

CARACTERIZACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA Y PAISAJE EN LA ETAPA DE  
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INICIAL EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL  
PROYECTO DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA JULUMITO DEL MUNICIPIO  
DE POPAYÁN, CAUCA

MARLIN ESPERANZA ORTIZ GUZMÁN



UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2012

CARACTERIZACIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA Y PAISAJE EN LA ETAPA DE  
DIAGNÓSTICO AMBIENTAL INICIAL EN LA ZONA DE INFLUENCIA DEL  
PROYECTO DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA JULUMITO DEL MUNICIPIO  
DE POPAYÁN, CAUCA.

MARLIN ESPERANZA ORTIZ GUZMÁN

Informe final de pasantía como requisito para optar al título de Ingeniera Ambiental

Director  
Msc. Rodrigo Antonio Lemos Ruiz

UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL  
POPAYÁN  
2012

Notas de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

---

Director de trabajo

---

Jurado

---

Jurado

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la vida y motivación para continuar con mis estudios.

A mis padres, María Guzmán y Gerardo Ortiz por ser los principales precursores de este logro, hicieron lo imposible para que yo pudiera seguir con mis estudios, creyeron que podía y siempre se preocuparon por lo que estaba haciendo, eso me mantuvo firme las veces que pude tambalearme.

A mis hermanos, Yarli y Edinson por su apoyo y motivación.

Al ingeniero Rodrigo Lemos, por su tiempo y dedicación en la dirección del trabajo.

A los jurados Wilson Andrés Betancourt y Luis Jorge Gonzales y demás docentes por compartir sus conocimientos, ser mis guías en el desarrollo de este trabajo y contribuir en mi desarrollo profesional.

A la Gobernación del Cauca, quienes con su grandiosa colaboración facilitaron la realización del presente trabajo.

A mis compañeros, amigos y a todos aquellos que creyeron en mi, especialmente a Elmer, por su colaboración a lo largo de todos estos años de estudio.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	10
1. OBJETIVOS .....	13
1.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
2. MARCO REFERENCIAL.....	14
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	14
2.1.1 Corregimiento de Julumito.....	15
2.1.2 Corregimiento de Santa Rosa. ....	15
2.1.3 Corregimiento de San Bernardino. ....	15
3. METODOLOGÍA .....	17
3.1. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA Y EL PAISAJE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	17
3.2. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID) E INDIRECTA (AII) DEL PROYECTO.....	18
3.3. CARACTERIZACIÓN DEL USO ACTUAL DE LOS SUELOS DE LOS CORREGIMIENTOS ALEDAÑOS AL PROYECTO .....	18
3.4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS DEL PROYECTO EN LA GEOMORFOLOGÍA Y PAISAJE, EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN .....	19
3.5. PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS IMPACTOS CAUSADOS A LA GEOMORFOLOGÍA Y AL PAISAJE EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN.....	19
4. RESULTADOS OBTENIDOS.....	20
4.1. IDENTIFICACION DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....	20
4.1.1 Área de influencia directa (AID).....	20
4.1.2 Área de influencia indirecta (AII).....	21
4.2. USO ACTUAL DEL SUELO DE LOS CORREGIMIENTOS ALEDAÑOS AL PROYECTO HIDROELÉCTRICO JULUMITO.....	22

4.3. GEOLOGÍA .....	34
4.4. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO.....	38
4.4.1 Descripción de la geomorfología de la zona de influencia.....	38
4.4.2 Ambientes a escala nacional o unidades mayores .....	39
4.4.3 Relieve.....	40
4.4.4 Deslizamientos y derrumbes .....	43
4.5. DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	44
4.5.1 Suelos de Colinas en Altiplanos Denudativos (ADC).....	46
4.5.2 Suelos de Colinas en Montañas Denudativas (MDC).....	46
4.5.3 Suelos en Laderas de Montañas Estructurales (MEL).....	47
4.6. DESCRIPCIÓN DEL PAISAJE DE LA ZONA DE INFLUENCIA .....	47
4.6.1 Piso bioclimático.....	51
4.6.2 Gran paisaje.....	51
4.6.3 Unidad geológica .....	51
4.6.4 Cobertura vegetal .....	52
4.6.5 Tipo suelo asociación .....	53
4.7. FOTOGRAFÍAS AÉREAS .....	55
4.8. IMPACTOS A LA GEOMORFOLOGÍA Y AL PAISAJE .....	59
4.8.1 Determinación de los posibles impactos a la geomorfología y paisaje..	59
4.8.2 Descripción de los factores afectados .....	66
4.8.3 Impactos positivos potenciales del proyecto con respecto a la geomorfología y paisaje .....	67
4.8.4 Impactos negativos potenciales del proyecto .....	68
4.9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	69
5. CONCLUSIONES .....	77
6. RECOMENDACIONES .....	79
BIBLIOGRAFÍA .....	80
ANEXOS .....	83

## LISTA DE CUADROS

	<b>pág.</b>
Cuadro 1. Codificación cobertura y uso de suelos del anexo D. ....	22
Cuadro 2. Uso de suelo zona de influencia del proyecto hidroeléctrico. ....	23
Cuadro 3. Unidades morfogenéticas locales. ....	39
Cuadro 4. Rangos de pendientes para la elaboración de la Anexo G.....	40
Cuadro 5. Tipos de erosión en el embalse.....	42
Cuadro 6. Descripción de las unidades morfológicas.....	46
Cuadro 7. Descripción de las unidades paisajísticas. ....	48
Cuadro 8. Abreviaturas utilizadas en la descripción de unidades paisajísticas ..	50
Cuadro 9. Ejemplo de las unidades paisajísticas .....	50
Cuadro 10. Fase 1 desagregación del proyecto en sus actividades. ....	59
Cuadro 11. Matriz de Leopold modificada.....	61
Cuadro 12. Resumen Matriz de Leopold modificada (Por filas). ....	63
Cuadro 13. Resumen Matriz de Leopold modificada (Por columnas) .....	64
Cuadro 14. Resumen de los elementos, factores y procesos susceptibles de ser afectados por la actividad.....	65
Cuadro 15. Resumen de las acciones que producen impactos.....	65
Cuadro 16. Presupuesto de reforestación para 1 hectárea.....	75

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Zona de ubicación del embalse, hidroeléctrica Julumito, municipio Popayán. ....	11
Figura 2. Ubicación área del Embalse Hidroeléctrica Julumito.....	14
Figura 3. Conservación y regeneración del ambiente en zonas aledañas a la quebrada Saté.....	24
Figura 4. Sendero ecológico y bosques con fines de protección, vereda los Tendidos, corregimiento de Julumito.....	25
Figura 5. Bosques con fines de extracción.....	26
Figura 6. Rastrojos con fines de recuperación y pastoreo extensivo. ....	27
Figura 7. Pastoreo extensivo para la producción de ganado. ....	27
Figura 8. Praderas con fines de pastoreo intensivo y semi-intensivo, corregimiento de San Bernardino.....	28
Figura 9. Café con bosque secundario, vereda Julumito Alto .....	28
Figura 10. Suelo desnudo o tierras eriales. Santa Rosa .....	29
Figura 11. Producción pecuaria con rastrojo, vereda Los Tendidos.....	29
Figura 12. Pecuario natural .....	30
Figura 13. Pecuario – Regeneración.....	30
Figura 14. Producción pecuaria asociada a la producción agrícola. ....	31
Figura 15. Ladrillera de Los Tendidos .....	31
Figura 16. Agrícola – Caña panelera, Maíz y Café.....	32
Figura 17. Producción agrícola, pecuaria y café .....	32
Figura 18. Producción agrícola con hortalizas.....	33
Figura 19. Producción agrícola – Vegetación productiva con café.....	33
Figura 20. Producción agrícola con café .....	34
Figura 21. Geología de la zona .....	37
Figura 23. Erosión por deslizamiento traslacional y pata de vaca.....	44
Figura 24. Erosión de tipo Rotacional (antigua) y Lineal .....	44
Figura 25. Erosión por deslizamiento rotacional.....	44
Figura 26. Distribución de las unidades morfológicas .....	45
Figura 27. Paisaje de la zona del embalse.....	48
Figura 28. Fotografía digital.....	56
Figura 29. Fotografías en blanco y negro (pancromáticas) .....	57



## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
Anexo A. Divisoria de agua de la subcuenca quebrada Saté.....	83
Anexo B. Área Influencia Directa-subcuenca quebrada Saté.....	84
Anexo C. Área de influencia Indirecta proyecto hidroeléctrico Julumito .....	85
Anexo D. Cobertura y uso del suelo .....	86
Anexo E. Distribución de la cobertura vegetal en el área del embalse de la hidroeléctrica Julumito.....	87
Anexo F. Geología del Cauca .....	88
Anexo G. Mapa de curvas de nivel.....	89
Anexo H. Pendientes zona influencia del embalse.....	90
Anexo I. Clasificación de las zonas erosionadas en el embalse .....	91
Anexo J. Unidades geomorfológicas de Popayán. ....	92
Anexo K. Unidades de paisaje .....	93

## INTRODUCCIÓN

En el año 1969 la empresa de energía Centrales Eléctricas del Cauca CEDELCA, Centrales Eléctricas de Nariño CEDENAR y Electric Power Development del Japón iniciaron pesquisas orientadas a localizar un sitio adecuado para el desarrollo de un proyecto hidroenergético cercano a Popayán concluyendo que la mejor opción era la subcuenca de la quebrada Saté ubicada en el corregimiento de Julumito municipio de Popayán.

En 1972 se pretendía ejecutar el proyecto hidroeléctrico Julumito, para lo cual la república de Colombia hizo una solicitud de estudio de factibilidad a una comisión del gobierno japonés llamada OTCA (Overseas Technical Cooperation Agency). En octubre del mismo año fue presentado tal estudio, pero por diversas razones no se avanzó en el tema sino hasta el año 1979 cuando la JICA (Japan International Cooperation Agency), realizó una serie de estudios, incluyendo la hidrología, diseño de estructuras, análisis del sistema eléctrico, evaluación económica, además de las investigaciones en campo, como las geológicas y ensayos de suelo, con la colaboración de siete expertos para la elaboración del informe.

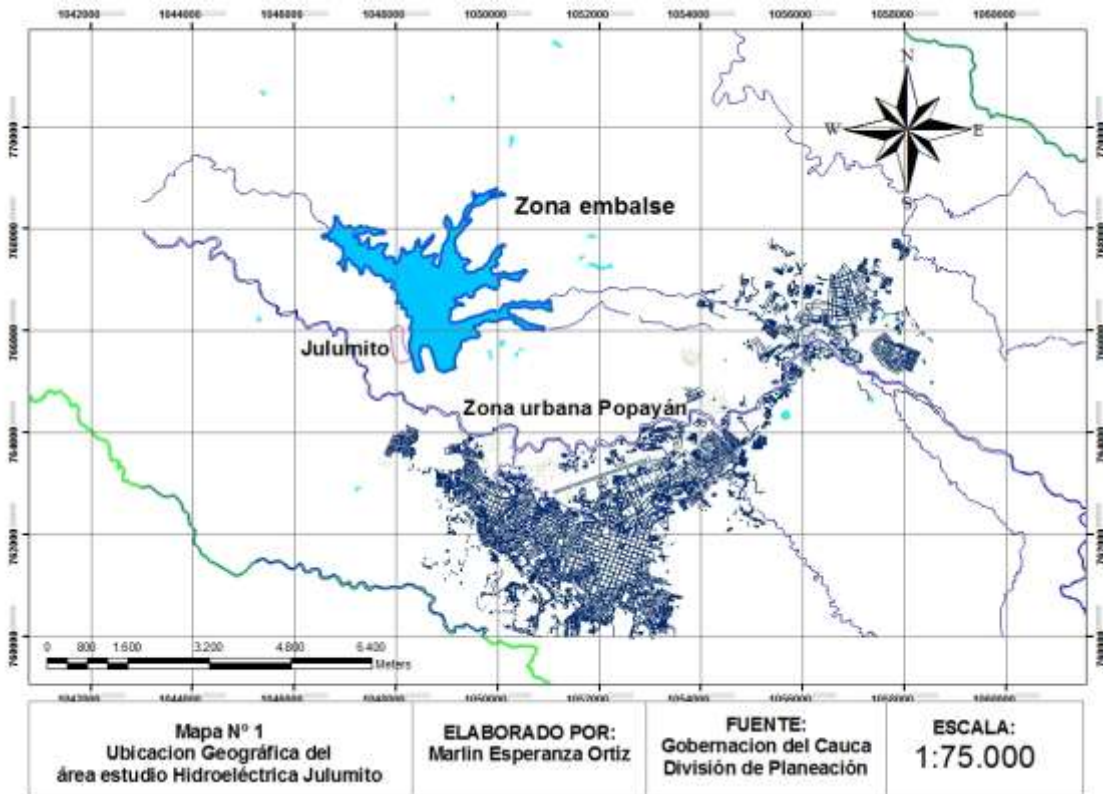
La Gobernación del Cauca y la Compañía Energética de Occidente se han propuesto retomar este proyecto de generación hidroeléctrica, por ello es necesario adelantar estudios de factibilidad, de impacto ambiental, etc. requeridos por ley para este tipo de proyectos.

En la figura 1 se muestra la zona de ubicación donde se planea ejecutar el proyecto el cual se ubica al occidente de Popayán. Se proyecta inundar una superficie aproximada de 440 hectáreas con un embalse de  $50 \cdot 10^6 \text{ m}^3$  de volumen útil en la cota 1715m.s.n.m.

La presa de suelos es de 86 metros de altura, 340 metros de longitud por la cresta y 1.25 Millones de  $\text{m}^3$  de suelos en su cuerpo que permite formar un embalse de uso turístico y de solución energética. El embalse estará alimentado por aguas del río Cauca y la quebrada Saté. La subcuenca del río Cauca mide  $71982060 \text{ m}^2$  y tiene un perímetro de 157900,50 m, que aportará el mayor porcentaje para luego restituir dichas aguas a este río a través de los canales de fuga de la casa de máquinas. Las obras incluyen una central hidroeléctrica que utilizaría una caída

bruta de 136 metros que permitiría instalar una potencia del orden de 50.000 kilovatios que corresponden apenas a una parte de lo que tiene que comprar la Compañía Energética de Occidente al sistema nacional interconectado<sup>1</sup>.

Figura 1. Zona de ubicación del embalse, hidroeléctrica Julumito, municipio Popayán.



Este proyecto Hidroeléctrico comprende la construcción de la presa, dos diques en el lugar del embalse, la presa de derivación del agua del río Cauca, en la zona de Puente Viejo, cercano a la planta de procesamiento de lácteos ALPINA y la desviación del río mediante túneles y canales abiertos hasta la quebrada Saté.

La legislación colombiana estipula que este tipo de proyectos debe contar con la licencia ambiental, de la cual hace parte el estudio de impacto ambiental que comprende el diagnóstico ambiental inicial o línea base del medio físico o natural y el medio socioeconómico.

<sup>1</sup>ORAMAS OLAYA, Germán. Informe para la Gobernación del Cauca. Popayán agosto 2008. Pág. 6

Este documento comprende la formulación del proyecto de pasantía para realizar el inventario del medio físico, específicamente de la geomorfología definiendo las unidades geomorfológicas a partir del análisis morfogénético, morfográfico, morfodinámico, morfoestructural y la edafología (suelos superficiales), mediante su clasificación, uso actual, potencial y paisaje; En este se detallarán los elementos del mismo con mayor detalle cuando sea un aspecto relevante a proteger por su valor intrínseco basado en el análisis de visibilidad y calidad paisajística, descripción ecológica del paisaje e identificación de sitios de interés.

El propósito principal de este proyecto es determinar los lugares de posible afectación del paisaje, deslizamientos, construcción de diques, y demás edificaciones que permitan la viabilidad del proyecto sin que con este se vea afectada su dinámica, su forma y la población aledaña al proyecto.

La identificación del suelo, forma, características y usos, se evalúan de acuerdo con el grado de erosión y desgaste por las actuales prácticas de cultivo.

El reconocimiento geomorfológico y paisajístico de la zona donde se planea llevar a cabo el proyecto hidroeléctrico se hace con el propósito de conocer y cuantificar los atributos más relevantes en función de las características de la obra.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

- Caracterizar la geomorfología y el paisaje en la etapa de diagnóstico ambiental inicial en la zona de influencia del proyecto de generación hidroeléctrica Julumito.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

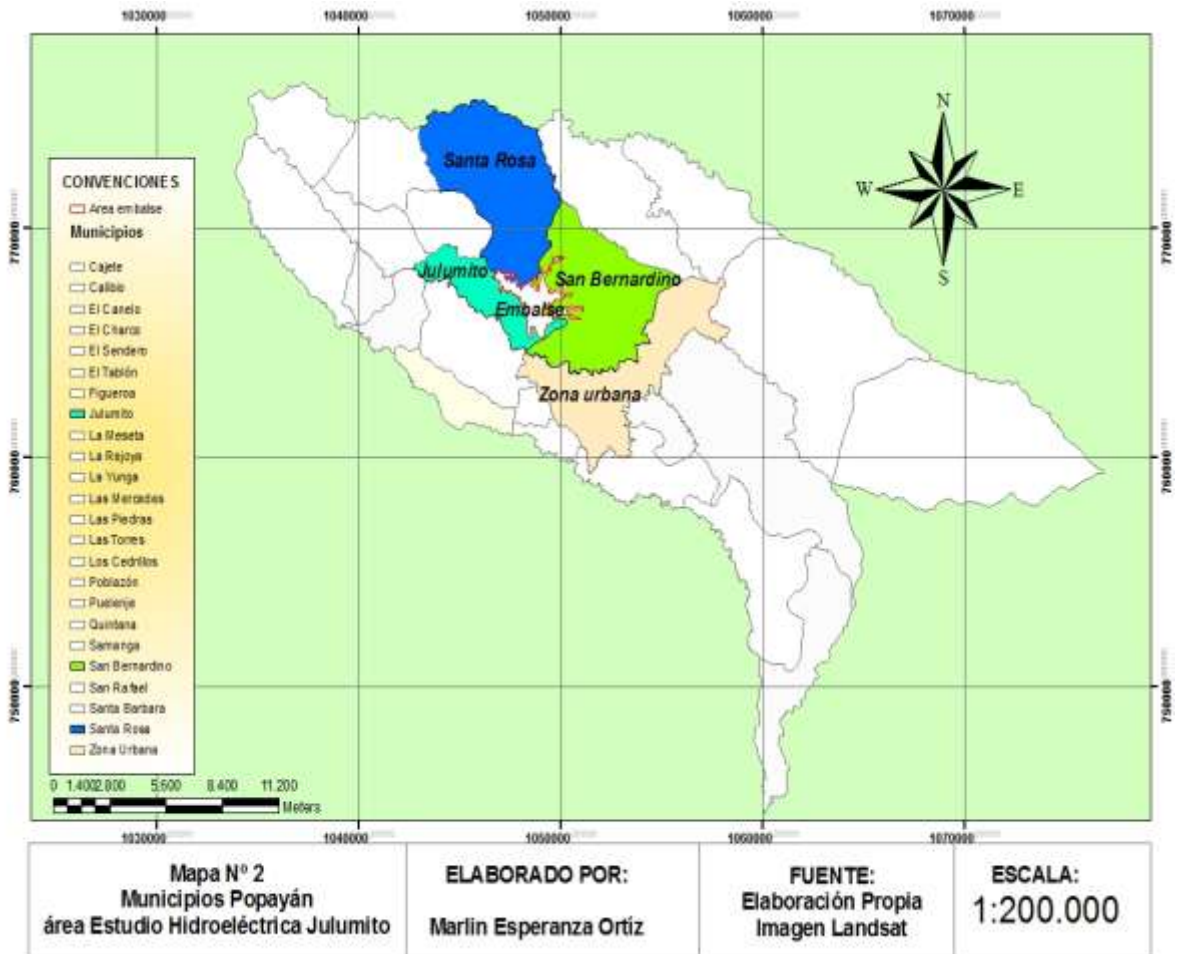
- Identificar el Área de Influencia Directa (AID) e Indirecta (AI) del proyecto.
- Caracterizar el uso actual del suelo de los corregimientos aledaños al proyecto hidroeléctrico Julumito.
- Describir la geomorfología y el paisaje actual del área de influencia directa e indirecta.
- Identificar posibles impactos del proyecto en la geomorfología y paisaje, en la etapa de construcción y operación.
- Proponer un plan de manejo ambiental de los impactos causados a la geomorfología y al paisaje en la etapa de construcción y operación.

## 2. MARCO REFERENCIAL

### 2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La ubicación del embalse del Proyecto Hidroeléctrico Julumito está entre los corregimientos de Santa Rosa, Julumito y San Bernardino, por tal razón es necesario conocer algunos aspectos relevantes de la zona para determinar el grado de afectación que la ejecución de dicho proyecto pueda causar a la ecología, la población entre otros.<sup>2</sup>

Figura 2. Ubicación área del Embalse Hidroeléctrica Julumito.



<sup>2</sup>POPAYAN. ALCALDIA MUNICIPAL. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. P 15

**2.1.1 Corregimiento de Julumito.** Este corregimiento se encuentra ubicado a 8.0 km al occidente de la zona urbana del municipio de Popayán, con una área de 1152 has y una altura de 1600 msnm.

Limites: al Norte con los corregimientos de San Rafael y Santa Rosa, al Oriente con el Corregimiento de San Bernardino, al Occidente con La Meseta, por el sur con El Charco y Cajete y las veredas que hacen parte del corregimiento son Julumito, Julumito Alto y Los Tendidos.

Algunos aspectos ambientales relevantes en la caracterización de la zona de estudio son: El Clima y la hidrografía; con respecto al clima, Julumito pertenece al piso bioclimático subandino, con un clima medio húmedo y se encuentra en el piso térmico de frío templado,<sup>3</sup> en la hidrografía su principal río es el Saté y las Quebradas La Buitrera, Filipina, La Paz, El Uvo, Garrochal, Rosas, Quitacalzón, La Laja, San Roque El Aljibe y Taguayaco.<sup>4</sup>

**2.1.2 Corregimiento de Santa Rosa.** Localizado a 14 Km., al Occidente de la cabecera municipal, con un área de 3797 has, sobre la subcuenca del río Palacé. Se extiende en sentido noroccidental, con alturas entre los 1600 a 1800 msnm.

Limites: Al norte con el municipio de Cajibío, al oriente los corregimientos de la Rejoya y San Bernardino, al sur con el corregimiento de Julumito y al occidente con San Rafael y Las Mercedes y las veredas que componen el corregimiento son, Santa Rosa, Morinda, San Antonio, La Tetilla, La Laja y La Mota.

Clima: Pertenece al piso bioclimático subandino con un clima medio húmedo, Con un piso térmico y con un clima templado frío según la clasificación de Holdridge.

Hidrología: El territorio de Santa Rosa está conformado por la subcuenca hidrográfica del río Palacé. Sus principales quebradas son Arrayanal, la Cocina, Empalizada, Curtiembre, La Laja, San Roque, el Río Mota, Trapiche El Mayorquín y Belén.<sup>5</sup>

**2.1.3 Corregimiento de San Bernardino.** Localizado a 9.00 Km., al occidente del municipio de Popayán, sobre la subcuenca del río Cauca. Tiene un área de 3757 hectáreas.

---

<sup>3</sup>INSTITUTO GEOGRAFICO, AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Popayán Cauca

<sup>4</sup> POPAYAN. ALCALDIA MUNICIPAL. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. P 95

<sup>5</sup> Ibid. P 94

Limites: Norte con el corregimiento la Rejoja, Oriente con el Municipio de Popayán y el corregimiento la Piedras, occidente con Santa Rosa y Julumito y al sur con el municipio de Popayán.

