

APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO HIDROENERGÉTICO “LA ALAMEDA”,  
EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA,  
TRAMITACIÓN LEGAL ANTE EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INTERÉS  
AMBIENTAL

ANGELICA MARIA CUARTAS CASTRO  
Código No. 1049112011354



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2018

APOYO TÉCNICO EN EL PROYECTO HIDROENERGÉTICO “LA ALAMEDA”,  
EN LA CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA,  
TRAMITACIÓN LEGAL ANTE EL MINISTERIO DE AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE E IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE INTERÉS  
AMBIENTAL.

ANGELICA MARIA CUARTAS CASTRO  
Código No. 1049112011354

Informe final de trabajo de grado en la modalidad práctica profesional empresarial  
para optar por el título de Ingeniera Ambiental

Director:

Ing. Luis Jorge González Muñoz  
Esp. Consultoría Ambiental Gestión Recurso Hídrico



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por todas las oportunidades que me brinda para superarme como ser humano, por todas sus bendiciones, por darme la fortaleza de no desfallecer en los momentos difíciles, por la sabiduría para afrontar los desafíos que se me presentan hasta el día de hoy y por caminar de mi mano siempre para lograr cualquier cosa que me proponga.

A mi Familia, en especial a mi madre Esneda Castro, por ser mi ejemplo de trabajo, dedicación, esfuerzo y creer siempre en mí, a mi padre Efraín Clavijo, mis hermanos Julián y Camilo y mi novio Mauricio Ortega, por su amor, por ser esa voz de aliento en los momentos cuanto más lo necesito y por su apoyo incondicional en mi carrera profesional, quienes son la razón y el principal motor para vivir y lograr cada una de las metas que me he propuesto a lo largo de mi vida.

A la Universidad del Cauca, por brindarme la oportunidad de formarme como ser humano y profesional, a los profesores que contribuyeron en este proceso de formación, en especial a mi director Ing. Luis Jorge González Muñoz por su acompañamiento y compromiso durante el desarrollo de la práctica profesional.

A la Empresa Municipal De Energía Eléctrica S.A. E.S.P. – EMEESA, por permitirme desarrollar la práctica profesional, en especial a mi Codirector asignado Ing. Oscar Calvache, Ing. Rodrigo Lemos y Francly Medina, por ampliar mis conocimientos, experiencias y acogerme cordialmente como un miembro más en la institución.

A aquellas personas que estuvieron presentes durante este proceso y de alguna manera u otra dejaron huella y aportaron positivamente en mi vida e hicieron la persona que soy actualmente.

NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

Firma director

Ing. Luis Jorge González Muñoz

---

Firma Jurado 1

---

Firma Jurado 2

---

Popayán, Octubre de 2018

## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	8
1. ANTECEDENTES.....	9
2. JUSTIFICACIÓN.....	10
3. OBJETIVOS.....	11
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. MARCO INSTITUCIONAL.....	12
4.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P. – EMEESA.....	12
4.2 MISIÓN.....	12
4.3 VISIÓN.....	13
4.4 VALORES CORPORATIVOS.....	13
5. LOCALIZACIÓN.....	14
6. METODOLOGÍA.....	16
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	18
7.1 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA OBJETO DE ESTUDIO.....	188
7.1.1 Divisoria de aguas.....	19
7.1.2 Área de la cuenca y clasificación de acuerdo a su extensión.....	200
7.1.3 Longitud del cauce principal y perímetro de la cuenca.....	20
7.1.4 Parámetros de forma.....	20
7.1.5 Parámetros de relieve.....	25
7.1.6 Parámetros relativos a la red de drenaje.....	31
7.2 REQUISITOS Y PROCEDIMIENTO PARA EL TRÁMITE LEGAL DE SUSTRACCIÓN DEL ÁREA DE RESERVA FORESTAL SEGÚN LA LEY 2 DE 1959.....	39
7.3 DEFINICIONES Y LINEAMIENTOS PARA IDENTIFICAR LAS ZONAS DE INTERÉS AMBIENTAL DONDE SE PUEDAN PRESTAR SERVICIOS AMBIENTALES.....	47
7.3.1 Áreas de interés ambiental.....	48
7.3.2 Servicios ambientales.....	57
7.3.3 Enfoques metodológicos para el estudio de servicios ecosistémicos.....	58

8. CONCLUSIONES.....	63
9. RECOMENDACIONES .....	64
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	65
ANEXOS .....	69

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Coordenadas del área objeto de estudio.....	14
Tabla 2. Clasificación de las áreas según la extensión (TVA) .....	20
Tabla 3. Longitud cauce principal y los cauces.....	20
Tabla 4. Formas de la Cuenca a partir del valor $I_c$ .....	22
Tabla 5. Datos para rectángulo equivalente .....	24
Tabla 6. Representación de curvas de nivel .....	25
Tabla 7. Áreas entre cotas consecutivas Microcuenca río Cauca .....	26
Tabla 8. Datos para cálculo de la pendiente de la Microcuenca río Cauca .....	30
Tabla 9. Cálculos preliminares de la pendiente media del cauce principal .....	33
Tabla 10. Clases de valores del cauce principal .....	34
Tabla 11. Cotras de Perfil longitudinal .....	34
Tabla 12. Clases de tiempo de concentración (min).....	37
Tabla 13. Zonas Tipo de la Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959.....	43
Tabla 14. Reservas de Biosfera de Colombia.....	50
Tabla 15. Clasificación de los servicios ecosistémicos.....	58
Tabla 16. Esquema de análisis de los servicios ecosistémicos .....	59
Tabla 17. Geoportales para descargar mapas.....	61

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Logotipo EMEESA.....	12
Figura 2. Polígono de área de estudio (Auto Cad) .....	15
Figura 3. Ubicación polígono área de estudio .....	16
Figura 4. Divisoria de aguas.....	19
Figura 5. Área entre curvas de nivel.....	24
Figura 6. Rectángulo Equivalente. ....	25
Figura 7. Histograma y curva hipsométrica .....	27
Figura 8. Malla de cuadrículas, Microcuenca río Cauca .....	29
Figura 9. Jerarquización de la red hidrográfica .....	32
Figura 10. Perfil longitudinal.....	35
Figura 11. Trazado suave o tramos rectos .....	38
Figura 12. Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959 .....	40
Figura 13. Polígono de Zonas de la Reserva Ley 2a de 1959 .....	42
Figura 14. Puntos de polígono objeto de sustracción.....	42
Figura 15. Ubicación polígono objeto de sustracción .....	44
Figura 16. Esquema de Áreas de interés ambiental en Colombia.....	48

## **LISTA DE ANEXOS**

### Anexos A

Anexo A.1 Parte de la Resolución No. 12061

### Anexos B

Anexo B.1 Oficio de solicitud de información a oficina de planeación de la CRC

Anexo B.2 Oficio de respuesta a solicitud de información

Anexo B.3 Coordenadas área de Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959, a sustraer.

Anexo B.4 Información técnica y lineamientos que debe contener el documento para solicitud de sustracción.

### Anexos C

Anexo C.1 Matriz de análisis de servicios ecosistémicos



## INTRODUCCIÓN

Toda organización social o nueva idea posee un andamiaje jurídico e institucional que regula los derechos y los deberes en las relaciones establecidas entre sus diferentes miembros. Este contexto parte desde la Constitución, la ley, los decretos, las ordenanzas, los acuerdos, hasta los reglamentos y las resoluciones, y se expresan en forma prohibitiva o permisiva. De ahí la necesidad de que los analistas, al comenzar los procesos de formulación de los estudios de pre inversión, deban identificar con cierto rigor el ámbito legal e institucional sobre el cual operará el proyecto en sus diferentes fases. (Escobar, 2014)

A partir de este punto, el gerente de proyectos debe analizar la viabilidad técnica que tiene una nueva idea dentro del ambiente que lo rodea, teniendo presente que la omisión de algún punto puede significar el fracaso o una pérdida de grandes cantidades de recursos. (Guido, 2008)

Teniendo en cuenta lo anterior, la Empresa Municipal De Energía Eléctrica S.A. E.S.P. – EMEESA, es consciente de la importancia de la realización de todas las diferentes fases de estudio para ejecutar exitosamente el aprovechamiento hidroenergético, utilizando agua del río Cauca con responsabilidad ambiental y social. Es por esto que la empresa solicitó el permiso para estudio de recursos naturales ante la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, para demostrar que el proyecto hidroeléctrico denominado “La Alameda” tiene viabilidad ambiental y así dar inicio al trámite de Licenciamiento Ambiental.

El presente trabajo tuvo como finalidad realizar el apoyo técnico al proyecto hidroenergético “La Alameda”, en la de caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica objeto de estudio, tramitación legal ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, para la sustracción del área de reserva forestal de Ley 2 de 1959 e identificación de zonas de interés ambiental, tales y aquellas que puedan prestar otros servicios ambientales, pueden ser estos de regulación, aprovisionamiento, soporte o culturales en el tramo de estudio, dando prioridad a su identificación y preservación, esto mediante el planteamiento de una metodología enfocada en cumplir los lineamientos exigidos según la legislación ambiental vigente y aplicación los conocimientos adquiridos durante el estudio de la carrera profesional.

## 1. ANTECEDENTES

América Latina se enfrenta a la paradoja de la abundancia en recursos naturales, pero escasez de otros capitales y mala distribución de los mismos, esto hace que más del 50% de su población sufra de pobreza, Colombia cuenta con abundantes leyes y decretos que regulan el aprovechamiento de la flora y fauna silvestres; sin embargo, el uso tradicionalmente arrasador, las políticas ambientales inadecuadas, el comercio ilegal y la falta de compromiso por parte de la ciudadanía y de las entidades encargadas de hacer cumplir la legislación han provocado una disminución notable de los recursos naturales. (Ospina y Montoya, 1999)

Gracias a que Colombia es un país con un fuerte potencial para la creación de pequeñas centrales hidroeléctricas – PCH, debido a que cuenta con 742.725 cuencas hidrográficas, un caudal multianual de 52.075 m<sup>3</sup>/s, ríos que desembocan en los océanos Atlántico y Pacífico y una región oriental con descargas de recursos hídricos equivalentes a 104.631 L/s/km<sup>2</sup>, factores que permiten establecer que se cuenta con un potencial de generación de 25.000 MW de los 660.45 MW que se están utilizando, es decir, que tan solo se está aprovechando un 2.64 % de la capacidad nacional. (IDEAM, 2005). Las autoridades ambientales regionales son las encargadas de tramitar solicitudes de permisos para estudio de recursos naturales tendientes al desarrollo de proyectos hidroeléctricos y en consecuencia, de otorgarlos o bajo la reglamentación vigente, se garantiza un adecuado cumplimiento de lo establecido en la normatividad, el uso y aprovechamiento racional del recurso y en general la conservación de los recursos naturales.

En este sentido, la Empresa Municipal De Energía Eléctrica S.A. E.S.P. – EMEESA, ha contribuido en la generación energética desde el año 1.927, por medio de la PCH Coconuco ubicada en la zona central del departamento del Cauca, la cual consiste en el aprovechamiento de la energía suministrada por el salto hidráulico del cauce del río conocido como el río "Grande". La empresa se ha caracterizado por el compromiso que ha adquirido por la protección y conservación del medio ambiente y realizar su operación garantizando la mitigación de los efectos ambientales. Actualmente está en el desarrollo del estudio de recursos naturales otorgado por la CRC para demostrar la viabilidad ambiental, para de esta manera cumplir y respetar la legislación ambiental vigente.

El Coordinador del proyecto en cumplimiento a la información previa requerida por la CRC, para otorgar el permiso para estudios de recursos naturales, ha desarrollado la localización cartográfica del polígono del área objeto de estudio, la extensión aproximada de este, sitio de captación y del sitio de descargue, entre otros, los cuales fueron tenidos en cuenta para la realización del presente trabajo.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo en modalidad de práctica profesional empresarial, es de gran importancia, ya que, este ofrece el primer contacto con el ejercicio de la profesión, permitiendo aplicar en este los conocimientos académicos adquiridos, acto que logra enriquecer el proceso de formación y genera experiencias en el desarrollo del proyecto en el componente metodológico del estudio de viabilidad ambiental y estos hacen que la formación personal sea de manera integral e idónea para el futuro ejercicio de la ingeniería ambiental en la rama mencionada.

Además de lo anterior, se debe tener en cuenta que el estudio de recursos naturales otorgado por medio de la CRC, constituye a un proyecto hidroenergético de gran relevancia, puesto que es un proyecto de impacto ambiental, social, económico, turístico y de desarrollo regional que se pondrá a disposición de la comunidad y que deberá cumplir los requerimientos, estándares y legislación ambiental vigente.

De acuerdo a lo anterior, este trabajo brinda la oportunidad de fortalecer los conocimientos en las etapas del desarrollo del proyecto, de esta manera afrontar desde una percepción profesional las observaciones que se presenten, tomar decisiones frente a los problemas que se identifiquen y participar activamente en la misma con los conocimientos adquiridos académicamente.

Para la empresa son importantes los aportes que se proporcionan, gracias al nivel de formación que brinda la universidad, ya que, la implementación de conceptos, metodologías y uso de programas informáticos actualizados en el desarrollo de las actividades, generan en los resultados menor margen de error logrando de esta manera mayor precisión.

Teniendo en cuenta las dificultades que se han presentado en la empresa, en el desarrollo del estudio de recursos naturales en cuanto al uso de programas como AutoCAD o Sistemas de Información Geográfica, para manejo de información secundaria, se hace necesario brindar a ésta, herramientas que contribuyan al avance de este proceso. Respondiendo a esta necesidad, la metodología propuesta cubrirá de manera óptima los objetivos a desarrollar.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Apoyo técnico en la caracterización de la cuenca hidrográfica, tramitación legal ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e identificación de zonas de interés ambiental, en el proyecto hidroenergético denominado “La Alameda”, llevado a cabo en el municipio de Puracé por la Empresa Municipal De Energía Eléctrica S.A. E.S.P. – EMEESA.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Apoyar en el proceso de la caracterización de la cuenca hidrográfica del proyecto hidroenergético “La Alameda”, para cuantificar todos los parámetros que describen su estructura física y territorial por medio de la delimitación de su territorio, la forma, tamaño o área, pendiente media y pendiente del cauce principal, entre otros.
- Colaborar en la tramitación legal ante el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, para la sustracción del área de reserva forestal según la Ley 2 de 1959 y su trámite de licenciamiento ambiental.
- Ayudar en la Identificación las zonas de interés ambiental donde se puedan prestar servicios ambientales.

## 4. MARCO INSTITUCIONAL

### 4.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LA EMPRESA MUNICIPAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA S.A. E.S.P. – EMEESA

Figura 1. Logotipo EMEESA.



Fuente: EMEESA (2018).

Según EMEESA (2018):

La empresa tiene una operación de generación de energía en el municipio de Puracé-Coconuco, departamento del Cauca, en la que tiene una capacidad instalada de 4.800 Kilovatios (kW) y con la que ha contribuido en la generación de energía desde el año 1.927, siendo la energía hidroeléctrica la principal aliada como fuente de generación limpia y alternativa, y contribuyendo a la solución de las necesidades imperantes del sector eléctrico de la región.

La Pequeña Central Hidroeléctrica Coconuco, está ubicada en la zona central del departamento del Cauca a 22 km de Popayán. Cuenta con tres unidades de generación con las que se genera en promedio 1 GWh/año.

Esta planta tiene las características propias de una central hidroeléctrica de agua fluyente de alta presión, la cual comprende un canal de desviación y una pequeña presa para elevar el nivel del agua del río y disminuir la velocidad de la misma y así asegurar el aporte continuo de agua a las turbinas de los generadores para producir la energía eléctrica. Posterior al aprovechamiento de la energía suministrada por el salto hidráulico del cauce del río conocido como el río "Grande", el agua es devuelta al río a través del canal de desagüe con lo que se garantiza la mitigación de los efectos ambientales ocasionados por la actividad de la empresa.

### 4.2 MISIÓN

Es una empresa que busca la generación, distribución y comercialización de energía eléctrica en el departamento del Cauca, garantizando la satisfacción de sus clientes, accionistas y de la comunidad en general, contando con la competencia personal, comprometidos con la empresa, con la sociedad y con el País.

### **4.3 VISIÓN**

En el año 2018, ser reconocido como una empresa líder en el sector, como generadores y distribuidores de energía eléctrica, competitiva en el mercado industrial, comercial y de entidades públicas, en beneficio de las comunidades rurales de bajo desarrollo.

### **4.4 VALORES CORPORATIVOS**

- Aportes relevantes a la productividad de las empresas.
- Responsabilidad ambiental y social.
- Transparencia.
- Compromiso.
- Respeto con el cliente, el entorno y el recurso humano.

EMEESA, inicia en la asamblea general de accionistas la cual tiene el apoyo de la junta directiva que cuenta con: la asesoría jurídica y el revisor fiscal. La estructura inicial, designa un gerente principal para la representación legal de la Empresa Municipal de Energía Eléctrica, el cual es apoyado por: la asesoría de planeación y estudios, asesoría de sistemas, asesoría de gestión ambiental, un jefe de planta, los operadores, bocatomeros y obreros. También, cuenta con un ingeniero electricista, técnicos electricistas, un ingeniero comercial, un auxiliar de facturación, un contador y un auxiliar contable, entre otros.

Ubicación: Carrera 9 # 5-41 Oficina 103, Popayán-Cauca.

Email: Gerencia@emeesaesp.com.

Tel: (8) 334044.

## 5. LOCALIZACIÓN

El municipio de Puracé se encuentra ubicado en el departamento del Cauca, en las coordenadas GPS 2°20'29"N y 76°29'49"O de latitud y longitud, a una elevación de 2.850 m.s.n.m. promedio. En este lugar se localiza la propuesta para el proyecto hidroeléctrico "La Alameda" en la cuenca alta del río Cauca y consiste en la captación de un caudal, con coordenadas NORTE 750205.71; ESTE 1062457.94, del río Cauca en magnitud de 4,5 m<sup>3</sup>/s, en un proyecto de derivación con presa vertedora de aproximadamente 2.5 m sobre el lecho del río y bocatoma lateral por su margen derecho, con coordenadas NORTE 752264.46; ESTE 1064647.21.

