

# MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Apoyo integral en el estudio de impacto ambiental, para la modificación de la licencia ambiental de campo rubiales

Práctica empresarial

S.G.I. S.A.S.

Autor

Julián David Grimaldo Galvis

Trabajo de Grado en modalidad de práctica empresarial para Optar al Título de Geólogo

Director

Juan Diego Colegial Gutiérrez

Doctor en Ingeniería Geológica

Codirectora

María Cristina Ramírez Marín

Especialista en evaluación del impacto en proyectos

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2026

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### **Dedicatoria**

Dedicado a mi familia, especialmente a mi madre, por su amor incondicional, paciencia y entrega, que me han acompañado en cada paso de este camino académico y personal. A mi padre, quien ha sido mi mayor inspiración y fortaleza para llegar hasta donde estoy hoy. También dedico este logro a quienes no creyeron en el proceso, pues me motivaron a demostrar que sí era posible.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### **Agradecimientos**

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e institución que hicieron posible la realización de este proceso de prácticas.

En primer lugar, a universidad Industrial de Santander, por brindarme la oportunidad de aprender, crecer y poner en práctica los conocimientos adquiridos. A mis docentes, por su guía y valiosas enseñanzas que han enriquecido mi formación

Agradezco sinceramente a SGI S.A.S por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas, abrirme sus puertas, compartir valiosos conocimientos y confiar en mí. Esta experiencia enriqueció mi formación académica y fortaleció mi desarrollo profesional y personal.

De manera muy especial, reconozco el apoyo incondicional de mi familia. De mi madre Nancy, por su constante impulso para alcanzar cada meta y de manera muy significativa a mí padre, que desde el cielo me acompaña e inspirado a ser mejor persona.

Finalmente, a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, aportaron a este logro, gracias por su tiempo, su dedicación y por haber sido parte de esta etapa tan importante tanto en mi formación y en mi vida personal.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Tabla de contenido**

Introducción .....	10
1. Objetivos .....	11
1.1. Objetivo general .....	11
1.2. Objetivos específicos .....	11
2. Localización .....	12
3. Marco teórico .....	13
3.1. Conceptos de estudio de impacto ambiental (EIA).....	13
3.2. Componentes del EIA .....	14
3.2.1. Componente Físico .....	14
3.2.2. Componente Biótico .....	14
3.2.3. Componente Socioeconómico .....	15
3.3. Normativa colombiana aplicable .....	15
3.3.1. Marco General.....	15
3.3.2. Autoridad Competente .....	16
3.3.3. Requisitos Principales.....	16
3.4. Herramientas SIG y geoprosesamiento ambiental.....	16
3.4.1. Uso de Modelos Digitales de Elevación (DEM) y análisis de pendientes.....	17
4. Marco geológico .....	18
4.1. Geología regional.....	18

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

4.2. Estratigrafía regional.....	20
4.3. Geología local .....	24
5. Métodos y procedimientos .....	27
6. Resultados y discusión .....	29
6.1. Geomorfología .....	29
6.2. Morfoestructura.....	38
6.3. Pendientes .....	40
6.4. Suelos .....	43
6.5. Hidrología .....	44
6.5.1. Verificación y ajuste de datos .....	44
6.5.2. Identificación de fuentes de contaminación.....	44
6.5.3. Dinámica fluvial.....	46
6.6. Infraestructura .....	59
7. Conclusiones .....	60
8. Recomendaciones.....	61
8.1. Recomendaciones a la empresa SGI S.A.S.....	61
8.2. Recomendaciones a la escuela de geología.....	61
Referencias bibliográficas.....	62

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Lista de figuras**

Figura 1. Mapa de localización Campo Rubiales. ....	12
Figura 2. Localización del área de influencia en el Mapa de Cuencas Sedimentarias de Colombia .....	18
Figura 3. Unidades morfoestructurales del borde llanero y de la llanura oriental.....	20
Figura 4. Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Llanos Orientales incluyendo las formaciones relacionadas con el proyecto. ....	23
Figura 5. Metodología general en el desarrollo de la práctica.....	27
Figura 6. Esquema de jerarquización geomorfológica. ....	30
Figura 7. Lineamientos sugeridos en la plancha 290 Saravia, SGC,2010. ....	40
Figura 8 Mapa de pendientes del área de influencia de Campo Rubiales .....	41
Figura 9. Fuentes contaminantes identificadas en el AI. ....	45
Figura 10. Variación de cauce de Caño Rubiales para las diferentes temporalidades.....	47
Figura 11. Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2012 y el cauce en el año 2023. ..	49
Figura 12. Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2013 y el cauce en el año 2023. ..	50
Figura 13. Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2016 y el cauce en el año 2023. ..	51
Figura 14. Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2019 y el cauce en el año 2023. ..	52
Figura 15. Variación de cauce de Río Tillavá para las diferentes temporalidades. ....	53
Figura 16. Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2012 y el cauce en el año 2023 .....	55
Figura 17. Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2013 y el cauce en el año 2023 .....	56
Figura 18. Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2016 y el cauce en el año 2023 .....	57
Figura 19. Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2019 y el cauce en el año 2023 .....	58

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Lista de tablas**

Tabla 1. Parámetros utilizados para la caracterización de las unidades geológicas .....	24
Tabla 2. Metodología para la delimitación de las unidades geomorfológicas.....	31
Tabla 3. Rangos de pendientes del área de influencia de Campo Rubiales.....	41
Tabla 4. Fuentes contaminantes en el área de influencia.....	44
Tabla 5. Variaciones de Cauce caño Rubiales .....	48
Tabla 6. Variaciones de cauce del Río Tillavá. ....	54
Tabla 7. Actividades realizadas para el componente de infraestructura.....	59

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Resumen**

**Título:** Apoyo integral en el estudio de impacto ambiental, para la modificación de la licencia ambiental de campo rubiales\*

**Autor:** Julián David Grimaldo Galvis\*\*

**Palabras Clave:** Estudio de impacto ambiental, EIA, Campo Rubiales, Licencia ambiental, Hidrocarburos, SIG.

**Descripción:** La práctica empresarial se llevó a cabo en la empresa Servicios Geológicos Integrados S.A.S. (SGI S.A.S.), en el contexto del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) correspondiente a la modificación de la Licencia Ambiental del Campo Rubiales, operado por la empresa Ecopetrol S.A. La práctica tuvo como objetivo principal, apoyar en los procesos técnicos de análisis y de verificación de información ambiental que utilizaran herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) y técnicas de geoprocusamiento. Las principales actividades son la producción de mapas geomorfológicos y de pendientes, la recopilación y análisis de información hidrológica, el estudio de la dinámica fluvial de las principales fuentes naturales (río Tillavá y caño Rubiales) y el acompañamiento en la caracterización de unidades de suelo y geología superficial. Los resultados alcanzados permitieron a su vez fortalecer los aspectos que describen la relación existente entre la morfología del terreno, la hidrología y la cobertura del área de estudio, estableciendo una contribución para interpretar los procesos naturales y su incidencia en la planificación ambiental. En resumen, la práctica permitió fortalecer competencias de carácter técnico y metodológico que pueden ser llevadas a la gestión ambiental y al desarrollo de los proyectos de evaluación de impacto ambiental.\*

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez. Codirector: María Cristina Ramírez Marín.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Abstract**

**Title:** Comprehensive support in the environmental impact study for the modification of the environmental license for Campo Rubiales\*

**Author:** Julián David Grimaldo Galvis\*\*

**Keywords:** Environmental impact study, EIA, Campo Rubiales, Environmental license, Hydrocarbons, GIS.

**Description:** The business internship took place at Servicios Geológicos Integrados S.A.S. (SGI S.A.S.), in the context of the Environmental Impact Assessment (EIA) corresponding to the modification of the Environmental License for the Rubiales Field, operated by Ecopetrol S.A. The main objective of the internship was to support the technical processes of analysis and verification of environmental information using geographic information system (GIS) tools and geoprocessing techniques. The main activities are the production of geomorphological and slope maps, the collection and analysis of hydrological information, the study of the river dynamics of the main natural sources (Tillavá River and Rubiales Creek), and support in the characterization of soil units and surface geology. The results achieved in turn made it possible to strengthen the aspects that describe the relationship between the morphology of the terrain, the hydrology, and the coverage of the study area, contributing to the interpretation of natural processes and their impact on environmental planning. In summary, the practice made it possible to strengthen technical and methodological skills that can be applied to environmental management and the development of environmental impact assessment projects.†

---

†\* Degree Work

\*\*Faculty of Physical and Chemical Engineering. School of Geology. Director: Juan Diego Colegial Gutiérrez. Co-director: María Cristina Ramírez Marín.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### **Introducción**

Desde el 28 de marzo hasta el 30 de septiembre del 2025 se desarrolla una práctica empresarial en la empresa SGI S.A.S. (Servicios Geológicos Integrados S.A.S.). Esta compañía se destaca como una consultora especializada en ingeniería, gestión ambiental, geociencias y servicios técnicos asociados al uso sostenible del territorio. Con un equipo multidisciplinario y experiencia en sectores como hidrocarburo e infraestructura, SGI S.A.S. ha liderado numerosos Estudios de Impacto Ambiental, procesos de licenciamiento, monitoreo ambiental, restauración ecológica y biorremediación, entre otros.

El trabajo de grado en modalidad practica empresarial se desarrolla en el marco de la colaboración entre ECOPETROL S.A. y SGI S.A.S., con el objetivo de apoyar técnicamente el proceso de modificación de la licencia ambiental del proyecto Campo Rubiales, conforme a los lineamientos establecidos por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). Se ha considerado contar con un estudiante en práctica para dar apoyo al proceso en mención, lo cual no solo representa una oportunidad de aprendizaje práctico de aplicar y fortalecer competencias personales y profesionales, sino también un aporte académico a la comprensión de los procedimientos y desafíos asociados a la planificación ambiental en Colombia.

El objetivo principal para la modificación de la licencia ambiental es permitir la ampliación, construcción y mantenimiento de la infraestructura del Campo Rubiales, lo cual incluye la mejora y construcción de plataformas, vías de acceso, líneas de flujo; así como la perforación de pozos destinados a la producción, inyección para sostenimiento de presión.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### **1. Objetivos**

#### **1.1. Objetivo general**

Apoyar en los componentes técnicos, sociales y ambientales requeridos en el estudio de impacto ambiental con el fin de sustentar la modificación de la licencia ambiental del proyecto Campo Rubiales, en conformidad con los lineamientos ambientales establecidos en el HI-TER-1-03.

#### **1.2. Objetivos específicos**

Apoyar y aportar en el análisis crítico de la información ambiental existente y recopilar datos complementarios que contribuyan al desarrollo del estudio de impacto ambiental.

Participar en la interpretación geomorfológica y en la elaboración de insumos técnicos del EIA.

Contribuir a la verificación de consistencia entre información documental y geoespacial

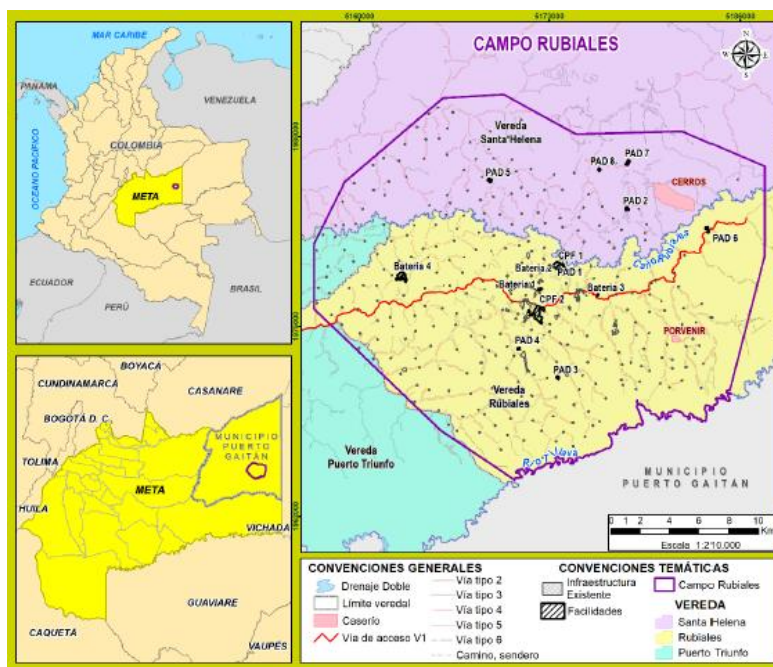
## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### 2. Localización

El campo de producción Rubiales expediente LAM1009 operado por ECOPETROL Se encuentra localizado geográficamente en el departamento del Meta, bajo jurisdicción del municipio de Puerto Gaitán. Geológicamente se encuentra localizado en la cuenca sedimentaria Llanos Orientales, la cual se encuentra limitada: al oeste por la cordillera oriental; al este por el Escudo de La Guayana; al sur por la serranía de la macarena; al norte por la cuenca Barinas- Apure. Se encuentra enmarcado político - administrativamente en las veredas Santa Helena, Puerto triunfo y Rubiales.

**Figura 1**

*Mapa de localización Campo Rubiales.*



Nota: Tomado de SGI S.A.S, 2023

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### **3. Marco teórico**

El Estudio de Impacto Ambiental (EIA) es un instrumento técnico y jurídico que permite evaluar los efectos de un proyecto sobre el medio ambiente, con el fin de garantizar un desarrollo sostenible y una adecuada toma de decisiones. Su elaboración integra componentes físicos, bióticos y socioeconómicos, que facilitan la identificación y mitigación de impactos potenciales.

En Colombia, el EIA se encuentra regulado por la normativa ambiental vigente y constituye el soporte fundamental para la obtención de licencias ambientales.

Asimismo, el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y técnicas de geoprosesamiento se ha consolidado como una herramienta clave en la planificación y análisis ambiental, al permitir la integración y representación espacial de la información del territorio.

A continuación, se presentan los principales conceptos, componentes, normativa y herramientas asociadas al EIA.

#### **3.1. Conceptos de estudio de impacto ambiental (EIA)**

Es el técnico y jurídico para la toma de dictámenes sobre los **Proyectos, Obras y Actividades** o conocido por sus siglas (POA). Tiene como finalidad identificar, evaluar, predecir y mitigar los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un POA. Su propósito es garantizar que las decisiones sobre el uso de los recursos naturales se tomen con base en un conocimiento adecuado de las posibles consecuencias sobre el medio ambiente, la sociedad y la economía.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

El EIA constituye el principal soporte técnico para la solicitud, otorgamiento o modificación de una licencia ambiental.

### **3.2. Componentes del EIA**

EL EIA se estructura en torno a tres grandes componentes que abarcan la información necesaria para la evaluación de manera integral los efectos de los proyectos al entorno.

#### **3.2.1. Componente Físico**

El objetivo es entender la dinámica del territorio y la capacidad del medio físico para soportar intervenciones antrópicas.

Incluye el análisis de los elementos abióticos del medio natural, entre ellos están:

- Geología y geomorfología: Su finalidad es la caracterización del relieve, estructuras y materiales superficiales.
- Suelos: Identificación de unidades edáficas, usos y capacidad de soporte.
- Clima: Correspondiente a la temperatura precipitación, humedad, entre otros.
- Hidrología e Hidrogeología: Se describe el comportamiento de aguas superficiales y subterráneas dentro del área de estudio.
- Calidad del aire y ruido.

#### **3.2.2. Componente Biótico**

Este componente busca determinar los impactos sobre la biodiversidad y definir medidas de manejo para su protección o restauración.

