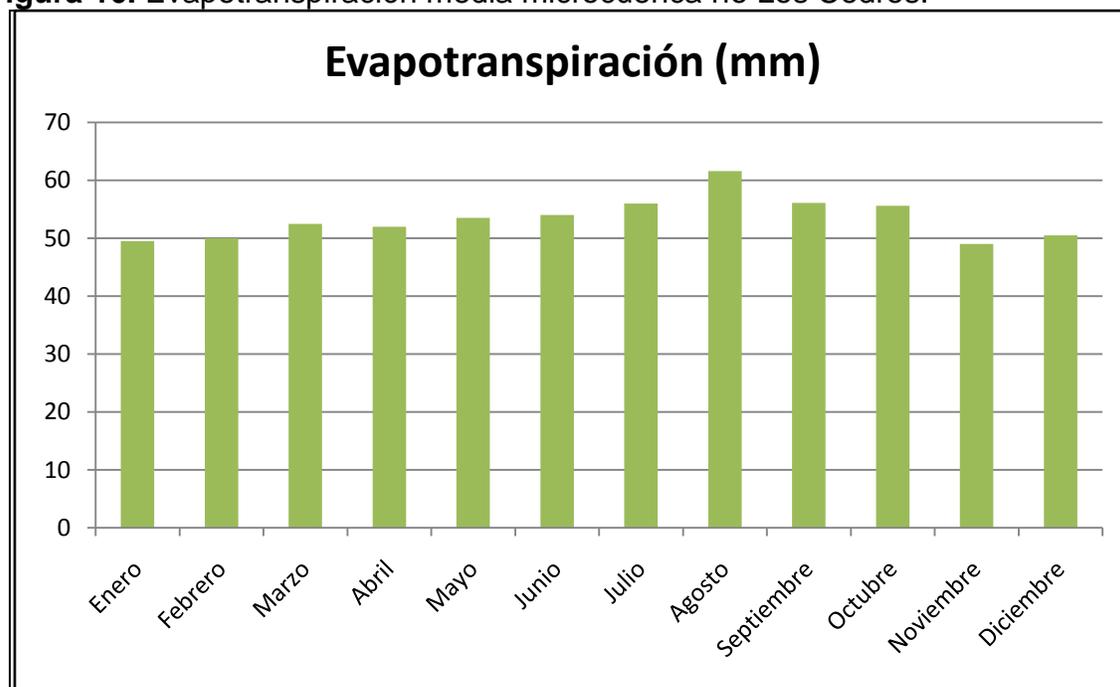
Los corregimientos afectados por este tipo de clima son Buenavista, El crucero, Chiribío, Piedra de león, Hato frío, Paispamba, la Paz y la zona occidental de Chapa. Se presentan zonas de cultivos y pastos, así como también sectores de bosque aislado, bordeando los cursos de los ríos a las divisorias de agua (GEOSIG Ltda., 2006).

### **3.7 EVAPOTRANSPIRACIÓN**

La microcuenca río Los Cedros presenta una evapotranspiración potencial (ETP) anual de 640,4 mm/año, una ETP máxima de 61mm en el mes de agosto y una mínima de 49 mm en el mes de noviembre, la subcuenca presenta una ETP

promedio para todo el año de 53,4mm. En la figura 10, se presenta la distribución temporal de la ETP de la microcuenca del río Los Cedros (CRC, 2010).

**Figura 10.** Evapotranspiración media microcuenca río Los Cedros.



### 3.8 COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

Con el fin de desarrollar sus actividades, los seres humanos han transformado el entorno natural, ya sea para la construcción de viviendas o para el desarrollo de actividades económicas. La forma en que se utiliza la superficie del territorio, se conoce como uso del suelo. Este puede ser de tipo agrícola, forestal, industrial, entre otros. La cobertura vegetal original puede sufrir modificaciones de distintos grados. Cuando el cambio es total, éste se define como cobertura antrópica; cuando la transformación es mínima o bien se mantienen rasgos importantes en su estado original, se le conoce como vegetación inducida (CRC, 2010).

La microcuenca del río Los Cedros posee los tipos de clima templado húmedo y frío húmedo desde zonas generando el desarrollo de vegetación como bosque natural (principalmente bosque de galería) y plantado, cultivos transitorios, pastos y rastrojos, entre otros.

De acuerdo a la interpretación de la información generada por investigaciones realizadas a lo largo de la subcuenca río Hondo del cual el río Los Cedros es afluente en cuanto a uso de la tierra y cobertura vegetal y el trabajo de campo que

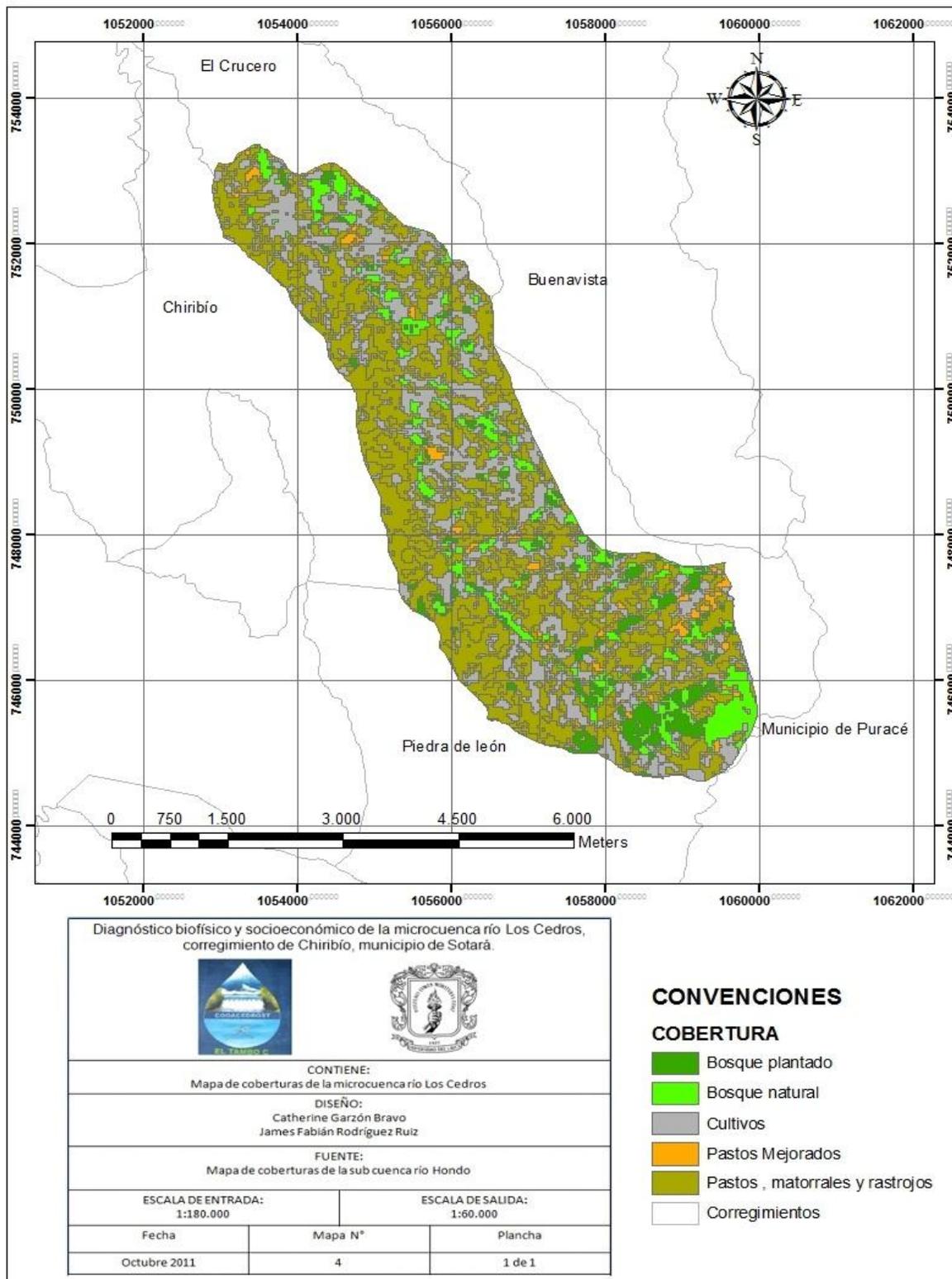
se realizó se encuentra para la zona de estudio las siguientes coberturas vegetales:

**Cuadro 3. Cobertura y uso de tierra**

Cobertura	Área (Ha)	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)	Tipo de uso
Cultivos	205,09	2,05	8,80	Agropecuario
Pastos mejorados	237,00	2,37	10,17	Ganadería intensiva
Bosque Plantado	88,58	0,89	3,80	Comercial
Bosque Natural	207,84	2,08	8,92	Conservación
Pastos, Matorrales y Rastrojo	1592,49	15,92	68,32	Ganadería extensiva
Total	2331	23,31	100	

Debido a las condiciones geomorfológicas e hidrológicas de la cuenca y el uso actual de los suelos, se han venido incrementando los problemas de origen natural como los deslizamientos y la remoción en masa que han afectado a la zona. Por esta situación y pensando en la sostenibilidad de la cuenca como abastecedora de agua y en el beneficio de la comunidad en cuanto a sus prácticas de sustento económico, se debe incentivar el cambio de prácticas agropecuarias sustentadas en la aptitud del suelo.

Figura 11. Cobertura de la microcuenca río Los Cedros.



Fuente: CRC, 2006

## 3.9 PARAMETROS GEOMORFOLOGICOS

**3.9.1 Área.** El área de la microcuenca río Los Cedros es de 23,310 Km<sup>2</sup> o 2331 hectáreas.

**3.9.2 Perímetro.** Se trazaron las líneas que definen la divisoria de aguas generando el mapa de límites, obteniendo una longitud de 25,717 Km de perímetro.

### 3.9.3 Parámetros de forma

**3.9.3.1 Factor de forma.** Es de 0,155 para el río Los Cedros, como el valor es menor a 1.0 la microcuenca es alargada, en consecuencia presenta baja susceptibilidad a las crecientes (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**3.9.3.2 Coeficiente de compacidad.** Es de 1,635 lo que indica según el coeficiente de Gravelius que la microcuenca río Los Cedros es de forma oval oblonga a rectangular oblonga (Londoño, 2008).

**3.9.3.3 Índice de alargamiento.** Es de 2,757, dado que el índice de alargamiento obtenido para la microcuenca es mayor a 1, se dice que el río es alargado (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

La microcuenca posee un promedio de precipitación de 1623,2 mm/año, agua que tiende a no inundarse debido a las condiciones geomorfológicas propias de la zona como un relieve fuerte con presencia de valles profundos, cauces en forma de “V” y pendientes que en algunos sectores puede ser mayores al 31%; características hidrológicas que se ven representadas en los parámetros de forma debido a que la cuenca es alargada, de forma oval y con un cauce alargado lo que favorece la no concentración del exceso de agua lluvia y su rápida evacuación.