Se encuentra en el piso térmico templado y con una hidrografía conformada por la cuenca del río Cauca, y las quebradas principales Pambazo, Chamizal, Bernardo y Quitacalzón.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> Ibid. P 99



### **3. METODOLOGÍA**

Para llevar a cabo los objetivos propuestos, se trabajó desde principios del mes de agosto del 2010, hasta finales del mes septiembre del 2011, empezando con el reconocimiento del área de trabajo el 3 de agosto del 2010 y finalizando el 24 de septiembre del 2011, durante este periodo de tiempo se realizaron visitas al área de estudio, georeferenciando puntos claves para delimitar el área de influencia del proyecto, describiendo las unidades paisajísticas y determinando el uso actual del suelo.

Para la recopilación de la información en la línea base de la parte abiótica de la geomorfología y paisaje, fue necesario hacer un análisis de los elementos en mención en la historia de la zona tanto en el ámbito municipal como departamental y nacional al igual que su interacción. Para tal fin fue necesario hacer una revisión bibliográfica.

#### **3.1. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA Y EL PAISAJE DEL ÁREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

La caracterización y el análisis de la morfografía, la morfoestructura, la morfodinámica y paisaje se hicieron mediante revisión de documentos sobre el estudio general de suelos y zonificación de tierras del Cauca y fotografías aéreas del Instituto Colombiano de Geología y Minería, INGEOMINAS, el plan de ordenamiento Territorial POT y el mapa general del municipio de Popayán de la Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC. Además del estudio de Unidades Geomorfológicas del territorio Colombiano del IDEAM y los proyectos de generación hidroeléctrico como Porce y El Quimbo, actividades realizadas como apoyo a lo observado durante los recorridos al lugar.

Las áreas de influencia directa o indirecta de los impactos generados en el proyecto hidroeléctrico Julumito se definen mediante criterios indicados en los términos de referencia del Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial como son: los morfogenéticos, morfográficos, morfodinámicos, morfoestructurales, además criterios ambientales, físicos, subcuencas, vista y calidad paisajista, ecología del paisaje y sitios de interés.

Para cada unidad de paisaje y sus recursos paisajísticos, se estableció un valor en función de su calidad paisajística, las preferencias de la población y su visibilidad, el valor paisajístico que se dio a cada unidad de paisaje es el resultado de una serie de parámetros, puestos en consideración como la calidad paisajística y visibilidad del paisaje.

Para la clasificación de las unidades geomorfológicas, de paisaje y elementos morfodinámicos se trabajó con fotografías aéreas de los siguientes vuelos c-1096 (fotografías 499 y 500) y fotografías in situ, mediante el recorrido de la zona de inundación.

### **3.2. IDENTIFICACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA (AID) E INDIRECTA (AII) DEL PROYECTO**

Una vez recopilada la información se realizaron unas visitas a la zona de estudio del proyecto Hidroeléctrico Julumito para la determinación del área de influencia directa (AID) y el área de influencia indirecta (AII), estas áreas se identificaron de acuerdo a los rasgos estructurales como la forma de las laderas, pendientes, la cuenca hidrográfica del río Saté y algunos aspectos socio-económicos como la posibilidad de trabajo, vías de acceso tenidas en cuenta principalmente por medio del grado de afectación primario y secundario a la población existente.

La descripción de los parámetros estudiados se realizó mediante la recolección de datos en la zona de estudio, para definir los niveles de alteración a partir de los cuales deberán ser adoptadas las medidas correctivas necesarias.

La información recolectada se espacializó cartográficamente en Mapa a Escala 1:25.000, 1:50.000, 1: 75.000, 1:100.000 y 1:200.000 dependiendo del grado de detalle deseado y el tipo de dato requerido; la verificación de la información se realizó mediante recorridos donde se visitó cada una de los corregimiento y las veredas, senderos ecológicos, bosques, quebradas, lagos, entre otros.

### **3.3. CARACTERIZACIÓN DEL USO ACTUAL DE LOS SUELOS DE LOS CORREGIMIENTOS ALEDAÑOS AL PROYECTO**

Uno de los componentes que determina el paisaje es la cobertura de los suelos, la determinación depende de sus características particulares. Por ejemplo puede ser

paisaje antrópico, natural, desértico, bosque, entre otros. Por tal motivo fue importante identificar la cobertura que hace parte del paisaje actual por medio de visitas, fotografías, recolección de testimonios de los habitantes en la zona de estudio y la confrontación con la bibliografía citada.

### **3.4. IDENTIFICAR POSIBLES IMPACTOS DEL PROYECTO EN LA GEOMORFOLOGÍA Y PAISAJE, EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN**

Basándose en los términos que se deben utilizar para determinar el impacto sobre las componentes; geomorfología y paisaje, conjuntamente con las salidas de exploración, reconocimiento y la toma de fotos que se efectuaron al área de influencia, mediante la determinación de rasgos estructurales, la diferenciación de unidades de relieve y geformas asociadas, los procesos geomorfológicos y mediante el empleo de la matriz de Leopold modificada donde se establece cualitativa y cuantitativamente el mayor y menor grado de importancia de la perturbación directa o indirecta, además del entorno de afectación, desarrollada en tres etapas:

- a) Determinación de los posibles impactos
- b) Evaluación de los impactos Ambientales mediante el uso de la matriz de Leopold modificada.
- c) Descripción de los factores afectados

### **3.5. PROPONER UN PLAN DE MANEJO AMBIENTAL DE LOS IMPACTOS CAUSADOS A LA GEOMORFOLOGÍA Y AL PAISAJE EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN**

Una vez determinados los parámetros geomorfológicos y paisajísticos relevantes para la ejecución de un proyecto de generación hidroeléctrica además de la determinación del grado de alteración a estos, se presenta una propuesta de un plan de manejo para de evitar o mitigar los impactos causados al suelo, su forma y al entorno en la etapa de construcción y ejecución del proyecto.

## 4. RESULTADOS OBTENIDOS

### 4.1. IDENTIFICACION DEL ÁREA DE INFLUENCIA

La determinación del área de influencia directa e indirecta corresponde a aquellas zonas que pueden verse afectadas por los impactos generados como resultado de la ejecución del proyecto. El área de influencia directa son los sitios donde ocurren algunos impactos al ambiente, relacionados con la construcción de la presa, adecuación y llenado del embalse así como las obras anexas y el área de influencia indirecta es la zona donde el proyecto genera impactos que alteran indirectamente las condiciones socioeconómicas y fisicobióticas, dentro o fuera del municipio.

**4.1.1 Área de influencia directa (AID).** La determinación de esta área se hizo teniendo en cuenta algunas características físicas, correspondiente al área aledaña a las infraestructuras, donde los impactos son directos y de mayor intensidad generados por:

**Construcción y adecuación de las vías de acceso:** Como son cruces fluviales, instalación de plantas de trituración de material, para el suministro del afirmado, explotación de canteras, transporte y disposición de materias primas, excedentes de excavación, transporte de equipos y maquinaria) compra de predios y mejoras.

**Construcciones superficiales:** Áreas de uso y explotación definidas para las actividades propias de la obra como son: los canales de conducción, los diques, canteras, almacenes, patios de máquinas, excavaciones y demás obras anexas (incluyendo la desviación del río Cauca), para las cuales es necesario el retiro de la cobertura vegetal y la remoción de grandes cantidades de suelo o los depósitos de materiales excedentes, donde se situará el suelo retirado de otro lugar.

**Construcción e instalación de campamentos talleres y oficinas:** La adecuación de estos sitios requiere el despeje de cobertura vegetal y remoción de suelo para la ubicación de las construcciones y lugares donde se realiza la preparación del concreto y el asfalto.

**Construcciones subterráneas:** Constituidas por las excavaciones para los canales de desviación del río Cauca a la quebrada Saté y los túneles que llevan el agua de regreso al cauce del río Cauca, ventanas y vías de acceso a ventanas de construcción. A causa de dichas construcciones, en las entradas y salidas de los túneles y galerías es necesario remover cobertura vegetal y suelo, además de transportar materiales de construcción y equipos para las excavaciones.

**Zona de embalse:** Comprende el área de inundación, la casa de máquinas y rebosadero. Es el lugar con mayor número de impactos negativos por la acumulación artificial del agua que produce el desplazamiento de especies que la habitan, la eliminación de vegetación nativa, producción de gases como el CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, además del aumento en la población de mosquitos. Se delimitó como el AID para esta zona, la subcuenca tributaria de la Quebrada Saté (con un área de 39324750 m<sup>2</sup> y un perímetro de 38453.23 m), debido a que esta comprende la línea divisoria de las aguas como se observa en el anexo A y anexo B, subcuenca que tiene un aporte hídrico de las quebradas Quitacalzón, Zanjón seco, San Roque, La Laja, Garrochal, El Aljibe y Tafur.

La inundación del embalse afecta directamente la subcuenca en mención cambiando la hidrología y limnología del sistema fluvial, se producen grandes cambios en el flujo, en la calidad, cantidad y uso del agua teniendo en cuenta que la subcuenca Saté alcanza una demanda únicamente en el sector agrícola de 29493.3 L/ha<sup>7</sup>. Los organismos bióticos y la sedimentación de la subcuenca del río afectarán el uso que la población hace de esta restringiendo el uso del agua, la tierra y los recursos bióticos y la agricultura tradicional en los terrenos aluviales, a causa de los cambios en el caudal y el asentamiento de limos. Los terrenos aluviales de muchos ríos son áreas enormes de gran importancia para la población humana y la de los animales. Al reducirse los terrenos aluviales, generalmente hay cambio en el uso de la tierra. Las poblaciones se ven obligadas a cambiar de sitio. Igualmente a menudo, se aumentan las enfermedades relacionadas con el agua (p.ej. la malaria, la esquistosomiasis, la oncocerciasis).

**4.1.2 Área de influencia indirecta (AII).** La determinación del Área de Influencia indirecta, se efectuó teniendo en cuenta las características físicas, las áreas o sectores que generan influencia en los flujos o conexión con el área del proyecto como son los corregimientos de San Bernardino, Julumito y Santa Rosa (anexo C,

---

<sup>7</sup> POPAYAN. ALCALDIA MUNICIPAL. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. P 37

en color morado), debido a que el embalse converge en los tres corregimientos, afectando su economía, paisaje, recursos hídricos y bióticos.

Aunque se cree que los efectos ocasionados por el proyecto hidroeléctrico ocurren en áreas aledañas, se debe tener en cuenta que también se impacta de una u otra manera a los corregimientos vecinos, como es el caso de San Rafael, La Meseta, La Rejoya, Cajete, El Charco y la zona urbana del municipio de Popayán, como se aprecia en la Anexo C, en color azul, debido a que el aumento en los mosquitos, el microclima que se forma cerca del espejo de agua, el aumento en el nivel freático, el posible uso para cultivo de peces, el turismo, la valorización de algunos predios cercanos. A nivel Municipal y Departamental, su efecto positivo se puede ver reflejado en la generación de energía limpia, un lugar donde los turistas puedan disfrutar no solo de lo arquitectónico de la capital sino también de lugares adecuados para el esparcimiento como el embalse.

#### 4.2. USO ACTUAL DEL SUELO DE LOS CORREGIMIENTOS ALEDAÑOS AL PROYECTO HIDROELÉCTRICO JULUMITO.

En el cuadro 1 se presentan los tipos de cobertura y el uso del suelo de los corregimientos que hacen parte del área de influencia directa e indirecta, extraídos de la cartografía elaborada en el plan de ordenamiento territorial.

Cuadro 1. Codificación cobertura y uso de suelos del anexo D.

Cobertura	Color	Código	Tipo y uso del suelo
Bosques		Bs	Conservación activa
		Bs/Bp,	Protección – Comercial
		Bp/Bs	Comercial - Protección
Rastrojo		Ra	Regeneración
Pastos		Pm	Pecuario con nivel de manejo
		Pn	Pecuario naturales
		Pr	Pecuario con rastrojo
		Pn-Te	Pecuario naturales
		Pn-Ra	Pecuario – Regeneración
		Pm-Cc	Pecuario – Agrícola
Tierras Eriales		Gl	Galpones ladrilleras
		Te	Tierras Eriales – sin uso aparente

Cuadro 1. (Continuación)

<b>Cobertura</b>	<b>Color</b>	<b>Código</b>	<b>Tipo y uso del suelo</b>
Cultivos		Cp	Agrícola - Caña Panelera
		Mz	Agrícola – Maíz
		Cc	Agrícola Café
Misceláneo		Cc-Bs	Agrícola-conservación activa-vegetación productiva con café
		Cc-Fj-Pn	Agrícola – Pecuario-vegetación productiva con café
		Ht-Mz-Cp	Agrícola con Hortalizas
		Cc-Pl/Ct	Agrícola vegetación productiva con café

Fuente. Elaboración de trabajo, otorgado por Centro de Documentación CRC

La distribución del uso del suelo en Santa Rosa, Julumito y San Bernardino (cuadro 2), según el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), la mayor parte del suelo se utiliza en el cultivo de pastos para la producción pecuaria, principalmente de ganado asociada a otro tipo de cobertura, con una extensión total de 4360,70 hectáreas en los tres municipios, seguido del bosque plantado en San Bernardino, bosque plantado y guadua en Santa Rosa, una de las coberturas y uso del suelo en menor proporción es la conservación y protección del ambiente, presente en algunas zonas con pendientes muy elevadas o en la rivera de los ríos. (Figura 3).

Actualmente ha prosperado el bosque de conservación activa y de uso comercial, dado que en la población se está fomentando el cuidado por la naturaleza y los recursos hídricos por parte de entidades como la corporación autónoma regional del Cauca CRC.

Cuadro 2. Uso de suelo zona de influencia del proyecto hidroeléctrico.

<b>Cultivo</b>	<b>Extensión (has)</b>		
	<b>Julumito</b>	<b>Santa Rosa</b>	<b>San Bernardino</b>
Café	259,00	407,40	52,50
Caña	20,60	222,50	6,30
Plátano	29,00	24,20	6,70
Pasto	528,50	2000,00	1832,20
Maíz	7,80	6,20	3,30
Hortalizas	0,90	0,10	0,10

Cuadro 2. (continuación)

Cultivo	Extensión (has)		
	Julumito	Santa Rosa	San Bernardino
Frijol	1,30	3,20	0,00
Otros	1,90	1,10	1,60
Rastrojos	232,40	271,10	498,60
Bosque	1,00	2,00	0,00
Bosque Plantado	0,00	0,00	316,10
Guadua y Bosque Plantado	0,00	347,00	0,00
Frutales	0,00	0,01	0,01
Espárrago	0,00	107,00	0,00
Fique	0,00	2,50	0,00
Morera	0,00	3,20	0,00
Total	1065,00	3397,51	2717,41

Fuente. Corporación Autónoma Regional del Cauca

Figura 3. Conservación y regeneración del ambiente en zonas aledañas a la quebrada Saté.



Las unidades de cobertura encontradas en la zona de estudio y su descripción donde se incluye el uso principal y algunas características se explican más detalladamente:

**Bosques.** Este tipo de cobertura se da en zonas aledañas a las quebradas y ríos de los corregimientos pertenecientes al área de influencia directa (Santa Rosa, Julumito y San Bernardino) compuesta por bosques con fines de protección, conservación y extracción.



**Bosque con fines de Protección (Bs) –Conservación activa.** Corresponde a bosques en las cercanías de las quebradas, en su mayoría con pendientes fuertes que dificultan la siembra de cultivos agrícolas y pecuarios.

Este tipo de cobertura disminuye la erosión en zonas con pendientes altas, regula caudales y protege las márgenes de las corrientes de agua, disminuyendo los procesos de sedimentación en las mismas. Un ejemplo de este tipo de bosques es el sendero ecológico (coordenadas 76°38'49".o W y 2°28'33".4 N) cercano al casco urbano de Julumito (figura 4), y el bosque de protección de la vereda Los Tendidos (coordenada geodésicas 76°40'24",2 W y 2°30'06" N), con una extensión de 10 hectáreas (según el presidente de la junta Florentino Chamizo), formados principalmente por roble (*Quercus humboldtii*), Cedro (*Cedrela sp*), guayacán (*Tebuia rosea*), Jigua (*Genipa americana*), pomorroso, arrayan, eucalipto, Guadua (*Guadua angustifolia*) yarumo (*Cecropia sp*), nacedero, Mayo (*Meriana speciosa*), balso, Mayorquin (*Cordia sp*), cucharo, entre otros.

Figura 4. Sendero ecológico y bosques con fines de protección, vereda los Tendidos, corregimiento de Julumito



**Bosque Secundario con fines de Protección y Extracción (Bs/Bp).** Cobertura vegetal originada luego de ser eliminada la vegetación primaria por causas naturales o por acción del hombre, son bosques a los que se ha extraído especies para diferentes usos de tipo doméstico (madera, cercas, leña), asimismo son intervenidos debido a la ampliación de la frontera agropecuaria.

En zonas como Julumito, Julumito alto y Santa Rosa Hacia las márgenes de las fuentes hídricas hay bosque secundario que se concentra en forma de parches y líneas de vegetación, conocidas comúnmente como bosque de galería (figura 5) que está siendo intervenido, conformado principalmente por guayabo (*psidium*

guajara), Aguacatillo (*Persea coerulea*), guamo (*Inga sp*), Guasimo (*Guazuma ulmifolia*), Nogal (*Juglans neotrópica*), aguacate (*Persea americana*), lechero (*guphorbia cotinifolia*), Canelo, Cafeto, platanillo, mortiño, jigua, yarumo, balso (*Heliocarpus americana*) entre otros.

Figura 5. Bosques con fines de extracción.



**Rastrojos con fines de Recuperación y Pastoreo Extensivo (Ra).** Esta unidad hace referencia a suelos degradados por efectos de procesos erosivos de origen natural y antrópico, actualmente dedicados a la ganadería extensiva sobre suelos cubiertos por rastrojos de porte alto compuestos por matorrales o arbustos y rastrojos de porte bajo integrados por hierbas.

En Los Tendidos, La Laja y San Bernardino hay lugares que dada la ubicación de esta unidad sobre las márgenes de las fuentes de agua es necesario fomentar el establecimiento de sistemas forestales protector y protector – productor. En la figura 6 se observan algunos terrenos de Los Tendidos a los cuales es necesario implementar este tipo conservación, debido al avanzado deterioro. La vegetación que conforma principalmente esta unidad son helechos, pacunga, cabuya, chupallas, paja y mora, entre otros.

Figura 6. Rastrojos con fines de recuperación y pastoreo extensivo.



**Pastos Naturales con fines de Pastoreo Extensivo (Pn).** Son suelos cubiertos por pastos naturales (figura 7) dedicados a la actividad pecuaria desarrollada de forma extensiva y de doble propósito.

En terrenos de San Bernardino, Santa rosa y la vereda La Laja se practica la ganadería extensiva, esta forma de producción pecuaria, aunque ahorra materiales y mano de obra, permite la pérdida de pasto por pisoteo, no es posible hacer control del consumo de pasto en punto de corte, facilitando el sobre pastoreo, el ganado aprovecha menos el alimento ya que recorre toda la pradera gastando energía.

Figura 7. Pastoreo extensivo para la producción de ganado.



**Praderas Manejadas con fines de Pastoreo Extensivo y Semi-Intensivo (Pm).** Generalmente el uso está encaminado al consumo de la pradera por el ganado, sin tener en cuenta excedentes, almacenamiento de reservas de forraje, ni mejoramiento de pastos, aunque se practica el pastoreo rotacional y en algunos sectores se hace control de malezas. En la mayoría de fincas de San Bernardino

(figura 8) es utilizado el pasto estrella (*Dychronema*) y en casi la totalidad de las fincas de Julumito y la vereda La Laja, se utiliza grama.

Figura 8. Praderas con fines de pastoreo intensivo y semi-intensivo, corregimiento de San Bernardino



**Café con Bosque Secundario con fines semicomerciales y de Extracción (Cc/Bs).** Terrenos ocupados por cultivos de café con manejo semitecnificado y tradicional, que generalmente están asociados al plátano, guamo y especies de bosque secundario conformado por arbustos y árboles, utilizados para sombrío; por ejemplo en Los Tendidos (figura 9), se maneja Arrayán, Cachimbo, Llarumo, Jigua, Balso, Nacedero, Carbonero, Guamo y en Julumito Pomorroso y Casco de Buey, entre otros.

Las especies de bosque secundario son utilizadas generalmente para resolver necesidades domésticas como cercas, postes, construcciones y leña (combustible).

Figura 9. Café con bosque secundario, vereda Julumito Alto



**Suelo desnudo o Tierras Eriales con fines de Recuperación – Protección (Te).** Corresponde a suelos degradados por intervención humana, causas

naturales como deslizamientos (figura 10) o por cultivo de árboles con fundamento económico, construcción, combustible, entre otros como el eucalipto (*Eucalyptus Grandis*) y ciprés (*Cupressus Sempervirens L*). Un ejemplo de regeneración natural del suelo erosionado y desnudo con fines de recuperación y protección se encuentra en Santa Rosa, asociados a los afloramientos rocosos (La Tetilla) dedicados a las actividades de turismo.

Figura 10. Suelo desnudo o tierras eriales. Santa Rosa



**Pecuario – Con rastrojo (Pr).** Corresponde a suelos con pastos usados en ganadería con poco nivel de manejo y presencia de malezas (figura 11). Esta cobertura se caracteriza por el predominio de una matriz herbácea y/o arbustiva frecuentemente invasoras, como cabuya, helechos, guayabillas, chupallas, entre otras.

Figura 11. Producción pecuaria con rastrojo, vereda Los Tendidos



**Pecuario naturales (Pn-Te).** Suelos usados en producción de ganado con doble fin y presencia de zonas eriales por falta de manejo adecuado.

Los suelos de Julumito de la figura 12 están cubiertos principalmente por grama y pasto estrella en San Bernardino y La Laja, con presencia de arbustos y algunos arboles a los alrededores de las fuentes hídricas como flor de mayo, mortiño, casco de buey, entre otras.

Figura 12. Pecuario natural



**Pecuario - Regeneración (Pn-Ra).** Suelos usados por los campesinos en la producción pecuaria en los cuales se deja una porción de tierra como límites en quebradas o fincas, dedicada a la recuperación del suelo con presencia de algún tipo de vegetación secundaria, principalmente en lugares como San Bernardino y La Laja (figura 13).

Figura 13. Pecuario – Regeneración.



**Pecuario – Agrícola (Pm-Cc).** Se caracteriza por el establecimiento de sistemas productivos esencialmente para la cría, levante, engorde de ganado vacuno y equinos, de carácter extensivo, con ciertas áreas dedicadas a la producción de cultivos en menor cantidad. En Julumito y San Bernardino se presenta este tipo de uso de suelo en mayor proporción, como se observa en la figura 14.

Figura 14. Producción pecuaria asociada a la producción agrícola.



**Galpones-- ladrilleras (GI).** A esta unidad pertenecen aquellas zonas dedicadas a la extracción de material para la fabricación de ladrillos. En la figura 15 se observa una ladrillera en la parte baja de Los Tendidos.

Figura 15. Ladrillera de Los Tendidos



**Agrícola - Caña panelera (Cp). Agrícola - Maíz (Mz). Y Agrícola - Café (Cc).** Práctica agrícola de monocultivos tradicionales para subsistencia, en su mayoría sin tecnificación y otros productos en menor proporción que los campesinos venden en el mercado como café, plátano, frutas, y hortalizas. Estas unidades se presentan al Noreste de San Bernardino, Santa Rosa y Julumito alto (figura 16).

Figura 16. Agrícola – Caña panelera, Maíz y Café



**Agrícola –Pecuario - vegetación productiva con café (Cc-Fj-Pn).** Tierras de cultivo de pan coger, hortalizas, especies menores, café y árboles frutales con doble propósito (consumo familiar y excedentes para la venta, figura 17). En La Laja, Noreste de Santa Rosa, Sureste de San Bernardino y en Julumito alto se distingue este tipo de unidad.