Es el componente en el cual se estudian los elementos vivos del ecosistema, tal como:

- Flora y vegetación: Es la identificación de coberturas y especies.
- Fauna: caracterización de grupos representativos y hábitats.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

- Ecosistemas terrestres y acuáticos: Se describe la estructura, funciones ecológicas y estado de conservación

### **3.2.3. Componente Socioeconómico**

El objetivo es evaluar cómo el proyecto puede afectar el bienestar, las actividades y el entorno social de las comunidades locales.

Se analiza los aspectos sociales, culturales y económicos del área de influencia del proyecto:

- Población y asentamientos humanos.
- Usos de suelo, actividades productivas y economía local.
- Infraestructura, Servicios públicos y equipamientos.
- Aspectos culturales y patrimoniales.

### **3.3. Normativa colombiana aplicable**

El EIA en Colombia se encuentra regulado por un conjunto de leyes, decretos y resoluciones los cuales definen sus requisitos, procedimientos y autoridades competentes

#### **3.3.1. Marco General**

- Ley 99 de 1993: crea el Ministerio de Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS) y el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Establece la Licencia Ambiental como requisito obligatorio para proyectos con potencial de causar impactos significativos.
- Decreto 1076 de 2015 (Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente): compila y regula los procedimientos para la obtención de licencias ambientales y define los contenidos mínimos del EIA.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

- Resolución 1503 de 2010 (hoy compilada en el Decreto 1076/2015): establece los términos de referencia para la elaboración de los EIA según el tipo de proyecto.

### **3.3.2. Autoridad Competente**

- La Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) es el ente encargado de evaluar, aprobar y hacer seguimiento a los Estudios de Impacto Ambiental de proyectos de gran magnitud o interés nacional.
- Las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR) tienen competencia para evaluar proyectos de menor escala dentro de su jurisdicción.

### **3.3.3. Requisitos Principales**

El EIA deberá incluir:

1. Descripción del proyecto (localización, fases y actividades).
2. Línea base ambiental (diagnóstico físico, biótico y socioeconómico).
3. Identificación y valoración de impactos ambientales.
4. Medidas de manejo ambiental (prevención, mitigación, corrección y compensación).
5. Plan de seguimiento y monitoreo ambiental.
6. Plan de contingencia y participación ciudadana.

## **3.4. Herramientas SIG y geoprocésamiento ambiental**

“El uso de sistemas de información geográfica (SIG) y las técnicas de geoprocésamiento se han afianzado como herramientas fundamentales en el análisis, gestión y planificación ambiental. Estos instrumentos permiten integrar, analizar y representar espacialmente información

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

de diversas fuentes facilitando la comprensión de las dinámicas físicas, bióticas y socioeconómicas del territorio” (Burrough & McDonnell, 1998; Longley et al., 2015).

Los SIG facilitan la construcción de modelos espaciales que representan datos relevantes como la geomorfología, drenajes, cobertura vegetal, geología y unidades de suelo. De este modo, se convierten en un pilar fundamental en la toma de decisiones ambientales. (MADS,2018)

### **3.4.1. Uso de Modelos Digitales de Elevación (DEM) y análisis de pendientes**

Los DEM corresponden a representaciones tridimensionales de la superficie terrestre, los cuales permiten derivar parámetros morfométricos tal como la pendiente, orientación y altitud relativa. Estas variables son esenciales para el análisis de componentes como geomorfología, coberturas de la tierra, entre otros. Esto facilita la evaluación de las unidades de paisaje, formas de relieve y procesos erosivos o de acumulación. (Rodríguez, 2001)

El análisis de pendientes permite comprender la estabilidad de terrenos, la dinámica de escorrentía y el potencial de erosión, aspectos determinantes en la planificación ambiental y delimitación de unidades geomorfológicas (Carvajal,2012). Por otra parte, la cartografía geomorfológica apoyada en SIG integra información derivada del relieve, la litología, la cobertura y los procesos superficiales, generando una representación coherente del modelado terrestre y su evolución (Rodríguez, 2001).

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

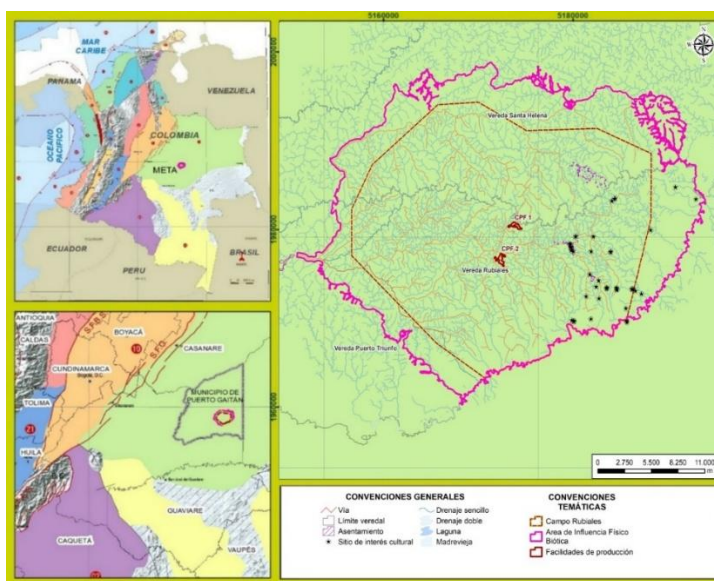
### 4. Marco geológico

#### 4.1. Geología regional

La cuenca sedimentaria de los Llanos Orientales, según INGEOMINAS (2006), presenta al oriente de la cordillera Oriental un sector ocupado por aluviones cuaternarios que se extienden hasta el curso del río Meta, cuyo ambiente estructural está controlado por la falla homónima. Hacia el oriente, se desarrolla un sector de terrazas aluviales que siguen la margen derecha del río, y aún más al oriente, se encuentran sedimentos continentales de edad Terciaria superior (Mioceno), clasificados con las letras N-Sc (Neógeno, sedimentario, continental). Sobre estos sedimentos se localiza el área del Estudio de Impacto Ambiental (EIA) para la modificación de la Licencia Ambiental del Campo Rubiales.

#### Figura 2

*Localización del área de influencia en el Mapa de Cuencas Sedimentarias de Colombia*



Nota: Tomado de la ANH modificado por SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

La geología del departamento del Meta se encuentra definida por dos grandes unidades estructurales: hacia el occidente, la Cordillera Oriental junto con la Sierra de La Macarena, y hacia el oriente, el Macizo de la Guayana, también denominado Basamento Guayanés. Este último se interpreta como un basamento profundo, dado que no se registran evidencias de afloramientos dentro del área del departamento.

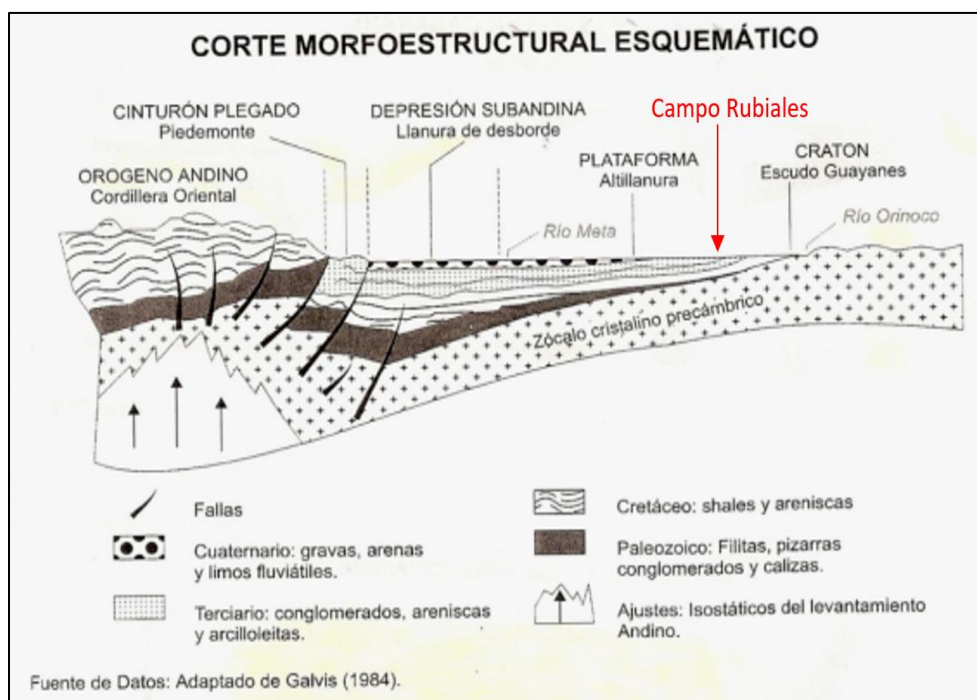
Posterior al levantamiento de la Cordillera Oriental, se dio inicio al proceso de modelado del relieve, influenciado principalmente por la acción de los agentes climatológicos.

Desde el punto de vista morfoestructural, según lo caracterizado por Galvis (1984) la Cuenca de los Llanos Orientales sitúa sus principales unidades estructurales de oeste a este. En primer lugar, se encuentra el Cinturón Plegado, ubicado inmediatamente al este del Orógeno Andino, representado por la Cordillera Oriental, y que corresponde al Piedemonte Llanero. A continuación, la Depresión Subandina se extiende desde el borde de la cordillera hasta el río Meta, determinada por la presencia de fallas menores y comúnmente denominada Llanura de Desborde. Más hacia el oriente, la Plataforma o Altillanura alberga el área de estudio del Impacto Ambiental para la Modificación de la Licencia Ambiental de Campo Rubiales. Finalmente, el Cratón está representado por el Escudo Guayanés, constituyendo una de las estructuras más antiguas y estables de la región.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 3**

*Unidades morfoestructurales del borde llanero y de la llanura oriental*



Nota: Tomado de Galvis 1984, adaptado por SGI S.A.S

### 4.2. Estratigrafía regional

En cuanto a la estratigrafía regional, en los Llanos Orientales, en el departamento del Meta afloran rocas metamórficas de edad Precámbrica y Paleozoica, sobre las cuales se disponen secuencias de sedimentitas con edades que abarcan desde el Devónico hasta el Neógeno, incluyendo unidades del Jurásico, Cretácico y Paleógeno. Estas formaciones se encuentran, en amplios sectores, cubiertas por depósitos inconsolidados del Cuaternario o Reciente.

Estratigráficamente se presenta la división de áreas fisiográficas tal como:

#### **Coordillera Oriental:**

El Macizo de Garzón, ubicado en el departamento del Meta, está constituido por una secuencia de rocas metamórficas cartografiadas como el Grupo Garzón. Principalmente, el Macizo

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

de Quetame está conformado por dos unidades principales: una metasedimentaria, correspondiente al Grupo Quetame de edad predevoniana, y otra clástica, denominada Grupo Farallones, de edad Paleozoico superior. Sobre estas unidades se dispone una sucesión de rocas sedimentarias con edades que abarcan desde el Cretácico hasta el Neógeno (Rodríguez, 2001).

### **Piedemonte Llanero**

En la unidad fisiográfica denominada Piedemonte Llanero se destaca una secuencia de rocas sedimentarias de grano grueso a conglomerático, interstratificadas con arcillas esquistosas grises y verdes, areniscas de grano medio a fino y mantos de carbón. Estas litologías se asocian principalmente con las formaciones Palmichal, Arcillas del Limbo, Areniscas del Limbo y La Corneta (Rodríguez, 2001).

En términos morfológicos, estas unidades generan pequeñas elevaciones que sobresalen del conjunto de terrazas que conforman la llanura, diferenciándose claramente de los abanicos aluviales, terrazas fluviales y depósitos aluviales recientes.

Cronológicamente, se atribuyen al Terciario (Paleógeno y Neógeno), aunque una de ellas la Formación La Corneta alcanza una edad correspondiente al Cuaternario (Pleistoceno) (Rodríguez, 2001).

### **Planicie Oriental**

La unidad fisiográfica conocida como Planicie Oriental o Llanos Orientales constituye la mayor extensión del Departamento del Meta. Esta zona corresponde a una superficie plana donde se han acumulado los productos de los procesos denudativos que, de manera continua, han actuado sobre la Cordillera Oriental desde su emersión como orógeno, moldeando gradualmente su morfología y relieve actuales (Rodríguez, 2001).

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

El intenso levantamiento de la Cordillera Oriental generó un fuerte proceso erosivo que removió los estratos superiores, dejando expuestos niveles más antiguos del basamento, los cuales pueden observarse en la actualidad (Rodríguez, 2001).

### **Serranía de la Macarena**

La Serranía de La Macarena ha sido interpretada como una posible extensión del Macizo de Garzón (Gómez et al., 2007), conformando el límite suroccidental de la cuenca de los Llanos Orientales. De acuerdo con estudios exploratorios realizados por diversas compañías petroleras, esta serranía presenta una secuencia estratigráfica que inicia con un basamento metamórfico de edad Precámbrica, dentro del cual afloran ventanas de rocas plutónicas, principalmente granitos semejantes al Granito de Parguaza y a los identificados en El Remanso y San Felipe (Bruneton et al., 1983).

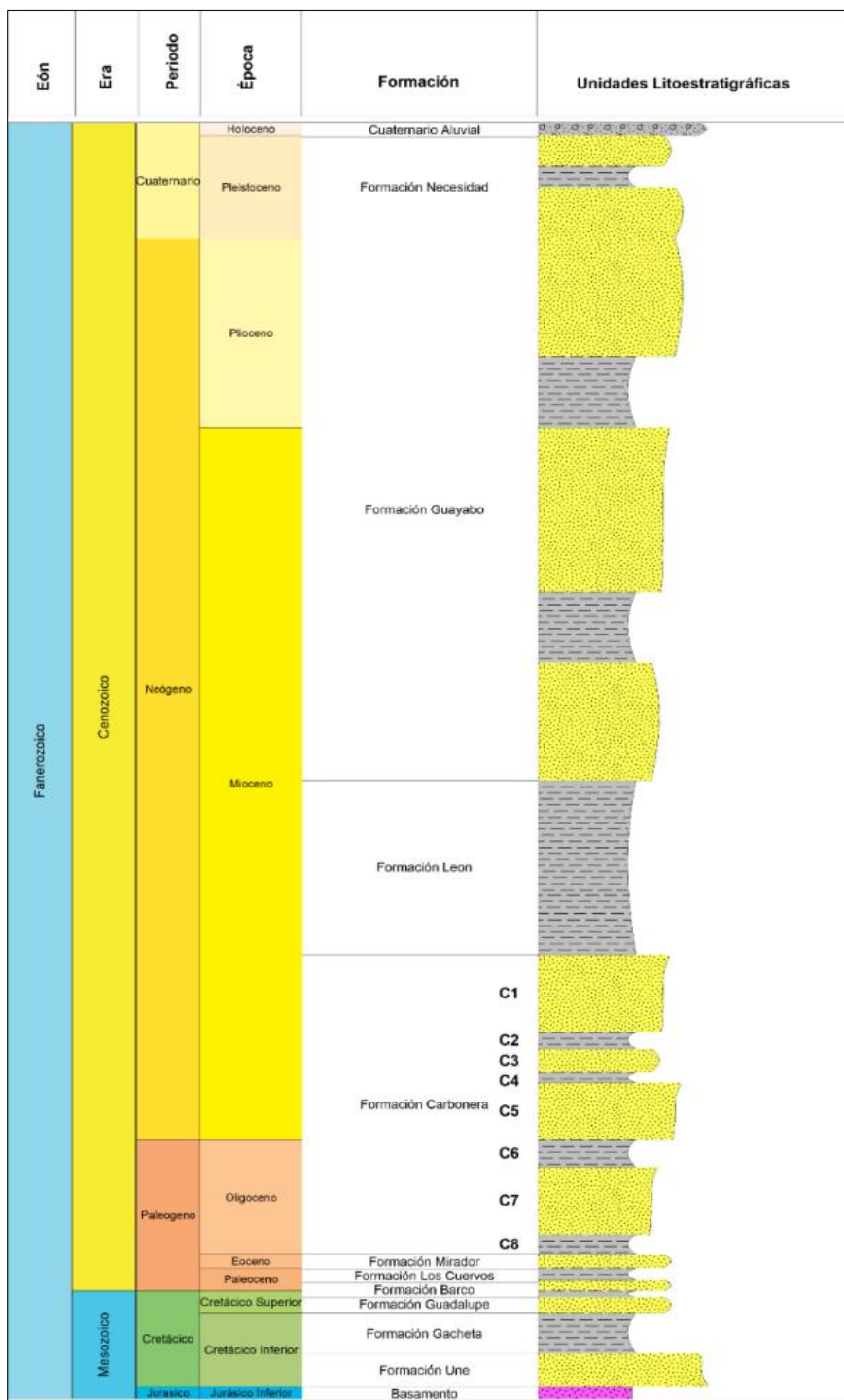
Sobre este zócalo se dispone una sucesión sedimentaria integrada por la Serie Güejar (de edad Cámbrico-Silúrica), la Formación Macarena (Cretácico Superior), la Formación Guayabero (Paleoceno), la Formación Losada (Eoceno Inferior) y la Formación San Fernando (Oligoceno) (Rodríguez, 2001).