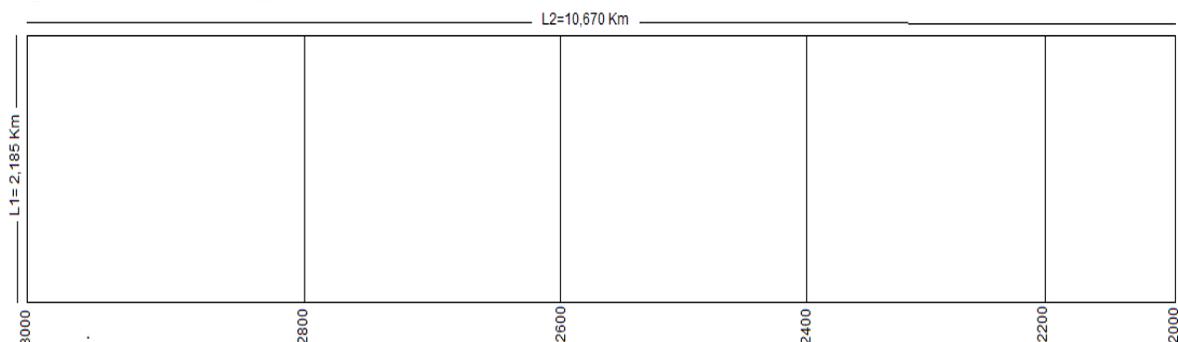
### 3.9.4 Parámetros de relieve

#### 3.9.4.1 Rectángulo equivalente:

$L_2 = 10,670 \text{ Km}$

$L_1 = 2,185 \text{ Km}$

**Figura 12.** Rectángulo equivalente microcuenca río Los Cedros

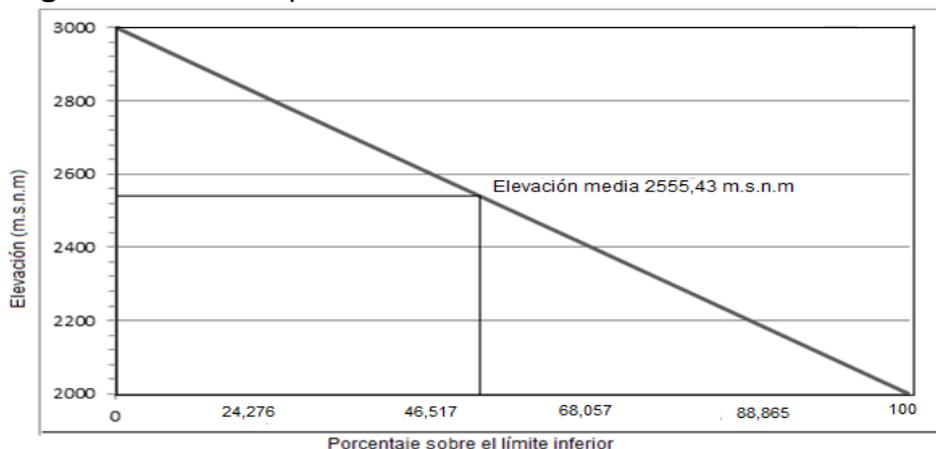


### 3.9.4.2 Curva hipsométrica

**Cuadro 4.** Áreas entre cotas consecutivas microcuenca río Los Cedros.

Intervalo entre curvas de nivel	Elevación media (m.s.n.m)	Área entre curvas (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje del total	Porcentajes sobre el área inferior
2000 –2200	2100	2,596	11,135	100
2200 – 2400	2300	4,850	20,808	88,865
2400 – 2600	2500	5,021	21,540	68,057
2600 – 2800	2700	5,184	22,240	46,517
2800 – 3000	2900	5,569	24,276	24,276
	Total	23,310	100	0

**Figura 13.** Curva hipsométrica de la microcuenca río Los Cedros.



**3.9.4.3 Altura media de la cuenca.** El valor de este parámetro fue de 2555,43 m lo que indica que la zona de la microcuenca tiene una elevación media moderada, es decir la altitud ejerce influencia sobre la precipitación, sobre las pérdidas de

agua por evaporación, transpiración y consecuentemente sobre el caudal (Londoño, 2008).

**3.9.4.4 Pendiente de la cuenca.** Los cálculos arrojaron un resultado de 0,311 o 31,1% lo que indica que el relieve es fuertemente accidentado según la clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente la zona presenta problemas de erosión (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

Los parámetros relativos al relieve afectan directamente el escurrimiento de las aguas lluvias, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal en tiempos relativamente cortos (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010) lo que indica que se pueden formar crecientes en periodos cortos de tiempo, situación que genera una gran problemática de erosión por deslizamientos y remoción en masa, si se tiene en cuenta las características geológicas y geomorfológicas de la microcuenca como un relieve fuertemente accidentado, grandes pendientes e inestabilidad de las rocas, condición que se puede ver agravada si se tiene en cuenta la limitada cobertura de bosque natural de la microcuenca la cual solo llega al 8,92%, comparado con la cobertura de pasto, matorral y rastrojo que llega al 68,32%, con lo cual se disminuye la infiltración y se incrementa la escorrentía debido a la falta de absorción del agua y de regulación del régimen hidrológico por parte de los árboles.

### **3.9.5 Parámetros relativos a la red de drenaje:**

**3.9.5.1 Longitud del cauce principal.** El río Los Cedros tiene una longitud de 12,270 Km, lo que corresponde a la distancia horizontal del río principal, desde su nacimiento hasta el punto de cierre o de concentración, dentro de los límites de la cuenca (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010). El ancho promedio de río Los Cedros es de 2,181 Km.

**3.9.5.2 Pendiente media del cauce principal.** Es de 8,150 % lo que indica que en la zona se presenta una pendiente moderada y una velocidad de flujo media, al igual que cambios en algunas características físicas, químicas y biológicas de las aguas debido a que estas son mejor oxigenadas y mineralizadas, debido a la mayor turbulencia, la capacidad de erosión y transporte (Londoño, 2008).

**3.9.5.3 Densidad de drenaje.** Es de 3,888 Km/Km<sup>2</sup> lo que indica que la microcuenca posee suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables generalmente, con pendientes fuertes, y escasa cobertura vegetal y según

estudios hechos por la universidad del Tolima posee una alta densidad de drenaje (Londoño, 2001).

**3.9.5.4 Tiempo de concentración.** 2,10 horas, es el tiempo que tarda en llegar a la sección se salida de interés la gota de lluvia caída en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

#### 3.9.5.5 Número de orden:

**Cuadro 5.** Número total de cauces para cada orden

Número de orden	Número total de cauces
1	167
2	36
3	6
4	1
Total	210

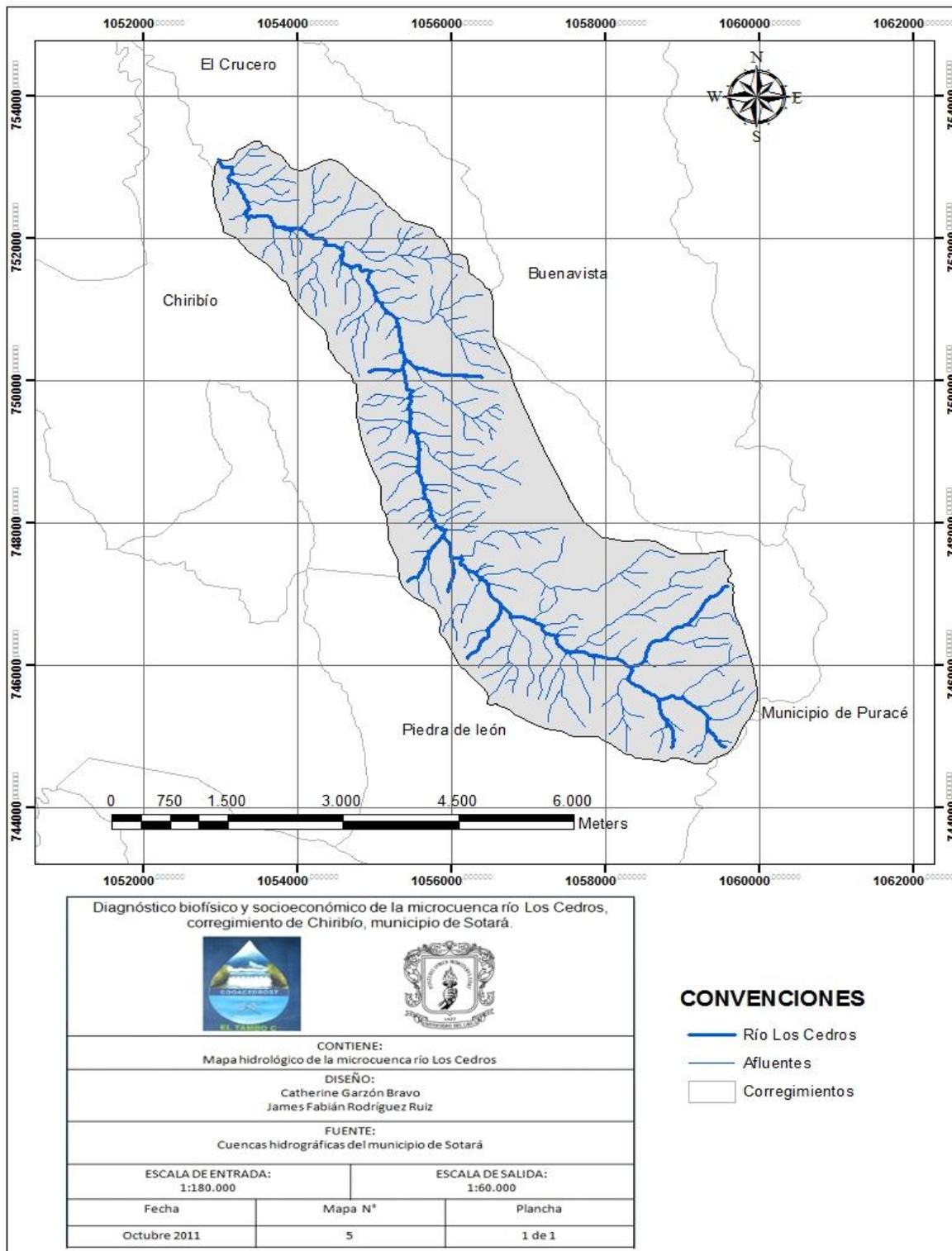
Es un número que tiene relación estrecha con el número de ramificaciones de la red de drenaje. A mayor número de orden, es mayor el potencial erosivo, mayor el transporte de sedimentos y por tanto mayor también el componente de escorrentía directa que en otra cuenca de similar área (Faustino, et al, 2006).

