

**DIAGNÓSTICO Y PROSPECTIVA PARA LA FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA SUBCUENCA TIMBÍO ALTO, MUNICIPIO DE TIMBÍO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**



VIVIANA BOLAÑOS NOGUERA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL - GIIA
POPAYÁN
2010**

**DIAGNÓSTICO Y PROSPECTIVA PARA LA FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS DE MANEJO PARA
PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN EN LA SUBCUENCA TIMBÍO ALTO, MUNICIPIO DE TIMBÍO
DEPARTAMENTO DEL CAUCA**

VIVIANA BOLAÑOS NOGUERA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de Ingeniera Ambiental

Director

CARLOS CÉSAR CABEZAS CÓRDOBA
Ingeniero químico M. Sc.

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL
GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA AMBIENTAL - GIIA
POPAYÁN
2010**

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del Presidente Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

A Dios

*Por estar conmigo en cada paso que doy,
por llenarme de fortaleza para siempre
seguir adelante, por la sabiduría y por
haber dispuesto para mi, personas que
han sido mi apoyo y compañía durante
todo el periodo de estudio.*

A mis padres

*Por estar en todo momento a mi lado y
por su inmenso cariño y colaboración.*

A mis hermanas y hermano

*Por su gran amor y la felicidad que me
trasmiten.*

A mis amigos

*Por estar siempre a mi lado y compartir
conmigo sus conocimientos y cariño.*

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad del Cauca, por brindarme las herramientas necesarias para el desarrollo de mi carrera académica.

A la facultad de ingeniería Civil y especialmente al programa de ingeniería Ambiental por el apoyo institucional durante la permanencia dentro del claustro.

A Carlos César Cabezas Córdoba Ingeniero químico M. Sc. por la colaboración, paciencia y dirección de este trabajo de grado.

Al ingeniero Alberto José Caldas Constaín por la información suministrada y que sirvió de base para el desarrollo de este documento.

A la empresa de acueducto y alcantarillado de Timbío EMTIMBIO E.S.P especialmente al señor Luder Collazos, coordinador ambiental y al señor Saulo Velazco, fontanero, por el acompañamiento en las visitas técnicas y por la información suministrada.

A la oficina de planeación de municipio de Sotará a cargo del ingeniero Edwin Daniel López, por la información proporcionada.

A la profesora Evila Carmenza Dorado y a su familia, por el cariño y apoyo durante mi preparación universitaria.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
OBJETIVOS	
METODOLOGÍA	
1 GENERALIDADES.....	16
1.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO	16
1.1.1 Localización municipio de Timbío	16
1.1.2 Dimensionamiento socioeconómico del municipio de Timbío	17
1.1.3 Localización municipio de Sotará	19
1.1.4 Dimensionamiento socioeconómico del municipio de Sotará.....	20
1.2 LOCALIZACIÓN SUBCUENCA TIMBÍO ALTO	24
2 DIAGNÓSTICO.....	26
2.1 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA ZONA	26
2.1.1 Temperatura	26
2.1.2 Clima.....	26
2.1.3 Geología	27
2.1.4 Suelo.....	27
2.1.5 Fauna.....	28
2.1.6 Flora	29
2.2 ESTADO ACTUAL DE LA SUBCUENCA TIMBÍO ALTO.....	29
2.2.1 Recurso agua	29
2.2.2 Recurso suelo	37
2.3 ESTRUCTURA DEL ACUEDUCTO.....	42
2.3.1 Prestación de servicios públicos	42
2.3.2 Componentes del sistema de acueducto.....	43
2.3.3 Sistema consumidor	46
2.3.4 Indicadores biológicos de calidad de agua.....	49
2.4 HIDROGRAFÍA.....	50

	Pág.
2.4.1	Balance hídrico del suelo51
2.5	PROBLEMÁTICA ENCONTRADA..... 57
2.5.1	Mal uso del agua57
2.5.2	Pérdida de la cobertura vegetal57
2.5.3	Amenazas por erosión.....58
2.5.4	Falta de un sistema meteorológico.....58
2.5.5	Falta determinación de calidad del agua58
2.5.6	Falta de seguimiento al caudal del río58
3	ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN 59
3.1	PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL AGUA 59
3.2	PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL SUELO..... 60
4	PLAN DE ACCIÓN 61
4.1	IDENTIFICACIÓN DE ACTORES INVOLUCRADOS 61
4.1.1	Clasificación de los actores61
4.1.2	Divulgación.....62
4.1.3	Participación de los actores63
4.2	PROGRAMA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA 63
4.2.1	Sendero ecológico sobre la margen del río Timbío.....64
4.2.2	Implementación de abrevaderos para el ganado64
4.2.3	Conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal.....65
4.3	PROGRAMA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL SUELO 71
4.3.1	Protección del suelo mediante el control del agua de escorrentías.....71
4.3.2	Implementación de técnicas agroforestales74
4.3.3	Implementación de sistemas de protección biológicos.....79
4.3.4	Colocación de nutrientes en el suelo80
4.4	ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA 82
4.5	AFOROS EN EL RÍO TIMBÍO..... 82
4.6	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES 82
4.7	PRESUPUESTO 82

	Pág.
5 CONCLUSIONES	85
6 RECOMENDACIONES	87

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Actividades económicas municipio de Timbío.....	19
Cuadro 2. Actividades económicas municipio de Sotará	22
Cuadro 3. Población por veredas comunidad sobre la subcuenca	23
Cuadro 4. Servicios públicos e infraestructura vial	24
Cuadro 5. Información general de la empresa prestadora del servicio	42
Cuadro 6. Aforo antes y después de la bocatoma	44
Cuadro 7. Volumen de agua producida.....	47
Cuadro 8. Nacimientos que tributan al río Timbío.....	51
Cuadro 9. Características morfológicas subcuenca Timbío Alto	51
Cuadro 10. Balance hídrico para la estación La Sierra método de Thornthwaite y Matter.....	52
Cuadro 11. Resultados totales del balance hídrico	56
Cuadro 12. Actores involucrados de manera directa en el proyecto	61
Cuadro 13. Actores involucrados de manera indirecta en el proyecto	62
Cuadro 14. Cronograma de objetivos y actividades.....	83
Cuadro 15. Presupuesto	84

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Localización municipio de Timbío	16
Figura 2. Población proyectada zona rural y cabecera municipio de Timbío	17
Figura 3. Localización municipio de Sotar y subcuenca Timbío Alto.....	20
Figura 4. Población proyectada zona rural y cabecera municipio de Sotar	20
Figura 5. Subcuenca Timbío Alto.....	25
Figura 6. Nacimiento sin flujo de agua (F ₁ , ver Anexo E)	30
Figura 7. Quebrada como abrevadero (F ₂ , ver Anexo E).....	31
Figura 8. Ronda hidráulica de una corriente (F ₃ , ver Anexo E)	32
Figura 9. Afloramiento de agua (F ₄ , ver Anexo E)	35
Figura 10. Camino marginal a orilla del río (F ₅ , ver Anexo E).....	36
Figura 11. Caseta con estación hidrométrica, sin funcionamiento (F ₆ , ver Anexo E)	36
Figura 12. Cultivo de café (F ₇ , ver Anexo E)	38
Figura 13. Zona deforestada y drenaje de agua superficial (F ₈ , ver Anexo E).....	38
Figura 14. Erosión por pata de vaca (F ₉ , ver Anexo E)	40
Figura 15. Deslizamiento (F ₁₀ , ver Anexo E)	41
Figura 16. Derrumbe (F ₁₁ , ver Anexo E)	41
Figura 17. Cultivo de plátano en peligro de deslizamiento (F ₁₂ , ver Anexo E).....	42
Figura 18. Captación (F ₁₃ , ver Anexo E).....	43
Figura 19. Desarenadores 1 y 2 (F ₁₄ , ver Anexo E)	45
Figura 20. Distribución de suscriptores.....	47
Figura 21. Climograma estación La Sierra	54
Figura 22. Régimen de humedad del suelo	55

	Pág.
Figura 23. Esquema de cercas vivas	67
Figura 24. Esquema de árboles en linderos	68
Figura 25. Esquema de cultivos en fajas	72
Figura 26. Esquema cuneta de coronación	73
Figura 27. Esquema árboles en terrazas	74
Figura 28. Esquema lote multipropósito.....	75
Figura 29. Esquema de tiras de vegetación en contorno.....	77
Figura 30. Esquema árboles en pasturas	78

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Población proyectada municipio de Timbío	92
Anexo B. Población proyectada municipio de Sotará	92
Anexo C. Registro de suscriptores.....	92
Anexo D. Volumen de agua facturada	92
Anexo E. Mapa vereda El Saldo – Las Estrellas	93
Anexo F. Presupuesto por actividades	94
Anexo G. Matriz recurso fauna Subcuenca Timbío Alto	102
Anexo H. Recurso flora Subcuenca Timbío Alto.....	103
Anexo I. Especies de árboles utilizados para reforestación	104

INTRODUCCIÓN

En la subcuenca Timbío Alto se distinguen diversidad de problemas que ocasionan el deterioro del recurso agua, del recurso suelo y un gran impacto ambiental sobre la población que habita las riberas de la subcuenca y población de la cabecera municipal de Timbío beneficiada con el agua captada del río Timbío. El alto grado de deterioro viene dado por la implementación de sistemas agrícolas y principalmente sistemas pecuarios mal tecnificados, lo que ha incentivado la deforestación como práctica primordial para la adecuación de terrenos destinados a dichas actividades. La deforestación se ha extendido hasta muy cerca de los nacimientos y quebradas que tributan sus aguas al río Timbío, generando en éstos la pérdida parcial o total del caudal en algunas corrientes. De igual manera la pérdida de la cobertura vegetal ha desestabilizado la estructura natural del suelo, generando diferentes tipos de erosión que atentan con la seguridad de los habitantes y contribuyen al deterioro de las fuentes de agua. Sumado a esto la falta de conciencia de los habitantes de la ribera, hace que éstos utilicen las corrientes de agua como abrevaderos para el ganado y depósito final de aguas servidas ocasionando contaminación y pérdida de las fuentes de agua. La comunidad beneficiada con el acueducto no dan un uso eficiente del agua lo que ha generado un aumento en la demanda de dicho recurso.

Este documento está estructurado de la siguiente manera: en primer lugar, se distinguen las generalidades en las que se describe la ubicación del proyecto, y dentro de ésta la localización de los municipios de Timbío y Sotará y el dimensionamiento socioeconómico de cada municipio, y la localización de la subcuenca Timbío Alto. En segundo lugar, se describe el diagnóstico en el que se menciona la caracterización biofísica de la subcuenca, temperatura, clima, geología, suelo, fauna y flora; el estado actual de la subcuenca en cuanto al recurso agua y recurso suelo; la estructura del acueducto, prestación del servicio, componentes del sistema, sistema consumidor y descripción de indicadores biológicos de calidad de agua encontrados aguas arriba de la bocatoma; se describe la hidrografía y dentro de ésta el balance hídrico; y se determina la problemática encontrada en la que se identifica el mal uso del agua, la pérdida de la cobertura vegetal, amenazas por erosión, falta de un sistema meteorológico y falta de determinación de la calidad de agua y aforos;. En tercer lugar, se plantean las alternativas de solución a los problemas relacionados con el agua y el suelo. En cuarto lugar, se realiza el plan de acción en donde se determinan los actores involucrados con el proyecto, se plantean un programa de protección y conservación del agua dentro de los que se considera la participación de los actores, diseño de un sendero ecológico sobre la margen izquierda del río Timbío, implementación de abrevaderos en las fincas ganaderas de la subcuenca y conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal; de igual manera se propone un programa de manejo y conservación del suelo, en el que se plantea la protección del suelo mediante el control de aguas de escorrentías, la implementación de técnicas agroforestales, implementación de sistemas de protección biológico y colocación de nutrientes; además se recomienda se hagan análisis de calidad de agua y aforos al río. Finalmente se define el cronograma de actividades y el presupuesto requerido para el desarrollo de las diferentes actividades.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Realizar y evaluar el diagnóstico y la prospectiva que permita definir acciones de protección y conservación de la subcuenca Timbío Alto en el Departamento del Cauca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recolectar y evaluar información que permita elaborar el diagnóstico ambiental y prospectiva de la subcuenca Timbío Alto, en los municipios de Timbío y Sotará, departamento del Cauca.
- Determinar los diferentes factores que contribuyen a la problemática generada por la explotación de los recursos naturales en la subcuenca y definir alternativas de solución.
- Diseñar un plan de acción de recuperación y conservación de la subcuenca Timbío Alto, para la protección de fuentes abastecedoras de agua en la subcuenca y en la cabecera municipal de Timbío.

METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos propuestos se realizó en primera instancia la revisión bibliográfica con la colaboración de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC, la empresa de acueducto de Timbío EMTIMBIO E.S.P, la alcaldía municipal de Timbío y la alcaldía municipal de Sotaró, para lo que se hizo necesario desplazarse hasta el casco urbano de Timbío y Sotaró y buscar la información existente de la subcuenca.

Luego, se realizaron visitas técnicas en las que se recorrió toda la subcuenca y la infraestructura del sistema de acueducto, se hicieron entrevistas a algunos pobladores especialmente al presidente de la junta de acción comunal de la vereda El Salado – Las Estrellas. Se recurrió a la empresa de acueducto de Timbío, EMTIMBIO E.S.P, para que facilitara la información sobre la prestación del servicio de acueducto en el casco urbano de Timbío. Se definió la problemática y se propusieron unas alternativas de solución.

Con base en la evaluación de la información recopilada se planteó un plan de acción en el que se propusieron diferentes actividades de protección y conservación en la subcuenca Timbío Alto. Se definió un cronograma y un presupuesto para el desarrollo de las actividades. Y por último, se preparó el documento apoyándose en referencias bibliográficas relacionadas con el tema.

1 GENERALIDADES

El trabajo de investigación se localiza en la subcuenca Timbío Alto la cual comprende las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas, en la jurisdicción del municipio de Sotará, zona sobre la cual se realizará el diagnóstico ambiental con el fin de determinar las condiciones biofísicas actuales.

La subcuenca está compuesta por nacimientos que tributan sus aguas al río El Salado que posteriormente toma el nombre de río Timbío donde se encuentra la bocatoma que surte de agua al acueducto de la cabecera municipal de Timbío, por medio de EMTIMBIO E.S.P la cual es una empresa comercial de servicios públicos del estado del orden municipal, encargada de prestar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo.

Se hace necesario determinar el grado de influencia que ejercen las prácticas socioeconómicas y demográficas de los usuarios del acueducto y los habitantes de la subcuenca sobre las fuentes de agua con miras a ejecutar un plan de manejo para su protección y conservación.

1.1 UBICACIÓN DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

El proyecto comprende el municipio Timbío, principalmente su cabecera municipal la cual se abastece con el agua proveniente del río Timbío y el municipio de Sotará poseedor de la subcuenca Timbío Alto.

1.1.1 Localización municipio de Timbío

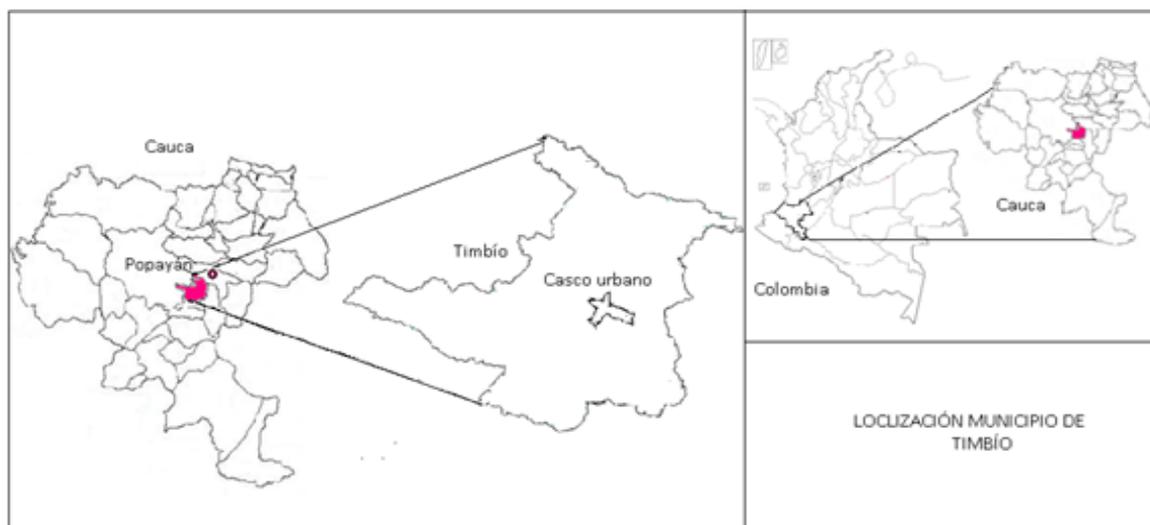


Figura 1. Localización municipio de Timbío

Fuente elaboración propia. Datos (EOT Timbío, 1999)

En la Figura 1 se puede visualizar la localización del municipio de Timbío, éste se encuentra situado en la región Andina, altiplano de la zona centro del departamento del Cauca, mejor conocido como

meseta de Popayán, en medio de las cordilleras central y occidental. La cabecera municipal se localiza a los 2°21'22" de latitud norte y 76°41'16" de longitud oeste a 13 kilómetros al sur de la ciudad de Popayán. Limita al Norte con el municipio de Popayán, al Sur con los municipios de Rosas y Sotaró al Oriente con el municipio de Sotaró y al Occidente con el Tambo.

La superficie del Municipio de Timbío comprende una extensión de 205 Km², distribuidas en alturas entre 1000 y 2000 metros sobre el nivel del mar. Región Subandina y piso térmico templado húmedo, con una temperatura que oscila entre 16 y 23 °C y una precipitación promedio anual de 2026.5 mm (EOT Timbío, 1999).

1.1.2 Dimensionamiento socioeconómico del municipio de Timbío

Dentro de un marco relacional la socioeconomía involucra el entorno biofísico, o sea, los recursos, materias y procesos naturales que posibilitan el sostenimiento vital y los productos iniciales destinados a los procesos de transformación, el sistema de producción y de consumo, que es lo que caracteriza a la sociedad y a las transacciones económicas y comerciales.

Las condiciones socioeconómicas tienen una influencia decisiva sobre las aguas, determinan la demanda de agua y la manera en que la actividad humana incide en los sistemas acuáticos. En este apartado se tratan los factores que ejercen presiones sobre los sistemas acuáticos y los usos del agua.

Demografía

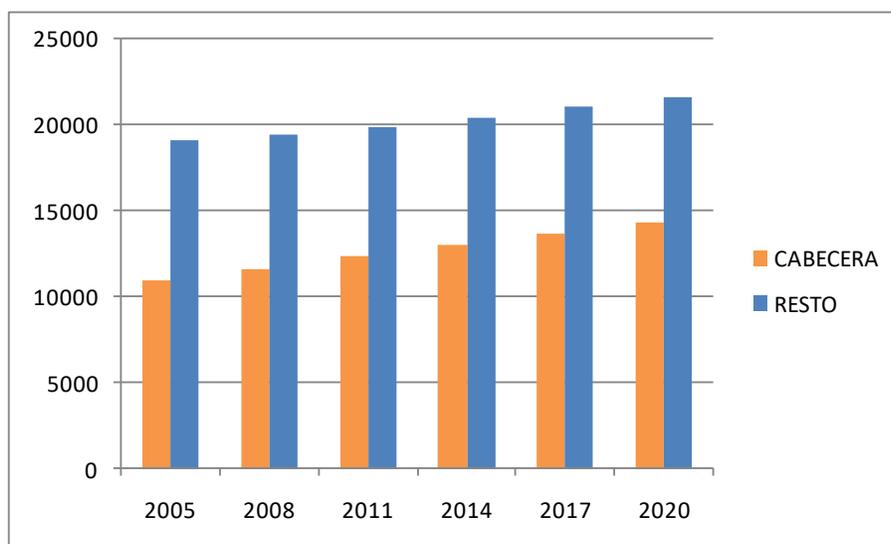


Figura 2. Población proyectada zona rural y cabecera municipio de Timbío

Fuente elaboración propia. Datos (DANE, 2005)

La Figura 2, teniendo como referencia los datos del Anexo A, presenta la población proyectada para el municipio de Timbío, se evidencia que tanto para la cabecera municipal como para la zona rural se proyecta un crecimiento constante entre los años 2005 - 2020, se puede apreciar que la mayor

concentración poblacional se halla en la zona rural, pero hay que tener en cuenta que la cabecera es la que se abastece con el agua proveniente de la subcuenca en estudio. Con el incremento de la población aumenta la demanda del recurso agua lo que implica que la capacidad de la fuente abastecedora debe ser suficiente para suplir las necesidades de la población que se halla en constante crecimiento.

El sistema de acueducto, fue construido hace 40 años, siendo rediseñado en el año 1996, por medio del Convenio ALA, recursos de la comunidad Europea; el diseño se proyecta para 20 años y una tasa de crecimiento de sus habitantes aproximadamente 11000 habitantes para el año 2016 (EMTIMBIO E.S.P, 2010).

La población proyectada para el año 2016 es 13496 habitantes para la cabecera municipal (DANE, 2005), mayor a la población considerada al momento del diseño del acueducto. Teniendo como referencia esto, se nota que se debe hacer un nuevo diseño que tenga en cuenta a dicha población por lo que se va a necesitar un mayor caudal en el río que supla esta necesidad, es aquí donde reviste importancia la protección de la subcuenca Timbío Alto, con el fin de que la alteración debida al aumento demográfico no la siga deteriorando.

Actividades económicas

La fuente económica del municipio de Timbío gira en torno a actividades del sector primario, la producción agrícola es la actividad con más influencia para la zona rural, pues de ésta emanan los productos para satisfacer las necesidades alimentarias de toda la población.

El sector pecuario, principalmente la ganadería se halla en el municipio con fines comerciales, producción de carne, leche y sus derivados, situación que ha hecho crecer la superficie dedicada a praderas con pastos naturales y mejorados.

Los cultivos forestales están compuestos en su totalidad por especies introducidas (Pino y Eucaliptus), que pertenecen en un 90% a la Empresa Smurfit Cartón de Colombia y el resto es propiedad de particulares en asociación con Cartón de Colombia mediante la figura denominada “cuentas en participación”. El aprovechamiento de estos cultivos está destinado en su totalidad a satisfacer la demanda de tipo industrial, básicamente en la de pulpa para papel.

Las microempresas de carácter familiar están representadas en la transformación de productos del sector primario, como el cuero, las artesanías y los hilo-sedas. La explotación de arcillas, material de arrastre y la extracción de materiales para la construcción representan una fuente de ingreso para las comunidades asentadas sobre las riberas de los ríos y para las comunidades cercanas a las canteras. Los ríos que se explotan por sus sedimentos son Timbío, Piedras, Robles y Hondo.

El comercio del área urbana se relaciona principalmente con las transacciones de los productos originados en la producción agropecuaria y se lleva a cabo en la galería de la cabecera municipal, en el matadero municipal y en la plaza de ferias. Por otra parte, la cercanía con la ciudad de Popayán,

permite que los habitantes de Timbío realicen actividades comerciales informales en esta ciudad para lograr aumentar sus ingresos. En el Cuadro 1 se pueden apreciar los diferentes productos que determinan cada actividad económica y su función en la satisfacción de las necesidades de la población (EOT Timbío, 1999)

Cuadro 1. Actividades económicas municipio de Timbío

ACTIVIDAD ECONÓMICA	PRODUCTO	FUNCIÓN
AGRICULTURA	Café	Satisfacer las necesidades de la población y en poca concentración ser comercializados
	Maíz	
	Plátano	
	Yuca	
	Caña panelera	
	Frijol	
	Espárragos	
	Cítricos	
	Tomate de árbol	
	Aguacate	
	Hortalizas	
	Cultivos de pancoger	
FORESTAL	Pino	Industria del papel, Empresa Smurfit Cartón de Colombia
	Eucaliptus	
PECUARIA	Ganadería	Producción de crías carne, leche y sus derivados para comercialización
MICROEMPRESAS FAMILIARES	Curtimbres	Comercialización
	Hilo-seda	
	Artesanías	
	Extracción de material de arrastre	
COMERCIO	Diversidad de productos	Transacción de diversos productos

Fuente elaboración propia. Datos (EOT Timbío, 1999)

1.1.3 Localización municipio de Sotará

Se encuentra localizado en la región este del departamento del Cauca, su cabecera, Paispamba, está situada a 2°19' de latitud norte y 76° de longitud oeste de Greenwich. El municipio dista 41 Km de Popayán. Tiene una extensión de 517.76 Km², una altura promedio sobre el nivel del mar de 1800 metros. La mayor parte del territorio es montañoso y su relieve corresponde a la cordillera central, cuenca del río Patía. Limita al oriente con el municipio de Puracé, al occidente con los municipios de

Timbío, Rosas y La Sierra, al norte con el municipio de Popayán como se puede apreciar en la Figura 3 y al sur con el municipio de La Vega. Su temperatura promedio es de 18.°C, precipitación de 2360mm/año (EOT Sotaró, 2001).

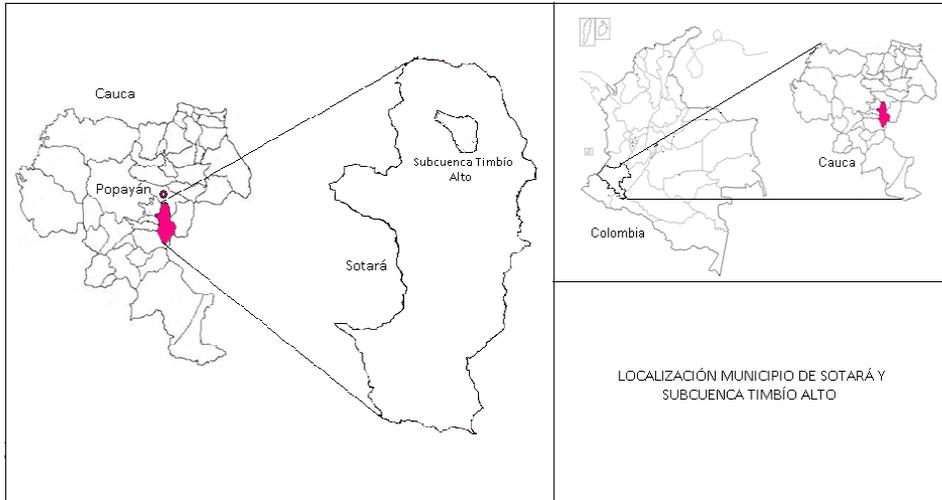


Figura 3. Localización municipio de Sotaró y subcuenca Timbío Alto

Fuente elaboración propia. Datos (EOT Sotaró, 2001)

1.1.4 Dimensionamiento socioeconómico del municipio de Sotaró

Demografía

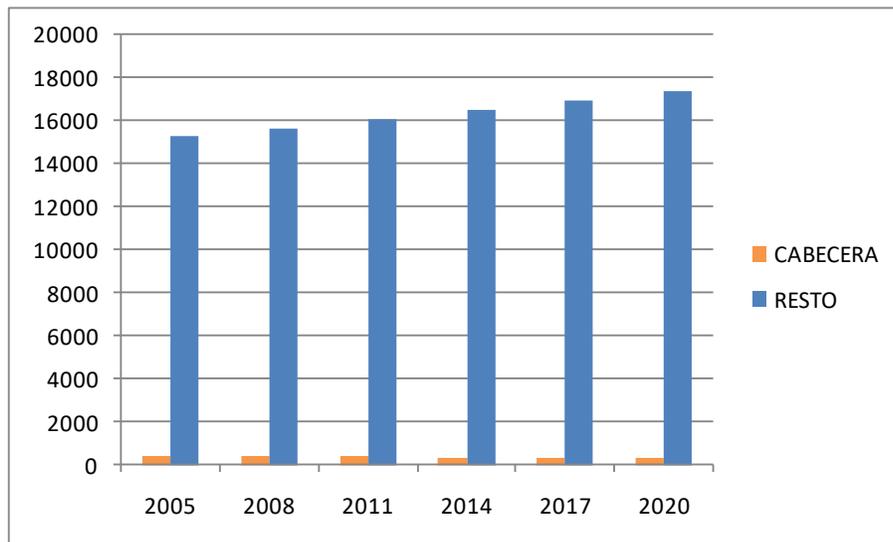


Figura 4. Población proyectada zona rural y cabecera municipio de Sotaró

Fuente elaboración propia. Datos (DANE, 2005)

Para el año 2005 el municipio de Sotaró presentó una elevada concentración poblacional en la zona rural y una bastante baja en la cabecera municipal, Paíspamba. La Figura 4, con base en los datos del

Anexo B, muestra la proyección de la población desde el año 2005 hasta el 2020, de acuerdo a ésta se espera un incremento poblacional en la zona rural y una disminución en la cabecera municipal.