Figura 17. Producción agrícola, pecuaria y café



**Agrícola –Agrícola con hortalizas (Ht-Mz-Cp).** Fincas con presencia de cultivos agrícolas en pequeña y mediana extensión (maíz, frijol, caña), con hortalizas como tomate, pimentón, lechuga. Según la cartografía este tipo de cobertura se presenta en los corregimientos de Julumito, Santa Rosa, Los Tendidos, La Laja y Morinda, figura 18.



Figura 18. Producción agrícola con hortalizas.



**Agrícola –Vegetación productiva con café (Cc-PI-Ct).** Suelos dedicados a la explotación de cultivos de café con sombrío, plátano y de subsistencia, la vegetación natural se ha talado y solo se observan algunos árboles aislados (figura 19).

Figura 19. Producción agrícola – Vegetación productiva con café



**Agrícola - Café (Cc).** Terrenos dedicados primordialmente a la producción del cultivo de café con pequeñas extensiones no mayores a 5 hectáreas, razón por la cual en el mapa cafetero, de la encuesta Nacional de Cafeteros, por motivos de escala no se manifestaron áreas cultivadas y por ende no se cuantificaron (figura20).

Figura 20. Producción agrícola con café



**Las principales problemáticas ambientales que afrontan estas veredas son:** sobre uso del suelo, el bosque protector es escaso en las riveras de algunas quebradas, hay sectores donde se practican quemas para labores agropecuarias; contaminación hídrica y falta conciencia ambiental, se realizan quemas, deforestación por consumo de leña y por requerimientos de material para construcción; en el corregimiento de San Bernardino se observa contaminación por vertimientos de aguas residuales y por presencia de bebederos para el ganado en las quebradas; se encuentran pequeñas manchas boscosas en la vereda de Santa Rosa y Julumito, en las restantes existe bosque de galería próximo a las fuentes de agua.

Dentro del área del embalse se encuentra principalmente tres tipos de cobertura vegetal, Anexo E: uno netamente en el manejo de pastos para la producción de ganado, el segundo en el cultivo de pasto para producción pecuaria, cultivos, zonas de regeneración y conservación activa y el tercero con áreas de bosque en regeneración o conservación activa ubicada en zonas de mayor pendiente a la rivera de las quebradas Saté, Quitacalzón y La Laja.

#### **4.3. GEOLOGÍA**

**Geología Regional.** Los rasgos geológicos y tectónicos del Suroccidente colombiano son el producto de convergencia entre la placa de nazca y el bloque andino (placa suramericana). Proceso que ha originado rocas de afinidad oceánica como las básicas y sedimentarias de la cordillera occidental y del valle del río Cauca y rocas continentales como las metamórficas de edad paleozoica que constituyen el basamento de la cordillera central, cuyas unidades geológicas han sido agrupadas en el grupo Arquía. El miembro Julumito (TPpj) es una unidad de

la zona perteneciente al cenozoico, con afloramientos en el río Cauca y el puente de Julumito.<sup>8</sup>

**Flujo de lodo y piroclastos del río Saté (Qps).** El cual aflora en la quebrada Saté, Garrochal y los alrededores de la hacienda Morinda. Esta unidad se compone de un flujo gris de ceniza, bloques y de dos flujos de lodo. El espesor total es de unos 12 o 14 metros y los flujos de lodos están meteorizados. El flujo piroclástico se presenta bien soldado y consolidado y no meteorizado.

Estos ambientes geológicos están separados por el sistema de fallas de romeral, que se extiende a lo largo del flanco occidental de la cordillera central. El otro sistema de fallas importante es el de Cauca – Patía ubicado en la cordillera occidental descrito por Orrego y Mosquera en 1989. Además existen fallas de dirección Este – Oeste que dan lugar a una serie de bloques tectónicos que hacen que alternen depresiones de Norte a Sur con topografías levantadas. La mayoría de las fallas, presentan actividad neotectónica que se manifiesta ampliamente en las rocas y depósitos de la formación Popayán.<sup>9</sup>

Dentro del área de influencia directa e indirecta se encuentran las siguientes fallas que hacen parte del sistema de fallas de Romeral\*, falla Julumito, falla Rosas – Julumito, falla Cauca - Almaguer, falla la Tetilla y en los canales de conducción, la falla Río Molino, falla de Piendamó y la falla El Crucero Occidental, entre otras, figura 21 y anexo F. Las cuales se detallan más adelante.

Dentro de la cartografía se observa la presencia del miembro **La Venta (QPIV)** del cuaternario\*\*, los cuales son depósitos de flujos de ceniza de caída con un espesor de 40 metros aproximadamente, los flujos de ceniza están constituidos por un material arcilloso de color amarillo ocre producto de la meteorización y las

---

<sup>8</sup> Ibid. P 63

<sup>9</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO, AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y zonificación de tierras. Popayán Cauca. 2008.

\* Es un complejo sistema de fallas, con una buena actividad durante el cuaternario, históricamente, presenta una alta actividad, con predominio de sismos de intensidad media a alta. Además se caracteriza por una alta tasa de actividad e intensidades intermedias (VII-IX). ha producido la mayoría de sismos destructores de Popayán. caracterizada tectónicamente por su gran extensión, tanto longitudinalmente como lateral, (Barrero y otros, 1969 Irving, 1971; Toussaint y Restrepo, 1976), ocupa todo el flanco occidental de la cordillera Central, desde el valle del río Cauca hasta la cima de la cordillera y desde el nacimiento de ésta en el Ecuador, hasta su terminación en las llanuras del Caribe.

\*\*Corresponde a depósitos recientes principalmente de origen volcánico-sedimentario

cenizas de caída presentan color castaño amarillento que generalmente aparecen en varias capas<sup>10</sup>.

**Falla Julumito.** Con una longitud de pocos kilómetros, se extiende desde las vecindades de la población de Rosas al Sur, hasta su intersección con la falla del río Palacé. Como la mayoría de las fallas de la zona interandina está cubierta por productos fluvio-volcánicos, los rasgos morfoTECTÓNICOS de esta fractura no son muy notorios aunque presenta numerosos indicios de carácter fuerte, que ponen de manifiesto su actividad neotectónica.

**Falla Rosas – Julumito.** Es relativamente corta y no supera unas pocas decenas de kilómetros, desde el Sur de Rosas, hasta su intersección con las fallas del río Palacé de dirección Este-Oeste, algunos kilómetros al Norte del corregimiento de Julumito. Presenta variaciones desde su afloramiento en las rocas más antiguas, hasta la cobertura cuaternaria reciente.<sup>11</sup>

**Falla Cauca – Almaguer.** Constituye el rasgo tectónico más notable del Occidente Colombiano, dentro del sistema de Romeral, es la fractura que limita las rocas de naturaleza oceánica con las rocas continentales. Esta falla se extiende por más de un millar de kilómetros, desde el Ecuador hasta el Norte de Colombia definido por Pennington en 1981.

**Falla la tetilla.** Afectan el basamento del valle interandino o complejo Barroso-Amalme, el grupo del Cauca y la Formación Popayán. Estas fallas son estructuras importantes que limitan cuerpos ofiolíticos como los del macizo los azules, la Tetilla y la Vetica además se encuentran interceptadas localmente por el sistema de fallas Cali-Patía.

**Falla de Piendamó.** Presenta uno de los rangos morfoTECTÓNICOS más notables del área a unos 15 kilómetros, al Norte de Popayán. El escarpe principal con cara al Occidente, alcanza a tener unos 450 metros de altura, y muestra quiebres topográficos en sus perfiles, lo cual constituye una manifestación de los varios episodios de la reactivación de la falla.

**Falla Rio Molino.** Esta falla se extiende por unos 18 Km y cruza el sector norte de la ciudad. En su parte superior la estructura muestra una línea de falla bien marcada, un escarpe moderadamente conservado y un control Rectilíneo del

---

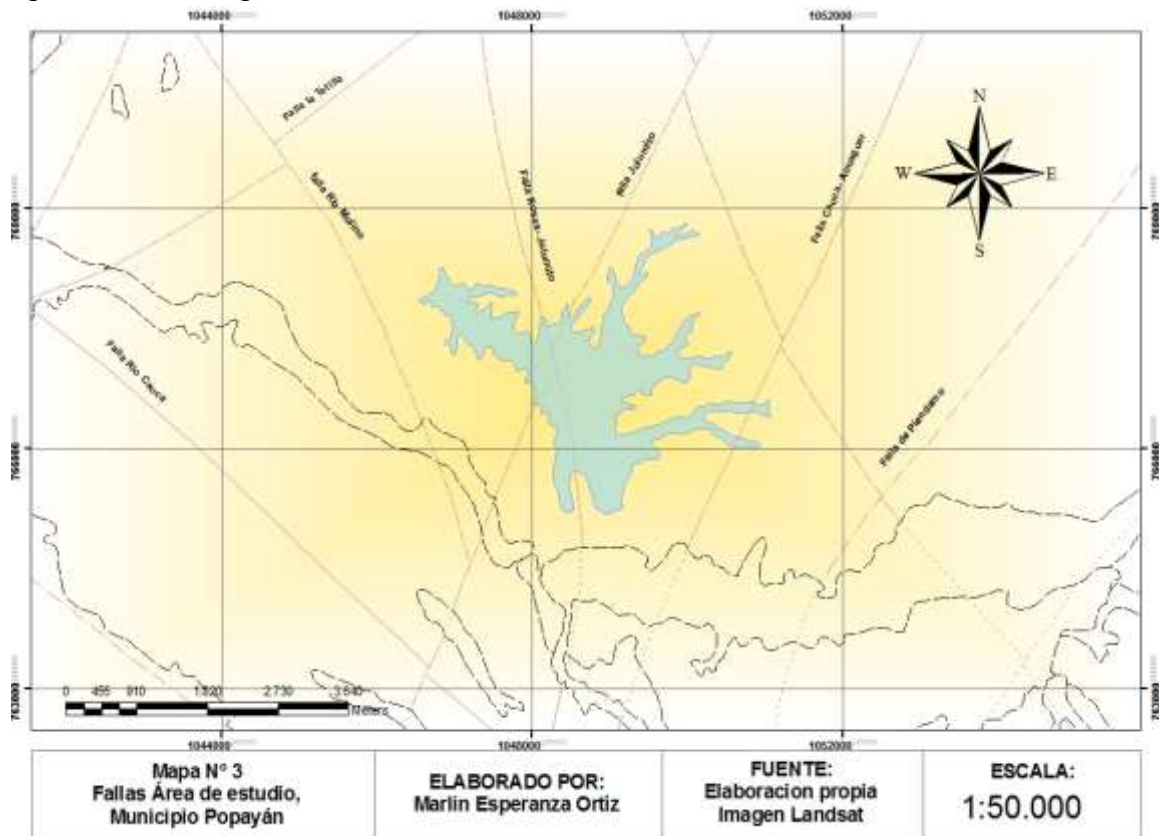
<sup>10</sup> POPAYAN. ALCALDIA MUNICIPAL. Op cit., pág. 63.

<sup>11</sup> INSTITUTO GEOGRAFICO, AGUSTÍN CODAZZI. Op. cit

drenaje con un valle lineal simétrico. Al occidente la falla se hace menos definida por el recubrimiento del flujo de San Isidro.

**Falla El Crucero Occidental.** Constituye a nivel regional, una fractura de más de un centenar de kilómetros de longitud, que muere al Norte de la población de Jambaló en una zona de complicaciones estructurales. La falla presenta al igual que las otras fallas del borde montañoso indicios fuertes de actividad cuaternaria; una traza de fallas relevante, escarpes regularmente degradados por varios kilómetros que se destacan con mayor claridad al Norte de Popayán y que conforman el límite del borde montañoso de la cordillera central.<sup>12</sup>

Figura 21. Geología de la zona



<sup>12</sup>INSTITUTO GEOGRÁFICO, AGUSTIN CODAZZI. Op cit. P 32-36

#### **4.4. DESCRIPCIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA DE LA ZONA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO**

**4.4.1 Descripción de la geomorfología de la zona de influencia.** En términos del tiempo geológico, el territorio Colombiano se considera de formación reciente y en proceso de respuesta a los eventos estructurales y a las modificaciones bioclimáticas generales en proceso de desarrollo, definiendo las condiciones geomorfológicas de inestabilidad real y potencial de diferentes espacios físicos del territorio.<sup>13</sup>

Las formas del relieve son el resultado de varios procesos y factores, algunos externos y otros internos como son: las condiciones climatológicas, acción orgánica, latitud y altitud y otros que tienen que ver con los procesos de origen y evolución de las características litológicas y estructurales del substrato rocoso.

La importancia del conocimiento de las formas del relieve, radica en que la conjugación geoforma- material parental y topografía, que incide en la formación y procesos de evolución de los suelos puede determinar el grado y tipo principal de amenaza natural. El aspecto geomorfológico es por lo tanto fundamental como aspecto determinante del tipo de cobertura vegetal, condicionando o restringiendo la posibilidad de explotación agropecuaria así como la forma y localización de los asentamientos humanos y la infraestructura desarrollada.

Para establecer el origen de las geoformas y su dinámica natural, es necesario conocer el enfoque regional que comprende la descripción de los subsistemas morfogénicos de la alta montaña y el local que comprende la descripción de las unidades morfológicas menores de la zona de estudio.

Antes de definir las unidades morfogénicas locales, es necesario tener en cuenta las unidades mayores que influyen en la determinación de las unidades homogéneas, según informe del IDEAM, Colombia presenta 4 unidades, estructural, eólico, litoral y fluvial.

---

<sup>13</sup>IDEAM. Unidades geomorfológicas del territorio Colombiano. Santa Fe de Bogotá. P 5

Cuadro 3. Unidades morfogénicas locales.

Clima	Macroforma	Ambiente	Paisaje
Cálido con una precipitación aproximada de 1500 m anuales, una temperatura de 28 grados Celsius y una humedad relativa de alrededor del 69%.	Depresión Tectónica	Ambiente aluvial <b>(a)</b>	llanura aluvial <b>(a)</b>
		Ambiente morfo-estructural <b>(m)</b>	llanura de piedemonte o pediplanicie <b>(d)</b>

Fuente. IDEAM

**4.4.2 Ambientes a escala nacional o unidades mayores.** Ambiente Morfoestructural. Se define como el conjunto de paisajes constituidos por las formas, resultado de las fuerzas tectodinámicas en las rocas antiguas y recientes, luego modeladas por la acción de los agentes externos. Sobre este paisaje natural se sobrepone la actividad del hombre, que lo transforma acelerando algunos de los procesos de degradación.<sup>14</sup>

En cuanto a la dinámica morfogénica es determinada por un conjunto de procesos actuales lentos como la disección por las corrientes de agua y amenazas de deslizamiento; la zona en donde se encuentra el Municipio de Popayán, la conforma el Valle Interandino del Alto Cauca, enmarcado entre el flanco occidental de la cordillera Central y el flanco Oriental de la cordillera Occidental. En esta zona se presentan dos expresiones topográficas: las zonas de fuertes pendientes en los flancos de las cordilleras y una zona suavemente ondulada en el Valle Inter Andino con cañones originados por la disección de las principales corrientes fluviales. Esta topografía es el resultado del levantamiento de la cadena Andina, la cual en su evolución, presenta una compleja historia de eventos metamórficos magmáticas, sedimentarios y tectónicos.

La intensa actividad volcánica, los fuertes movimientos orogénicos, y la acción exógena de los agentes de intemperismo, erosión y transporte que han interactuado en la zona de estudio provocan como resultado una gran diversidad de geformas en el Municipio de Popayán que se caracteriza por tener un relieve plano a fuertemente ondulado y en algunas partes fuertemente quebrado con pendientes cortas, rectas a ligeramente convexas, que oscilan entre 7% a 50% y

<sup>14</sup> Geomorfología. Elementos de geomorfología. Ediciones oikos-tao. 1ª edición 1974 Madrid España

aun mayores, presentándose como unidades principales: laderas de montaña, colinas, terrazas, Piedemonte de montañas, valles aluviales y valles coluvio-aluviales, con formas desde ligeramente ondulado a fuertemente quebradas, según el Plan de Ordenamiento Territorial.

**4.4.3 Relieve.** Es el resultado de la acción de los agentes geológicos internos, capaces de erosionar, transportar y sedimentar, que tienden a crear formas y los agentes geológicos externos, entre los que se encuentra el clima y la litología, que tienden a aplanarlos.

El cálculo de la altura de la zona de influencia directa, se realizó mediante intervalos de curvas de nivel, cada 10 m, en el anexo G se muestran los lugares con alturas superiores (hasta 1760 msnm), con topografía plana, casi plana o suavemente inclinada, dedicadas a la ganadería, presentadas en color rojo y naranja, en amarillo se muestran áreas con pendiente inclinada a moderadamente inclinada, y en verde se representan las zonas en regeneración con alturas inferiores, desde 1660 msnm, con presencia de árboles de gran altura que disminuyen los procesos erosivos del lugar por agentes antrópicos y naturales como el ocasionado por la quebrada Saté en el corregimiento de Los Tendidos (coordenadas 76°40'18".2 W y 2°29'58".4 N), ya que presenta mayor velocidad por los cambios de pendiente; en zonas contiguas a este corregimiento hay lugares con cambios bruscos de altura expuestos a mayor cantidad de procesos erosivos como son, el desgaste por el pastoreo extensivo, degradación eólica y exposición a heladas.

El mapa de Curvas de nivel, Anexo G. fue elaborado en Argis, con el uso de capas en shape tomadas de la sala de Sistemas de Información Geográfica SIG.

Cuadro 4. Rangos de pendientes para la elaboración de la Anexo G

Tonalidades de colores usados en la cartografía	Rango de pendiente entre los Grados	Clasificaciones
	0-2	Plana o casi plana
	2-4	Suavemente inclinada
	4-8	Inclinada
	8-15	Moderadamente pendiente
	15-30	Pendiente
	30-60	Muy pendiente
	>75	Extremadamente pendiente

Fuente. Elaboración de trabajo



De acuerdo a los términos de referencia del sector de energía en el estudio de impacto ambiental otorgados por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y la Dirección de Licencias, Permisos y Trámites Ambientales de la República de Colombia en 2006 los rangos de pendientes se establecen de 0%-2%, 2%-8%, 8%-15%, 15%-30%, 30%-60% y >75%. Teniendo en cuenta que las pendientes en su mayoría son bajas, se decidió separar el rango de 2%-8% a 2%-4% y 4%-8%.

En el mapa cartográfico de pendientes del Anexo H, la mayoría del terreno se encuentra en un rango bajo, con pendientes desde 0% (mostrado en color azul), a medida que la inclinación del suelo aumenta el color se torna amarillo, naranja y rojo, correspondiente a pendientes más pronunciadas (35%), con una topografía accidentada a muy fuerte, ubicadas en cercanías al lugar donde se proyecta la construcción del vertedero; en el balneario Saté (coordenadas 76°38'53".8 W y 2°29'35".0 N) ubicado en la vía hacia La Laja, en la bocatoma y el acueducto de Julumito, las pendientes presentan valores cercanos a 20 %, correspondiente a topografías medianas a accidentadas; en el resto del sector las pendientes oscilan en valores cercanos a 0%, definiendo topografías planas a suaves.

La zona aledaña al área de influencia directa del proyecto se caracteriza por ser una zona semiplana con pendientes poco elevadas, por tal motivo son dedicadas en su mayoría a la ganadería de tipo extensivo, este tipo de relieve se ve representado en la cartografía por el color azul, siendo este el color predominante; en menor proporción se encuentra el color amarillo, naranja y rojo que representan los lugares con pendiente más elevadas descritas anteriormente por presentar los valores más bajos en las curvas de nivel, esta zona se caracteriza por poseer terrenos con avanzado grado de esterilidad que posiblemente se debe a diversos tipos de erosión por procesos denudativos hidrogravitacionales o movimientos de ladera; principalmente de tipo laminar, surcos, cárcavas aisladas, reptación (pata de vaca) en grado de ligero a modelado producidos por factores como el viento, arrastre por el agua (hídrica) por las elevadas pendientes, o por la falta de cobertura vegetal (antrópico), razón por la cual hay poca presencia de cultivos.

Según la clasificación sobre fenómenos de remoción en masa Los principales movimientos de ladera presentes en las zonas de estudio con mayor pendiente corresponden a deslizamientos de tipo rotacional con movimiento a lo largo de una superficie de ruptura curva y cóncava. Si la ruptura es circular o cicloidal en perfil, la masa desplazada puede moverse a lo largo de la superficie con poca

deformación interna<sup>15</sup>, Según la definición de Varnes (1978), los derrumbes son el desplazamiento de materiales sin seguir una superficie de deslizamiento definida y con movimiento más o menos independiente (caótico) entre las partes, ocurren en pendientes abruptas (>35° grados) y con varias formas de movimientos simultaneas (traslacional, rotacional, lateral), estos movimientos de masa ocasionan diversos tipos de erosión en los suelos (cuadro 5) como los ocasionados en el área de influencia directa, exhibidos en el anexo H.

Cuadro 5. Tipos de erosión en el embalse.

<b>Unidad</b>	<b>Tipo de erosión</b>
0	Natural
1	Severa
2	Moderada
3	Ligera

Fuente. Elaboración trabajo

En la zona de influencia se presenta rasgos topográficos y geológicos que favorecen la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa, aunque no se tiene referencia de la ocurrencia de eventos catastróficos, se debe mencionar y tener en cuenta que las prácticas culturales inadecuadas ocasionan un acelerado deterioro del suelo, propiciando la aparición de fenómenos erosivos importantes; dentro del área de influencia directa las zonas con mayor riesgo de erosión (3. ligera), se presenta en lugares con fuertes pendientes (zona de amenaza media por deslizamiento), inferiores a 35%y superiores al 10%, se constituyen como zonas potencialmente inestables.

Según la clasificación del Plan de Ordenamiento Territorial, el área de estudio posee zonas de amenaza baja, donde la mayor parte de la zona corresponde a colinas con formas ligeramente planas a onduladas y en menor proporción a terrazas y montañas; esta clasificación cuenta con pendientes rectilíneas cortas y ligeramente convexas, que oscilan entre 0%, 7%, 12%, 25% y 50%.Con erosión de natural a ligera, clima templado húmedo a frío húmedo localizados en los corregimientos de Santa Rosa y San Bernardino; En términos generales esta zona tiene una susceptibilidad baja a desarrollar fenómenos de remoción en masa, aunque en situaciones excepcionales pueden ocurrir deslizamientos en áreas sometidas a precipitaciones fuertes y prolongadas, o donde el manejo inadecuado

<sup>15</sup>AGUIRRE MONTOYA, Fernán Mauricio. Componente Geológico y Zonificación de Amenazas por Inundación y Deslizamientos. Popayán. p. 48.

de las laderas, por la intervención humana, acelere o detone la ocurrencia de este fenómeno.

Las zonas de amenaza media corresponden a los corregimientos de Santa Rosa, San Bernardino, Santa Rosa y Julumito, el paisaje de esta zona pertenece al sistema de colinas, terrazas y montañas del altiplano de Popayán, caracterizado por contar con un relieve plano a fuertemente ondulado y en algunas partes fuertemente quebrado, con pendientes cortas, rectas a ligeramente convexas, que oscilan entre 7%, 12%, 25%, 50% y aún mayores. En general se presentan procesos erosivos de tipo laminar, surcos, cárcavas aisladas, reptación, en grado ligero a moderado, son suelos profundos que tienen buen drenaje, existen pequeñas manchas boscosas y en las áreas restantes solo se observan pequeñas áreas de bosque de galería en las proximidades de las fuentes de agua y se presenta erosión de tipo puntual.