Por otro lado, enfocándonos en el área de estudio y su relación con lo descrito anteriormente se diferencian sedimentos Neógenos y Paleógenos depositados en un ambiente predominantemente fluvial que reposan sobre rocas del Paleozoico, mientras que el Neógeno está representado por las formaciones Guayabo, León y la parte superior de la Formación Carbonera, el Paleógeno corresponde a la parte inferior de la Formación Carbonera, tal como se expresa en la **Figura 4** en la cual se representa la columna estratigráfica generalizada para los Llanos Orientales.

MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 4**

*Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Llanos Orientales incluyendo las formaciones relacionadas con el proyecto.*



Nota: Pertenece a Petroshale S.A.S (2019) tomada de Gómez Gómez, A. et al. (2009).  
Modificado S.G.I. S.A.S., 2022

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

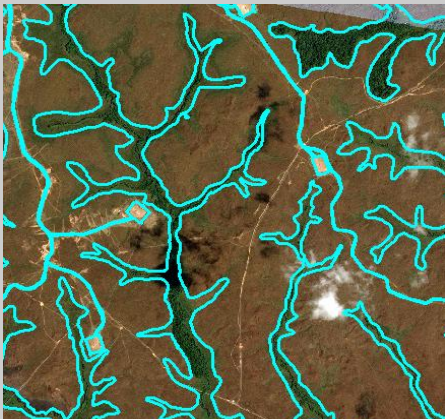
### 4.3. Geología local

Para caracterizar la geología local, se realizó un análisis foto interpretativo, el cual permitió identificar cuatro unidades litológicas principales, diferenciadas con base en sus respuestas geomorfológicas, las cuales reflejan variaciones en litología y en los procesos ambientales que han moldeado el área a lo largo del tiempo geológico. Esta interpretación establece la relación de las unidades con las características topográficas y geológicas del entorno. Esta caracterización fue validada en trabajo de campo mediante la visita a puntos de control y recopilación de datos geológicos primarios, a efectos de corroborar la información obtenida y ajustar las delimitaciones con base en observaciones directas.

En la siguiente tabla se evidencian los parámetros geomorfológicos para determinar cada uno de los miembros, mediante un análisis fotointerpretativo.

**Tabla 1**

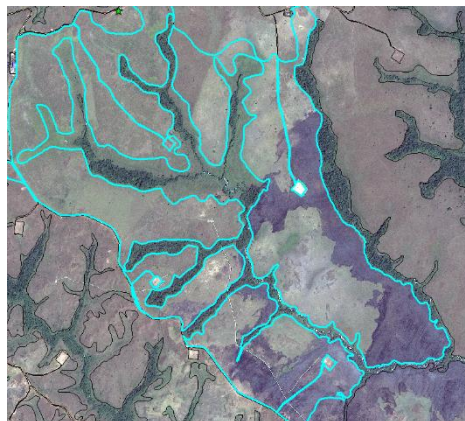
*Parámetros utilizados para la caracterización de las unidades geológicas.*

<b>Miembro</b>	<b>Parámetros</b>	<b>Fotografía</b>
<b>N2C-arc</b>	Se presentan áreas con lomeríos de cimas planas o redondeadas, con alturas de hasta 20 metros y pendientes superiores al 25%, donde predominan patrones de drenajes dentrítico y procesos de erosión laminar. En zonas cóncavas entre lomeríos, se acumulan sedimentos, con susceptividad a convertirse en áreas pantanosas debido al agua lluvia y	

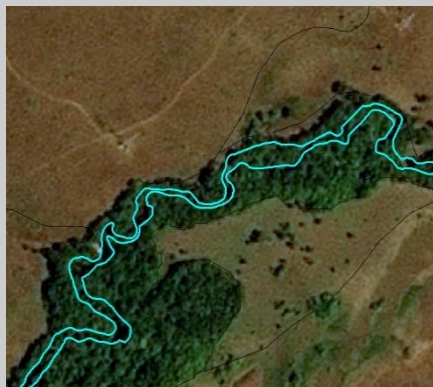
## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

escorrentía. Se definieron como **Formación Guayabo miembro Arcilloso.**

**N2C- are** Estas áreas son relativamente planas con algunos montículos residuales de lomeríos, los cuales son formados por procesos erosivos intensos que han denudado casi por completo las rocas sedimentarias de la formación Guayabo. Presentan pendientes de 0 a 12%. Estas características permitieron denominar estas áreas basándonos en información de modificaciones anteriores y un análisis de pozos como **Formación Guayabo Miembro Arenoso.**



**Q2-alcM** Corresponden a cortes erosivos sobre la Formación Guayabo, formando valles aluviales en U o V por socavación de cursos menores y mayores, además se presenta escorrentías en zonas de mayor pendiente, con un patrón de drenaje dentrítico. Esto permitió denominarlo como **depósitos aluviales de cauces mayores y menores.**



## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Q2-alin** Esta área se caracterizó por ser plana, con una leve inclinación y se localizan cerca del caño rubiales y el río Tillavá, estas se definieron como **depósitos aluviales de llanura de inundación.**



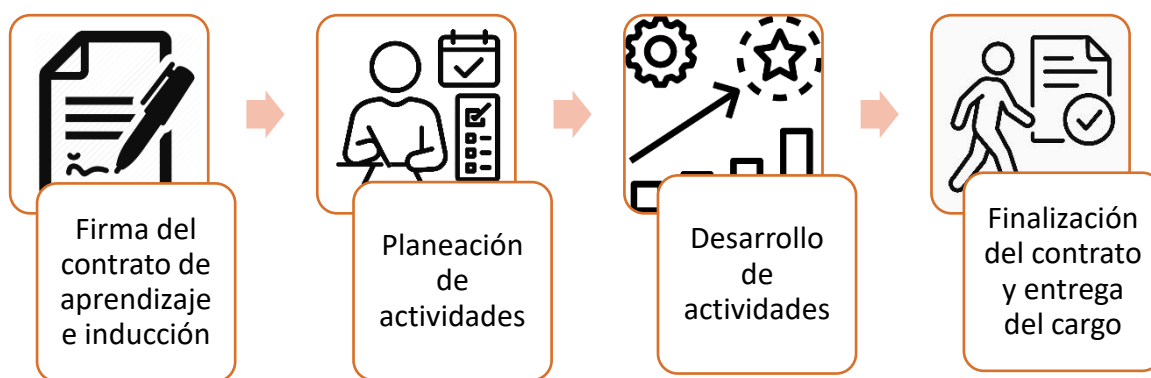
Se determinó que dentro del área de influencia del campo afloran las siguientes unidades geológicas: **la Formación Guayabo (N2c)**, conformada por un grupo arcilloso y otro arenoso; **los depósitos aluviales** de edad cuaternaria asociados a los procesos de transporte y sedimentación del Caño Rubiales y el Río Tillavá, y los depósitos aluviales de llanura de inundación que conforman la superficie de desborde de los cauces mencionados anteriormente.

## 5. Métodos y procedimientos

La metodología de la práctica se muestra a continuación en la **Figura 5**.

### Figura 5

*Metodología general en el desarrollo de la práctica*



No se contó con una metodología previamente establecida, lo que permitió adoptar un enfoque adaptativo y flexible para abordar las actividades propuestas por las codirectoras de práctica a medida que avanzaba el Estudio de Impacto Ambiental (EIA). Además, se implementó un enfoque colaborativo y orientado a resultados, en el cual las actividades y pasos a seguir se definieron en función de los objetivos y requerimientos del proyecto. Esta dinámica facilitó la adaptación a circunstancias cambiantes y permitió aprovechar oportunidades que surgieron durante el desarrollo de la práctica.

Durante el desarrollo de la práctica profesional se fortalecen diversas competencias blandas, entre las cuales se destacan la organización en el espacio de trabajo y el trabajo en equipo.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

La organización resulta fundamental, ya que se requiere mantener un control riguroso y un orden adecuado de los archivos actualizados, los cuales posteriormente son cargados en una nube especializada dispuesta por la empresa para garantizar una transmisión eficaz de la información. Por otro lado, el trabajo en equipo se promueve mediante reuniones periódicas con los compañeros de trabajo, en las cuales se socializan y comparten ideas con el objetivo de mejorar la calidad de los productos entregables dirigidos a la ANLA.

Las competencias profesionales y académicas se ven fortalecidas a través de la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Entre las actividades realizadas se destaca la elaboración de mapas geomorfológicos, a partir de la interpretación de Modelos de Elevación Digital (DEM) de alta resolución, junto con la imagen satelital. Asimismo, se emplea de manera constante software especializado en Sistemas de Información Geográfica (SIG), como ArcGIS y QGIS, para la actualización y edición de capas temáticas y mapas, contribuyendo a un análisis espacial más preciso y detallado.

Para el desarrollo del análisis geomorfológico del área de estudio se empleó la “Propuesta Metodológica para la Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia” (Carvajal, 2012), la cual establece un esquema jerárquico que permite clasificar las unidades geomorfológicas de acuerdo con su origen, escala y nivel de detalle. Esta metodología facilitó la identificación y delimitación de geoformas desde niveles regionales hasta unidades específicas de campo, garantizando coherencia en la interpretación del relieve y en la representación cartográfica. (Ver **Figura 6**).

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### 6. Resultados y discusión

A continuación, se describen las actividades desarrolladas y analizadas durante la práctica empresarial.

En la medida de lo posible, se presentará información de carácter general sobre las actividades realizadas, procurando no infringir lo comentado anteriormente. En los resultados se abordarán los hallazgos obtenidos en cada uno de los componentes en los que se brindó apoyo dentro del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

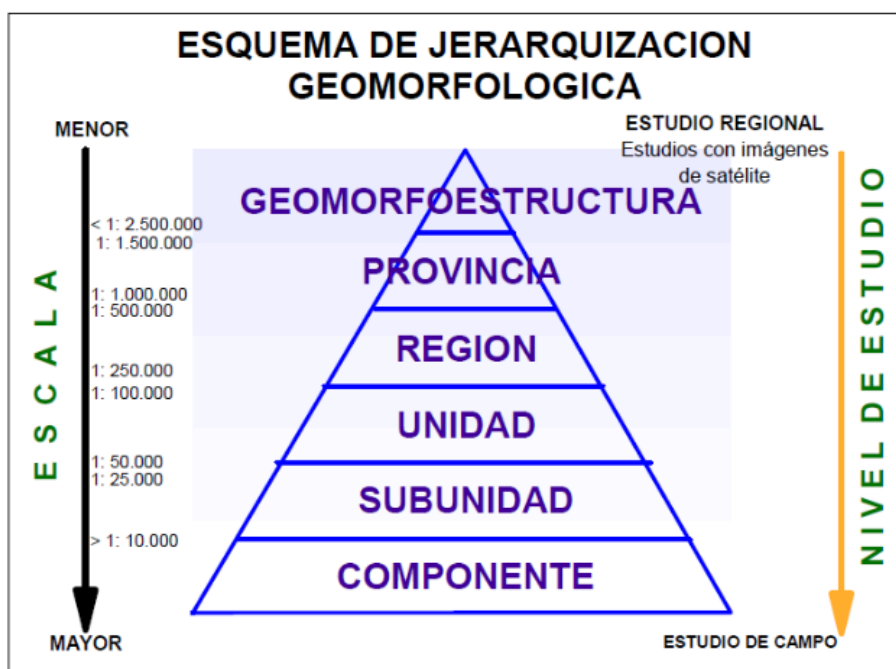
#### 6.1. Geomorfología

Para el componente geomorfológico se llevó a cabo la fotointerpretación de las unidades geomorfológicas, utilizando herramientas como un Modelo Digital de Elevación con una resolución espacial de 12,5 metros y una imagen satelital de 1,5 metros de resolución, adquirida como insumo para la modificación de la licencia ambiental. En ellos se analizaron curvas de nivel, pendientes, mapa de sombras y coberturas para la definición de las unidades geomorfológicas del área de influencia, siguiendo los estándares del documento “Propuesta Metodológica para la Estandarización de la Cartografía Geomorfología en Colombia” (Carvajal,2012) donde se describen unidades de acuerdo con su origen, tal como se evidencia en la **Figura 6**.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 6**

*Esquema de jerarquización geomorfológica.*



Nota: Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Carvajal, 2012.

Para realizar el análisis dentro del área de influencia físico-biótica, la cual comprende un área relativamente amplia, se interpretó geomorfológicamente de acuerdo con la clasificación establecida por el Servicio Geológico Colombiano. Como resultado se identificaron y categorizaron las siguientes unidades dentro del AI:

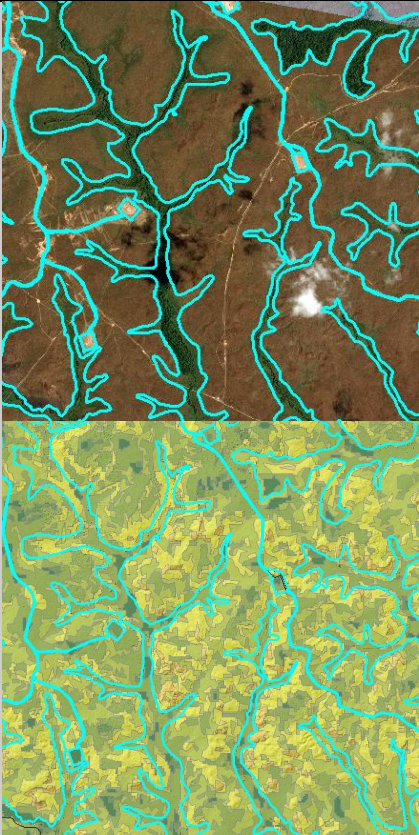
- Lomeríos disectados
- Laderas onduladas
- Lomeríos poco disectados
- Cauce aluvial
- Plano de inundación de caños mayores
- Plano anegadizo
- Meandro abandonado
- Plano de inundación de caños menores
- Laguna
- Infraestructura

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

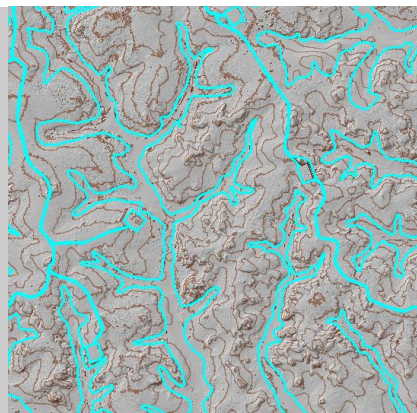
A continuación, en la **Tabla 2**, se presenta el criterio para la determinación y descripción de las unidades geomorfológicas, junto con su explicación correspondiente y una imagen de ejemplo que ilustra la caracterización de dichas unidades dentro del área de estudio.