El municipio de Sotará cuenta con gran cantidad de fuentes hídricas utilizadas en el abastecimiento humano y animal. Teniendo en cuenta que las fuentes de agua son el tema en estudio se puede inferir que la comunidad explota el recurso agua con mayor presión en las zonas rurales al notarse que es la zona con mayor índice en el aumento de la población.

Actividades económicas

La economía del municipio de Sotará está basada fundamentalmente en actividades agropecuarias, la explotación de madera, la extracción de materiales de arrastre y la producción forestal.

Los cultivos como café, papa, mora y fresa, se presentan con mayor predominancia, se desarrollan con prácticas de manejo tecnificadas y son destinados a la comercialización. Para el resto de cultivos se manejan prácticas deficientes y su comercialización se dificulta por las vías en mal estado que impiden el transporte.

El sector pecuario es muy importante en la economía del municipio, particularmente en lo que se refiere al ganado doble propósito (cría y leche); sin embargo, los niveles de producción no son los mejores debido a las limitantes económicas y de índole tecnológico que presenta esta actividad, como por ejemplo, desconocimiento de las dietas balanceadas para las reses (la alimentación se hace al libre pastoreo), no existe control sanitario. En baja proporción se presenta ganado porcino, caballar, mular, asnal y ovino, destinado al autoconsumo, comercialización y medio de transporte, etc.

Los cultivos forestales corresponden a las plantaciones de pino pátula y eucalipto por parte de la empresa Smurfit Cartón de Colombia, dedicados a la industrialización para la producción de papel y cartón.

La piscicultura se destina al autoconsumo y se manejan comercialmente cultivos de especies nativas como la trucha, sardinas y sabaletas. Esta actividad constituye para la comunidad una fuente alternativa de empleo y fortalecimiento de la dieta alimenticia.

En cuanto a las microempresas de carácter familiar, tienen gran influencia la extracción de materiales de río como grava, arena y balastro y la explotación de carbón de leña, actividades que se consideran importantes como alternativa de ingresos para la población. Los corregimientos que se dedican a esta actividad son principalmente Hatofrío, Mambiloma (Río Blanco), Sachacoco, El Crucero, Buenavista y Chiribío, los ríos que son objeto de esta explotación son el río Presidente, río Timbío, río El Salado, Los Robles y Los Ospios principalmente.

Los medios de transporte para la comercialización de productos no son adecuados y el servicio es muy deficiente; además, en la Cabecera no existe un centro de acopio ni un cuarto frío para la

conservación de las frutas y hortalizas. El comercio se realiza en el mercado de Popayán y Timbío. Hay ingreso de productos de la canasta familiar. En el Cuadro 2 se muestran los productos que predominan en las diferentes actividades económicas (EOT Sotaró, 2001).

Cuadro 2. Actividades económicas municipio de Sotaró

ACTIVIDAD ECONÓMICA	PRODUCTO	FUNCIÓN
AGRICULTURA	Café	Satisfacer las necesidades de la población y en poca concentración ser comercializados
	Maíz	
	Plátano	
	Caña panelera	
	Yuca	
	Arracacha	
	Papa	
	Frijol	
	Arveja	
	Fresas	
	Maracuyá	
	Lulo	
	Tomate de árbol	
	Cítricos	
	Hortalizas	
Cultivos de pancoger		
FORESTAL	Pino	Industria del papel, Empresa Smurfit Cartón de Colombia
	Eucaliptus	
PECUARIA	Ganadería	Producción de crías carne, leche y sus derivados para comercialización
	Ganado Porcino	Autoconsumo, comercialización, medio de transporte, producción lanar, comercialización
	Ovino	
	Caballar	
PISCICULTURA	Trucha	Autoconsumo y Comercialización
	sardinas	
	sabaletas	
MICROEMPRESA FAMILIAR	Extracción de material de arrastre	Comercialización
	Carbón de leña	
COMERCIO	Diversidad de productos	Transacción de diversos productos

Fuente elaboración propia. Datos (EOT Sotaró, 2001)

Características socioeconómicas de las comunidades sobre la subcuenca

La subcuenca Timbío alto comprende las veredas El Salado-Las Estrellas perteneciente al corregimiento Chiribio y Las Estrellas perteneciente al corregimiento Hatofrío, jurisdicción del municipio de Sotará. Con base a esto se determina las condiciones socioeconómicas generales para los dos corregimientos, teniendo en cuenta su demografía, su economía y sus características sociales.

Demografía

Cuadro 3. Población por veredas comunidad sobre la subcuenca

CORREGIMIENTO	VEREDA	NÚMERO DE VIVIENDAS	POBLACIÓN TOTAL
Hatofrío (Sotará)	Hatofrío	28	90
	Las Estrellas	16	85
	La Dorada	51	----
Chiribio (Sotará)	Chiribio	50	178
	El Salado-Las Estrellas	18	73
	Los Cedros	40	118
	La Catana	24	49

Fuente elaboración propia. Datos (EOT Sotará, 2001)

El censo por veredas realizado por el SISBEN para el año 2007, muestra una población de 82 habitantes para Las Estrellas y 85 para la El Salado–Las Estrellas. Si se comparan estos datos con los del Cuadro 3 se puede apreciar que la población para la primera vereda disminuyó en 3 habitantes y para la segunda se incremento en 12. Se puede apreciar que la población tiende a disminuir (SISBEN, 2007).

Actividades económicas

En el corregimiento Chiribio la principal actividad económica es la ganadería de doble propósito, cría y leche. Los productos agrícolas que se cultivan con mayor intensidad son maíz, papa, fríjol y fresa. Toda la producción es destinada al autoconsumo a diferencia de la fresa que se comercializa en Popayán. En cuanto a minería se da la extracción del material de arrastre (se resalta que en la vereda El Salado – Las Estrellas no se dedican a tal actividad). El comercio se realiza en Paíspamba y Popayán (EOT Sotará, 2001).

En el corregimiento Hatofrío la agricultura se presenta en pequeña escala con producción de maíz, papa, fríjol y algunos frutales. El sector pecuario es la principal actividad económica del corregimiento, su fuente de ingresos es el comercio de leche, pero no existen técnicas adecuadas para el buen desarrollo de la actividad ganadera. En cuanto a la actividad forestal ésta no representa ingresos a la comunidad, por el contrario la población expresa su inconformidad hacia ella porque ven en esta actividad un deterioro del suelo (esterilización) y las aguas en cuanto al nivel de los caudales. En cuanto a minería se presenta la extracción de

materiales como arena y balastro (al igual que en El Salado - Las Estrellas en Las Estrellas no se hace extracción de material de arrastre en los ríos). Existe el turismo con gran potencial por la belleza del paisaje. En cuanto a la comercialización el producto que se comercializa es la leche en Paíspamba y Timbío (EOT Sotaró, 2001).

Características sociales

La comunidad de las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas gira en torno a actores sociales tales como, Juntas de Acción Comunal, E.P.S, Bienestar Familiar, Parroquia Sotaró, Alcaldía Municipal de Sotaró, Puesto de Salud de Sotaró, Secretaria de Educación, Comité de Cafeteros, CRC, Alcaldía de Timbío, SENA y Centrales Eléctricas del Cauca. Estos actores son los que hacen presencia en la zona y con los que la comunidad tiene más acercamiento (Portilla, 2007). A continuación se presenta el sistema funcional, el cual relaciona los aspectos necesarios para que las diversas actividades se desarrollen adecuadamente en cualquier tipo de asentamiento nucleado (servicios públicos e infraestructura vial) (EOT Sotaró, 2001).

Cuadro 4. Servicios públicos e infraestructura vial

CORREGIMIENTO	VEREDA	ACUEDUCTO	ALCANTARILLADO	ENERGÍA	TELÉFONO	VÍAS
Hatofrío (Sotaró)	Hatofrío	Buena	No	Parcial	No	Vehicular
	Las Estrellas	No	No	Parcial	No	Vehicular
	La Dorada	Parcial	No	Parcial	No	Vehicular
Chiribio (Sotaró)	Chiribio	No	Pozos letrinas	Parcial	No	Peatonal
	El Salado-Las Estrellas	Buena	Pozos letrinas	No	No	Vehicular
	Los Cedros	No	Pozos letrinas	No	No	Vehicular
	La Catana	No	Pozos letrinas	No	No	Vehicular

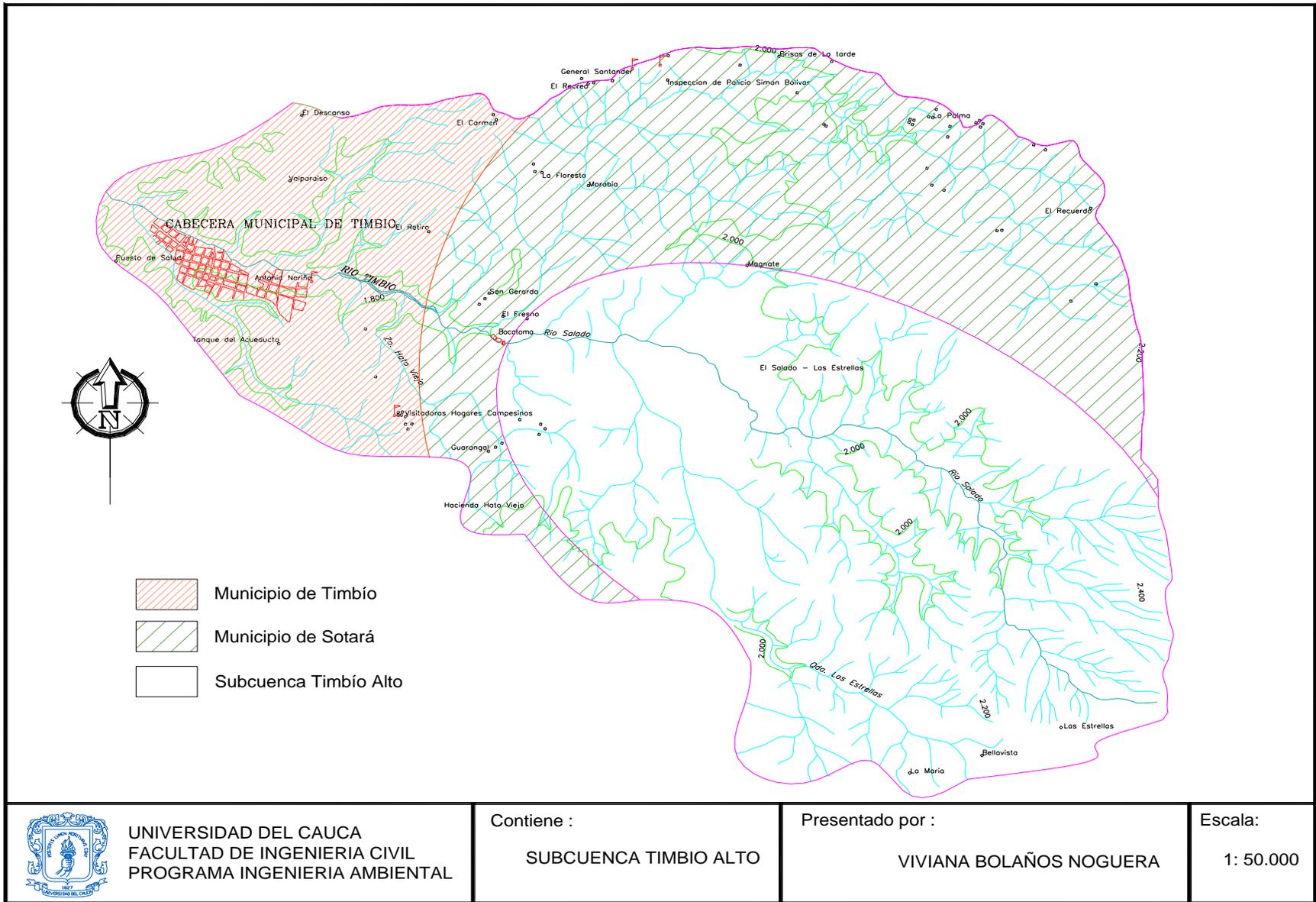
Fuente elaboración propia. Datos (EOT Sotaró, 2001)

En el Cuadro 4 se puede apreciar que las veredas de interés dentro del proyecto, El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas, no poseen los servicios básicos adecuados. El sistema de acueducto en algunos casos es bueno y en otros no se presentan lo que hace que no se garantice el suministro de agua apta para consumo a toda la población. De igual forma la disposición final que se hace de los residuos sólidos y líquidos no son adecuados.

1.2 LOCALIZACIÓN SUBCUENCA TIMBÍO ALTO

La subcuenca hidrográfica Timbío Alto comprende las veredas El Salado-Las Estrellas y Las estrellas, jurisdicción del municipio de Sotaró. Se encuentra en la zona norte de dicho municipio, nace a 2600m.s.n.m en el cerro las Estrellas y desemboca en el río El Salado que posteriormente toma el nombre de río Timbío el cual desemboca finalmente a la cuenca del río Patía. Predomina el clima frío húmedo y suelos de la asociación Salado, limita al norte con el corregimiento de Chiribio, al oriente con la vereda La Catana, al occidente con la vereda El Platanillal y al sur con la vereda Las Estrellas (EOT Timbío, 1999). Ver Figura 1Figura 5

Figura 5. Subcuenca Timbío Alto



2 DIAGNÓSTICO

Mediante el diagnóstico ambiental de la subcuenca Timbío Alto se pretende conocer las características del entorno geográfico, ambiental y social y determinar su condición actual y la problemática generada por la explotación de los recursos naturales, con el fin de proponer alternativas de solución y medidas de control y mitigación.

2.1 CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA DE LA ZONA

La caracterización biofísica comprende las condiciones físicas y biológicas de la subcuenca permitiendo determinar su potencialidad como fuente de explotación para el sostenimiento de sus habitantes y el nivel de degradación en el que se halla por esas actividades.

La zona consta de un ecosistema frágil y de gran importancia para los pobladores, al ser esta la principal fuente abastecedora de acueducto para el municipio de Timbío y una fuente importante de explotación para el sostenimiento de los habitantes asentados sobre la subcuenca (Portilla, 2007). Teniendo en cuenta al autor, se mencionan las características necesarias de la subcuenca para ver su potencialidad y vulnerabilidad ante las actividades desarrolladas por los asentamientos humanos sobre la zona y los que hacen uso de sus recursos.

2.1.1 Temperatura

La estación meteorológica más cercana al área de estudio es la de Paíspamba, en dicha estación se registró una temperatura media mensual multianual de 13.9 °C. El mes de mayo es el más cálido con 14.3 °C y el más frío noviembre con un promedio mensual 13.2 °C. Los valores máximos promedios absolutos del aire en el año corresponden a 18 °C mientras que los mínimos promedios absolutos también a nivel anual corresponden a 5.9 °C, ambos con variaciones a nivel mensual no mayores a 1.5 °C (EOT Timbío, 1999).

En la subcuenca Timbío Alto la temperatura ha aumentado considerablemente de 7 °C a la llegada de los primeros asentamientos humanos a 18 °C en la actualidad, colocando como único responsable el nivel de deforestación de la zona (Portilla, 2007). En la actualidad la temperatura registrada en la estación La Sierra es de un promedio de 17.98 °C cercana a la registrada por Portilla (2007), lo que significa que dicha estación arroja datos que pueden caracterizar la zona en estudio respecto a las características climatológicas.

2.1.2 Clima

La zona comprendida por la subcuenca corresponde a un clima frío húmedo principalmente en la región de montañas, colinas, pie de montaña y superficies aluviales. La precipitación es de 2177 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 2000 hasta 3500 m.s.n.m. Estas áreas están influidas principalmente por una fuerte acción de los vientos locales (EOT Sotar, 2001).

En la microcuenca se presentan dos periodos de intensificación de lluvia, comprendiendo los meses de marzo a mayo y de octubre a noviembre. Se menciona que en la actualidad los patrones de precipitación pluvial de la microcuenca se han alterado debido al alto nivel de deforestación por lo que se recomiendan planes de conservación y protección de zona boscosa (Portilla, 2007).

2.1.3 Geología

La zona de estudio se encuentra atravesada por las siguientes fallas geolgicas¹: Falla Las Estrellas, Falla El Crucero y Falla Popayán. La estratigrafía está compuesta por cenizas volcánicas que recubren rocas de origen de erupción volcánica tales como: ignimbritas meteorizadas, andesítica de color negro azabache a verde plumizado, esquistos en el que predominan la relación de minerales como el cuarzo y micáceas, carbonáceos (roca sedimentaria que se forman por acumulación de sedimentos que, sometidos a procesos físicos y químicos resultan en un material de cierta consistencia) y cuarcitas (roca metamrfica² no foliada), de color gris verdoso (EOT Sotar, 2001).

2.1.4 Suelo

De acuerdo al EOT Sotar (2001) la zona de estudio pertenece a suelos de monta de clima frío húmedo, específicamente suelos de la Asociación Salado.

Suelos de la Asociación Salado (SA)

Fisiográficamente pertenecen a las laderas de montas, de clima frío húmedo, situados entre 2000 y 3000m.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

¹ Si a una masa de roca se le somete a esfuerzos excesivos, se produce una fractura de colapso, con corrimiento de bloques, trituración de material y otros efectos menores. La fractura producida se denomina falla geológica (Iriondo, 2009).

² Las rocas metamórficas son las que se forman a partir de otras rocas mediante un proceso llamado metamorfismo. En el cual se transforma teniendo en cuenta temperaturas y presiones muy altas. Existen rocas sedimentarias de textura. Textura foliada: compuestas por estructura en láminas por agregación de cristales en capas y textura no foliada: compuestas por un solo mineral de grano fino (Iriondo, 2009).

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 destruida.

La subcuenca Timbío Alto presenta suelos de origen volcánico, constituidos generalmente por capas de cenizas provenientes de los volcanes Puracé y Sotará, la zona presenta suelos superficiales a moderadamente profundos, limitados por capa rocosa. Los horizontes superficiales están determinados por suelos franco arenoso (F-AR), y franco-arcillo-arenoso (F Arc Ar) su coloración varía en los primeros horizontes en donde se encuentran colores entre negro y café, sin embargo, en la parte más profunda se presenta una coloración amarilla. Los suelos de la microcuenca se encuentran carentes de cobertura vegetal, son de baja fertilidad, presentando limitaciones para el uso y manejo, como fuertes pendientes y alto grado de erosión por pie de vaca, limitando la actividad agropecuaria (Portilla, 2007).

2.1.5 Fauna

Según el EOT Timbío (1999), la mayor parte de la fauna corresponde a especies generalistas y/o comunes, es decir que no presentan restricciones de hábitat, lo cual significa que ha ocurrido pérdida o desplazamiento de especies con requerimientos estrechos o especializados de nichos, que son características generalmente muy comunes tanto de mamíferos de gran porte (Osos, Dantas, Venados, Pumas etc.), como de las grandes aves (Águilas, Pavas, entre otras).

Las especies grandes de aves y mamíferos, que antes existían en el municipio, hoy han desaparecido debido a la destrucción de la vegetación natural, hábitat particular de estos organismos. Por lo general, éstas son especies que desaparecen de las zonas alteradas o se van retirando hacia las partes menos afectadas, en un intento por encontrar de nuevo las condiciones que les garanticen sobrevivir en condiciones similares a las de sus requerimientos habitacionales específicos; mismas que no encuentran en los ecosistemas profundamente alterados del municipio de Timbío (EOT Timbío, 1999)

En los años transcurridos entre 1920 a 1960 existía mayor biodiversidad de especies animales que posteriormente desaparecieron paulatinamente cuando se empezó a ampliar la frontera agropecuaria, causando desaparición o desplazamiento de los animales y en algunos casos se destinaron a la comercialización (Portilla, 2007). En el Anexo G se indican diversas especies animales unas en concentración abundante y otras con escasez lo que hace pensar que como se afirmó anteriormente los niveles de crecimiento en el sector agrícola, pecuario, industria forestal, etc. ocasionan pérdida de la fauna.

2.1.6 Flora

La flora es el conjunto de especies vegetales que se pueden encontrar en una región geográfica, que son propias de un periodo geológico o que habitan en un ecosistema determinado y que por tanto se ven afectados con la implementación de cultivos, procesos de erosión, deforestación, cambios en el clima, etc. En el Anexo H se hace mención a las especies de árboles más comunes de la subcuenca Timbío Alto, se puede observar que algunas especies son protectoras de fuentes de agua y que se encuentran en una concentración baja, lo que infiere la necesidad de mantener la diversidad forestal de la zona que evite el agotamiento del recurso agua y que proporcione protección al suelo.

Al respecto Portilla (2007) afirma, la flora es un elemento fundamental dentro de un ecosistema, pues contribuyen a mantener el equilibrio natural. Hacia los años 1920 y 1930, existía mayor cobertura boscosa, árboles frondosos, de gran diámetro que en la actualidad no existen.

2.2 ESTADO ACTUAL DE LA SUBCUENCA TIMBÍO ALTO

La cuenca hidrográfica también llamada base de drenaje, es el área completamente drenada por un río o sistema de ríos o quebradas, conectadas de tal forma que todo escurrimiento originado en el área es descargado a través de una sola salida. Las corrientes de agua van desapareciendo de manera creciente en las cabeceras de las pequeñas vertientes que constituyen las grandes cuencas; debido principalmente a la ignorancia de los moradores, quienes deforestan la mayoría de los bosques de las laderas, las cuales son indispensables para conservar las aguas en todo su cauce (Prieto, 2002)

Para analizar el estado de la subcuenca se debió hacer salidas de campo, en las que se contó con el acompañamiento de una contratista de la CRC y el fontanero de EMTIMBIO E.S.P; durante el recorrido se tuvo en cuenta la información de algunos pobladores de la zona y del presidente de junta de acción comunal de la vereda El Salado-Las Estrellas.

La visita se orientó a recorrer la mayor parte de la subcuenca partiendo desde dos puntos, el primero, el ingreso por la vereda Hatofrío en un recorrido de sur a norte hasta descender hacia el oeste a la bocatoma, y el segundo ingresando por la vereda Chiribio recorriendo de norte a sur, para luego culminar igualmente en la bocatoma. El recorrido sobre la margen del río se realizó hasta la bocatoma pues es de gran relevancia dentro de este estudio la situación actual de las fuentes de agua antes de ser captada para el abastecimiento de la cabecera municipal de Timbío.

Durante el recorrido se tuvo en cuenta como elementos de interés, el agua, el suelo, la vegetación, los habitantes de la subcuenca y los beneficiados con el agua captada del río. A continuación se hace referencia a cada uno de esos elementos determinando su condición actual y su importancia.

2.2.1 Recurso agua

El agua ha sido a lo largo de toda la historia de la humanidad el elemento que ha condicionado el desarrollo de las comunidades. No es difícil ver que los más importantes asentamientos humanos de

la antigüedad florecieron alrededor de alguna corriente o depósito hídrico, y tampoco ver que éstos siempre estuvieron asociados con el desarrollo de dichas sociedades. En los tiempos modernos, no deja de ser significativo el hecho de que el desarrollo de las naciones y, en particular, el crecimiento de las ciudades, en gran medida depende no solamente de su acceso al recurso hídrico, sino de la disponibilidad del mismo. El agua es el recurso natural que reviste importancia durante la investigación, y alrededor de ella los factores que pueden alterar su cantidad y calidad.

Factores que afectan la cantidad del agua

La cantidad de agua en un escurrimiento superficial se puede ver alterada por patrones de deforestación, sistemas agrícolas y pecuarios mal planificados.

La comunidad afirma según Portilla (2007) “para el año 1920 el recurso hídrico era abundante, las corrientes de agua alrededor de la subcuenca eran muy caudalosas, en tiempo de invierno crecía y era imposible pasar, existían pocas viviendas y abundantes árboles y animales silvestres”.

Corroborando lo mencionado por Portilla (2007), al momento de las visitas sobre la subcuenca en temporadas de poca lluvia, se noto que efectivamente se presenta disminución en el caudal de los nacimientos y el río, como se puede apreciar en la Figura 6. Tal disminución puede hacerse más notoria en temporadas de intensos veranos al no contar con cobertura vegetal protectora ante la intensidad de los rayos solares, ya que la mayoría de las quebradas y nacimientos no poseen una abundante capa vegetal.



Figura 6. Nacimiento sin flujo de agua (F₁, ver Anexo E)

La disminución o pérdida de flujo de agua en la parte alta de la subcuenca evidencia problemas de sequía a lo largo de todo el cauce de los nacimientos hasta afectar el río. La sequía se debe

principalmente a la disminución de la capacidad de almacenamiento, de infiltración y de percolación y a la evaporación. Todo esto debido a la eliminación de la cubierta vegetal por desmonte, el exceso de pastoreo, a las quemadas, a la compresión o compactación de suelo por pisoteo, al cambio en el tipo de cubierta de bosques y a que la vegetación no ocupa completamente el suelo con sus raíces (Prieto, 2002). Las causas de la sequía que se presentan actualmente en las fuentes de agua de la subcuenca, se relacionan con las mostradas por el autor, ya que de igual manera, existen problemas relacionados con el sobrepastoreo pues tal actividad ha dejado varias zonas sin cobertura vegetal, a los procesos de desmonte para la siembra de cultivos de forma no tecnificada y por tanto el despojo de la capa arbórea en su totalidad y tal vez, lo más importante es el cambio al que ha sido sometida la zona boscosa, pues ha pasado de estar totalmente cubierta por árboles a estar en su gran mayoría cubierta por pastos. Los procesos de deforestación han llevado a cambios en las precipitaciones, la temperatura y otras características climatológicas, según lo mencionado por algunos pobladores, los cambios se han agudizado cada día pues se nota que las estaciones de invierno y verano ya no se dan en las mismas épocas del año. Si se relaciona esto con la disminución o pérdida del caudal en las fuentes de agua se puede anotar que gracias a la disminución en las precipitaciones los nacimientos tienden a perder su contenido de agua y se presenta sequía en algunos casos.

Gran parte de las corrientes de agua sirven como abrevadero para el ganado, en varias de las fuentes de agua no existe cercos que impidan el ingreso de éste hasta la fuente, como se puede observar en la Figura 7, en los casos en los que hay se encuentran en mal estado, no hay conductos que transporten agua hacia puntos de abastecimiento para los animales, lo que hace que se presente tala y erosión sobre la margen de las corrientes.