**3.9.5.6 Constante de estabilidad.** 0,644 Km, este valor obtenido para la microcuenca es bajo, lo que indica presencia de rocas débiles, escasa o nula vegetación y baja capacidad de infiltración del suelo, es decir mayor erodabilidad (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

**3.9.5.7 Índice de torrencialidad  $C_t$ .** Es de 7,164 Km<sup>-2</sup>, lo que indica que la cuenca posee una torrencialidad ligera, es decir que es susceptible a problemáticas naturales como deslizamientos, remoción en masa, etc. (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

Al analizar los parámetros relativos a la red de drenaje, se puede determinar que continúa la tendencia de susceptibilidad de la microcuenca ante procesos erosivos de origen hídrico, los cuales se ven incrementados por la geología inestable de la zona, pendientes mayores al 31%, valles profundos en “V” además de una cobertura y uso actual del suelo con un predominio de pastos, lo que ayuda a generar compactación del suelo por las actividades ganaderas.

Figura 14. Mapa hidrológico de la microcuenca río Los Cedros.



Fuente: GEOSIG Ltda., 2006

Las condiciones propias de la zona favorecen el incremento de fenómenos como la remoción en masa, deslizamientos y lixiviación de nutrientes, donde se pueden alterar las propiedades agrícolas favorables del suelo, además, el arrastre de materiales puede causar daño en las infraestructuras de la comunidad y del acueducto en especial (tuberías, bocatoma, etc.), y se puede alterar la dinámica natural del cauce principal, afectando la fauna y la flora asociada al mismo por los cambios en las condiciones fisicoquímicas del agua, lo cual se puede generar suspensión en el servicio de agua potable, fenómenos que no solo afectan tanto a la población asentada en la zona sino también a los usuarios del acueducto.

**3.9.6 Zonificación ambiental.** La zonificación es la síntesis de la dinámica del territorio y se constituye como una herramienta de planificación ambiental que permite conocer las potencialidades y limitantes del territorio al igual que la oferta ambiental, siendo el principal elemento técnico del diagnóstico territorial, la cual se interpretó a través de los resultados obtenidos de la caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca (GEOSIG Ltda, 2006).

**Cuadro 6.** Zonificación ambiental

Zonificación	Código	Área (ha)	Porcentaje %
Zona forestal productora protectora	Fpp	228,82	9,82
Áreas de conservación y restauración ecológica	Cr	446,40	19,15
Áreas de producción agropecuaria	Pa	173,15	7,43
Zonas de reserva	Zr	1482,63	63,6
	Total	2331	100

**3.9.6.1 Zona forestal productora protectora (fpp).** Corresponde a aquella zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales para obtener productos forestales para la industria.

El uso principal es la conservación y establecimiento forestal. Los usos compatibles son la recreación contemplativa y educación ambiental; como usos restringidos ecoturismo, investigación controlada y vivienda. Como prohibidos serán la explotación agropecuaria y explotación de especies en vía de extinción.

**3.9.6.2 Áreas de conservación y restauración ecológica (cr).** Comprende los terrenos con erosión severa y muy severa que por su condición natural y su ubicación geográfica tienen un alto valor económico, social y ambiental, por la cual ameritan ser recuperadas, cuando están presentes en cualquier tipo de relieve y pendiente. Los tratamientos para estos terrenos pueden ser aislamiento, estimular la sucesión natural, coberturas de especies de pastos con árboles forrajeros y manejo de escorrentía.

Dentro de esta clasificación ambiental se tiene:

- ✓ Tierras erosionadas
- ✓ Nacimientos de quebradas y ríos, específicamente parte alta de la microcuenca
- ✓ Aislamiento a 30 m a lado y lado del drenaje principal y 15 m para los afluentes
- ✓ Bocatoma del acueducto de Los Cedros Tambo.
- ✓ Zona de protección finca el Trilladero, con un área de 65.5 ha, perteneciente al acueducto COOASCEDROST

**3.9.6.3 Áreas de producción agropecuaria (pa).** Corresponde a aquellas zonas que por la aptitud del suelo, pendientes del terreno (menores al 50%), los tipos de suelos y la capacidad agrologica de estos pueden ser aprovechados para la producción agrícola, pecuaria y forestal.

- ✓ Zonas misceláneas de papa
- ✓ Zonas misceláneas de café
- ✓ Zonas de pastos con nivel de manejo
- ✓ Zonas de pastos sin nivel de manejo
- ✓ Sin nivel de manejo enmalezado
- ✓ Zonas de rastrojo

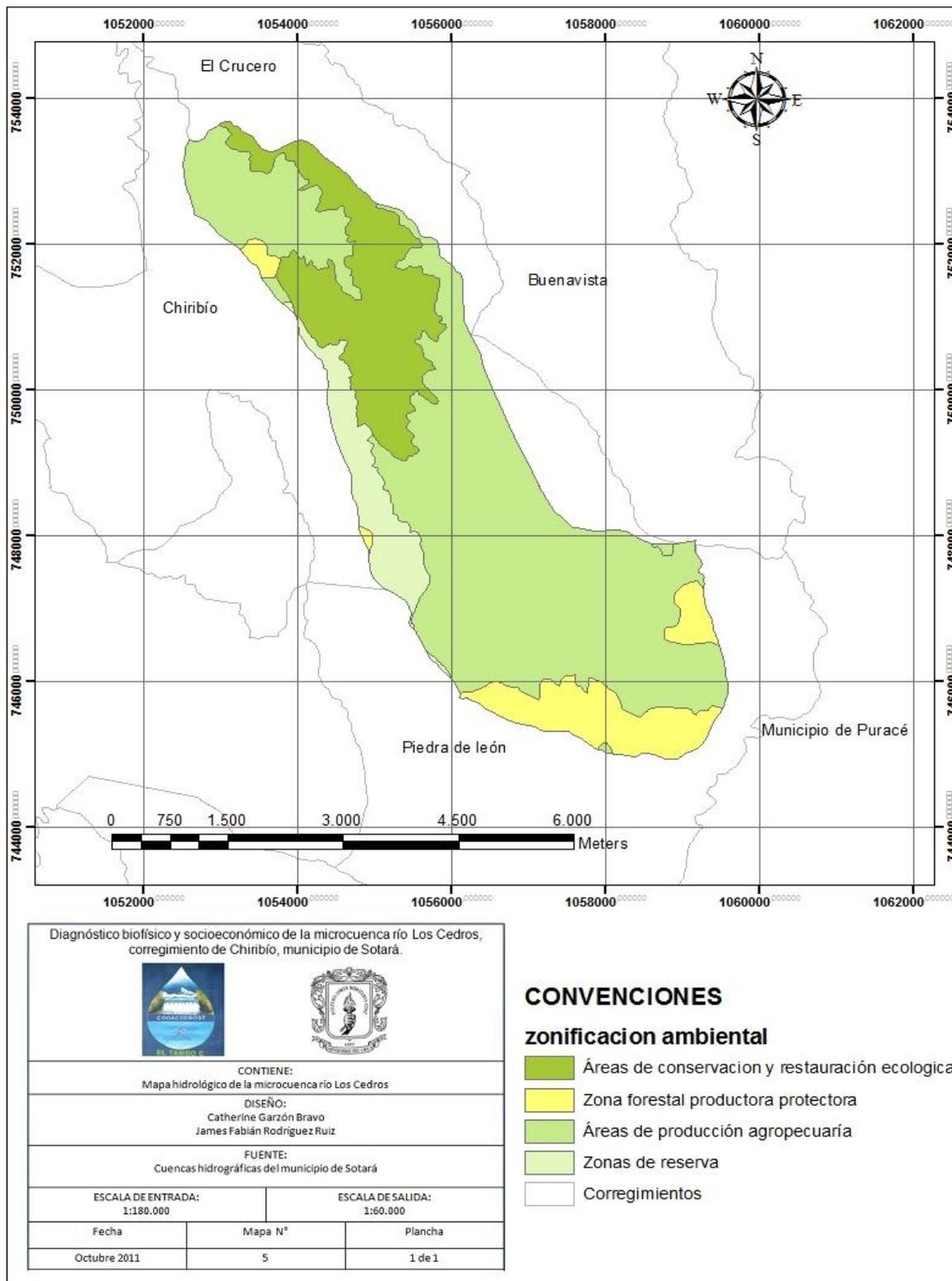
El uso principal de estas áreas es el agropecuario mecanizado en áreas con pendientes menores al 7% y no mecanizado en las zonas con pendientes mayores al 7%; como compatibles las áreas forestales protectoras y áreas forestales productivas-protectoras. Como usos restringidos el ecoturismo, la investigación controlada y la residencial campestre. Como uso prohibido la explotación de especies en vía de extinción.

**3.9.6.4 Zonas de reserva (zr).** Son aquellas zonas que por su localización estratégica, valor ecológico, condición biofísica y conservación de los recursos naturales, deben preservarse y reglamentarse como zonas de reserva. Entre estos se encuentran:

Corregimiento de Chiribío, vereda los Cedros, loma El Chantral, zona de transición (bosque andino a sub andino), con una altura mayor a 2400 m.s.n.m. y un área de aproximadamente 10 ha.

El uso principal es la protección y conservación integral de los recursos naturales; usos complementarios, la recreación contemplativa y la educación ambiental. Los usos restringidos son el ecoturismo, la explotación agropecuaria, la investigación controlada y la vivienda. Los usos prohibidos son la explotación de especies en vía de extinción y la minería (GEOSIG Ltda, 2006).

Figura 15. Mapa de Zonificación ambiental de la microcuenca río Los Cedros



Fuente: GEOSIG Ltda., 2006

### 3.10 CALIDAD DE L RECURSO HIDRICO

#### 3.10.1 Mediciones del caudal

**Cuadro 7.** Resumen de los aforos realizados.

Punto	Altura	Coordenadas planas		Caudal (m <sup>3</sup> /s)
		X	Y	
Los Cedros	2393	2.3510563	76.67922	0,435
Higuerón	2289	2.333667	76.579279	0,460
Bocatoma	2114	2.353250	76.590445	0,604

**Cuadro 8.** Aforos medios mensuales.

Punto	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Promedio (m <sup>3</sup> /s)
Los Cedros	0,550	0,491	0,288	0,411	0,435
Higuerón	0,617	0,500	0,299	0,425	0,460
Bocatoma	0,769	0,582	0,396	0,667	0,604
Promedio	0,645	0,524	0,328	0,521	0,500

El caudal promedio del río Los Cedros es de 0,500 m<sup>3</sup>/s.

#### 3.10.2 Calidad de agua

**Cuadro 9.** Datos fisicoquímicos in-situ en la bocatoma de la microcuenca río Los Cedros

Estación	pH Unidades	CE µS/cm	Dureza mg/LCaCO <sub>3</sub>	T <sub>Amb</sub> °C	T <sub>H<sub>2</sub>O</sub> °C	Apariencia del agua
Cedros Tambo	7,1	131	42	16,7	14,4	Clara, sin olor, formación de espuma y existencia de hojas en la bocatoma, libre de grasas y aceites. Población: Fincas Rurales (Agricultura y Ganadería)

CE = Conductividad Eléctrica

Fuente: estudio de río Hondo.