**Tabla 2**

*Metodología para la delimitación de las unidades geomorfológicas.*

<b>UNIDAD GEOMORFOLÓ GICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>FOTOINTERPRETACIÓN</b>
<b>Lomeríos disectados</b>	<p>Representan elevaciones pequeñas del terreno, formando lomeríos de cimas planas o redondeadas en forma de mesas de 20m de altura con límites suaves pero abruptos que pueden alcanzar pendientes de más de 25%. Exhiben patrones de drenaje dendríticos y procesos dinámicos como erosión laminar y surcos. Entre los lomeríos se encuentran áreas de geometría cóncava, donde se depositan sedimentos, se forman suelos transportados, son susceptibles a ser pantanosos por la acumulación de aguas lluvias y de escorrentía. Exhibe un patrón de drenaje dendrítico evidente en ortofotos y cartografía base.</p> <p>La delimitación de estas unidades se realizó con base en la divisoria de aguas de los drenajes, considerando la inclinación del terreno y los procesos erosivos presentes en estas elevaciones.</p>	

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

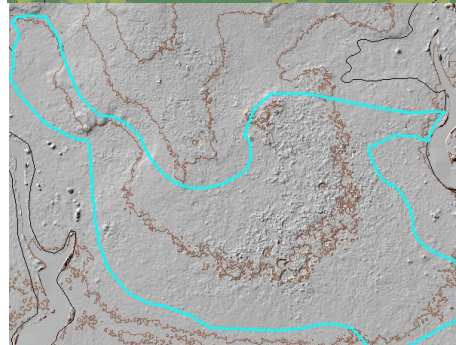
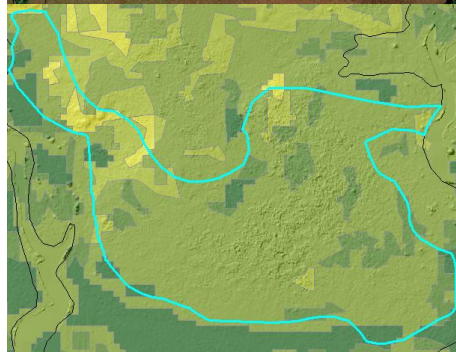
**Laderas  
onduladas**

Son zonas que presentan una leve inclinación hacia el curso del caño Rubiales y el Río Tillavá hacia el sur del área de influencia, con algunos montículos residuales de los lomeríos. Son resultado de procesos erosivos fuertes que denudan casi en su totalidad las rocas sedimentarias de la Formación Guayabo con influencia aluvial o de escorrentías superficiales. Sus pendientes principalmente se encuentran entre 0 y 15%.

Actualmente son zonas que presentan erosión laminar por acción de aguas lluvia y de escorrentía, tienen un desarrollo de suelos de poco espesor. No se reconoce patrón de drenaje sobre estas áreas.

Hacia el sur del área de influencia, en límites con el Río Tillavá, estas geoformas son aprovechadas para sembrar Palma de cera.

Se delimitaron observando las pendientes y las curvas de nivel, considerando que la pendiente entre 0 y 15%.

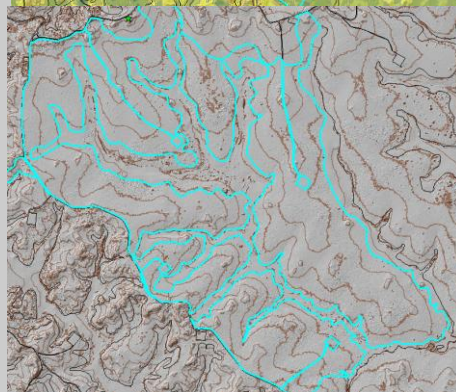


## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Lomeríos poco disectados**

Representan zonas relativamente planas, con algunos montículos residuales de los lomeríos. Son resultado de procesos erosivos muy fuertes que denudan casi en su totalidad las rocas sedimentarias de la Formación Guayabo. Sus pendientes principalmente se encuentran entre 0 y 12%.

Actualmente son zonas que presentan erosión laminar por acción de aguas lluvia y de escorrentía, tienen un desarrollo de suelos de poco espesor y algunos pequeños caños disectan el terreno en un patrón subdendrítico un poco menos denso

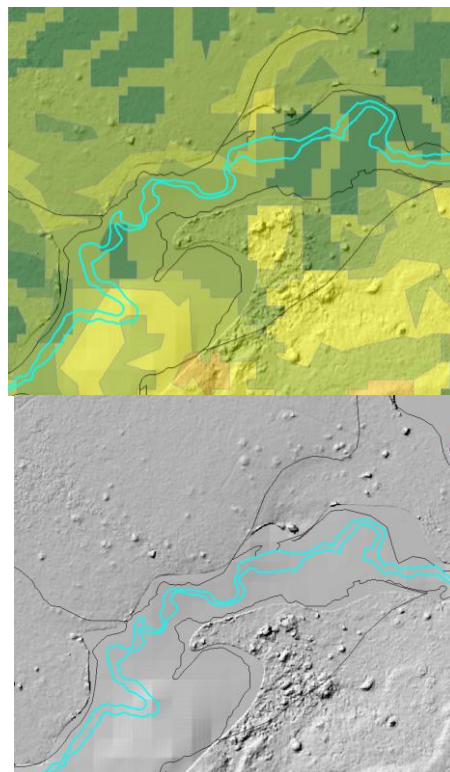
**Cauce aluvial**

Constituye un área extensa longitudinalmente a lo largo del caño Rubiales, formando pequeños o estrechos cortes en forma de V sobre lomeríos, con ondulaciones producto de procesos deposicionales hídricos y erosionales. Los valles aluviales menores son el resultado de la interacción entre el transporte de sedimentos, la depositación por disminución de la energía fluvial y la influencia de factores climáticos que,



## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

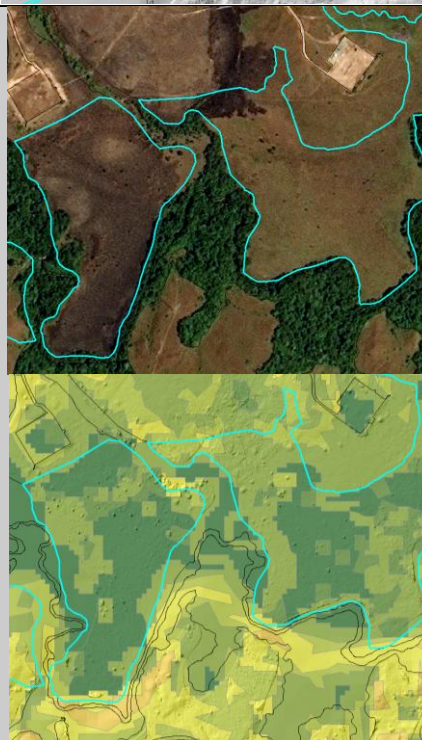
conjuntamente, generan un ambiente propicio para la acumulación y organización de materiales aluviales en zonas de relieve suave o moderado.



### **Plano de inundación de caños mayores**

Originados por acumulación de sedimentos finos gracias al desborde de la corriente fluvial, son planos con leve inclinación aledaños al caño Rubiales y el Río Tillavá, que son susceptibles a ser inundados por aguas lluvias o de escorrentía que se dirigen hacia el curso principal, o bien son cubiertas por crecientes en épocas lluviosas.

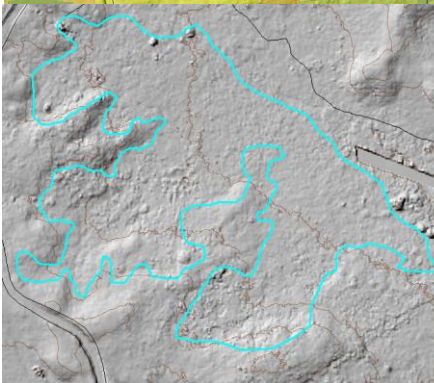
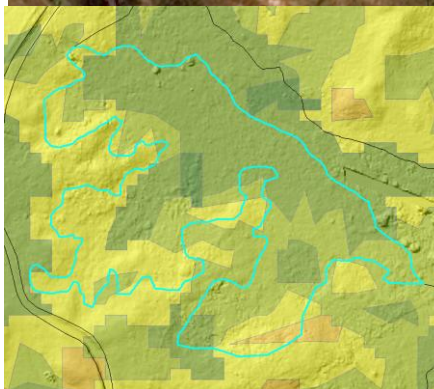
El proceso predominante corresponde a la deposición de sedimentos finos; no obstante, hay leve presencia de erosión laminar



## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Plano anegadizo**

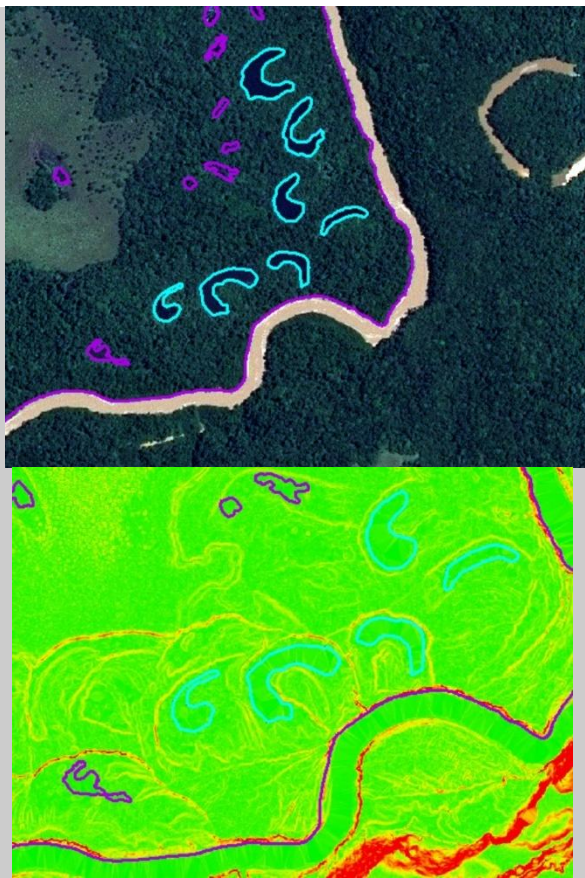
Superficie casi plana e irregular, con pendiente suavemente inclinada (predominan pendientes de  $5^\circ$  o menores) que se localiza normalmente en áreas planas mal-drenadas cercanas a los vallecitos, planicies de inundación o zonas bajas de los lomeríos que favorecen el encharcamiento de agua producto de la crecida de corrientes hídricas o del flujo de escorrentía que se produce por altas precipitaciones y confluye hacia dichas zonas bajas. Su origen es relacionado a procesos de encharcamiento temporal



## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

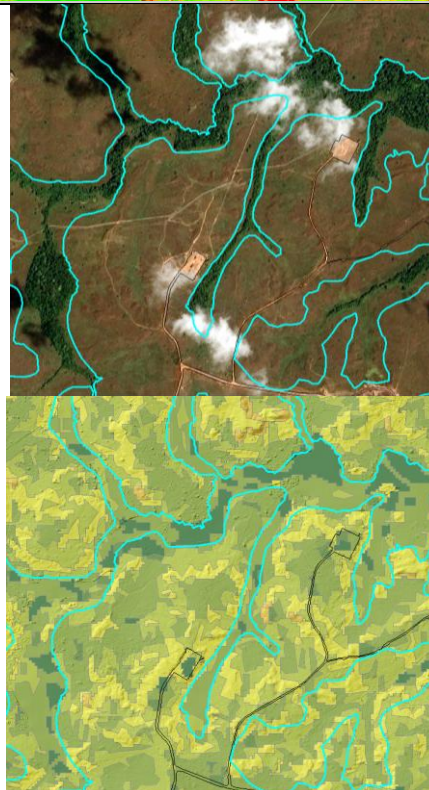
**Meandro abandonado**

Sección en forma de curva del cauce de un río antiguo. Su origen está relacionado a la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad o por el corte de la zona más angosta entre dos curvas consecutivas que generan el estrangulamiento del meandro. Su depósito está constituido por sedimentos finos arcillosos con intercalaciones de turba, producto del estancamiento de aguas. Esta geoforma se puede observar en cercanías del Río Tillavá y Caño Rubiales

**Plano de inundación de caños menores**

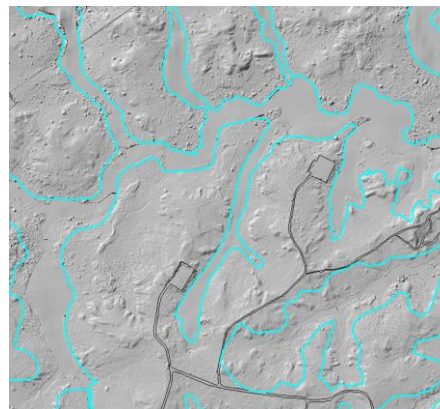
Corresponden a pequeñas disecciones desarrolladas sobre la unidad litológica Formación Guayabo, que han dado origen a valles aluviales reducidos con morfologías en forma de “U” o “V”, producto de la socavación del fondo por la acción de cursos menores de agua y escorrentías superficiales en zonas de mayor pendiente. Esta configuración genera una red de drenaje de tipo dendrítico.

Debido a las altas precipitaciones características de la zona, se presentan escorrentías superficiales que no logran consolidarse en cauces definidos, conformando drenajes intermitentes sin la capacidad de generar geoformas tipo vallecito. A la



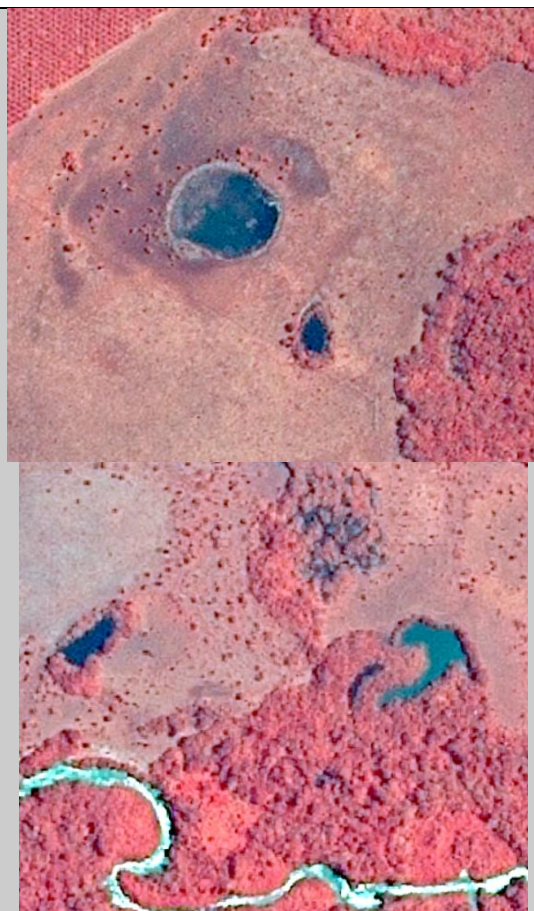
## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

escala de trabajo 1:10.000, y con base en la información pública disponible, no fue posible delimitar vallecitos asociados a estos drenajes intermitentes dentro del mapa de unidades geomorfológicas. Los procesos de escorrentía se relacionan directamente con fenómenos denudativos, tales como la erosión laminar, y en contraposición, con el transporte y posterior deposición de sedimentos. Se delimitaron teniendo en cuenta la cuenca del drenaje.