Para dicho proyecto se requiere efectuar un estudio de recursos naturales y posteriormente dar inicio al trámite de licenciamiento ambiental, por tal motivo, la Empresa Municipal de Energía S.A. E.S.P., a través del señor Rodrigo Ceron Valencia, en su calidad de Gerente, solicita permiso para estudio de recursos naturales, para futuro aprovechamiento hidroenergético, utilizando agua del río Cauca, para generar 5.0 MW, ante la Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). Por medio de la Resolución No. 12061 (Anexo A1), la CRC le otorgo dicho permiso a la empresa con vigencia de dos (2) años.

Algunos de los componentes que incluye este estudio, es la caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica objeto de estudio, tramitación legal ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible para sustracción del área de reserva forestal de Ley 2 de 1959 e identificación de zonas de interés ambiental, tales y aquellas que puedan prestar servicios ambientales, lo cual se realizará en el área de influencia directa e indirecta del río Cauca, en el sitio del proyecto.

El área para la cual se realizará los anteriores componentes, se encuentra conformada por un polígono con una extensión aproximada de 18 Km<sup>2</sup>, según información suministrada por la empresa, cuyas coordenadas se consignan en la tabla 1, referidas al Sistema Magna Sirgas, origen Bogotá:

**Tabla 1.** Coordenadas del área objeto de estudio.

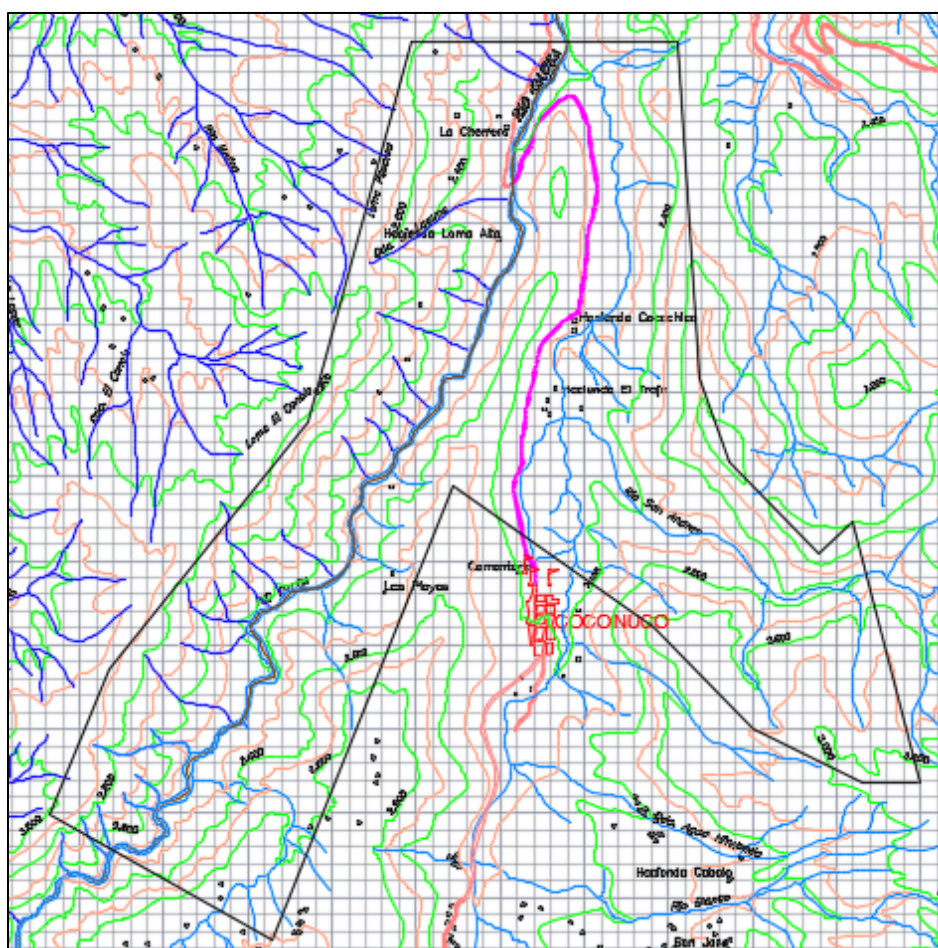
PUNTO	COORDENADAS	
	NORTE	ESTE
1	749610	1067500
2	749610	1067065
3	750003	1066250
4	750750	1065520
5	751810	1064025
6	748440	1062680
7	749360	1061030

8	750450	1061470
9	752280	1062950
10	755100	1063720
11	755100	1065700
12	752600	1065850
13	751980	1066080
14	751300	1066740
15	751540	1067000

Fuente. Elaboración propia.

En las siguientes figuras se muestra el polígono del proyecto La Alameda correspondiente a las anteriores coordenadas, dibujado en plancha del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) en escala 1:10000 y digitalizado en plano topográfico en AutoCAD y QGIS.

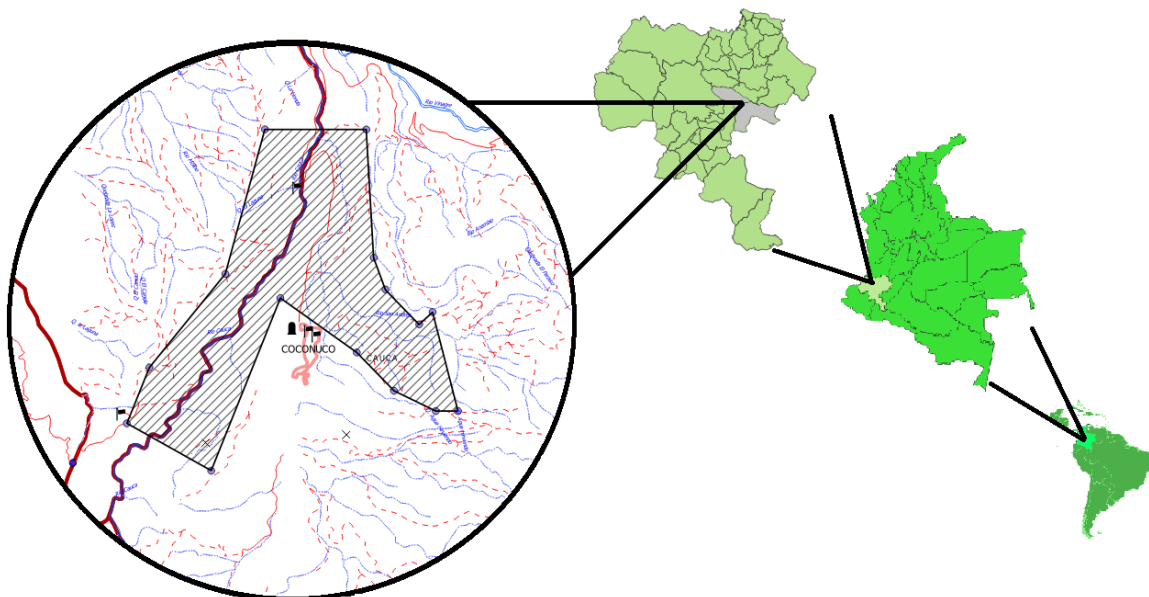
**Figura 2.** Polígono de área de estudio (Auto Cad).



Fuente: Elaboración Propia a partir de plano topográfico en AutoCAD.



**Figura 3.** Ubicación polígono área de estudio.



Fuente: Elaboración Propia en Sistema de Información Geográfica (QGIS).

## 6. METODOLOGÍA

A continuación se presenta la metodología planteada y ejecutada para alcanzar el objetivo general propuesto en el presente trabajo de grado en la modalidad de práctica profesional empresarial, la cual estuvo orientada al apoyo técnico en el proyecto hidroenergético “La Alameda”, en la de caracterización de la cuenca hidrográfica, tramitación legal ante el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible e identificación de zonas de interés ambiental.

Inicialmente se realizó un estudio previo del estado actual del proyecto, conociendo los trabajos que actualmente se estaban ejecutando, el personal con el que este cuenta, las funciones que debía cumplir, la metodología de trabajo y los procesos internos establecidos para la ejecución de labores dentro del proyecto.

Por otra parte, el codirector asignado, Ingeniero Oscar Calvache, quien proporcionó la información técnica, administrativa, de ejecución y demás requerida, esto incluyendo planos, estudios, diseños e información con sus respectivos detalles y desarrollo de las actividades que se han realizado hasta la fecha, para lograr el reconocimiento del proyecto y familiarización con las tareas a cargo.

No se realizó visita a campo, ya que, el proyecto aún se encuentra en trámite para realizar la Consulta Previa y diálogos con los resguardos indígenas el Poblazón, municipio de Popayán y Coconuco, municipio de Puracé y por situaciones de orden público, por lo tanto, no es permitido ni seguro ir al área objeto de estudio.

## **6.1 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECÍFICO 1**

Apoyar en el proceso de caracterización de la cuenca hidrográfica del proyecto hidroenergético “La Alameda”, para la cuantificación de todos los parámetros morfométricos que describen su estructura física y territorial por medio de la delimitación de su territorio, forma, tamaño o área, pendiente media y pendiente del cauce principal, entre otros.

Para la ejecución del primer objetivo, se recopiló datos, tales como: información cartográfica, planos topográficos, entre otros, proporcionados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y la CRC.

Se propuso al ingeniero encargado del estudio, la divisoria de aguas, siguiendo sus sugerencias y una vez aprobada esta fue dibujada en planos cartográficos, tanto físico y digital, para proceder con la cuantificación de los parámetros morfométricos de la cuenca hidrográfica objeto de estudio. Por medio del programa AutoCAD – versión 2016, con licencia de estudiante # de serie: 901-09524512, se determinó: área, perímetro, longitud del cauce principal, entre otros, que son valores previos que se debían conocer para proceder a calcular los parámetros morfométricos.

Los parámetros de forma (factor de forma), tamaño, pendiente, entre otros, se calcularon con base a diferentes fuentes bibliográficas, esto con el fin de lograr óptimos resultados, de calidad y en el tiempo estimado para dicha actividad.

## **6.2 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 2**

Colaborar en la tramitación legal ante el Ministerio del Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), para la sustracción del área de reserva forestal según la Ley 2 de 1959.

Para el desarrollo de este objetivo, se efectuó una revisión bibliográfica y de legislación ambiental vigente, para tener claro que son, que las reglamenta y que determinan estas áreas de reserva forestal según la Ley 2 de 1959 en Colombia. En el proceso de conocimiento y apropiación del tema, se realizó una visita al señor Ivan Martínez, quien sugirió hacer una solicitud formal, para tener evidencia en caso de requerirla, realizando un oficio a la oficina de planeación de la CRC, solicitando información que considerara importante para el caso en específico.

Se realizó la solicitud antes mencionada a la oficina de planeación de la CRC, para corroborar si el polígono del proyecto La Alameda hace parte de la Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959, las coordenadas que caen sobre esta, tipo de zona y su categoría correspondiente (Anexo B1). La oficina de planeación de la CRC, en respuesta a la solicitud (Anexo B2), anexó un archivo Shapefile con los tipos de zonas y su categoría correspondiente.

Por medio del Sistema de Información Geográfica (QGIS) de licencia libre, se realizó tratamiento al archivo Shapefile proporcionado anteriormente, con el fin de obtener mayor detalle de las zonas que se encuentran en este y extraer sus coordenadas (Anexo B3), ya que, esta información fue de vital importancia para proceder al planteamiento de la metodología correspondiente para realizar el trámite legal para la sustracción de área de reserva forestal de Ley 2 de 1959 ante el MADS. La empresa al momento de presentar la solicitud también deberá presentar la información que sustente el motivo, por esta razón, se anexó la información técnica y lineamientos que debe contener el documento (Anexo B4).

### **6.3 DESARROLLO DEL OBJETIVO ESPECIFICO 3**

Ayudar en la Identificación de las zonas de interés ambiental donde se puedan prestar servicios ambientales en el área de interés.

Se realizó una revisión bibliográfica y de legislación ambiental vigente, acerca de los tipos de zonas de interés ambiental en Colombia y metodologías para la identificación de zonas de interés ambiental donde se puedan prestar servicios ambientales, pueden ser estos de regulación, aprovisionamiento, soporte o culturales en el tramo de estudio, dando prioridad a su identificación y preservación, ya que, esta información previa permitió presentar varias metodologías que se pueden aplicar en este caso y sugerir cual es la más adecuada para el proyecto en este momento. Al existir una extensa reglamentación e información del tipo de áreas de interés ambiental, se efectuó un resumen acerca de estas y se elaboró una matriz de análisis de servicios ecosistémicos (Anexo C1).

Finalmente, se efectuó la búsqueda de geoportales nacionales oficiales que contengan mapas con información actualizada, tales como mapa de áreas protegidas, geología, áreas de importancia ambiental, entre otros, para que la empresa tenga las referencias de los sitios que puede usar de manera segura y rápida para la descarga de estos y realizar la identificación.

## **7. RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **7.1 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA OBJETO DE ESTUDIO**

Como resultado del apoyo técnico que se brindó a la Empresa de Energía Eléctrica S.A. E.S.P. en el proceso de caracterización morfométrica, se presentan a continuación las determinaciones y cálculos realizados, los cuales serán parte del Informe final del estudio de recursos naturales y el orden en la que se realizó el procedimiento.

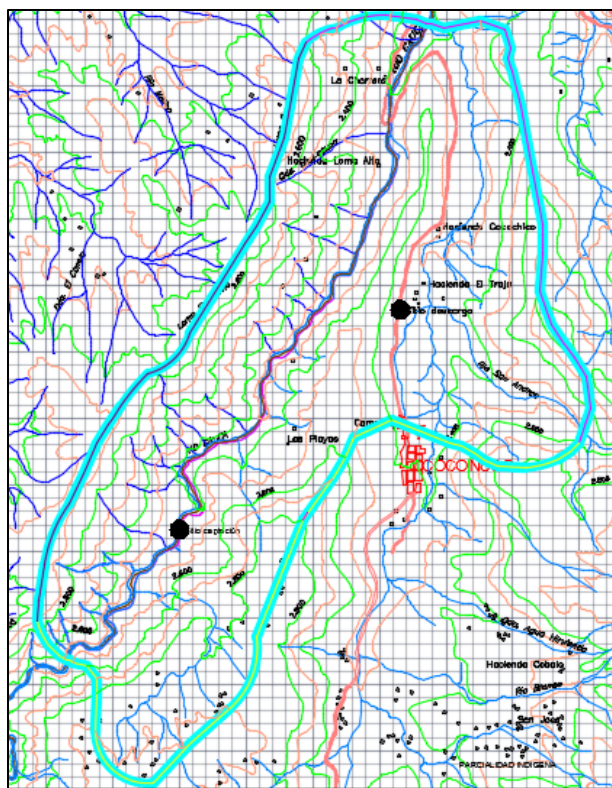
### 7.1.1 Divisoria de aguas.

Según Gonzáles (2008), la divisoria de aguas es una línea imaginaria que separa una cuenca de otra y también esta puede recibir el nombre de divorcio de aguas. Se pueden considerar dos clases de divisoria, topográfica e hidrográfica.

En este caso se consideró la divisoria de aguas topográfica, ya que, se contaba con la carta preliminar: Plancha 365-I-A a una escala de 1:10000, suministrada por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC y solicite el plano topográfico al señor Oscar Ivan Martínez, jefe oficina de planeación de la CRC, de manera informal en formato de archivo informático de dibujo computarizado (dwg), para ser utilizado en el programa AutoCAD.

Inicialmente se identificó el cauce principal del tramo de estudio para realizarse un esbozo muy general de la posible delimitación en la carta preliminar. En la figura 4, se muestra copia del plano cartográfico con la divisoria de aguas para el área de estudio, que se realizó mediante el programa AutoCAD – versión 2016 con licencia de estudiante # de serie: 901-09524512, donde la divisoria corta perpendicularmente las curvas de nivel y pasa por los puntos de mayor nivel topográfico.

**Figura 4.** Divisoria de aguas.



Fuente: Elaboración Propia.

### 7.1.2 Área de la cuenca.

El área de drenaje de la cuenca o proyección ortogonal encerrada por la divisoria de aguas fue determinada por medio del programa Auto Cad y el valor correspondiente es  $17.4 \text{ Km}^2 \approx 1738.5 \text{ Ha}$ .

En la tabla 2 se presenta la clasificación según El movimiento Conservacionista Americano TVA (Tennessee Valley Authority).

**Tabla 2.** Clasificación de las áreas según la extensión (TVA).

Nombre	Área (Km <sup>2</sup> )
Microcuenca	<30
Subcuenca	30-100
Cuenca	>100

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a la tabla 4, la cuenca objeto de estudio, se clasifica como microcuenca, ya que, su área es  $<30 \text{ Km}^2$ .

### 7.1.3 Longitud del cauce principal y perímetro de la cuenca.

La longitud de la corriente principal está relacionada con el área de la cuenca y permite definir la divisoria de aguas y perímetro de la misma, estos parámetros fueron determinados por medio del programa AutoCAD. El perímetro de la microcuenca es  $20475.9 \text{ m} \approx 20.5 \text{ Km}$ , la longitud del cauce principal y los cauces se encuentran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Longitud cauce principal y los cauces.

Cuenca	Longitud cauce principal o Longitud Axial (m)	Longitud cauce principal o Longitud Axial (Km)	Longitud de Los Cauces (m)	Longitud de Los Cauces (Km)
Microcuenca río Cauca	8095.5	8.1	38901.1	38.9

Fuente: Elaboración Propia.

### 7.1.4 Parámetros de forma.

Estos parámetros permiten establecer la dinámica esperada de la escorrentía superficial en una cuenca hidrográfica.

#### 7.1.4.1 Factor de forma.

Este factor es conocido como Gravelius y es la relación que existe entre el ancho promedio y la longitud axial del cauce principal. Para determinar este, se empleó la ecuación 7.1:

$$Ff = \frac{Ap}{La} \quad (7.1)$$

Dónde:

Ap: Ancho promedio dado por la relación entre el área y la longitud axial de la corriente principal.

La: Longitud axial de la corriente principal.