Figura 7. Quebrada como abrevadero (F₂, ver Anexo E)

La ganadería también afecta la recarga de los acuíferos en tanto que influye en los procesos de compactación del suelo, reducción de la infiltración, degradación de los márgenes de los cursos de

agua, desecamiento de llanuras inundadas y disminución de los niveles freáticos. La ganadería, al incrementar la deforestación, incrementa también las escorrentías y reduce los cursos de agua durante la estación seca (Steinfeld & Otros, 2009).

En gran parte de las corrientes de agua no existe ronda hidráulica recomendada por la norma a lo largo de los nacimientos, quebradas y parte del río Timbío. Según el decreto 1449³ de 1977, debe haber una faja arbórea no inferior a 30 metros de ancho, paralela a las líneas de corrientes máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos o depósitos de agua (CRC, PDA, 2009). La faja oscila entre 1, 17 y 26 metros, menor a lo establecido en la norma. Aguas arriba de cada nacimiento hay superficie con una densa capa de árboles, a medida que se desciende la capa arbórea va disminuyendo, lo que ha ocasionado en gran parte la disminución del flujo de agua. Al respecto Prieto (2002) menciona, la protección del agua empieza en las cabeceras de las montañas, donde los paramos y nevados son áreas generadoras de agua, y en las cuencas de las altas montañas que originan los caudales de agua. Ahí es necesario cuidar musgos, vegetación herbácea, arbustiva y arbórea especialmente, y usar las tierras teniendo en cuenta la defensa de las cuencas. En la Figura 8, se logra apreciar que la ronda hidráulica no supera el metro incumpliendo con la norma, también se puede observar que los árboles son talados dejando descubierta la margen del riachuelo.



Figura 8. Ronda hidráulica de una corriente (F₃, ver Anexo E)

Se considera que en la subcuenca se presentan niveles de degradación altos, ya que las prácticas pecuarias y agrícolas que se desarrollan alrededor de ella han afectado de forma directa la cantidad

³ El decreto 1449 de 1997 es recomendado dentro del Plan Departamental de Agua para el departamento del Cauca formulado por la CRC, a pesar de estar derogado.

de agua que corre por los nacimientos y quebradas pues el desmonte muy cerca de los cauces evita que halla una reserva forestal protectora de las diferentes fuentes de agua, viéndose afectados los ecosistemas acuáticos y los ecosistemas terrestres pues sin agua es difícil que se presente vida. Al respecto Gómez (2008) afirma, los niveles de degradación más altos son los que afectan el funcionamiento del río y, a través de éste, a su estructura. En este caso se trata de una degradación menos visible (ejemplo regulación de los caudales, sellado de los suelos de la ribera, etc.), pero mucho más crónica y nociva para el ecosistema fluvial, modificando las bases de su funcionamiento, las variables que determinan su morfología y dinámica, las condiciones hidráulicas para que se mantengan las poblaciones piscícolas y la humedad del suelo ripario (ribera del río).

En la zona se presentan algunos sistemas agroforestales, como por ejemplo cercas vivas, árboles en linderos, árboles en potreros, estos sistemas no se han establecidos mediante técnicas sino que han ido estableciendo por iniciativa de los habitantes de la zona. Los sistemas se presentan en baja concentración y fueron creados en principio con el fin de manejar el sector ganadero. Al respecto Portilla (2007) menciona, el tipo de arreglos presentes en la zona no son manejados técnicamente, ya que son implementados en forma tradicional, tratando de contribuir de esta manera a la conservación de la subcuenca.

Según el testimonio de algunos pobladores de la subcuenca Timbío Alto, el agua para consumo diario es tomada directamente de la corriente, utilizando como medio de conducción mangueras sin ningún tipo de tratamiento previo para su potabilización. Al respecto Portilla (2007) menciona, el servicio de acueducto es tomado directamente de los nacimientos y quebradas aledañas a las viviendas, la cual es llevada por medio de mangueras. El sistema de captación no cumple con las norma técnicas, lo que ocasiona la aparición de diversas enfermedades. La no presencia de una planta de tratamiento hace que en épocas de verano se presenten dificultades en cuanto al abastecimiento. En el momento de las visitas técnicas no se pudo tomar registros fotográficos de la captación, pues esta estaba bastante alejada hacia la parte alta de los nacimientos y en algunos casos no se hicieron visibles por la sedimentación.

Factores que afectan la calidad del agua

Todo suministro natural de agua se recarga con la precipitación. Aunque en general se considera pura, el agua de lluvia puede tener impurezas. Esas impurezas, sin embargo, se presentan en mucha menor concentración que la que tiene el agua en la superficie terrestre. Las sustancias minerales y orgánicas, los microorganismos y demás formas de contaminación tienen muchos medios de incorporarse al agua, lo que se advierte en forma de opacidad o turbiedad. Cuando el agua corre por la superficie puede recoger partículas de tierra. También capta partículas de materia orgánica y bacterias (Mackenzie L & Susan J, 2005).

La descarga del agua residual proveniente de las unidades sanitarias tiene disposición final en pozos sépticos⁴, que se cambia por otro tanque igualmente séptico a medida que pierden su capacidad receptora. El efluente de las duchas, lavaplatos y lavaderos se conduce por medio de mangueras fuera de la vivienda tomando como destino final los cuerpos de agua. Esta situación se ve favorecida por las altas pendientes de la zona y por la percolación⁵ donde además del lavado que hacen las aguas residuales sobre el suelo también lo hacen las aguas lluvias contribuyendo a la pérdida de nutrientes y a la generación de la lixiviación. La parte superior de los pozos sépticos se encuentra cubierta con pastos y otro tipo de vegetación por lo que no se pudo definir el material utilizado para taparlos y su condición actual. Las mangueras de desagüe se hallan enterradas y llevan varios años en esas condiciones, no se hacen visibles los puntos donde se hace el vertimiento del agua servida, posiblemente este proceso se da de manera subterránea.

Al respecto Portilla (2007) menciona, no existen servicios de alcantarillado, las viviendas vierten sus aguas directamente a las corrientes superficiales de la microcuenca El Saldo-Las Estrellas y a sus afluentes provocando un alto grado de contaminación para la población asentada en la parte baja de la microcuenca, algunas personas poseen letrinas o pozos sépticos, que se encuentran en un avanzado grado de deterioro y otras arrojan sus aguas residuales a campo abierto. De igual manera los residuos sólidos son arrojados a las huertas o a las fuentes de agua.

En el proceso para obtener el grano de café puro se debe lavar, de lo cual emanan aguas mieles que son vertidas directamente a las fuentes de agua. Se tiene en cuenta que la actividad dedicada a la producción cafetera se presenta en baja concentración por lo que los vertidos no son muy significativos.

La utilización de los nacimientos como abrevaderos para el ganado permite que se de un constante pisoteo sobre los riachuelos y sobre la margen de los mismos y una persistente remoción de suelo, confiriendo al agua contaminación por materia fecal y por materia orgánica. Al respecto la FAO (2010) menciona, en áreas en donde prevalecen los sistemas mixtos de pastoreo, la gente y el ganado a menudo comparten la misma fuente de agua, sea ésta un lago, charca, pozo o aljibe. Los humanos frecuentemente usan también charcas y lagos artificiales creados originalmente para el ganado. En las orillas de estas fuentes la calidad del agua para el consumo humano decrece rápidamente cuando el ganado tiene acceso libre. El agua se contamina con heces, orina y barro y los riesgos para la salud humana incrementan dramáticamente.

⁴ Tanques generalmente subterráneos, sellados, diseñados y construidos para el saneamiento rural (RAS, 2000).

⁵ La percolación se refiere a la entrada del agua dentro de la capa más baja de la superficie o de la capa del subsuelo, y la velocidad a la que puede moverse el agua hacia abajo, a través de la capa, se llama la capacidad de percolación del suelo (Prieto, 2002).

Trescientos metros aguas arriba de la bocatoma en el punto denominado El Salado, emana agua, al parecer de la roca. Esta agua es de sabor salado y de olor a azufre, además deja una mancha anaranjada a medida que hace su recorrido hasta el río, como se aprecia en la Figura 9, el agua vierte al río, no se hace control de este afluente por lo que llega directamente a la bocatoma y posteriormente al sistema de potabilización.

El fontanero de EMTIMBIO E.S.P, manifestó que dicho sitio es considerado un sector turístico, al albergar visitantes provenientes de la cabecera municipal de Timbío quienes además de disfrutar del paisaje contribuyen a deteriorarlo al no hacer buena disposición de los productos que llevan al lugar. Se noto que en el lugar se dejan bolsas plásticas, botellas y otros residuos sólidos, que alteran la calidad del agua y deterioran el ecosistema del lugar.



Figura 9. Afloramiento de agua (F₄, ver Anexo E)

La orilla del río Timbío es utilizada como vía de acceso a la vereda El Salado-Las Estrellas, y por ella transitan personas que utilizan el caballo como medio de transporte. El constante paso por la zona ha ocasionado remoción del suelo, cuando se presenta bastante humedad y compactación cuando la humedad ha disminuido, generando de esta manera contaminación con el lodo que llega a la fuente de agua. Se presenta de igual manera deposición de heces fecales por parte de los animales que contribuye a la contaminación de las corrientes. Cabe mencionar que los caminos a lo largo de la orilla del río no están limitados, es decir, no poseen cercos lo que hace que tanto animales como personas ingresen a la corriente de agua y en algunos se deba caminar directamente por el curso del río.

Aunque existen caminos de anchos considerables, a las veredas El Salado - Las Estrellas y Las Estrellas no ingresan vehículos, viéndose limitado el acceso a la zona para la comunidad asentada sobre ésta.



Figura 10. Camino marginal a orilla del río (F₅, ver Anexo E)

En la Figura 10 se puede visualizar que el camino posee un ancho considerable y que se halla a orilla del río sin ninguna limitación.

La subcuenca en la actualidad no cuenta con una estación meteorológica que permita medir los elementos climatológicos que determinan la relación con la atmosfera y el comportamiento del agua en todo su ciclo hidrológico y en general a su vez el recurso hídrico de la zona.



Figura 11. Caseta con estación hidrométrica, sin funcionamiento (F₆, ver Anexo E)

En la Figura 11 se puede apreciar una caseta hidrométrica que permite medir el nivel del río, pero en el momento no se halla en funcionamiento.

2.2.2 Recurso suelo

Los suelos constituyen una cubierta delgada en la superficie terrestre, de unos pocos centímetros a varios metros. Como cuerpo natural, el suelo constituye una interface que permite intercambios entre la litosfera, la biosfera y la atmósfera. Los suelos permiten el enraizamiento de las plantas (anclaje), con lo que éstas pueden obtener agua, oxígeno y nutrientes. Debido a la radiación solar, las plantas, por medio de la fotosíntesis, producen alimentos, forrajes, fibras, masas forestales y energías renovables. Los suelos son la base de todos los ecosistemas terrestres, por lo que hacen posible la vida en el planeta (Porta, 2008).

Al respecto Loreto (1993) citado por Cárdenas (2010) menciona, la región de clima frío en Colombia comprende las zonas que están entre los 2000-3000m.s.n.m, presentan características en el suelo las cuales están dadas por un relieve que varía desde plano a ligeramente plano (pendiente de 0 - 3%), hasta escarpado a muy escarpado (pendiente mayor a 50%). El material parental es muy variable e incluye rocas de origen ígneo (diabasas, basaltos, granitos y andesitas), sedimentarias (areniscas) y metamórficas (esquistas y pizarras). Los suelos son principalmente Andepts (suelos derivados de materiales parentales volcánicos), Tropepts (suelos propios de las terrazas de las planicies aluviales y de los cauces) y Orthents (suelos primarios formados sobre superficies de erosión reciente), con grados variables de evolución, profundidad efectiva, drenaje, erosión y fertilidad. Con pocas excepciones los suelos son ácidos, bajos en fósforo disponible y con alta capacidad para fijar este elemento, altos en materia orgánica y en saturación de aluminio, bajos a medios en los contenidos de potasio, calcio y magnesio y en varias zonas con problemas de deficiencia de azufre, boro, zinc y molibdeno. En general, la fertilidad varía de moderada a muy baja.

En años anteriores el suelo de la subcuenca era utilizado para la plantación de cultivos propios de clima frío tales como maíz (*Zea mays*), trigo (*Triticum aestivum*), majua (*Tropaeolum tuberosum*), oca (*Oxalis tuberosa*), papa (*Solanum tuberosum*), calabaza (*Cucurbita máxima*), batata (*Ipomoea batatas*), cidra (*Sechum edule*), ulluco (*Ullucus tuberosum*), etc (Portilla, 2007).

En la actualidad los suelos están dispuestos en su gran mayoría para prácticas pecuarias. La ganadería es fuente de leche y crías para comercialización. Las prácticas agrícolas están limitadas a cultivo de pancoger, las zonas cultivadas son pequeñas, a modo de huerta casera donde predomina el maíz (*Zea mays*), café (*Coffea Arabica*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), cebolla (*Allium cepa*), plátano guineo (*Musa sapientum*) y cilantro (*Coriandrum sativum*), estos cultivos son utilizados para el autoconsumo, el café es comercializado en baja concentración.

El proceso de limpia de cultivos se hace por medio del paleado removiendo la maleza de los suelos y dejándolos desprovistos de vegetación que los proteja de una posible erosión. A demás, se tala la mayoría de los árboles dejando unos pocos e impidiendo que éstos puedan servir como sombrío para los cultivos, caso que se logra visualizar en la Figura 12 en donde se halla una plantación de café.



Figura 12. Cultivo de café (F₇, ver Anexo E)

Al respecto del cultivo de café Portilla (2007) menciona, el cultivo de café es sembrado a favor de la pendiente, en suelos sin cobertura vegetal, con labranza convencional, ocasionando erosión, pérdida de nutrientes y la capa arable, contaminando los nacimientos y quebradas debido principalmente al deficiente manejo de los residuos de cosecha y de aguas servidas de beneficiadero.



Figura 13. Zona deforestada y drenaje de agua superficial (F₈, ver Anexo E)

El principal factor que ocasiona la deforestación en la zona es la ganadería extensiva dedicada a la producción de carne y leche. El suelo en su gran mayoría está cubierto por pasto y una poca cantidad de árboles circundan o recorren las márgenes de los nacimientos y de las quebradas (ver Figura 13).

Según Portilla (2007) el sistema de producción bovina de doble propósito (carne y leche) es la actividad económica más representativa del sector pecuaria de la región, donde el mayor recurso para alimentar los animales provienen del pasto kikuyo, que se caracteriza por su baja calidad y disponibilidad, principalmente durante los periodos de sequía.

Para Rojas (2005) citado por Portilla (2007) el pastoreo excesivo de los animales sobre una pradera ocasiona la pérdida de la cobertura vegetal y deja el suelo expuesto al viento y al agua; también produce compactación del suelo debido a la alta presión que ejercen los cascos de las vacas, ésta compactación impide el buen drenaje y la aireación de los suelos, cuando este proceso se da en las zonas pendientes, se generan terrazas que después tienden a erosionarse, generando su degradación. En la actualidad en la subcuenca existen varias fincas dedicadas a la actividad ganadera, y a raíz de esto los suelos se están viendo afectados por el despojo de la cobertura vegetal y porque están siendo sometidos al constante pisoteo por parte del ganado. Es importante mencionar que los suelos en la subcuenca necesitan bastante tiempo para reponerse y volver a ser productivos.

Los frágiles suelos forestales sólo pueden sustentar una vida abundante porque las hojas y las ramas que caen proporcionan nutrientes, por la protección que les proporciona el follaje forestal contra el sol ardiente y las lluvias torrenciales, y dado que las estructuras de las raíces evitan la erosión. Cuando ya no hay árboles, el suelo se agota rápidamente. Los pastos nativos ofrecen pocos nutrientes y escasa protección al suelo, y el exceso de pastoreo acelera la pérdida de nutrientes y la erosión (FAO, 2010).

A raíz de la degradación del suelo generada por las diferentes prácticas agrícolas y pecuarias, en la zona de estudio existen diferentes tipos de erosión; entre estos está la erosión hídrica causada por las aguas lluvias al caer sobre terrenos desnudos y que en su escurrimiento por terrenos pendientes arrastran el suelo, para ser depositados en zonas bajas e ir a enlodar y obstruir las fuentes de agua.

Dentro del tipo de erosión hídrica se encuentra la erosión por salpicamiento, erosión por escorrentía superficial y dentro de ésta la forma laminar y por pata de vaca, que son los que predominan en la parte alta de la subcuenca:

La erosión por salpicamiento se produce debido al impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo, por la fuerza de caída y el tamaño de las gotas, que desprenden las partículas de los agregados del suelo en suspensión para que el agua superficial inicie la erosión por escurrimiento (Prieto, 2002). Este tipo de erosión se presenta alrededor de toda la subcuenca ya que la mayor parte de los suelos se encuentran cubiertos por pastos, desprovistos de cobertura árboles, y en las zonas donde hay cultivos en los que por la forma como se realiza el desmonte no se cuenta con protección para el suelo, permitiendo que las gotas de lluvia impacten y con el acumulamiento del agua se generen el escurrimiento hacia abajo de la zona, viéndose favorecido por las pendientes muy pronunciadas.



Figura 14. Erosión por pata de vaca (F₉, ver Anexo E)

La erosión por escorrentía superficial ocurre cuando el agua lluvia no alcanza a infiltrarse en el suelo debido a la saturación, pendiente elevada o poca capacidad de infiltración, fluye por la superficie de terrenos pendientes arrastrando el suelo desprendido. La forma laminar es el arrastre uniforme y casi imperceptible de delgadas capas de suelo por mantos de agua, ésta es peligrosa ya que solo se nota cuando queda una capa muy delgada del suelo, las raíces de las plantas se ven desnudas o aparece el subsuelo. La erosión por pata de vaca, es la causada por el paso continuo de animales, que destruye la cobertura vegetal y por compresión compactan el suelo para originar allí, según el grado de pendiente, las otras formas de erosión (Prieto, 2002); éste tipo de erosión se puede observar en la Figura 14 y junto al terreno erosionado el ganado alimentándose. Tanto la erosión por escorrentía como la erosión por pata de vaca son persistentes en la subcuenca. Las zonas que no poseen una capa vegetal son muy susceptibles a presentar erosión por escorrentías; en varios puntos de la subcuenca y favorecidos por las altas pendientes se observó que el agua de escorrentías ha arrastrado material sedimentario hasta las partes bajas de las montañas, sedimentos que van a parar a las fuentes de agua, generando posiblemente contaminación. Alrededor de toda la subcuenca se nota que el constante pisoteo por parte del ganado ha apelmazado el suelo de tal manera que se hace difícil destinar las tierras para cultivos pues no se garantiza la fertilizada de los terrenos. En el momento de las visitas no se observa gran número de cabezas de ganado pero se nota claramente que desde hace mucho tiempo los terrenos han sido destinados a la actividad pecuaria.

De igual manera la zona presenta erosión por infiltración, incluyendo la forma solifluxión y deslizamientos. La erosión por infiltración es llamada también remoción en masa, la cual se refiere al movimiento lento o rápido de una pequeña o gran masa de suelo, causada por la infiltración del agua y la acción de la gravedad. La forma solifluxión es el movimiento lento y progresivo de suelos que han alcanzado el límite del contenido de líquidos, y que descansa sobre materiales arcillosos o de poca permeabilidad, con planos favorables de deslizamientos, o sobre zonas con materiales en estado avanzado de meteorización. En la forma de los deslizamientos se observan las capas superiores de

suelo que se desliza por gravedad debido a la lubricación que el agua de infiltración produce al encontrar impermeable la capa inferior (Prieto, 2002). Hacia la zona norte es muy frecuente ver la erosión por infiltración la cual se ve favorecida por las elevadas pendientes y porque no hay árboles de tamaño considerable que puedan amarrar el terreno. En la Figura 15 se muestra un terreno se deslizando el cual solo cuenta como cubierta una capa de pastos.



Figura 15. Deslizamiento (F₁₀, ver Anexo E)

En la zona también hay presencia de derrumbes, ilustrados en la Figura 16. El derrumbe es un asentamiento o deformación del suelo debido a la transmisión de esfuerzos al interior de una masa del suelo, debido a cargas o cambios en el régimen de esfuerzos, produciendo reacomodamiento de partículas en cuya magnitud influyen principalmente el nivel freático, las características de suelo y el tipo de carga (Prieto, 2002).



Figura 16. Derrumbe (F₁₁, ver Anexo E)

Debido a los movimientos en masa y derrumbes que se han presentado de tamaños considerables y de una manera persistente, se han generado inconvenientes para los habitantes, tal es el caso, en que han tenido que migrar dejando sus viviendas y terrenos al ver sus vidas en un latente peligro. De la misma manera en el terreno, al contar con unas pendientes pronunciadas y junto a esto los problemas de erosión, no se pueden plantar cultivos y en los casos en los que hay, se encuentran con el problema de deslizamientos como se aprecia en la Figura 17.



Figura 17. Cultivo de plátano en peligro de deslizamiento (F₁₂, ver Anexo E)

2.3 ESTRUCTURA DEL ACUEDUCTO

El abastecimiento y uso de agua tiene por objeto la obtención y el suministro de ella, para alimento y servicio de las personas, por muchos y variados sistemas económicos y adecuados, teniendo en cuenta su cantidad y calidad (Prieto, 2002).

2.3.1 Prestación de servicios públicos

Cuadro 5. Información general de la empresa prestadora del servicio

Nombre	EMTIMBIO E.S.P
Dirección	Calle 17 N 19 – 24
Telefax	8278937
E-mail	emtimbioesp@hotmail.com
Nit	817000500 – 5
Fecha de constitución	03/05/1996
Representante legal	MILLER HERMOSA
Cargo	GERENTE

Fuente elaboración propia. Datos (UTC, 2008)

La Empresa de Servicios Públicos de Timbío, EMTIMBIO E.S.P, es una empresa comercial del estado del orden municipal, encargada de prestar los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo a la cabecera municipal.

2.3.2 Componentes del sistema de acueducto

El sistema de acueducto para la cabecera municipal de Timbío Funciona por gravedad, tiene una bocatoma, dos desarenadores, una planta de tratamiento, dos tanques de almacenamiento y la respectiva red de distribución (UTC, 2008). A continuación se mencionan cada una de las estructuras que conforman el acueducto.

Captación

La quebrada El Salado es la principal fuente tributaria del río Timbío, y en ella se localiza la bocatoma que surte de agua al acueducto del perímetro urbano de Timbío. La captación se encuentra aproximadamente a unos 15 Km del casco urbano y se encuentra en jurisdicción del municipio de Sotará. Capta un caudal de 120L/s en épocas de alta lluvias y con la reja completamente limpia (PUEAA, 2007). El sistema de captación se presenta en la Figura 18.



Figura 18. Captación (F₁₃, ver Anexo E)

La bocatoma es del tipo de fondo, sobre un ancho del río de aproximadamente 4m. El embalse se encuentra completamente lleno por sedimentación de material granular de pequeño a mediano tamaño (arena y grava). Existe una compuerta de desagüe y lavado del embalse, la cual se encuentra en mal estado, por lo que se hace necesaria su reposición inmediata, para poder realizar un mantenimiento preventivo y correctivo del embalse. Cuenta con una rejilla de 3m de largo por 0.3m de ancho que se encuentra totalmente oxidada, consta de barras de ½” espaciadas cada 2cm

aproximadamente. La estructura es antigua de alrededor de 20 años de construida, en concreto reforzado en regular estado. Además, esta bocatoma fue reconstruida sobre una antigua estructura existente, de más de 40 años. Presenta erosión en casi todas las bases de los muros y en el canal de salida de la compuerta de limpieza del embalse (UTC, 2008).

El personal encargado se desplaza desde el casco urbano para hacer mantenimiento del sistema, limpieza de sedimentos que son retenidos en la reja y lavado de todo el sistema en el momento que éste lo amerite.

El aforo para determinar el caudal se hizo con molinete en dos puntos, antes y después de la bocatoma, los datos se consignan en el Cuadro 6, y se utilizó el siguiente procedimiento para determinar el caudal total captado (PUEAA, 2007).

Cuadro 6. Aforo antes y después de la bocatoma

Corriente	Sitio	Caudal(L/s)
Río Timbío	10m antes de la bocatoma	281.94
Río Timbío	10m después de la bocatoma	171.32

Fuente elaboración propia. Datos (PUEAA, 2007)

$$\text{Caudal de captación} = 281.94 - 171.32 = 110.62L/s$$

El caudal total de llegada a la planta de tratamiento para un mes será: el caudal captado menos el caudal de retorno de los desarenadores, el aforo en los desarenadores dio un caudal de 73.84L/s.

Por tanto el caudal total que llega a la planta de tratamiento y sobre el cual se hace el proceso de potabilización es 36.00L/s.

Aducción

La aducción es enterrada, en tubería de 10" en asbesto cemento, con una longitud aproximada de 12m, en buen estado de funcionamiento.

Desarenadores

El sistema cuenta con dos desarenadores trabajando en serie como se indica en la Figura 19. El primero es de tipo convencional, se encuentra en regular estado y fue construido en el año 1985. Tiene las siguientes dimensiones: 7.5m de largo, 2.5m de ancho y 1.50m de profundidad. Consta de cámara de entrada y salida, y la zona de sedimentación por medio de 3 tolvas de fondo, las cuales contienen compuertas laterales de vaciado para su mantenimiento. Estas compuertas se encuentran en mal estado de funcionamiento, solo una está operando a la fecha de la visita. El desarenador cuenta con un by-pass en PVC de 4".

El segundo desarenador es de tipo convencional, se encuentra en regular estado y tiene más de 30 años de construido. Se localiza a 5m después del primero y tiene las siguientes dimensiones: 7.65m de largo, 2.5m de ancho y 1.65m de profundidad.

El conjunto de bocatoma y desarenadores no cuenta con cerramiento, lo que se muestra en la Figura 18 y Figura 19, tanto animales como personas pueden tener contacto directo con la construcción y por tanto con el agua.



Figura 19. Desarenadores 1 y 2 (F₁₄, ver Anexo E)

Conducción

Del segundo desarenador salen 2 tuberías en buen estado: una nueva conducción en PVC de 8" con una longitud de 7100m y una antigua en asbesto cemento de 10" con una longitud de 2520m. Luego en AC una tubería de 8" con 2980m, 800m en PVC 6" y finalmente 800m en AC 8". En el cambio a PVC de 6", las dos conducciones se unen y siguen funcionando como dos tuberías en paralelo.

Planta de tratamiento de agua potable (PTAP)

La PTAP es de tipo convencional, fue construida hace más de 40 años y se le han realizado varias optimizaciones. La Planta cuenta con los siguientes componentes (UTC, 2008):

Mezcla Rápida y Dosificación: Cuenta con una canaleta Parshall para aforo y mezcla rápida a la entrada. Se hace dosificación volumétrica con sulfato de aluminio como coagulante y cal para estabilizar el pH. La canaleta Parshall se encuentra en buen estado, el dosificador del coagulante está en regular estado a la vez que lo está el de cal.

Floculación: Cuenta con dos unidades de floculación del tipo hidráulico vertical las cuales se encuentran en buen estado. Las medidas de cada unidad son: 8.28m de largo, 5.76m de ancho y 2.70m de profundidad.