Las zonas de amenaza alta localizada en Santa Rosa, San Bernardino, geomorfológicamente pertenecen a laderas de montaña, colinas, terrazas y valles aluviales y coluvio-aluviales; con formas desde ligeramente ondulado a fuertemente quebradas con cimas redondeadas y ligeramente redondeadas y disecciones profundas, de pendientes cortas y largas, e irregulares mayores a 25 %, las cuales presentan fuerte escurrimiento superficial, la erosión es variable, desde ligera a severa evidenciada por fenómenos de reptación.

**4.4.4 Deslizamientos y derrumbes.** En la visita a la zona de estudio, se observó diversos tipos de deslizamiento y derrumbes, ocasionados por factores antrópicos como la tala de árboles para la producción de leña y carbón, construcciones, despeje para cultivos agrícolas y pecuarios y factores naturales, como la saturación de humedad en zonas altas, que determinan en gran medida la morfología y paisaje de la zona; en el corregimiento de Los Tendidos se identificó el mayor número de procesos erosivos de tipo traslacional, seguido por procesos de tipo rotacional evidenciados en las figuras 23 a 25.

Figura 22. Erosión por deslizamiento traslacional y pata de vaca.



Fuente. Elaboración trabajo

Figura 23. Erosión de tipo rotacional (antigua) y Lineal



Fuente. Elaboración trabajo

Figura 24. Erosión por deslizamiento rotacional.



Fuente. Elaboración trabajo

#### 4.5. DEFINICIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.

Según el mapa del IGAC y la descripción hecha en el POT, las áreas directa e indirecta del proyecto cuentan con 2 unidades geomorfológicas que pertenecen a un mismo tipo de paisaje; Altiplanicie Volcano-erosional (AT), con 2 tipos de

relieve, el primero de cañones o cañadas (cñ), con litología de capas de cenizas volcánicas discontinuas sobre rocas ígneas no diferenciadas (AT-cñ<sub>1</sub>) y cañones o cañadas (cñ), con litología de capas de cenizas volcánicas discontinuas sobre rocas ígneas (AT-cñ<sub>2</sub>) y el segundo de lomas y colinas (lc), con litología de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas ígneas no diferenciadas (AT-lc<sub>3</sub>), anexo K.

La clasificación del paisaje Altiplanicie Volcano-erosional (AT) de las unidades geomorfológicas de Colombia hecha por el IDEAM, se refiere a una extensión plana en los andes rodeada de montañas, corresponden a depresiones de origen tectónico que estuvieron ocupadas por lagos y pantanos desde el final del terciario, los cuerpos de agua de los que aun existen algunos relictos y las montañas que bordean los altiplanos, drenan las cuencas hidrográficas que colmataron los lagos existentes. Esas montañas que generalmente estuvieron cubiertas por glaciares y lagunas.

La distribución de las unidades morfológicas, según el plan de manejo del complejo de humedales de la meseta de Popayán se indica en la Fig. 26.

Figura 25. Distribución de las unidades morfológicas



Fuente. Plan de manejo de humedales PMH

Cuadro 6. Descripción de las unidades morfológicas.

Símbolo	Color	Gran paisaje	Paisaje	Modelado
ADC		Altiplano	Colinas	Denudativo
MDC		Montañas	Colinas	Denudativo
MEL		Montañas	Laderas	Estructural

Fuente. Elaboración de trabajo.

**4.5.1 Suelos de Colinas en Altiplanos Denudativos (ADC).** Los suelos de esta unidad pertenecen a la asociación Dominguito (DI), se desarrollan sobre el sistema de colinas del Altiplano Popayán, entre 1500 a 1900 metros de altura sobre el nivel del mar. El relieve es ondulado a fuertemente quebrado, con cimas redondeadas, pendientes cortas, rectas a ligeramente convexas, las pendientes están entre el 3% y 50%. En algunos casos se presentan áreas ligeramente planas con pendientes entre 0% y 3%. En términos generales son suelos profundos a muy profundos con buen drenaje natural, presentan procesos erosivos principalmente de tipo laminar, surcos, cárcavas aisladas, reptación en grado ligero a moderado. Hay pequeños sectores severamente erodados y el material parental de los suelos está constituido por cenizas volcánicas que se depositaron en capas de espesores variables entre uno y ocho metros.

La vegetación natural ha sido eliminada en su mayoría por efectos de la actividad antrópica, subsisten solo algunos relictos muy pequeños de vegetación secundaria y rastros en las partes cóncavas intercolinadas y en unos sectores a las orillas de los ríos y quebradas. En la actualidad los suelos de esta unidad están dedicados principalmente al cultivo de café tecnificado, espárragos y praderas con pastos para pastoreo extensivo, hortalizas y cultivos de subsistencia, cultivos de bosque comercial, además de pequeñas zonas en bosque natural y zonas con cobertura de rastrojo.

**4.5.2 Suelos de Colinas en Montañas Denudativas (MDC).** Los suelos de esta unidad pertenecen a la asociación Limón (LM), se caracterizan por estar moderada a muy severamente afectadas por erosión de tipo laminar, reptación (pata de vaca), cárcavas poco profundas y remoción en masa. Se sitúan entre los 1600 y 1800 metros sobre el nivel del mar.

En la actualidad estas áreas están destinadas a la ganadería extensiva, con potreros en mal estado y cultivos industriales de pino. La agricultura se practica en

las partes bajas de las colinas y corresponde principalmente a cultivos de café asociado al plátano, yuca y pequeñas áreas con bosques naturales. Gran parte de la cobertura está dada en rastrojo. La unidad está compuesta por las asociaciones Limón (Oxic Dystropept), Calera (Oxic Humitropept), e inclusiones de la asociación Dominguito (Typic Distrandept)

**4.5.3 Suelos en Laderas de Montañas Estructurales (MEL).** Los suelos de esta unidad pertenecen a la consociación Cofre (CF), la cual se presenta en una pequeña zona del sector transicional de la unidad de Colinas y las Laderas de Montaña de Clima Frío de la Cordillera Central, y con una altura entre los 1750 y 2000 m. La unidad se ha desarrollado a partir de cenizas volcánicas que descansan sobre materiales metamórficos. Tienen drenaje natural bueno, con fuerte escurrimiento superficial, texturas medias y moderadamente finas.

Son suelos moderadamente profundos a profundos limitados algunas veces por sustratos geológicos. Con pendientes rectas a ligeramente convexas, medias a profundas, entre el 25% al 50% y en algunos casos pueden llegar al 75%. Relieve quebrado y en algunos sitios llega a ser suavemente ondulado, la erosión es ampliamente variable, desde ligera a severa evidenciada por fenómenos de reptación (pata de vaca, solifluxión y nichos de deslizamientos).

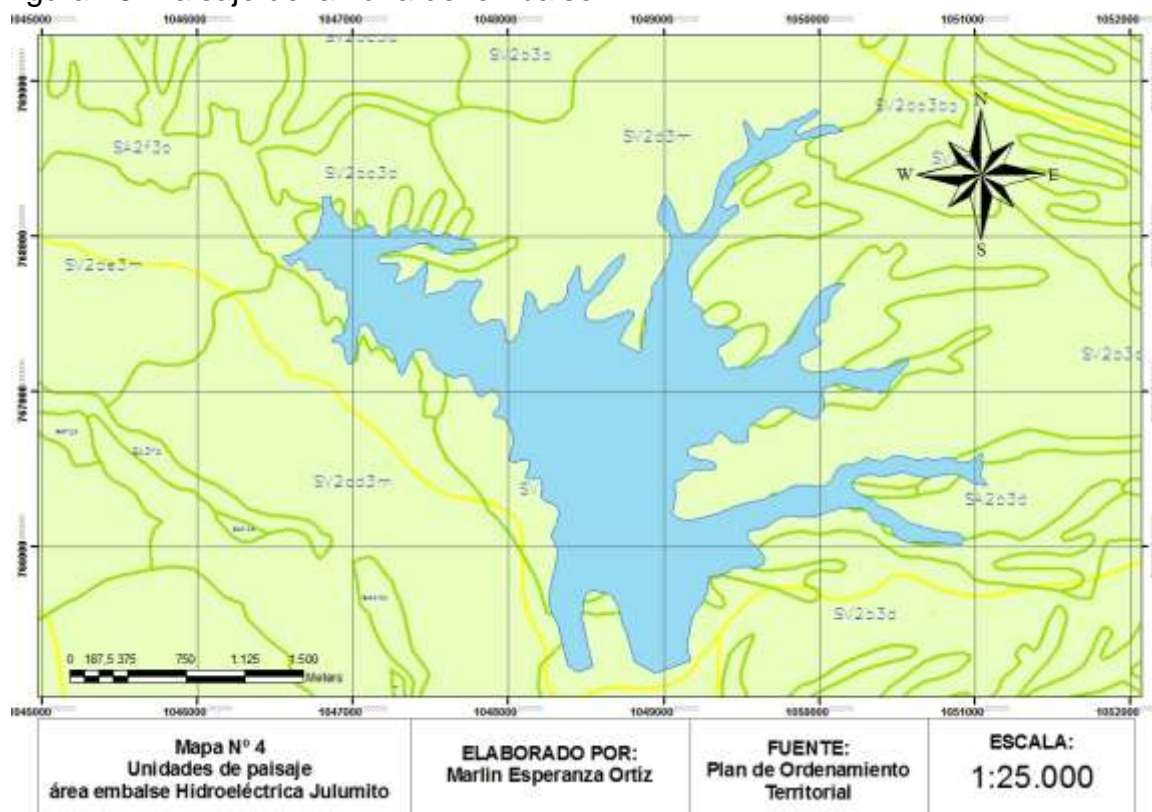
Actualmente estas tierras están dedicadas principalmente a la ganadería extensiva en praderas con pastos. Existen algunos sectores con cultivos de café, frijol, maíz, plátano y frutales (tomate de árbol y de mesa, cítricos y aguacates), también se encuentra bosque comercial en pequeñas áreas, bosque natural y algunas zonas de rastrojo

#### **4.6. DESCRIPCIÓN DEL PAISAJE DE LA ZONA DE INFLUENCIA**

Valor paisajístico: es el valor relativo que se asigna a cada unidad de paisaje y a cada recurso paisajístico por razones ambientales, sociales, culturales o visuales.

La figura 27 y el anexo L muestran las diferentes unidades paisajísticas que se presentan en la zona del embalse de Julumito y en los cuadros 7- 9 se describe dichas unidades

Figura 26. Paisaje de la zona del embalse



Cuadro 7. Descripción de las unidades paisajísticas.

Codificación	Unidades de Paisaje					
	Piso bioclimático(s)	Gran paisaje(v)	material litológico de la unidad geológica	Pendiente (%)	Tipo de suelo asociación	Cobertura vegetal
<b>SV2bc3d</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-7	dominguito	Pastizal denso
<b>SV2d3m</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	15-25	dominguito	Misceláneo
<b>SV2bc3bp</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-15	dominguito	Bosque plantado
<b>SV2b3p</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-7	dominguito	Pastizal abierto
<b>SV2b3d</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-7	dominguito	Pastizal denso
<b>SV2de3m</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	15-50	dominguito	Misceláneo



Cuadro 7. (Continuación)

Codificación	Unidades de Paisaje					
	Piso bioclimático(s)	Gran paisaje(v)	material litológico de la unidad geológica	Pendiente (%)	Tipo de suelo asociación	Cobertura vegetal
<b>SV2cd3m</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	7-25	dominguito	Misceláneo
<b>SV2ad3m</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	0-25	dominguito	misceláneo
<b>SV2b3bp</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-7	dominguito	Bosque plantado
<b>SV2bc3d</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-15	dominguito	Pastizal denso
<b>SV2f14b</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	50-75	Pubenza	Bosque abierto
<b>SV2efm</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	25-75	limón	misceláneo
<b>SV2bc3cñ</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3-15	dominguito	Caña de azúcar
<b>SV2de3m</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	15-50	dominguito	misceláneo
<b>SA2f3b</b>	Sub-andino	Valle Aluvial	Qplv	50-75	dominguito	Bosque abierto
<b>SV5a4b</b>	Sub-andino	Volcánico denudacional	TPpj	0-3	Pubenza	Bosque abierto
<b>SA2b3b</b>	Sub-andino	Valle Aluvial	Qplv	3-7	Dominguito	Bosque abierto

Fuente. Plan de Ordenamiento Territorial POT

Cuadro 8. Abreviaturas utilizadas en la descripción de unidades paisajísticas

Unidades de Paisaje					
Piso bioclimático	Gran paisaje	Unidad geológica	Pendiente (%)	Tipo suelo asociación	Cobertura vegetal
S=Subandino A=Andino L=Altoandino P=Paramo	A=Valle aluvial V=Volcánico denudacional D=Relieve colinado denudacional	1. Qal 2. Qplv 3. TPpj 4. Qc 5. TPpj 6. Qppa 7. TPpj 8. Qlp 9. Pzm	a 0-3% b 3-7% c 7-15 d 15-25% e 25-50% f 50-75% g 75 y mas	0.LMfg 1-2 2 Pha 3 Dide 4 Pbab 5 Qcab 6 Pqde 7 Saef1 8 Sgef 2-3 9 STbc 10 Cfef 12 Pc 13Tobc 14 Dlef 15 Vifg 16 Slef2 17 Meef	a: arbustal b: bosque abierto c: cultivos d: pastizal denso p: pastizal abierto bp; bosque plantado m: miscelánea. A: arbóreo

Fuente. Elaboración trabajo

Cuadro 9. Ejemplo de las unidades paisajísticas

Unidades de Paisaje					
Piso bioclimático	Gran paisaje	Unidad geológica	Grado de pendiente (%)	Tipo suelo asociación	Cobertura vegetal
<b>S</b>	<b>V</b>	<b>2</b>	<b>B</b>	<b>3</b>	<b>m</b>
Sub-andino	Volcánico denudacional	Qplv	3 - 7	Dominguito	Misceláneo

Fuente. Elaboración trabajo

Descripción detallada del ejemplo del cuadro 9.

**SV2d3m** Colinas bajas en Qplv en miscelánea. Esta unidad posee pendientes entre el 15 a 25 % y se encuentra cubierta por miscelánea. Esta unidad hace parte del paisaje Relieve colinado denudacional (se incluyen aquellas elevaciones del terreno que hacen parte de cordilleras cuya altura y morfología actual no dependen de plegamientos de las rocas de la corteza, ni tampoco del volcanismo sino exclusivamente de los procesos degradacionales determinados por el agua y los vientos con fuerte incidencia de la gravedad. Se caracterizan por encontrarse con pendientes irregulares con cimas redondeadas a cortas, de 25 a 50% de

pendiente, drenaje de dendrítico a subdendrítico y erosión hídrica laminar de moderada a fuerte).

Los tipos de paisaje representados en la cartografía muestran un tipo de unidades existentes en la zona de estudio, descritas más en detalle.

**4.6.1 Piso bioclimático.** Bosque Subandino: piso bioclimático localizado en el municipio de Popayán; se extiende desde los 1000 hasta los 2200 msnm por las faldas de las cordilleras, la temperatura va desde los 16 a 24 grados centígrados, con precipitaciones entre los 1000 a 4000 mm anuales distribuidos regularmente, corresponde a los bosques húmedos y muy húmedos de los bosques Montano y Somontano según la clasificación de Holdridge y, casi el 70 % del municipio se encuentra en este piso bioclimático.

**4.6.2 Gran paisaje.** Volcánico denudacional: Según la clasificación de Villota H. se caracteriza por encontrarse sobre lavas basálticas altamente fluidas, emitidas a través de extensas fisuras en diferentes periodos geológicos, cada derrame de basalto inunda la zona circundante formando mantos de 5 a 20 m de espesor, cuya superficie es casi horizontal, a menos que subsiguientemente haya sido afectado por agentes erosivos.

El Altiplano de Popayán se encuentra formando parte de la geofoma de plataformas basálticas, el cual se caracteriza por estar limitados en algunos tramos por escarpes abruptos y por presentarse subdivididos en porciones menores, tales como la meseta de Popayán y otras elevaciones de cimas tabulares a suavemente onduladas, por la incisión de las corrientes fluviales, las que comúnmente excavan profundas y estrechas gargantas y valles erosionables limitados a menudo por laderas irregulares.

**4.6.3 Unidad geológica.** Miembro La Venta (QpLv): constituido por depósitos de flujos de Ceniza y/o depósitos de ceniza de caída, que se extienden desde la margen norte del Río Palacé hasta el municipio de Morales y el pie de monte de la Cordillera Central, atravesando así el Municipio de Piendamó, este miembro se relaciona con el periodo Pleistoceno – Holoceno y conforma el subsuelo de la mayor parte del Municipio.

Estos depósitos de ceniza han sido afectados por la meteorización a causa de la acción de aguas lluvias, altas temperaturas y vientos, transformando estos depósitos en material arcilloso que presenta variación en su coloración, de

amarillo ocre a rojo escarlata y a naranjas intensos. La textura de los depósitos meteorizados es granular–fino y su espesor varía, entre 10m y 20 metros.

**Miembro JulumitoTPpj:** Estas rocas corresponden a tobas vítreas soldadas de composición riolíticas. Las características litológicas y la cartografía de los depósitos del Miembro Julumito, permiten ubicar preliminarmente su fuente en el sector de Polindara-Paletará 3. La datación radiométrica según K/Ar para el miembro Julumito es de 2.5 m.a. (James y otros, 1986) 4, lo que lo ubicaría a finales del Plioceno<sup>16</sup>, las ignimbritas que hacen parte de este miembro presentan una textura porfirítica, con matriz color anaranjado debido a su desvitrificación.

**4.6.4 Cobertura vegetal.** A continuación se da una descripción detallada del uso del suelo, para determinar la forma del paisaje.

**Bosque plantado:** Unidad conformada por un mosaico donde se pueden diferenciar las áreas de vegetación nativa de aquellas sembradas con pino y eucaliptos. Son cultivos forestales con fines comerciales, ubicados entre los 1.600 y 2.000m de altitud., sobresaliendo las especies de: Pleurothyrium sp Postasa, Cecropia sp, Inga sp, Miconia sp, Quercus sp, Ficus sp, entre otras. Se localizan especialmente en varios corregimientos del municipio como Santa Rosa, San Bernardino y La Rejoja.

**Pastizal abierto:** herbazal ralo dominado por pastos con alta presencia de árboles.

**Pastizal denso:** herbazal denso dominado por pastos con alta presencia de árboles; cobertura entre el 90 y el 100% de estrato herbáceo donde predominan gramíneas, en el municipio de Popayán se encuentran localizados en toda su área y es la cobertura que más predomina, en este tipo de estructura se distinguen según C.V.C, pasto con nivel de manejo (pasto con nivel de manejo y pastos de corte, son áreas dedicadas al pastoreo extensivo y control de malezas, la mayor parte de las hectáreas están dedicadas a la ganadería de doble propósito (carne y leche), también hay algunas hectáreas no muy significativas dedicadas a cultivos permanentes y/o misceláneos), Pasto natural enmalezado (en áreas de colinas, y áreas de montaña, estos pastos son naturales sin ningún nivel de manejo, aparentemente no están siendo aprovechados en toda su extensión y son utilizadas en ganadería extensiva (sin tecnificación) de doble propósito. Algunas

---

<sup>16</sup>TORRES, María Patricia. Op Cit. P 16-19

áreas están dedicadas a cultivos permanentes de café y caña panelera y cultivos menores de yuca y plátano).

**Misceláneo:** Zonas que presentan heterogeneidad en el uso del suelo ya sea por el tamaño reducido de los predios, por condiciones locales de clima o suelos por tal efecto hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, estas áreas se presentan conformadas por cultivos permanentes asociados a árboles, arbustos y pastizales, predominan desde alturas menores a los 1.400 m.s.n.m, en los corregimientos como San Rafael y Julumito; la actividad agrícola predominante dentro del municipio es: café, plátano, yuca, maíz, morera y algunos cultivos de pancoger como mora, el tomate, y el frijol además de la actividad ganadera de doble propósito (carne y leche).

**Arbóreo:** áreas donde imperan grupos de árboles bajo cultivo.

**4.6.5 Tipo suelo asociación.** Las consociaciones en la zona de estudio de describen a continuación.

**Asociación Dominguito (Typyc Dystrandept) DI:** Se localizan desde los 1300 hasta 2000 m.s.n.m. En los corregimientos de San Bernardino, La Rejoja, Calibío, Santa Rosa, Julumito, Cajete, Figueroa, Vereda de Torres, Puelenje, La Yunga, El Tablón, El Charco, Las Piedras, y en menor proporción Samanga y Santa Bárbara. En el piso bioclimático subandino de clima medio húmedo y zonas de vida de bosque húmedo Premontano (bh- PM) y bosque muy húmedo PreMontano (bmh-PM), Holdridge 1979. El material parental de estos suelos está constituido por cenizas volcánicas, que se depositaron en capas de espesores variables entre 1 y 8 m.

El paisaje de la unidad, tiene un relieve fuertemente ondulado a fuertemente quebrado, con pendientes cortas, rectas a ligeramente convexas, que oscilan entre 7 - 50% y aún mayores, en algunos casos se presentan áreas ligeramente planas; la asociación corresponde al sistema de colinas del altiplano de Popayán. En general los suelos presentan procesos erosivos principalmente de tipo laminar, surcos, cárcavas aisladas, reptación, en grado ligero a moderado. Hay pequeños sectores severamente erodados; son suelos profundos que tienen buen drenaje.

El uso predominante del suelo en esta asociación en su uso agrícola por cultivos limpios: café, hortalizas como tomate bajo invernadero, acelga, cilantro, lechuga y cultivos de espárrago; de subsistencia como maíz frijol y yuca; cultivos densos de

caña panelera, morera y algunas propiedades ganaderas presentan áreas con pastos de corte; cultivos de semibosque café con sombrío de plátano y guamo principalmente; pastos naturales con ganadería extensiva y pastos cultivados en explotaciones semi-intensivas e intensivas; cultivos de bosque comercial como pinos, eucaliptos además de algunas pequeñas zonas en bosque natural y zonas con cobertura de rastrojo.

**Asociación Limón (Oxic Dystropept) LM:** Estos suelos se sitúan entre los 1400 y 1700 m, en el piso bioclimático subandino; en los corregimientos de Los Cerrillos, Las Mercedes, La Yunga, La Meseta, Santa Rosa, San Rafael y en menor proporción Julumito, El Tablón, Cajete y El Charco. Se localiza en la zona de vida de bosque húmedo PreMontano (bh- PM), según Holdridge, 1979. Desarrollado a partir de cenizas volcánicas muy evolucionadas y arcillas de dacitas, filitas, anfibolitas y metabasaltos. Estas cenizas recubrieron parcialmente, y en capas delgadas a los materiales primarios.

Geomorfológicamente, corresponde a las colinas de clima húmedo medio, caracterizadas por estar moderada a severamente afectadas por erosión de tipo laminar, remoción en masa, reptación (pata de vaca y cárcavas poco profundas); el relieve de la unidad es quebrado a fuertemente quebrado, con cimas agudas a ligeramente redondeadas, pendientes medias, largas y regulares de 25 - 75% y aún mayores. Son suelos profundos y bien a excesivamente drenados. Los colores dominantes subyacentes son amarillos parduscos y pardo fuerte con texturas francoarcillo-arenosas y arcillosas. Son suelos susceptibles a la remoción en masa, debido principalmente a la baja cohesión del material subyacente. Presenta alta saturación de aluminio intercambiable (mayor del 75%) que les confiere extremada acidez con la consiguiente fijación de fósforo y como consecuencia una baja fertilidad. Los primeros 80 cm de profundidad tienen altos contenidos de carbón orgánico.