Ff: Factor de forma.

Se tiene que el ancho promedio, es la relación que existe entre el área y la longitud axial del cauce principal, por lo tanto:

$$Ap = \frac{A}{La} \quad (7.2)$$

Entonces:

$$Ff = \frac{A}{La^2}$$

Por lo tanto,

$$Ff = 0.2652$$

Ya que, el valor de factor de forma es menor a 1.0, quiere decir que la Microcuenca río Cauca es alargada y está sujeta a menos crecientes que una similar del mismo tamaño. (González, 2008).

#### 7.1.4.2 Coeficiente de compacidad.

Este coeficiente relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de otra cuenca circular de la misma superficie, como se muestra a continuación:

$$Ic = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}} \quad (7.3)$$

Dónde:

Ic: Coeficiente de compacidad.

P: Perímetro de la cuenca en Km.

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

$$Ic = 0.28 \frac{20.5 \text{ Km}}{\sqrt{17.4 \text{ Km}^2}} = 1.38$$

En la tabla 4 se muestra la clasificación según el rango correspondiente, para designar la forma a partir del valor Ic.

**Tabla 4.** Formas de la Cuenca a partir del valor Ic.

Ic	Nombre
1.00-1.25	Redonda-oval redonda
1.26-1.50	Oval redonda-oval oblonga
1.51-1.75	Oval oblonga-rectangular oblonga

Fuente: González (2008).

Según el valor obtenido de coeficiente de compacidad 1.38, este se encuentra en el rango 1.26-1.50, como se muestra en la tabla 4, por lo tanto, la Microcuenca río Cauca es alargada y su forma es oval redonda a oval oblonga. Teniendo en cuenta que aquellas cuencas con formas alargadas tienden a presentar un flujo de agua más veloz a comparación de las cuencas redondeadas, logrando así una evacuación de la cuenca más rápida, mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos hacia el nivel de base.

#### 7.1.4.3 Rectángulo equivalente.

González (2008) afirma: Este procedimiento consiste es una transformación geométrica de la cuenca en un rectángulo del mismo perímetro, con las curvas de nivel en rectas paralelas a los lados menores, siendo éstos la primera y la última curva de nivel. Los lados del rectángulo están dados por las siguientes expresiones:

$$L = \frac{Ic\sqrt{A}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{Ic}\right)^2} \right] \quad (7.4)$$

$$I = \frac{Ic\sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{Ic}\right)^2} \right] \quad (7.5)$$

Según las anteriores ecuaciones los lados del rectángulo equivalente son:

$$L = \frac{1.376\sqrt{17.4}}{1.12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.376}\right)^2} \right] = 8.102 \text{ Km}$$

$$I = \frac{1.376\sqrt{17.4}}{1.12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{1.376}\right)^2} \right] = 2.148 \text{ Km}$$

Se verificó que los anteriores resultados cumplieran con las siguientes igualdades propuestas por González (2008):

$$L + I = P/2 \quad (7.6)$$

$$8.102\text{Km} + 2.148\text{Km} = \frac{20.5 \text{ Km}}{2}$$

$$10.25\text{Km} = 10.25 \text{ Km}$$

$$L * I = A \quad (7.7)$$

$$8.102\text{Km} * 2.148\text{Km} = 17.4 \text{ Km}^2$$

$$17.4 \text{ Km}^2 = 17.4 \text{ Km}^2$$

Dónde:

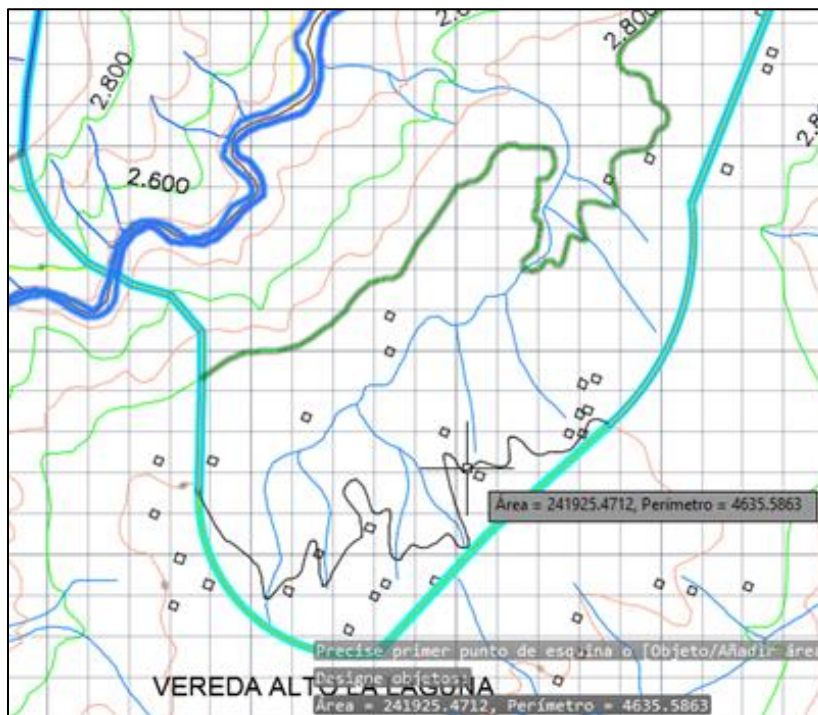
P: Perímetro de la cuenca en Km.

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Se determinó las áreas entre las curvas de nivel para la Microcuenca río Cauca, por medio del programa AutoCAD, como se muestra en la figura 5:



**Figura 5.** Área entre curvas de nivel.



Fuente: Elaboración Propia a partir del plano cartográfico en AutoCAD.

A continuación, se muestran en la tabla 5 los valores determinados de las áreas entre curvas de nivel, mediante el procedimiento anteriormente mencionado.

**Tabla 5.** Datos para rectángulo equivalente.

Área	Valor (Km <sup>2</sup> )	A <sub>i</sub> /l	Valor (Km)	A/l Acumulada
A <sub>1</sub>	0.189095	A <sub>1</sub> /l	0.088033	8.094208265
A <sub>2</sub>	1.908272	A <sub>2</sub> /l	0.8883947	8.006175288
A <sub>3</sub>	3.524578	A <sub>3</sub> /l	1.6408651	7.117780599
A <sub>4</sub>	3.176706	A <sub>4</sub> /l	1.4789133	5.476915482
A <sub>5</sub>	0.014993	A <sub>5</sub> /l	0.00698	3.998002208
A <sub>6</sub>	2.778404	A <sub>6</sub> /l	1.2934841	3.991022187
A <sub>7</sub>	1.734916	A <sub>7</sub> /l	0.8076891	2.697538099
A <sub>8</sub>	1.510039	A <sub>8</sub> /l	0.7029977	1.88984904
A <sub>9</sub>	0.063194	A <sub>9</sub> /l	0.02942	1.186851376
A <sub>10</sub>	2.044606	A <sub>10</sub> /l	0.951865	1.157431328
A <sub>11</sub>	0.441556	A <sub>11</sub> /l	0.2055663	0.205566293

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 6, se muestra que curvas de nivel representan  $A_1, A_2, \dots, A_{11}$ .

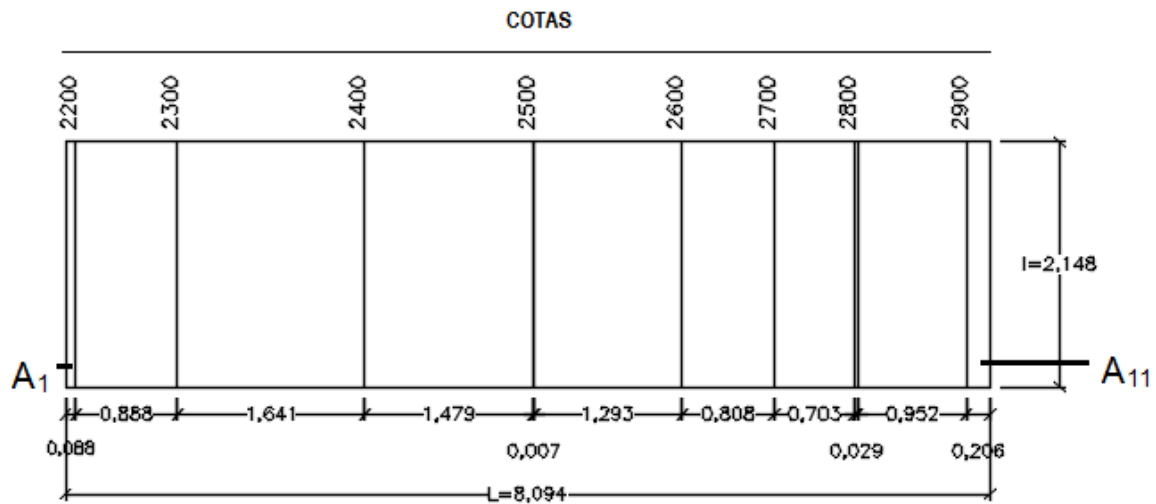
**Tabla 6.** Representación de curvas de nivel.

Cota <i>m. s. n. m</i>	Área ( $A_i$ )
2903-2900	$A_{11}$
2900-2802	$A_{10}$
2802-2800	$A_9$
2800-2700	$A_8$
2700-2600	$A_7$
2600-2500	$A_6$
2500-2421	$A_5$
2421-2400	$A_4$
2400-2300	$A_3$
2300-2200	$A_2$
2200-2192	$A_1$

Fuente: Elaboración Propia.

La representación del rectángulo equivalente para la Microcuenca río Cauca, se muestra en la figura 6.

**Figura 6.** Rectángulo Equivalente.



Fuente: Elaboración Propia.

### 7.1.5 Parámetros de relieve.

### 7.1.5.1 Curva hipsométrica.

Según González (2008), La curva hipsométrica es la representación gráfica de la distribución altitudinal de una cuenca y se puede expresar por medio del histograma de las áreas comprendidas en los distintos rangos de altura. El desarrollo de los caudales en una sección fluvial (Punto de concentración), va a depender en forma acumulativa de todo lo que suceda aguas arriba de ella en la cuenca y por esta razón se representa la distribución altitudinal de una cuenca en una curva, tal que para cada altura aparece el área comprendida en la cuenca situada a una altura mayor que la que es dada.

En la tabla 7, se consignan los valores de áreas entre cotas, su porcentaje de área correspondiente y cotas medias de la Microcuenca río Cauca.

**Tabla 7.** Áreas entre cotas consecutivas Microcuenca río Cauca.

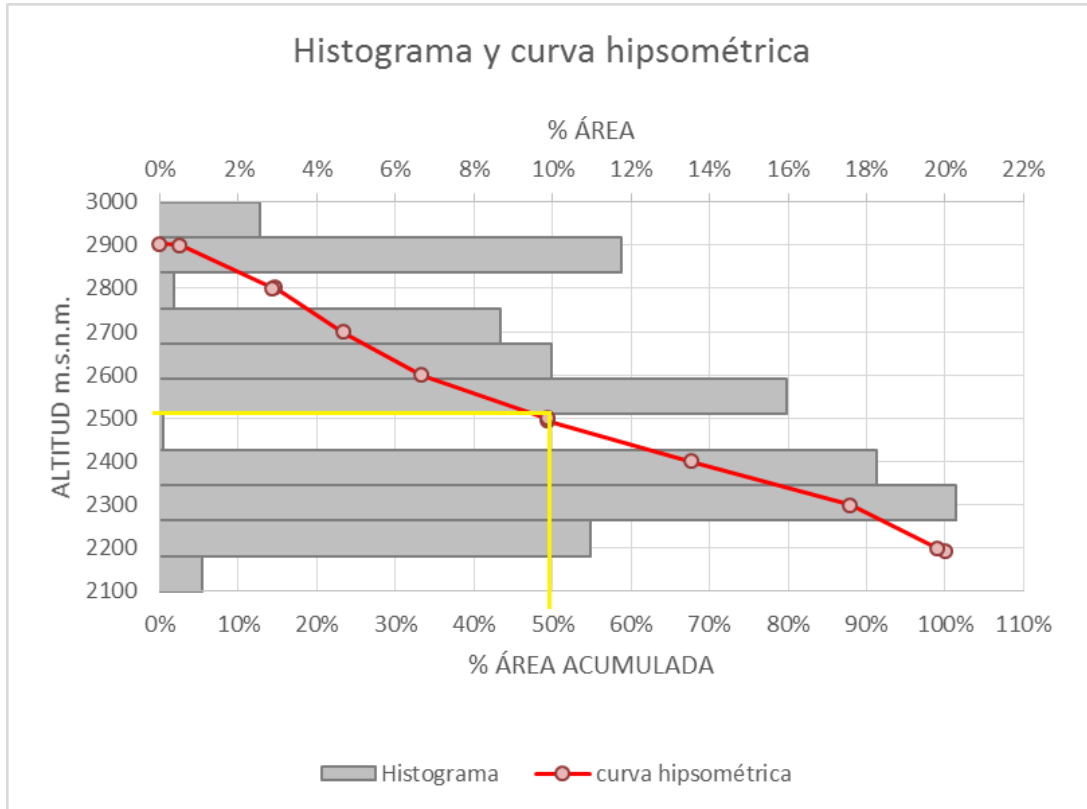
Cota <i>m. s. n. m</i>	Cota media <i>m. s. n. m</i>	Área $Km^2$	Área acumulada $Km^2$	$A_i$	% Área	% Área acumulada
2192-2200	2196	0.189095	17.386359	$A_1$	1.087605519	100
2200-2300	2250	1.908272	17.197264	$A_2$	10.97568502	98.9123945
2300-2400	2350	3.524578	15.288992	$A_3$	20.27208802	87.9367095
2400-2494	2447	3.176706	11.764414	$A_4$	18.27125507	67.6646215
2494-2500	2497	0.014993	8.587708	$A_5$	0.086234271	49.3933664
2500-2600	2550	2.778404	8.572715	$A_6$	15.98036714	49.3071321
2600-2700	2650	1.734916	5.794311	$A_7$	9.978604491	33.326765
2700-2800	2750	1.510039	4.059395	$A_8$	8.68519395	23.3481605
2800-2802	2801	0.063194	2.549356	$A_9$	0.363468855	14.6629665
2802-2900	2851	2.044606	2.486162	$A_{10}$	11.7598285	14.2994977
2900-2903	2901.5	0.441556	0.441556	$A_{11}$	2.539669174	2.53966917
> 2903	0	0	0	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 7 se representa el histograma y la curva hipsométrica para la

microcuenca río Cauca.

**Figura 7.** Histograma y curva hipsométrica.



Fuente: Elaboración Propia.

Los 17.386 Km<sup>2</sup> equivalentes al 100% del área total de la Microcuenca río Cauca se encuentran por encima de la cota 2192 m.s.n.m. hasta 2903 m.s.n.m., que corresponde a la parte alta de la misma. Los porcentajes de área acumulada corresponden a las áreas comprendidas entre los rangos altitudinales establecidos cada 100 m. Respecto a la forma de la curva hipsométrica, se puede inferir que la microcuenca del río Cauca corresponde a una cuenca en equilibrio en su fase de madurez (Llamas, 1993). Según Breña y Jacobo (2006), El potencial erosivo disminuye, suavizando la pendiente del cauce y eliminando las cascadas y rápidos; las extensiones de las planicies de inundación son mucho mayores y se inicia la formación de meandros, alcanzando así sus profundidades máximas, cuando la cuenca se encuentra en fase de madurez.

#### 7.1.5.2 Altura media.

Según González (2008), La altura media, es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la cuenca. La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto

en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes. Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella. Este valor puede ser calculado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas, relación volumen-área, método de la cuadrícula y método área-elevación. Para la determinación de la altura media, se usaron los siguientes métodos:

Método área-elevación: Este método, relaciona áreas entre curvas de nivel, promedio de las curvas de nivel con el área total de la cuenca para determinar la altura media como se muestra en la siguiente ecuación:

$$Hm = \frac{\sum Ai * Ei}{At} \quad (7.8)$$

Dónde:

Hm: Altitud media de la cuenca en m.

Ai: Área entre curvas de nivel o cotas en m<sup>2</sup>.

Ei: Promedio de las curvas de nivel que delimitan Ai en m.

At: área total de la cuenca en m<sup>2</sup>.

Según la tabla 10 y la ecuación 7.8 la altura media de la Microcuenca río Cauca es:

$$Hm = 2526.829 \text{ m}$$

Alternativamente al procedimiento se usó la curva hipsométrica de la figura 7. Este método, es como si se dividiera el volumen total del relieve de la cuenca sobre su superficie proyectada, ingresando por el eje x que representa el porcentaje de área acumulada con el valor correspondiente al 50%, trazando una línea perpendicular por este punto hasta interceptar a la curva hipsométrica. Luego por este punto se trazó una horizontal hasta cortar el eje y para obtener el valor de elevación media correspondiente de 2520 m.s.n.m.