- ✓ **Calidad de las fuentes abastecedoras.** La Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), en el laboratorio ambiental realizó las pruebas de calidad de agua del río los Cedros en julio de 2006, en tres puntos:

A: 0.5 m encima de la bocatoma

B: En la bocatoma  
C: En el desarenado

**Cuadro 10.** Calidad de agua de la fuente abastecedora.

Parámetro	Unidad	Resultados			Limite admisible
		A	B	C	
Ph	Unidad	7.63	7.64	7.65	9
Color	UPC	5.7	5.5	5.7	15
Turbiedad	UNF	2.0	1.0	1.0	5
Dureza	mg CaCO <sub>3</sub> /l	35.8	35.6	39.0	160
Cloruros	mg/l	5.5	5.8	5.7	250
Nitritos	mg/l	0.03	0.02	0.03	0.1
Sulfatos	mg/l	<25	<25	<25	250
Hierro	mg/l	<0.02	<0.02	<0.02	0.3
Manganeso	mg/l	<0.05	<0.05	<0.05	0.1
Coliformes totales	NMP microorganismos /100 ml	>2492.2	>2492.2	>2492.2	0
Coliformes fecales	NMP microorganismos /100 ml	461.1	387.3	461.1	0

Fuente: Montañó y Ortega, 2008

Los parámetros fisicoquímicos descritos están dentro de los rangos para el desarrollo de la biota acuática. Los microbiológicos indican que el agua de la microcuenca no es apta para el consumo humano, ya que la presencia de Coliformes totales y fecales indica un grado de contaminación en el agua debido a la materia orgánica originada por la ganadería, actividad que cubre el mayor porcentaje de la zona. Por lo tanto se requiere tratamientos de potabilización para ser consumida.

### 3.11 CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA

La caracterización de la microcuenca, con ayuda del censo realizado, permitió identificar algunos elementos importantes dentro de la población, que incidan en la microcuenca y que puedan ayudar a plantear estrategias para un mejor manejo de la misma. La microcuenca está integrada por 5 veredas, Casas Nuevas, Los Cedros, el Higuerón, Chiribío y el Trilladero, cabe aclarar que en la vereda el Trilladero hay más habitantes de los que se exponen aquí y debido a la ausencia de las familias en la vivienda el día de la encuesta, no se pudo registrar el total exacto de la población.

### 3.11.1 Aspectos demográficos

- **Tamaño y distribución poblacional.** Teniendo en cuenta los datos obtenidos en la encuesta realizada en la microcuenca del río Los Cedros de Sotará, su población según edad y sexo por veredas es la siguiente:

**Cuadro 11.** Distribución poblacional por veredas.

NOMBRE	POBLACIÓN TOTAL	VERDEDA	POBLACIÓN	PORCENTAJE (%)
Microcuenca río Los Cedros	253 hab.	Casas Nuevas	33	13.04
		Los Cedros y Chiribío	148	58.5
		El Higuerón	56	22.14
		El Trilladero	16	6.32
Total			253	100

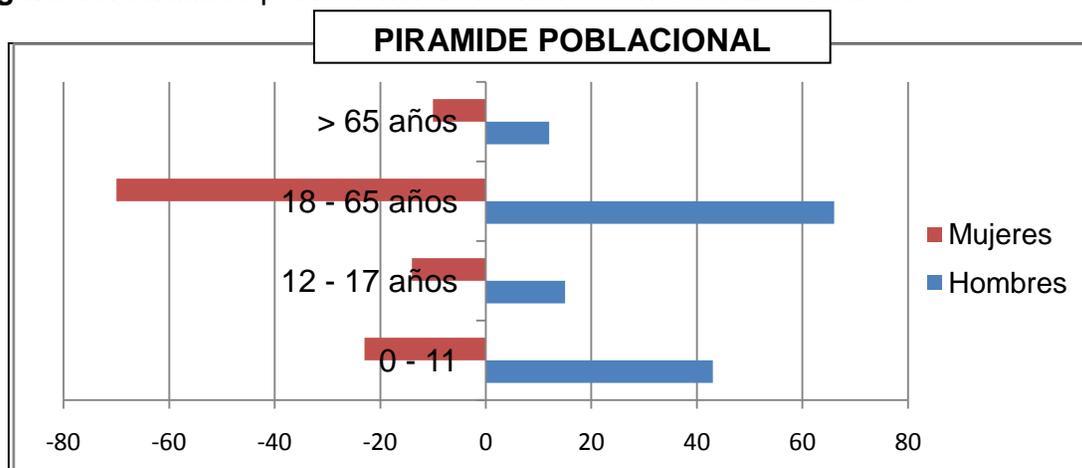
El cuadro muestra que la mayoría de la población de la cuenca se encuentra en las veredas Los Cedros y Chiribío.

**Cuadro 12.** Tamaño y distribución poblacional por edad y sexo de la Microcuenca Río Los Cedros.

Grupos de edad	Microcuenca Los Cedros		
	Hombres	Mujeres	Total
< 12 años	43	23	66
12 – 17 años	15	14	29
18 – 65 años	66	70	165
> 65 años	12	10	22
Total	136	117	<b>253</b>

Como se aprecia en las anteriores estadísticas la población con rangos entre los 18 y 65 años se encuentra gran parte de la población, además cabe citar que la mayoría de la población está compuesta por hombres tal como se puede estimar en las siguientes gráficas:

**Figura 16.** Pirámide poblacional de la microcuenca rio Los Cedros.



La microcuenca del rio Los Cedros cuenta con una población para el año 2011 de 253 habitantes los cuales se encuentran distribuidos en el 53.75% Hombres (136) y el 46.25% en Mujeres (117), 66 son menores de 12 años con un 26.09%, el 11.46% corresponde a la población de 12 a 17 años (29), el 65.22% (165) corresponde a la población de 18 a 65 años, 22 (8.69%) corresponde la población mayor a 65 años.

Se puede observar que en la mayoría de las personas están en el rango de edad de 17 a 65 años de edad y esta característica incide en las condiciones socioeconómicas de la microcuenca, ya que la mayoría de la población ingreso al mercado laboral y la demanda de empleo es también mayoritaria, por lo tanto, la creación de empleo es una prioridad en la microcuenca.

**Cuadro 13.** Densidad poblacional de la microcuenca Rio Los Cedros.

NOMBRE	ÁREA TOTAL (Ha)	Nº DE HABITANTES	DENSIDAD POBLACIONAL
Microcuenca Los Cedros	2331.0112	253	0.11 hab/ha

### 3.11.2. Aspectos Políticos.

**3.11.2.1 Presencia Institucional.** La presencia de instituciones públicas y privadas, son muy importantes para el desarrollo económico, social y educativo de la población. Las instituciones presentes en el área de la microcuenca son: el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), con capacitaciones y proyectos enfocados a los sistemas de producción de la microcuenca aportando a su

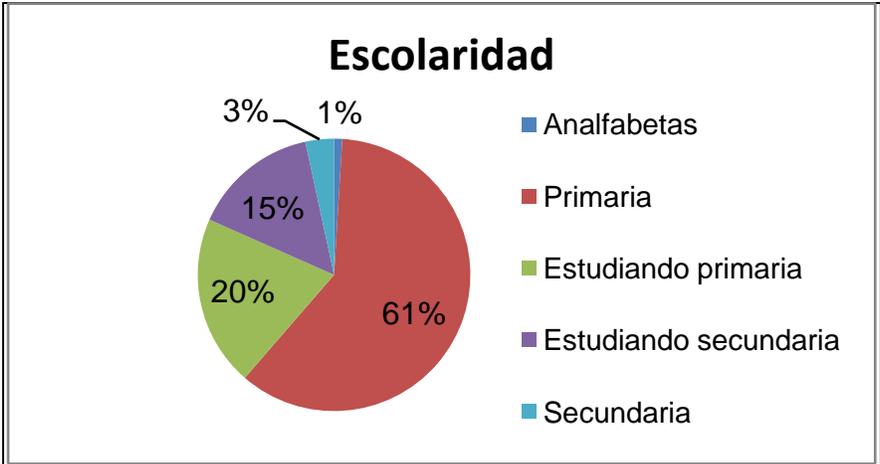
desarrollo, la entidad del estado y autoridad ambiental en el Cauca, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC), realiza presencia permanente con programas de capacitación y monitoreo con relación al cuidado del medio ambiente y la representación del gremio privado, por parte de la empresa SKCC, con la generación de empleo y acompañamiento en la gestión y formulación de proyectos con su fundación.

**3.11.2.2 Problemas de las Organizaciones Sociales.** Las Juntas de acción comunal (J.A.C), son organizaciones necesarias para la toma de decisiones dentro de la microcuenca y uno de los grande problemas que se presentan dentro de la microcuenca es entre la juntas de acción comunal de la vereda Los Cedro y Casas Nuevas, el cual está enfocado en el territorio de cada una de las veredas, lo que hace necesario una amplia claridad en el tema de la legalización del área de cada vereda.

**3.11.3 Aspectos sociales.** Con realización de la encuesta se dieron a conocer varias problemáticas relacionadas con los índices de Necesidades Básicas Insatisfecha (NBI), entre ellas se nombran: vivienda, educación y servicios públicos, detallados en las siguientes gráficas.

**3.11.3.1 Educación.** La educación en la microcuenca es brindada por varias instituciones del estado como, las escuelas ubicadas en Los cedros, el Higuerón y Chiribío. Aun cuando se prestan los servicios de educación de manera regular a la comunidad, los estudiantes tienen que realizar largos recorridos para llegar a los centros educativos, sin embargo la comunidad hace el gran esfuerzo de enviarlos puntualmente a sus horarios de clase.

**Figura 17.** Nivel de escolaridad de los habitantes de la cuenca.



Se puede apreciar que en este sector hay un bajo nivel de estudio, ya que 125 personas, es decir el 61% de los habitantes en edad de estudio de la cuenca, culminaron o cursaron parte de la primaria. En total en la población no se encontraron personas con ingreso a la educación superior.

**3.11.3.2 Población empleada y desempleada.** Para este análisis se tuvo en cuenta la población de la microcuenca, con la edad adecuada para entrar al mercado laboral.

**Cuadro 14.** Población ocupada y desempleada.

<b>Población (mercado laboral)</b>	<b>Número de habitantes</b>	<b>Porcentaje</b>
Población empleada	93	68%
Población desempleada	43	32%

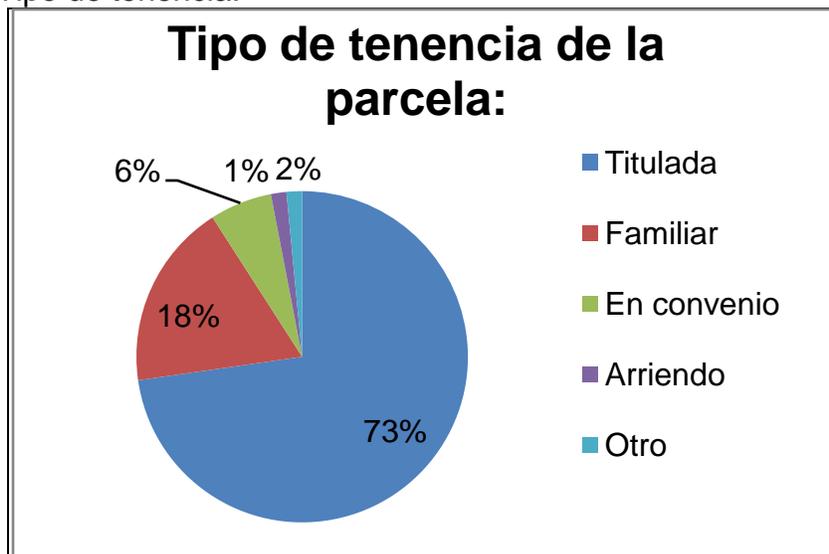
Se puede observar que la mayor parte de esta población está empleada, pero según la comunidad, no todos estos empleos son permanentes, pues muchos de los habitantes trabajan al jornal.