Sedimentación: El sistema cuenta con dos sedimentadores en buen estado, en los que se combinan la sedimentación convencional inicialmente y de alta tasa con placas de fibrocemento al final. Las dimensiones son: 14.82m de largo, 3.62m de ancho y 2.8m de profundidad.

Filtración: Cuenta con tres unidades de filtración rápida a gravedad de tasa declinante y lavado por medio de un tanque elevado. Las dimensiones de cada unidad son: 3.63m de largo, 1.75m de ancho y 2.7m de profundo.

Edificio: Cuenta con un edificio que contiene bodega de almacenamiento de químicos de 4.9m por 3m, una bodega de almacenamiento de cilindros con cloro gaseoso, laboratorio, oficina de administración de 5.23m por 3.82m, cuarto para el operador y baño.

Sistemas de almacenamiento agua potable: Actualmente se encuentran en funcionamiento dos tanques de almacenamiento en concreto: Uno elevado de 56m³ con una altura hasta la base de 10m que se encuentra en las instalaciones de la PTAP y el otro enterrado de 607m³ de capacidad, ambos en buen estado de conservación, aunque el elevado presenta fisuras en las columnas y algunas filtraciones (UTC, 2008).

Sistemas de Macromedición: En el municipio hay 2 macromedidores instalados, son de tipo volumétrico y se encuentran a la salida de los tanques de almacenamiento (UTC, 2008).

2.3.3 Sistema consumidor

EMTIMBIO E.S.P presta el servicio a los sectores: residencial, oficial y comercial.

El sector residencial se divide en:

- Estrato 1 o bajo bajo
- Estrato 2 o bajo
- Estrato 3 medio bajo

El sector oficial incluye las instituciones oficiales con que cuenta el municipio y el sector comercial incluye todos los establecimientos comerciales que posee el municipio. El uso principal del agua es doméstico, el sector oficial utiliza el agua para lavar baños; la galería y el matadero municipal donde por lo general se genera desperdicio de agua debido a que en sus actividades cotidianas como lavado de productos agrícolas y lavado de reses, consumen grandes cantidades y no la reutilizan (PUEAA, 2007).

El promedio de usuarios para los meses de febrero a julio de 2007 fue 2563 suscriptores (PUEAA, 2007). Para el mes de mayo del año 2010 el número general de usuarios es 2845 (EMTIMBIO E.S.P, 2010), lo que hace notar que en tres años el número suscriptores ha aumentado en 282. Un valor considerable teniendo en cuenta que la suscripción equivale a una vivienda y el ella puede habitar un determinado número de personas que también hacen uso del agua.

En la Figura 20, teniendo en cuenta los datos registrados en el Anexo C, se visualizan los diferentes sectores que hacen uso del agua potabilizada en la cabecera municipal, notándose claramente que el sector residencial, específicamente el estrato 2 o bajo, es el que presenta mayor número de usuarios, de igual manera se aprecia que el número de suscriptores es tendiente a crecer.

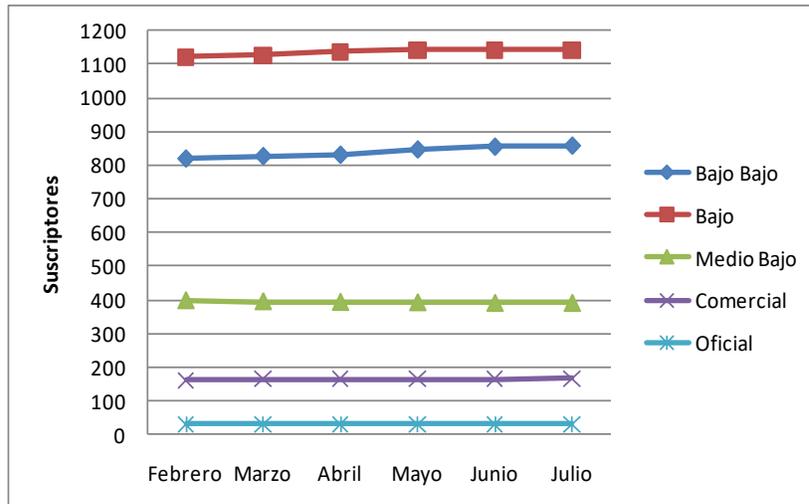


Figura 20. Distribución de suscriptores

Fuente elaboración propia. Datos (PUEAA, 2007)

En promedio el agua facturada para el total de los sectores en el año 2007 es 54585.2m³. Para el año 2010, meses de enero a mayo el volumen de agua promedio fue 65977m³. Se puede observar que en el periodo de 2007 a 2010 el volumen de agua consumida por los usuarios del acueducto ha aumentado 11391.8 m³. Se puede decir que ha habido un gran incremento en el uso de agua por parte de los suscriptores en tan sólo tres años. Cabe mencionar que la comunidad de la zona urbana del municipio de Timbío hace uso del agua con mayor intensidad los días viernes y sábados. El viernes se da el sacrificio de ganado para la comercialización de carne y los días sábados el mercado en el que la galería, plaza de ferias, restaurantes y demás sitios dedicados al comercio hacen uso del agua.

El sistema de acueducto cuenta con un macromedidor para registrar el agua tratada que es distribuida a los usuarios; el volumen de agua producida se consigna en la Cuadro 7.

Cuadro 7. Volumen de agua producida

Mes	m ³ Producidos
Febrero	83990
Marzo	91920
Abril	82776
Mayo	84090
Junio	84680
Julio	79560
Promedio	84502.7

Fuente elaboración propia. Datos (PUEAA, 2007)

Teniendo en cuenta el promedio de agua producida y el agua facturada se determina el índice de agua no contabilizada⁶

$$\text{IANC}\% = \frac{\text{Volumen de agua producida} - \text{Volumen de agua facturada}}{\text{Volumen de agua producida}} \times 100$$

$$\text{IANC}\% = \frac{84502.7 - 54585.2}{84502.7} \times 100 = 35.4\%$$

De acuerdo al resultado anterior se determina que el sistema de distribución no se halla en óptimo estado, la cantidad de agua que se produce debería ser igual a la que se factura, o pueden existir leves diferencias, pero se evidencia en el porcentaje obtenido que los usuarios del acueducto no hacen buen uso del agua presentándose desperdicios en las viviendas o en los establecimientos comerciales y oficiales del municipio, también debido a las condiciones del sistema del acueducto se puede presentar desperdicios de agua como en los casos en la infraestructura no se halla en óptimas condiciones, como se muestra a continuación y aparte de eso se presentan algunas recomendaciones para que el servicio se preste en las mejores condiciones y además se contribuya en la disminución en el porcentaje del índice de agua no contabilizada.

A la rejilla de captación se le debe hacer un mantenimiento por cuanto se encuentra oxidada en su totalidad. Se sugiere construir un tabique superficial aguas arriba de la presa (a menos de 40 cm) con el fin de evitar el taponamiento de la rejilla por hojas y material flotante.

Es importante hacer una revisión general de todas las válvulas y compuertas existentes en ambos desarenadores, y de acuerdo con su estado realizar el mantenimiento o hacer la reposición de estos accesorios.

Se debe hacer el cambio de las tuberías en Asbesto cemento existente por PVC, ya que por su antigüedad presentan permanentes daños. Igualmente hacer una reposición o un mantenimiento detenido de todas las ventosas y válvulas de purga colocadas a lo largo de las dos conducciones.

Se recomienda una revisión general de las válvulas de la PTAP para establecer cualquier deterioro y reparación oportuna. Se sugiere dotar adecuadamente el laboratorio para que garantice la calidad físico-química del agua tratada.

Se sugiere una revisión de la PTAP y sus procesos puesto que el agua que suministra no es apta para consumo humano (UTC, 2008).

⁶ En general, se denomina "Agua No Contabilizada", ANC, al agua potable que ingresa a un Sistema de Distribución y que no es registrada en los micromedidores de los usuarios, principalmente por imprecisión de estos instrumentos -insensibilidad a caudales bajos, por fugas en la red de distribución, filtraciones o por consumos fraudulentos, es decir, conexiones ilegales (Estay & Manríquez, 1996).

Red de distribución: En total el sistema cuenta con 18500m de redes en tuberías de PVC con excepción de algunos pequeños tramos que todavía se encuentran en asbesto cemento. El sistema se distribuye así: 2200m en 10", 3400m en 8", 3500m en 6" y 9400m en 3" (UTC, 2008).

Conexiones domiciliarias y Micromedición: Las tuberías de distribución domiciliaria son en PVC de ½" y cada vivienda posee un medidor que registra el volumen de agua consumida por vivienda o suscriptor. Con base a lo anterior EMTIMBIO E.S.P hace la facturación. Cuando los usuarios tienen problemas con los medidores la empresa les asigna un valor consumido de 26m³ (PUEAA, 2007).

2.3.4 Indicadores biológicos de calidad de agua

Los ecosistemas acuáticos mantienen una gran diversidad de organismos, por lo que los impactos como la contaminación inducen a cambios en la estructura de las comunidades, la función biológica de los sistemas acuáticos y al propio organismo, afectando su ciclo de vida, crecimiento y su condición reproductiva. Por este motivo, algunos organismos pueden proporcionar información de cambios físicos y químicos en el agua, ya que a lo largo del tiempo revelan modificaciones en la composición de la comunidad. El concepto de organismo indicador se refiere a especies seleccionadas por su sensibilidad o tolerancia (normalmente es la sensibilidad) a un contaminante o cualquier otro evento particular que perturbe sus condiciones iniciales. En general, todo organismo es indicador de las condiciones del medio en que se desarrolla, ya que de cualquier forma su existencia en un espacio y momentos determinados responden a su capacidad de adaptarse a los distintos factores ambientales. Sin embargo, en términos más estrictos, un indicador biológico acuático se ha considerado como aquel cuya presencia y abundancia señalan algún proceso o estado del sistema en el cual habita. Es pertinente aclarar que más que a un organismo, el indicador biológico se refiere a la población de individuos de la especie indicadora, y en el mejor de los casos al conjunto de especies que conforman una comunidad indicadora (Herbas, Rivero, & Gonzales, 2006).

Dentro del programa de uso eficiente y ahorro del agua, PUEAA (2007) se halla el análisis biológico realizado aguas arriba de la bocatoma sobre el río Timbío teniendo como referencia los siguientes macroinvertebrados.

- Los macroinvertebrados del genero *Phylloicus*, miden entre 15 y 18 mm; fabrican casa con fragmentos de hojas; viven en aguas corrientes debajo de piedras, troncos y residuos vegetales. Son característicos de aguas limpias.
- Los macroinvertebrados del genero *Moribaetis*, miden entre 8 y 10 mm, poseen agallas del 1 al 7 segmento abdominal; uñas en forma de espátula con 5 a 40 dientecillos, vienen en aguas con flujo rápido debajo de troncos, sobre gran diversidad de sustratos, además de arena y fango. Son característicos de aguas poco contaminadas.
- Los macroinvertebrados del genero *Traverella*, miden entre 6 y 8 mm; poseen agallas con prolongaciones en forma de flecos; presentan una prolongación en forma de cuerno en la parte frontal. Viven entre la vegetación y residuos vegetales. Característicos de aguas limpias.

- Los macroinvertebrados del genero *Baetodes*, miden entre 4.5 y 5 mm; poseen agallas del 1 a 7 segmento abdominal; tergitos abdominales con proyección o tubérculos medios. Viven en aguas rápidas, debajo de troncos, rocas, hojas y adheridos a vegetación sumergida. Son característicos de aguas con poca contaminación.
- Los macroinvertebrados del genero *Thraulodes sp*, miden entre 6 y 10 mm; agallas bifurcadas del 1 al 7 segmento y disminuyen progresivamente de tamaño. Viven debajo de rocas, adheridos a la vegetación entre residuos vegetales. Característicos de aguas limpias.
- Los macroinvertebrados del genero *Leptonema*, miden hasta 20mm; el abdomen posee agallas formadas a partir de un tallo central con filamentos laterales uniformes; el tórax es esclerotizado, el octavo segmento abdominal posee un par de escleritos ventrales; fabrican casas en forma de red fuertemente adheridos a la roca para capturar alimento viven principalmente sobre rocas. Son característicos de aguas poco contaminadas.
- Los macroinvertebrados del genero *phyllogomphides sp*, miden entre 17 y 22 mm; el décimo segmento abdominal es un poco más largo que el noveno; la antena tiene tres segmentos; abdomen con ganchos dorsales en los segmentos 2 a 9 y espinas laterales de 7 a 9. Viven en aguas lóxicas, de forma arenosa y grava. Son propios de aguas muy limpias.
- Los organismos de la familia *Leptoceridae*, son en su mayoría característicos de aguas limpias, aunque pueden presentarse en aguas con poca carga de contaminantes.

Con lo anterior se concluye que río Timbío presenta poca contaminación aguas arriba de la bocatoma y es apta para potabilización

La caracterización biológica de un agua no garantiza que ésta no esté contaminada por lo que se recomienda hacer muestreo fisicoquímico con el fin de garantizar la detección de las condiciones actuales del agua antes de llegar a la planta de tratamiento.

2.4 HIDROGRAFÍA

La subcuenca Timbío Alto cuenta con 27 nacimientos⁷ distribuidos en las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas. Los nacimientos correspondientes a la vereda Las Estrellas son muy pocos, además es en la vereda El Salado - Las Estrellas en donde se encuentra un mayor número de nacimiento y donde fluyen hacia el río El Salado que posteriormente toma el nombre de río Timbío. Esta información fue suministrada por el presidente de la junta de acción comunal de la vereda El Salado-Las Estrellas, señor Jairo Velazco Mejía. Los nacimientos más importantes teniendo en cuenta el caudal son los que se presenta en el Cuadro 8. Los nacimientos tributan sus aguas al río El Salado, al principio son de muy bajo caudal pero a medida que confluyen varios nacimientos se empiezan a formar quebradas un poco más caudalosas.

⁷ Los nacimientos se pueden definir como manantiales los cuales resultan de aguas subterráneas que circulan en el suelo y subsuelo y salen a la superficie (Prieto, 2002).

Cuadro 8. Nacimientos que tributan al río Timbío

NOMBRE	VEREDA
Chorrera	Las Estrellas
Corralejas	Limites Platanilla y El Salado-Las Estrellas
El ciruelo	El Salado- Las Estrellas
El Corral	Las Estrellas
El Joropo	El Salado- Las Estrellas
El Lechera	El Salado- Las Estrellas
El Limón	El Salado- Las Estrellas
El Mapa	El Salado- Las Estrellas
El Mirador	El Salado- Las Estrellas
El Repollo	Limites Platanilla y Las Estrellas
La Meseta	El Salado- Las Estrellas
La Quebrada	El Salado- Las Estrellas

Fuente elaboración propia. Datos presidente de la junta de acción comunal El Salado-Las Estrellas

Cuadro 9. Características morfológicas subcuenca Timbío Alto

Nombre	Área (Km ²)	Perímetro (Km ²)	Longitud del río principal (Km)	Factor de forma	Pendiente media de la cuenca (m/Km)	Ancho medio cuenca (m)	Factor de compacidad	Pendiente cauce (m/Km)	Elevación mediana (m)
Salado	58.48	47.12	17.54	0.29	233.99	4115.29	1.73	59.73	2040

Fuente elaboración propia. Datos (EOT Sotará, 2001)

En el Cuadro 9, se aprecia las características morfológicas de la subcuenca, en la que se encontrará el área, perímetro y demás características que permiten clasificarla dentro de la hidrología. El área de la cuenca corresponde a 58.48 Km² lo que permite que ésta se clasifique como subcuenca al encontrarse en un rango entre 30-100 Km². El factor de forma con valor menor a 1.0 denota que la subcuenca es alargada. Teniendo en cuenta el factor de compacidad se determina la forma de la subcuenca correspondiente a Oval Oblonga (González, 2008).

2.4.1 Balance hídrico del suelo

El balance hídrico se relaciona con la precipitación, evapotranspiración potencial y almacenamiento total (en función de la textura y profundidad del suelo). A partir de esta información se obtiene la magnitud de excesos y deficiencias.

Partiendo del conocimiento de las precipitaciones medias mensuales y de la evapotranspiración mensual estimada, se puede estudiar el balance del agua en el suelo a lo largo del año. Conocer el

balance de humedad en el suelo es importante para evaluar la disponibilidad de agua para los cultivos, estudios hidrológicos, de conservación de suelos, de drenaje, de recuperación de suelos salinos, de repoblación forestal, o el establecimiento del régimen de humedad de los suelos o de criterios de diferenciación climática

La subcuenca no cuenta en el momento con una estación meteorológica, la que existía denominada El Saladito, ha perdido su funcionamiento y no se presentan registros, por tal razón se toma la estación meteorológica La Sierra, la cual se encuentra cercana al lugar de estudio.

La estación meteorológica La Sierra, está ubicada a 1870m.s.n.m. junto con la estación Parraga son las que mejor representan las características de las lluvias que ocurren en el municipio de Sotaré (EOT Sotaré, 2001).

El modelo a utilizar para estimar el balance de agua en el suelo es el método directo propuesto por Thornthwaite y Matter, el cual indica que se va perdiendo agua para poder generar la evapotranspiración potencial hasta agotar la reserva. Los datos que el modelo arroja a partir de las temperaturas y precipitaciones mensuales se registran en el Cuadro 10 y fueron tomados desde el año 1991 hasta 2006.

Altura de la estación, metros sobre el nivel del mar: 1870

Longitud 7649 Oeste

Latitud 213 Norte

Cuadro 10. Balance hídrico para la estación La Sierra método de Thornthwaite y Matter

Meses	Sp.	Oc.	Nv.	Dc.	En.	Fb.	Mr.	Ab.	My.	Jn.	Jl.	Ag.
Tm	18.60	17.80	17.30	17.40	17.6	17.70	18.00	17.90	18.10	18.30	18.40	18.60
I	7.31	6.84	6.55	6.61	6.72	6.78	6.95	6.90	7.01	7.13	7.19	7.31
Evt	70.17	64.72	61.41	62.07	63.39	64.05	66.06	65.39	66.74	68.10	68.79	70.17
Ajuste	1.04	0.95	0.82	0.79	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19
Evtp	72.98	61.48	50.36	49.03	51.98	53.16	68.05	73.24	84.09	86.49	88.05	83.50
Pp	118.2	264.3	407.5	364.20	320.5	207.00	251.40	207.40	166.70	75.70	30.00	26.50
Humedad	45.22	202.82	357.14	315.17	268.52	153.84	183.35	134.16	82.61	-10.79	-58.05	-57.00
Reserva	46.22	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	89.21	31.16	0.00
Evtr	72.98	61.48	50.36	49.03	51.98	53.16	68.05	73.24	84.09	86.49	88.05	57.66
Déficit	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.85
Exceso	0.00	149.04	357.14	315.17	268.52	153.84	183.35	134.16	82.61	0.00	0.00	0.00

Fuente elaboración propia. Datos (IDEAM, 2010)

Donde:

Tm: Temperatura media mensual (°C)

I: índice calórico⁸ calórica mensual o anual

Evt: Evapotranspiración (mm)

Evtp: Evapotranspiración potencial (mm)

Pp: precipitación media mensual (mm)

Evtr: Evapotranspiración real (mm)

Reserva: Reserva de agua del suelos (L/m²).

Déficit: falta de agua (mm)

Humedad: Vapor de agua presente en la atmósfera (%)

La evapotranspiración se considera como la pérdida de agua por la evaporación de la superficie del suelo y la transpiración de las plantas. La evapotranspiración es el proceso por medio del cual el agua líquida superficial pasa a estado de vapor y se convierte en la humedad de la atmósfera. La transpiración es el proceso por medio del cual, el agua que una planta toma del suelo a través de las raíces y después de cumplir sus funciones fisiológicas (crecimiento y fotosíntesis), parte de ella sale por los estomas de las hojas donde se evapora. La cantidad de agua que las plantas transpiran es mucho mayor que la que retienen. La información de la evapotranspiración es de gran importancia, debido a que el agua entra a formar parte del vapor de agua de la atmósfera y representa una pérdida que hay que considerar en la demanda o necesidades de agua en cualquier proyecto de aprovechamiento del recurso hídrico (González, 2008).

La precipitación es la caída del agua en forma de lluvia, nieve, granizo y rocío. Dentro de la hidrología solo interesa conocer la lluvia cuando llega al suelo, constituyéndose en el elemento básico para los diferentes estudios y determinación de los recursos hídricos de un área determinada (González, 2008).

La humedad hace referencia al contenido de vapor de agua presente en la atmósfera en un lugar e instante determinado. Este junto con el aire seco vienen a constituir el aire de la atmósfera (González, 2008).

La reserva del suelo hace referencia, cuando en un mes se produzcan más entradas que salidas, (Precipitaciones > Evapotranspiración) el agua sobrante pasará a engrosar las reservas del suelo; por el contrario, cuando las salidas sean mayores que las entradas se reducirá la reserva del suelo. Sin embargo, el suelo no es un "pozo sin fondo" y cuando se alcance la capacidad de retención del suelo,

⁸ El índice calórico mensual esta dado por: $i = \left(\frac{T_a}{5}\right)^{1.514}$ donde T_a es la temperatura del mes en °C (González, 2008)

el agua añadida en "exceso" escurrirá superficialmente o en profundidad. Por tanto, se debe exponer el concepto de reserva máxima o cantidad de agua por unidad de superficie (mm) que el suelo es capaz de almacenar en su perfil. Generalmente se toman una reserva de 100L/m² como referencia climática (González, 2008).

El exceso es el agua que excede de la reserva máxima y que se habrá perdido por escorrentía superficial o profunda (infiltración) (González, 2008).

La evapotranspiración real (Evtr), es el volumen de agua que realmente se evapotranspira en el mes dependiendo de que haya suficiente agua disponible para evaporar y así llegar a la evapotranspiración potencial o de referencia o no (por tanto, la Evt es siempre mayor o igual a la Evtr). El agua disponible para evaporar será la que cae como precipitación en el mes considerado y la que se mantiene en el suelo (González, 2008).

El déficit o falta de agua es el volumen de agua que falta para cubrir las necesidades potenciales de agua (para evaporar y transpirar) (González, 2008).

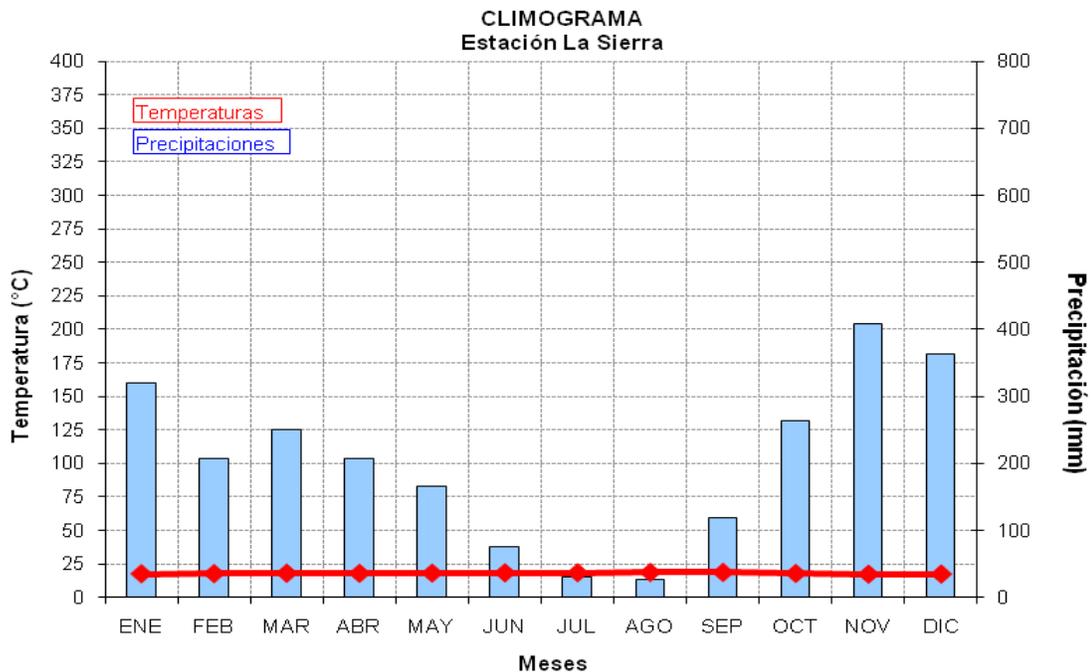


Figura 21. Climograma estación La Sierra

Fuente elaboración propia. Datos (IDEAM, 2010)

El climograma relaciona la temperatura con las precipitaciones sucedidas en un mes y son medidas en un lapso de 12 meses como se muestra en la Figura 21. En el reporte que arroja la estación meteorológica La Sierra, las precipitaciones se presentan de forma variada caracterizándose en los meses de julio y agosto en los cuales la caída de lluvias es bastante notoria y un promedio de lluvia bastante alto en el mes de noviembre. Los valores de temperatura tienden a permanecer constantes

notándose un leve incremento en los meses donde las precipitaciones han disminuido. Es necesario indicar que posiblemente haya un período de aridez, reconocido porque en los meses de julio y agosto la curva de las precipitaciones está por debajo de la curva de las temperaturas, tiempo en el cual se puede presenta una época de verano en la zona.

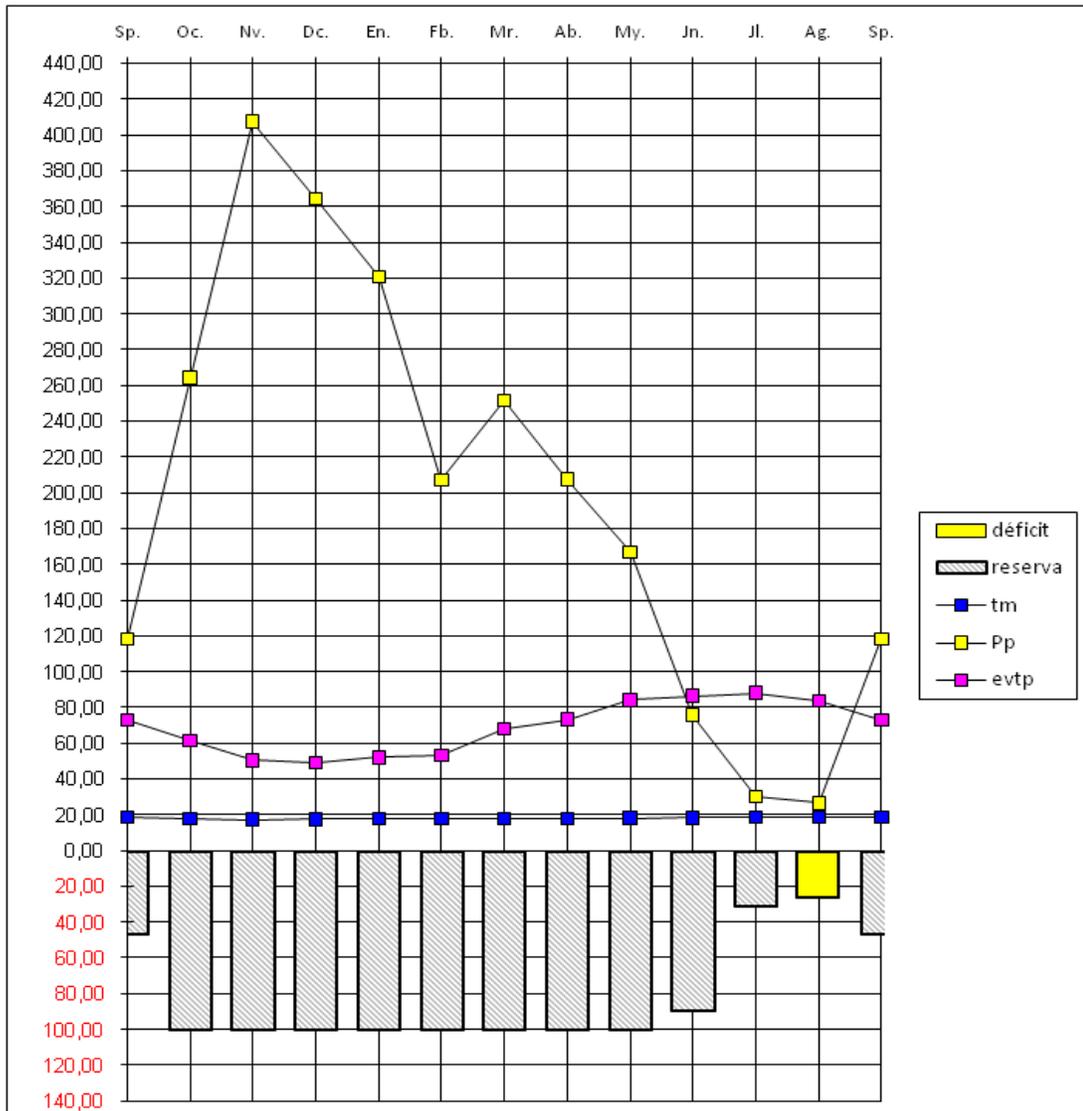


Figura 22. Régimen de humedad del suelo

Fuente elaboración propia. Datos (IDEAM, 2010)

En la Figura 22 se puede apreciar que la temperatura registrada para los meses de enero a diciembre, tiene una tendencia constante, determinándose un promedio de 18 °C; éste valor de temperatura corresponde al mencionado por Portilla (2007) en la subcuenca, por lo que la estación tomada dará referencias aproximadas de la situación en cuanto al balance hídrico de la zona en estudio. La precipitación registrada en la estación para un año es 2439.4mm/año, la que menciona Portilla (2007)

es 2177 mm/año, aunque los valores se hallan un poco alejados se trabaja con la variación de precipitaciones de cada mes registradas en la estación.