Los valores en los dos métodos dieron similares, pero se asumió que el valor que arrojó el método área-elevación es más preciso debido a que este usa más variables. Por lo tanto la altura media de la Microcuenca río Cauca es:

$$Hm = 2526.829 \text{ m}$$

### 7.1.5.3 Pendiente media de la cuenca.

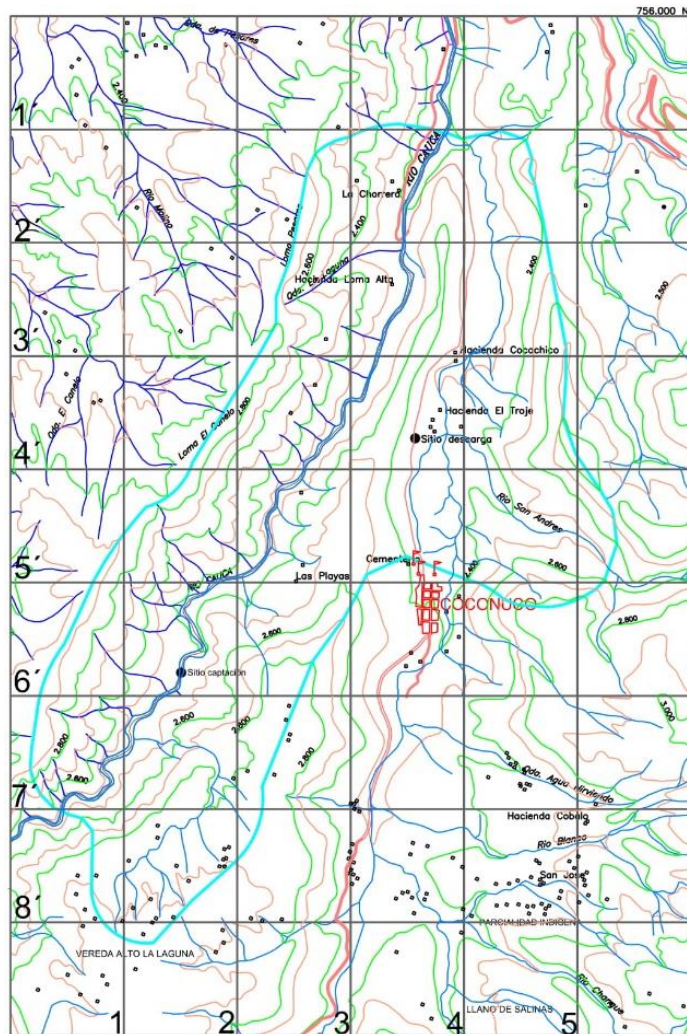
González (2008), afirma: Debido a la variación de pendientes en el área de drenaje de las cuencas hidrográficas, hay que considerar una pendiente ponderada, puesto

que esta condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo, en un momento dado determina la erosión que esta produce en función del uso y manejo que se puede dar al suelo de sus vertientes.

Existen diferentes métodos para determinar la pendiente de la cuenca, como los criterios de Horton, Alvord y Nash, o sistemas de información geográfica que permiten obtener los mapas de pendientes correspondientes (González, 2008). En este caso se determinó la pendiente de la Microcuenca río Cauca por medio del siguiente criterio:

Criterio de Horton: Este criterio requiere una malla de cuadrículas sobre el plano topográfico o la carta preliminar donde se encuentra la cuenca y se orienta en el sentido de la corriente principal, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 8.** Malla de cuadrículas, Microcuenca río Cauca.



Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 8 se muestran los datos requeridos para calcular la pendiente de la microcuenca de acuerdo a la anterior malla de cuadrículas establecida en la figura 8.

**Tabla 8.** Datos para cálculo de la pendiente de la Microcuenca río Cauca.

Intersecciones en x		Intersecciones en y		Longitudes en m	
No. Línea	Nx	No. línea	Ny	Lx	Ly
1´	3	1	15	589.1867	3570.8740
2´	12	2	14	2232.0450	4151.0651
3´	16	3	10	2717.4153	4146.7775
4´	17	4	7	3495.2378	3885.1686
5´	12	5	8	3484.7591	1266.7962
6´	9			2281.3937	
7´	7			1812.2255	
8´	2			603.9528	
$\sum =$	<b>78</b>		<b>54</b>	<b>17216.2159</b>	<b>17020.6814</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Los valores Lx y Ly de la anterior tabla, corresponden a las distancias horizontales y verticales dentro de la Microcuenca río Cauca, sobre ambos ejes X y Y. Por medio de las siguientes relaciones, se determinó la pendiente en cada dirección de la malla de cuadrículas.

$$S_x = \frac{N_x * D}{L_x} * 100 \quad (7.9)$$

$$S_y = \frac{N_y * D}{L_y} * 100 \quad (7.10)$$

Dónde:

Sx: Pendiente de la cuenca en la dirección x.

Sy: Pendiente de la cuenca en la dirección y.

Nx: Número total de intersecciones y tangencias de la cuadrícula con las curvas de nivel.

Ny: Número total de intersecciones y tangencias de la cuadrícula con las curvas de nivel.

Lx: Longitud total de las líneas de la cuadrícula en dirección x, comprendidas dentro de la cuenca.

Ly: Longitud total de las líneas de la cuadrícula en dirección y, comprendidas dentro de la cuenca.

D: Diferencia de altura entre las curvas de nivel del plano topográfico o cartas empleadas.

Con los datos consignados en la tabla 9, se determinó la pendiente media de la Microcuenca río Cauca en las dos direcciones, de la siguiente manera:

$$S_x = \frac{N_x \times D}{L_x} \times 100 = \frac{78 \times 100}{17216.2159} \times 100 = 45.306\%$$

$$S_y = \frac{N_y \times D}{L_y} \times 100 = \frac{54 \times 100}{17020.6814} \times 100 = 31.726\%$$

También se consideró la siguiente expresión para calcular la pendiente media:

$$\hat{S} = \frac{S_x + S_y}{2} \quad (7.11)$$

Por lo tanto, la pendiente de la Microcuenca río Cauca es:

$$\hat{S} = \frac{45.306 + 31.726}{2} = \mathbf{38.516\%}$$

### 7.1.6 Parámetros relativos a la red de drenaje.

Según González (2008), Estos parámetros constituyen el Sistema de Drenaje de una Cuenca Hidrográfica, este comprende el cauce principal y sus tributarios o afluentes. La forma en que estén conectados estos cauces en una cuenca determinada, influye en la respuesta de ésta a un evento de precipitación. Se han desarrollado una serie de parámetros que tratan de cuantificar la influencia de la forma del Sistema de Drenaje en la escorrentía superficial directa.

#### 7.1.6.1 Jerarquización de la red hidrográfica.

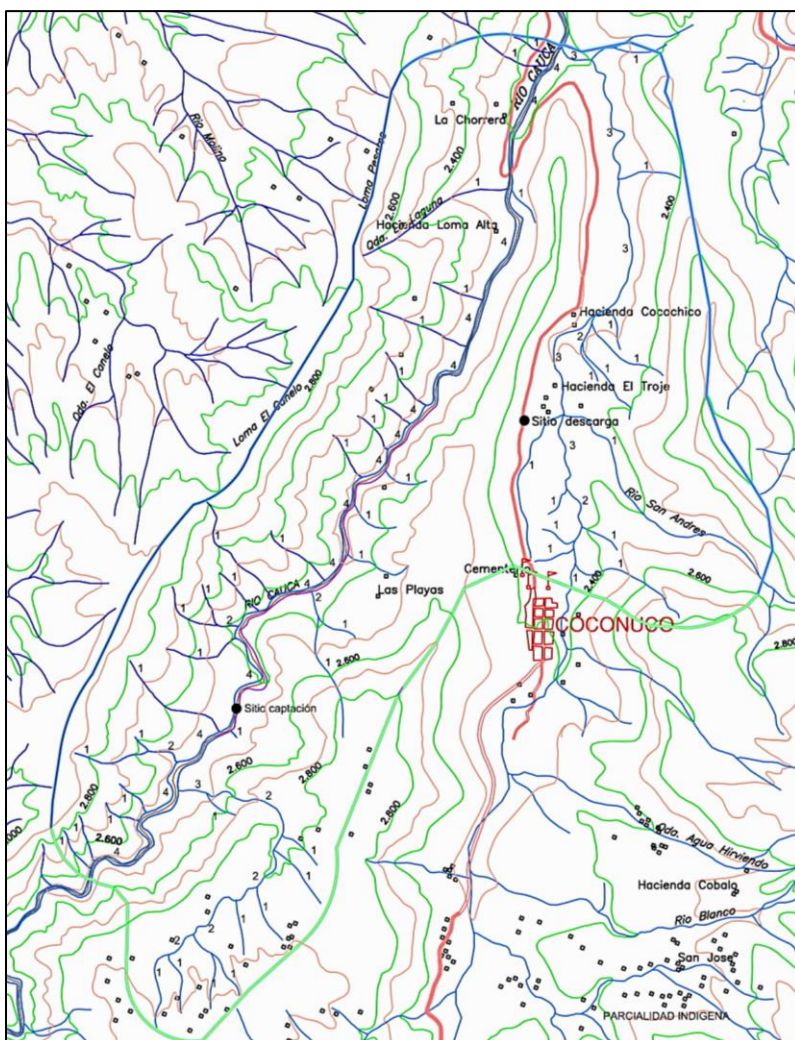
Según González (2008), La jerarquización permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. El orden se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal, hay varios sistemas de jerarquización, siendo los más utilizados el de Horton (1945) y Strahler (1964), que revisó y perfeccionó el esquema de Horton dando lugar al esquema de ordenación o de clasificación de Horton-Strahler, hoy en día el más utilizado en hidrología. En este caso la jerarquización se realizó por el siguiente método:

Método de Horton–Strahler: Por este método, los canales van numerados en función del número de afluentes que tengan, de forma que aquel que fluye desde el origen y no tiene ningún afluente es de orden 1, mientras que uno de orden 2 recibe dos afluentes.



Si un canal recibe un afluente de orden 1 y otro de orden 2, su orden será 3. El orden de los canales va aumentando de uno en uno, de forma que aunque un canal recibiera uno de orden 2 y otro de orden 3, su orden sería 4, para este caso se realizó en el plano topográfico suministrado por la CRC, como se muestra en la figura 10:

**Figura 9.** Jerarquización de la red hidrográfica.



Fuente: Elaboración Propia.

Según la anterior figura, la Microcuenca río Cauca es de orden 4.

#### **7.1.6.2 Pendiente media de la corriente principal.**

González (2008) afirma, la pendiente media de la corriente principal es la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud. La pendiente media puede ser encontrada por varios métodos, tales como el de los valores extremos,

compensación de áreas o ponderada y Taylor-Schwarz. En este caso este cálculo se realizó por el siguiente método:

Método de Taylor-Schwarz:

Este método sugiere dividir la longitud del cauce principal en tramos iguales, cada uno de ellos con pendiente uniforme, tratando de ajustar una rasante al perfil del longitudinal, por medio de la ecuación 7.12 se determina la pendiente del cauce principal:

$$s = \left[ \frac{n}{\frac{1}{\sqrt{s_1}} + \frac{1}{\sqrt{s_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{s_n}}} \right]^2 \quad (7.12)$$

Dónde:

S: Pendiente media del cauce principal.

n: Número de tramos de igual longitud en que se dividió el cauce

S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>..., S<sub>n</sub>: Pendiente de cada tramo del cauce.

La Microcuenca río Cauca tiene una longitud de 8095.5 m, por lo tanto, se dividió en 8 tramos iguales de 1012 m. Los cálculos preliminares para la determinación de la pendiente del cauce principal se resumen en la tabla 9:

**Tabla 9.** Cálculos preliminares de la pendiente media del cauce principal.

Tramo	Longitud ΔL (m)	ΔH (m)	Pendiente del tramo $s = \frac{\Delta H}{L}$	$\frac{1}{\sqrt{s}}$
1	1012	(2108-2206)=98	0.09684	3.2135
2	1012	(2206-2230)=24	0.02371	6.4943
3	1012	(2230-2260)=30	0.02964	5.8085
4	1012	(2260-2277)=17	0.01679	7.7175
5	1012	(2277-2311)=34	0.03359	5.4563
6	1012	(2311-2402)=91	0.08992	3.3348
7	1012	(2402-2412)=10	0.00988	10.0605
8	1012	(2412-2421)=9	0.00889	10.6059
<b>Sumatoria</b>				<b>52.6913</b>

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo con la ecuación 7.12 y los datos consignados en la tabla 9, se determinó la pendiente del cauce principal de la Microcuenca río Cauca es:

$$S = \left[ \frac{8}{52.6913} \right]^2 = 0.02305 = 2.31\%$$

La tabla 10 muestra los valores agrupados en clases según el rango de pendiente media de la corriente principal.

**Tabla 10.** Clases de valores de pendiente del cauce principal

Rangos de pendiente	Clases
0.01 - 0.05	Suave
0.06 - 0.11	Moderada
0.12 - 0.17	Fuerte

Fuente: Fuentes (2004).

Se consideró que la Microcuenca río Cauca presenta una pendiente suave, ya que el valor obtenido está en el rango 0.01 – 0.05.

### 7.1.6.3 Perfil longitudinal.

El perfil longitudinal de un río es el gráfico obtenido al representar las diferentes alturas desde su nacimiento a su desembocadura en función de la longitud a lo largo del río principal. En la tabla 11 se muestra los datos de las diferentes alturas y longitudes correspondientes al cauce principal de la Microcuenca río Cauca.

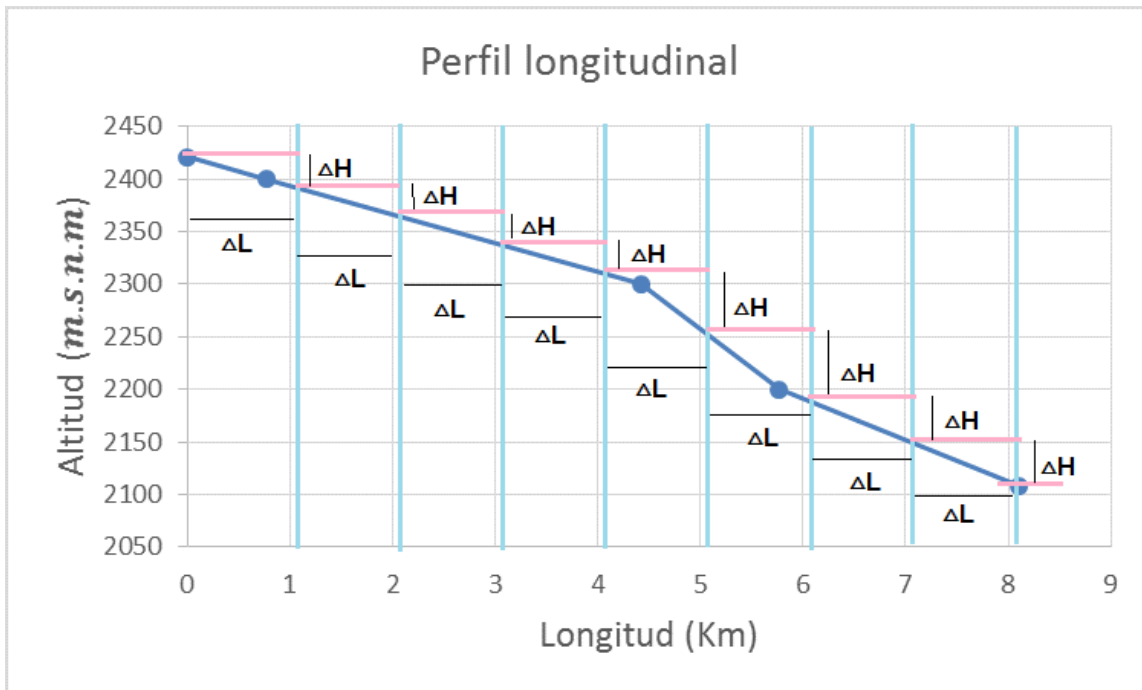
**Tabla 11.** Cotas de Perfil longitudinal.

Cota (m. s. n. m)	Longitud (m)	Longitud Acumulada (m)
2108-2200	2328.8951	8095.8417
2200-2300	1344.3048	5766.9466
2300-2400	3648.6869	4422.6418
2400-2421	773.9549	773.9549

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presenta el perfil longitudinal de la Microcuenca río Cauca, el cual fue realizado con los anteriores datos:

**Figura 10.** Perfil longitudinal.



Fuente: Elaboración Propia.

El perfil longitudinal da una idea del curso principal dando a conocer las pendientes que tiene el cauce en diferentes tramos de su recorrido y en este caso particular donde se realizara futuro aprovechamiento hidroenergético la figura 10 muestra posibles sitios para puntos de control de agua o sitio de captación.

#### 7.1.6.4 Densidad de drenaje.

Según González (2008), Este parámetro es la relación que existe entre la suma de las longitudes de todos los cursos de agua que drenan en la cuenca con el área de la misma. Por lo tanto, la densidad de drenaje está dada por:

$$Dd = \left[ \frac{L_R}{A} \right] \quad (7.13)$$

Dónde:

Dd: Densidad de drenaje en Km/Km<sup>2</sup>.

LR: Longitud total de todas las corrientes en Km.

A: Área de la cuenca en Km<sup>2</sup>.

Por lo tanto, la densidad de drenaje de la Microcuenca río Cauca es:

$$Dd = \left[ \frac{L_R}{A} \right] = \frac{38.901 km}{17.385 km^2} = 2.238 \frac{km}{km^2}$$

Analizando la densidad de drenaje, según González (2008), se considera que los valores de Dd próximos a 0.5 km/km<sup>2</sup> o mayores indican la eficiencia de la red de drenaje. La red de drenaje toma sus características, influenciada por las lluvias y la topografía. Por esto se tiene que para un valor alto de Dd corresponden grandes volúmenes de escurrimiento, al igual que mayores velocidades de desplazamiento de las aguas, lo que producirá ascensos de las corrientes. Por lo tanto, se consideró que la Microcuenca río Cauca, presenta un buen drenaje, por lo tanto índico una alta presencia de cobertura vegetal y alimentación del flujo subsuperficial.

#### 7.1.6.5 Tiempo de concentración.

Corresponde al tiempo mínimo necesario para que todos los puntos hidrológicos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía al punto de salida o hasta el punto de interés y está determinado por el tiempo que tarda una partícula hidrológicamente más lejana en viajar hasta el punto emisor de la cuenca. (López, 1998).

González (2008) afirma: Existen diferentes fórmulas experimentales para el cálculo del tiempo de concentración. A continuación se relacionan algunas de ellas, las cuales se utilizan con más frecuencia:

- Kirpich:

$$Tc = \left( \frac{0.87 \times L^3}{\Delta H} \right)^{0.385} \quad (7.14)$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas.

L: Longitud del cauce principal, en Kilómetros.

ΔH: Diferencia de nivel, entre la salida de la cuenca y el punto hidráulicamente más lejano, en metros.

- Dirección General de Carreteras:

$$Tc = 0.3 \left( \frac{L}{J} \right)^{0.76} \quad (7.15)$$

Dónde:

Tc: Tiempo de concentración, en horas.

L: Longitud del cauce principal, en Kilómetros.

J: Pendiente media del cauce principal.