### Laguna

Esta unidad se define según el SGC (2012) como un depósito natural de agua de dimensiones inferiores, en relación con lagos, tanto en área como en profundidad. Esta profundidad varía de acuerdo con las condiciones ambientales donde se localice y a su grado de colmatación (acumulación de sedimentos). Las lagunas de origen fluvial se relacionan con la inundación de antiguas depresiones durante la época de alta pluviosidad, estas pueden permanecer incluso en épocas secas debido a que son pobremente drenadas.



## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### **Infraestructura**

Son un conjunto de elementos físicos construidos por el hombre y que se consideran necesarios para el funcionamiento de una organización o para el desarrollo de una actividad.

Para este proyecto estas unidades hacen referencia a las facilidades de la industria petrolera y sus vías de comunicación y acceso, también se incluyen los asentamientos de la comunidad dentro de esta unidad



Una vez obtenidos los insumos proporcionados por los profesionales de los diferentes componentes, se procedió a la elaboración de las figuras incluidas en el documento final. Estas figuras incorporan el área de influencia actualizada y las capas generadas por el autor y los demás integrantes de la empresa, con el propósito de su entrega ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales.

### **6.2. Morfoestructura**

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Este análisis corresponde al estudio de las formas estructurales que dominan el relieve, en las cuales se evidencia la influencia geológica y estructural en la configuración y modelado del terreno.

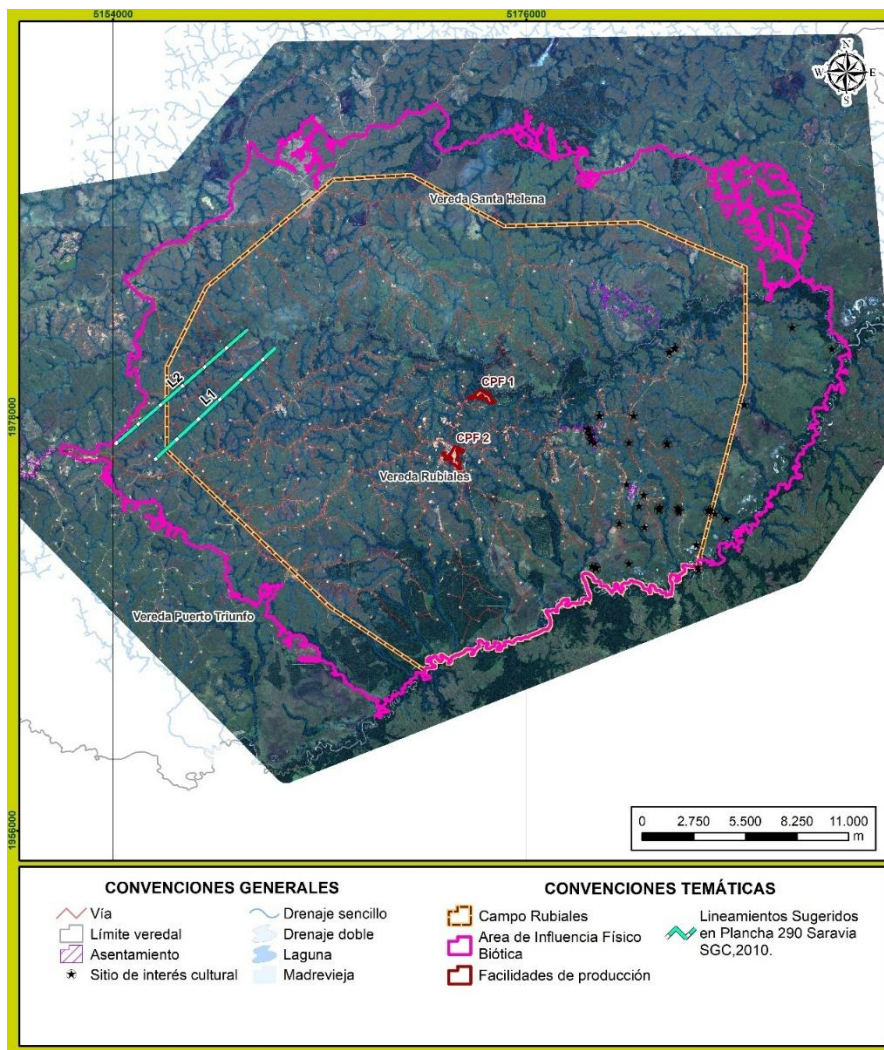
Para esta descripción, no se evidencian estructuras geológicas dentro del área de influencia, tales como fallas, pliegues o lineamientos claramente identificables durante el trabajo de campo. No obstante, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), en la Plancha 290 – Saravia (2010), sugiere la presencia de lineamientos estructurales que controlan parcialmente algunos cursos menores de agua, los cuales fluyen en dirección suroeste–noreste (SW–NE) y son tributarios del caño Rubiales. En contraste, la mayoría de los drenajes del área presentan una orientación predominante norte–sur (N–S).

Estos lineamientos son notorios si se observa el trazo de los drenajes en el sector (Ver **Figura 7**), pero se no se tiene certeza si corresponden a expresiones de estructuras geológicas en superficie. Es decir, pueden ser controles litológicos o topográficos, no estrictamente asociados a estructuras tipo falla.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 7**

*Lineamientos sugeridos en la plancha 290 Saravia, SGC,2010.*



Nota: Tomada de SGI SAS,2025

### 6.3. Pendientes

Las pendientes representan la inclinación del terreno respecto a un plano horizontal. Estas pendientes se muestran comúnmente en porcentajes.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Para el Área de Estudio, las pendientes del terreno asumen valores desde 0% hasta 75% presentándose mayoritariamente valores entre 1% y 7%. En general el terreno es ligeramente inclinado con algunas zonas bastantes planas, las cuales se ubican cerca al Río Tillavá. Hacia el Caño Rubiales se identifican zonas con inclinaciones mayores, por lo que se evidencia que hacia este sector no hay llanuras de inundación tan amplias como hacia el sur del área.

Los valores de las pendientes fueron obtenidos a partir del DEM Palsar a 12,5 metros para el área de influencia de Campo Rubiales. A partir de esto se establecieron los rangos de pendientes presentados en la **Tabla 3**.

**Tabla 3**

*Rangos de pendientes del área de influencia de Campo Rubiales.*

PENDIENTE	SÍMBOLO
A nivel, 0-1% (a)	0-1 %
Ligeramente plana, 1-3% (a)	1-3%
Ligeramente inclinada, 3-7% (b)	3-7%
Moderadamente inclinada, 7-12% (c)	7-12%
Fuertemente inclinada, 12-25% (d)	12-25%
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada, 25-50% (e)	25-50%
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada, 50-75% (f)	50-75%
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada, 75-100% (g)	75-100%
Totalmente escarpada, >100% (g)	>100
<b>TOTAL</b>	

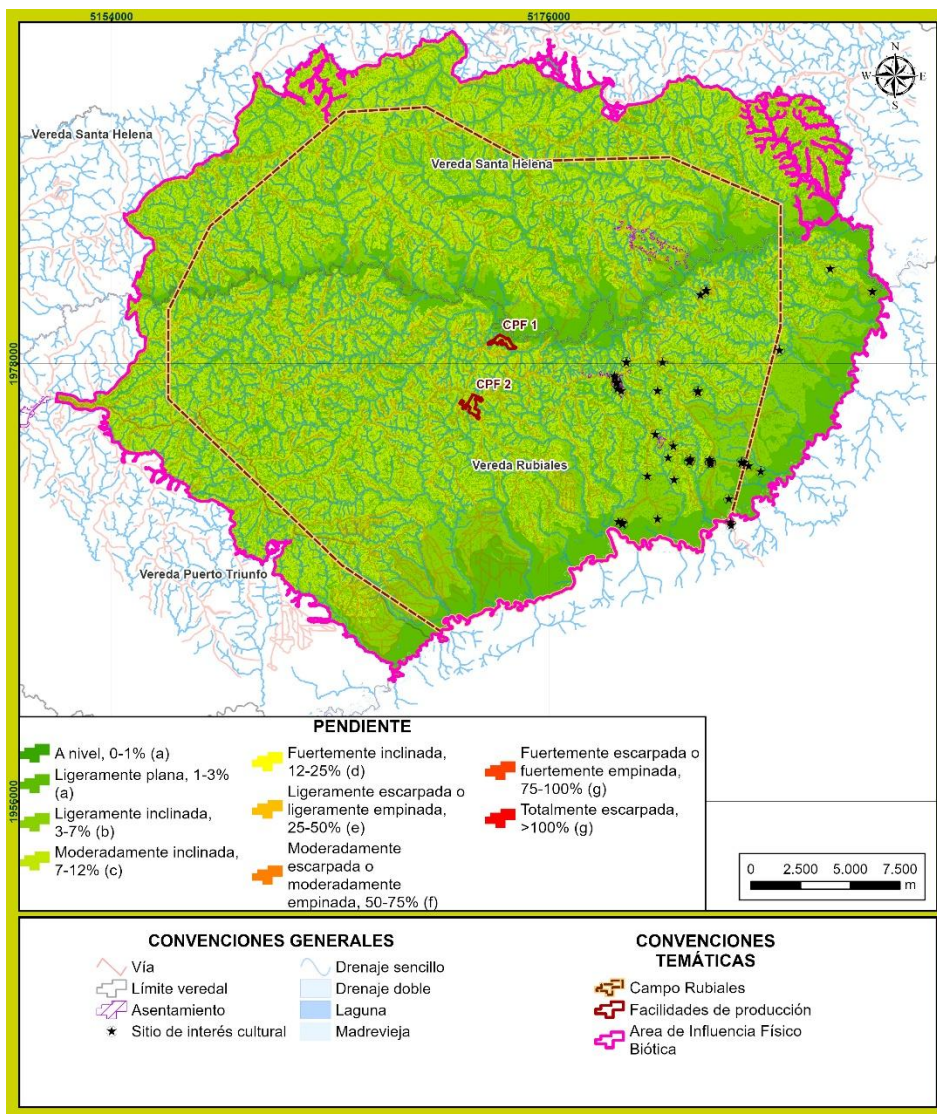
Nota: Tomado de SGLSA.S, 2025

El mapa de pendientes para el Área de influencia del EIA para la Modificación de la Licencia Ambiental de Campo Rubiales se presenta en la **Figura 8**

**Figura 8**

MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Mapa de pendientes del área de influencia de Campo Rubiales



Nota: Tomado de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### 6.4. Suelos

Se participó también, activamente en el acompañamiento del proceso de caracterización de las unidades del componente de suelo dentro del área de estudio, en conjunto con la caracterización de las unidades geológicas superficiales. La metodología utilizada en este punto fue enfocada principalmente en la revisión, análisis y consolidación de la información existente; puesto que el trabajo de campo asociado a la toma de muestras y observaciones directas fue realizado por profesionales previamente al ingreso de la práctica.

La información base para la categorización de las unidades de suelo provino de los productos generados en los componentes de geomorfología y coberturas de la tierra, los cuales sirvieron como insumo fundamental para la delimitación y correlación de las diferentes unidades.

Asimismo, se apoyó la verificación de coherencia entre las unidades de suelo y las características geológicas superficiales, contribuyendo a la representación cartográfica y a la interpretación general del componente dentro del Estudio de Impacto Ambiental.

Cabe mencionar que, debido a la sensibilidad de la información generada y a los acuerdos de confidencialidad establecidos con el cliente, no es posible presentar mapas, figuras o resultados detallados asociados a este componente.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

### 6.5. Hidrología

Para este componente se realizó un trabajo más administrativo y de consolidación de base de datos, los cuales se verán descritos a continuación.

#### 6.5.1. Verificación y ajuste de datos

Esta actividad se desarrolló a lo largo de toda la práctica, con el propósito de verificar la coherencia entre la información presentada por los profesionales de cada componente en el documento del estudio y los datos contenidos en la geodatabase (GDB) temática del EIA.

#### 6.5.2. Identificación de fuentes de contaminación

Durante una visita de campo realizada por el profesional del componente de hidrología, se identificaron diversas fuentes de contaminación ubicadas en las cercanías de los cuerpos de agua. Esta información fue suministrada al practicante con el fin de filtrar, depurar y posteriormente espacializar los puntos identificados.

Las fuentes de contaminación registradas se presentan en la **Tabla 4**.

**Tabla 4. Fuentes contaminantes en el área de influencia**

<b>CÓDIGO DE FUENTE DE CONTAMINACIÓN</b>	<b>FUENTE DE CONTAMINACIÓN</b>
<b>CON_1</b>	Quema
<b>CON_2</b>	Ganadería
<b>CON_3</b>	Porcicultura
<b>CON_4</b>	Vertimiento 2 autorizado al campo Rubiales
<b>CON_5</b>	Ganadería
<b>CON_6</b>	Vertimiento 3 autorizado al campo Rubiales
<b>CON_7</b>	Vertimiento 4 autorizado al campo Rubiales

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

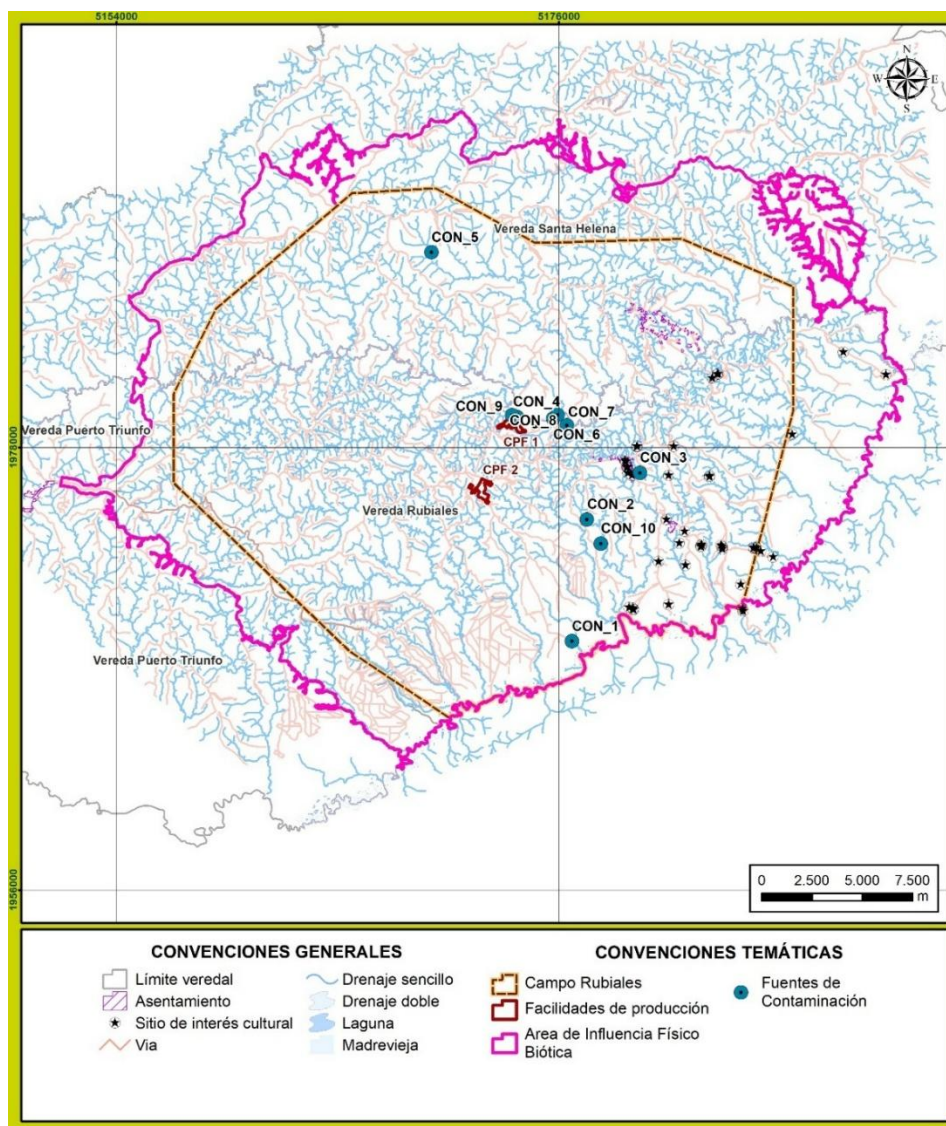
CON_8	Vertimiento 5 autorizado al campo Rubiales
CON_9	Vertimiento 1 autorizado al campo Rubiales
CON_10	Ganadería

Nota: Tomada de SGI. S.A.S,2023

En la **Figura 9** se evidencia la localización de estas fuentes contaminantes dentro del área de influencia del área de estudio.