El uso predominante de estos suelos es agricultura limpia, café sin sombra, de subsistencia en pequeñas parcelas de maíz, frijol y yuca; algunos cultivos semilimpios en pequeñas áreas de piña; cultivos densos caña panelera, cultivos de semibosque café con sombrío de plátano y guamo; pastos naturales en mal estado con ganadería extensiva; bosques cultivados principalmente pinos y eucaliptos y pequeñas áreas con bosques naturales. Gran parte de la cobertura es rastrojo.

**Asociación Pubenza** (Andy Humitropept) PB: Estos suelos se localizan entre 1400 a 1800 m. en los corregimientos de San Bernardino y en menor proporción en el corregimiento de Cajete y márgenes del río Cauca en el corregimiento de los Cerrillos. Esta unidad presenta terrazas de clima medio húmedo con piso bioclimático subandino y zona de vida de bosque muy húmedo Pre Montano (bmh-PM), Holdridge, 1979. Son suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas, mezclado con depósitos aluviales; la profundidad efectiva es variable, de superficial a moderadamente profunda, limitada en la mayoría de los casos por la presencia de gruesas capas de gravilla, cascajo y piedras. Además hay pequeños sectores con piedra en la superficie; el drenaje natural de la unidad es bueno y sus suelos no están afectados por la erosión.

Geomorfológicamente corresponde a suelos de terrazas con formas planas a ligeramente ondulado y de pendientes de 0% - 3% hasta 7%; estos suelos se caracterizan por presentar colores muy oscuros de las cenizas, y pardo amarillentos de los materiales aluviales; texturas dominantes franco arcilloarenosas, con poca gravilla.

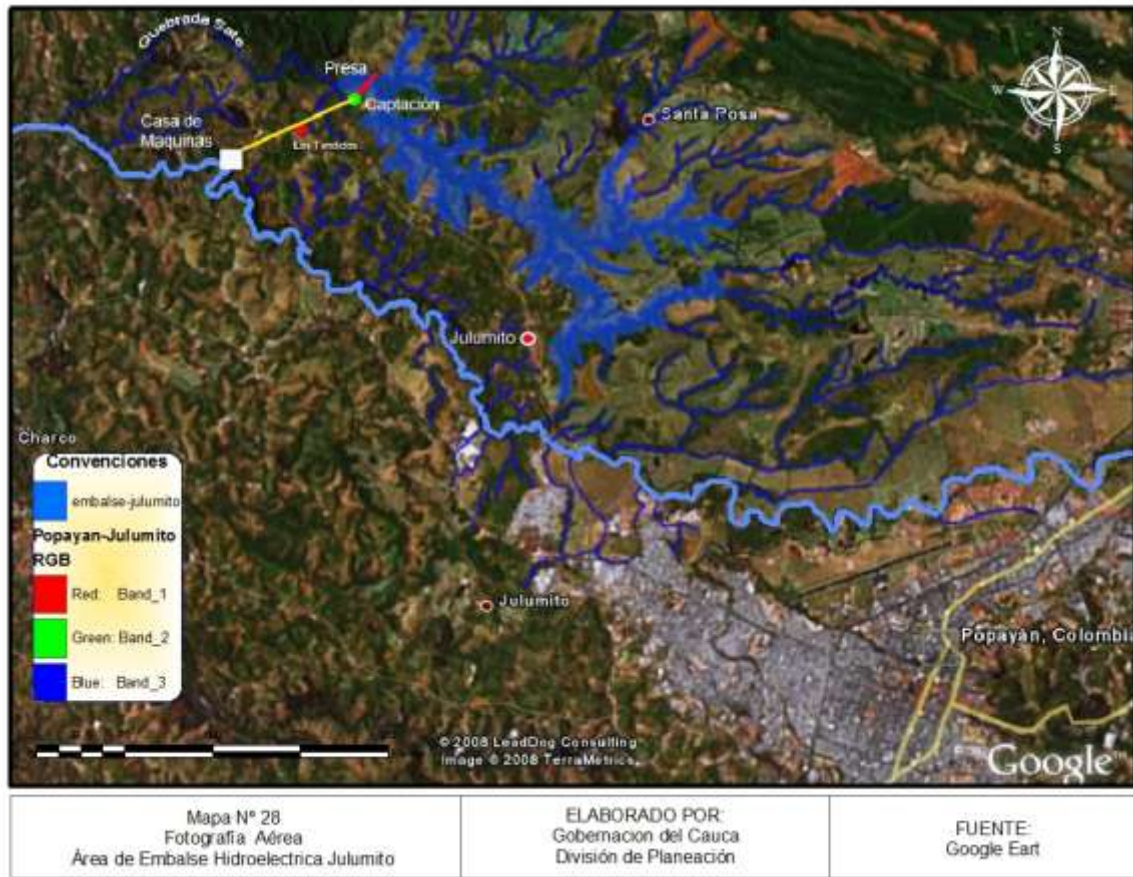
Las tierras están en pastos naturales dedicadas en su gran mayoría a la ganadería de tipo extensiva y semi-intensiva, con pasto kikuyo; bosques naturales y rastrojo.

#### **4.7. FOTOGRAFÍAS AÉREAS**

Debido a la sensibilidad de los colores en las fotografías pancromáticas de la figura 29, son una fuente importante que produce una imagen realista de una escena, permite que se pueda determinar a partir de ella una serie de datos como las curvas de nivel o determinar claramente algunas características como el grado de inclinación de las pendientes, los cauces, las cuencas tributarias entre otros, que se describen a continuación.

En la descripción de las fotografías aéreas debe tenerse en cuenta el desplazamiento debido al relieve, ya que es función directa de la altura o profundidad del objeto, así como de su distancia. Los objetos altos cuyas imágenes están cerca de los bordes de las fotografías, exhiben desplazamientos importantes, lo cual constituye una fuente de error para la medida de distancias horizontales en las fotos.

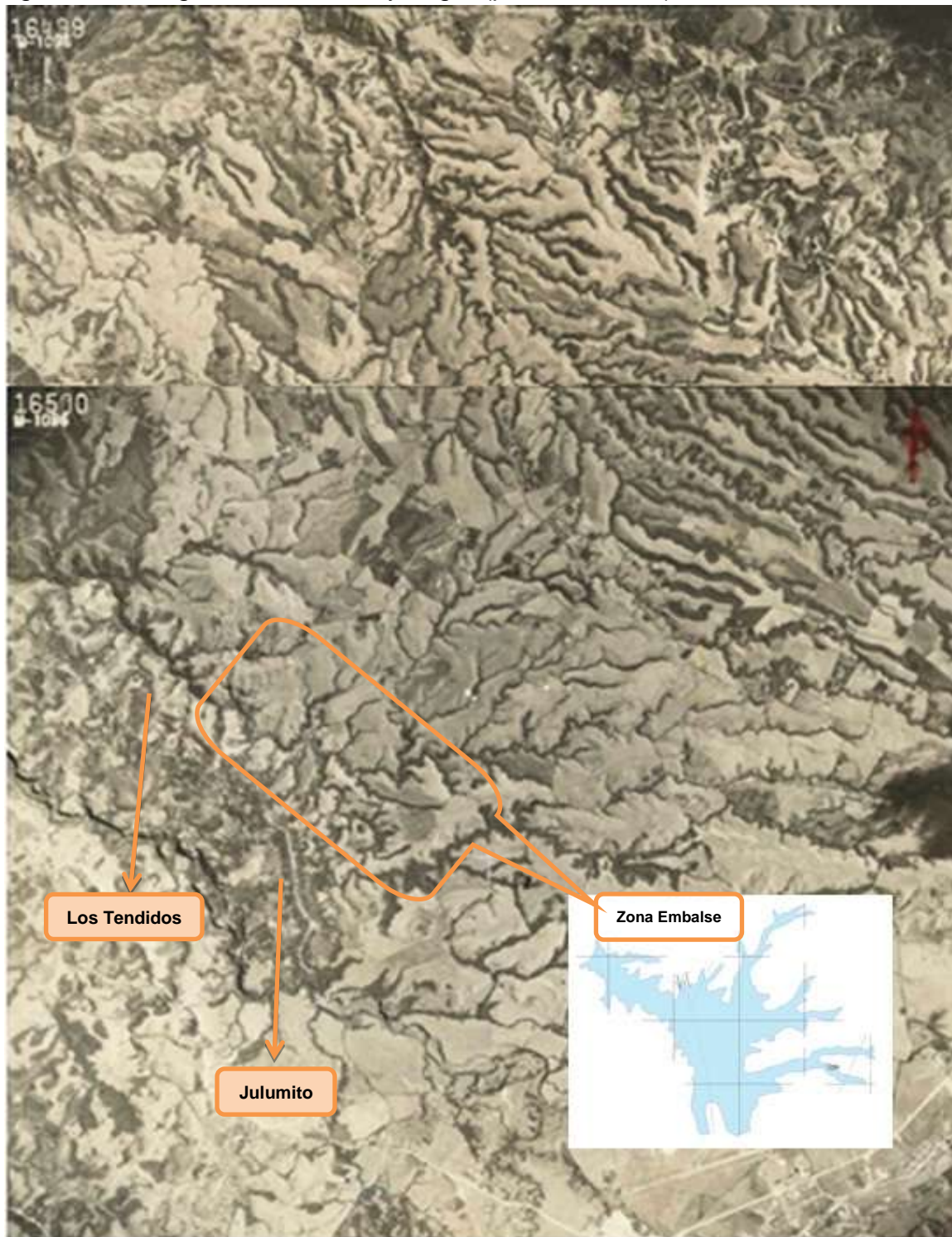
Figura 27. Fotografía digital



En la figura 28 se observan las divisorias de aguas que separan las cuencas pertenecientes a diferentes vertientes; según los índices para determinar la forma de la cuenca (factor de forma) revela un tipo alargado de la red de drenaje para la subcuenca de la quebrada Saté, donde se expresa la razón entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud axial de la corriente principal, de la cual se determina que el valor es menor a 1.0 por tal motivo se denomina alargada, este tipo de cuencas tienen menor probabilidad en la ocurrencia de crecientes comparada con una subcuenca del mismo tamaño de forma redondeada.



Figura 28. Fotografías en blanco y negro (pancromáticas)



Fuente. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. IGAC

Según los patrones de drenaje (dendrítico, trenzado, rectangular, radial, anular y paralelo) la Subcuenca Saté presenta ciertas características, como corrientes cortas e irregulares en todas las direcciones, que cubren áreas amplias y llegan a la quebrada principal formando cualquier ángulo; se desarrolla en un subsuelo relativamente impermeable y poco resistente con respecto a la erosión, con poca presencia de cobertura vegetal, poco caudal, por lo tanto se clasifica como una red de drenaje dendrítico.

Se puede deducir mediante la escala de colores, que el tono gris mediano de la figura 29 evidencia la presencia de yeso, rocas calcáreas y dolomíticas, areniscas claras, arcillitas, lutitas, limolitas, margas, intrusivas y efusivas leucocráticas y básicas y los tonos gris oscuro a negro indican la presencia de sombra de lagos como el de la hacienda Santillana y cursos de agua, césped, carbón, areniscas y lutitas rojas, grauvacas oscuras, areniscas con contenido orgánico, rocas intrusivas, efusivas, básicas y ultrabásicas presente para este tipo de fotografías, diferentes profundidades en la topografía; existencia de árboles en mayor cantidad produciendo menor refracción por presencia de humedad, los estratos de poca inclinación son reconocibles por la aparición de bandas de tonalidad variable que siguen los niveles topográficos.

A lo largo de los valles, se observa con frecuencia bandas paralelas de vegetación más o menos densa o de tipo diferente, que indican una alternancia de capas de composición variable, la tonalidad no es siempre uniforme, sino que presenta un aspecto moteado por la existencia de vegetación.

La zona de la subcuenca Saté, hacia la vereda Julumito, se divide en colores más oscuros y su distancia horizontal es más corta, indicando que las pendientes en este lado son más fuertes que las del lado nororiente hacia el corregimiento de San Bernardino, además se evidencia en varias tonalidades reflejadas, algunas zonas con tonos más claros, que muestran mayor grado de erosión.

En la figura 29 es evidente la forma del paisaje conformado por colinas y la apariencia del relieve, que va de ligero a moderado y fuerte.

## 4.8. IMPACTOS A LA GEOMORFOLOGÍA Y AL PAISAJE

### 4.8.1 Determinación de los posibles impactos a la geomorfología y paisaje.

La identificación de los impactos geomorfológicos y paisajísticos del proyecto, se realizó mediante la clasificación cualitativa que solamente permite establecer la presencia o ausencia de los aspectos evaluados en las actividades que cada una de las obras del proyecto implica, como la localización y el tiempo.

La identificación y calificación de los impactos, se realizó para determinar la diferencia entre el impacto con proyecto y el estado actual del componente afectado.

Los elementos para la identificación de impactos son: la fase del proyecto en que se producen, las acciones específicas que lo ocasionan y los factores ambientales que pueden ser afectados y que infieren en las obras preliminares de construcción y operación del proyecto.

Para la identificación de los impactos ocasionados por la realización de un proyecto de generación hidroeléctrica, es necesario inicialmente identificar actividades que tienen lugar en la ejecución de la obra.

Cuadro 10. Fase 1 desagregación del proyecto en sus actividades.

Acciones susceptibles de producir impacto ambiental ↓	Componente físico →	Morfología y paisaje	Procesos Geofísicos			
	Dimensión Sujeto →	Modificaciones del paisaje	Morfología	Erosión	Sedimentación	Inestabilidad
Compra de predios y mejoras						
Contratación de personal						
Remoción de vegetación y suelo						
Transporte de equipos y maquinaria						
Construcción y operación campamentos para construcción						
Mantenimiento de equipos y maquinaria						
Suministro de energía eléctrica						
Captación y suministro de agua potable						

Cuadro 10. (Continuación)

Acciones susceptibles de producir impacto ambiental ↓	Componente físico →	Morfología y paisaje	Procesos Geofísicos			
	Dimensión Sujeto →	Modificaciones del paisaje	Morfología	Erosión	Sedimentación	Inestabilidad
Instalación y operación de plantas de trituración y concreto						
Transporte de materiales para construcción						
Disposición de excedentes de excavación						
Explotación de fuentes de materiales						
Excavaciones del rebosadero y la presa						
Construcción de la ataguía, la presa y rebosadero						
Excavación túnel de desviación conducción						
Construcción de la casa de máquinas						
Demolición de infraestructura existente						
Desviación de caudales						
Retención de caudal para el llenado del embalse						
Operación de la central						
Descarga de aguas turbinadas						

Fuente. Elaboración trabajo

Para efectuar la evaluación ambiental se empleó la Matriz de Leopold modificada, la cual consiste específicamente en una lista de chequeo que incorpora información cualitativa sobre las actividades o acciones del proyecto que producen impacto y los factores ambientales que pueden resultar alterados, adicionalmente se incorpora un tercer factor que es la duración probable.

Una de las características importantes que posee la Matriz de Leopold (cuadro 11) es que permite modificarla para adecuarla a las necesidades, en este caso el proyecto hidroeléctrico Julumito, a pesar de las limitaciones, se considera bastante completa en los aspectos psicobiológicos y socioeconómicos.

Cuadro 11. Matriz de Leopold modificada

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>M</td></tr> <tr><td>I</td><td>P</td></tr> </table> </div> <div> <p><b>M</b> = Magnitud del impacto de 1 a 10  <b>I</b> = Importancia del impacto: Local, Mpal, Regional, Deptal y Nal.  <b>P</b> = Duración del efecto: (C, M, L)                      C: Corto, hasta dos años                      M: Mediano, 2 a 5 años                      L: Largo, 10 en adelante</p> </div> </div>			M	I	P	Elementos, factores y procesos susceptibles de ser afectados por la actividad									
			M												
		I	P												
Suelo			Vegetación	Paisaje		Población	Procesos geofísicos								
Cambio en el uso de suelo	Perdida de suelo	Estabilidad de laderas	Vegetación cobertura vegetal	estructura y forma del paisaje	Modificaciones	Casa de maquinas	Inundación	Sismicidad	Erodabilidad						
<b>ACCIONES</b>	Remoción de vegetación y suelo	9 L / -8	8 L / -9	8 L / -7	7 L / -9	7 L / -8	6 L / -7	6 L / 5	8 L / -9	8 L / -9					
	Transporte de equipos y maquinaria	4 M / -2	5 M / -4	3 M / -2	3 M / -1	2 M / -3	3 L / -2			4 M / -5					
	Construcción y operación	5 L / -4	4 L / -4	4 L / -3	5 L / -4	8 L / -7	6 M / -5	7 L / 8	4 M / -3	3 M / -3					
	Mantenimiento de equipos y maquinaria					2 L / -3		4 L / 5							
	Suministro de energía eléctrica	3 L / -4					5 L / -4	5 L / 7							
	Captación y suministro de agua potable	5 L / -6	4 L / -4	5 L / -5	5 L / -4	6 L / -6	4 L / -5	6 L / 8	7 L / 9	3 L / -4					
	Instalación y operación de plantas de trituración y concreto	5 M / -4			4 M / -4										
	Transporte de materiales para construcción	5 M / -6	4 M / -5	4 M / -5	5 M / -4	4 M / -5				5 M / -6					
	Disposición de excedentes de excavación						4 L / -5			5 L / -4					
	Explotación de fuentes de materiales	5 L / -5	8 L / -9	7 L / -9	6 L / -8	8 L / -9	8 L / -9		3 M / -4	7 L / -9					
Excavaciones del rebosadero y la presa	5 L / -4	7 L / -9	7 L / -8	7 L / -8	6 L / -7	7 L / -6			6 L / -7						

Cuadro 11. Continuación

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <table border="1" style="border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr><td></td><td>M</td></tr> <tr><td>I</td><td>P</td></tr> </table> </div> <div> <p><b>M</b> = Magnitud del impacto de 1 a 10  <b>I</b> = Importancia del impacto: Local, Mpal, Regional, Deptal y Nal.  <b>P</b> = Duración del efecto: (C, M, L)                      C: Corto, hasta dos años                      M: Mediano, 2 a 5 años                      L: Largo, 10 en adelante</p> </div> </div>			M	I	P	Elementos, factores y procesos susceptibles de ser afectados por la actividad									
			M												
		I	P												
Suelo			Vegetación	Paisaje		Población	Procesos geofísicos								
Cambio en el uso de suelo	Perdida de suelo	Estabilidad de laderas	cobertura vegetal	estructura y forma del paisaje	Modificaciones	Casa de maquinas	Inundación	Sismicidad	Erodabilidad						
Construcción de la ataguía, la presa y rebosadero	-5 4 L	-4 3 L	-4 4 L	-5 3 L	-6 5 L				-6 5 L						
Excavación túnel de desviación conducción	-5 4 L	-6 5 L	-4 5 L	-7 6 L	-5 4 L	-7 5 L			-8 7 L						
Construcción de la casa de máquinas	-5 5 L	-5 4 L	-4 4 L	-5 6 L	-6 5 L	-6 6 L	10 7 L		-5 4 L						
Demolición de infraestructura existente	-5 3 L	-5 6 L	-4 5 L	-2 3 C	-2 2 L	-5 6 L			-4 5 M						
Desviación de caudales	-7 5 L	-7 6 L	-6 6 L	-5 6 L	-8 7 L	-8 8 L		-8 7 L	-7 5 L						
Retención de caudal para el llenado del embalse	-8 6 L			-7 6 L	-5 6 L	-7 5 L		-7 6 L							
Operación de la central	-4 5 L					-4 5 L	10 8 L								
Descarga de aguas turbinadas					-5 4 L	-6 5 L	9 7 L								
campamentos para construcción	-4 4 M		-3 3 M	-2 3 M	-2 2 M										

Fuente. Elaboración de trabajo

El impacto global producido por cada acción sobre cada uno de los elementos, factores y procesos susceptibles de ser afectados por la actividad, resulta de la suma algebraica de multiplicar la magnitud con su signo, por la importancia del impacto de acuerdo a las filas. Los valores negativos más altos producen acciones más impactantes y los valores negativos bajos las acciones menos fuertes para la etapa de construcción y operación del proyecto, relacionadas en el cuadro 12.

Cuadro 12. Resumen Matriz de Leopold modificada (Por filas).

RESUMEN						
ACCIONES	Impacto (-)	Impacto (+)	Nº total de impactos	Impacto global	Mayor valor (+)	Mayor valor (-)
Remoción de vegetación y suelo	8	1	9	-475	5 6 L	-9 8 L
Transporte de equipos y maquinaria	7	0	7	-69		-5 4 M
Construcción y operación	8	1	9	-119	8 7 L	-7 8 L
Mantenimiento de equipos y maquinaria	1	1	2	14	5 4 L	-3 2 L
Suministro de energía eléctrica	2	1	3	3	7 5 L	-4 5 L
Captación y suministro de agua potable	7	2	9	-48	9 7 L	-6 6 L
Instalación y operación de plantas de trituración y concreto	2	0	2	-36		-4 5 M
Transporte de materiales para construcción	6	0	6	-140		-6 5 M
Disposición de excedentes de excavación	2	0	2	-40		-5 4 L
Explotación de fuentes de materiales	8	0	8	-427		-9 8 L
Excavaciones del rebosadero y la presa	7	0	7	-321		-9 7 L
Construcción de la ataguía, la presa y rebosadero	6	0	6	-123		-6 5 L
Excavación túnel de desviación conducción	7	0	7	-223		-8 7 L
Construcción de la casa de máquinas	7	1	8	-107	10 7 L	-6 6 L
Demolición de infraestructura existente	7	0	7	-125		-5 6 L
Desviación de caudales	8	0	8	-354		-8 8 L

Cuadro 12. (Continuación)

RESUMEN						
ACCIONES	Impactos (-)	Impactos (+)	Nº total de impactos	Impacto global	Mayor valor (+)	Mayor valor (-)
Retención de caudal para el llenado del embalse	5	0	5	-197		-8 6 L
Operación de la central	2	1	3	40	10 8 L	-4 5 L
Descarga de aguas turbinadas	2	1	3	-41	9 7 L	-6 5 L
campamentos para construcción	4	0	4	-35		-4 4 M

Fuente. Elaboración de trabajo

El impacto global de los elementos, factores y procesos susceptibles de ser afectados por la actividad que sufren en mayor o menor medida las consecuencias del proyecto producidas por las diferentes acciones, presentadas en el cuadro 13, se obtienen de la suma algebraica de multiplicar la magnitud con su signo, por la importancia del impacto de acuerdo a las columnas.

Cuadro 13. Resumen Matriz de Leopold modificada (Por columnas)

RESUMEN										
Impactos (-)	15	13	12	15	16	17	0	3	2	13
Impactos (+)	0	0	0	0	0	0	8	1	0	0
Nº Total impactos	15	13	12	15	16	17	8	4	2	13
Impacto global	-400	-437	-342	-421	-475	-536	402	-107	-24	-429
Mayor valor (+)							10 8 L	9 7 L		
Mayor valor (-)	-8 9 L	-9 8 L	-9 7 L	-9 7 L	-9 8 L	-9 8 L	-9	-9 8 L	-4 3 M	-9 8 L

Fuente. Elaboración de trabajo



La interpretación de los datos de la matriz, se efectuó por el método estadístico de filas (cuadro 14) y columnas (cuadro 15), presentado mediante un resumen de las acciones y recursos alterados por el proyecto.