### **3.11.3.3 Vivienda.**

**Figura 18.** Tipología de la microcuenca río Los Cedros.

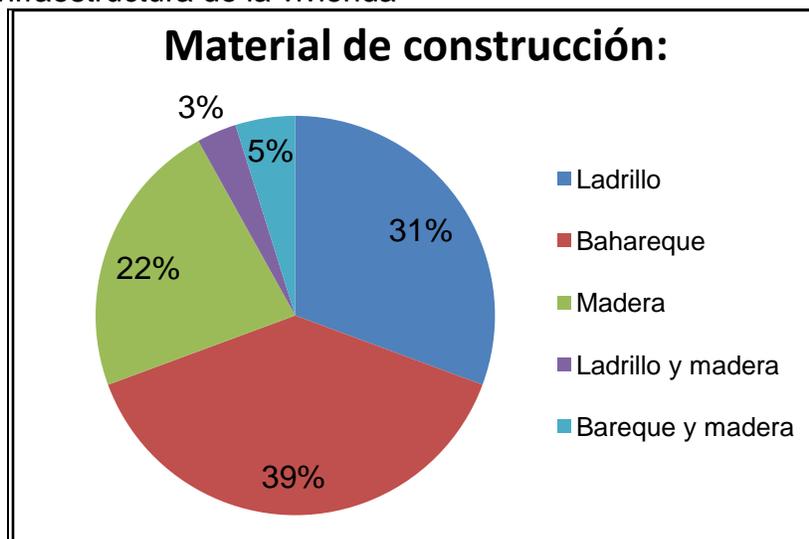


**Figura 19.** Tipo de tenencia.



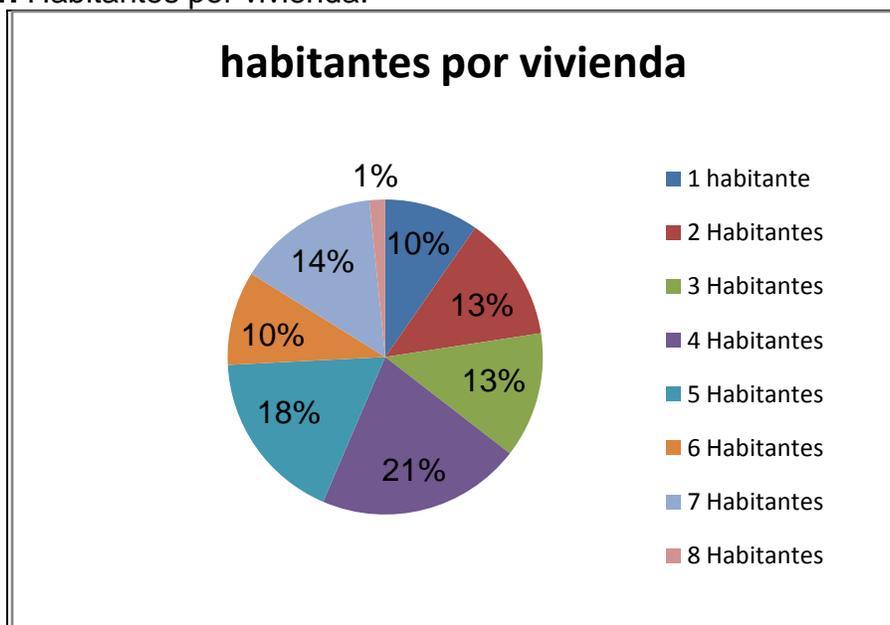
En la figura se evidencia que la mayoría de la población cuenta con una vivienda propia, lo que puede ayudar a que los planes de manejo ambiental que se realicen en la microcuenca tengan buenos resultados, por el sentido de pertenencia que los habitantes tienen sobre el medio en que viven.

**Figura 20.** Infraestructura de la vivienda



Las viviendas están construidas en bahareque, ladrillo y madera, en su mayoría de bareque, en promedio con 2 habitaciones por vivienda y presentan pisos primarios y en una minoría poseían pisos en madera o cemento.

**Figura 21.** Habitantes por vivienda.



Se encontró que dentro de la composición de las viviendas hay en promedio 4.2 habitantes, donde el mayor número de habitantes por vivienda en la microcuenca es de 8 y el menor de 1, cabe aclarar que en el 25% de las viviendas existe hacinamiento, ya que hay entre 6 y 8 personas y estas son residencias pequeñas de acuerdo a lo observado.

**3.11.3.4 Servicios públicos.** La microcuenca cuenta con servicios de acueducto y electricidad, sin embargo la mayoría de la población carece de ellos.

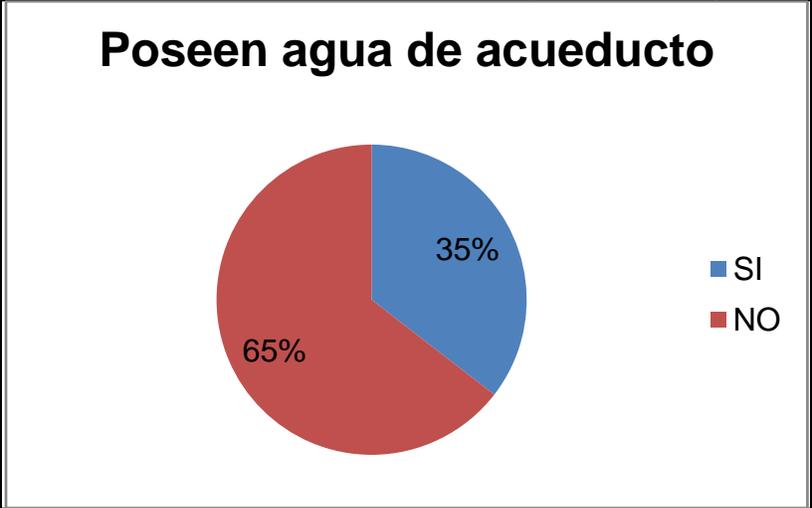
**3.11.3.5 Acueducto.** Algunos habitantes de la microcuenca disponen de sistemas de aprovisionamiento de agua (sin ningún tratamiento) interveredales los cuales se presentan a continuación:

**Cuadro 15.** Acueductos en la Microcuenca río Los Cedros y número de usuario.

NOMBRE DEL ACUEDUCTO	N° DE BENEFICIARIOS
Acueducto integrado Higueraón Guayabal	12 familias
Acueducto Auacechi Cedros - Chiribío	6 familias
Piedra de León	4 familias
<b>TOTAL</b>	<b>22 familias</b>

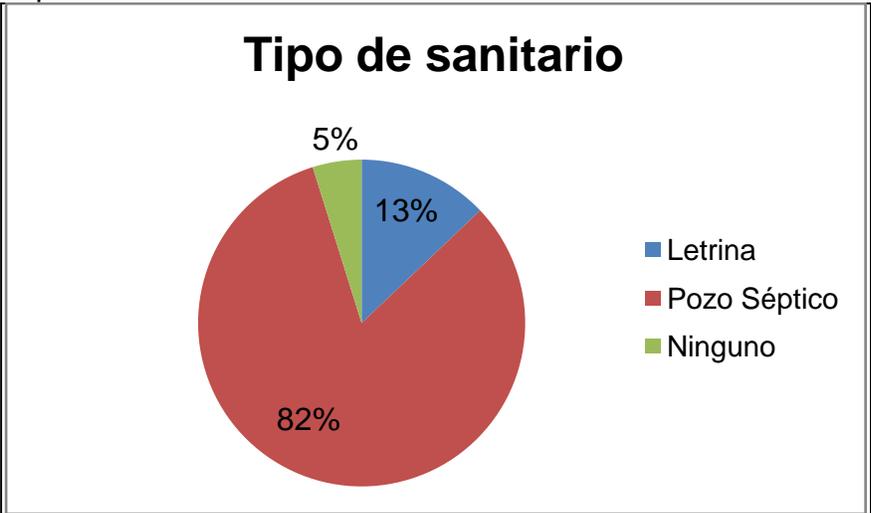
Teniendo en cuenta que en la microcuenca se registraron 62 familias, se puede observar que el 35% de la población cuenta con suministro de agua por sistema de aprovisionamiento de agua.

**Figura 22.** Tenencia de acueducto en la vivienda (sistema de aprovisionamiento).



La figura 24 muestra que el 65% de la población no cuenta con un servicio de acueducto o sistema de aprovisionamiento, esto quiere decir que los habitantes toman el agua de nacimientos que son afluentes de la microcuenca del río Los Cedros, la cual es llevada hacia sus viviendas por medio de mangueras domiciliarias.

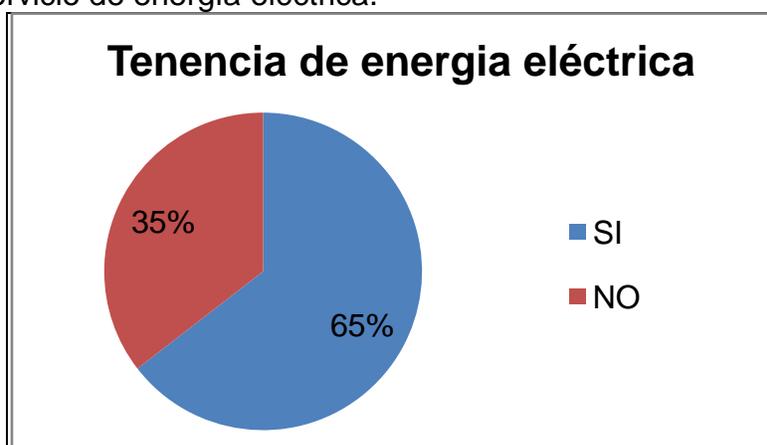
**Figura 23.** Tipo de batería sanitaria.



Como se puede apreciar, los sistemas sanitarios adjuntos a las viviendas como lo es el pozo séptico, podría garantizar el manejo y tratamiento de las aguas servidas. Sin embargo el uso de letrinas teniendo en cuenta los suelos y las cercanías a las fuentes de agua, pueden ser un factor de riesgo en salud. Adicionalmente hay familias que hacen sus necesidades a campo abierto incrementando el riesgo y la vulnerabilidad a enfermedades gastrointestinales.