La Figura 22 muestra la gráfica del contenido total de agua en los suelos, registrado en la estación La Sierra, se aprecia un déficit de agua en los meses de julio y agosto, notándose un mayor déficit en el mes de julio, en este mes se debe tener cuidados con los problemas de sequias. Los meses de octubre a junio presentan un alto grado de almacenamiento de agua en los suelos, y por tanto no se tendrá problemas de abastecimiento de agua. Entre los meses septiembre y marzo la evapotranspiración no se presenta en alto nivel pues son épocas en que hay persistencia de precipitaciones, contrario a lo que sucede con los meses de abril a agosto donde la cantidad de lluvia ha disminuido.

Entre los meses de mediados de agosto a mayo se observa que la curva de las precipitaciones se halla por encima de la curva de las evapotranspiración lo que infiere que la evaporación real será igual a la precipitación y habrá infiltración y constitución de reservas; y corresponde a un periodo con exceso de agua, mientras que para el mes de junio a mediados de agosto la curva de la precipitación es menor a la de la evapotranspiración, por lo que la evaporación real será igual a la precipitación; habrá reducción sobre las reservas, ausencia de infiltración; y corresponde a un periodo con déficit de agua en el suelo.

Cuadro 11. Resultados totales del balance hídrico

Tm	17.98	°C
I	83.29	
a	1.84	
Evtp	822.41	mm.
Evtpe	258.05	mm.
Evtpe	31.38	%
Pp	2439.4	mm.
Reserva ideal	100	mm.
Déficit	25.85	mm.
Exceso	1643.83	mm.
Torrencialidad R	699.61	
Reserva ideal	100	mm.
Reserva llena	226	días
Reserva húmeda	91	días
Reserva vacía	43	días
Reserva vacía en verano	43	días

Fuente elaboración propia. Datos (IDEAM, 2010)

Donde:

Evtp: evapotranspiración potencial o de referencia

Evtpe: evapotranspiración

I: Índice de calor anual

a: parámetro

Pp: precipitación media mensual

Tm: temperatura media mensual

De acuerdo a los resultados arrojados por el método utilizado dentro del balance hídrico se puede observar en el Cuadro 11 que la reserva llena se da a lo largo de la mayoría de los días del año encontrándose un déficit o escasez de agua solo para unos pocos días, en total 43, por lo que se garantiza una cantidad suficiente de agua en el suelo por varios meses en el año.

2.5 PROBLEMÁTICA ENCONTRADA

El bajo o nulo nivel en el caudal de las corrientes de agua alrededor de la subcuenca Timbío Alto, evidencia un problema latente de escasez de agua a futuro, en donde se verán afectadas las comunidades asentadas sobre la subcuenca y la población que habita aguas abajo del río beneficiada con este recurso. A continuación se mencionan los diferentes problemas de relevancia que se presentan en la subcuenca.

2.5.1 Mal uso del agua

La comunidad asentada sobre la subcuenca no hace buen uso de las fuentes de agua y en general de éste recurso, desde el punto de vista que no limita la intervención del ganado a los nacimientos, quebradas y río Timbío. Las fuentes de agua sirven de abrevaderos ocasionando así que se contamine el agua, y el deterioro de la vegetación a lo largo de las corrientes. De igual manera se hacen vertidos de aguas servidas sin tratamiento alguno, y los sistemas de almacenamiento como pozos sépticos no se hallan en condiciones adecuadas por lo que ocurre filtración y llegada de los flujos a las fuentes de agua.

La desinformación y falta de concientización de las comunidades aguas abajo del río Timbío, principalmente los usuarios del acueducto, contribuyen al deterioro y contaminación de las fuentes de agua. Este caso se aprecia en ciertos lugares de la ribera del río en donde contaminación es generada por los visitantes. Sumado a ésto la comunidad del casco urbano no hace buen uso del agua generando mayor demanda y exigiendo un mayor caudal para el abastecimiento del acueducto.

La disminución del caudal y pérdida del mismo en algunas corrientes de agua, evidencia un problema latente de escasez de agua en el futuro viéndose afectados todos los que hacen uso de éste recurso.

2.5.2 Pérdida de la cobertura vegetal

Los bosques son esenciales para el agua dulce, estos filtran y limpian el agua, amortiguan las lluvias fuertes que de otra manera erosionarían los suelos, y mantienen en su lugar los bancos de los ríos,

con sus profundos sistemas de raíces, los árboles son capaces de extraer agua de zonas profundas del suelo contribuyendo así al ciclo hidrológico.

La subcuenca Timbío Alto presenta un alto grado de deforestación, el cual ha venido en aumento al incrementarse las prácticas pecuarias. Alrededor de toda la subcuenca el sistema de pastoreo extensivo ha limitado el recurso forestal a unos cuantos árboles. Sobre las márgenes de las quebradas se evidencia un elevado deterioro de los bosques y en algunos casos difíciles de recuperar.

2.5.3 Amenazas por erosión

A causa de la alta tasa de deforestación los suelos han quedado desprovistos de cobertura vegetal capaz de protegerlos de las amenazas por erosión, tal como ocurre con los sectores en que presenta erosión hídrica y erosión por infiltración, problema que amenaza con la vida de los habitantes de la zona al estar expuestos a un latente peligro de deslizamientos y derrumbes. Sumado a esto el mal manejo de los cultivos, al no desarrollarse de manera tecnificada y talando todos los árboles en busca de un terreno cultivable, y las actividades pecuarias que se han ido incrementando de tal manera que es la fuente económica predominante.

2.5.4 Falta de un sistema meteorológico

Es difícil determinar las características climáticas de la subcuenca, debido a que no se cuenta con una estación meteorológica que permita hacerlo y tanto las autoridades ambientales como los municipios beneficiados con el recurso hídrico no se hallan al tanto de las condiciones de la subcuenca.

2.5.5 Falta determinación de calidad del agua

El agua que emana de la roca en el punto denominado El Salado, es de características diferentes al agua de río Timbío. La calidad del agua del río Timbío no se ha definido mediante análisis físico – químico ni microbiológico, sólo posee una caracterización biológica, pero como es sabido ésta no proporciona un buen criterio para determinar si el agua es apta o no para ser potabilizada y posteriormente consumida por las personas.

2.5.6 Falta de seguimiento al caudal del río

Existe deficiencia en la determinación del caudal que fluye por el río Timbío, la empresa de acueducto no posee datos resientes que permitan determinar la disminución o aumento en el caudal del río y por tanto la cantidad de agua que se toma en la captación y el proceso de potabilización y distribución por lo que no se puede garantizar si se han disminuido las paridas y se esta cumpliendo la reducción de las mismas.

3 ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.1 PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL AGUA

Dentro de los esquemas de ordenamiento territorial de los municipios de Timbío y Sotará y para la corporación autónoma regional del Cauca, CRC, las zonas ocupadas por los nacimientos de la subcuenca Timbío Alto deben incluirse como área de protección especial⁹. Al ser unas zonas productoras de agua para los dos municipios y para la gran cuenca del Patía.

Con el fin de detener la constante disminución del agua en los nacimientos y en general en toda la subcuenca se plantea limitar la deforestación por medio de planes de repoblamiento forestal con vegetación autóctona que no altere las condiciones del suelo, dispuesta a una ronda hidráulica no mínima de 30 metros en la ribera de los nacimientos, quebradas y río, establecida por la norma y sobre terrenos adquiridos en los que la reforestación se debe hacer en su totalidad.

Extraer el agua para el ganado por medio de tuberías hasta pozos ubicados a una distancia considerable con el fin de evitar que los animales tengan contacto directo con las fuentes de agua. De igual manera construir cercos que limiten el acceso del ganado hasta las fuentes.

Adecuar los posos sépticos receptores del agua residual de las baterías sanitarias para que capten el agua de los lavaderos, lavaplatos y duchas y se evite verterlos a las fuentes de agua.

Dar a conocer por parte de la comunidad a la autoridad municipal competente, la necesidad de un acueducto que garantice agua apta para consumo humano.

Implementar planes de educación ambiental a los usuarios del acueducto, la población urbana del municipio de Timbío, con el fin de concientizarlos en el uso adecuado del recurso agua.

Implementar un plan de sendero ecológico a lo largo de las orillas de río Timbío que limite el acceso de animales y personas, con el fin de conservar las orillas y evitar problemas de erosión y generación de contaminación para el agua.

Realizara mediciones de calidad del agua antes de la captación para determinar las características fisicoquímicas, su cambio y determinar las causas que lo generan.

Realizar mediciones del caudal en el río Timbío, aguas arriba de la bocatoma, constantemente y hacer el seguimiento si disminuye o aumenta con el fin de determinar las causas de los cambios.

⁹ Decreto ley 2811 de 1974 en su artículo 308. Es área de manejo especial la que se delimita para administración, manejo y protección del ambiente y de los recursos naturales renovables (Legis , 2010).

3.2 PROBLEMAS RELACIONADOS CON EL SUELO

Incluir a las veredas El Salado-Las Estrellas y a Las Estrellas dentro del Comité local para la prevención y atención de desastres CLOPAD¹⁰, al encontrarse en potencial peligro por los deslizamientos y derrumbes que se presentan en la zona.

Implementar sistemas silvopastoriles en las fincas ganaderas que beneficien la producción del ganado y favorezcan la protección del suelo.

Implementar planes de repoblamiento forestal en concordancia con las necesidades de los suelos y sin alterar la ecología existente.

Proponer planes de educación ambiental, que concienticen a la comunidad del uso del suelo liderados por la alcaldía municipal de Timbío y Sotará, EMTIMBIO E.S.P y la CRC.

Implementar técnicas de protección biológica para el suelo utilizando elementos como textiles orgánicos y la plantación de material vegetal protector de los lugares erosionados. Utilizar los residuos orgánicos de las viviendas en la recuperación del suelo.

¹⁰ Decreto 919 de 1989 Por el cual se organiza el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones (CEMPRE, 2010).

4 PLAN DE ACCIÓN

En el plan de acción se muestran una serie de propuestas que dan una posible solución a la problemática que se presenta en la subcuenca Timbío Alto y se fundamenta en el manejo y preservación de la misma, en donde se involucra a la comunidad de las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas del municipio de Sotaró, los usuarios del acueducto en la cabecera municipal de Timbío y la empresa prestadora del servicio de acueducto municipal de Timbío, EMTIMBIO E.S.P. Para cumplir tal fin a continuación se proponen y definen una serie de temáticas de forma general pero que pueden servir de base en el desarrollo de proyectos en beneficio de la subcuenca. Se indica un cronograma de actividades y define el presupuesto necesario para llevar a cabo el plan de acción.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE ACTORES INVOLUCRADOS

4.1.1 Clasificación de los actores

Cuadro 12. Actores involucrados de manera directa en el proyecto

ACTORES DIRECTOS EN EL PROYECTO		
Grupo	Representante	Prioridad
Cabecera municipal de Timbío	Juntas de acción comunal	A
Habitantes de la subcuenca	Juntas de acción comunal	A
Empresa prestadora del servicio	Gerente	A
Alcaldía municipal de Timbío	Alcalde municipal	B
Alcaldía municipal de Sotaró	Alcalde municipal	B
Fundación pro Río Las Piedras	Delegados	B
CRC	Contratistas	B
Universidad del Cauca	Programa de ingeniería Forestal	B

Fuente elaboración propia

En el Cuadro 12 se presentan los grupos involucradas de forma directa con el plan de acción, y son aquellos que se ven beneficiadas con el agua proveniente de la subcuenca, como son los habitantes de la cabecera municipal de Timbío y los habitantes de las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas, municipio de Sotaró; y la empresa prestadora del servicio de acueducto de Timbío EMTIMBIO E.S.P, al ser ésta la que capta el agua y la pone a disposición de las comunidades beneficiadas. Se califican con un grado de prioridad “A”, con lo que se pretende mostrar que son los que se verían altamente afectados si el recurso agua entrará en decadencia en la subcuenca.

Se espera que la alcaldía de los municipios de Timbío y Sotaró, la CRC, la fundación pro Río Las Piedras y la Universidad del Cauca, representada por el programa de Ingeniería Forestal trabajen conjuntamente para garantizar el desarrollo del plan de acción. Teniendo en cuenta que poseen los conocimientos necesarios respecto al manejo y mejoramiento de las fuentes de agua. Se designan con un grado de prioridad “B” ya que como entidades no tienen contacto directo con el recurso agua,

pero son agentes determinantes en la colaboración en los diferentes procesos a llevar a cabo dentro del plan de acción.

Cuadro 13. Actores involucrados de manera indirecta en el proyecto

ACTORES INDIRECTO EN EL PROYECTO		
Grupo	Representante	Prioridad
Comerciante fin de semana en Timbío		C
Visitantes días de comercio municipio de Timbío		C

Fuente elaboración propia

En el Cuadro 13 se indican dos grupos involucrados de manera indirecta en el desarrollo del plan de acción, en los que se distinguen los comerciantes y visitantes al casco urbano de Timbío en el fin de semana, ya que son los viernes y sábados los días de mercado, días en que hay bastante afluencia de la comunidad de la zona rural del municipio de Timbío y municipios aledaños y comerciantes de otras regiones que disponen sus productos en la galería, plaza de ferias y matadero del casco urbano. Se definen como actores indirectos porque hacen uso del agua proveniente de la subcuenca de manera ocasional. Se califican en un grado de prioridad "C" porque no se pueden congregarse para darles a conocer las temáticas dentro del plan de acción y no se cuenta con su participación activa en las diferentes actividades.

4.1.2 Divulgación

Se pretende llegar a la comunidad por medio de charlas, talleres y eventos, todos de manera didáctica pretendiendo despertar el interés de las personas y entidades beneficiadas con el desarrollo del plan de acción.

Se brindarán capacitaciones a los funcionarios de la empresa de acueducto EMTIMBIO E.S.P sobre las diferentes temáticas que se llevará a cabo en la subcuenca, para que así, estos que son los que tienen contacto directo con la comunidad beneficiada, les den a conocer. Tal información se deberá disponer en medios impresos (carteleras, cartillas) y se dispondrá a la vista de todo el casco urbano del municipio de Timbío.

Se mediará con los presidentes de la junta de acción comunal de las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas, para tener acceso a la comunidad y dar a conocer las temáticas propuestas. Se utilizarán capacitaciones y talleres llevando a la comunidad la importancia de la protección de las fuentes de agua, se darán a conocer videos y lecturas, que serán socializadas teniendo como prioridad la aceptación de las personas.

Además de la divulgación realizada por los actores involucrados se deben utilizar los diferentes medios de comunicación garantizando que llegue el mensaje a todo el que esté interesado en el manejo y protección de la subcuenca y quien considere se vea beneficiado.

4.1.3 Participación de los actores

Las comunidades asentadas sobre la subcuenca y los habitantes de la cabecera municipal de Timbío, beneficiados con el agua, deben unir esfuerzos con el fin de proteger las fuentes de agua haciendo uso racional de este recurso.

Teniendo en cuenta las necesidades de las comunidades beneficiadas con el agua de la subcuenca, se plantea la implementación de planes de educación ambiental y se muestran aspectos que despierten el interés de las personas por proteger las fuentes.

Uso racional del recurso agua

Se proponen talleres educativos que tengan como objetivo principal la protección de las fuentes de agua y el uso racional de las mismas. Los talleres serán dirigidos a los habitantes de la subcuenca y a los usuarios del acueducto, la cabecera municipal de Timbío. Se realizarán capacitaciones a los funcionarios de la empresa de acueducto EMTIMBIO E.S.P y a la junta de acción comunal de las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas para que divulguen la información relacionada con los talleres a los respectivos habitantes.

Se utilizarán cartillas que contengan temas como la reutilización del agua, su utilización de manera eficiente en el hogar no generando desperdicios, evitar su contaminación y contribuir a proteger los nacimientos. Serán distribuidas en los claustros educativos para que sean socializados con los estudiantes y cada uno lleve el mensaje a su casa.

Se recomienda se disponga de carteleras en puntos de interés turístico a la orilla del río y en el punto El Salado para que las personas no dejen residuos sólidos en estos lugares y así se evite la contaminación y deterioro del agua.

Para los usuarios del acueducto en el fin de semana se propone se distribuyan panfletos y se den mensajes en las calles con la colaboración de personas capacitadas en el área de la recreación.

4.2 PROGRAMA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA

Durante el desarrollo de este trabajo se ha evidenciado que el recurso agua es el mayor afectado con las prácticas pecuarias y agrícolas de la parte alta de la subcuenca, además de los desperdicios que se presentan entre los usuarios del acueducto. Desde este punto de vista preexiste la necesidad de implementar mecanismos de protección de las fuentes abastecedoras del río Timbío y en general el mismo río.

En los casos en que se necesita repoblamiento forestal se hace sobre las zonas implicadas directamente con la producción y conservación del agua, en las zonas que presenta un alto grado de erosión y en 60 hectárea que deberán ser adquiridas por ser zonas estratégicas en la restauración y conservación de las fuentes de agua.

4.2.1 Sendero ecológico sobre la margen del río Timbío

El paisaje que se logra apreciar a orillas del río Timbío está compuesto por diversidad vegetal y animal, lo que lo hace un sitio de interés turístico; además de esto se puede apreciar las construcciones del acueducto (bocatoma, tuberías). Se recomienda que sobre la margen izquierda del río se disponga un sendero ecológico que permita a los visitantes apreciar el paisaje natural y que garantice el acceso hacia las veredas El Salado-Las Estrellas y Las Estrellas para las personas que lo utilizan como vía de comunicación sin que se genere impacto negativo con el continuo paso.

Dentro del sendero se pueden construir diversos escenarios que permitan identificar y observar el paisaje y hábitat de la fauna establecida, también dar cabida a actividades lúdicas de permanencia y transición. Los espacios para tal fin deben ser determinados con el apoyo de la comunidad mediante recorridos ecológicos a lo largo de la margen del río y la realización de reuniones con la participación activa de los pobladores y personal interesado.

Se propone se construya 1km de sendero ecológico, desde el punto denominado El Salado, hasta 1km aguas abajo del río. Se tiene en cuenta que en general la pendiente del terreno es de bastante baja (0 a 15%) lo que facilita la construcción del sendero ecológico.

La construcción del sendero se hace a base de materiales fáciles de conseguir y de manejar: se utiliza una subbase en roca muerta para el mejoramiento del suelo y base en recebo compactado mecánico. En los lugares en que la pendiente supera el rango mencionado se sugiere se construya una escaleras en rellenas con roca que permita la buena marcha de los visitantes. A lo largo de la margen derecha del sendero se plantarán árboles que servirán como cercas vivas e impedirán el acceso de personas y animales al río.

De igual manera se recomienda que la infraestructura de la bocatoma posea cercos que impidan el paso de animales a la corriente de agua evitando así posible contaminación. Tal encerramiento se puede hacer mediante técnicas agroforestales como cercas viva, arboles en linderos, contribuyendo de esta manera a la protección y conservación del río antes de la bocatoma.

Con el fin de promover la participación de las personas se promoverán salidas ecoturísticas en donde podrán visitar los lugares ya sea a pie o en caballo y además pasar ratos de sano esparcimiento.

4.2.2 Implementación de abrevaderos para el ganado

Los habitantes de la subcuenca hacen uso del agua proveniente de los nacimientos para su abastecimiento diario (alimentación, aseo) y para el ganado. Se recomienda con el fin de proteger las fuentes de agua un sistema de abrevaderos en el cual se coloquen 70 bebederos.

Para el caso de las fincas ganaderas sobre la subcuenca, los abrevaderos se pueden ubicar a una distancia de 100 metros en el sentido de la pendiente, utilizando mangueras como medio de

conducción del agua. En la zona ésta práctica se ve favorecida por la pendiente la cual permite un flujo por gravedad.

Se recomienda la construcción de tanques en cemento de dimensiones variables teniendo en cuenta el número de reces que se abastecen y la ubicación del abrevadero. Se debe disponer de grifos que controlen el flujo de agua desde los nacimientos hasta el tanque y la conducción de la misma debe hacerse por medio de mangueras o tubos en PVC enterradas para evitar que se deterioren rápido y logrando así un tiempo considerable de durabilidad. Se recomienda que los dueños de las fincas donde se instales los bebederos estén pendientes de los accesorios y en general de toda la infraestructura del sistema, con el fin de evitar que se generen desperdicios del agua, por daños o porque los grifos no se hallan bien cerrados. Se recomienda que solo se de paso al agua cuando es necesario para que no se presenten desperdicios.

4.2.3 Conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal

La subcuenca presenta sectores con cobertura vegetal que ameritan protección, es el caso de las fuentes de agua en sus cabeceras que cuentan con una densa capa arbórea. Por otro lado, existen zonas en donde no hay cobertura vegetal y se deben plantar árboles. Para este caso se emplearán diferentes sistemas de repoblamiento forestal adecuados y acordes tanto con el sistema ecológico de la zona como con las necesidades de los actores interesados.

Al respecto de las zonas que ameritan protección especial en la subcuenca, Portilla (2007) menciona “la zona de protección absoluta se encuentra en la parte alta y en espacios de difícil acceso dentro de las zonas de bosque Alto Andino, con temperaturas entre 12° a 22 °C, suelos limoarenoso con poco drenaje y pendientes mayores al 55%.”

Tecnologías agroforestales

Las tecnologías agroforestales comprenden una serie de arreglos de las especies vegetales, que permiten delimitar los espacios de interés a proteger. Algunos ecosistemas degradados logran recuperarse por medios naturales al ser eliminado el factor causante de la degradación (por ejemplo fuego, sobrepastoreo o tala) a este tipo de intervención se le denomina restauración pasiva (Calle, 2003). Bajo estos términos se pueden implementar diferentes tipos de tecnologías agroforestales establecidas de manera armoniosa con el entorno, sin afectar los intereses de los pobladores y evitando ocasionar un impacto negativo, además teniendo como finalidad primordial la necesidad que se presenta en cuanto a la protección de las fuentes de agua.

Cercas vivas: Para limitar el acceso del ganado a las fuentes de agua se propone la construcción de cercas vivas a lado y lado de las corrientes de agua a una margen no mínima de 30 metros, de esta manera se protege las fuentes de agua de la deforestación y la contaminación y se cumple con la norma establecida para la ronda hidráulica en las corrientes. Además, representan beneficios a la comunidad sirviendo como linderos, son zonas de albergue para los animales prestando sombra, son

fuentes de leña y carbón, además son hábitat para diversidad faunística que contribuye al esparcimiento de semillas y por tanto un continuo proceso de reforestación.

La cerca viva es una o varias líneas de especies leñosas¹¹ que restringen el paso de las personas y animales a una propiedad o parte de ella. Ésta tecnología tiene disposición horizontal del componente vegetal (filas que siguen el límite del lote o linderos de las fincas) y disposición vertical en la que el componente vegetal es biestratificado o multiestratificado. En algunas ocasiones se alternan con especies no leñosas¹² (Ospina, 2003).

En los puntos a lo largo de las corrientes de agua donde se cuenta con cercas muertas, se recomienda la plantación de árboles para tener una cerca mixta y que garantice beneficios a los animales y a las personas.

En el Anexo H se hace mención a las especies de árboles predominantes en la subcuenca Timbío Alto y que se pueden utilizar dentro de las diferentes tecnologías agroforestales planteadas dentro del plan de acción, sin embargo, se han considerado otras especies no identificadas en la zona pero que se producen en lugares con altura y clima semejantes a los de la subcuenca, mencionados en el Anexo I. A continuación se presenta la descripción de algunas especies de árboles para ser utilizadas en sistemas agroforestales:

Acacia forrajera (*Leucaena*): Es una leguminosa la cual se adapta bien a la zona seca, con suelos ligeramente ácidos, presenta buena adaptación a regímenes de baja precipitación. Es importante en el trópico bajo por su alto rendimiento, calidad nutricional y gran adaptación. Es una especie fijadora de nitrógeno, apta para recuperación de suelos y control de erosión. Se puede manejar como cerca viva, banco de proteína, arbusto para ramoneo o árbol para sombra. También como abono verde y como ingrediente en dietas para cerdos y aves (Castillo & Martines, 2009). La acacia forrajera no se encuentra en la subcuenca pero como se muestra en el Anexo I, es una planta que crece a alturas entre los 2000 y 2800m.s.n.m, además, de poseer raíces profundas que permitirían el arraigamiento den el suelo y evitar posiblemente de esta manera que el terreno a orillas de los nacimientos y quebradas seda y se generen deslizamientos o derrumbes.

¹¹ Desde el punto de vista de la botánica, las especies vegetales leñosas (leñoso del latín *lignous*) son aquellas que poseen lignina en sus tejidos y derivados oxigenados de la celulosa, xilenas, entre otras que le brindan consistencia rígida. El ciclo de vida de estas especies es superior a dos años. Se clasifican en árboles (vegetal leñoso superior a 5.0m) y arbusto (vegetal leñoso menor a 5.0m) (Ospina, 2003).

¹²En botánica, el término más aproximado a las no leñosas, es hierba. La botánica manifiesta que la hierba (del latín *herba*) posee tejido vegetal poco o no lignificado, no presentan consistencia rígida, tienen porte bajo y su nivel de vida es por lo general menor a un año o un poco superior a él (Ospina, 2003).