**Figura 9**

*Fuentes contaminantes identificadas en el AI.*



## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

Se observa que las principales fuentes de contaminación se encuentran en el caño Rubiales, allí se encuentran los 5 puntos de vertimiento autorizados que estaban en operación para el campo Rubiales al momento del reconocimiento de campo.

### **6.5.3. Dinámica fluvial**

En el análisis de la dinámica fluvial se realizó una comparación de la evolución morfológica de los principales drenajes dentro del área de influencia físico-biótica del Campo Rubiales. Mas concretamente del caño Rubiales y el río Tillavá. Este análisis permitió corroborar los resultados con los registros hidrometeorológicos asociados a los fenómenos de “La Niña”, los cuales influyeron en las variaciones observadas en la morfología y comportamiento de los cauces durante los diferentes periodos evaluados.

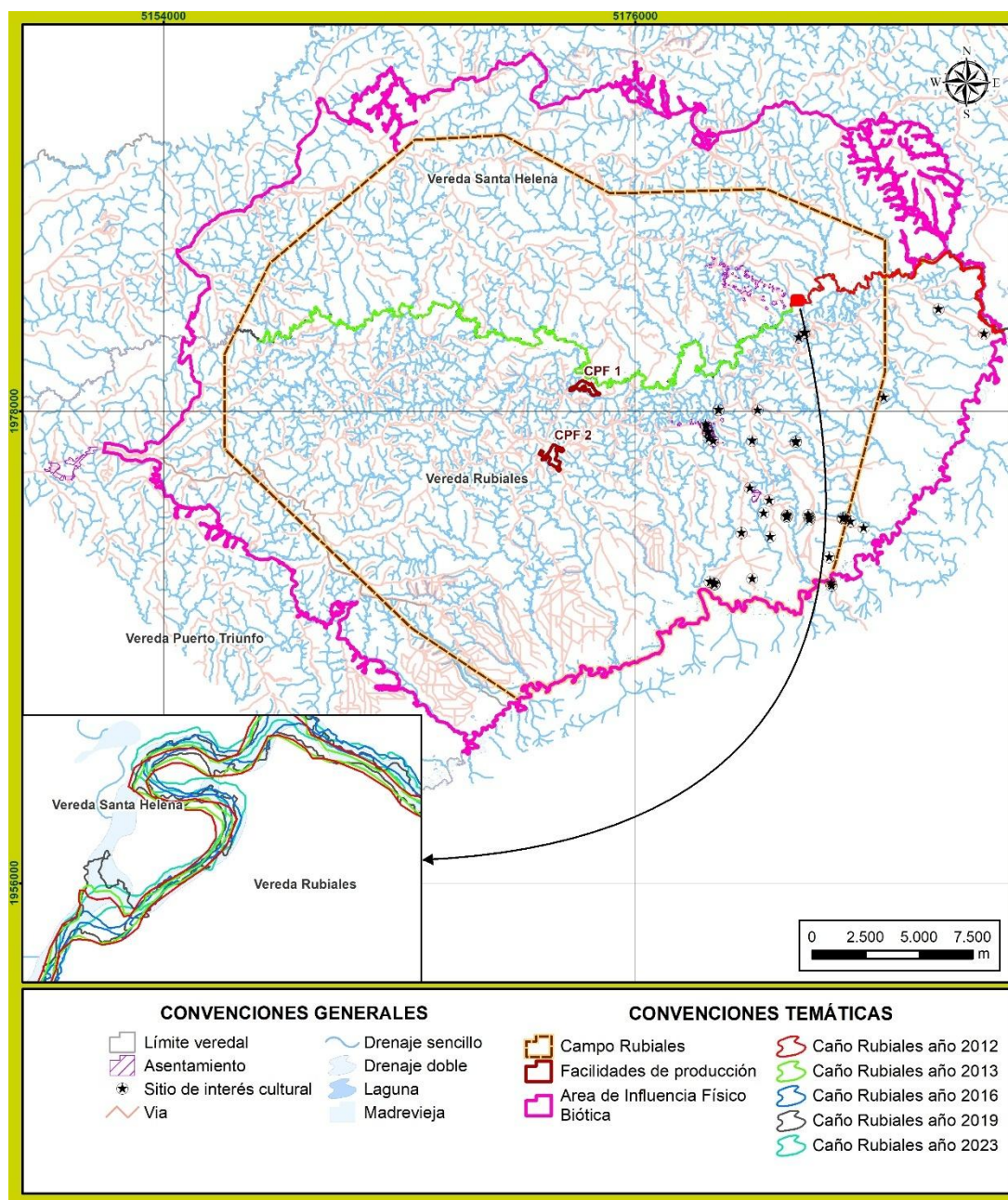
Para ello, se compararon los cauces de estos drenajes digitalizados en las modificaciones de licencia ambiental de los años 2012, 2013 y 2019, junto con los digitalizados en el presente Estudio de Impacto Ambiental.

Adicionalmente, se efectuó la digitalización de los drenajes correspondientes al año 2016, a partir de una imagen satelital de alta resolución suministrada en la modificación de ese mismo año.

De esta manera, se estableció una ventana temporal de análisis de más de diez años, que permitió evaluar los cambios geomorfológicos y de dinámica fluvial en el área de estudio.

En la **Figura 10** se expone la variación del alineamiento del caño Rubiales.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 10***Variación de cauce de Caño Rubiales para las diferentes temporalidades.*

Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

En la **Tabla 5** se observa que los drenajes de Caño Rubiales tienen una divagación promedio de 22.58 m, siendo más acentuada en el año 2012. Se hizo la medición de la movilidad

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

lateral del cauce para los diferentes intervalos de tiempo. y se encontraron distancias entre 3.295 m y 213.93 m

**Tabla 5**

*Variaciones de Cauce caño Rubiales*

AÑO DE VERIFICACIÓN	VARIACIONES CAUCE (m)		
	PROMEDIO	MÁXIMO	MÍNIMO
<b>2012</b>	46.557	213.925	10.728
<b>2013</b>	17.931	81.294	5.069
<b>2016</b>	11.327	58.505	3.295
<b>2019</b>	14.509	36.936	6.137

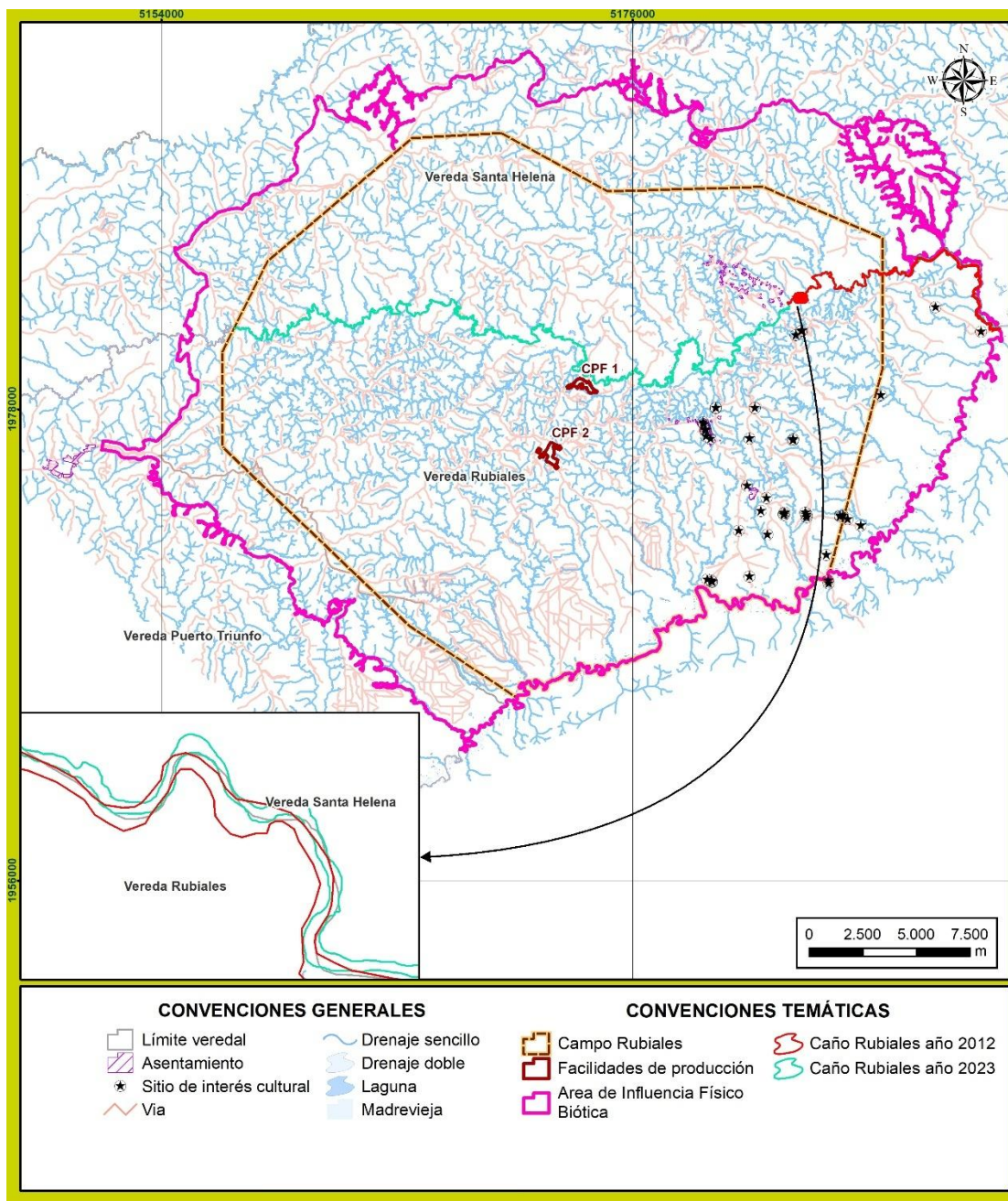
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2023

La **Figura 11** muestra la variación de cauce de Caño Rubiales entre el drenaje actual y el drenaje del año 2012. Para esta comparación se tomaron alrededor de 61 puntos de control donde la variación promedio fue de 46.56m.

MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 11**

*Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2012 y el cauce en el año 2023.*



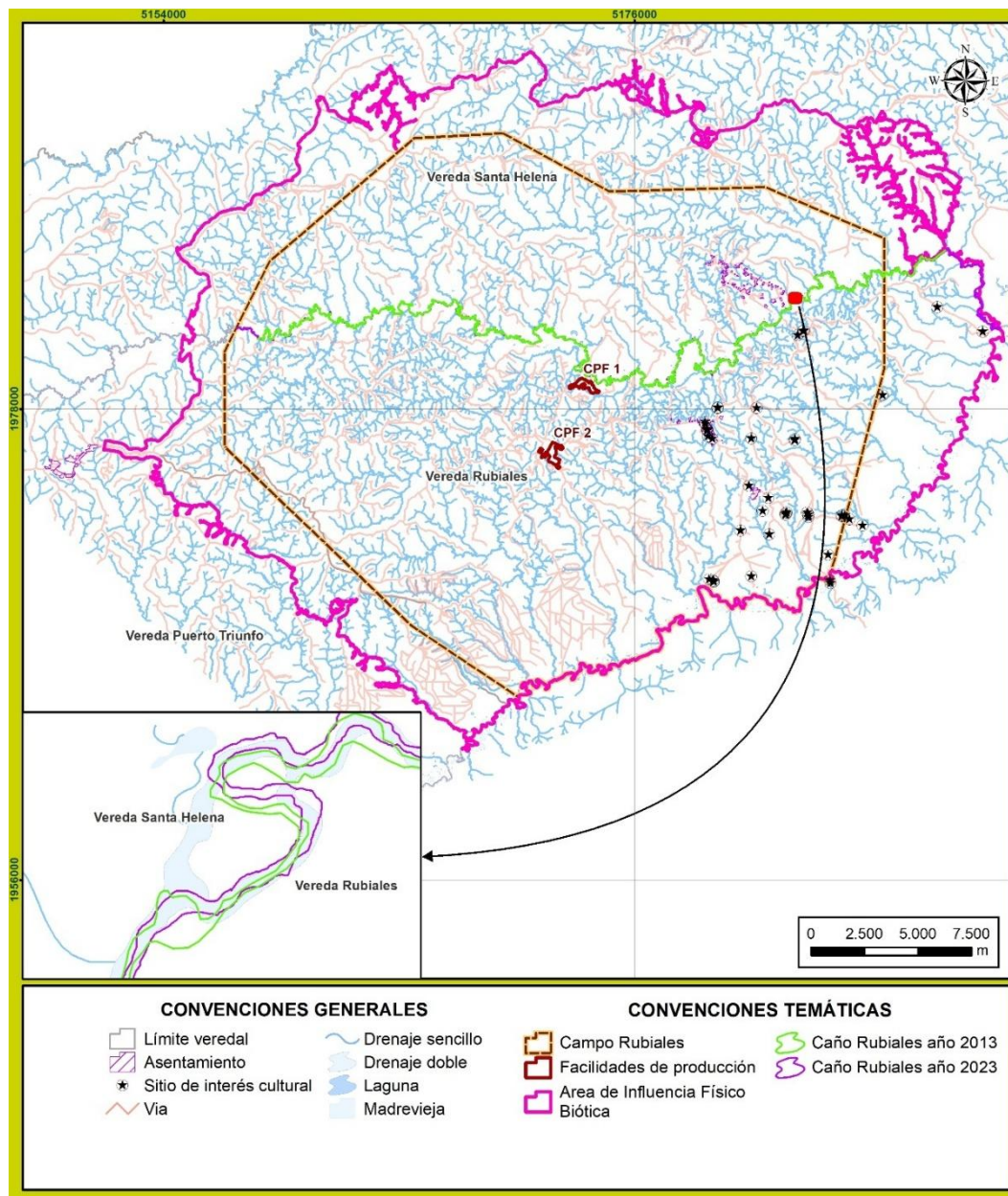
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

La **Figura 12** muestra la variación de cauce entre el drenaje actual de Caño Rubiales y el drenaje del año 2013. En total, en esta temporalidad se tomaron 243 puntos de control donde en promedio se midió un desplazamiento de cauce de 17.93 m.