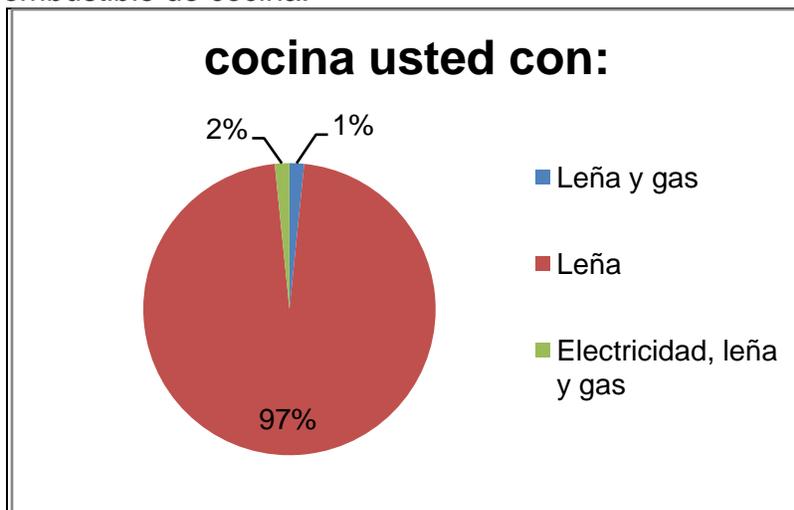
### 3.11.3.6 Energía eléctrica.

**Figura 24.** Servicio de energía eléctrica.



La figura indica que el 35% de la población no cuenta con servicio de energía eléctrica y este es un porcentaje elevado para la no prestación del servicio, ya que la calidad de vida de las personas se ve afectada. Esto incrementa el consumo de leña y por lo tanto disminuye la cobertura de bosque natural.

**Figura 25.** Combustible de cocina.



En términos generales se estableció que la población utiliza como combustible la leña para cocción de sus alimentos, ya que solo 1% usa leña y gas y el 2% usa electricidad, leña y gas.

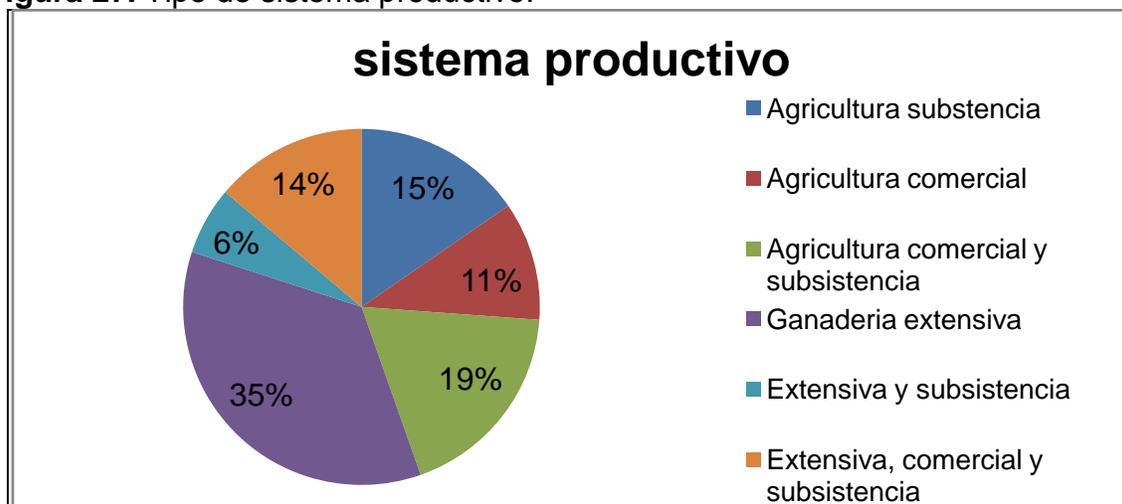
#### 3.11.4 Aspectos económicos

**Figura 26.** Cultivos transitorios.



✓ **Sistemas productivos.**

**Figura 27.** Tipo de sistema productivo.



El sistema productivo con mayor uso en la microcuenca es el de ganadería extensiva con un 35%. Estas cifras son lógicas si consideramos la importancia local de la leche, seguida de la agricultura comercial y de subsistencia (maíz, fresa, papa, hortalizas, trigo, frijol, mora, café, arracacha, cebolla).

Los cambios en los ecosistemas naturales por cultivos transitorios y/o pastizales, con el tiempo van transformando el entorno en que se desarrollan algunas actividades causando más daño que otras en el medio ambiente, al realizar el estudio es necesaria la advertencia de los riesgos que se presentan en la microcuenca por el mal uso de los sistemas de producción, además de la composición de los suelos y la topografía con fuertes pendientes de esta zona, que hace mayor la degradación.

**Cuadro 16.** Total de área de las fincas por vereda.

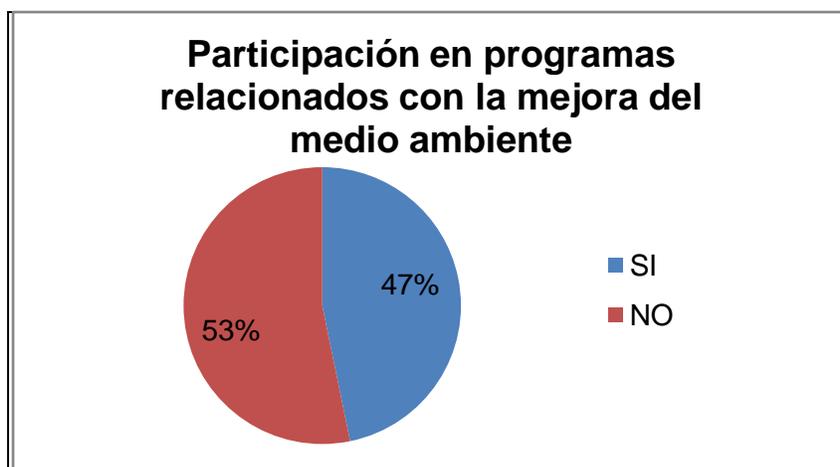
NOMBRE	AREA TOTAL (Hectáreas)	AREA TOTAL FINCAS (Hectáreas)	PORCENTAJE (%)
Casas Nuevas	581.41	53.00	9.12
Los Cedros y Chiribío	1307.99	274.39	20.98
El Higuerón	335.08	101.10	30.17
El Trilladero	106.53	14.00	13.14
<b>TOTAL</b>	<b>2331.01</b>	<b>442.49</b>	<b>100</b>

### 3.11.5 Evaluación Ambiental

**Figura 28.** Vista de la microcuenca desde la parte alta.

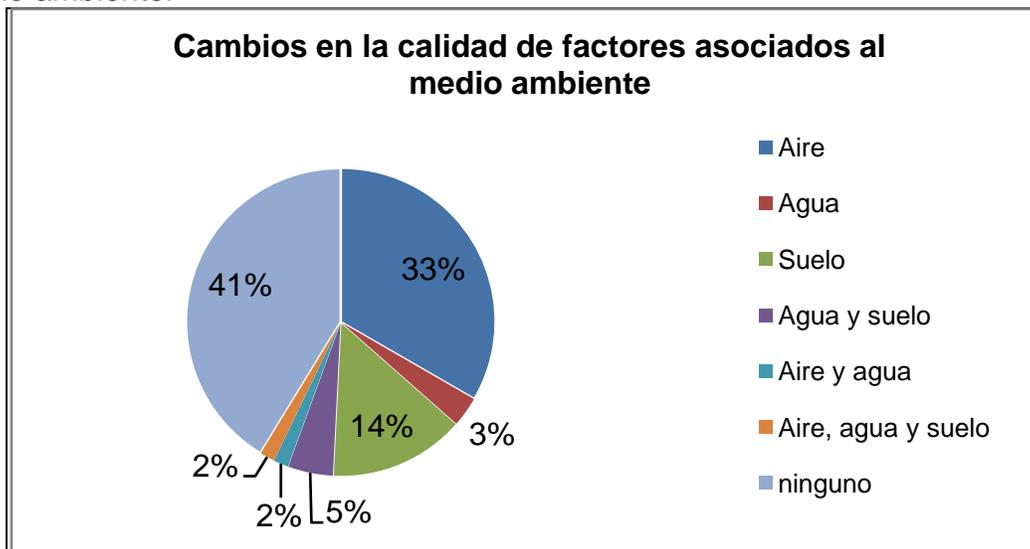


**Figura 29.** Participación en programas relacionados con la mejora del medio ambiente.



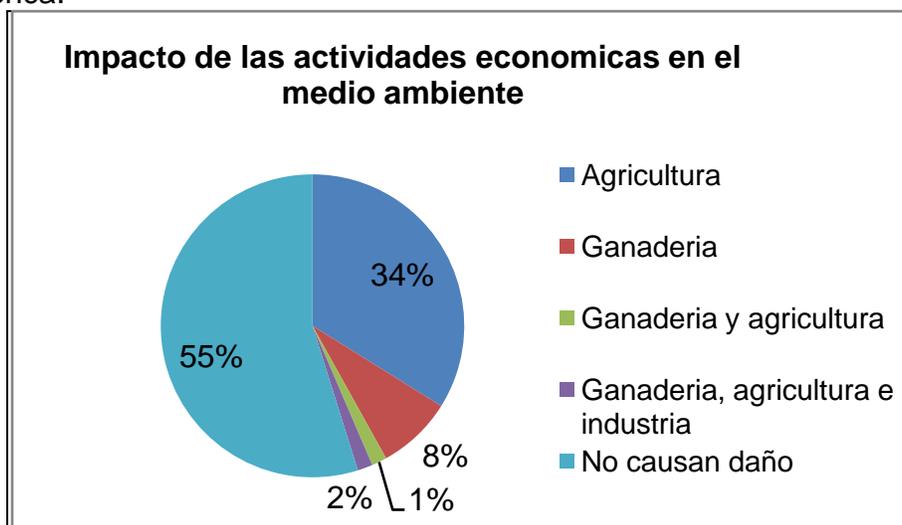
La figura 31 indica que menos del 50% de la población ha participado en programas de mejora para el medio ambiente como lo es el programa de familias guardabosques y las tradicionales de mingas donde se recolectaban basuras.

**Figura 30.** Apreciación de cambios en la calidad de factores asociados con el medio ambiente.



Se puede apreciar que el 59% de la población ha notado cambios en los últimos años en el medio ambiente, especialmente en la calidad del aire, donde expresaron que hace más calor que antes, seguido de cambios en el suelo, el cual según la comunidad está muy erosionado con presencia de cárcavas.