Chachafruto (*Erythrina edulis*): Es un árbol de mediana elevación (8 a 10 m), cuyo tronco presenta aguijones, sus frutos son comestibles. Crece bien en suelos franco-arcillosos y de drenaje deficiente. Se puede reproducir por medio de semillas o por estacas (Pérez, 1996). Esta especie se encuentra en la subcuenca de manera abundante y su fruto es utilizado en principio como alimento para las personas, al presentarse en alta concentración se podría utilizar dentro de los programas de reforestación.

Lechero (*Euphorbia spp*): Crece de estacas largas hasta de 1.5m de altura, lo siembran mucho en linderos, es propio de climas cálidos pero se puede extender a climas fríos (Pérez, 1996). El lechero es bastante abundante en la zona y es utilizado como cerca viva; dentro del plan de reforestación se recomienda por su fácil adaptación y fácil accesibilidad.

Laurel (*Myrica pubescens*): Es un árbol de rápido crecimiento, resistente y adaptable, que coloniza áreas con suelos pobres y erosionados. Esto la convierte en una especie ideal para la restauración ambiental en lugares que han sido degradados (OPEPA, 2010). En la subcuenca el laurel no es tan común como en épocas anteriores; su importancia como fuente de combustión ha llevado a que sea utilizado como leña llegando al punto de disminuir en gran cantidad el número de ejemplares. En este momento es utilizado como árbol para la protección de las fuentes de agua.

Encenillo (*Weinmannia tomentosa*): Son árboles del bosque andino o subandino que crecen a más de 2000m.s.n.m. Son utilizados para leña y para cercos. Cuando los troncos están bien formados son buenos para evitar la erosión por acción del agua, el viento y el suelo. Esta especie se presenta de manera abundante en la subcuenca y es utilizado como leña, cerca viva, madera y uso medicinal.

La disposición de las cercas vivas se puede visualizar en la Figura 23, igual mente se observa la utilización de alambre de púa.

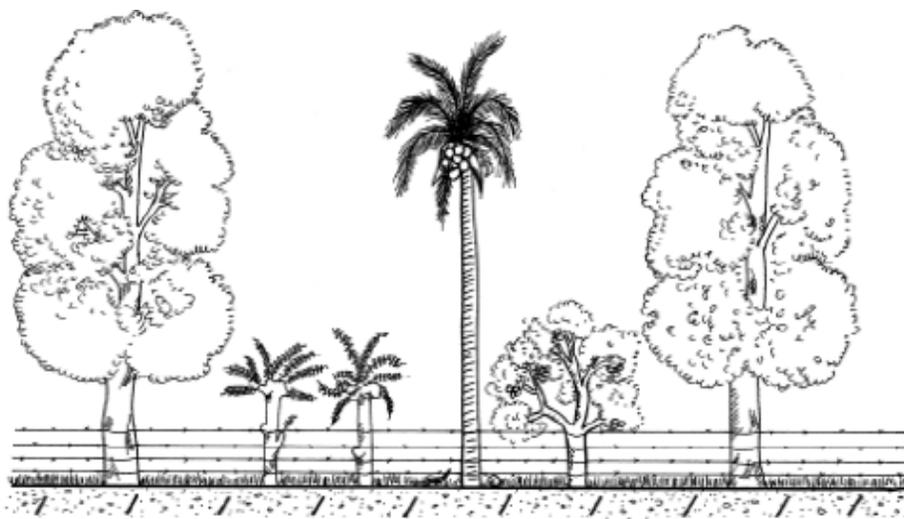


Figura 23. Esquema de cercas vivas

Fuente (Ospina, 2003)

Árboles en linderos: Las diferentes fincas alrededor de la subcuenca se hallan limitadas por cercas muertas, construidas con alambre de púa, en algunos casos se presenta un sistema alterno de cercas muertas y vivas, en los casos en que los linderos se disponen alrededor de las fuentes de agua se recomienda emplear el sistema de árboles en linderos. De esta manera se aprovecharán los espacios para reforestación, además de servir como albergue a especies animales y sombra para el ganado.

Árboles en linderos son especies leñosas que demarcan límites internos y externos entre fincas y lotes. Pueden estar asociados con ecosistemas, cultivos agrícolas, pasturas y animales. Su función principal es demarcar límites. Además generar varios productos y servicios (frutales, maderas, forraje, sombra, embellecimiento de fincas y caminos verdes). El componente vegetal leñoso es zonal, generalmente en filas, siguiendo el borde de lotes, fincas y caminos rurales; la disposición vertical es biestratificada o multiestratificada (Ospina, 2003). El sistema árboles en linderos se puede apreciar en la Figura 24.

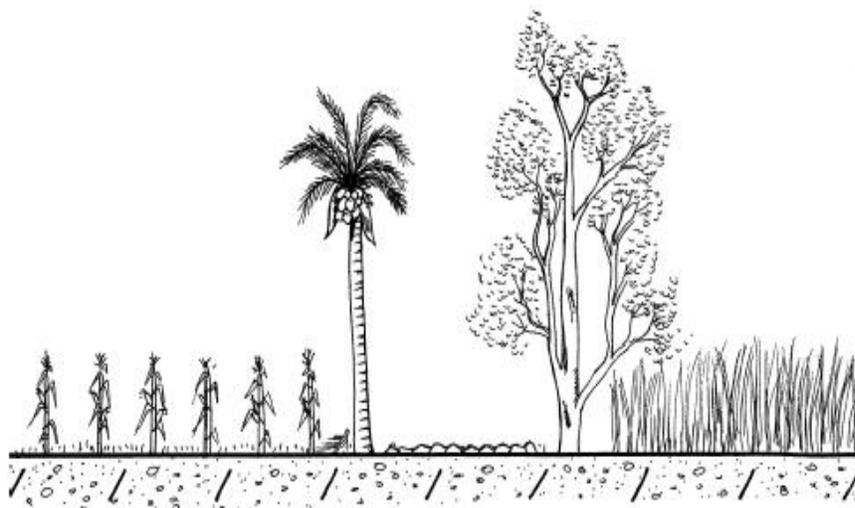


Figura 24. Esquema de árboles en linderos

Fuente (Ospina, 2003)

Las especies vegetales a utilizar se presentan a continuación, y se tiene en cuenta que algunas de éstas se hallan sobre la subcuenca.

Cedro de montaña (*Cedrela montana*): Es uno de los árboles más majestuosos y de mayor porte en los bosques de clima frío. Alcanza una altura de 35m, el diámetro máximo del tronco a la altura del pecho es 2m. Se distribuye entre los 1600 y 2800m.s.n.m. El tronco de los ejemplares maduros es recto y grueso y la copa muy amplia. Sus ramas suelen albergar auténticos jardines de bromeliáceas, helechos y orquídeas. Gracias a estas características, el cedro ha sido apreciado como ornamental y se han conservado algunos viejos ejemplares en fincas y en las plazas centrales de varios pueblos. Sin embargo, son muchos más los que han sido talados, ya que la madera es una de las mejores, siendo muy empleada en la construcción de viviendas y en ebanistería. Es una especie botánica de la familia de las meliáceas, una de las mejores maderas (OPEPA, 2010). De esta especie no hay reportes que

muestran su existencia en la actualidad en la subcuenca, pero al ser una especie de clima frío posiblemente en épocas anteriores pudo existir, pero es tal el grado de deterioro de los árboles en la zona que ya no se logran apreciar ejemplares.

Nogal (*Cordia alliodora*): Crece mejor en las zonas de vida bosque Húmedo Tropical y bosque Muy húmedo Tropical donde el rango de la precipitación media anual es desde 1000 a 4000mm y la temperatura media anual es 25°C. El rango altitudinal del Nogal se extiende, desde casi el nivel del mar en varios países hasta una elevación de 1900 metros en las tierras altas de Colombia. Es una de las mejores especies plantadas en áreas de reforestación en Colombia (Bermudez, 2006). Según CONIF (1996) citado por Ospina (2003) en zonas cafeteras (1500-3000m.s.n.m, 18 a 25 °C) de Risaralda, Colombia, hileras de árboles de nogal o laurel son utilizadas para producir madera y demarcar fincas, lotes en fincas, orillas de caminos o carreteras. En la subcuenca no se cuenta con gran concentración de esta especie de árboles, por lo que se hace necesario que se introduzca de otros lugares para los procesos de repoblamiento vegetal.

Plantación en las riberas: El objetivo de esta tecnología es recuperar el paisaje primitivo, por medio de restauración vegetativa, en las orillas de los nacimientos, quebradas y río Timbío.

Al respecto Gómez (2008) menciona “Este tipo de intervención es la plantación de vegetación riparia en las proximidades del cauce, sin haber corregido previamente la causa de su desaparición. Dicha desaparición en muchos casos se debe a la falta de humedad en el suelo, a la presencia de material edáfico no apropiado (escombros, basuras, tierras de relleno arcilloso, con yesos, etc.), al paso periódico de ganado o, simplemente, al régimen de caudales circulante, incapaz de mantener una vegetación de ribera adecuada. Las plantaciones realizadas en estos casos tienen que ser artificialmente mantenidas (riegos periódicos, drenajes, enmiendas del suelo, etc.) y en muchas ocasiones, constantemente renovadas

Las especies a utilizar para la protección de las fuentes de agua deben tener características habitacionales semejantes a las de la subcuenca, de acuerdo a esto, se seleccionan las siguientes especies:

Sauce (*Salix Humboldtiana*): Árbol mediano, normalmente puede alcanzar 15 a 16 metros de altura y 50 a 60 centímetros de diámetro en el tronco. Se distribuye a lo largo de las corrientes de agua. Crece bien entre los 1400 y 2400m.s.n.m. se reconoce su copa estrecha y el color verde claro de su follaje. Es de longevidad corta, pierde vigor después de unos pocos años. Es importante como estabilizador y protector de las márgenes de los ríos y quebradas, o como colonizador en programas de recuperación de áreas deforestadas (Morales & Varón, 2009). En la subcuenca el sauce es utilizado como árbol protector de la fuentes de agua, se encuentran en baja concentración por lo que se necesita el repoblamiento con esta especie en los nacimientos.

Duraznillo (*Abatia parviflora*): El duraznillo es una especie propia de bosques secundarios y de sitios donde la vegetación está en regeneración. Es común a orillas de caminos y a lo largo de cursos de

agua. Al igual que otras especies de árboles pioneros de rápido desarrollo, parece tener una vida relativamente corta. Su forma de crecimiento es muy distintiva, pues el árbol es alto y tiene una copa globosa poco amplia, lo que le da una apariencia general alargada (OPEPA, 2010). El duraznillo no se encuentra en la subcuenca pero es una especie que es fácil de adaptarse en altitudes entre los 2200 y 3000m.s.n.m, además es muy importante en la conservación de las fuentes de agua.

Caucho (Ficus soatensis): Árbol grande, puede alcanzar hasta 30m de altura y tronco de 2m de diámetro. Exudan látex blanco y denso en todas sus partes. Producen raíces aéreas que nacen del tallo y las ramas. En Colombia se distribuye desde los 0 hasta los 1800m.s.n.m, en zonas húmedas o secas. Éste no debe confundirse con el árbol de caucho industrial (*Ficus elástica*). Es importante que se plante como árbol dominante de áreas verdes amplias, cercos, laderas, margen de ríos y quebradas, donde puede extenderse sin ninguna restricción (Morales & Varón, 2009). Pérez (1996) menciona al respecto: esta especie sirve para parques y caminos, su sistema de raíces hace que sean precisos para la protección de las orillas de los ríos. Ocupan bastante espacio y sus raíces son bastante profundas (Pérez, 1996). Esta especie no se encuentra en la subcuenca pero su introducción es muy importante porque contribuiría a la protección de las fuentes de agua.

Arboloco (Polimnia pyramidalis): Se halla distribuido en los andes colombianos entre 1300 y 2800m.s.n.m, donde crece comúnmente sobre derrumbes, bordes de carreteras y en lotes de cultivo. Es de rápido crecimiento y proporciona madera útil (Calle, 2003). El arboloco se puede adaptar en la zona, aunque no se encuentra puede proteger las fuentes de agua.

Nacedero (Trichanthera guigantea): También es llamado madre de agua lo que significa que crece en los nacimientos de agua, desde los 30 a los 1800m.s.n.m. Se utiliza como barrera rompeviento y como cerca viva y en linderos para fijar el alambre. Se cree que aumenta los manantiales (Pérez, 1996). En la zona existen lugares en donde los habitantes han sembrado árboles nacedero con el fin de proteger las fuentes de agua.

Caña brava (Arundo donax): Se puede utilizar como material para tabiques, techos, cercos y para fabricación de canastos y escobas. Se pueden disponer los rompevientos de las huertas, es un óptimo elemento para contener el suelo y defender de la erosión las orillas de los estanques y quebradas (Pérez, 1996). Esta especie no se halla en la zona de estudio, se recomienda su plantación hacia las partes bajas de la subcuenca, aguas arriba de la bocatoma y alrededor de ésta.

La *guadua (Bambusa guadua)* es una especie de bambú con tallos de gran diámetro y altura considerable. La *guadua* requiere de precipitaciones superiores a 1000mm al año. Se desarrolla a alturas entre 0 y 2000m.s.n.m, el óptimo desarrollo se logra entre los 900 y 1600m.s.n.m. Se puede utilizar para el control de la erosión de las riberas de las corrientes, gracias a su sistema radicular, además puede utilizarse como materia prima para la construcción (Suárez, 2001).

Se recomienda se planten especies de bambú (caña brava y guadua) antes de la bocatoma a unos 200 metros con el fin de proteger esa zona y servir como materia prima para la construcción, evitando así la intervención sobre las especies nativas.

4.3 PROGRAMA PROTECCIÓN Y CONSERVACIÓN DEL SUELO

En la subcuenca el suelo presenta principalmente problemas de erosión. Con el fin de contrarrestar esta situación se plantean técnicas que resultan económicas y accesibles para la comunidad interesada. Algunas de esas técnicas tienen que ver con el control del agua de escorrentías, técnicas agroforestales y dentro de éstas se debe dar importancia a los sistemas silvopastoriles, al contar con suelos en su mayoría cubiertos por pastizales. Al igual que para la conservación de las fuentes de agua la cobertura vegetal tiene gran importancia para evitar el constante deterioro del suelo, además son adecuadas a las necesidades de las comunidades para la producción pecuaria y agrícola y como prevención para los eventuales desastres naturales que se puedan presentar a causa de deslizamientos y derrumbes.

Para Gómez (2008) la erosión se refiere al desplazamiento de partículas, o masas de suelo, proceso que comparte tres acciones consecutivas: extracción, transporte y sedimentación de los materiales.

Considerando que la zona presenta una elevada pendiente (25 a 50% y aún mayores), se traen a colación tecnologías agroforestales y biológicas acordes con el terreno y que contribuyan a la protección del suelo.

4.3.1 Protección del suelo mediante el control del agua de escorrentías

Este sistema se define como el arte de mantener la fertilidad de las tierras y retenerlas en un sitio, con el objeto de que las aguas lluvias, la gravedad, los sistemas de cultivos y el viento no los arrastren pendiente abajo (Prieto, 2002).

Las escorrentías arrastran fragmentos de suelo suelto favorecido por las altas pendientes de la subcuenca, contaminando las fuentes de agua y erosionando el suelo. A continuación se presentan diferentes técnicas para garantizar el control de las escorrentías y las especies de árboles a utilizar para tal fin.

Cultivos en franjas alternas

Se ha visto que los cultivos en la subcuenca no tienen gran auge, sin embargo, las pocas áreas cultivables deben ser trabajadas con técnicas que no alteren la estabilidad del terreno y eviten la erosión.

El cultivo en franjas o bandas alternas consiste en plantar fajas en los terrenos pendientes, más o menos anchas, de plantas que crecen muy juntas con pastos o cultivos densos que no necesitan frecuente remoción del suelo las cuales se alternen con cultivos limpios tales como por ejemplo el

maíz. De esta manera las fajas de cultivos densos o protectores, detienen el suelo deslavado de los cultivos limpios, ayudan a la infiltración y quitan velocidad y masa a las corrientes (Prieto, 2002). La disposición de esta tecnología se puede visualizar en la Figura 25.

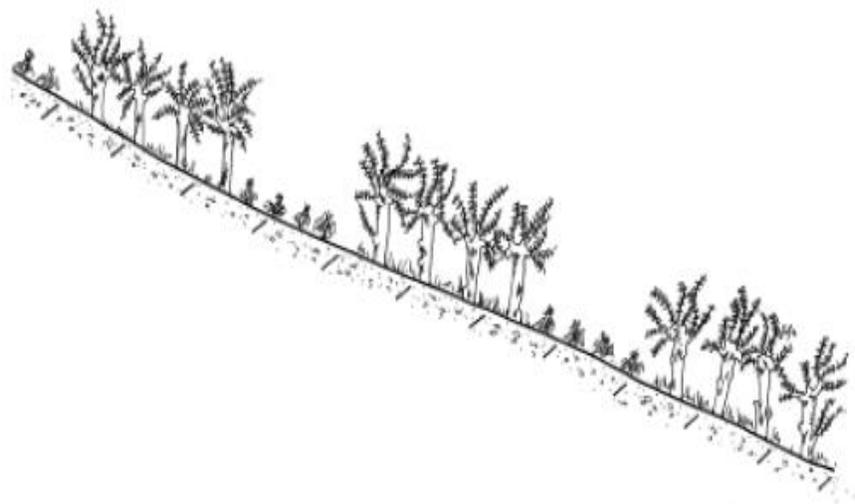


Figura 25. Esquema de cultivos en fajas

Fuente (Ospina, 2003)

Esta técnica contribuye a reducir el agua y viento que inducen a la erosión del suelo, reduce el transporte de sedimentos y contaminantes del agua, incrementa la infiltración y mantiene la humedad, protege cultivos de las partículas del viento y contribuye a la protección de la calidad del agua, en la medida en que evita grandes cargas de sedimentos.

Se recomienda que alterno a los cultivos se plante la especie *Inga*, la cual además de proporcionar fruta, brinda arraigamiento del suelo por su sistema de raíces y sombrío.

Guamo (*Inga spectabilis*): El género inga tienen importancia particular en la flora por encerrarse en él muchos árboles de sombrío, rompevientos y fijadores de suelo. Particularmente el óptimo sombrío de los cafetales se obtiene en Colombia por los guamos (Pérez, 1996). El guamo se presenta en la zona con el fin de ser utilizado como mecanismo de sombrío para el ganado y cerco vivo, su concentración es abundante y se puede tomar de las especies existentes para ser utilizados en las zonas de cultivo.

Drenaje superficial

Apreciando la problemática generada por los movimientos en masa (deslizamientos y derrumbes) de la zona, se considera el diseño de drenajes en las partes altas de los derrumbes y deslizamientos, puntos donde estos tipos de erosión se originan.

Para Suárez (2001) el objetivo principal del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud, reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar la escorrentía, tanto del talud como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a

un sitio seguro. El agua de escorrentía debe en lo posible, desviarse antes de que penetre el área cercana a la corona del talud. Esto puede lograrse con zanjas interceptoras en la parte alta del talud o canal de desviación.

Canales desviadores del flujo arriba del talud: Son canales que se construyen arriba del corte de la vía o estructura, con el objeto de desviar completamente la escorrentía y alejarla lo más posible de la estructura o talud. Estos canales ayudan a disminuir el riesgo de surcos y cárcavas sobre la superficie del talud. El canal desviador no debe construirse muy cerca al borde superior del talud, para evitar que se conviertan en el comienzo y guía de un deslizamiento en cortes recientes o de una nueva superficie de falla (movimiento regresivo) en deslizamientos ya producidos; o se produzca la falla desde la corona del talud o escarpe. Se recomienda que los canales sean totalmente impermeabilizados, así como debe proveerse una suficiente pendiente para garantizar un rápido drenaje del agua captada (Suárez, 2001).

Prieto (2002) denomina los canales de desviación de flujo del talud, acequias de ladera, y menciona que son eficientes zanjas de interceptación, las cuales son cortos canales que se construyen a través de la pendiente. Se consideran canales con 30cm de ancho de base inferior, 0.50m de base superior y 0.30m de profundidad (se tiene en cuenta la inclinación del talud).

Para este aspecto se debe contar con mano de obra, puede ser la misma comunidad la que participe ya que no se necesita de personal calificado, además que el trabajo se puede realizar con herramienta convencional. En la Figura 26 se indica la posición y forma del canal desviador de flujo. Esta técnica se recomienda sea utilizada en las zonas que se hallan en eminente peligro de deslizamientos o derrumbes y previo a esto se haga un diagnóstico de la condición actual.

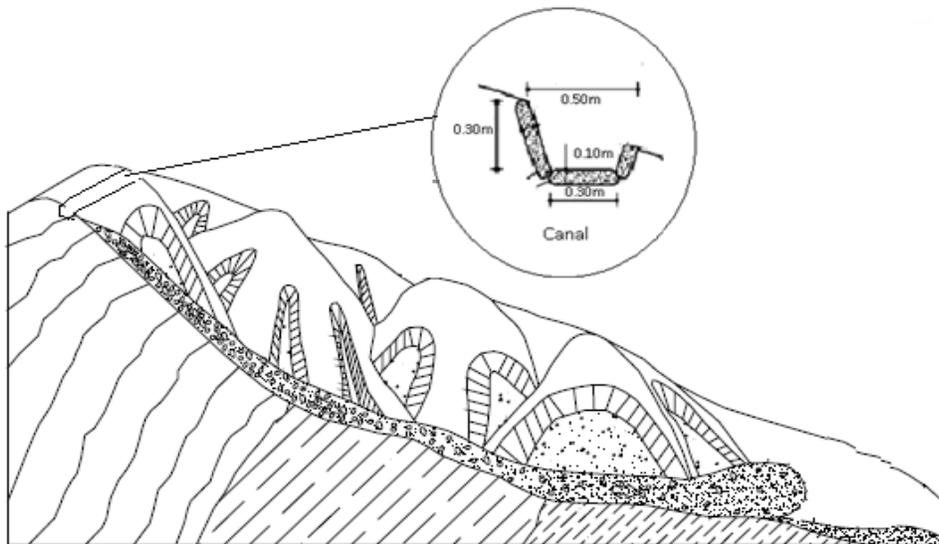


Figura 26. Esquema cuneta de coronación

Fuente (Suárez, 2001)

4.3.2 Implementación de técnicas agroforestales

Como se ha venido mencionando las técnicas agroforestales representan una alternativa económica y accesible para los actores interesados. Por medio de estas técnicas se logran la restauración del suelo y se limitan los procesos de los diferentes tipos de erosión que se presenten en la zona. En esta parte se tiene en cuenta el término agrofloristería la cual incluye una serie de sistemas de uso de la tierra en los cuales diferentes especies leñosas perennes (árboles y arbustos) se cultivan en asociación con plantas herbáceas (cultivos, pastos) y/o producción animal (ganado) en arreglos espaciales y temporales variados. Los principios de la agricultura, la ganadería y la silvicultura se combinan para aumentar la productividad de la tierra conservando los suelos, las aguas y la vegetación (Calle, 2003).

Suárez (2001) afirma respecto de la vegetación y la erosión “un bosque denso suministra protección al suelo contra la erosión. El follaje impide la erosión por lluvia y demora la escorrentía, disminuyendo las velocidades y caudales. La acumulación de residuos vegetales forma un colchón protector muy eficiente y la cobertura de las raíces evita la formación de cárcavas y la profundización de los cauces de las cañadas. La tala de un bosque desestabiliza el equilibrio existente y se puede producir un proceso acelerado de erosión de características catastróficas especialmente en áreas de montaña”.

Árboles en contornos o terrazas: Son especies leñosas dispersas en curvas de nivel o dispuestas en terrazas en áreas de ladera de distinta magnitud que retienen el suelo con su sistema de raíces, mientras bajo su cobertura se desarrollan cultivos agrícolas transitorios o pasturas de corte. Su función principal es conservar los suelos en áreas de pendientes mediante el control de la erosión hídrica. Las especies leñosas brindan otros productos y servicios como abonos verdes, frutas, maderas, leña, forraje, sombrío, diversificación del paisaje, etc. Esta tecnología permite arreglo temporal simultáneo o intermitente. La disposición horizontal del componente vegetal mezclado (filas o tresbolillo). La disposición vertical del componente vegetal es biestratificada (Ospina, 2003). La disposición del sistema se ilustra en la Figura 27. Se recomienda ésta técnica para las 60 hectáreas adquiridas para reforestación y en las fincas en donde hay colaboración de los propietarios.

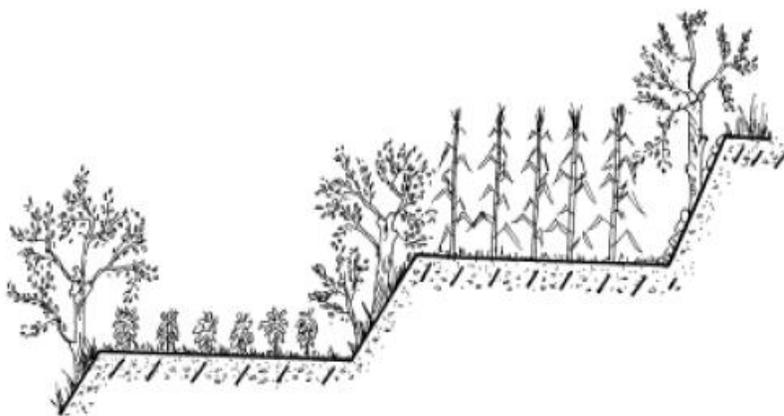


Figura 27. Esquema árboles en terrazas

Fuente (Ospina, 2003)

Lote multipropósito: Es la asociación de leñosas multipropósito o leñosas maderables con leñosas de otro uso (forrajeras y frutales). La madera de esta técnica se destina principalmente al abastecimiento familiar (leñas, postes, tablas, vigas). La condición técnica para ser incluidas en agroforestería es que sean pequeñas áreas en donde especies para leñas, producción de carbón vegetal o postes se encuentren en asocio con pasturas, cultivos agrícolas u otra vegetación natural. Su función principal es proveer leña o madera de distintos usos. Adicionalmente puede generar otros productos como forrajes y frutas y brindar servicio como acumulación de CO₂, liberación de oxígeno, delimitación de áreas, protección de suelos inestables y barrera rompe viento. Esta tecnología presenta arreglo temporal simultáneo. La disposición horizontal del componente vegetal es mezclado o zonal (cuadros, rectángulos, tresbolillo). La disposición vertical del componente vegetal es multiestratificada (Ospina, 2003).

Este sistema favorecerá la demanda de leña, carbón y madera de los habitantes de la subcuenca limitando así la explotación de la vegetación a orillas de los nacimientos, quebradas y del río Timbío. De igual manera no ocasionará impacto negativo sobre los pastos pues su distribución para efectos de las fincas alrededor de la subcuenca puede ser zonal. Esta técnica se recomienda para las 60 hectáreas a reforestar, en los lugares donde se observan suelos inestables (sitios con problemas de remoción en masa o derrumbes) y en las fincas que deseen participar dentro del programa de reforestación. En la Figura 28 se ilustra el sistema de lotes multipropósito y se muestra que se puede disponer en terrenos con pendientes pronunciadas.



Figura 28. Esquema lote multipropósito

Fuente (Ospina, 2003)

Dentro de las técnicas agroforestales se pueden utilizar los siguientes árboles:

Acacia (*Acacia melanoxylon*): Llamada así por el color negro del corazón de su madera. Es un árbol libre crecimiento piramidal. Se adaptan fácilmente a climas fríos, son de fácil crecimiento, denso follaje y durable, resistente al mal trato y poda brava (Pérez, 1996). En la subcuenca no se encuentran ejemplares de esta especie pero se puede utilizar dentro de las técnicas agroforestales porque pertenece a alturas entre los 2000-2800m.s.n.m, además será muy ventajoso para la protección contra los diferentes tipos de erosión ya que su sistema de raíces es bastante profundo.