Cuadro 14. Resumen de los elementos, factores y procesos susceptibles de ser afectados por la actividad

ELEMENTOS, FACTORES Y PROCESOS	IMPACTO NEGATIVO	IMPACTO POSITIVO
Suelo	-1179	
Vegetación	-421	
Paisaje	-1011	
Población		402
Procesos geofísicos	-560	

Fuente. Elaboración de trabajo

Cuadro 15. Resumen de las acciones que producen impactos

ACCIÓN	IMPACTO (-)	IMPACTO (+)
Remoción de vegetación y suelo	-475	
Transporte de equipos y maquinaria	-69	
Construcción y operación	-119	
Mantenimiento de equipos y maquinaria		14
Suministro de energía eléctrica	-3	
Captación y suministro de agua potable	-48	
Instalación y operación de plantas de trituración y concreto	-36	
Transporte de materiales para construcción	-140	
Disposición de excedentes de excavación	-40	
Explotación de fuentes de materiales	-427	
Excavaciones del rebosadero y la presa	-321	
Construcción de la ataguía, la presa y rebosadero	-123	
Excavación túnel de desviación conducción	-223	
Construcción de la casa de máquinas	-107	
Demolición de infraestructura existente	-125	
Desviación de caudales	-354	
Retención de caudal para el llenado del embalse	-197	
Operación de la central		40
Descarga de aguas turbinadas	-41	
Campamentos para construcción	-35	

Fuente. Elaboración de trabajo

La descripción de cada uno de los elementos o recursos afectados en la geomorfología y paisaje se realizó en orden de jerarquía seguida del plan de manejo.

**4.8.2 Descripción de los factores afectados.** A continuación se describe detalladamente los factores y procesos susceptibles de ser afectados por las actividades que generan la ejecución del proyecto.

#### **Factor suelo**

Los efectos de las actividades de construcción y operación del proyecto sobre este recurso, causan la mayor afectación negativa (-1179), estos efectos se relacionan principalmente con pérdida de suelo, cambios en el uso del suelo y estabilidad de laderas.

#### **Factor vegetación**

La remoción de la cobertura vegetal implica el impacto negativo más alto dentro de las acciones evaluadas en la Matriz de Leopold (-475).

#### **Factor paisaje**

El impacto negativo (-1011) a este factor es de gran importancia porque cubre una gran área que será afectada durante las etapas del proyecto, con pérdida de naturalidad y paisajismo debido a las obras de construcción y operación del proyecto.

#### **Factor población**

La población tiene los impactos positivos (402) más significativos en las etapas del proyecto, afectando a los grupos asentados tanto en el área directa como indirecta, siendo la población la más beneficiada en la construcción y operación, específicamente de la casa de máquinas.

#### **Factor procesos geofísicos**

Los efectos en los procesos geofísicos están representados principalmente por la inundación, sismicidad y erodabilidad, en los cuales se encuentran impactos negativos (-560) importantes que causan efectos secundarios a la población, construcción y operación del proyecto.

#### **4.8.3 Impactos positivos potenciales del proyecto con respecto a la geomorfología y paisaje.** Entre ellos se encuentra:

- Paisaje, por la construcción del espejo de agua.
- Edificación de la casa de maquinas, la cual es un elemento potencial para visitas técnicas de colegios y universidades.
- La construcción de la represa de uso múltiple.
- La apertura de carreteras.

Impacto identificado (acción): turismo.

Efecto: el espejo de agua es un lugar de esparcimiento para visitantes y habitantes locales.

Clase impacto: (+)

Impacto identificado (acción): La casa de maquinas es un potencial para visitas técnicas de colegios y universidades.

Efecto: Oportunidad de conocer el funcionamiento de la mecánica, la hidráulica y otros temas a fines.

Clase impacto: (+)

Impacto identificado (acción): La construcción de una represa de uso múltiple, entre ellos el riego.

Efecto: Permite reducir la presión que existe sobre los bosques naturales debido a que los habitantes pueden cultivar sus terrenos y obtener su sustento de la pesca o la agricultura sin necesidad de cazar los pocos animales que aún se hallan en algunas zonas cercanas al proyecto, ni continuar con la tala de las reservas, para cocinar los alimentos con la energía producida.

Clase impacto: (+)

Impacto identificado (acción): Apertura de carreteras.

Efecto: Contribuyen a la accesibilidad para fines turísticos, científicos y de educación ambiental al área del futuro embalse y a visitas a los sitios de interés paisajístico.

Clase impacto: (+).

#### 4.8.4 Impactos negativos potenciales del proyecto con respecto a la geomorfología y paisaje.

- Remoción de la cobertura vegetal
- Incremento de los procesos erosivos
- Aumento en inestabilidad de las laderas.
- Pérdida de la visibilidad de las colinas y depresiones de la zona de influencia
- Cambio de paisaje natural por paisaje antrópico.
- Cambio en los usos del suelo
- Remoción de suelo
- Cambio en la estructura del paisaje.

Impacto identificado (acción): Remoción de la cobertura vegetal.

Efecto: Se destruirán áreas de bosque natural y en recuperación en las laderas de las quebradas y zonas de reserva, para construcción y adecuación de vías y otras obras de infraestructura y posible empobrecimiento de los suelos por erosión eólica, hídrica, entre otras. Al quedar el suelo desprovisto de material protector.

Clase impacto: (-), por romper el equilibrio de la zona generando desplazamiento de especies animales que habitan esas áreas.

Impacto identificado (acción): Posible incremento de los procesos erosivos, al retirar en algunas zonas la capa vegetal.

Efecto: las zonas cercanas al proyecto, perderán su uso natural.

Clase impacto: (-)

Impacto identificado (acción): Aumento en la inestabilidad de las laderas y desestabilización de las terrazas de los ríos.

Efecto: Aumento en la presencia de deslizamientos o derrumbes, en las vías de acceso, al atravesar las zonas de colinas, debido que al remover masas de tierra en la parte baja, las de zona alta se aflojan, perdiendo el soporte. Las excavaciones para la construcción de carreteras y canales y los cortes que se tendrán que realizar ocasionan la formación de fuertes pendientes a los terrenos provocando inestabilidad de la ladera.

Clase impacto: (-) Impacto identificado (acción): ausencia de visibilidad de las colinas y depresiones de la zona de influencia

Efecto: pérdida de visibilidad de la forma de las colinas y la geomorfología en general.

Clase impacto: (-)

Impacto identificado (acción): Cambio de la estructura y forma natural del paisaje  
Efecto: creación de paisaje antrópico por las construcciones propias del proyecto.  
Clase impacto: (-)

Impacto identificado (acción): pérdida del subsuelo.  
Efecto: destrucción directa del cuaternario aluvional superior, de las terrazas bajas (tb) y de las terrazas altas (ta), en algunas lugares por la instalación de tuberías y demás edificaciones.  
Clase impacto: (-)

Impacto identificado (acción): Remoción de suelo, por nivelación del terreno  
Efecto: modificaciones en las características de las geoformas existentes en tierra firme y en los meandros de las quebradas.  
Clase impacto: (-)

#### **4.9. PLAN DE MANEJO AMBIENTAL**

En la elaboración de la propuesta del plan de manejo ambiental se estableció de forma secuencial las medidas correctivas para los efectos ambientales identificados, además se tuvo en consideración el tipo de proyecto, que generará ciertos impactos sobre los recursos identificados en la evaluación, teniendo presente que al establecer las medidas preventivas o correctivas para reducirlos o eliminarlos, se parte de la condición que es mejor no producirlos, que establecer medidas correctivas.

El proyecto hidroeléctrico Julumito generará algunas acciones que ocasionan una serie de impactos sobre cada uno de los recursos evaluados en la conducción e inundación del embalse.

**4.9.1. Captación agua río Cauca y canales de derivación.** Localización de la zona de captación: Puente Viejo, conjunto al colegio Gabriela Mistral, zona Norte de Popayán. Coordenadas 76°34'37".2 W, 2°28'13".0 N

Localización de los canales de derivación: Con una longitud de 2400 metros de canal abierto y 220 metros de túnel. Desde la desviación del río Cauca hasta la quebrada El Aljibe, contigua a la Variante Sur. Coordenadas W 76°37'38".2 N 2°28'04".5

**Componente afectado suelo:** Teniendo en cuenta que los impactos sobre el suelo afectan la conformación de este, los principales impactos a mitigar son:

- Cambio de uso del suelo.
- Pérdida de suelo
- Estabilidad de laderas

Causa o actividad del proyecto que lo origina: El componente suelo se afecta principalmente por excavaciones para desvío temporal del río Cauca y movimiento de tierra, excavaciones para las obras en una franja aguada, rellenos con material de otros lugares, compactación de suelos para obras y pisoteo.

Efecto del impacto: Los principales efectos que se presentan son la pérdida de suelo dedicado a la agricultura, producción pecuaria, zonas de depósito, campamentos y talleres, problemas de erosión, deslizamiento o derrumbes, pérdida permanente de suelo en zona de inundación y áreas de construcciones.

Medidas de manejo, obras y acciones a desarrollar: Con el fin de mitigar los impactos generados al componente suelo se establecen algunas gestiones como el cierre del área alrededor de las obras en ejecución, reforestación del área exterior a las obras una vez culminadas, manejo adecuado del suelo removido, por ejemplo el uso de cobertura en un relleno sanitario y el empleo de material de excavación en sitios de relleno, canal de conducción, vías peatonales y nivelación, entre otros.

Las medidas de manejo de este programa están enfocadas hacia la protección del suelo, la pérdida de suelos productivos o alteración de los usos del mismo, presentados en los programas del componente social.

El embalsamiento de los ríos Saté y Cauca provocaran la pérdida de 440 ha de vegetación y suelo, siendo sustituidas por un nuevo ecosistema acuático. Este impacto sólo es posible manejarlo a través de la compensación, dado que el proyecto obligatoriamente implica la pérdida del recurso en esta extensión.

Monitoreo y seguimiento: Las actividades señaladas se deben desarrollar juntamente al avance de las obras.

Presupuesto: Costo unitario y costo aproximado, depende del área a intervenir en las diferentes etapas del proyecto.

Responsable: Interventoría de la obra, auditoría ambiental contratista.

**Componente afectado vegetación:** Debido a la necesidad de eliminar parte de la vegetación existente, la construcción del proyecto hidroeléctrico Julumito ocasionará un notable impacto sobre la cobertura vegetal de la zona. De estas actividades se derivarán impactos como la desaparición de hábitats, la afectación de la diversidad biológica y la alteración de los suelos.

Causa o actividad del proyecto que lo origina: Hay acciones que ocasionan la remoción de la cobertura vegetal, principalmente en la adecuación del vaso del embalse y las áreas requeridas para la construcción de las obras como campamentos, instalación y operación de plantas de trituración y concreto, disposición de excedentes de excavación, excavación del túnel de desviación y conducción.

Efecto del impacto: Algunos de los efectos más evidentes son:

- La reducción de la cobertura vegetal y de los bosques riparios ocasionada por la construcción de las obras civiles del proyecto, principalmente en la conformación del embalse
- Procesos erosivos que se pueden presentar debido a la elevación del nivel freático en la zona aledaña al embalse
- Alteración de las comunidades macrobióticas
- Alteración o modificación del paisaje
- Transformación de los corredores ambientales y la fragmentación de hábitats, que limitan el desplazamiento de fauna terrestre y el avance de la sucesión natural.

Medidas de manejo, obras y acciones a desarrollar: Para lograr los objetivos propuestos, las actividades se enfocarán en el manejo de los impactos desde el momento en el cual éstos se originen, con el fin de llevar a cabo procesos de prevención, mitigación y restauración, dichas medidas de manejo son:

- Priorización de zonas críticas
- Cercado y amojonamiento
- Disposición de desechos vegetales
- Control de despeje y emproadización en sitios de postes
- Restauración de trochas

Monitoreo y seguimiento: Las actividades señaladas se deben desarrollar simultáneamente con el avance de las obras y desde el momento en que los impactos a la vegetación se empiecen a presentar.

Presupuesto: El costo unitario de la siembra de grama para la empradización es de \$ 7.000 el m<sup>2</sup>, otra opción es la utilización de maní forrajero que tiene un costo de \$15.000 el kilo.

Responsable: Empresa propietaria del proyecto y contratista de obra y contratista en acciones como la empradización.

**Componente afectado paisaje:** Los impactos al proyecto a escala local, modificarán el paisaje en la zona, por la conformación del embalse y la construcción de las obras, agregando nuevos elementos a la percepción visual. Igualmente la conformación de zonas boscosas alrededor del embalse y en otras áreas del proyecto cambiará también el panorama y de paso dará lugar para que los componentes naturales interactúen, estableciendo nuevas relaciones en el grupo de características que reúnen los patrones visuales del paisaje, compuestos ante todo por aspectos fisionómicos o estructurales externos.

Causa o actividad del proyecto que lo origina: La ubicación de los canales en la zona, alteración de la vegetación, la construcción de vías de acceso y la construcción de las obras son las principales causas que provocan el impacto al paisaje.

Efecto del impacto: Modificación de las geoformas del relieve y la entrada de elementos extraños al paisaje como las construcciones y escombros.

Localización y área de ejecución: La captación y canal de conducción.

Medidas de manejo, obras y acciones a desarrollar: dentro de ellas encontramos, manejo adecuado de movimiento de tierra, vegetación y mejoramiento del paisaje en el sitio de captación mediante la plantación de árboles, dándole al paisaje un aspecto natural.

Monitoreo y seguimiento: Realizar informes periódicos sobre el manejo y mantenimiento de las zonas de ubicación de la captación y conducción de los canales.



Presupuesto: El costo de la siembra de árboles depende de la especie que se utilice, generalmente son especies autóctonas y por economía se emplea la especie *Alnus glutinosa*, (Aliso), con un valor unitario de \$900.

Responsable: Empresa propietaria del proyecto y contratista de obra

**4.9.2. Inundación del embalse.** los principales componentes posiblemente afectados son:

**Componente suelo:** En esta zona los impactos más importantes a mitigar son, la erodabilidad por las construcciones y retiro de las capas más bajas en una pendiente, compactación, cambio en el uso de suelo, estabilidad de laderas, pérdida de suelo agrícola, contaminación de las corrientes de agua con el material de excavaciones, sismicidad debida a la presión que ejerce el agua en los taludes y las construcciones hechas para el represamiento del agua.

Causas o actividad del proyecto que lo origina: Las más representativas son la ocupación del espacio, los rellenos con material de préstamo, tránsito de vehículos de carga, descapote, excavaciones, construcción de la planta física como casa de maquinas y diques, disposición de suelo producto de excavaciones, sobrantes y escombros.

Efecto del impacto: El arrastre del material de excavaciones por escorrentía de las lluvias, aguas arriba provoca la sedimentación del cauce de la quebrada Saté, el aumento de la inestabilidad de los suelos aledaños, perdida de los horizontes superficiales del suelo que al estar en contacto con la atmosfera son los más fértiles y de mayor riqueza biológica, alteración del paisaje y el hundimiento del suelo son algunos de los efectos de la zona de llenado del embalse.

Localización y área de ejecución: Ubicado en la convección de los corregimientos Julumito, San Bernardino y Santa Rosa del municipio de Popayán sobre la cota 1.600 a 1700 msnm, el vertedero, casa de maquinas y los tuneles.

Medidas de manejo, obras y acciones a desarrollar: El manejo adecuado del suelo removido, el correcto apilamiento del suelo fértil del descapote de las áreas de construcción, reutilización del suelo fértil para siembra de árboles, sembrar pasto y cubrirlo con tela de fique bien rala y estacada a los lados para fijarla al suelo descubierto en los taludes de los sitios de los canales de conducción, manejo de la

vegetación sobre la línea de conducción, las excavaciones sobre la línea de conducción deben tener inclinación que evite su derrumbamiento.

Monitoreo y seguimiento: Se realizarán a medida que avance la construcción del canal, determinando la eficiencia de las medidas de prevención y control de procesos erosivos o inestabilidad durante la construcción y operación del proyecto.

Presupuesto: costo de siembra de pasto, generalmente se utiliza grama, la cual tiene un costo unitario de \$7.000 por m<sup>2</sup>, el costo de la siembra de una hectárea es de \$70.000.000.

Responsable: Empresa propietaria del proyecto y contratista, utilizando mano de obra local para la siembra de pasto y recuperación de suelos.

**Componente paisaje:** Los impactos a mitigar son la intromisión de obras a la vista paisajística, por la disposición del material de excavaciones, denudación de superficies, excavaciones para la tubería y disposición del material sobrante, excavaciones de los túneles, empleo de equipos de excavación y explosivos.

Causas o actividad del proyecto que lo origina: Todas las obras de infraestructura como casa de máquinas, vertederos, vías de acceso, excavaciones, lugares de aprovechamiento de material.

Efecto del impacto: Generación de paisaje antrópico

Localización y área de ejecución: área de influencia directa del embalse, como casa de máquinas, túneles, diques y los sitios de disposición del material suelto de las excavaciones.

Medidas de manejo, obras y acciones a desarrollar: adecuada disposición del material de las excavaciones conforme al plan de manejo correspondiente y siembra de árboles.

Monitoreo y seguimiento: En el monitoreo planteado se considerará especialmente la cobertura como el indicador primario que permitirá detectar cambios sustanciales en el paisaje, tanto desde el punto de vista espacial como temporal, e identificar unidades paisajísticas que permitan plantear un ordenamiento basado en modelos de distribución de coberturas vegetales, que garanticen la estabilidad

de los procesos ecológicos que sucederán con la introducción de un elemento artificial en dicha región.

Presupuesto: Para la resiembra de árboles en zonas de disposición de materiales se recomienda el uso de Aliso (presupuesto detallado en el cuadro 16), dado que este árbol está adaptado a las características del medio de desarrollo del proyecto hidroeléctrico Julumito; en zonas aledañas a la casa de máquinas, el embalse y diques se recomienda el uso de *Podopuscarpus oleifolius* (Pino Colombiano), el cual tiene un costo unitario de \$ 12000.

Cuadro 16. Presupuesto de reforestación para 1 hectárea

Nº	Materiales e insumos	Unidad	Cantidad	Valor unitario (\$)	Costo total (\$)
1	Mano de obra aislamiento	Jornal	12	18.890	226.680
2	Trazado	Jornal	2	18.890	37.780
3	Plateo	Jornal	8	18.890	151.120
4	Siembra y fertilización	Jornal	8	18.890	151.120
5	Plántulas maderables (Aliso)*	Plántula	1.222	900	1.099.800
6	Abono 10 – 30 – 10	Kilo	77	1.700	130.900
7	Borax	Kilo	11	3.700	40.700
	<b>TOTAL</b>				<b>1.838.100</b>

Fuente. Elaboración de trabajo

\*El número de plántulas utilizadas para la reforestación de una hectárea se obtuvo a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Nº de plántulas} = \frac{\text{Área m}^2}{\text{Distancia}^2}$$

$$\text{Área} = 10.000 \text{ m}^2$$

$$\text{Distancia de siembra} = 3\text{m} * 3\text{m}$$

$$\text{Nº de plántulas} = \frac{10.000}{\text{Distancia}^2} = 1.111 \text{ árboles}$$

Considerando un 10% en pérdidas de plantas se tiene que el total de árboles para reforestar una hectárea es 1.222.

Responsable: Empresa propietaria del proyecto y contratista de obra encargado de la planificación y resiembra de los árboles, utilizando la mano de obra de personal de la zona.

**Componente afectado población:** El plan de manejo del componente social integra los programas, los proyectos y las acciones que generan el principal impacto positivo que es la construcción de la casa de maquinas, la cual representa para la población y la empresa encargada del manejo, recursos, por visitas a este sitio.

Causa o actividad del proyecto que lo origina: Las obras de infraestructura como casa de máquinas y los vertederos.

Efecto del impacto: Principalmente se afectará la economía de la zona ocasionada por el turismo y las visitas técnicas a la casa de maquinas y los vertederos.

Localización y área de ejecución: Zona de ubicación del embalse, vertederos, diques y casa de maquinas.

Medidas de manejo, obras y acciones a desarrollar: Generación de empleo y activación de la economía regional.

Monitoreo y seguimiento: Los aspectos relacionados con la parte laboral deben estar dentro de los parámetros establecidos en la ley.

Responsable: Empresa Responsable de proyecto y contratistas de las obras

## 5. CONCLUSIONES

- Se determinó como área de influencia directa a la zona conformada por la subcuenca tributaria de la quebrada Saté ubicada entre los corregimientos de Santa Rosa, San Bernardino y Julumito y otros lugares de ubicación de las obras civiles; dentro del área de influencia indirecta se ubicó a los corregimientos de San Rafael, Cajete, La Rejoja, El Charco, La Meseta y la zona urbana del municipio de Popayán.
- La zona de ubicación del proyecto hidroeléctrico cuenta con dos unidades geomorfológicas, que pertenecen a un mismo tipo de paisaje; Altiplanicie Vulcano - erosional (AT), el primero de cañones o cañadas (cñ), con litología de capas de cenizas volcánicas discontinuas sobre rocas ígneas diferenciadas (AT-cñ<sub>2</sub>) y no diferenciadas (AT-cñ<sub>1</sub>) y el segundo de lomas y colinas (lc), con litología de depósitos de cenizas volcánicas sobre rocas ígneas no diferenciadas (AT-lc<sub>3</sub>).
- Un tipo de cobertura y uso de suelo observado en algunas zonas del corregimiento de Santa Rosa que no aparece en el Plan de Ordenamiento Territorial, es la de Bosque con fin comercial, como las plantaciones de eucalipto de la empresa Smurfi Cartón de Colombia.
- Los usos dados a cada tipo de cobertura se establecieron conforme a los utilizados por el IGAC, como son uso agroforestal, pecuario, agrícola, silvopastoril y vivienda, entre otros.
- Existen áreas donde el suelo se encuentra con escasa cobertura vegetal aumentando la susceptibilidad a los factores climáticos.
- La Matriz de Leopold modificada y adaptada al proyecto hidroeléctrico Julumito, ha permitido identificar y prevenir los efectos sobre el ambiente, mediante la evaluación cualitativa al nivel requerido para una E.I.A. y servirá de base para elaborar el plan de manejo en las etapas de construcción y operación.
- La problemática ambiental que afronta el área de influencia del proyecto está determinada por múltiples factores entre ellos tenemos: escases del

bosque protector en las riveras de las quebradas, en algunos sectores se practican quemas para labores agropecuarias, hay sobre uso del suelo, falta conciencia ambiental y hay contaminación hídrica.

- El tamaño del proyecto generaría cambios en el uso del suelo y del agua afectando directamente el componente social.

## 6. RECOMENDACIONES

- Dada la ubicación de este proyecto, sobre las márgenes de las fuentes de agua, es necesario fomentar el establecimiento de sistemas forestales protector y protector – productor, aprovechando la capacidad para uso forestal de la tierra.
- Se requieren estudios más exhaustivos como los de suelos, agua e inventario ambiental, entre otros, que permita plantear una propuesta del plan de manejo ambiental de la geomorfología y paisaje, que facilite su objetividad, debido a que el proyecto se encuentra en la etapa de recolección de la línea base.
- Por el tipo de proyecto y sus potenciales efectos es imprescindible asignar un equipo interdisciplinar que realice su gerencia.
- Es necesario hacer convenios interinstitucionales que permitan acceder libremente a documentos y archivos públicos que manejan entidades como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi debido a que una parte del proyecto incluía la revisión de fotografías aéreas y cartografía regional.

## BIBLIOGRAFÍA

AGUIRRE MONTOYA, Fernán Mauricio. Componente Geológico y Zonificación de Amenazas por Inundación y Deslizamientos. Popayán. 57 p en [www.crc.gov.co](http://www.crc.gov.co)

BELTRÁN, Luis. Manual Ambiental para carreteras, Conclusiones Foro presencial, Servicio de consultoría para la elaboración del Manual Ambiental para carreteras, Formato PDF en: <http://www.pcaing.com/foro/docs>

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Dirección de licencias, permisos y trámites ambientales de la república de Colombia 2006 términos de referencia.