En el caso de la Microcuenca río Cauca el tiempo de concentración de acuerdo a las ecuaciones 7.14 y 7.15 respectivamente es:

Según la ecuación de Kirpich, se tiene:

$$T_c = \left( \frac{0.87 \times (8.095)^3}{2903 - 2108} \right)^{0.385} = \mathbf{0.81 \text{ horas}}$$

Según la ecuación de Dirección General de Carreteras, se tiene:

$$T_c = 0.3 \left( \frac{8.095}{\left( \frac{2903 - 2108}{8.095} \right)^{\frac{1}{4}}} \right)^{0.76} = \mathbf{0.62 \text{ horas}}$$

Los valores del tiempo de Concentración obtenidos son muy diferentes entre sí puesto que cada autor estima su ecuación para una cuenca con características muy particulares. Según Botero (2010), únicamente el método de Dirección General de Carreteras está específicamente desarrollado para nuestras características ambientales particulares. Por lo tanto, el tiempo de concentración para la Microcuenca río Cauca es 0.62 horas  $\approx$  37.2 min.

La tabla 12 muestra la clasificación de los valores de tiempo de concentración.

**Tabla 12.** Clases de tiempo de concentración (min).

Rangos de Tc (min)	Clases
0 – 41.7	Rápido
41.8 – 83.2	Moderada
83.2 – 125. 1	Lento

Fuente: Fuentes (2004).

El tiempo de concentración de la Microcuenca río Cauca es 37.2 min, según la tabla 12 este es rápido. En este sentido y reconociendo la morfometría y los parámetros de relieve de la microcuenca esta presenta un aporte rápido de escurrimiento o mayor caudal.

#### 7.1.6.6 Sinuosidad de las corrientes de agua.

La sinuosidad es el mecanismo natural por el cual un cauce ajusta su pendiente buscando un equilibrio dinámico en los procesos de erosión, transporte y sedimentación que constituyen la configuración y geometría del cauce (Ceballos, 2011).

Según González (2008), Es la relación entre la longitud de la corriente principal, medida a lo largo de su trayectoria y la longitud sobre un trazado suave de la misma. Por lo tanto, la sinuosidad de las corrientes de agua está dada por:

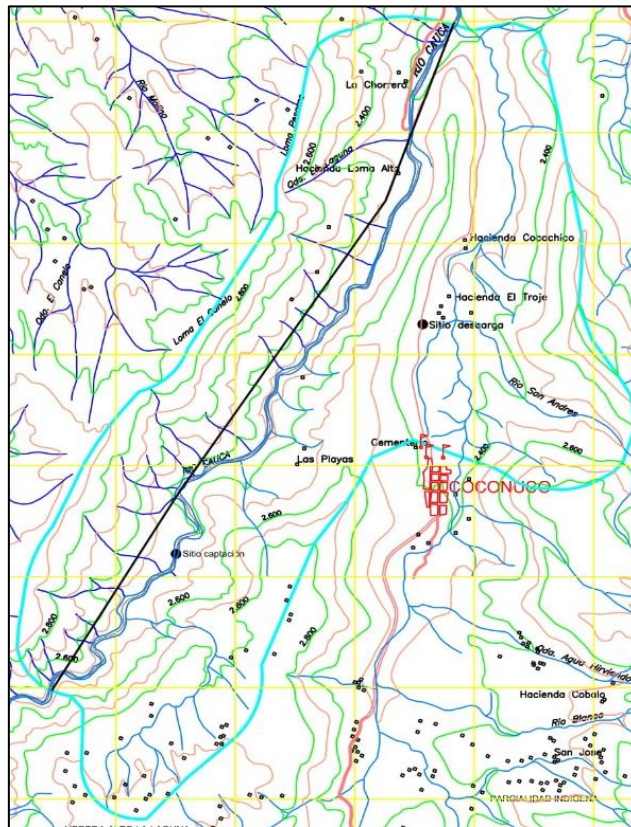
$$S = \frac{L}{L_s} \quad (7.16)$$

Dónde:

- L: Longitud del cauce principal, en Kilómetros.
- Ls: Longitud sobre un trazado suave o tramos rectos.

En la figura 11 se muestra el trazado suave que se realizó en el plano topográfico para determinar la longitud en tramos rectos de las corrientes principales.

**Figura 11.** Trazado suave o tramos rectos.



Fuente: Elaboración Propia.

Por medio del programa AutoCAD, se determinó la longitud en tramos rectos de las corrientes principales como se muestra en la figura 11, el cual es 6426.74 m  $\approx$  6.427 Km. Por lo tanto, la sinuosidad de las corrientes de agua de la Microcuenca río Cauca es:

$$S = \frac{L}{Lv} = \frac{8.095 \text{ Km}}{6.427 \text{ Km}} = 1.26$$

Según Leopold (1957), la relación 7.16 permite determinar cuando el tramo de estudio es serpenteado (Sinuosidad > 1.5) o recto (Sinuosidad < 1.5). Por consiguiente el tramo de la Microcuenca río Cauca es recto (1.26 < 1.5) esto indica que no hay sucesión de curvas y el tramo del río es recto desarrollando mayor velocidad el agua, siendo esta una característica favorable para el aprovechamiento hidroenergético.

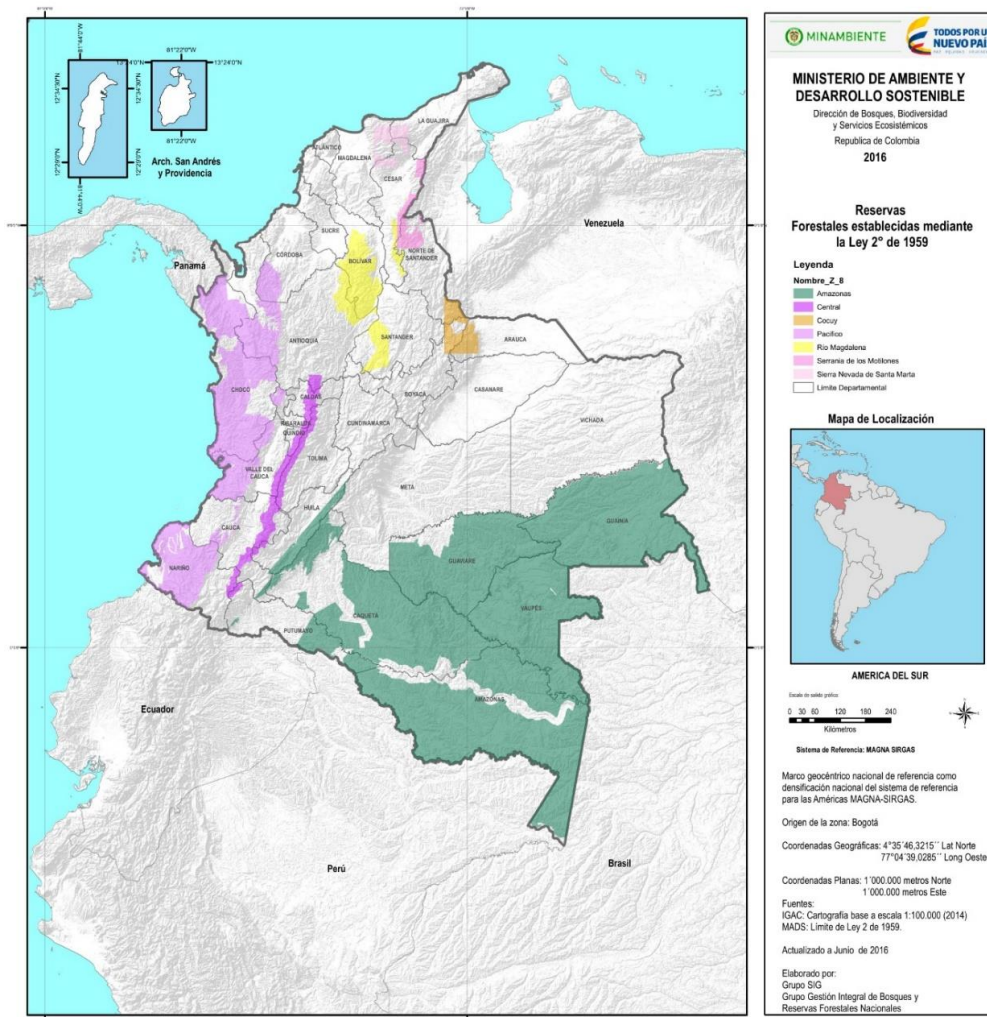
## **7.2 REQUISITOS Y PROCEDIMIENTO PARA EL TRÁMITE LEGAL DE SUSTRACCIÓN DEL ÁREA DE RESERVA FORESTAL SEGÚN LA LEY 2 DE 1959.**

En primer lugar se realizó una revisión bibliográfica y de legislación ambiental vigente, para tener claro que determinan estas.

Según la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015), las zonas de reserva forestal de la Ley 2ª de 1959 constituyen el patrimonio forestal del país ubicado sobre las siete (7) zonas de reserva forestal: Zona de Reserva Forestal del Pacífico, Central, Río Magdalena, Sierra Nevada de Santa Marta, Serranía de los Motilones, Cocuy y Amazonía, como se muestra en la figura 12. La importancia que representan estas áreas para el desarrollo económico del país, es de vital importancia por los innumerables servicios ambientales que proveen estos y su función de conservación de biodiversidad. Dichas zonas de reserva forestal están destinadas para desarrollo de la economía forestal a partir del aprovechamiento sostenible de los recursos forestales y la protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre. Estas no se consideran áreas protegidas, sin embargo comprenden áreas tanto públicas como privadas (áreas del Sistema Nacional de Áreas Protegidas y territorios colectivos). En las áreas identificadas como prioridades de conservación nacional y regional que se encuentren al interior de las áreas de Reserva Forestal, las autoridades ambientales propenderán por implementar medidas tendientes a su conservación.



**Figura 12.** Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959.



Fuente: Sistema de Información ambiental de Colombia (Siac), catálogo de mapas.

Según el artículo 3 de esta Ley, El Ministerio de Agricultura puede sustraer aquellos sectores que se consideren adecuados para la actividad agropecuaria, a fin de que el Ministerio pueda sustraerlos de las Reservas. Esta facultad podrá ejercerla también el Ministerio con base en estudios e informes técnicos de su Departamento de Recursos Naturales.

El Proyecto De Ley, por el cual se habilita la adjudicación o el otorgamiento de uso de baldíos en reservas forestales sin sustracciones a firma que las zonas de reserva forestal, se clasifican en tres tipos de zonas A, B y C, las cuales son definidas de la siguiente manera:

Zona tipo A: Zonas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados

principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

Zona Tipo B: Zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos.

Zona tipo C: Zonas que por sus características biofísicas ofrecen condiciones para el desarrollo de actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la Reserva Forestal, que deben incorporar el componente forestal, y que no impliquen la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales.

En el momento que el proyecto requiera previamente de la sustracción de las áreas de reserva forestal y esta afecte a las comunidades étnicas, se deberá agotar el trámite de consulta previa de conformidad con el artículo 6 del Convenio 169 de la OIT, siempre y cuando el Ministerio del Interior certifique la presencia de comunidades étnicas en la zona donde se pretenda ejecutar el mismo. El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, adoptará un mecanismo para la sustracción de las áreas de reserva forestal de la ley 2ª con fines de reforma rural integral.

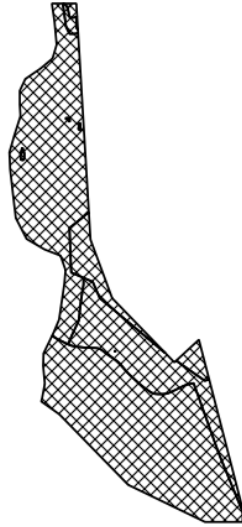
De acuerdo con las coordenadas del polígono del proyecto La Alameda y la figura 15, este puede estar situado en Zona De Reserva Forestal Central; Se tiene según la Resolución 1922 del 27 de diciembre de 2013, la Zonificación de las áreas de la Reserva Forestal Central, se puede encontrar en Zona tipo A o B, ya que, referente al departamento de Cauca, este cuenta con una serie de medianos y grandes polígonos ubicados al sur del departamento en el área de la reserva.

Para corroborar la anterior información y la consignada en la Resolución No. 12061 (Anexo A1), se realizó una solicitud ante la oficina de planeación de la Corporación Autónoma Regional del Cauca – CRC, para verificar si el polígono del proyecto La Alameda hace parte de la Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959, que coordenadas caen sobre esta, tipo de zona y su categoría correspondiente (Anexo B1). La oficina de planeación de la CRC, en respuesta a la anterior solicitud, indicó que dentro del polígono proyecto La Alameda, se encuentran zonas de la Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959 – Zona de Reserva Forestal Central (Anexo B2), de la siguiente manera:

- Zona Tipo A, con extensión de 3.15 Has.
- Zona Tipo B, con extensión de 236,35 Has.

Anexando archivo Shapefile con los tipos de zonas y su categoría correspondiente, como se muestra a continuación:

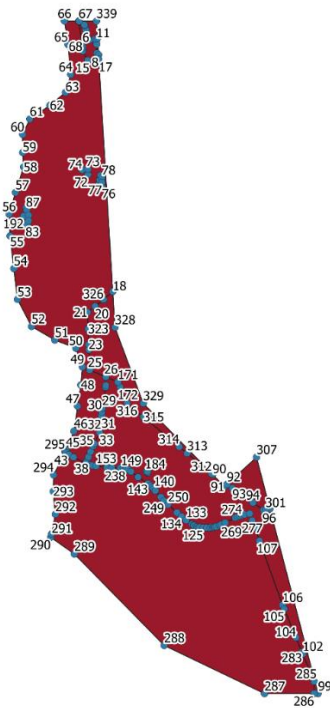
**Figura 13.** Polígono de Zonas de la Reserva Ley 2a de 1959.



Fuente: Oficina de planeación de la CRC.

Por medio del Sistema de Información Geográfica (QGIS), programa cuenta con licencia libre, se realizó un tratamiento a la información proporcionada anteriormente (figura 13), con el fin de obtener mayor detalle de las zonas que se encuentran en este, como se muestra a continuación:

**Figura 14.** Puntos de polígono objeto de sustracción.



Fuente: Elaboración Propia en Sistema de Información Geográfica (QGIS).

Por medio del Sistema de Información Geográfica (QGIS), se determinó que puntos corresponden a la Zona Tipo A, B y áreas con previa decisión de ordenamiento y las coordenadas correspondientes que se encuentran consignadas en el (Anexo B3). En la tabla 13, se resume los tipos de zonas con sus respectivos puntos:

**Tabla 13.** Zonas Tipo de la Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959.

Zona Tipo	Puntos
A	184 - 228
B	1 - 183
Áreas con previa decisión de ordenamiento	229 - 340

Fuente: Elaboración Propia.

La anterior información indico que existen varios tipos de zonas en el polígono del proyecto, en el caso de la zona tipo B, se podrá realizar la solicitud de sustracción sin ningún requerimiento adicional de lo establecido por la normativa.

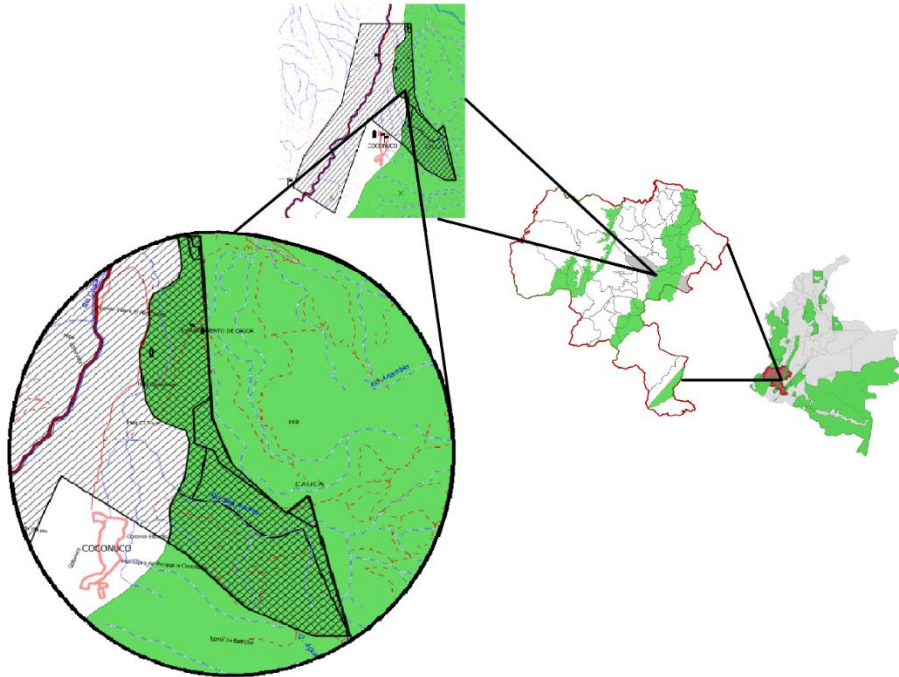
Para el caso de la zona tipo A y áreas con previa decisión de ordenamiento, es diferente el procedimiento, a razón de que en estas zonas existen comunidades étnicas y la Resolución No. 12061 (Anexo A1), corrobora esto, con la siguiente información: El Ingeniero Humberto Martínez, Responsable del Sistema de Información Ambiental Corporativa – SIAC, manifestó que *“algunas coordenadas caen sobre los resguardos indígenas de Poblazón, municipio de Popayán y Coconuco, municipio de Puracé”*.

La anterior información fue corroborada en sitio durante el recorrido de inspección ocular, por los funcionarios Luis Rivera y Gerardo Ruiz, adscritos a la Subdirección de Gestión Ambiental de la Corporación Autónoma Regional Del Cauca, el día 28 de junio de 2017.

Por lo anterior, se deberá agotar el trámite de consulta previa de conformidad con el artículo 6 del Convenio 169 de la OIT, para demostrar que este proyecto no afectara a estas comunidades étnicas y en este caso el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible adoptará un mecanismo para la sustracción de las áreas de reserva forestal de la ley 2ª con fines de reforma rural integral.