Chilca (*Baccharis latifolia*): Arbusto que crece en zonas despejadas o bordes de camino. Presenta unas espectaculares flores blancas. Su característico follaje verde grisáceo plateado es muy dentado. El chilca, conocido por su facultad a adaptarse al suelo salado, se plantará de forma aislada o en grupo y también mezclado en setos o macizos (Mendoza & Ramírez, 2000). El chilco se da en la zona en una alta concentración y es utilizado como cerco vivo, madera, alimentación para el ganado y fuente de leña. Se pueden utilizar las especies existentes para llevar a cabo el repoblamiento forestal.

Chocho (*Erythrina rubrinervia*): El chocho tiene varias características propias de plantas originarias de zonas secas. Entre ellas están los aguijones que salen de su tronco y el follaje que se cae completamente y es renovado todos los años. En efecto, el chocho puede ser encontrado en algunos restos de bosques secos de montaña en compañía de especies como el dividivi (*Caesalpinia*) y los arrayanes (*Myrcianthes*, *Myrcia*). Sin embargo, también se adapta a zonas húmedas, casi desde el nivel del mar hasta unos 2600m.s.n.m (OPEPA, 2010). Esta especie no se halla en la zona, pero se recomienda porque su mecanismo de enraizamiento profundo lo que hace importante para contrarrestar los procesos de erosión, además que se adapta a alturas ente los 1300-2500m.s.n.m que son características de la zona en estudio.

Chachafruto (*Erythrina edulis*): Es un árbol de mediana elevación (8 a 10 m), cuyo tronco presenta aguijones, sus frutos son comestibles. Se crece bien en suelos franco-arcillosos y de drenaje deficiente. Se puede reproducir por medio de semillas o por estacas (Pérez, 1996).

Sauce (*Salix Humboldtiana*): Árbol mediano, normalmente puede alcanzar 15 a 16 metros de altura y 50 a 60 centímetros de diámetro en el tronco. Se distribuye a lo largo de las corrientes de agua. Crece bien entre los 1400 y 2400m.s.n.m. se reconoce su copa estrecha y el color verde claro de su follaje. Es de longevidad corta, pierde vigor después de unos pocos años. Es importante como estabilizador y protector de las márgenes de los ríos y quebradas, o como colonizador en programas de recuperación de áreas deforestadas (Morales & Varón, 2009).

Arrayán (*Myrcia popayanenses*): Árbol mediano, puede alcanzar hasta 16m de altura y 25cm de diámetro en su tronco. Se distribuye en las tres cordilleras de lo Colombia, entre 1600 y 2900m.s.n.m. el arrayán es uno de los árboles de porte medio más característicos de las zonas frías, se encuentra espontáneo a lo largo de las fuentes de agua y como generador de sombra en potreros. No es caducifolio y renueva sus hojas conservando aun las más viejas es de crecimiento medio a lento y

muy longevo (Morales & Varón, 2009). El arrayán ya no es tan abundante, los pobladores lo han ido talando con el fin de aprovechar los terrenos para actividades pecuarias y extracción de carbón y leña. En estos momentos es usado para sombrío del ganado y extracción de leña y madera y su fruto como alimentación humana.

Tiras de vegetación en contorno: Son fajas angostas de especies leñosas y no leñosas mezcladas, plantadas en contornos de pendientes y asociadas con cultivos agrícolas o pasturas como se ilustra en la Figura 29. Su función principal es proteger y establecer el suelo (debido a las raíces apretadas, cobertura viva del suelo y estructura aérea de los componentes vegetales) de procesos de erosión hídrica o eólica con pendiente moderada. Adicionalmente producen frutos, leña, madera, forraje, abonos verdes y plantas aromáticas, además de diversificar el paisaje y brindar alimento y refugio a las especies silvestres. Esta tecnología presenta arreglo temporal simultáneo o intermitente. La disposición temporal del componente vegetal leñoso es zonal y en fajas. La disposición vertical más frecuente es biestratificada (Ospina, 2003).

Esta técnica se recomienda para las partes medias de la subcuenca donde la pendiente disminuye un poco (20 al 45%) y en los predios adquiridos para la reforestación.

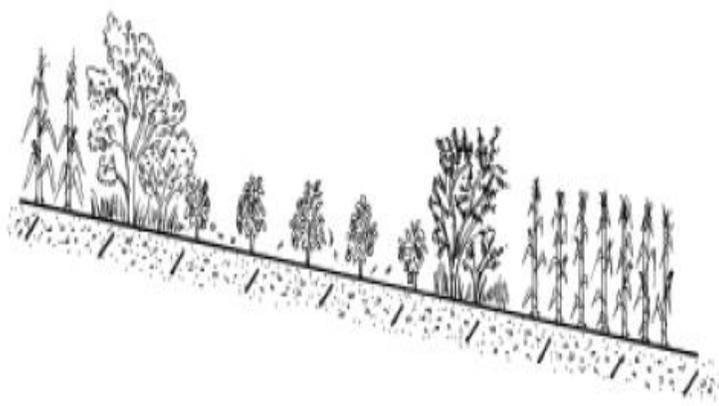


Figura 29. Esquema de tiras de vegetación en contorno

Fuente (Ospina, 2003)

Sistemas agroforestales pecuarios

Es importante recordar que la subcuenca Timbío Alto, está ocupada en su mayoría por fincas destinadas a la explotación pecuaria (para la producción de leche y crías) ocupando un renglón de gran importancia en la economía de la zona. Con el fin de no alterar esta situación y teniendo en cuenta la aceptación de la comunidad, se propone un sistema agroforestal pecuario integrando la importancia de conservación de las fuentes de agua, el suelo y la productividad ganadera.

Árboles en pasturas: Para garantizar un cambio paulatino del paisaje y de las condiciones actuales de la vegetación alrededor de la subcuenca, se recomienda sembrar árboles en diferentes puntos de los

potreros lo que garantizará una reforestación sin alterar los intereses de los pobladores en cuanto al deterioro de sus pastos.

Árboles en pasturas, son especies leñosas en pastos o leguminosas forrajeras rastreras. Los árboles y arbustos son plantados en arreglos diversos en pasturas o son ecosistemas manejados en donde animales pastorean permanentemente, en rotación o por temporadas. Su función principal es aumentar la productividad del sistema al reducir el estrés calórico de plantas y animales, mediante sombrero parcial de leñosas y generación de productos varios (forraje, frutas, madera, leña). Además ésta tecnología contribuye a la mejora de las condiciones del suelo; las especies leñosas contribuyen a la fijación del nitrógeno atmosférico y fósforo, mejorando así las condiciones de vida del suelo, diversificación del paisaje y refugio y alimentación a la avifauna. Esta tecnología presenta arreglo temporal simultáneo. La disposición del componente vegetal leñoso es principalmente mezclada y ocasionalmente zonal. La disposición vertical del componente vegetal es biestratificada o multiestratificada (Ospina, 2003). En la Figura 30 se puede apreciar el tipo de arreglo de árboles en pasturas.

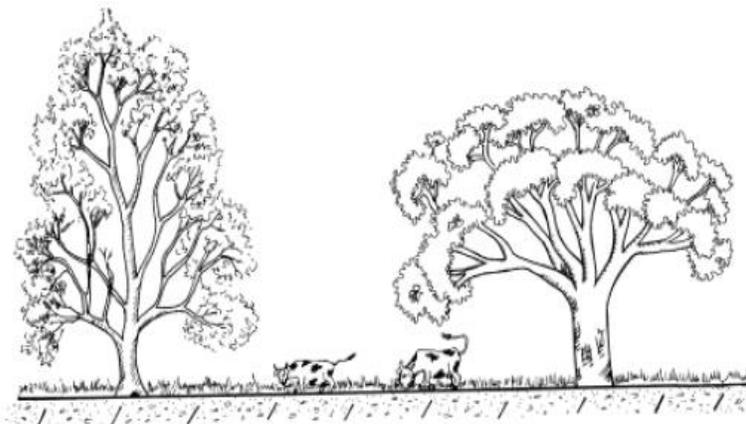


Figura 30. Esquema árboles en pasturas

Fuente (Ospina, 2003)

Es importante tener en cuenta que los frutos de algunos árboles pueden servir de alimento al ganado contribuyendo a su nutrición y a garantizar un mecanismo de dispersión de semillas. Al respecto Calle menciona “es importante además tener en cuenta que al consumir ciertos frutos, el ganado puede constituirse en un mecanismo efectivo de dispersión de las semillas, siempre y cuando ésta no sea destruida durante los procesos de masticación y digestión” (Calle, 2003)

Esta técnica se recomienda en todas las fincas que tengan disponibilidad para la reforestación de la subcuenca y en los predios adquiridos, ya que no representa impacto negativo en los sistemas de pastoreos al no abarcar toda el área destinada a los potreros si no que al contrario es considerado un sistema de ayuda en producción ganadera y en el mejoramiento de los suelos.

Los árboles que se pueden plantar sobre los potreros deben poseer las características adecuadas, en cuanto a adaptación (en lo posible árboles de las condiciones climáticas del lugar), accesibilidad y facilidad de plantar. A continuación se presentan algunas especies leñosas para hacer el repoblamiento en los potreros.

En general para los sistemas agroforestales se recomiendan las siguientes especies de árboles, teniendo en cuenta sus características de adaptabilidad semejantes a las de la subcuenca.

Nogal (*Cordia alliodora*): Crece mejor en las zonas de vida bosque Húmedo Tropical y bosque Muy húmedo Tropical donde el rango de la precipitación media anual es desde 1000 a 4000 mm y la temperatura media anual es 25 °C. El rango altitudinal del Nogal se extiende, desde casi el nivel del mar en varios países hasta una elevación de 1900 metros en las tierras altas de Colombia. Es una de las mejores especies plantadas en áreas de reforestación en Colombia (Bermudez, 2006).

Esta especie se encuentra hacia las partes medias y bajas de la subcuenca en baja concentración, pues anteriormente era utilizado para la extracción de carbón (afirmación de los habitantes). Es una alternativa para la reforestación en los potreros pues se cultivaría por medio de semillas que pueden ser tomadas de los ejemplares existentes.

Roble (*Quercus Humboldtiana*): Árbol grande que puede alcanzar hasta 30m de altura. Originario de los Andes colombianos y Panamá. Se encuentra de 1800 a 3000m.s.n.m en zonas húmedas a pluviales. Son frondosos e imponentes, muy longevos, caducifolio por periodos cortos. Es común encontrarlos a orillas de quebradas; puede usarse para sombra o en programas de enriquecimiento de bosques o para dar continuidad a los remanentes de los bosques (Morales & Varón, 2009). El roble era una fuente importante de carbón, madera y leña. Se ha ido evitando su deterioro por lo que hoy se pueden encontrar varios ejemplares de esta especie en la subcuenca.

4.3.3 Implementación de sistemas de protección biológicos

Las zonas que en el momento presentan deslizamientos y derrumbes pueden ser restauradas, por medio de materiales que controlan la erosión, fáciles de conseguir y que se hallan al alcance de los habitantes de la subcuenca y pueden ser fácilmente implementados por la comunidad.

Textiles orgánicos

Dentro de estos se encuentran los tejidos de Fique que son los más comunes de acuerdo a su accesibilidad y fácil manejo. El fique es un tejido natural de origen tropical, de alta resistencia a la tensión y gran capacidad de absorción de agua, con la cual se fabrican tejidos y sogas. Los tejidos se utilizan como Mulching¹³ o capa protectora para el establecimiento de la vegetación. Estas telas son

¹³ El "Mulching" es un material o capa de paja u otro material que se utiliza para la protección de las semillas o la vegetación durante el proceso de germinación, del efecto negativo de la energía de la

muy utilizadas en Colombia para la protección de taludes contra la erosión. De acuerdo a la experiencia colombiana se acostumbra colocar debajo del manto de fique un lodo fertilizado, el cual está compuesto por tierra orgánica, tierra arcillosa, estolones picados de gramíneas, semillas de gramíneas predominantes en la región, fertilizantes químicos y un hidrorretenedor de agua. Una vez colocado el lodo fertilizante sobre el talud en un espesor de aproximadamente un centímetro se procede a colocar el biomanto de fique, el cual se fija al talud mediante gancho (pueden ser ramas en forma de gancho o estacas de madera que terminen en cuñas) (Suárez, 2001).

Al respecto Montoya (2006) menciona, los textiles orgánicos pueden ser temporales o permanentes, de acuerdo a las condiciones del sitio donde se deseen implementar. Su función principal es frenar la erosión superficial. Simultáneamente favorece la germinación y crecimiento de la vegetación a través de él, creándose un microclima. Son utilizados en aplicaciones donde la vegetación por sí sola no provee la suficiente protección contra la erosión. Su durabilidad depende de la topografía y de las condiciones climáticas de la zona.

El mismo autor comenta que se debe disponer de un manto de lodos fertilizados bajo el textil orgánico, el cual pose los nutrientes y semillas apropiadas para permitir un establecimiento de la vegetación de manera óptima. Igualmente se debe contar con anclajes que permitirán el adecuado contacto entre el suelo y el manto. Para el anclaje se puede disponer de estacas de madera que tengan terminación en cuña.

Disponiendo del lodo fertilizado previamente preparado ya sea con materias primas (tierra, nutrientes) del lugar o de otra zona se puede hacer la provisión para que bajo el manto de fique se pueda plantar pasto kikuyo, el cual es una gramínea que se halla en la región y que puede contribuir a la restauración del suelo erosionado. Al respecto Suárez (2001) menciona: el Kikuyo o (*Pennisetum Clandestinum*) es una de las gramíneas más comunes y más adaptables a los climas fríos. Toleran las sequías, tienen raíces profundas, por lo que son muy utilizadas para el control de la erosión. Su crecimiento es muy rápido y tiene muy buena cobertura de la raíz semiprofunda y estructura de estolón fuerte. Esta especie se propaga vegetativamente por medio de estolones o mediante semilla. Crece muy bien en suelo de textura arcillosa y es resistente al pisoteo.

De esta manera se recuperaría gran parte los suelos afectados por la erosión que ha surgido en algunos terrenos y se disminuiría el riesgo de sufrir movimientos en masa.

4.3.4 Colocación de nutrientes en el suelo

Los suelos alterados o pobres en nutrientes pueden ser mejorados utilizando elementos orgánicos para permitir el establecimiento de la vegetación. Los suelos con bajo contenido de nutrientes

lluvia, el viento, de los rayos del sol y los depredadores. El espesor de la capa de Mulching depende de las necesidades de humedad y protección (Suárez, 2001).

orgánicos tienen poblaciones muy bajas de hongos y bacterias que se requieren para una producción vegetal exitosa (Suárez, 2001).

Con el fin de contribuir a la nutrición del suelo en la subcuenca, obtención de pastos y cultivos de buena calidad, se proponen técnicas viables y al alcance de la comunidad. Teniendo en cuenta que la comunidad hace disposición final de los residuos orgánicos, vertiéndolos a los nacimientos, se aconsejan técnicas como el compost, utilización de residuos orgánicos y usos de leguminosas las cuales contribuyen a la recuperación de nutrientes del suelo y desde luego a su conservación.

Compost

El compost es un subproducto de la descomposición de las basuras domésticas orgánicas, el cual se utiliza como nutriente para el suelo. También se puede obtener compost como subproducto de la madera o la paja (Suárez, 2001).

El Compost es uno de los mejores abonos orgánicos que se puede obtener en forma fácil y que permite mantener la fertilidad de los suelos con excelentes resultados en el rendimiento de los cultivos. Es el resultado de un proceso controlado de descomposición de materiales orgánicos debido a la actividad de alimentación de diferentes organismos del suelo (bacterias, hongos, lombrices, ácaros, insectos, etc.) en presencia de aire (oxígeno). El abono compostado es un producto estable, sanitariamente neutro, con un contenido Carbono/Nitrogeno (C/N 10-15), PH neutro, que se le llama humus (Fiad, 2009).

Usos de las leguminosas

La siembra de leguminosas se usa para mejorar las estructuras del suelo, aireación y para movimiento de agua. Las leguminosas adicionalmente ayudan a la fijación del nitrógeno y a la modificación de la estructura del suelo (Suárez, 2001).

Especies como la Acacia forrajera (*Leucaena*), Chocho (*Erytrina rubrinervia*) y Guamo (*Inga spectabilis*).

Se recomienda que estos ejemplares sean plantados sobre las zonas cultivadas ya que no alteraran el ciclo normal de la siembra y de manera zonal sobre las fincas ganaderas, teniendo como finalidad la restauración de la composición nutricional del suelo y la protección del mismo ante eventos generadores de erosión.

Usos de residuos de origen animal y vegetal

Los residuos descompuestos de origen animal como estiércol o la gallinaza contienen altos niveles de nutrientes en una forma de complejo químico y biológico beneficioso para el crecimiento de los microorganismos de especies nativas (Suárez, 2001).

El estiércol proveniente del metabolismo del ganado puede ser utilizado, disponiéndolo en las zonas de cultivos y permitiendo así el crecimiento de microorganismos. De la misma forma cuando se realicen las limpias se hagan a un lado del arado la materia vegetal removida y se evite hacer quemas de estos.

4.4 ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA

Muy pocas personas -médicos y autoridades sanitarias incluidas- son realmente conscientes de la importancia que tiene la calidad del agua para la salud. Al punto que muchas de las actuales enfermedades podrían evitarse simplemente bebiendo agua viva y estructurada en lugar de esa agua muerta, desestructurada y a veces contaminada -incluyendo la que lleva cloro como desinfectante- que hoy tomamos. Un problema que incluye a la mayor parte de las aguas minerales que se comercializan hoy día. El agua que se capta para ser tratada y dispuesta a la población del casco urbano de Timbío no posee un análisis fisicoquímico y microbiológico que garantice si se puede tomar como agua de consumo humano por lo que se hace necesario se hagan muestreo de manera continua y determinen las características que garanticen que puede ser tomada y potabilizada.

4.5 AFOROS EN EL RÍO TIMBÍO

Con el fin de determinar la variación en el caudal en el río Timbío, agua arriba de la bocatoma, se hace necesario determinar la cantidad de agua que fluye en el río por lo cual se propone se realicen aforos continuos y se haga seguimiento para determinar la variabilidad en la cantidad del agua que es captada en la bocatoma.

4.6 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se programa la realización del proyecto para un periodo de 24 meses y determinando los diferentes objetivos a alcanzar y las actividades correspondientes. En el Cuadro 14 se muestran las diferentes actividades a realizar y se destina para cada una un determinado número de meses para poder llegar a lograr cumplirlas en su totalidad.

4.7 PRESUPUESTO

Se define un presupuesto por actividad teniendo en cuenta el recurso para su realización, indicados en el Anexo F y se determina el presupuesto total por cada actividad señalado en la Cuadro 15.

Cuadro 14. Cronograma de objetivos y actividades

		CRONOGRAMA PLAN DE ACCIÓN																							
Objetivos	Actividades	Meses																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Identificación y participación de actores	Divulgación	X	X	X																					
	Participación de los actores	X		X	X	X	X	X	X	X				X	X	X	X	X	X	X	X				
Programa conservación y preservación de las fuentes de agua	Sendero ecológico	X			X	X	X																		
	Diseño de abrevaderos	X				X	X	X	X																
	Conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal	X				X	X	X	X	X	X														
Programa conservación y preservación del suelo	Protección del suelo mediante el control del agua de escorrentías	X					X	X	X							X	X	X	X						
	Implementación de técnicas agroforestales	X				X	X	X	X	X							X	X	X	X	X				
	Implementación de sistemas de protección biológicos	X						X	X	X	X	X	X												
	Colocación de nutrientes en el suelo	X								X	X	X	X	X	X	X	X								
Análisis de calidad de agua	Toma y análisis de calidad del agua	X			X			X			X			X			X			X			X	X	
Aforos	Determinación del caudal del río	X		X		X		X		X		X		X		X		X		X		X	X	X	
Seguimiento y Evaluación	Control	X		X	X	X		X		X	X	X		X		X	X		X	X		X	X	X	
	Evaluación	X	X		X		X		X		X		X	X	X		X	X		X		X		X	

Fuente elaboración propia

Cuadro 15. Presupuesto

Detalle	ACTIVIDAD													Costo Total (Pesos)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Divulgación y Capacitación	2.000.000	340.000	-	-	-	-	340.000	-	765.000	-	-	595.000	-	4.040.000
Terrenos	-	-	-	-	-	15.000.000	165.000.000	-	-	-	-	-	-	180.000.000
Insumos	-	450.000	20.039.500	12.425.000	21.512.500	21.794.000	58.316.000	2.023.000	2.641.400	4069800	-	-	-	144.271.200
Mano de obra calificada	510.000	1.700.000	2.645.000	791.000	680.000	1.105.000	2.550.000	1.105.000	1.105.000	765.000	1.020.000	10.425.000	-	24.401.000
Mano de obra no calificada	-	-	750.000	750.000	2.000.000	1.575.000	2.875.000	500.000	450.000	-	-	-	4.505.000	13.405.000
Equipos y Herramientas	600.000	700.000	650.000	9.000.000	450.000	-	6.000.000	600.000	1.680.000	-	600.000	-	-	20.280.000
Diagnostico	170.000	850.000	-	-	170.000	255.000	425.000	340.000	425.000	-	-	6.035.000	-	8.670.000
Transporte	600.000	2.400.000	3.750.000	10.000.000	8.100.000	5.000.000	15.000.000	1.245.000	2.690.000	180.000	240.000	-	-	49.205.000
Viáticos	1.000.000	5.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	1.000.000	2.000.000	1.000.000	3.000.000	-	-	-	-	16.000.000
Total	4.880.000	12.440.000	28.834.500	33.966.000	33.912.500	45.729.000	252.506.000	6.813.000	12.756.400	5.014.800	1.860.000	17.055.000	4.505.000	460.272.200

Fuente elaboración propia

1. Divulgación
2. Participación de los actores
3. Sendero ecológico
4. Diseño de abrevaderos
5. Conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal
6. Protección del suelo mediante control de aguas de escorrentía
7. Implementación de técnicas agroforestales
8. Implementación de sistemas de protección biológicos
9. Colocación de nutrientes en el suelo
10. Análisis de calidad del agua
11. Aforos de caudales
12. Control
13. Evaluación

5 CONCLUSIONES

En la subcuenca Timbío Alto se identificaron diversos problemas relacionados con el recurso agua y recurso suelo. La tala indiscriminada destinada a actividades del sector pecuario representa uno de los problemas con mayor envergadura, ésta situación ha venido generando disminución en el caudal de las fuentes de agua y en algunos casos la pérdida total del flujo. La actividad pecuaria mal tecnificada ha llevado a que el ganado tenga acceso libre a las fuentes de agua lo que ha hecho que se produzca contaminación y se contribuya al deterioro de la vegetación riparia. La falta de una cubierta vegetal hace que sobre el suelo se generen diferentes tipos de erosión, ocasionando la desestabilidad de los terrenos llevando a que se ponga en peligro la vida de los habitantes de la zona; también se genera la pérdida de nutrientes llegando a si a suelos que no poseen las condiciones adecuadas como para ser cultivados. En los casos en que existen prácticas agrícolas estas al igual que con el sector pecuario se realizan de una manera no tecnificada contribuyendo al deterioro del suelo a causa de la erosión que genera principalmente la desprovisión de la capa vegetal. La falta de sistemas de manejo de las aguas residuales y residuo sólidos por parte de los habitantes de la subcuenca ha hecho que estos vayan a parar a las fuentes de agua contaminándolas. No existe análisis de calidad de agua que muestren si verdaderamente puede ser potabilizada y distribuida a la comunidad del casco urbano de Timbío además existe deficiencia en la protección de la infraestructura de la captación. La falta de una estación meteorológica impide que se tengan datos que caractericen las condiciones climatológicas de la subcuenca. Para la comunidad no se han garantizado unas vías de comunicación que faciliten el arribo a la zona por lo que deben tomar como camino la orilla del río generando así la disminución en la franja vegetal protectora.

Con el fin de contrarrestar los diferentes problemas encontrados en la subcuenca se plantearon alternativas de manejo y conservación en las que se propone intervengan tanto las comunidades beneficiadas con el recurso agua como las entidades correspondientes. Inicialmente se propone el desarrollo de programas educativos que tengan como finalidad la participación de todos los entes interesados, facilitando así bases para dar un uso eficiente al agua, posteriormente el desarrollo de sistemas que permitan la restauración de la vegetación y su conservación, tal es el caso de la utilización de sistemas agroforestales, control de aguas de escorrentías, diseño de un sendero ecológico y un sistema de abrevaderos para el ganado impidiendo de esta manera el contacto directo de los animales con las fuentes de agua, la implementación de sistemas de protección biológica y colocación de nutrientes en el suelo que permitan junto con la reforestación la recuperación de la salud del suelo y se eviten los problemas generados por la erosión.

El desarrollo de este documento tuvo como pilares la información facilitada por la CRC, las alcaldías municipales de Sotará y Timbío y principalmente la proporcionada por la empresa de acueducto, aseo y alcantarillado de Timbío, EMTIMBIO E.S.P. Junto a esto las visitas técnicas sobre la subcuenca encaminadas a visualizar su condición actual y la influencia que las prácticas económicas han generado a lo largo de mucho tiempo sobre el recurso agua y el recurso suelo, evidenciándose que

estos son los que se han visto afectados en su mayoría. De la misma forma las visitas de campo permitieron la interacción con la comunidad y la colaboración de ésta en la proporción de alguna información útil para la investigación. La búsqueda de información externa se orientó a determinar las posibles soluciones que se pueden dar a los problemas que posee actualmente la subcuenca, pudiendo determinar que existen pero se debe contar con la participación de las comunidades beneficiadas y las entidades correspondientes a cada territorio.

6 RECOMENDACIONES

Las entidades públicas están en la obligación de facilitar la información necesaria para el desarrollo de los diferentes estudios sobre el territorio que representan se realice. Se recomienda que éstas sistematicen y lleven un continuo control de los documentos sobre los cuales tienen autonomía de manejo, con el fin de que estén a disposición de las personas que los solicitan y por tanto se dispongan en dependencias en donde la comunidad tenga acceso controlado al representar estos unos documentos públicos.

La participación conjunta de las alcaldías de Sotará y Timbío es de gran relevancia en los procesos relacionados con el manejo y conservación de las fuentes de agua que a ambos benefician. La subcuenca Timbío Alto pertenece a los municipios anteriormente mencionados, el uno por poseerla y el otro por hacer uso potencial del agua, con base a esto se espera que unan esfuerzos para recuperarla y protegerla. Junto a esto se les recomienda intervengan en las necesidades de los pobladores asentadas sobre la subcuenca y se busquen soluciones, además de que se cuente con la participación de dichas comunidades al momento de hacer cualquier tipo de intervención.

Se hace necesaria la intervención de las entidades correspondientes para que se dote la subcuenca con una estación meteorológica que permita determinar las condiciones climáticas y facilite realizar el seguimiento del recurso hídrico. Sumado a esto se amerita el muestreo continuo de la calidad del agua al ser esta fuente de abastecimiento para la cabecera municipal de Timbío. A demás se hace necesario la determinación del caudal captado en la bocatoma para que se esté atento a los cambios que pueda presentar y de esta manera estar preparados para posibles periodos de sequias.