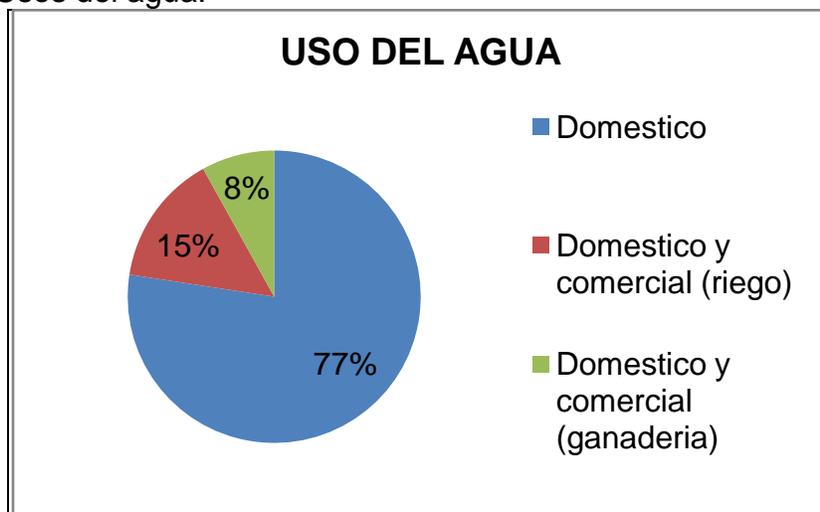
**Figura 31.** Percepción del deterioro ambiental por actividades económicas de la microcuenca.



Las personas que piensan que las actividades económicas causan efectos en el medio ambiente, dicen que es la agricultura la que más hace daño, por el uso de

químicos en los cultivos, afectando el agua y el suelo, sin embargo los resultados arrojados, son una demostración que los problemas ambientales no son percibidos por la población. Además, la educación ambiental que se puede esperar sobre estos temas es muy débil, debido a que los problemas de empleo, educación, salud y servicios públicos ocupan la atención y los recursos de los habitantes de la microcuenca.

**Figura 32.** Usos del agua.



Estos datos sobre los usos y distribución del agua entre los diferentes estados permiten identificar rápidamente los principales actores usuarios que ejercen presión sobre los recursos acuíferos de la región.

#### 4. CONCLUSIONES

La importancia del diagnóstico biofísico y socioeconómico de la microcuenca río Los Cedros, consistió en generar información inicial, la cual permitirá avanzar en las tomas de decisiones frente a procesos de manejo y ordenamiento, ya que el gobierno Colombiano solicita actualización de información e identificación de zonas de protección y manejo especial de las fuentes abastecedoras.

Según los resultados obtenidos en la evaluación de los parámetros morfométricos de la microcuenca, presenta forma alargada, oblonga u oval oblonga y con un relieve fuertemente accidentado, condiciones que influyen de manera directa en la eficiencia que puede presentar la red de drenaje al momento de evacuar las aguas lluvias de excesos, debido a que se limita en magnitud la formación de una crecida en el cauce principal y se disminuye el tiempo de concentración de los volúmenes de agua que llegan a ella. Lo anterior indica que al momento en que se presenta una lluvia en el área de la microcuenca habrá menor capacidad para colectar agua, disminuyendo el tiempo que tarda en viajar la crecida desde la parte más alta hasta la más baja, por lo cual, se incrementa la posibilidad de ocurrencia de desastres en la zona y un mayor grado de erosión bajo condiciones naturales.

La oferta hídrica que presenta la zona no solo favorece a la comunidad, sino a las especies de fauna y flora que allí se desarrollan, sin embargo actualmente está siendo afectada por las actividades económicas de la población, ya que al disminuir la cobertura boscosa de una zona productora de agua se altera la dinámica de esta, afectando su ciclo y disminuyendo no solo la oferta sino también la calidad.

La inestabilidad geológica que presenta la zona de estudio hace que sea susceptible a procesos degradatorios como erosión, deslizamientos y procesos de carcavamiento, problemática que se acentúa por la presencia de fallas geológicas, las cuales podrían afectar seriamente a la comunidad asentada, ya que habría presencia de remoción en masa, inundaciones y arrastre de material por la lluvia.

Los efectos del cambio de uso del suelo, principalmente por la deforestación a causa de la introducción de especies agrícolas ha ocasionado la pérdida de especies de fauna y flora.

El mayor valor agregado de la cuenca lo aporta la ganadería extensiva (cercano al 39%), lo cual confirma la importancia local de la leche. Esta cifra es muy

importante porque convierte al sector lechero en prioritario para el desarrollo de la microcuenca y el municipio de Sotar, sin dejar a un lado la agricultura que también juega un pale importante en la región, ya que los habitantes la usan para la comercialización y su subsistencia.

La falta de límites territoriales bien definidos en el interior de la microcuenca, dificultan la relación de las organizaciones veredales en el cumplimiento de sus propios objetivos, obstaculizando la coordinación para realizar una gestión ambiental por la microcuenca y el establecimiento de acciones conjuntas que benefician a la comunidad.

Los procesos erosivos de acuerdo con lo observado en campo se intensifican debido a las fuertes pendientes topográficas que provocan deslizamientos de masa, la poca cobertura vegetal en la mayoría del área de la cuenca que deja expuesto el suelo al impacto de las gotas de lluvia y al escurrimientos hídrico superficial además de las características de los suelos que en su mayor parte son derivados de cenizas volcánicas y las prácticas agrícolas inadecuadas y mal uso del suelo.

El uso de fertilizantes químicos en los cultivos de la zona son fuente de contaminación para los afluentes y por tanto al río, además de los pozos sépticos que se encuentran en la gran mayoría de las viviendas de la microcuenca, generando así posibles enfermedades, ya que el agua es tomada directamente de los afluentes.

El recurso natural mas apreciado por la comunidad es el agua, en términos de su calidad y cantidad, ya que la existencia de acueductos se reduce a sistemas de aprovisionamiento de agua sin ningún tratamiento.

La principal amenaza la microcuenca, es la expansión agrícola, pastoreo de ganado y la extracción de madera, que ha provocado fragmentación del bosque natural, llevando a la pérdida de la diversidad biológica y la erosión del suelo.

La principal cobertura de la microcuenca esta conformada por pastos, matorrales y rastrojos con un 78.49%, dedicados a la ganadería extensiva, lo cual indica un déficit en el porcentaje del área de las zonas de protección y conservación, según los datos obtenidos en la zonificación ambiental el cual debería tener un 82% en cobertura. Dadas las condiciones actuales la oferta hídrica podría verse afectada en su calidad y cantidad.

## 5. RECOMENDACIONES

Durante el trabajo de campo se observaron zonas degradadas a causa de la erosión a lo largo de toda el área de la microcuenca, debido a esto se recomienda enfocar esfuerzos participativos que conlleven a la recuperación de las zonas degradadas con acciones como: campañas de aislamiento y recuperación de las zonas de derrumbes.

Se recomienda capacitar a los productores de la microcuenca para aplicar prácticas agroforestales, y que estas técnicas son las más adecuadas para este tipo de suelo, debido a que en la caracterización socioeconómica se estableció que la mayoría de los agricultores utilizan para la ganadería tierras no aptas.

Se deberán realizar capacitaciones enfocadas al manejo y conservación de la microcuenca a todos los habitantes tanto jóvenes y adultos pero principalmente a los niños, realizando una tarea de concientización donde se haga entender la importancia del recurso agua para las comunidades y el papel que ellos juegan como elemento transformador del paisaje.

Realizar seguimiento y control de los recursos y ecosistemas naturales existentes en la microcuenca, con un manejo integral a las áreas degradadas con ayuda de la autoridad ambiental y así avanzar en las acciones de protección, encaminadas a la conservación, preservación y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.

Realizar una concertación entre las juntas de acción comunal de la vereda Los Cedros y Casas Nuevas, dando a conocer la división política del municipio de Sotará, ya que en la microcuenca existe un conflicto de territorio entre estas veredas, debido al desconocimiento del límite territorial de cada una.

Sistematizar la información de lo que se realice en la microcuenca con el fin de hacer más accesible la información a la sociedad civil y facilitar la realización de futuros estudios.

Complementar la información que se ha obtenido hasta el momento en la zona y realizar los estudios necesarios para concluir la fase de diagnóstico de la microcuenca y continuar con el proceso para la elaboración del plan de ordenamiento y manejo de la misma.

Debido al déficit de cobertura forestal, las características geomorfológicas de la zona y la alta pendiente, se debe incrementar la cobertura, para así minimizar la erosión de origen hídrico, la cual se incrementa debido al uso del suelo para ganadería extensiva, ya que la frecuencia de los aguaceros ejerce influencia en el fenómeno erosivo, teniendo repercusiones en el estado de humedad del suelo, además la presencia de una buena capa de vegetación sirve para proteger la superficie del suelo del impacto del agua, sea de la lluvia o de la escorrentía.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

BOTERO, P. Guía para el análisis fisiográfico Centro Interamericano de Fotointerpretación, CIAF, Abril de 1977.

COLOMBIA. Presidencia. Decreto Ley 2811 de 1974, Código de los Recursos Naturales y de protección al medio ambiente. Bogotá. Presidencia, 1974

COLOMBIA. Presidencia, decreto 1729 de 2002, Cuencas Hidrográficas. Bogotá. Ministerio de Medio Ambiente, 2002

COLOMBIA, Presidencia. Ley 373 de 1997, Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua. El congreso, 1997

CORPORACION AUTONOMA DEL TOLIMA, Propuesta metodológica para el ordenamiento territorial de áreas rurales, subdirección de ordenamiento territorial, 1998.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA CRC, Estudio general del uso de la tierra en la región Andina del departamento del Cauca, volumen 2, Medellín, Junio de 1994.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA, CRC, Fase de diagnostico de la subcuenca rio Hondo, Popayán, agosto 5 de 2010.

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA, CRC, Guía Para La Formulación De Los Planes De Ordenación Y Manejo De Cuencas Hidrográficas Del Departamento Del Cauca, Popayán, agosto 5 de 2003.

FAUSTINO J., JIMENEZ F., VELASQUEZ S., ALPIZAR F. y PRINS C. Gestión integral de cuencas hidrográficas. Turrialba, Costa Rica, 2006. 400 p.

GARZON J. Formulación del plan de ordenamiento y manejo de la microcuenca del río manco, localizada en el municipio de Pie de cuesta, departamento de

Santander, propuesta técnica y económica (versión para revisión y ajustes), Corporación macondo Bogotá D.C, septiembre de 2010.

GEOSIG Ltda., Esquema De Ordenamiento Territorial De Sotará EOT, 2006.

GONZALES, L. HIDROLOGIA; Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica. Popayán, Cauca. 2008.

INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI IGAC. Estudio general de suelos de la región Nor-oriental del departamento del Cauca, Bogotá D.C, 1982.

LONDOÑO, C. Cuencas hidrográficas: Bases conceptuales – caracterización, planificación-administración, Universidad del Tolima, Facultad de Ingeniería Forestal, Departamento de Ingeniería, Ibagué, 2001

MONTAÑO Á., ORTEGA E. Programa de uso eficiente y ahorro del agua de cooperativa del acueducto de los cedros Tambo, COOACEDROST, Popayán, Noviembre, 2008

PARIS G., MARÍN, P. Generalidades acerca del suelo de la geología del departamento del Cauca, Instituto Nacional de Investigación Geológico-Mineras INGEOMINAS, Bogotá D.C, 1979.

REYES A., BARROSO F., CARVAJAL Y. Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, Cali Valle del Cauca, diciembre de 2010, editorial Universidad del Valle editorial, ISBN 978-958-670-855-5.