Adicionalmente, se verifico que la figura 15 estuviera dentro del polígono proyecto La Alameda y áreas de reserva forestal de la ley 2ª, como se muestra a continuación:

**Figura 15.** Ubicación polígono objeto de sustracción.



Fuente: Elaboración Propia en Sistema de Información Geográfica (QGIS).

Con la anterior información, se especificó la metodología correspondiente para realizar el trámite legal correspondiente para la sustracción de área de reserva forestal de Ley 2 de 1959 ante el MADS, la cual es la siguiente:

1. Según la Resolución 0918 de 2011, Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para la sustracción de áreas en las reservas forestales nacionales y regionales, para el desarrollo de actividades consideradas de utilidad pública o interés social, se tiene:

1.1. La Solicitud de sustracción será de tipo definitiva, ya que, se desarrollaran actividades declaradas por la ley como de utilidad pública o interés social en áreas de reserva forestal objeto de esta resolución, y estas pueden implicar remoción de bosques o cambios definitivos en el uso del suelo.

1.2. Requisitos para la solicitud de sustracción temporal y definitiva de áreas de reserva forestal:

- Según el artículo 6° (requisitos de la solicitud), los interesados en la sustracción temporal o definitiva de áreas en las reservas forestales, deberán presentar solicitud ante la autoridad ambiental competente con la información que se señala a continuación:

- Certificado de existencia y representación legal para el caso de persona jurídica o copia del documento de identificación, si se trata de persona natural.
- Poder otorgado en debida forma, cuando se actúe mediante apoderado.
- Certificación(es) expedida(s) por el Ministerio del Interior y de Justicia o de la entidad que haga sus veces sobre la presencia o no de comunidades negras y/o indígenas.
- Certificación(es) expedida(s) por el Incoder o de la entidad que haga sus veces, sobre la existencia de territorios indígenas o tierras de las comunidades negras legalmente constituidos.
  - Cuando se certifique la presencia de comunidades indígenas o negras tradicionales o la existencia de territorios indígenas o tierras tituladas colectivamente a las comunidades negras, en el área objeto de la solicitud de sustracción, se deberá presentar la documentación que haga constar que se ha agotado el proceso de consulta previa, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 21 de 1991 y demás normas que regulan la materia.
  - Para la información que sustente la solicitud de sustracción para realizar actividades de utilidad pública o interés social, de acuerdo a lo establecido en los artículos 7° y 8° de la presente resolución, se procede a:
    - Según el Parágrafo 2°. Cuando se trate de una actividad que requiera de la obtención de licencia ambiental, el trámite de sustracción del área de reserva forestal se realizará de manera previa. Sin embargo, el interesado podrá optar por solicitar al mismo tiempo la licencia ambiental y la sustracción del área de reserva forestal, pero la licencia ambiental no podrá ser otorgada sin haberse efectuado previamente la sustracción del área de reserva forestal.
    - Según el Parágrafo 3°. De no otorgarse la licencia ambiental correspondiente, el área sustraída recobrará la condición anterior de área de reserva forestal. Tratándose de actividades de competencia de las corporaciones autónomas regionales, corresponderá a estas entidades informar de manera inmediata al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, sobre la decisión adoptada.
  - La información técnica para la sustracción definitiva de áreas en las reservas forestales según el artículo 7°, el interesado en la sustracción de áreas en las reservas forestales deberá presentar la información que sustente la solicitud con base en los términos de referencia contenidos en la presente resolución (Anexo B4).
- Según el Parágrafo 3°. Cuando se trate de obras, proyectos o actividades que requieran Licencia Ambiental otorgadas por las autoridades ambientales regionales

y la sustracción corresponda al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, el acto de la sustracción debe ser previo al otorgamiento de la Licencia Ambiental.

- Procedimiento para la sustracción de áreas en las reservas forestales. Según el artículo 9°. El procedimiento que se surtirá para la evaluación de las solicitudes de sustracción de áreas en las reservas forestales será el siguiente:

1. Verificado el cumplimiento de los requisitos de que trata el artículo 6° de la presente resolución, la autoridad ambiental competente procederá dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a expedir un auto de inicio de trámite en los términos del Artículo 70 de la Ley 99 de 1993.

Artículo 70. Del Trámite de las Peticiones de Intervención. La entidad administrativa competente al recibir una petición para iniciar una actuación administrativa ambiental o al comenzarla de oficio dictará un acto de iniciación de trámite que notificará y publicará en los términos de los artículos 14 y 15 del Código Contencioso Administrativo y tendrá como interesado a cualquier persona que así lo manifieste con su correspondiente identificación y dirección domiciliaria.

2. Ejecutoriado el auto de inicio de trámite, dentro de los quince (15) días hábiles siguientes, la autoridad ambiental procederá a solicitar a otras autoridades o entidades los conceptos técnicos o informaciones pertinentes, que deben ser remitidos en un plazo no superior a veinte (20) días hábiles, contados desde la fecha de radicación de la comunicación correspondiente.

3. Vencido este término, dentro de los veinte (20) días hábiles siguientes, la autoridad ambiental podrá solicitar al interesado la información adicional que se considere pertinente, mediante acto administrativo motivado. La solicitud de información adicional suspenderá los términos que tiene la autoridad ambiental competente para decidir.

4. Allegada la información adicional, o vencido el término previsto en el numeral 2, la autoridad ambiental competente contará hasta con sesenta (60) días hábiles para expedir el acto administrativo motivado, mediante el cual se pronuncia sobre la viabilidad de la sustracción de la reserva forestal, el cual será publicado en el Diario Oficial.

- Según el párrafo 1°. De conformidad con lo previsto en el Código Contencioso Administrativo, se entenderá que el peticionario ha desistido de su solicitud, si efectuado el requerimiento de completar los requisitos o de allegar los documentos o informaciones adicionales, no da respuesta en el término de dos (2) meses. Acto seguido se archivará la solicitud, sin perjuicio que el interesado presente una nueva solicitud.

- Según el parágrafo 2°. En caso de que el interesado requiera la reducción del área sustraída, no será necesario presentar la información técnica de que trata el artículo 6°; no obstante debe presentar ante la autoridad ambiental competente las nuevas coordenadas del área.

- Medidas de Compensación, Restauración y Recuperación, según el Artículo 10, la sustracción de las áreas de reserva forestal para el desarrollo de actividades de utilidad pública o interés social, dará lugar a la implementación de las medidas que establezcan las autoridades ambientales competentes, de acuerdo con los siguientes criterios:

- En sustracciones definitivas: Se deberá compensar con un área de valor ecológico equivalente al área sustraída de la reserva forestal. En el acto administrativo a través del cual se efectúe la sustracción definitiva, la autoridad ambiental competente establecerá la destinación que se dará al área restaurada y restituida para su administración.

Parágrafo. En los casos que para el desarrollo del proyecto, obra o actividad para la cual se solicita la sustracción del área de reserva forestal, sea necesaria la obtención de licencia ambiental, planes de manejo ambiental, permisos, concesiones o autorizaciones ambientales o levantamientos de vedas, las medidas de compensación a que se refiere el presente artículo, serán independientes de las medidas que se establezcan para prevenir, mitigar, corregir, compensar y manejar los impactos que se puedan ocasionar durante la ejecución del proyecto objeto de licenciamiento ambiental o del instrumento administrativo respectivo.

Cuando se pretendan desarrollar al interior de los territorios colectivos, proyectos de utilidad pública o interés social que impliquen el cambio en el uso del suelo, se deberá adelantar el proceso de sustracción, cumpliendo para el efecto el procedimiento de consulta previa de que trata el Convenio 169 de la OIT adoptado a través de la Ley 21 de 1991 y sus normas complementarias.

Se debe tener en cuenta que el proyecto La Alameda actualmente se encuentra en fase de estudio de recursos naturales y hasta que este no culmine, no se puede efectuar el trámite pertinente anteriormente mencionado.

### **7.3 DEFINICIONES Y LINEAMIENTOS PARA IDENTIFICAR LAS ZONAS DE INTERÉS AMBIENTAL DONDE SE PUEDAN PRESTAR SERVICIOS AMBIENTALES.**

Inicialmente, se procedió a realizar una revisión bibliográfica y de legislación ambiental vigente, acerca de los tipos de zonas de interés ambiental en Colombia y metodologías para la identificación de zonas de interés ambiental donde se puedan prestar servicios ambientales, pueden ser estos de regulación, aprovisionamiento, soporte o culturales en el tramo de estudio; para adoptar la metodología más

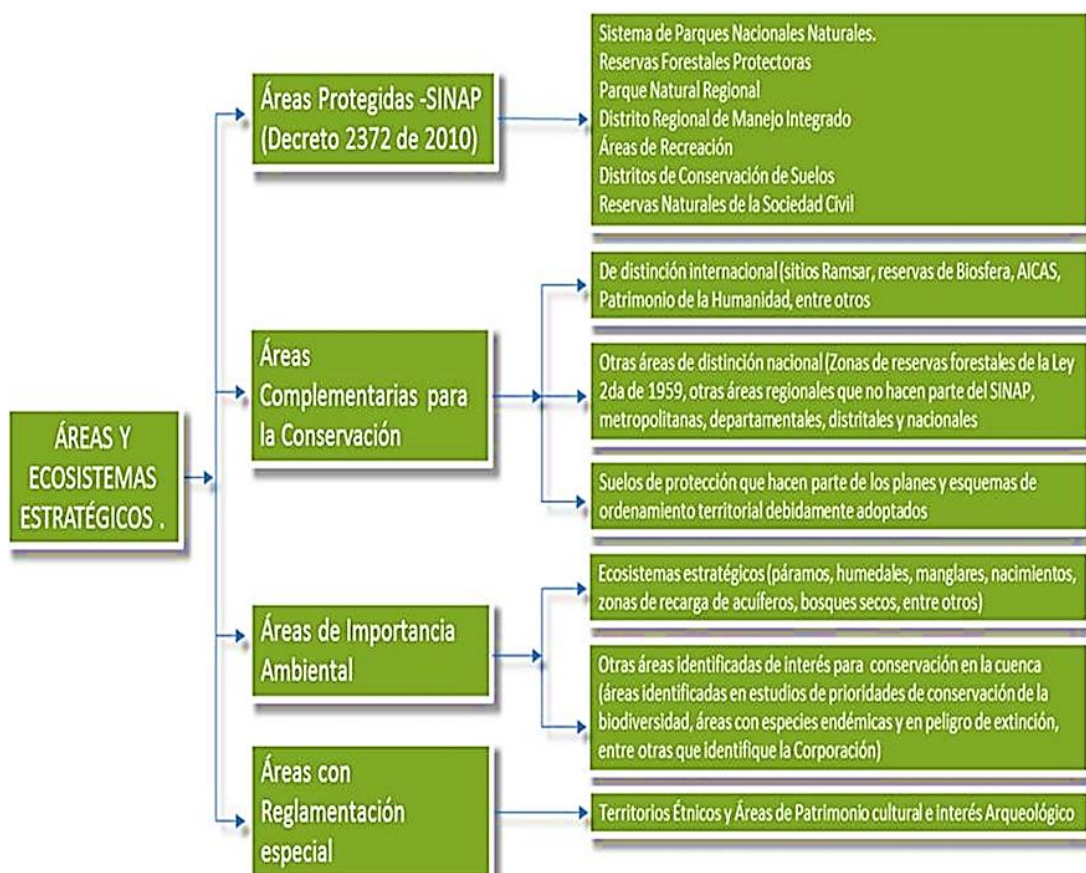


adecuada, ya que existe una extensa reglamentación y tipos de áreas de interés ambiental.

### 7.3.1 Áreas de interés ambiental.

Según la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015), las áreas de interés ambiental están determinadas por cuatro (4) componentes esenciales, como se muestra en la siguiente figura:

**Figura 16.** Esquema de Áreas de interés ambiental en Colombia.



Fuente: Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015).

A continuación se presentan algunas consideraciones importantes de las áreas anteriormente mencionadas:

- Áreas protegidas integrantes del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP).

Marco de política y normativo: La Consolidación del SINAP, fue establecida mediante documento CONPES 3680 de 2010, este estableció los lineamientos para su consolidación y contribuir a la conservación y preservación de la diversidad

biológica y cultural. Este fue reglamentado mediante el Decreto 2372 de 2010, estableciendo su estructura operativa y regionalización, el Artículo 10 del anterior decreto, establece que el SINAP está conformado por las categorías del Sistema de Parques Nacionales Naturales (SPNN), la Reserva Forestal Protectora, Parque Natural Regional, Distrito de Manejo Integrado, Distrito de Conservación de Suelos, Área de Recreación y Reserva Natural de la Sociedad Civil, en donde cada una de las categorías de manejo presentan diferencias en su definición, la regulación de usos, actividades permitidas y por lo tanto en la posibilidad de desarrollar o no actividades productivas. (Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, 2015).

El SPNN está integrado por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974. La reserva, delimitación, alinderación y declaración de estas áreas corresponde al Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las acciones necesarias para su administración y manejo corresponden a la Unidad Administrativa Especial del SPNN, la reglamentación de las categorías que forman parte de esta, corresponde en su integridad a lo definido por el Decreto 622 de 1977 o la norma que lo modifique, sustituya o derogue. Por otra parte, el artículo 19 del Decreto 2372 de 2010, las entidades territoriales no pueden regular el uso del suelo de las áreas reservadas, delimitadas y declaradas como áreas del SINAP, quedando sujetas a respetar tales declaraciones. Durante el proceso de concertación a que se refiere la Ley 507 de 1999, las Corporaciones Autónomas Regionales deberán verificar el cumplimiento de lo aquí dispuesto.

- Áreas complementarias para la conservación.

Según la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015), Estas áreas corresponden a categorías de protección y manejo de los recursos naturales renovables reguladas por la Ley 2ª de 1959, el Decreto-Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993 y sus reglamentos y la Ley 388 de 1997. Sin embargo, esas áreas no se considerarán como áreas protegidas integrantes del SINAP, sino como estrategias de conservación in situ que aportan a la protección, planeación, y manejo de los recursos naturales renovables y al cumplimiento de los objetivos generales de conservación del país. También se consideran las áreas con distinciones internacionales tales como, Sitios Ramsar, Reservas de Biósfera, AICAS y Patrimonio de la Humanidad, entre otras; las reservas forestales declaradas por la Ley 2ª de 1959, así como algunas figuras de protección ambiental definidas y declaradas por las Autoridades Ambientales que no hacen parte del SINAP y los suelos de protección dentro de cualquiera de las clases de suelo de que trata la Ley 388 de 1997, debido a la importancia estratégica para la designación o ampliación de áreas protegidas públicas o privadas, que permitan la preservación, restauración o uso sostenible de la biodiversidad.

- Áreas con Distinción internacional: Las Reservas de Biosfera son zonas de ecosistemas terrestres o costeros/ marinos, o una combinación de los mismos, reconocidas como tales en un plano internacional en el marco del Programa MAB

de la UNESCO. Sirven para impulsar armónicamente la integración de las poblaciones y la naturaleza, a fin de promover un desarrollo sostenible mediante un diálogo participativo, el intercambio de conocimiento, la reducción de la pobreza, la mejora del bienestar, el respeto a los valores culturales y la capacidad de adaptación de la sociedad ante los cambios. En Colombia existen las siguientes Reservas de Biosferas:

**Tabla 14.** Reservas de Biosfera de Colombia.

<b>NOMBRE DE LA RESERVA</b>	<b>AÑO DE REGISTRO</b>	<b>ENTIDAD ADMINISTRADORA DE LA RESERVA</b>
Cinturón Andino	1979	Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (UESPNN)
El Tuparro	1979	UAESPNN
Sierra Nevada de Santa Marta	1979	UAESPNN
Ciénaga Grande de Santa Marta	2000	Corporación Autónoma Regional del Magdalena
Seaflower	2000	Corporación para el Desarrollo Sostenible de San Andrés, Providencia y Santa Catalina

Fuente: Cancillería de Colombia.

- Sitios Ramsar: La Convención sobre los Humedales de Importancia Internacional, llamada la Convención de Ramsar, es un tratado intergubernamental que sirve de marco para la acción nacional y la cooperación internacional en pro de la conservación y el uso racional de los humedales y sus recursos. Este tratado entró en vigor en Colombia el 18 de octubre de 1998, y actualmente se cuenta con cinco (5) humedales de importancia internacional, o Sitios Ramsar, Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta – Magdalena, Laguna de la Cocha – Nariño, Delta del Río Baudó – Chocó, Complejo de Humedales Laguna del Otún – Risaralda, Sistema Lacustre de Chingaza – Cundinamarca y Estrella fluvial de Inírida,

- Patrimonio de la Humanidad o Patrimonio Mundial: Es el título conferido por la UNESCO a sitios específicos del planeta en bosque, montaña, lago, cueva, desierto, edificación, complejo arquitectónico, ruta cultural, paisaje cultural o ciudad, que han sido propuestos y confirmados para su inclusión en la lista mantenida por el Programa Patrimonio de la Humanidad, administrado por el Comité del Patrimonio de la Humanidad y compuesto por 21 Estados. En Colombia se han catalogado los siguientes sitios de Patrimonio de la Humanidad:

- 1984 - Puerto, fortalezas y conjunto monumental de Cartagena.

- 1994 - Parque Nacional Natural de Los Katíos.
- 1995 - Parque Arqueológico de San Agustín.
- 1995 - Parque Arqueológico Nacional de Tierradentro.
- 1995 - Centro histórico de Santa Cruz de Mompox.
- 2006 - Santuario de flora y fauna de Malpelo.
- 2011 - Paisaje cultural cafetero de Colombia.
- 2014 - Qhapaqñan, sistema viario andino.

- Áreas de importancia internacional para la conservación de aves (AICAs): Son áreas que normalmente provee hábitat esencial para una o más especies de aves, estos sitios pueden tener aves amenazadas, con rango de distribución restringida, las que son representativas de un bioma o concentraciones especialmente numerosas de aves en sitios de reproducción, durante su migración, o en sus sitios de hibernación. (SIB, 2015).

- Otras Áreas de Distinción Nacional.

Reservas forestales de la Ley 2ª de 1959, las consideraciones sobre este tipo de áreas se encuentra en el ítem 7.2 del presente trabajo.