Esta investigación es de gran importancia al tratarse de la conservación de una fuente de agua que está en constante deterioro y que en poco tiempo con el acelerado crecimiento de la población beneficiada y la expansión de las actividades agrícolas y pecuarias puede desaparecer, por lo que se sugiere se trate en lo posible de desarrollar en su totalidad o en parte la metodología de protección y conservación que en este documento se plantea. De igual manera se sugiere se busque un fuente de agua diferentes como alternativa para el abastecimiento del acueducto del casco urbano de Timbío y los demás acueductos beneficiados. Por otra parte esta investigación sirve de base para el desarrollo de otros estudios sobre la subcuenca y para la realización del Ordenamiento y Manejo de la Cuenca y para el Plan de Ordenamiento Municipal.

Este trabajo de grado puede ser tomado como modelo para la realización de diagnósticos ambientales sobre cuencas hidrográficas, la identificación de necesidades y búsqueda de posibles soluciones cuando los procedimientos metodológicos, las características biofísicas, culturales y económicas de las regiones lo permitan y lo acepten.

BIBLIOGRAFÍA

Bermudez, J. C. (27 de Febrero de 2006). *El maquinado de Nogal (Cordia alliodora) crecido en Colombia*. Recuperado el 20 de Abril de 2010, de Revista: Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial: <http://www.unicauca.edu.co/biotecnologia/>

Calle, Z. (2003). *Restauración de suelos y vegetación nativa: ideas para una ganadería andina sostenible*. Cali: Apotem, Medellín.

Cárdenas, E. A. (2010). *Alternativas forrageras para clima frío en Colombia*. Recuperado el 5 de Mayo de 2010, de <http://www.cundinamarca.gov.co/cundinamarca/archivos>

Castillo, S., & Martines, J. E. (2009). *Manual práctico de reforestación*. Bogotá- Colombia: Grupo Latino Editores.

CEMPRE. (2010). *Compromiso empresarial para el reciclaje*. Recuperado el 10 de Mayo de 2010, de Normatividad ambiental vigente, Decreto 919 de 1989: <http://www.cempre.org.co>

CONIF. (1996). *Latifoliadas zona alta*. Santafé de Bogotá, Colombia: CONIF.

CRC, PDA. (2009). *Caracterización ambiental Plan Departamental de Aguas y Saneamiento Básico Departamento del Cauca*. Popayán Cauca: Tabla No 5, Subcuencas Departamento del Cauca, Cuenca Patía.

DANE. (2005). *DANE*. Recuperado el 27 de Mayo de 2010, de <http://www.dane.gov.co>

EMTIMBIO E.S.P. (2010). *Empresa prestadora de servicio de acueducto, alcantarillado y aseo Municipio de Timbío*. Timbío Cauca.

EOT Sotará. (2001). *Esquema de ordenamiento territorial*. Sotará Cauca: La Alcaldía Municipal.

EOT Timbío. (1999). *Esquema de ordenamiento territorial*. Timbío Cauca: La Alcaldía Municipal.

Estay, C. R., & Manríquez, F. A. (1996). *Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Recuperado el 16 de Mayo de 2010, de El agua no contabilizada en sistemas de producción de agua potable: <http://www.bvsde.paho.org>

FAO. (2010). *Ganadería y deforestación*. Recuperado el 15 de Mayo de 2010, de <http://www.fao.org>

Fiad, J. (2009). *Residuos Orgánicos*. Argentina: El Cid Editor.

Gómez, O. D. (2008). *Recuperación de espacios degradados*. España: Mundi-Prensa.

González, M. L. (2008). *Hidrología*. Popayán: Universidad del Cauca.

Herbas, R. C., Rivero, F., & Gonzales, A. (2006). *Indicadores biológicos de calidad del agua*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón.

IDEAM. (2010). *Instituto Hidrología, Meteorológico y Estudios Ambientales*. Recuperado el 15 de Mayo de 2010, de <http://www.ideam.gov.co>

Iriondo, M. H. (2009). *Introducción a la Geología*. Argentina: Brujas.

Legis . (2010). *Régimen legal del medio ambiente*. Bogotá: Legis S. A.

Lotero, J. (1993). *Producción y utilización de los pastizales de las zonas alto andinas de Colombia*. Quito, Ecuador: REPAAN, Quito, EC.

Mackenzie L, D., & Susan J, M. (2005). *Ingeniería y Ciencias Ambientales*. Mexico, D.F: Mc Graw Hill Interamericana.

Mendoza, H., & Ramírez, B. (2000). *Plantas con flores de la planada*. Santafé de Bogotá: Instituto Alexander Von Humboldt.

Montoya, L. C. (2006). *Procedimiento para la instalación de agrotexil proyecto INVIAS-CRC*. Popayán: CRC.

Morales, L., & Varón, T. (2009). *Árboles ornamentales en el Valle de Aburrá, elementos de manejo*. Medellín, Colombia: Area Metropolitana del Valle de Aburrá.

OPEPA. (2010). *Organización para la Educación y Protección Ambiental*. Recuperado el 13 de Junio de 2010, de <http://www.opepa.org>

Ospina, A. (2003). *Agroforestería. Aportes conceptuales, metodológicos y prácticos para el estudio agroforestal*. Santiago de Cali: Asociación de colectivo de Agroecología del suroccidente colombiano ACASOC.

Pérez, E. A. (1996). *Plantas utiles de Colombia*. Bogotá: Fondo FEN Colombia.

Porta, C. J. (2008). *Introducción a la edafología: uso y protección del suelo*. España: Mundi-Prensa.

Portilla, L. (2007). *Diagnóstico ambiental participativo de la microcuenca El Salado, Vereda El Salado - Las Estrellas, municipio de Sotará departamento del Cauca*. Pasto Colombia: Trabajo de grado, ingeniero agroforestal, universidad de Nariño, Facultad de Ciencias Agrícolas, Programa de Ingeniería Agroforestal.

Prieto, B. C. (2002). *El agua sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. Bogotá : Fundación Universidad Central.

PUEAA. (2007). *Programa de uso eficiente y ahorro de agua "siembra agua y cosecha vida"* . Timbío Cauca: EMTIMBIO E.S.P.

RAS. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*. BOGOTÁ: Ministerio de Desarrollo Económico.

Rojas, A. (2005). *Conceptos y metodología en: Proyecto de desarrollo sostenible ecoandino*. Bogotá: Gente nueva.

SISBEN. (2007). *Demografía específica municipio de Sotará zona campecina*. Sotará Cauca: Oficina de planeación municipio de Sotará.

Steinfeld, H., & Otros. (2009). *Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación*. Recuperado el 20 de Mayo de 2010, de La larga sombra del ganado problemas ambientales y opciones: <http://www.fao.org>

Suárez, D. J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

UTC. (2008). *Diagnóstico a nivel técnico e institucional en sus componentes legal, operacional, comercial financiero y organizacional de la prestación de los servicios de acueducto, alcantarillado y aseo de los departamentos Caldas, Quindío, Cauca y Nariño*. Timbío Cauca: Unión Temporal Colombiana.

Velazco, J. M. (2010). *Mapa a mano alzada Autonomía, pertenencia, conservación y vida*. Vereda El Salado - Las Estrellas municipio de Sotará: Presidente junta de acción comunal vereda El Salado - Las Estrellas.

ANEXOS

Anexo A. Población proyectada municipio de Timbío

AÑO	HABITANTES		
	TOTAL	CABECERA	RESTO
2.005	30.028	10.918	19.110
2.008	31.046	11.636	19.410
2.011	32.217	12.356	19.861
2.014	33.467	13.049	20.418
2.017	34.757	13.709	21.048
2.020	35.943	14.287	21.656

Fuente elaboración propia. Datos (DANE, 2005)

Anexo B. Población proyectada municipio de Sotará

AÑO	HABITANTES		
	TOTAL	CABECERA	RESTO
2.005	15.696	391	15.305
2.008	16.000	379	15.621
2.011	16.397	368	16.029
2.014	16.834	357	16.477
2.017	17.273	348	16.925
2.020	17.674	340	17.334

Fuente elaboración propia. Datos (DANE, 2005)

Anexo C. Registro de suscriptores

Sector	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Bajo Bajo	821	828	832	847	855	858
Bajo	1.121	1.126	1.138	1.142	1.142	1.143
Medio Bajo	398	395	393	392	390	390
Comercial	161	164	165	165	165	166
Oficial	31	30	30	30	30	30
Sumatoria	2.532	2.543	2.558	2.576	2.582	2.587

Fuente elaboración propia. Datos (PUEAA, 2007)

Anexo D. Volumen de agua facturada

Sector	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
Bajo Bajo	13.521	12.480	12.755	13.353	12.841	13.758
Bajo	24.929	22.315	23.081	23.939	22.023	23.953
Medio Bajo	10.399	9.160	9.101	9.552	8.745	9.594
Comercial	5.054	3.873	4.176	4.581	4.271	4.586
Oficial	3.996	3.358	4.170	4.604	4.926	4.417
Sumatoria	57.899	51.186	53.283	56.029	52.806	56.308

Fuente elaboración propia. Datos (PUEAA, 2007)

Anexo F. Presupuesto por actividades

Presupuesto para la divulgación

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Diagnóstico	Ing. Ambiental	Días	2	85.000	170.000
Divulgación y Capacitación	Total		1	2.000.000	2.000.000
Entrevistas con los actores	Mano de obra calificada	Días	6	85.000	510.000
	Transporte	Días	3	200.000	600.000
	Equipos y herramientas	Días	4	150.000	600.000
	Viáticos			1.000.000	1.000.000
TOTAL					4.880.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto para participación de los actores

ITEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Divulgación	Técnico	Días	4	85.000	340.000
Diagnóstico	Ing. Ambiental	Días	10	85.000	850.000
Equipos y herramientas	Alquiler	Días	14	50.000	700.000
Insumos	Cartillas	Número	200	3.000	600.000
	Videos	Número	50	5.000	250.000
	Folletos	Número	400	1.500	600.000
Mano de obra calificada	Ing. Ambiental	Días	10	85.000	850.000
	Técnico	Días	10	85.000	850.000
Transporte			30	80.000	2.400.000
Viáticos			5	1.000.000	5.000.000
TOTAL					12.440.000.00

Fuente elaboración propia

Presupuesto para el sendero ecológico

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Insumos	Localización y replaneo	m ²	1.000	2.500	2.500.000
	Descapote y limpieza	m ²	1.000	800	800.000
	Excavación	m ³	300	1.600	480.000
	Relleno de roca muerta	m ³	300	22.000	6.600.000
	Planteo cobertura vegetal		Total labor		3.602.500
	Aislamiento	Total			6.057.000
Mano de obra calificada	Diseño arquitectónico de la obra	Obra	1	1.200.000	1.200.000
	Técnico	Días	12	85.000	1.020.000
	Ing. Civil	Días	5	85.000	425.000
Mano de obra no calificada	Ayudantes	Días	30	25.000	750.000
Equipos y herramientas	Alquiler	Días	5	130.000	650.000
Transporte	Vehicular		15	130.000	1.950.000
	A hombro de mula		30	60.000	1.800.000
Viáticos	Totales		1	1.000.000	1.000.000
TOTAL					28.834.500

Fuente elaboración propia

Presupuesto para reforestar a lo largo del sendero

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Plantas + 15% reposición		Número	3.000	800	2.400.000
Fertilizantes		Kg	85	1.500	127.500
Insecticida		Kg	10	60.000	600.000
Mano de obra no calificada	Trazado	Días	2	25.000	50.000
	Ahoyado	Días	7	25.000	175.000
	Plantación	Días	10	25.000	250.000
TOTAL					3.602.500

Fuente elaboración propia

Aislamiento para el sendero

INSUMO	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Alambre	Bulto	30	80.000	2.432.000
Postes		1.500	1.000	1.500.000
Grapa	Kilo	50	2.500	125.000
Herramientas		1	1.000.000	1.000.000
Transporte		5	200.000	1.000.000
TOTAL				6.057.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto para la construcción de abrevaderos

ÍTEM	PORMENOR	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Insumos	Canoa de cemento	Número	70	95.000	6.650.000
	Manguera de 100 m	rollo	70	22.000	1.540.000
	Tubo de 1/2"	Número	140	10.000	1.400.000
	Cemento (1 bulto/Bebedero)	Bultos	70	22.000	1.540.000
	Codos (4/bebedero)	Número	280	1.000	280.000
	Arena (0,25m3/bebedero)	m3	17.5	50.000	875.000
	Pegante para PVC (0.25 onza/bebedero)	Onza	17.5	8.000	140.000
Transporte	Vehicular		30	200.000	6.000.000
	A hombro de mula		40	100.000	4.000.000
Personal no calificada		Día	30	25.000	750.000
Mano de obra calificada	Ing. Civil, día		3	85.000	255.000
	Técnico		4	49.000	196.000
	Instalación (Ingeniero/día)		4	85.000	340.000
Herramienta (alquiler/ día)			30	300.000	9.000.000
Viáticos			1	1.000.000	1.000.000
TOTAL					33.966.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto para la conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Diagnóstico	Técnico	Días	2	85.000	170.000
Insumos	Plantas + 15% reposición	Número	10.000	800	8.000.000
	Fertilizantes	Kg	225	1.500	337.500
	Insecticidas	Kg	30	60.000	1.800.000
	Alambre	Bulto	100	80.000	8.000.000
	Postes		3000	1.000	3.000.000
	Grapas	Kg	150	2.500	375.000
Mano de obra no calificada	Trazado	Días	10	25.000	250.000
	Ahoyado	Días	20	25.000	500.000
	Plantación	Días	30	25.000	750.000
	Arreglos	Días	20	25.000	500.000
Mano de obra calificada	Ing. Forestal	Días	3	85.000	255.000
	Ecólogo	Días	5	85.000	425.000
Herramientas		Alquiler/día	30	15.000	450.000
Transporte	Vehicular		30	150.000	4.500.000
	A hombro de mula		60	60.000	3.600.000
Viáticos				1.000.000	1.000.000
TOTAL					33.912.500

Fuente elaboración propia

Presupuesto para implementación de técnicas agroforestales

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Divulgación	Técnico	Días	4	85.000	340.000
Diagnóstico	Ing. Forestal	Días	5	85.000	425.000
Terrenos		Hectáreas	55	3.000.000	165.000.000
Insumos	Plantas + 15% reposición	1111/Ha	70.270	800	56.216.000
	Fertilizantes	Kg	800	1.500	1.200.000
	Insecticidas	Kg	15	60.000	900.000
Mano de obra no calificada	Trazado	Días	20	25.000	500.000
	Ahoyado	Días	45	25.000	1.125.000
	Plantación	Días	50	25.000	1.250.000
Mano de obra calificada	Ing. Forestal	Días	10	85.000	850.000
	Técnico	Días	20	85.000	1.700.000
Transporte	Vehicular		30	200.000	6.000.000
	A lomo de mula		150	60.000	9.000.000
Equipos y herramientas	Alquiler	Días	30	200.000	6.000.000
Viáticos				2.000.000	2.000.000
TOTAL					252.506.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto para el control del agua de escorrentías

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Diagnóstico	Técnico	Días	3	85.000	255.000
Terrenos	Reforestación	Hectáreas	5	3.000.000	15.000.000
Insumos (Total)	Plantas + 15% reposición	Número	3000	800	2.400.000
	Fertilizantes	Kg	60	1.500	90.000
	Insecticidas	Kg	0.9	60.000	54.000
	Alambre	Bulto	50	80.000	4.000.000
	Postes	Número	15000	1.000	15.000.000
	Grapas	Kg	100	2.500	250.000
Mano de obra calificada	Trazado	Días	5	25.000	125.000
	Ahoyado	Días	10	25.000	250.000
	Plantación	Días	20	25.000	500.000
	Anclaje	Días	15	25.000	375.000
	Preparación de las cunetas de coronación	Días	13	25.000	325.000
Mano de obra calificada	Ing. Forestal	Días	5	85.000	425.000
	Técnico	Días	8	85.000	680.000
Transporte	Vehicular		10	200.000	2.000.000
	A lomo de mula		50	60.000	3.000.000
Viáticos				1.000.000	1.000.000
TOTAL					45.729.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto para implementación de sistemas de protección bilógico

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Diagnóstico	Ing. Ambiental	Días	4	85.000	340.000
Insumos	Estolones pasto kikuyo	Bulto	20	-	-
	Gallinaza	Bulto (40Kg)	30	12.000	360.000
	Fertilizantes	Kg	30	1.500	45.000
	Insecticidas	Kg	0.3	60.000	18.000
	Costal de fique (de segunda)	Número	800	1.100	880.000
	Anclaje	Número	3600	200	720.000
Mano de obra calificada	Ing. Agrónomo	Días	3	85.000	255.000
	Técnico	Días	10	85.000	850.000
Mano de obra no calificada	Ayudantes	Días	20	25.000	500.000
Transporte	Vehicular		3	15.000	45.000
	A lomo de mula		20	60.000	1.200.000
Herramientas		Días	20	30.000	600.000
Viáticos				1.000.000	1.000.000
TOTAL					6.813.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto para la colocación de nutrientes en el suelo

SUBPROGRAMA	ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
Compost	Divulgación	Técnico	Días	2	85.000	170.000	
	Diagnóstico	Ing. Agrónomo	Días	3	85.000	255.000	
	Insumos	Gallinaza	Bulto (40Kg)		10	12.000	120.000
		Instalaciones (total)	Número		1	894.400	894.400
	Mano de obra calificad	Técnico	Días	1	85.000	85.000	
	Mano de obra no calificada	Ayudante	Días	1	25.000	250.000	
	Trasporte				3	85.000	255.000
Uso de leguminosas	Divulgación y capacitación	Técnico	Días	2	85.000	170.000	
	Insumos	Plantas + 15% reposición	Número	2.000	800	1.600.000	
		Fertilizantes	Kg	10	1.500	15.000	
		Insecticidas	Kg	0.20	60.000	12.000	
	Mano de obra calificad	Técnico	Días	2	85.000	170.000	
	Mano de obra no calificada	Ayudante	Días	8	25.000	200.000	
	Trasporte				10	150.000	1.500.000
Herramientas		Días			480.000		
Uso de residuos de origen animal y vegetal	Divulgación	Técnico	Días	5	85.000	425.000	
	Diagnóstico	Ing. Ambiental	Días	2	85.000	170.000	
	Mano de obra calificad	Técnico	Días	10	85.000	850.000	
	Trasporte				11	85.000	935.000
	Equipos y herramientas	Alquiler			8	150.000	1.200.000
Viáticos (Total)					3.000.000	3.000.000	
TOTAL						12.756.400	

Fuente elaboración propia

Presupuesto para análisis de calidad de agua

ÍTEM	ACTIVIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Toma de muestras (1toma /3meses)	Personal calificado (Técnico/día)	9	85.000	765.000
	Transporte	9	20.000	180.000
Insumos	pH (Laboratorio)	9	5.100	45.900
	SST (Sólidos suspendidos totales)	9	14.300	128.700
	Turbidez	9	5.000	45.000
	Conductividad	9	5.000	45.000
	Color	9	9.400	84.600
	Hierro total	9	39.800	358.200
	Manganeso	9	27.300	245.700
	DQO	9	38.400	345.600
	Nitritos	9	10.400	93.600
	Nitratos	9	10.400	93.600
	Dureza	9	8.200	73.800
	Cloro (demanda)	9	78.900	710.100
	Recipientes de muestreo	9	50.000	450.000
	Análisis Microbiológico	9	150.000	1.350.000
TOTAL				5.014.800

Fuente elaboración propia

Presupuesto aforos

ÍTEM	ACTIVIDAD	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Mano de obra calificada	Técnico	(1aforo/2mes)	12	85.000	1.020.000
Equipos y herramientas	Alquiler	Día	12	50.000	600.000
Transporte			12	20.000	240.000
TOTAL					1.860.000

Fuente elaboración propia

Presupuesto por cada actividad

Total actividades	Presupuesto Subtotal
Divulgación	4.880.000
Participación de los actores	12.440.000
Sendero ecológico	28.834.500
Construcción de abrevaderos	33.966.000
Conservación y repoblamiento de la cobertura vegetal a la ribera de los nacimientos	33.912.500
Protección del suelo mediante el control del agua de escorrentías	45.729.000
Implementación de técnicas agroforestales	252.506.000
Implementación de sistemas de protección biológico	6.813.000
Colocación de nutrientes en el suelo	12.756.400
Análisis de calidad del agua	5.014.800
Aforos	1.860.000
Control	17.055.000
Evaluación	4.505.000
TOTAL	460.272.200

Fuente elaboración propia

Anexo G. Matriz recurso fauna Subcuenca Timbío Alto

ESPECIE NOMBRE CIENTIFICO	NOMRE COMÚN	TIPO	USO	HABITAT	ABUNDANCIA
<i>Cavia porcellus</i>	Curies	Roedor	Medicinal, alimentación humana	Domésticos	Escaso
<i>Dasypus novemcintus</i>	Armadillo	Roedor	Medicinal, alimentación humana	Montañas y rastrojos	Abundante
<i>Felis pardales, f. Tigrina</i>	Tigrillo	Mamífero	Silvestre y ornamental	Huecadas y montañas	Escaso
<i>Leptotila verreauxi</i>	Torcaza	Ave	Alimentación humana	Silvestre y árboles	Abundante
<i>Nasu nasua</i>	Cusumbe	Mamífero	Alimentación humana	Montañas y rastrojos	Escaso
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado	Mamífero	Alimentación humana	Montañas y rastrojos	Escaso
<i>Penelope perspicax</i>	Pavas	Ave	Alimentación humana	Silvestre, árboles, matorrales, rastrojos	Escaso
<i>Sciurus granatensis</i>	Ardilla	Roedor	Silvestre y ornamental	Huertas caseras y montañas	Abundante
<i>Turdus leucops</i>	Chiguaco	Ave	Alimentación humana	Árboles	Escaso
<i>Vulpes vulpes</i>	Zorro	Mamífero		Rastrojos, montañas y proteros	Escaso
	Chucha	Roedor	Medicinal, alimentación humana	Huertas caseras y rastrojos	Abundante
	Peletón	Ave		Árboles	Escaso

Fuente elaboración propia. Datos (Portilla, 2007).

Anexo H. Recurso flora Subcuenca Timbío Alto

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE BULGAR	TIPO	USO	FORMA DE CULTIVO	ABUNDANCIA
<i>Agnus acuminata</i>	Aliso	Árbol	Protección de nacimientos de agua, cerco vivo y aserrío	Semilla y estacas	Abundante
<i>Annona cherimola</i>	Chirimoyo	Árbol	Alimentación humana	Semilla	Escaso
<i>Behilshmedia sp</i>	Aguacatillo	Árbol	Cerco viva, madera y leña	Semilla	Abundante
<i>Baccharis latiforni</i>	Chilco	Árbol	Cerco vivo, madera, alimentación de ganado	Semilla	Abundante
<i>Coffe arabiga</i>	Café	Árbol	Alimentación humana, leña, madera	Semilla	Abundante
<i>Cordia alliodora</i>	Nogal	Árbol	Desinfectante de heridas	Semilla	Escaso
<i>Cupresus lusitanica</i>	Pino	Árbol	Medicinal, madera	Semilla	Abundante
<i>Eritrina edulis</i>	Chachafruto	Árbol	Alimentación humana	Semilla	Abundante
<i>Eucalyptus glóbulos</i>	Eucalipto	Árbol	Medicinal, aserrío, madera, leña y sahumeros	Semilla	Escaso
<i>Euphorbia spp</i>	Lechero	Árbol	Cerco vivo	Semilla	Abundante
<i>Ficus sp</i>	Higuerón	Árbol	Uso veterinario	Semilla	Escaso
<i>Inga spectabilis</i>	Guamo	Árbol	Sombrío del ganado, cerco vivo	Semilla	Abundante
<i>Mangifera indica</i>	Mango	Árbol	Medicinal y fruto comestible	Semilla	Abundante
<i>Myrcia popayanenses hieron</i>	Arrayán	Árbol	Madera, alimentación humana, sombrío del ganado y leña	Semilla	Escaso
<i>Miconia sp</i>	Mortiño	Arbusto	Leña, alimentación de aves	Semilla	Abundante
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel de cerca	Árbol	Leña, conservación de agua	Semilla	Escaso
<i>Ochroma lagopus sw</i>	Palo Balso	Árbol	Medicinal, alimentación para ganado	Semilla	Abundante
<i>Pseudosamanea guachapete</i>	Igua	Árbol	Aserrío, madera, leña, cerco vivo	Semilla	Abundante
<i>Quercus Humboldtiana</i>	Roble	Árbol	Madera y leña	Semilla	Abundante
<i>Salix Humboldtiana</i>	Sáuce	Árbol	Protección de nacimientos de agua	Semilla	Escaso
<i>Tabebuia Chrysantha</i>	Guayacán	Árbol	Cerco vivo, madera, leña, postes y alimentación de ganado	Semilla	Abundante
<i>Trichanthera guigantea</i>	Nacedero	Árbol	Medicinal, cerco vivo	Semilla	Abundante
<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo	Árbol	Cerca vivo, madera, leña y medicinal	Semilla	Abundante

Fuente elaboración propia. Datos (Portilla, 2007).

Anexo I. Especies de árboles utilizados para reforestación

NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE BULGAR	ALTITUD M.S.N.M	RAÍCES	FORMA DE CULTIVO	USO PRINCIPAL	SE HALLA EN LA SUBCUENCA
<i>Abatia parviflora</i>	Duraznillo	2200-3000			Protección de nacimientos de agua	
<i>Acacia melanoxylon</i>	Acacia	2000-2800	Profundas		Control de erosión	
<i>Arundo donax</i>	Caña brava	1300-2600		Estaca	Protección de nacimientos de agua	
<i>Baccharis latifornia</i>	Chilca	2000-3300			Control de erosión	X
<i>Bambusa guadua</i>	Guadua	0-1900		Estaca	Protección de nacimientos de agua	
<i>Cedrela montana</i>	Cedro de tierra fría	1600-2800		Profundas	Sombrío	
<i>Cordia alliodora</i>	Nogal	100-1900	Lateral superficiales	Estaca	Sombrío	X
<i>Eritrina edulis</i>	Chachafruto	600-1800	Superficiales	Estaca	Control de erosión	X
<i>Eritrina rubrinervia</i>	Chocho	1300-2500	Profundas	Semilla	Control de erosión	
<i>Euphorbia spp</i>	Lechero	200-2850	Superficiales	Estaca	Cerca viva	X
<i>Ficus soatensis</i>	Caucho	1800-3000	Profundas	Estaca	Protección de nacimientos de agua	
<i>Ficus Tenquendamae</i>	Caucho	2200-2800	Profundas	Estaca	Protección de nacimientos de agua	
<i>Myrcia popayanenses</i>	Arrayán	1600-2900	Extendidas	Semilla	Control de erosión	X
<i>Myrica pubescens</i>	Laurel	1100-2200			Cerca viva	X
<i>Polimnia pyramidalis</i>	Arboloco	2300-3000		Estaca	Protección de nacimientos de agua	
<i>Quercus Humboldtiana</i>	Roble	1800-3000	Profundas	Semilla	Sombrío	X
<i>Salix Humboldtiana</i>	Sauce	1400-2400	Superficiales Extensas	Estaca	Control de erosión	X
<i>Trichanthera guigantea</i>	Nacedero	30-1800	Superficiales	Estaca	Control de erosión y protección de nacimientos de agua	
<i>Weinmannia tomentosa</i>	Encenillo	2400-3500		Semilla	Cerca viva	X

Fuente elaboración propia. Datos (Suárez, 2001)