COLOMBIA. SECRETARIA DE ESTADO PARA POLÍTICAS DEL AGUA Y MEDIO AMBIENTE. Guías metodológicas para la elaboración de estudios de impacto ambiental

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Decretó 2820.

COLOMBIA. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, dirección de licencias, permisos y trámites ambientales de la república de Colombia 2006 términos de referencia.

COLOMBIA. Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial, dirección de licencias permisos y tramites ambientales de la república de Colombia. Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales. 2010. 72 p

COLOMBIA LEY 99 de 1993 sobre licencias ambientales. Bogotá D.C., El ministerio

COQUE, Royer. Geomorfología. Ed Alianza. Madrid 1984.

CORPORACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA. Plan de Manejo de Humedales de la meseta de Popayán. 251 p



Diccionario Geográfico en formato PDF en:  
[www.telefonica.net/web2/marinoaguilera/estrabon/diccionario](http://www.telefonica.net/web2/marinoaguilera/estrabon/diccionario). España. 2010.

Diccionario de geografía - IES Fray Pedro de Urbina en formato PDF:  
[www.iesfraypedro.com/files/sociales/diccionario-geografia](http://www.iesfraypedro.com/files/sociales/diccionario-geografia). España.

Diccionario geológico en formato PDF en:  
[www.arth-altuna.com/docs/DICCIONARIO%20GEOLOGICO.pdf](http://www.arth-altuna.com/docs/DICCIONARIO%20GEOLOGICO.pdf)

Geomorfología. Elementos de geomorfología. Ediciones oikos-tao. 1ª edición 1974  
Madrid España. 887 p

HOYOS PATIÑO, Fabián. Diccionario Básico, Escuela de Ingeniería Civil, Facultad  
de Minas, Universidad Nacional de Colombia. Medellín. Octubre 2001

IDEAM. Unidades geomorfológicas del territorio Colombiano. Santa Fe de Bogotá.  
Sf.

INGETEC S.A. Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto Hidroeléctrico el  
Quimbo. Octubre, 2008.

INSTITUTO GEOGRAFICO, AGUSTÍN CODAZZI. Estudio general de suelos y  
zonificación de tierras. Popayán Cauca. 2008.

INSTITUTO GEOGRAFICO DE MINAS Y ENERGÍA. Microzonificación  
sistogeotecnica de Popayán. INGEOMINAS. Santa fe de Bogotá. 1992.

LEÓN PELÁEZ, Juan Diego. Evaluación de impacto ambiental de proyectos de  
desarrollo. Universidad nacional de Colombia sede Medellín. Facultad de ciencias  
agropecuarias, departamento de ciencias forestales Medellín 2002. P 126

MORENO TORRES, Luis Eduardo. Manual de geología para ingenieros. Popayán  
sept. 2005, Universidad del Cauca. Facultad de ingeniería civil.

MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL.  
Metodología General para la presentación de Estudios Ambientales.

ORAMAS OLAYA, Germán. Informe para la gobernación del cauca agosto 2008.

PALTA MENDEZ, Rafael. Caracterización de unidades de paisaje de un área comprendida entre los 2600 a los 3800msnm. De la subcuenca río Las Piedras municipio de Popayán. Trabajo de grado Geógrafo. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Departamento de geografía 2006. 93 p.

PARIS, G., Marin, W. Generalidades acerca de la geología del departamento del Cauca. INGEOMINAS. Popayán. 39p. 1979.

PINTOS RODRIGUEZ, Oscar. Evaluación de Impacto Ambiental y Ordenación del Territorio. 2009. P 10

POPAYAN. ALCALDIA MUNICIPAL. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL. ROSE GARSES, Luis Miguel. Caracterización de unidades de paisaje del parque nacional Puracé Trabajo de grado geógrafo. Popayán. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Humanas y Sociales. Departamento de Geografía, 2005.

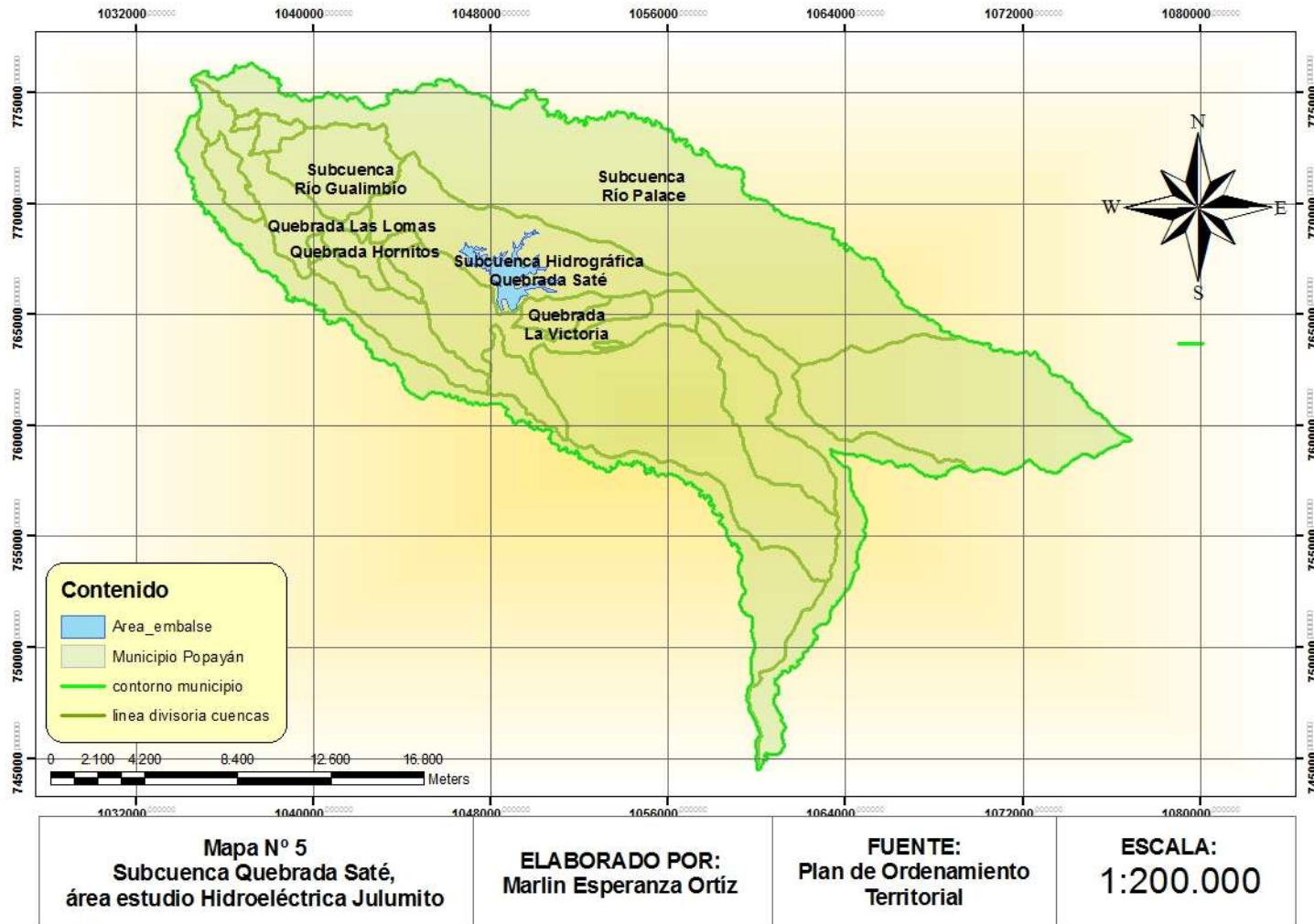
VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a los levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. DANE- IGAC. Bogotá 2ª edición 2005.

VILLOTA, Hugo. Análisis integral de los atributos al paisaje en la zonificación ecológica. Centro de investigación en percepción remota CIAF. Santa Fe de Bogotá 2002

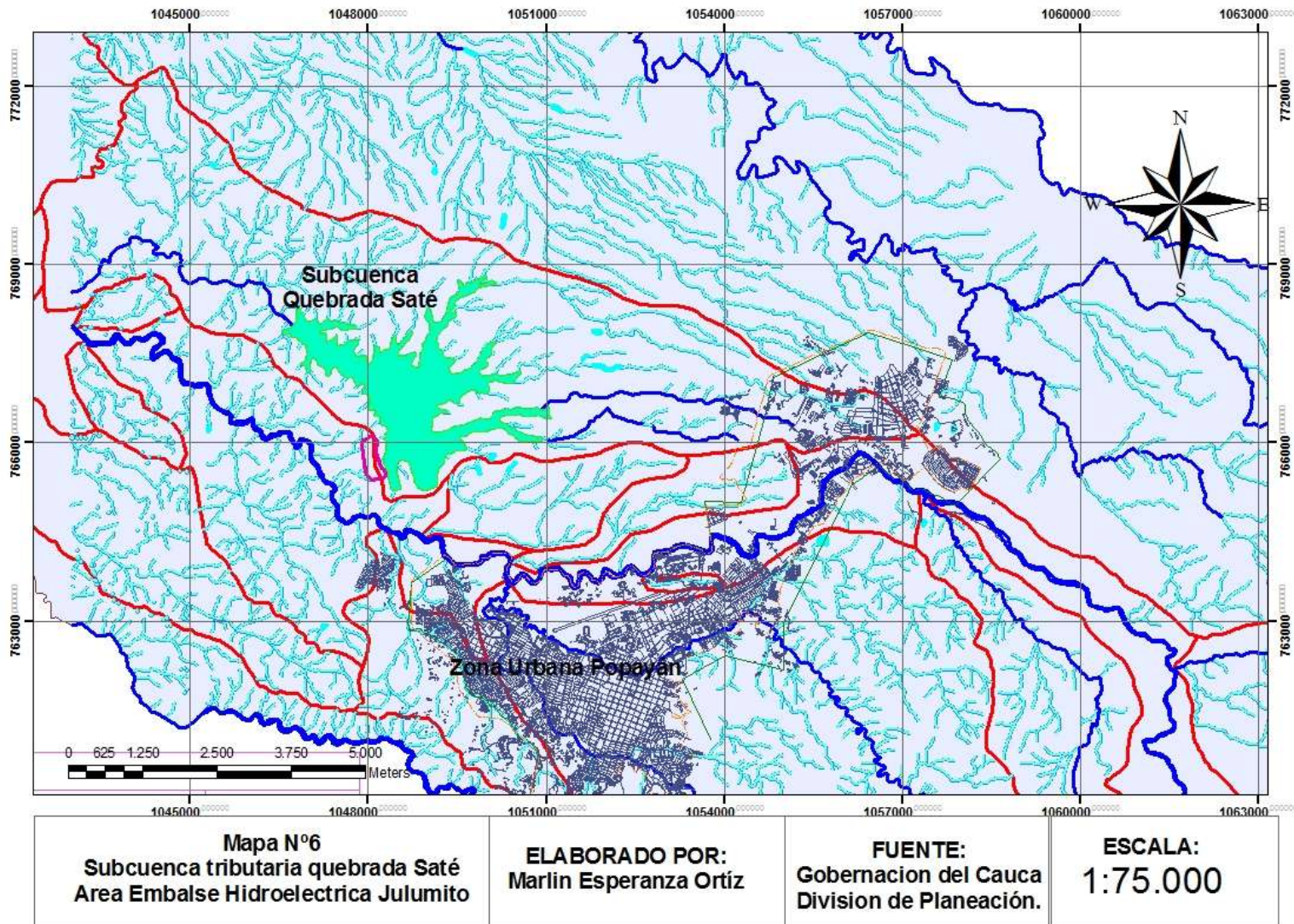
TORRES HERNANDEZ, María Patricia. Aporte al conocimiento de la geología y la estratigrafía de la formación Popayán. Departamento del Cauca. Universidad del Cauca. Popayán. 1997. P.4-28.

## ANEXOS

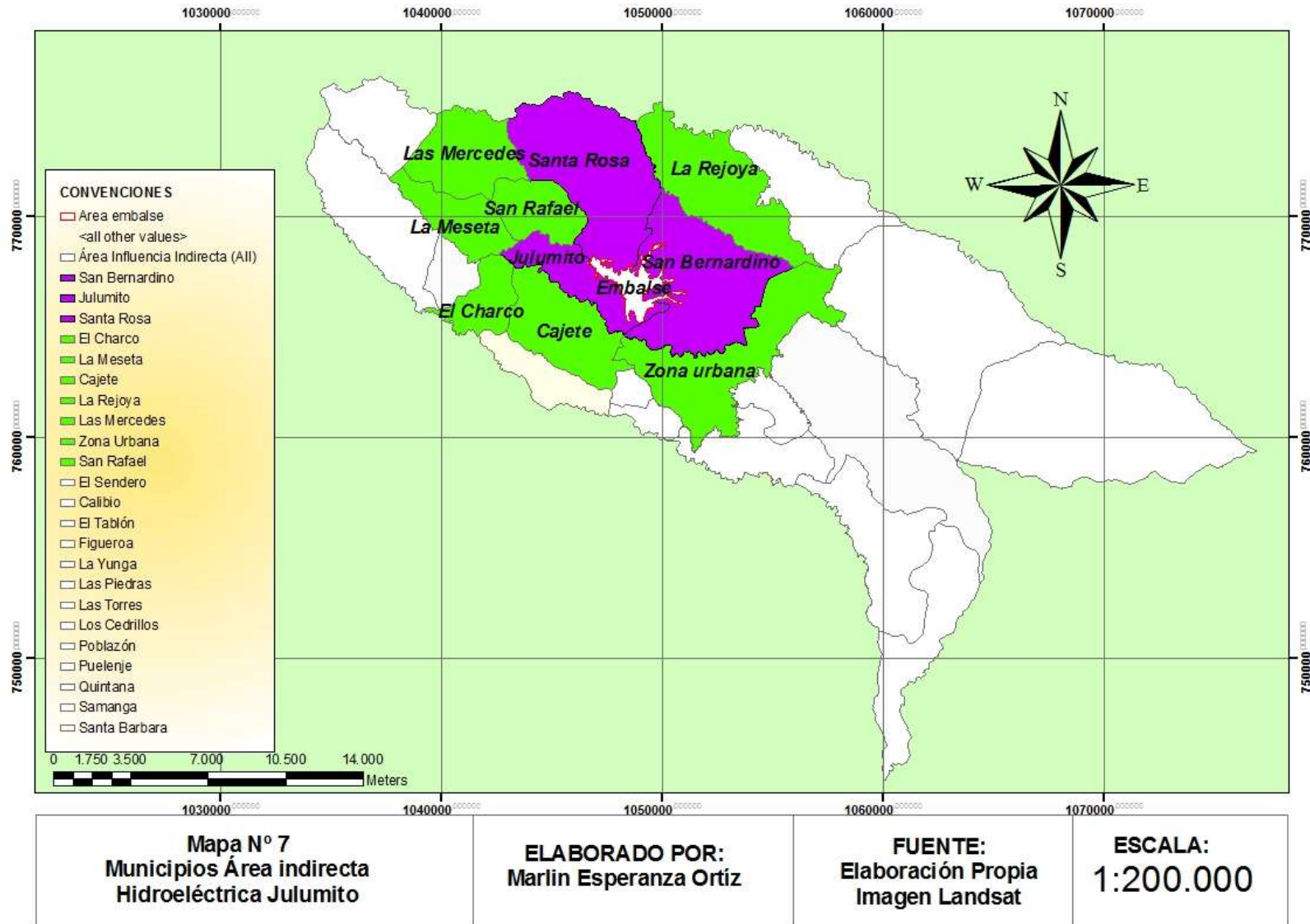
Anexo A. Divisoria de agua de la subcuenca quebrada Saté.



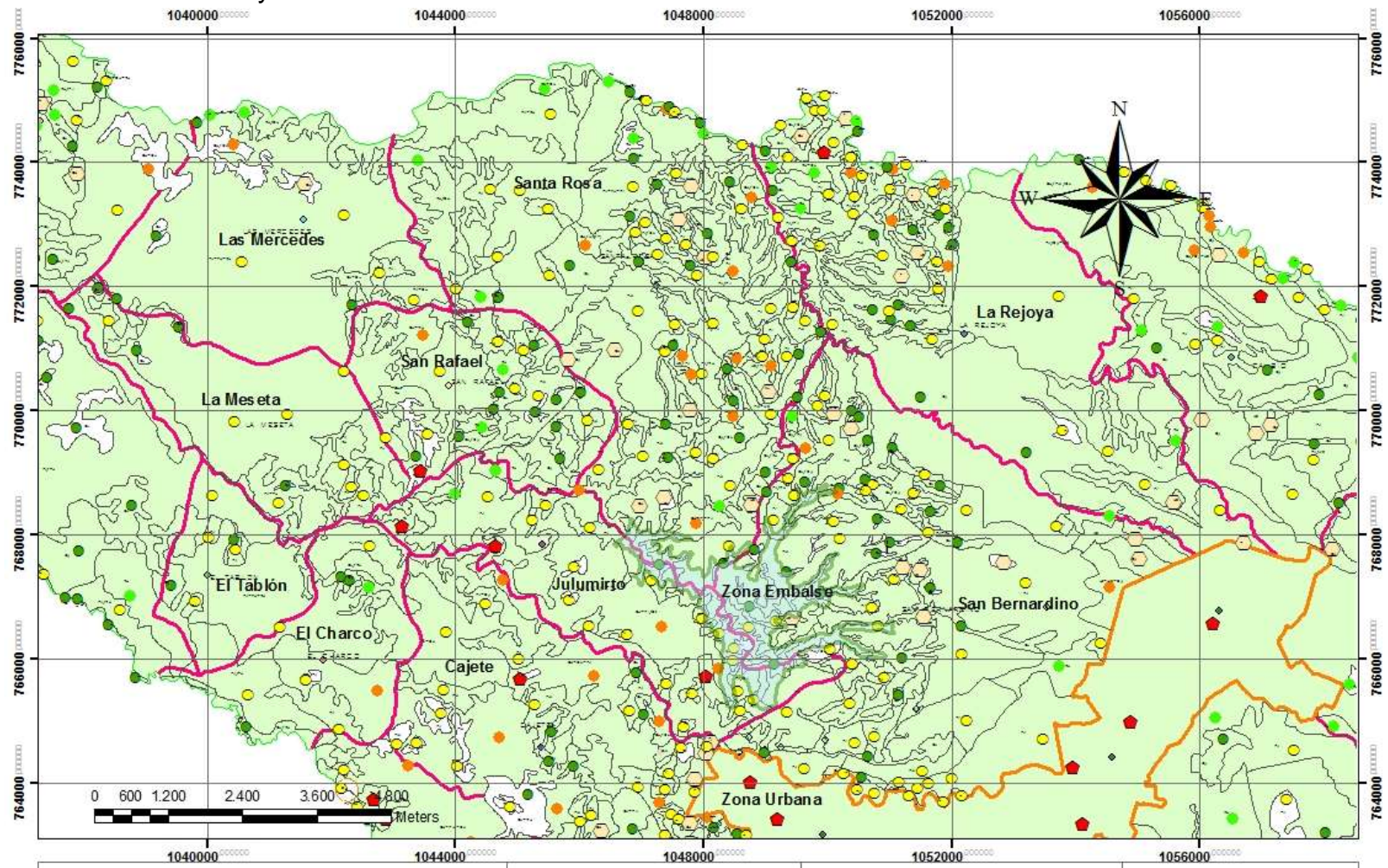
Anexo B. Área Influencia Directa-subcuenca quebrada Saté.