Las áreas declaradas a niveles regional y local con fines de protección, corresponden a áreas declaradas por las Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible, las Asambleas Departamentales y los Concejos Municipales con fines de protección de recursos naturales que no hacen parte del SINAP y/o que se encuentran en proceso de homologación para ser incluidas y registradas en el SINAP.

- Suelos de protección: Conforme lo establece el Decreto 2372 de 2010, los suelos de protección están constituidos por las zonas y áreas de terrenos localizados dentro de cualquiera de las clases de suelo que trata la Ley 388 de 1997 y que tiene restringida la posibilidad de urbanizarse debido a la importancia estratégica para la designación o ampliación de áreas protegidas públicas o privadas, que permitan la preservación, restauración o uso sostenible de la biodiversidad, de importancia municipal, regional o nacional.

- Áreas de importancia ambiental.

Marco de política y normativo: Corresponden a ecosistemas que han venido siendo priorizados en diferentes iniciativas nacionales, regionales y locales de conservación in situ en el marco del SINAP, así como las Áreas de Especial Importancia Ecosistémica definidas en las diferentes políticas del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Páramos, Humedales, Ecosistemas estratégicos, entre otros).

- Los Ecosistemas Estratégicos: La identificación y caracterización de los ecosistemas estratégicos nacionales fue una de las metas de la Política Nacional Ambiental de 1994. Con base en este documento, se deduce que los ecosistemas estratégicos son aquellos que garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible del país, de manera que se contribuya a promover el desarrollo económico y social, prevenir catástrofes y garantizar el mantenimiento de la diversidad biológica y cultural. (CONPES 2750, 1994).

Según Márquez (2003), los ecosistemas estratégicos deben entenderse como partes diferenciables del territorio donde se concentran funciones naturales de las cuales dependen, de manera especial y significativa, bienes y servicios ecológicos vitales para el mantenimiento de la sociedad y de la naturaleza.

Para identificar los ecosistemas estratégicos ha tomado como base su función y la escala de influencia y los ha relacionado con los servicios ambientales que estos prestan. Las funciones identificadas son: Satisfacción de necesidades básicas, productividad, equilibrio ecológico (clima y biodiversidad), sumideros, prevención de riesgo ambiental, relaciones políticas y recursos naturales. La escala de influencia aplicada fue global, nacional, regional o local y sectorial.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (2015) y la CRC, destacan como ecosistemas estratégicos a los páramos, humedales, manglares, zonas secas y zonas marino costeras, y presentan de ellas la siguiente descripción:

- Páramos: Desde hace cinco millones de años, con el levantamiento fisiográfico de la Cordillera de los Andes, se dio inicio al proceso para la creación definitiva de los Bosques Alto Andinos y, en la parte superior de estos, de los Ecosistemas de Páramo, por encima de los 3.000 metros sobre el nivel del mar (msnm). Del punto de vista funcional (vegetación) y biogeográfico. De acuerdo al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (1999), el país cuenta con 1.443.425 hectáreas con páramos húmedos (89%), páramos secos (6%) y superpáramos (5%). Sin embargo, los límites altitudinales en que se ubican estos ecosistemas en las cordilleras no se deben generalizar a nivel nacional, debido a la diversidad de geoformas y topografía que se presentan en los Andes. Además, es complejo definirlos sin llevar a cabo una verificación de campo.

- Humedales: Según CRC (2018), El humedal es un ecosistema intermedio entre el medio acuático y el terrestre, con porciones húmedas, semihúmedas y secas, caracterizado por la presencia de flora y fauna muy singular. El Convenio Internacional de Ramsar, realizado en 1971 en la ciudad iraní al que debe su nombre, fue convocado por la alarmante desaparición de miles de hectáreas de humedales en todo el mundo, y el consecuente peligro de extinción de las especies que los habitan. El Convenio define a los humedales como "extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de agua, sean estas de

régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina, cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros". A nivel internacional los humedales están reglamentados por la Convención RAMSAR Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. De este modo, los humedales se clasifican en humedales marinos y costeros, humedales continentales y humedales artificiales. En Colombia, la extensión de humedales es de 2.589.839 Hectáreas, representadas en áreas de cobertura de cuerpos de agua naturales continentales, hidrófitas continentales, lagunas costeras y manglares.

- Zonas de Ronda y Preservación: Los humedales no sólo están conformados por el cuerpo de agua o zona de inundación, sino por las áreas de transición: La Ronda Hidráulica y la Zona de Manejo y Preservación Ambiental.

La ronda hidráulica es la franja paralela a la línea media del cauce alrededor de los nacimientos o los cuerpos de agua, hasta de 30 metros de ancho (a cada lado de los cauces), de conformidad con lo dispuesto en el Decreto Ley 2811 de 1974. La ronda hidráulica es fundamental para la estabilidad del ecosistema, y se considera reserva forestal de protección ecológica, ya que abarca las áreas inundables que permiten el paso de crecientes no ordinarias y tiene la función de amortiguar, dinamizar y proteger el equilibrio del humedal, por tanto, no debe ser afectada por desarrollos urbanísticos o edificaciones.

- Manglares: Según la CRC (2018), El manglar es un ecosistema marino-costero ubicado en los trópicos y subtrópicos del planeta, en el cual la especie fundamental es el mangle. Se caracterizan por ubicarse en lugares donde se mezcla el agua dulce del río con la salada del mar en suelos fangosos y aguas relativamente tranquilas (estuarios, bahías, ensenadas, lagunas costeras, esteros, entre otros), poseen la propiedad de tolerar condiciones extremas de salinidad y bajas concentraciones de oxígeno en aguas y suelo, para lo cual han evolucionado adaptaciones especiales fisiológicas o anatómicas.

- Zonas secas: Según el MADS (2018), las zonas secas han sido definidas, desde el punto de vista biótico, como áreas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo asociada con escasez de nutrientes en el suelo.

- Zonas marino-costeras: Según la CRC (2018), a nivel general las zonas costeras pueden considerarse espacios en los cuales, se generan y confluyen diversos procesos ecológicos, económicos, e institucionales, que le confieren un estatus particular, requiriendo de una planificación y manejo específico entorno a sus problemáticas y potencialidades, con el fin de conciliar en ellas la conservación de

los ecosistemas, con el uso dado a los recursos naturales, procurando su desarrollo sostenible.

Desde el punto de vista ecológico, estos ambientes ofrecen una variedad de hábitats que les concede una especial importancia en términos de biodiversidad. Desde la perspectiva social y económica, las zonas costeras han sido consideradas como parte de los ejes de desarrollo de los países, dado que en ellas se establecen asentamientos humanos que hacen uso directo o indirecto de la oferta de recursos naturales en estas áreas, contribuyendo al establecimiento de diferentes tipos de actividades como: pesca, acuicultura, industria, desarrollo de obras de infraestructura como vías y puertos, transporte marítimo y fluvial, agricultura, ganadería, turismo, comercio y minería entre otras. Las zonas costeras y los mares, son componentes integrales y esenciales de la tierra y se constituyen áreas críticas para la seguridad alimentaria global y para el bienestar económico de las naciones, particularmente en países en vías de desarrollo (Cicin-Sain et al., 2006).

- Áreas con reglamentación especial:

Marco de política y normativo: Según la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, (2015), Para entender a qué se está haciendo referencia cuando se habla de áreas de reglamentación especial, se presentará a continuación de manera general las definiciones asociadas a este tema y las características de las áreas de reglamentación especial:

El artículo 63 de la Carta Política promulga que “Los bienes de uso público, los parques naturales, las tierras comunales de grupos étnicos, las tierras de resguardo, el patrimonio arqueológico de la Nación y los demás bienes que determine la ley, son inalienables, imprescriptibles e inembargables”. En consecuencia estas áreas tienen una reglamentación especial que las regula, por ser objeto de protección especial por parte del Estado y tienen restricciones de uso y aprovechamiento por el valor ambiental, cultural, social o económico que poseen. Las áreas de reglamentación especial que se consideraron son:

- Áreas de Patrimonio Cultural: Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura - UNESCO, el Patrimonio Cultural representa lo que tenemos derecho a heredar de nuestros predecesores y nuestra obligación de conservarlo, para las generaciones futuras.

El patrimonio cultural de la Nación está compuesto por los bienes materiales y las manifestaciones inmateriales, los productos y las representaciones de la cultura que son expresión de la nacionalidad colombiana. Tanto los bienes materiales, como las manifestaciones culturales, son declarados en acto administrativo por las autoridades territoriales, indígenas o de los consejos comunitarios de comunidades afrodescendientes conforme a sus competencias, donde manifiestan que son Patrimonio Cultural y le otorgan una especial protección y salvaguarda según lo

dispuesto en la Ley 1185 de 2008.

- Áreas de Interés Arqueológico: Los objetos arqueológicos son patrimonio cultural de la Nación colombiana porque dan testimonio del pasado y el presente del país; dada esta consideración temporal, el espectro de los bienes materiales de naturaleza arqueológica es muy amplio y diverso, en este sentido encontramos vestigios y objetos prehispánicos, coloniales, republicanos y de épocas más recientes; así como antiguas áreas de habitación, terrazas de cultivo, caminos, cementerios, arte rupestre restos animales y vegetales. La legislación Colombina considera al territorio colombiano como un potencial espacio de riqueza arqueológica y define lo siguiente, “El patrimonio arqueológico comprende aquellos vestigios producto de la actividad humana y aquellos restos orgánicos e inorgánicos que, mediante los métodos y técnicas propios de la arqueología y otras ciencias afines, permiten reconstruir y dar a conocer los orígenes y las trayectorias socioculturales pasadas y garantizan su conservación y restauración” (Ley 1185, 2008).

- Territorios de comunidades étnicas: Según la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, (2015), el territorio es uno de los derechos fundamentales de las comunidades étnicas, emanado de los principios constitucionales de velar por la protección de la diversidad étnica y cultural. El territorio es donde confluyen las dinámicas sociales, culturales, político y económicas, las cuales están ligadas a la cosmovisión que han construido estas comunidades con respecto a este (el territorio). En conjunto, las dinámicas definen la forma de relacionamiento entre los individuos que la conforman y de estas con el ambiente; se puede decir entonces que el territorio es donde se configuran las identidades de las comunidades étnicas, lo que posibilita su continuidad y en donde se materializa el derecho a la diversidad cultural. Por estas razones las comunidades étnicas gozan de una reglamentación especial que buscan principalmente su protección. Teniendo en cuenta que en Colombia existe una diversidad étnica amplia es necesario realizar algunas precisiones para poder diferenciar entre territorios colectivos de comunidades indígenas y de comunidades negras.

- Territorios de Comunidades Indígenas: Los territorios de comunidades indígenas pueden estar constituidos o no legalmente; indiferente a su condición, no se debe desconocer su existencia; por esta razón se presenta a nivel general que significa el territorio indígena, la connotación que tienen las figuras de reserva y resguardo como territorio indígena y sus principales funciones.

- Territorios indígenas: son áreas poseídas en forma regular y permanente por una comunidad, parcialidad o grupo indígenas y aquellas que, aunque no se encuentren poseídas en esa forma, constituyen el ámbito tradicional de sus actividades sociales, económicas y culturales.

- Reserva indígena: terreno baldío ocupado por una o varias comunidades



indígenas que fue delimitado y legalmente asignado por el INCORA a aquellas para que ejerzan en él los derechos de uso y usufructo con exclusión de terceros. Las reservas indígenas constituyen tierras comunales de grupos étnicos, para los fines previstos en el artículo 63 de la Constitución Política y la Ley 21 de 1991.

- Resguardos Indígenas: El artículo 63 de la Constitución política les asigna el carácter de inalienables, imprescriptibles y en el artículo 329 se describen como propiedad colectiva y no enajenable, por lo tanto son considerados una institución legal y sociopolítica de carácter especial, conformados por una comunidad o parcialidad indígena, que mediante un título de propiedad comunitaria, poseen su territorio y se rigen para el manejo de éste y de su vida interna, por una organización ajustada al fuero indígena o a sus pautas y tradiciones culturales. Independiente a la figura que tenga el territorio, dicho están constituidos por un grupo o conjunto de familias de ascendencia amerindia que comparten una identidad, valores, rasgos, usos o costumbres de su cultura, así como formas de gobierno, gestión, control social o sistemas normativos propios que la distinguen de otras comunidades.

- Territorios de las Comunidades Negras: La ley 70 de 1993, confiere el reconocimiento de las comunidades negras que han venido ocupando tierras baldías en las zonas rurales ribereñas de los ríos de la Cuenca del Pacífico, de acuerdo con sus prácticas tradicionales de producción, el derecho a la propiedad colectiva sobre las áreas que habrá de demarcar la misma ley. Así mismo establece que en otras zonas del país donde se presenten similares condiciones, se realizará el reconocimiento de dichas comunidades, conforme a los procedimientos y requisitos establecidos en la normatividad. Al igual que las comunidades indígenas, las negras tienen su visión particular del territorio.

Para identificar áreas y ecosistemas estratégicos, Márquez (1996, 2003) propuso métodos basados en la cobertura de vegetación, métodos de las leyes de potencia, método de superposición de mapas usando SIG y método de las áreas de interés crítico, a continuación se muestra una breve explicación de uno (1) de estos, ya que, este es de interés por sus características particulares que se acogen a la situación actual del proyecto:

Método de superposición de mapas usando Sistemas de Información Geográfica SIG: Ante la carencia de cifras sobre la mayoría de las variables ambientales que podrían utilizarse en los otros métodos, es posible generar mapas que reflejen características ambientales de importancia: cobertura vegetal, disponibilidad de agua, temperaturas, precipitaciones, población, entre otros. A partir de estos mapas también es posible identificar Ecosistemas Estratégicos, los cuales algunos están en plataformas oficiales y estos se pueden descargar gratuitamente o también pueden ser solicitados ante las entidades pertinentes.

De esta manera, si se superponen mapas de densidad de disponibilidad de agua, uso de suelo y cobertura de vegetación, entre otros es posible identificar áreas de

interés a nivel nacional, regional o área específica en este caso. Ya que, el proyecto se encuentra en consulta previa como se mencionó anteriormente, al no tener aún acceso el personal al tramo de estudio y por la carencia de información, este método, es el más adecuado para la realización de identificación de áreas de interés ambiental.

### **7.3.2 Servicios ambientales.**

Después de haber reconocido los diferentes tipos de áreas de interés ambiental, se debe proceder a identificar el servicio ambiental o ecosistémico que proveen estas, por lo tanto, se tuvieron en cuenta las siguientes consideraciones:

En los últimos años, se ha dado un interés creciente en vincular las funciones de los ecosistemas con sus servicios e integrar el concepto del servicio del ecosistema en la planificación del territorio, la gestión de los recursos y la toma de decisiones. Los servicios ecosistémicos, definidos como las condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas y las especies que habitan en ellos, mantienen la vida humana (Daily, 1997 citado por Dobbs et al., 2011), son determinados por su contribución al bienestar humano, al ser el producto final de diversas funciones de los ecosistemas (clima, agua, recreación), que pueden proveer bienes tangibles (subconjunto de servicios) tales como madera o los alimentos resultado de diferentes procesos del ecosistema (Groot et al., 2002), los servicios ecosistémicos son las funciones biológicas, físicas y químicas dentro de los ecosistemas que sostienen la vida y el bienestar del ser humano (Thrush & Dayton 2010), en términos muy generales, se puede considerar como servicio ambiental o servicio ecosistémico a cualquier bien o servicio provisto por la naturaleza y que provee bienestar a alguna persona.

El término “servicio ecosistémico” fue presentado por primera vez en la literatura científica por Costanza et al., (1997), Groot et al., (2002) que indican que el concepto estaba concibiéndose desde la década de 1960. Actualmente, tras la implementación de la estrategia de la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (Millennium Ecosystem Assessment, MA), existe un acuerdo casi generalizado en que los servicios ecosistémicos son los beneficios que las poblaciones humanas obtienen, directa o indirectamente, de los procesos y las funciones de los ecosistemas. Para solventar la pérdida de la biodiversidad y el deterioro de los servicios ecosistémicos, el World Conservation Monitoring Center ha liderado la compilación de un documento con las experiencias aprendidas en el desarrollo de indicadores de servicios ecosistémicos, las cuales deberían servir de guía. (UNEP-WCMC, 2011).

Según lo anterior se propone, entonces, adoptar una clasificación general para los servicios ecosistémicos desarrollada por de Groot et al. (2010b), la cual se presenta en la tabla 15:

**Tabla 15.** Clasificación de los servicios ecosistémicos.

<b>Categoría del servicio</b>	<b>Tipo de servicios</b>
Provisión	1. Alimento
	2. Agua
	3. Materias primas
	4. Recursos genéticos
	5. Recursos medicinales
	6. Recursos ornamentales
Regulación	7. Regulación de la calidad del aire
	8. Regulación climática (incluido el almacenamiento de carbono)
	9. Moderación de eventos extremos
	10. Regulación de corrientes de agua
	11. Tratamiento de desechos
	12. Prevención de la erosión
Regulación	13. Mantenimiento de la fertilidad del suelo
	14. Polinización
	15. Control biológico
Hábitat/Soporte	16. Mantenimiento de los ciclos de vida (ej. Especies migratorias, hábitats de crianza)
	17. Mantenimiento de la diversidad genética
Cultural (ofrecer oportunidades para: )	18. Goce estético
	19. Recreación y turismo
	20. Inspiración para cultura, arte y diseño
	21. Experiencia espiritual
	22. Desarrollo cognitivo

Fuente: UNEP-WCMC, (2011).

### **7.3.3 Enfoques metodológicos para el estudio de servicios ecosistémicos.**

Según la Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, (2015) se tiene, diferentes marcos conceptuales y metodológicos inter o transdisciplinarios, debido a la naturaleza interdisciplinaria de la interacción entre los ecosistemas y las sociedades humanas, y a la enorme complejidad que esto involucra, varios grupos de investigadores proponen diferentes formas de abordar el estudio de los SE:

Avila-Foucat (2007), discute la pertinencia del uso de distintas metodologías de valuación económica para diferentes tipos de SE. Utilizando un estudio de caso para la costa de Oaxaca, México, ejemplifica el uso simultáneo de varias metodologías, incluyendo el uso de una función de producción, métodos de evaluación económica contingente y el análisis de cadenas tróficas para calcular el valor de los servicios ecosistémicos.