ZAMORA Editores Ltda, Diccionario Ilustrado a Color. Impreso por Printer Colombiana S.A. 2009, Bogotá, Colombia calle 35 No. 19-21, primera edición 30.000 ejemplares, ISBN No. 978-958-677-390-4.

AGUIRRE F. Componente geológico y zonificación de Amenazas por Inundación y Deslizamientos. Subcuenca Rio Molino Pubus, 2002, Municipio de Popayán, Departamento del Cauca, [en línea] Pagina Web versión PDF [citado el 17 de enero de 2012]

<http://www.crc.gov.co/files/ConocimientoAmbiental/POMCH/Rio%20Molino-Pubus/Informe%20Final.pdf>

GRAJALES M., DE LA PIEDRA R., LÓPEZ J. RED DE REVISTAS CIENTIFICAS Y DE AMERICA Y EL CARIBE, ESPAÑA Y PORTUGAL, 2008 Diagnostico Biofísico y Socioeconómico de la parte media y alta de la subcuenca Cohatán, Chiapas [en línea] Pagina Web versión PDF [citado el 17 de octubre de 2010] <http://www.redalyc.uaemex.mx/pdf/837/83712103.pdf>

LLERENA C. Metodología para la realización de planes maestros de cuencas, marco conceptual, [en línea] Pagina Web versión PDF, Perú, 1996 (s.e), [citado el 22 de noviembre de 2010] disponible en internet [http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia\\_planes\\_maestros/metodologia\\_planes\\_maestros1.pdf](http://www.cepes.org.pe/pdf/OCR/Partidos/metodologia_planes_maestros/metodologia_planes_maestros1.pdf)

PIZZATI A. Guía metodológica para programas de monitoreo y evaluación en proyectos de microcuencas con fundación vida, [en línea] Pagina Web versión PDF Honduras, (s.e), 2002 [citado el 2 de noviembre de 2010] disponible en internet [http://www.zamorano.edu/.../getFicha.asp?...\(@buscable%20S\)%20and%20\(@encabezamiento%20VID](http://www.zamorano.edu/.../getFicha.asp?...(@buscable%20S)%20and%20(@encabezamiento%20VID)

## ANEXOS

**Anexo A.** Humedal



**Anexo B.** Planta de tratamiento del acueducto COOACEDROST



**Anexo C. Infraestructura, tuberías**



**Anexo D. Bocatoma COOACEDROST.**



## Anexo E. ENCUESTA SOBRE PARAMETROS SOCIOECONOMICOS DE LA MICROCUENCA LOS CEDROS

### DATOS PERSONALES DEL PRODUCTOR

Nombre del usuario:

\_\_\_\_\_

Edad \_\_\_ años Sexo: M \_\_\_ F \_\_\_

Cédula de ciudadanía No. \_\_\_\_\_ Expedida en: \_\_\_\_\_

Vereda \_\_\_\_\_ Nombre de la finca: \_\_\_\_\_

Área del predio: \_\_\_\_\_

### Aspectos Económicos

1. La parcela que explota es

- a. Propiedad titulada \_\_\_ b. Propiedad familiar \_\_\_ c. En convenio \_\_\_  
d. Propiedad colectiva \_\_\_ e. En arriendo \_\_\_ f. otros \_\_\_

2. Tipo de Sistema productivo:

Agricultura de subsistencia \_\_\_ comercial \_\_\_, agroforestería \_\_\_, ganadería extensiva \_\_\_  
intensiva \_\_\_, piscicultura \_\_\_, avicultura \_\_\_, porcicultura \_\_\_, apicultura \_\_\_, frutícola \_\_\_,  
minería \_\_\_, industria \_\_\_, turismo \_\_\_, otros \_\_\_.

Tipo de cultivos \_\_\_\_\_

Posee lotes adicionales SI \_\_\_ NO \_\_\_ Área \_\_\_ Has.

### 3. COMPOSICIÓN DE FAMILIAR

Menores de 12 años		12-17 años		17-65 años		Mayores de 65 años		Total
H	M	H	M	H	M	H	M	

### 4. PERSONAS QUE TRABAJAN EN SU FAMILIA

Menores de 12 años		12-17 años		17-65 años		Mayores de 65 años	
H	M	H	M	H	M	H	M

### Aspectos sociales

#### 5. ESCOLARIDAD DE LA FAMILIA

Miembros de la familia	Años de estudio aprobados
Padre	
Madre	
Hijo(a) 1	
Hijo(a) 2	
Hijo(a) 3	
Hijo(a) 4	

## Anexo E. (continuación)

6. ¿Cuál es su profesión?

Anexo N. (continuación)

a. Agricultor / Ganadero\_\_\_ b. Profesional universitario\_\_\_ c. Empleado\_\_\_ d. Jubilado\_\_\_  
e. Otro\_\_\_ ¿Cuál? \_\_\_\_\_

### 7. VIVIENDA

El productor vive en la finca? SI\_ NO\_

¿La vivienda es propia?Sí\_ No\_

La vivienda consta de:

Número de alcobas\_\_\_\_\_ Material de techo\_\_\_\_\_

Material de piso\_\_\_\_\_ Material Pared\_\_\_\_\_

### 8. SERVICIOS DE LA VIVIENDA

¿Tiene agua de acueducto? SI\_ NO\_ ¿CUAL?\_\_\_\_\_

Fuente\_\_\_\_\_

¿Tiene energía eléctrica? SI\_ NO\_

Tiene sanitario conectado a:

Alcantarillado\_\_\_\_\_ (Tramo)\_\_\_\_\_ Letrina\_\_\_\_\_ Pozo séptico \_\_\_\_\_

Ninguno\_\_\_\_\_

Cocina usted con: electricidad\_\_\_ gas\_\_\_ leña\_\_\_ otro\_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_

### 9. Evaluación ambiental:

¿Ha notado cambios (últimos dos años) en la calidad de alguno de estos factores asociados al medio ambiente?:

a. Aire\_\_\_ b. Agua\_\_\_ c. Suelo cultivado\_\_\_ d. Bosque\_\_\_ e. Otro\_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_

¿Ha participado (últimos dos años) en algún programa relacionado con la mejora del medio ambiente?

a. Si \_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_ b. No\_\_\_

10. Dentro de las actividades económicas de la zona, ¿cuál cree usted que genera mayores impactos ambientales y en qué medio?

Actividad:

a. Agricultura\_\_\_ b. Ganadería \_\_\_ c. industria\_\_\_ e. Otra\_\_\_

¿Cuál? \_\_\_\_\_

Medio: a. Aire\_\_\_ b. Agua\_\_\_ c. Suelo\_\_\_ d. Otro\_\_\_ ¿Cuál?\_\_\_\_\_

Tipo de Problema:

### 11. USOS DEL AGUA

Servicio residencial: \_\_\_ Uso doméstico: \_\_\_\_\_

Servicio comercial: \_\_\_ Clase de negocio: \_\_\_\_\_

Servicio industrial: \_\_\_ Clase de industria: \_\_\_\_\_

Servicio institucional: \_\_\_ Servicio comunitario: \_\_\_\_\_

### Anexo E. (continuación)

Otros usos

LAVADO DE CAFÉ	
BENEFICIADERO	
RIEGO CULTIVOS	
INVERNADERO	
ESTABLOS	
ESTANQUES	
PISCINAS	
LADRILLERAS	
GALPONES POLLOS	
MARRANERAS	
TANQUES ALMACENAMIENTO	

FIRMAS:

USUARIO: \_\_\_\_\_

ENCUESTADO: \_\_\_\_\_

ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_

COORDINADOR: \_\_\_\_\_

**Anexo F.** Formatos de aforo con molinete y flotador respectivamente.

#### MEDICION DEL CAUDAL - RIO LOS CEDROS

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Clima:

Sitio de medición:				
Punto	Distancia (m)	Profundidad (m)	Rev. Unidad	Tiempo (s)

MEDICION DEL CAUDAL - RIO LOS CEDROS

Fecha: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Clima:

Sitio de medición:			
Punto	Distancia (m)	Profundidades (m)	Tiempo (s)

**Anexo G.** Información general del acueducto los cedros tambo “COOACEDEOST”

La **COOPERATIVA LOS CEDROS TAMBO “COOACEDROST”**, es quien se encarga de suministrar captar, distribuir, mantener y administrar el agua que le llega a los usuarios de este acueducto.

El acueducto Los Cedros ocupa el 3° lugar entre el grupo de acueductos rurales más grandes del país, actualmente este acueducto presenta falencias en su fuente abastecedora; debilidades en su infraestructura; sistema operativo, administrativo y comercial.

Esta organización comunitaria constituida como cooperativa de asociados ha visto la necesidad de potenciar las organizaciones de base para la buena dirección de esta empresa prestadora de servicio de acueducto a nivel rural.

Esta organización cuya máxima autoridad es la asamblea de usuarios del acueducto, consta de un consejo administrativo conformado por 14 personas, de las cuales 5 son mujeres. Los cargos en el consejo directivo son: Presidente, vicepresidente, secretaria, 4 vocales principales y 7 vocales suplentes.

Esta cooperativa que se constituyó en 1.998 con 43 personas usuarias, tiene en la actualidad 53 socios, de los 1.417 usuarios que tiene el acueducto. La cuota de asociación establecida por los socios fue de \$10.000 y se acordó un aporte

mensual de 0,5% del salario mínimo legal vigente, lo que representa en la actualidad \$1.500 mensuales.

La organización también cuenta en su estructura con tres comités que tienen como objetivo contribuir al desarrollo de diferentes actividades, estos comités son: Comités de Educación y Solidaridad y la Junta de Vigilancia, conformados cada uno por tres usuarios; estos comités se encargan de promover y organizar acciones con respecto a la conservación de los recursos naturales y por el bienestar social; la junta de vigilancia por su parte se responsabiliza de supervisar el funcionamiento administrativo de la cooperativa.

Para facilitar su trabajo esta organización ha nombrado un gerente y una secretaria que se encargan de los aspectos administrativos, también han contratado los servicios de un contador que realiza mensualmente la contabilidad y de un operador de tiempo completo, que se encarga de los aspectos técnicos.

**Nombre del representante legal:** GUILLERMO MEJIA

**Dirección correspondencia:** Calle 2 # 3-35 Barrio Las Flores

**Número Telefónico:** (0928) 276377-3148127109

**Email:** cooacedrost@gmail.com

**Número de Resolución Concesión:** Resolución 004 del 30 de Abril de 2.007

**Número de usuarios:** 1.739 a agosto/08

**Tipo de sistema de Acueducto:** Sistema de gravedad

**Nombre de la Fuente:** Rio Los Cedros

**Cobertura del servicio:** 95%

**Capacidad máxima de la fuente (aforo):** 120 L/s

**Caudal de captación:** 3801.6 m<sup>3</sup>/día

**Tipo de captación:** De Fondo sumergida

**Dotación promedio de los usuarios:** 48.9 m<sup>3</sup>/usuario. Mes (Septiembre de 2008)(MONTAÑO Y ORTEGA, 2008),