### Anexo C. Área de influencia Indirecta proyecto hidroeléctrico Julumito

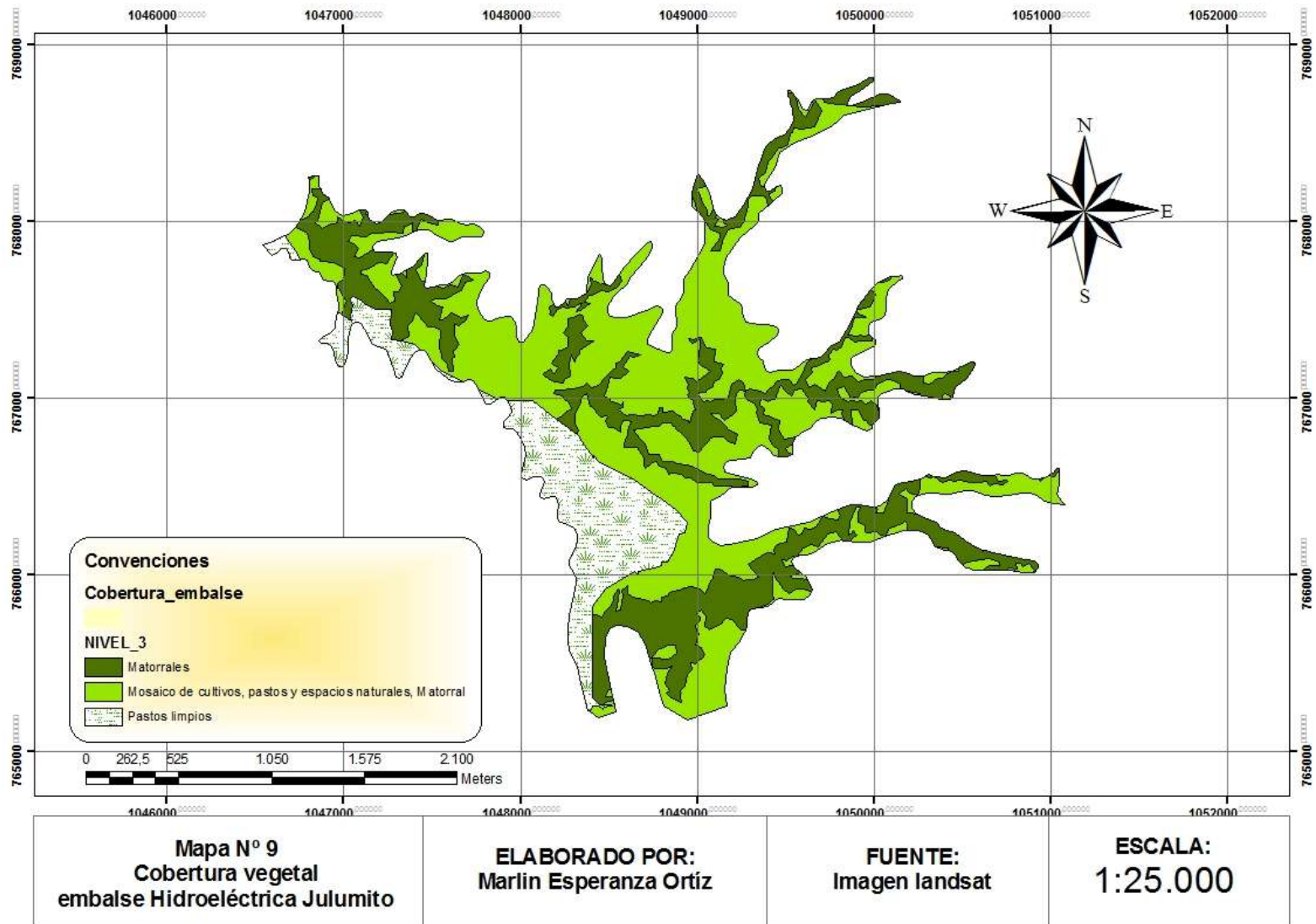


### Anexo D. Cobertura y uso del suelo

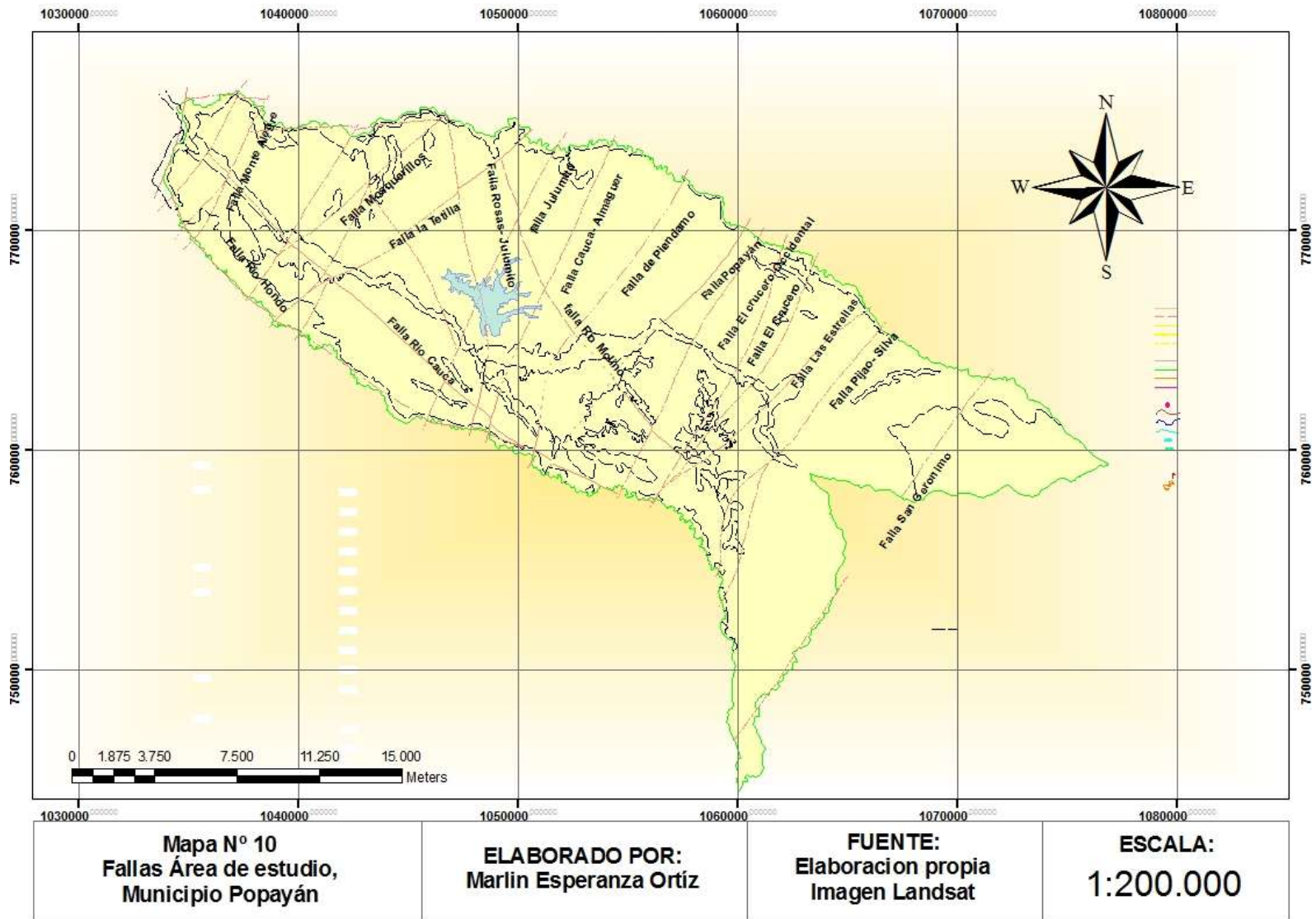


<p><b>Mapa N° 8</b>  <b>Cobertura, límites y uso de suelo</b>  <b>Santa Rosa, San Bernardino y Julumirto</b></p>	<p><b>ELABORADO POR:</b>  <b>Marlin Esperanza Ortiz</b></p>	<p><b>FUENTE:</b>  <b>Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)</b></p>	<p><b>ESCALA:</b>  <b>1:75.000</b></p>
--	---	---	--

Anexo E. Distribución de la cobertura vegetal en el área del embalse de la hidroeléctrica Julumito.

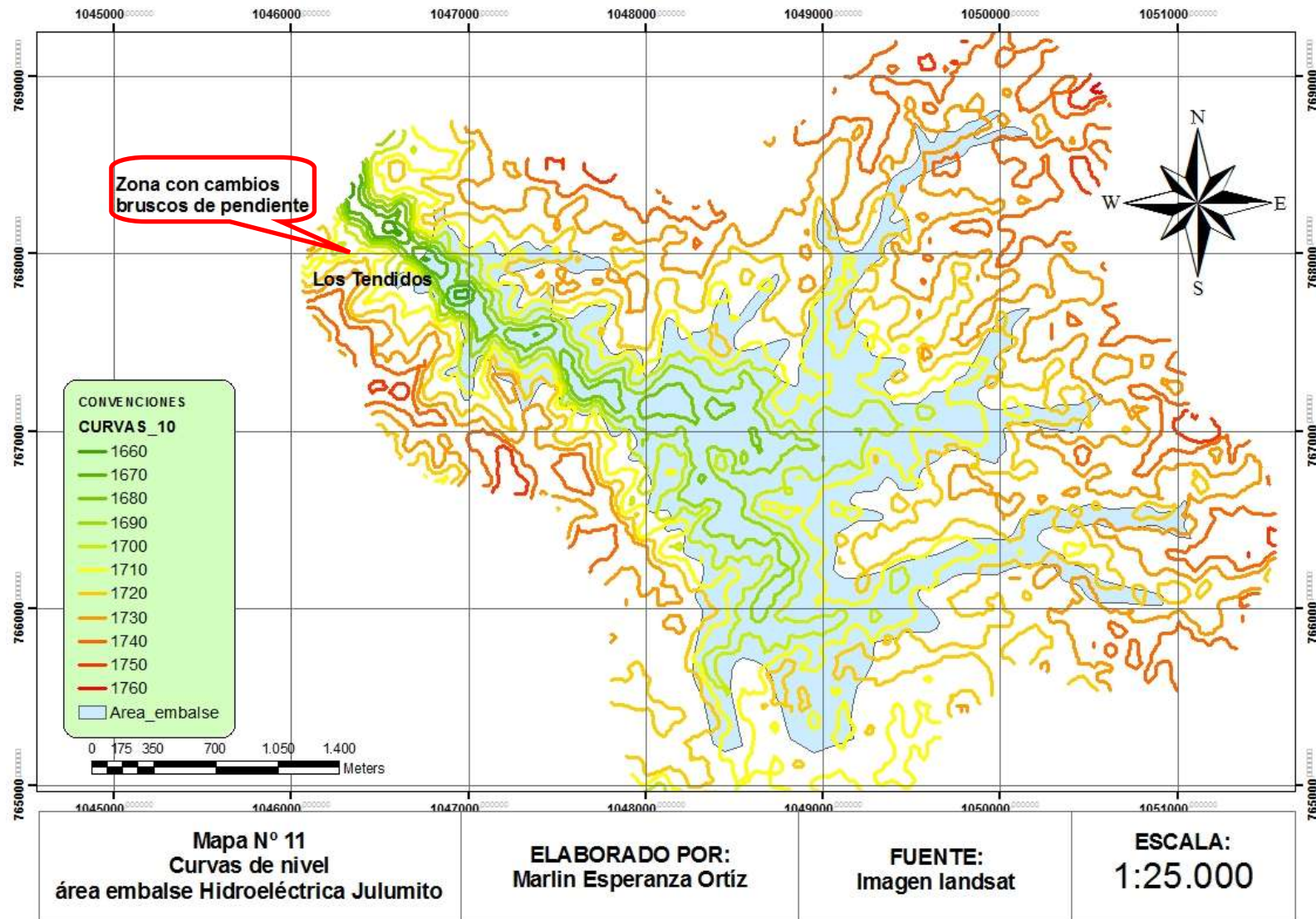


# Anexo F. Geología del Cauca

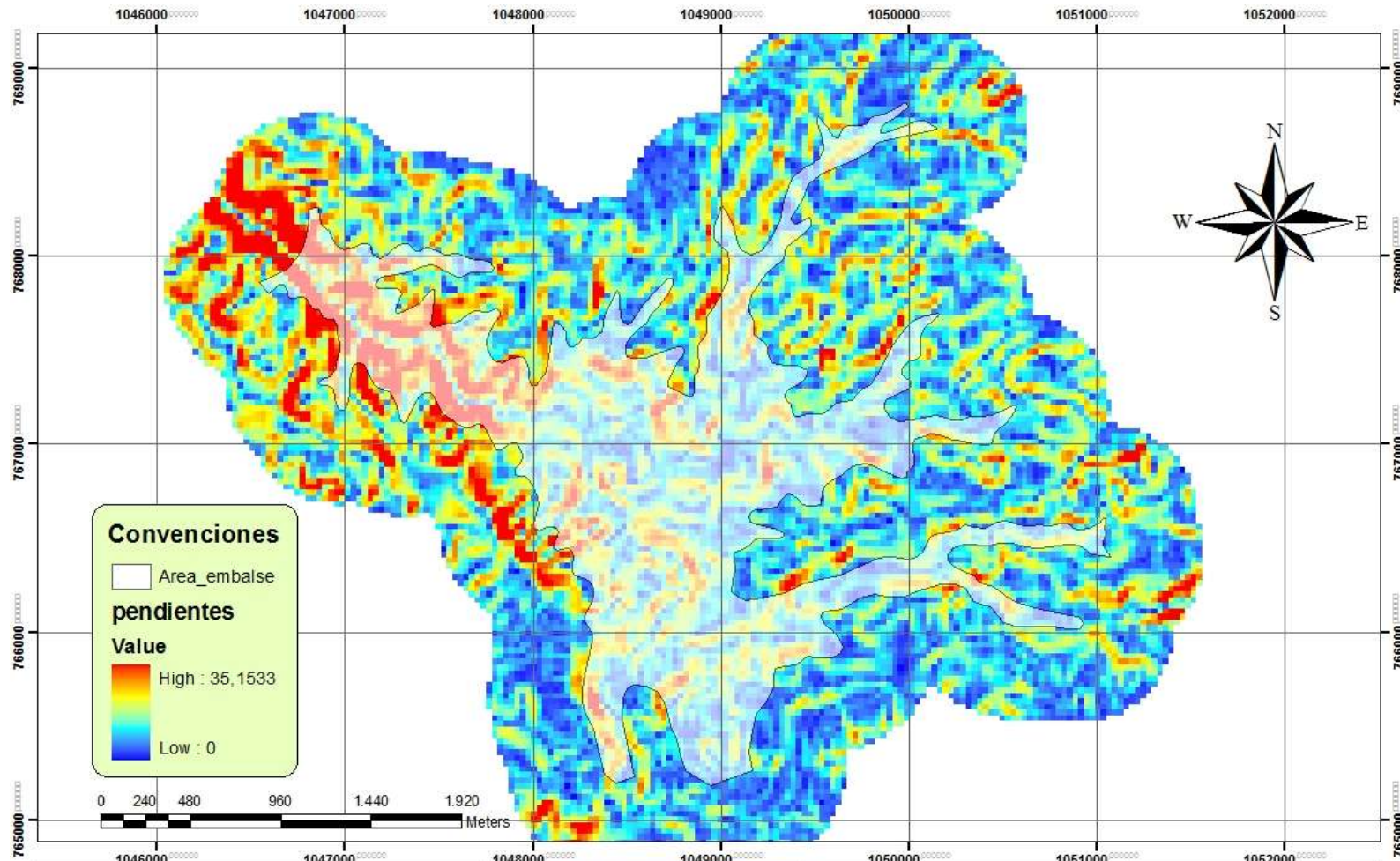




Anexo G. Mapa de curvas de nivel



# Anexo H. Pendientes zona influencia del embalse



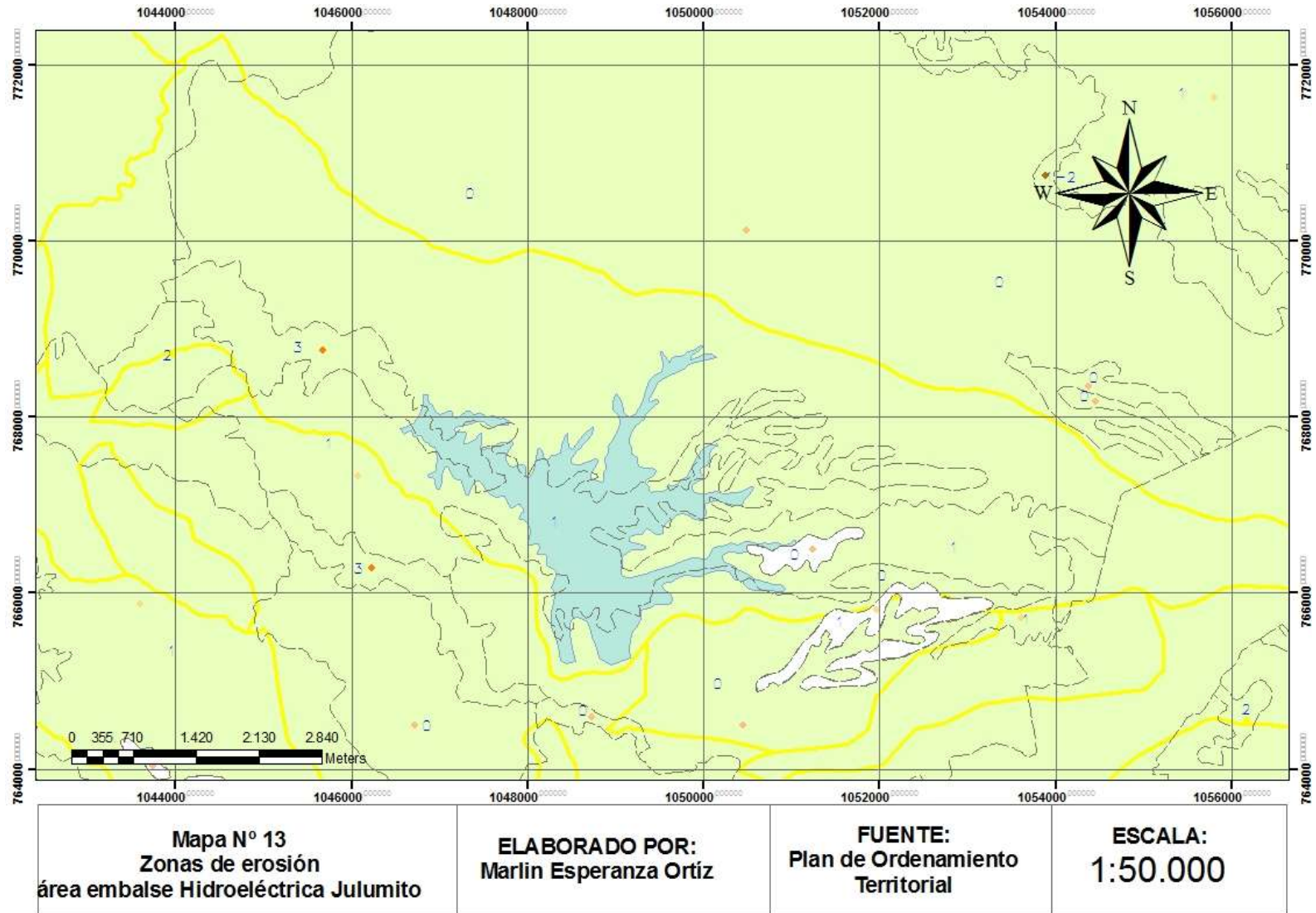
**Mapa N° 12**  
**Pendientes**  
**área embalse Hidroeléctrica Julumito**

**ELABORADO POR:**  
**Marlin Esperanza Ortíz**

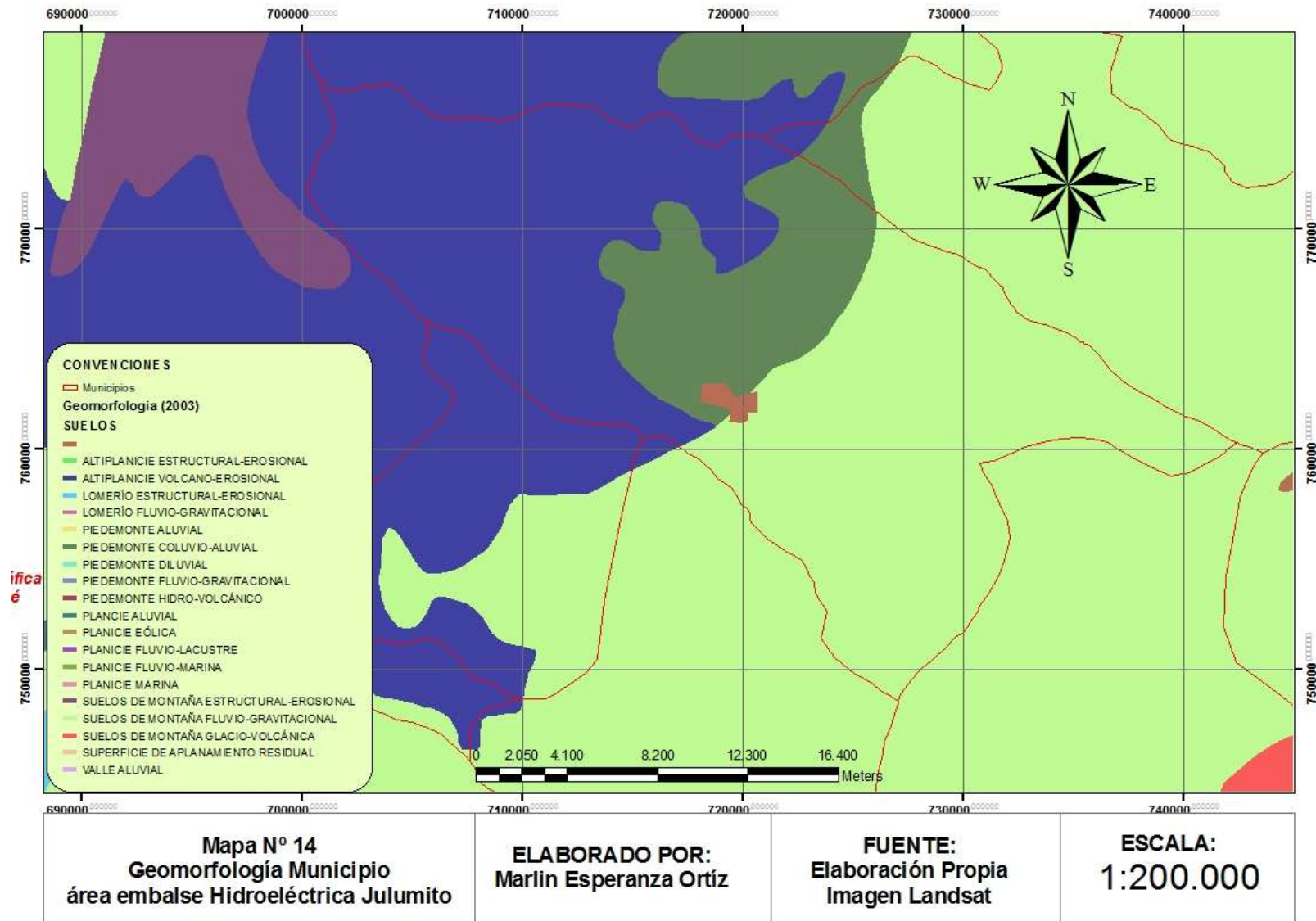
**FUENTE:**  
**Elaboracion propia**  
**Imagen Landsat**

**ESCALA:**  
**1:25.000**

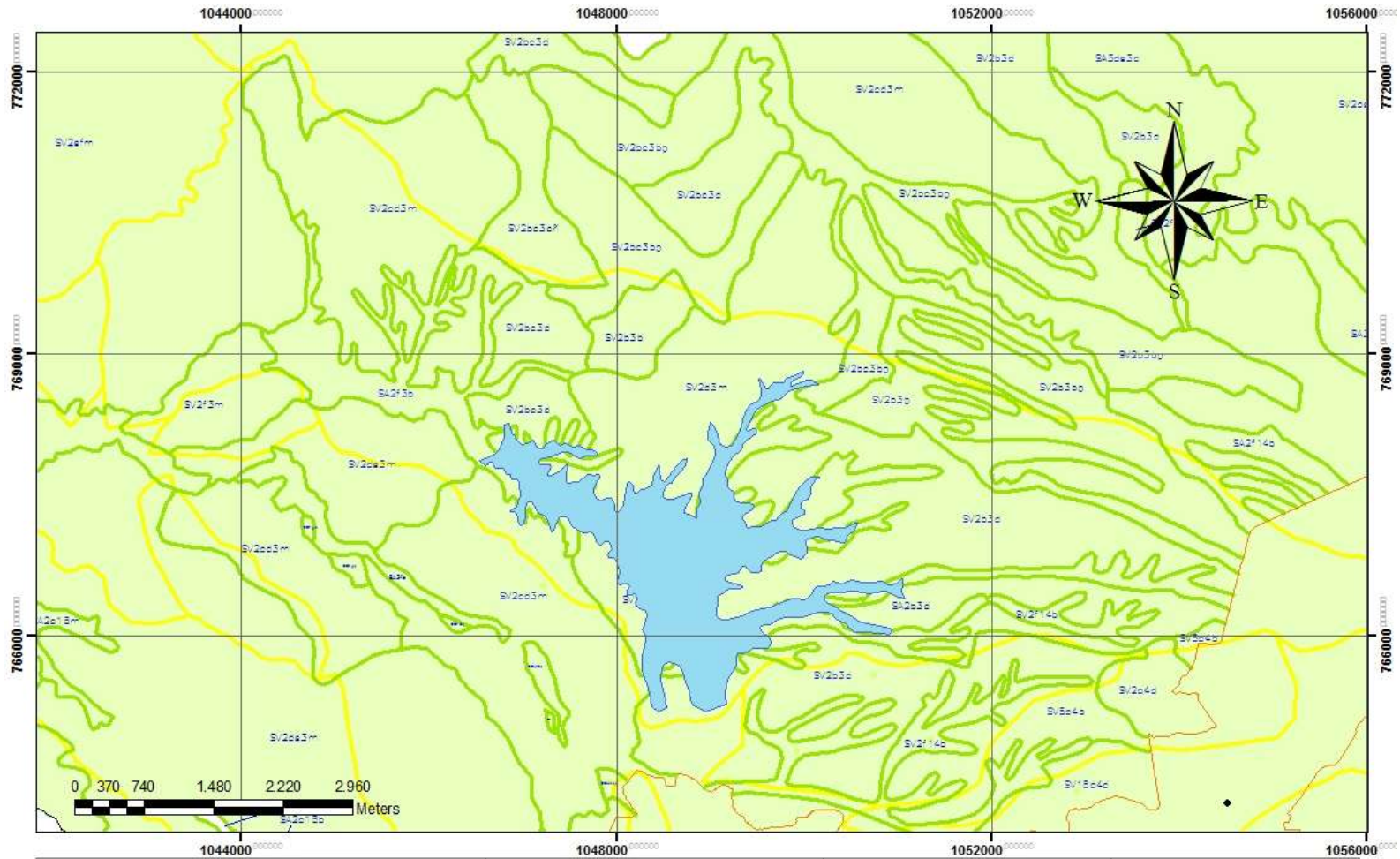
# Anexo I. Clasificación de las zonas erosionadas en el embalse



# Anexo J. Unidades geomorfológicas de Popayán.



# Anexo K. Unidades de paisaje



<p><b>Mapa N° 15</b> <b>Unidades de paisaje</b> <b>área embalse Hidroeléctrica Julumito</b></p>	<p><b>ELABORADO POR:</b> <b>Marlin Esperanza Ortiz</b></p>	<p><b>FUENTE:</b> <b>Plan de Ordenamiento Territorial</b></p>	<p><b>ESCALA:</b> <b>1:50.000</b></p>
---	--	---	---