Islas y Sanjurjo (2007), proponen un trabajo que busca llevar la valuación hasta la toma de decisiones. Describen la teoría del Valor Económico Total así como las técnicas que permiten estimar algunos de sus componentes.

Según el esquema de UNEP-WCMC, (2011), los SE a identificar son: de provisión, regulación, culturales y de soporte, para el análisis y desarrollo de identificación de los SE que proveen las áreas que se identifiquen en el tramo de estudio, estos se clasificaron en categorías y subcategorías según el tipo de servicio y se identificara también el tipo uso generado por el servicio, el cual se desarrollara con toda la información secundaria disponible, Como se muestra a continuación:

**Tabla 16.** Esquema de análisis de los servicios ecosistémicos.

TIPO DE SERVICIO	CATEGORIA DE SERVICIO	SUBCATEGORIA DE SERVICIO	TIPOS DE USO
<b>Servicio de Provisión.</b>			
<b>Provisión</b>	Alimento	Agricultura	Cultivos Comerciales
			Pequeños Cultivos (subsistencia)
			Cultivos frutales
		Zoocultura	Ganado Bovino (carne y leche)
			Animales de granja
			Piscicultura
	Materiales	Oferta Hídrica	Agua para cultivos y/o Actividades Pecuarias
			Producción de Energía: Hidroeléctricas
			Agua para consumo humano (Acueductos Principales)
		Extracción de Minerales	Comercial (Azufre, Oro)
			Minerales preciosos
			Construcción (Material de construcción, Arcilla, Aluvión).
		Suelos	Alfarería (Barro Arcilla)
		Forestal	Combustible y energía : Leña
			Madera Para Construcción o Celulosa
	Material Vegetal	Fibra (fique)	
		Plantas medicinales	
	Material Animal	Zoocultura	
		Subproductos del ganado	
	Forraje	Alimento ganado	
<b>Servicio de Regulación.</b>			

<b>Regulación</b>	Ciclos	Regulación Hídrica	Agua para Consumo Agua para producción
		Regulación Climático	Bosque: Absorción de CO2, Sombra.
		Formación de Suelos	Suelos fértiles
			Regulación flujos de agua y prevención de la erosión
		Mantenimiento de biodiversidad	Especies (análisis de composición y estructura)
Polinización (Inventario de aves)			
<b>Servicios Culturales.</b>			
<b>Culturales</b>	Desarrollo cognitivo	Investigación científica	Aprendizaje académico (Especies amenazadas de Fauna)
			Bosque: Absorción de CO2, Sombra (acorde a información disponible).
			Biotecnología
			Ecosistemas
	Disfrute estético	Educación local ecológica	Conocimiento y disfrute
		Paisaje	Disfrute del paisaje antrópico
			Disfrute del paisaje natural
		Biodiversidad	Observación de flora y fauna
		Agua	Recreación
		Turismo	Actividades turísticas
			Ecoturismo
	Identidad	Espiritualidad	Lugares sagrados
		Artesanía	Estética y/o Utilitaria
Sentido de pertenencia		Identidad cultural y social.	
<b>Servicio de soporte</b>			
<b>Soporte</b>	Sostenibilidad	Mantenimiento de biodiversidad	Parches de Bosque, Páramos, Humedales
		Figuras de Conservación	Parques Nacionales, áreas Declaradas, Reservas de la sociedad Civil
		Suelos: áreas de aprovisionamiento	Cementerios (Los Representativos)
			Mataderos
	Rellenos Sanitario		
Ciclos Vitales	Especies Migratorias	Aves	

Servicios Culturales.			
		Fotosíntesis	Parches de Bosque, Páramos, Humedales
		Fenología	Replamamiento de especies
		Ciclo Hídrico	Red Hídrica, Páramos , Humedales

Fuente: Adaptación UNEP-WCMC, (2011).

Según UNEP-WCMC (2011), en el caso particular de un tramo de estudio, para realizar el análisis de servicios ecosistémicos relacionados anteriormente, este se puede ejecutar mediante la matriz de análisis de SE (Anexo C1).

Finalmente, se efectuó la búsqueda de geoportales nacionales oficiales que contengan mapas con información actualizada, tales como mapa de áreas protegidas, geología, áreas de importancia ambiental, entre otros, para que la empresa tenga las referencias de los sitios que puede usar de manera segura y rápida para la descarga de estos y realizar la identificación pertinente con la metodología anteriormente mencionada.

La tabla 17 contiene un listado de geoportales que contienen mapas actualizados en formato Shapefile, para realizar la identificación de áreas de interés ambiental:

**Tabla 17.** Geoportales para descargar mapas.

GEOPORTAL O GEOVISOR	ENLACE
PORTAL GEOGRÁFICO NACIONAL (PGN)	<a href="http://data.pgn-icde.opendata.arcgis.com/">http://data.pgn-icde.opendata.arcgis.com/</a>
IGAC	<a href="ftp://cartografialibre.igac.gov.co/">ftp://cartografialibre.igac.gov.co/</a>
SIG-OT	<a href="http://sigotn.igac.gov.co/sigotn">http://sigotn.igac.gov.co/sigotn</a>
SGC	<a href="http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/">http://geoportal.sgc.gov.co/geoportalsgc/</a>
SIB	<a href="http://datos.biodiversidad.co/">http://datos.biodiversidad.co/</a>
SIAC	<a href="http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas">http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas</a>
IDEAM	<a href="http://www.ideam.gov.co/geoportal">http://www.ideam.gov.co/geoportal</a>
SIAM	<a href="http://siam.invemar.org.co/informacion-geografica">http://siam.invemar.org.co/informacion-geografica</a>
Parques Nacionales de Colombia (PNN)	<a href="http://mapas.parquesnacionales.gov.co">http://mapas.parquesnacionales.gov.co</a>
Cartografía de páramos de Colombia	<a href="http://humboldt.org.co/noticias/actualidad/item/109-nueva-cartografia-de-los-paramos-de-colombia-diversidad-territorio-e-historia">http://humboldt.org.co/noticias/actualidad/item/109-nueva-cartografia-de-los-paramos-de-colombia-diversidad-territorio-e-historia</a>
Datos Agrológicos IGAC	<a href="http://datosabiertos-geoportal-igac.opendata.arcgis.com/pages/agrologia">http://datosabiertos-geoportal-igac.opendata.arcgis.com/pages/agrologia</a>
CATÁLOGO GEOGRÁFICO DEL lavH	<a href="http://www.humboldt.org.co/es/servicios/infraestructurainstitucional-de-datos">http://www.humboldt.org.co/es/servicios/infraestructurainstitucional-de-datos</a>
VISORES UNGRD	<a href="http://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/index.aspx">http://www.gestiondelriesgo.gov.co/snigrd/index.aspx</a>
DANE	<a href="https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoDescarga">https://geoportal.dane.gov.co/v2/?page=elementoDescarga</a>

	MGN
SIPRA	<a href="http://upra.gov.co/SIPRA/">http://upra.gov.co/SIPRA/</a>
UPME	<a href="http://sig.simec.gov.co/GeoPortal/Carrusel/Home">http://sig.simec.gov.co/GeoPortal/Carrusel/Home</a>
ANH	<a href="http://www.anh.gov.co/Geoportal/Paginas/default.aspx">http://www.anh.gov.co/Geoportal/Paginas/default.aspx</a>
UPRA	<a href="http://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/Shape+Aptitul+plantaciones+forestales+comerciales/0d084152-c34c-450a-81ef-e901fa0932d8">http://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/Shape+Aptitul+plantaciones+forestales+comerciales/0d084152-c34c-450a-81ef-e901fa0932d8</a>
MINMINAS	<a href="http://geoportalsme.minminas.gov.co/geoportalsme/33">http://geoportalsme.minminas.gov.co/geoportalsme/33</a>
Capas de Colombia de DIVA-GIS	<a href="http://www.diva-gis.org/Data">www.diva-gis.org/Data</a>
Datos Catastrales IGAC	<a href="http://datosabiertos-geoportal-igac.opendata.arcgis.com/pages/cartografa">http://datosabiertos-geoportal-igac.opendata.arcgis.com/pages/cartografa</a>

Fuente: Elaboración propia.

## 8. CONCLUSIONES

- Se realizó la caracterización morfométrica de la cuenca objeto de estudio, estableciendo por medio de diferentes parámetros de forma, que es una microcuenca con forma alargada, por lo tanto, está sujeta a menos crecientes y presenta un flujo de agua más veloz, logrando una evacuación más rápida y mayor desarrollo de energía cinética en el arrastre de sedimentos.
- Se consideró que la Microcuenca río Cauca, presenta un buen drenaje, esto indicó una alta presencia de cobertura vegetal y alimentación del flujo subsuperficial y en relación con el tiempo de concentración, se puede decir que la eficiencia de la red de drenaje favorece el incremento de la velocidad de desplazamiento de las aguas, representando un aporte rápido de escurrimiento superficial o mayor caudal.
- Del análisis morfométrico de la microcuenca objeto de estudio y la red de drenaje, se puede decir que la rapidez en la concentración de las aguas esta favorecida especialmente por las pendientes que tiene, debido a estas facilitan una rápida concentración de las aguas. En este sentido, la interpretación del coeficiente de compacidad, confirmo lo concluido, porque indico que la zona presenta un flujo de agua veloz y puede ser de una torrencialidad alta, por lo cual, se determinó que la empresa cuenta con un sitio de buenas condiciones hidrológicas, para la captación de un caudal para futuro aprovechamiento hidroenergético.
- En relación al trámite legal de sustracción del área de reserva forestal según la Ley 2 de 1959, se puede decir que este trámite es de gran importancia, ya que, sin este no se puede ejecutar el proyecto, por lo tanto tiene el mismo nivel de importancia que la licencia ambiental.
- Conforme a las diferentes áreas de interés ambiental que se pueden encontrar en el tramo de estudio, se estableció su marco normativo y sus características principales, ya que antes de realizar la identificación se debe tener previo conocimiento de que puede existir en el tramo.
- La identificación de áreas de interés ambiental tiene como propósito evidenciar que servicios ambientales provee cada área, por esta razón se propuso un esquema de análisis de estos servicios, para dar prioridad a su preservación.
- Se realizó la propuesta de varias metodologías para la identificación de zonas de interés ambiental, pero se recomendó la más acorde a la situación actual del proyecto, de esta manera se garantiza que se puede adelantar este proceso sin tener que esperar la culminación de la consulta previa.



## 9. RECOMENDACIONES

- La empresa debe mantener sus esfuerzos por cumplir con todos los componentes que exige el informe de estudio de recursos naturales, para que garanticen que el proyecto es viable ambientalmente y proceder con la sustracción de área de reserva forestal Ley 2 de 1959 y licenciamiento ambiental.
- Se recomienda establecer metodologías eficaces en cuanto a la actualización de uso de programas informáticos, ya que esto garantiza un mejor tratamiento y uso de la información actualizada.
- Se recomienda usar los Geoportales recomendados, ya que estos proporcionan información de gran importancia y en algunos casos puede evitar la realización de algunos estudios en el tramo de objeto de estudio.
- Se recomienda realizar el trámite legal de sustracción del área de reserva forestal según la ley 2 de 1959, de forma paralela con el licenciamiento ambiental y adelantar la recopilación de la documentación exigida por la normatividad.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Avila-Foucat, S. (2007). Los modelos de la economía ecológica: una herramienta metodológica para el estudio de los servicios ambientales.
- Botero, A. y Vélez, J. (2010). Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. Universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.
- Breña, A. y Jacobo M. (2006). Principios y fundamentos de la hidrología superficial. Universidad Autónoma Metropolitana. Ciudad de México.
- Ceballos, J. (2011). Modelación hidráulica y morfodinámica de cauces sinuosos aplicación a la quebrada la marinilla (ANT). Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín.
- CONPES 3680 (2010). Lineamientos para la Consolidación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. (Departamento Nacional de Planeación).
- CONPES 2750 (1994). Política nacional ambiental salto social hacia el desarrollo humano sostenible. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible).
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R. V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., & van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, vol. 387, 253-260.
- CRC (2018). Corporación Autónoma Regional del Cauca. Recuperado de: <http://www.crc.gov.co/index.php/ambiental/ecosistemas-estrategicos>
- Decreto Ley 2811 (1974). Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (El Presidente de la Republica de Colombia; 18 de diciembre de 1974).
- Decreto 2372 (2010). Por el cual se reglamenta el Decreto Ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto Ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 01 de julio de 2010).
- Decreto 3888 (2009). Por el cual se modifica el artículo 1 del Decreto 224 de 1998. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial; 08 de octubre de 2009).

- Decreto 622 (1977). Por el cual se reglamenta parcialmente el capítulo v, título II, parte XIII, libro II del Decreto-Ley 2811 de 1974 sobre Sistema de Parques Nacionales, la Ley 23 de 1973 y la Ley 2 de 1959. (El Presidente de la Republica de Colombia; 16 de marzo de 1977).
- Decreto 833 (2002). Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones. (El Presidente de la Republica de Colombia; 26 de abril de 2002).
- Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico (2015). Lineamientos generales para la definición de áreas y ecosistemas estratégicos en los planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá, Colombia.
- Dobbs, C., Escobedo, F.J. & Zipperer, W.C. (2011). A framework for developing urban forest ecosystem services and goods indicators Landscape and Urban Planning 99 (2011) 196-206.
- EMEESA (2018). Empresa Municipal De Energía Eléctrica S.A. E.S.P. "Historia, Visión, Misión, Valores y Símbolos". Recuperado de <https://www.emeesaesp.com/>
- Escobar, M. (2014). El marco legal en la gestión de proyectos. Medellín, Colombia.
- Fuentes, J. (2004). Análisis morfométrico de cuencas: Caso de estudio en el Parque Nacional del Pico de Tancitaro. México.
- González, L. (2008). Hidrología. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia.
- Groot, R., Wilson, M. & Boumans R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. Ecological Economics.
- Groot, R., Fisher, B., Christie, M., Aronson, J., Braat, L., Haines-Young, R., Gowdy, J., Polasky, S., Portela, R. & Ring, L. (2010b). Integrating the ecological and economic dimensions in biodiversity and ecosystem service valuation. In: The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB). Kumar, P., (ed). Ecological and Economic Foundations, Earthscan. London. Recuperado de: <http://www.teebweb.org>.
- Guido, J. (2008). Administración de Proyectos. Medellín, Colombia.
- Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. Bulletin of the

Geological Society of America, nº 56, 275-370.

IDEAM (2005). El IDEAM y la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, Colombia.

Islas, I. y Sanjurjo, E. (2007). Valoración económica de la actividad recreativa en el río Colorado. Hermosillo, México.

Llamas, J. (1993). Hidrología General, Principios y Aplicaciones. Bilbao, España: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.

Leopold, L., Wolman, M. & Miller, J. (1957). Fluvial Processes in Geomorphology. Dover Publications, Inc. New York, USA.

Ley 2 (1959). Sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables. (El Congreso de Colombia; 16 de Diciembre de 1959).

Ley 21 (1991). Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la O.I.T., (El Congreso de Colombia; 4 de marzo de 1991).

Ley 70 (1993). Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política. (El Congreso de Colombia; 27 de agosto de 1993).

Ley 99 (1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA y se dictan otras disposiciones. (El Congreso de Colombia; 22 de diciembre de 1993).

Ley 507 (1999). Por la cual se modifica la Ley 388 de 1997. (El Congreso de Colombia; 28 de julio de 1999).

López, F. (1998). Restauración hidrológica forestal de cuencas y control de la erosión. España.

MADS. (2018). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Recuperado de <http://www.minambiente.gov.co/index.php/bosquesbiodiversidad-y-servicios-ecosistematicos/ecosistemas-estrategicos/zonas-secas>

Márquez, G. (1996). Ecosistemas Estratégicos: El Factor Ambiental. Bogotá, Colombia.

- Márquez, G. (2003). Ecosistemas Estratégicos de Colombia. Bogotá, Colombia.
- Millennium Ecosystem Assessment - MA. (2005), Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Island Press, Washington DC. Recuperado de:<http://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>.
- Osorio, I. (2017). Impactos ambientales, sociales y económicos de las pequeñas centrales hidroeléctricas (PCH) en Antioquia (Tesis de maestría). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.
- Ospina, M., y Montoya, I. (1999). Modelo para la formulación del plan ecoturístico en la cuenca media alta del río Otún. (Tesis de pregrado). Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia.
- Quétier, F., Tapella, E., Conti, G., Cáceres, D. y Díaz, S. (2007). Servicios ecosistémicos y actores sociales. Aspectos conceptuales y metodológicos para un estudio interdisciplinario. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Distrito Federal, México.
- Resolución 1275 (2014). Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2ª de 1959 y se toman otras determinaciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 6 de agosto de 2014).
- Resolución 1922 (2013). Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2ª de 1959 y se toman otras determinaciones. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; 27 de diciembre de 2013).
- SIB (2015). Biodiversidad en cifras. Recuperado de <https://sibcolombia.net/actualidad/biodiversidad-en-cifras/>
- Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In Chow, V.T. (Ed.): Handbook of applied hydrology.
- Thrush. S., y Dayton. P. (2010). Servicios de los Ecosistemas: Beneficios que la Sociedad Recibe de los Ecosistemas Naturales.
- UNEP-WCMC. (2011). Developing ecosystem service indicators: Experiences and lessons learned from sub-global assessments and other initiatives. Secretariat of the Convention on Biological Diversity, Montréal, Canada. Technical Series 58.

## **LISTA DE ANEXOS**

### Anexos A

Anexo A.1 Parte de la Resolución No. 12061

### Anexos B

Anexo B.1 Oficio de solicitud de información a oficina de planeación de la CRC

Anexo B.2 Oficio de respuesta a solicitud de información

Anexo B.3 Coordenadas área de Reserva Forestal Nacional de Ley 2a de 1959, a sustraer.

Anexo B.4 Información técnica y lineamientos que debe contener el documento para solicitud de sustracción.

### Anexos C

Anexo C.1 Matriz de análisis de servicios ecosistémicos