### Figura 12

*Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2013 y el cauce en el año 2023.*



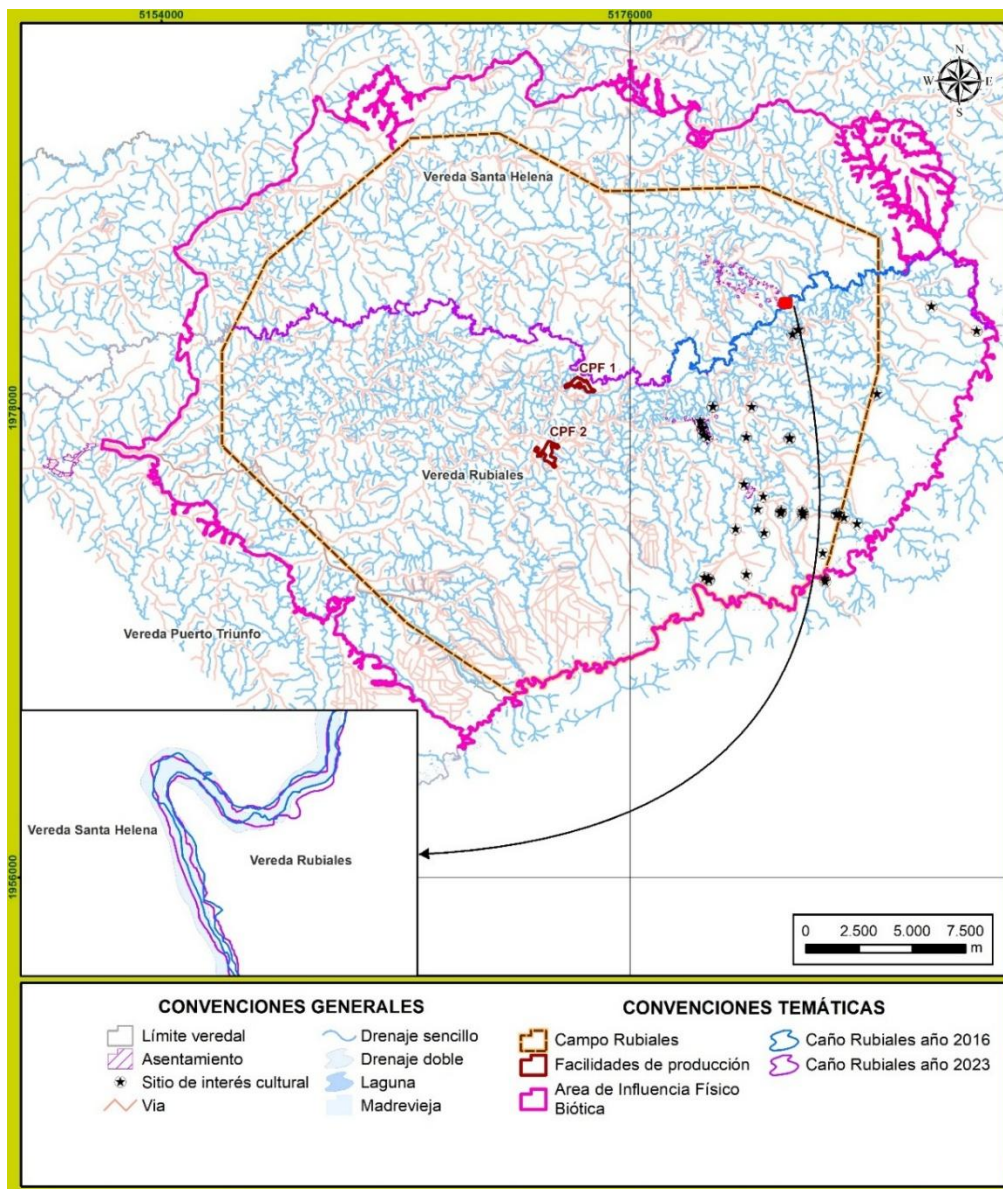
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

La **Figura 13** muestra la variación de cauce entre el drenaje actual de Caño Rubiales y el drenaje del año 2016. Se tomaron 181 puntos de control y se determinó una variación de cauce promedio de 11.327m.

### Figura 13

*Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2016 y el cauce en el año 2023.*



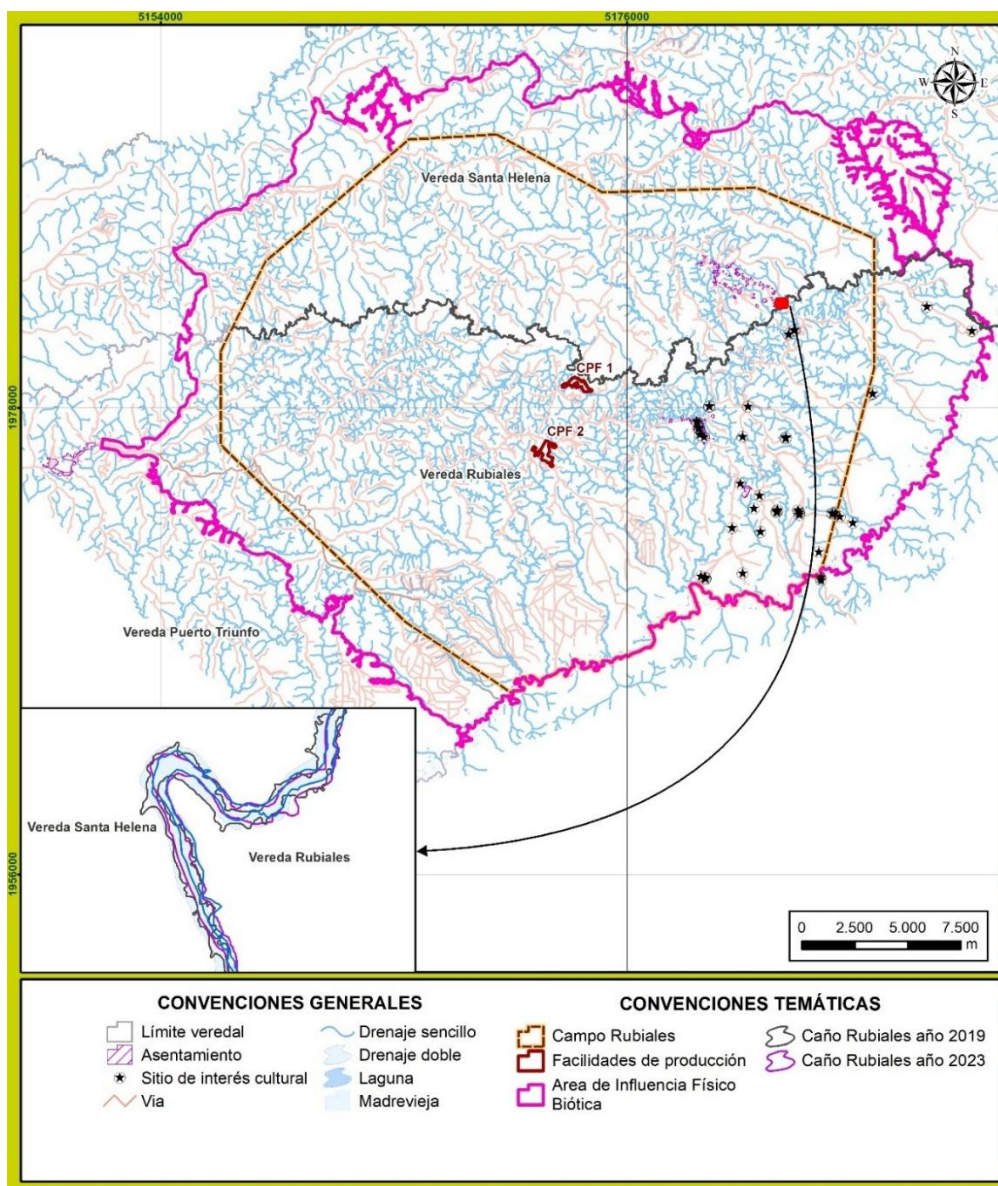
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

La **Figura 14** muestra la variación de cauce entre el drenaje actual de Caño Rubiales y el drenaje del año 2019. La variación promedio fue de 14.509m.

### Figura 14

*Variación de cauce de Caño Rubiales entre el año 2019 y el cauce en el año 2023.*



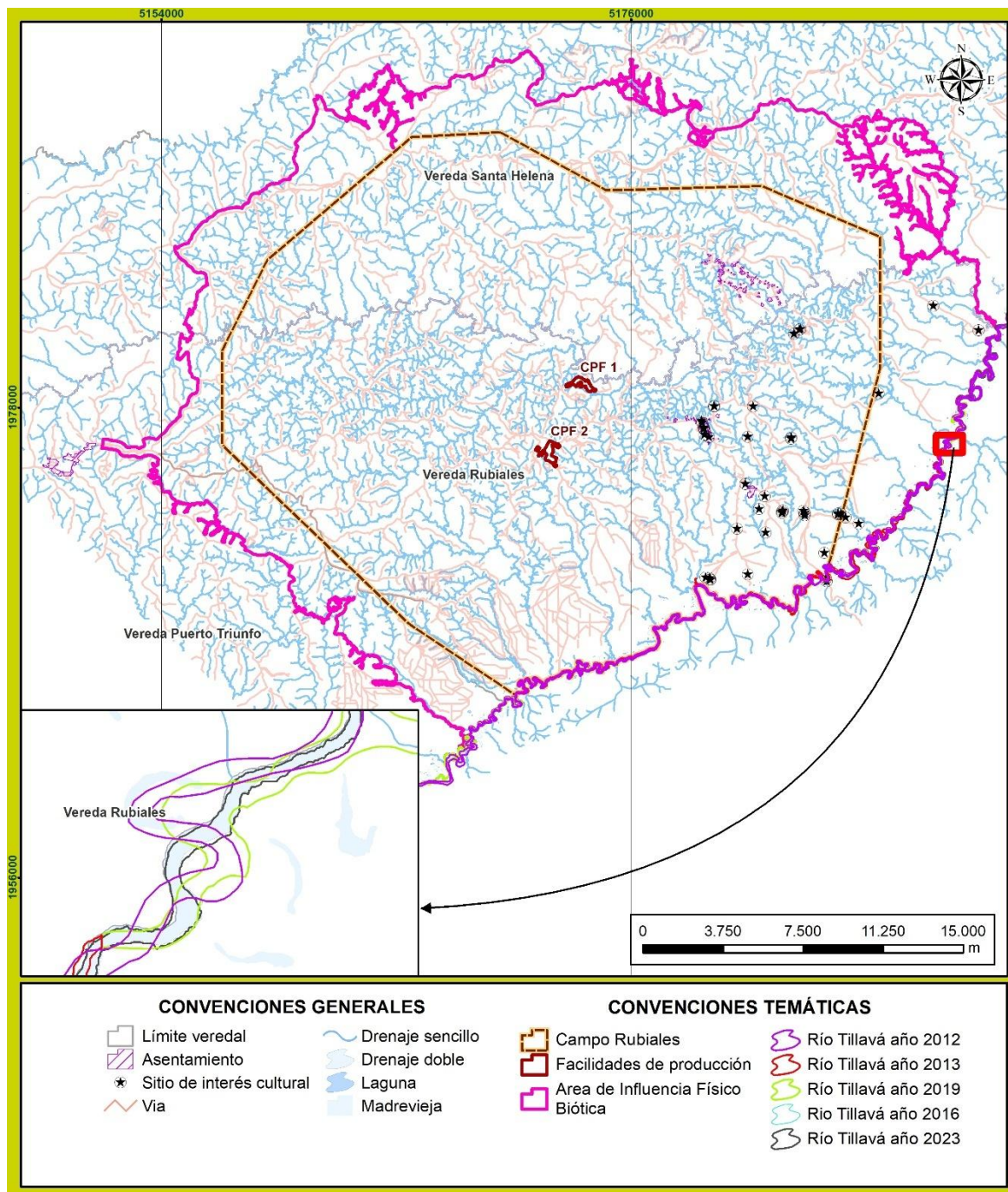
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

Por otro lado, se hace también el estudio con el Río Tillavá ubicado al sur del área de influencia del Campo de estudio. Ver **Figura 15**.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Figura 15

Variación de cauce de Río Tillavá para las diferentes temporalidades.



Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

En la **Tabla 6** se observa que los drenajes del Río Tillavá tienen una divagación promedio de 70.776 m, siendo más acentuada en el año 2012. Se hizo la medición de la movilidad lateral del cauce para las diferentes temporalidades y se encontraron distancias entre 10.925 m y 450.912 m.

**Tabla 6**

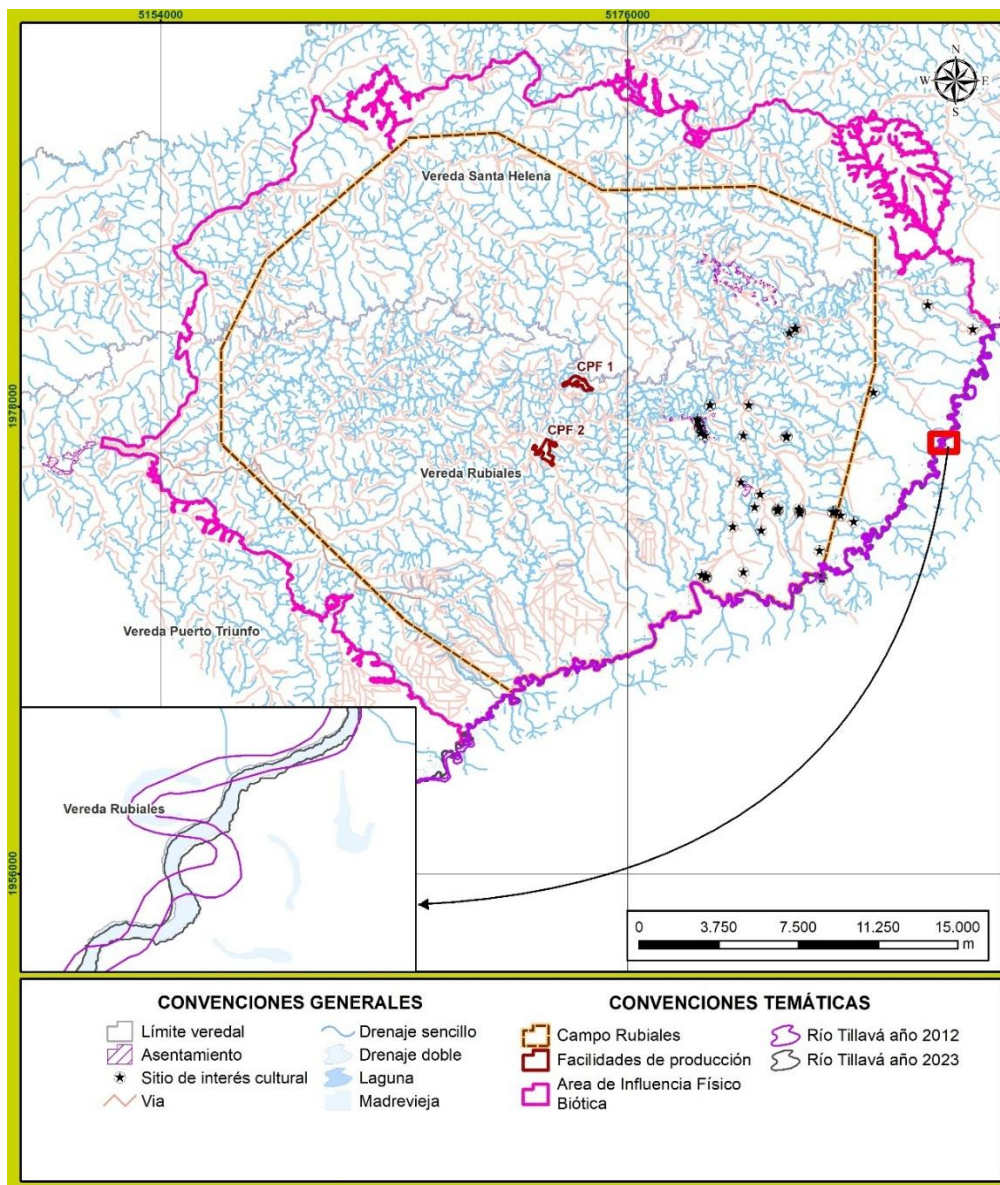
*Variaciones de cauce del Río Tillavá.*

AÑO DE VERIFICACIÓN	VARIACIONES CAUCE (m)		
	PROMEDIO (m)	MÁXIMO (m)	MÍNIMO (m)
<b>2.012</b>	118.439	450.912	29.286
<b>2.013</b>	57.437	245.408	13.890
<b>2.016</b>	36.707	331.557	10.925
<b>2.019</b>	70.521	359.150	12.022

Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2023

La **Figura 16** muestra la variación de cauce del Río Tillavá entre el año 2012 y el drenaje actual. Para determinar la variación se tomaron 128 puntos de control donde se midió un desplazamiento promedio de 118.439m.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

**Figura 16***Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2012 y el cauce en el año 2023*

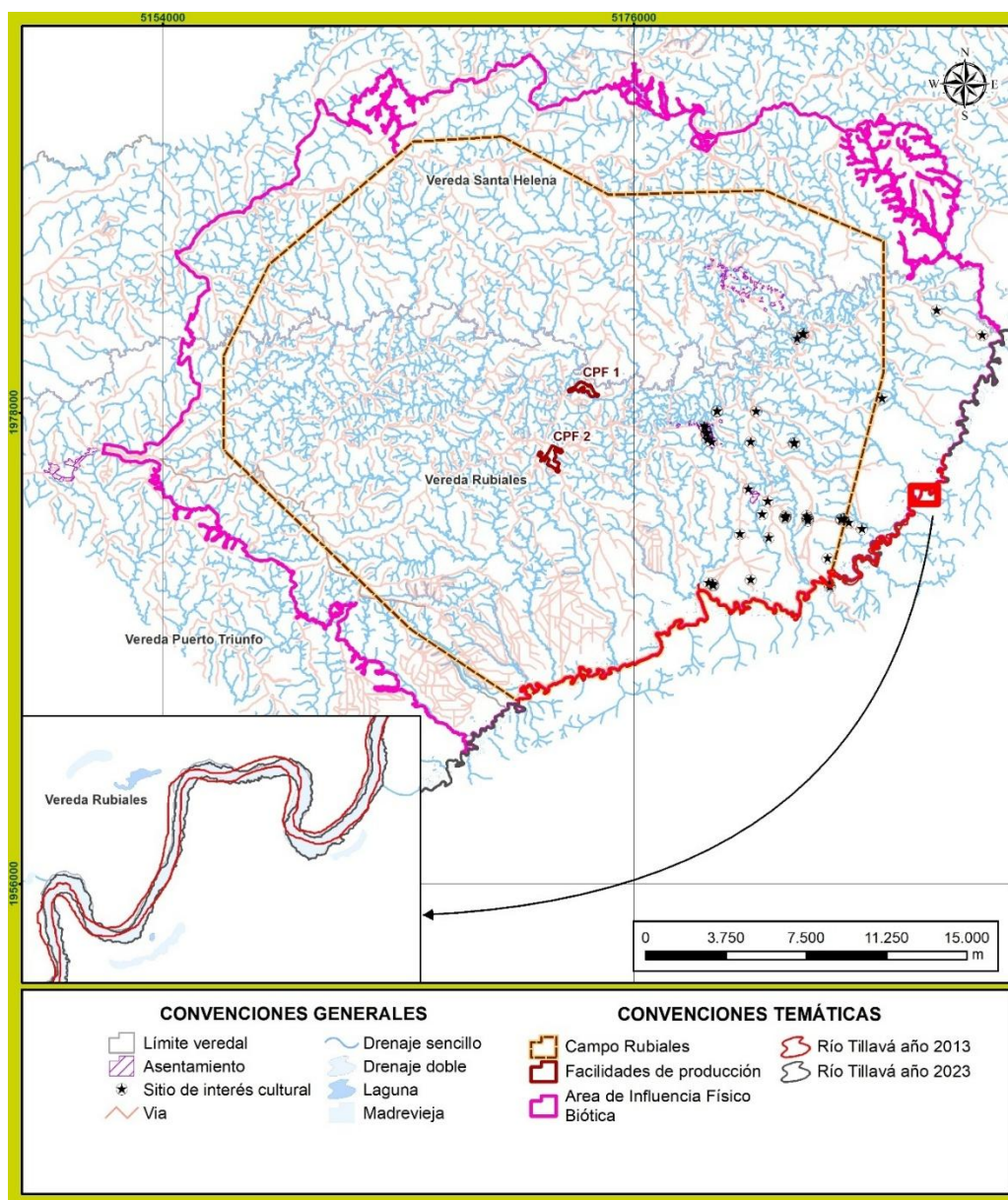
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

La **Figura 17** muestra la variación del Río Tillavá entre el cauce actual y el cauce del año 2013. Para esta comparación se tomaron 82 puntos de control y se determinó un desplazamiento promedio de 57.437m.

### Figura 17

*Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2013 y el cauce en el año 2023*



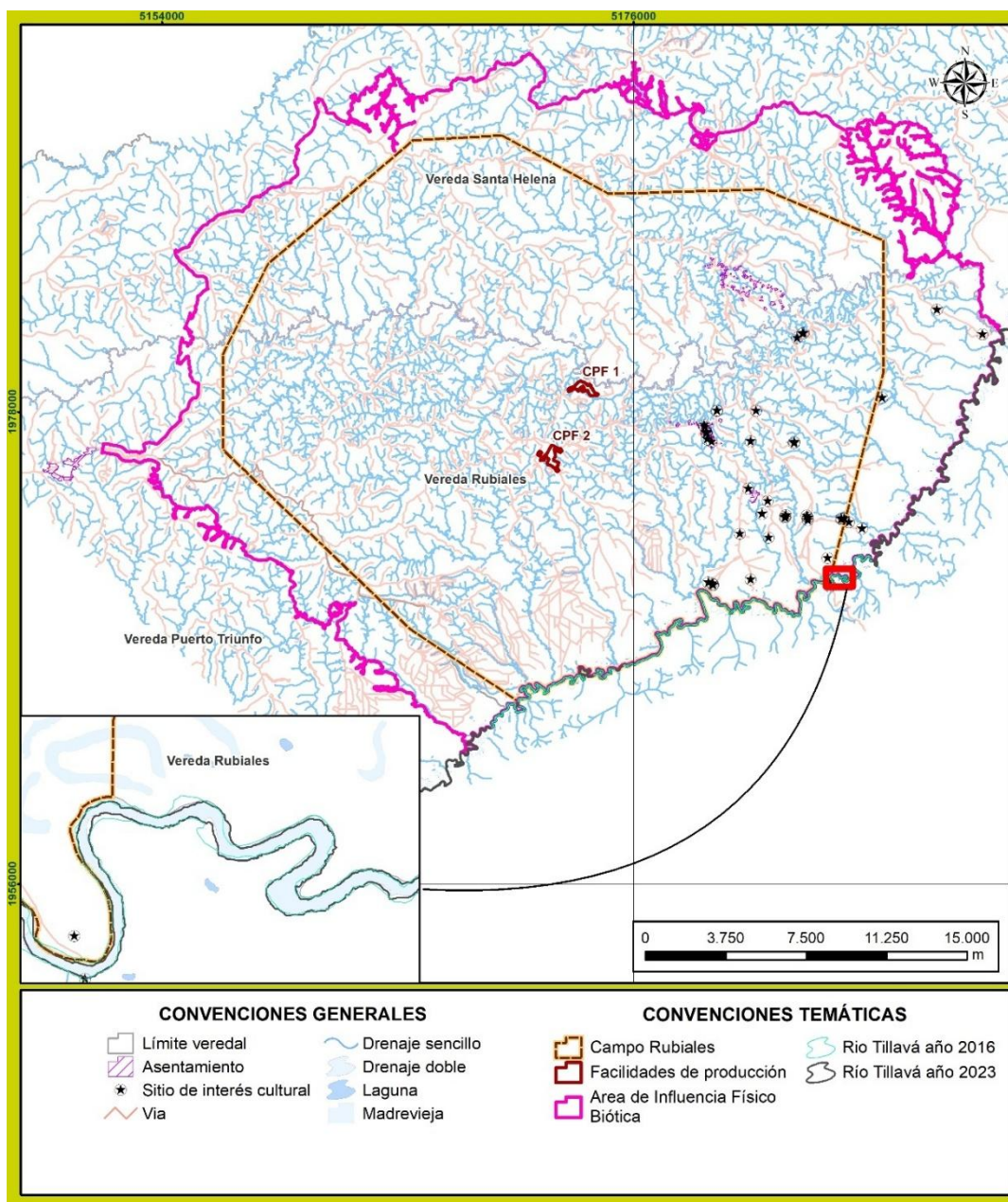
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

En la **Figura 18** se muestra la variación del Río Tillavá entre el cauce del año 2016 y el cauce actual. En total se tomaron 43 puntos de control los cuales permitieron medir una variación promedio de 36.707m.

### Figura 18

*Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2016 y el cauce en el año 2023*



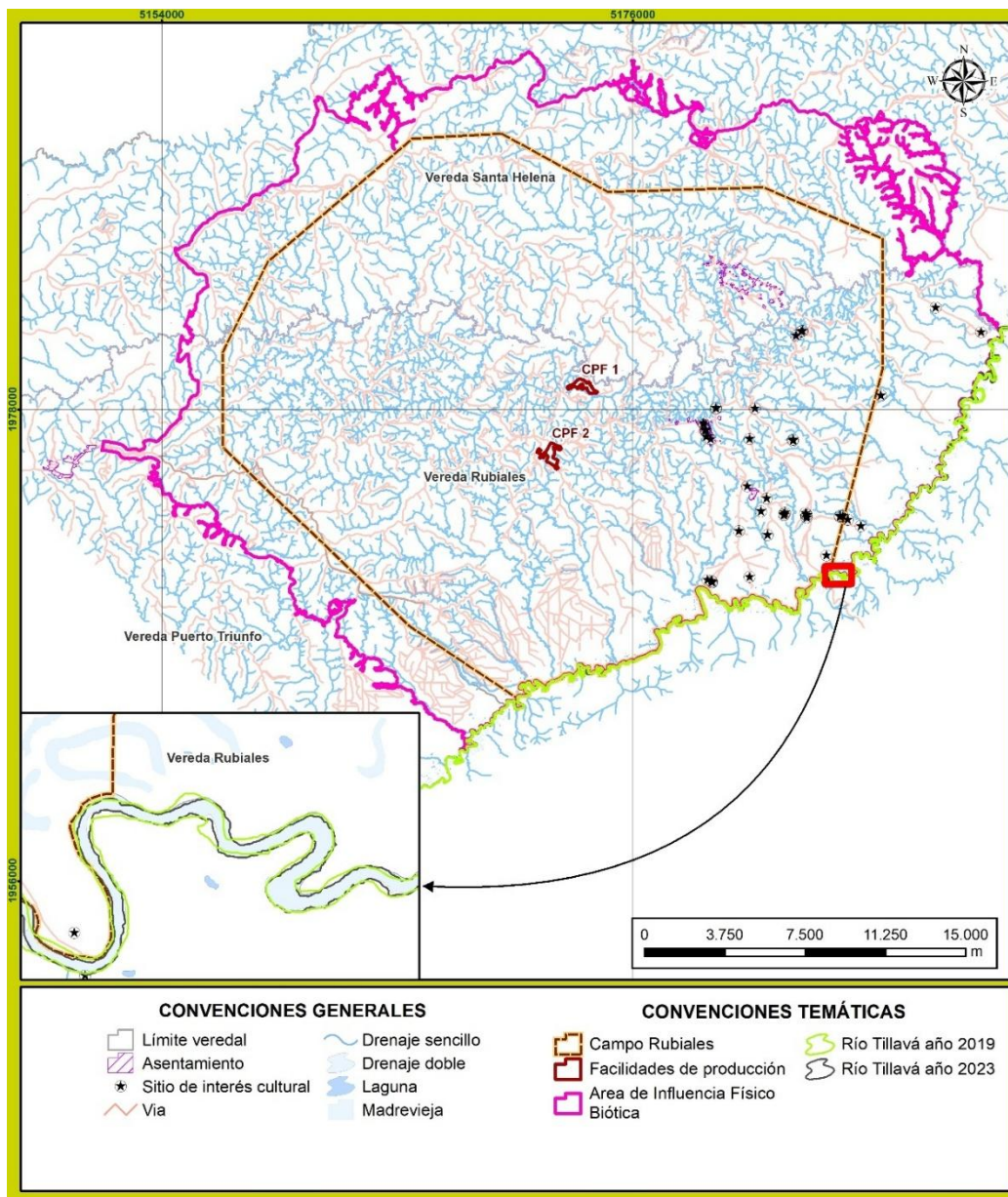
Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

En la **Figura 19** se muestra la variación del cauce actual del Río Tillavá y el cauce del año 2019. Se tomaron 126 puntos de control los cuales permitieron medir una variación promedio de 70.521m.

### Figura 19

*Variación de cauce de Río Tillavá entre el año 2019 y el cauce en el año 2023*



Nota: Tomada de SGI S.A.S, 2025

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Los principales drenajes del área de influencia presentan una dinámica fluvial diferenciada. El caño Rubiales muestra una menor divagación en comparación con el río Tillavá, lo cual fue corroborado mediante los puntos de control de sedimentos y el análisis multitemporal. En este sentido, se considera que el proceso de caracterización es consistente desde los distintos enfoques de análisis y, por tanto, sus resultados se consideran técnicamente válidos y representativos.

### 6.6. Infraestructura

Dada la sensibilidad de la información generada para este componente, en la **Tabla 7** se presentan las actividades desarrolladas; sin embargo, no se incluyen detalles sobre los resultados ni sobre el procesamiento de la información, en cumplimiento con las cláusulas de confidencialidades establecidas entre el cliente y la consultora.

**Tabla 7**

*Actividades realizadas para el componente de infraestructura*

ACTIVIDADES
Apoyo en la modificación del capítulo 2 correspondiente a la descripción del proyecto.
Consolidación y ajuste de las líneas de flujo, adecuándolas a su ubicación correspondiente según la nueva imagen satelital adquirida para el proyecto.
Ajuste de vías con base en la nueva imagen satelital, utilizadas en la generación de capas de coberturas de la tierra y geomorfología.

## 7. Conclusiones

El análisis de la dinámica fluvial permitió demostrar que el río Tillavá presenta un mayor cambio morfológico a lo largo del tiempo en comparación con el caño Rubiales. Los resultados indican que el río Tillavá ha experimentado un desplazamiento de 70,766 metros mientras que el caño Rubiales registró un promedio de 22,851 metros. Estas diferencias evidencian una mayor inestabilidad y movilidad del cauce del río Tillavá, lo que recalca en la necesidad de un monitoreo continuo y una gestión adecuada de las dinámicas fluviales ideal para garantizar una planificación sostenible del entorno hídrico y ambiental.

El desarrollo de las actividades geomorfológicas durante la práctica ambiental permitió comprender de manera integral la dinámica del relieve y su relación con los procesos naturales y antrópicos presentes en el área de estudio. A partir del análisis de las formas del terreno, la interpretación de imágenes satelitales y la elaboración de cartografía temática, se identificaron las principales unidades geomorfológicas y su influencia en la estabilidad del paisaje, la hidrología superficial y la cobertura vegetal.

La práctica en una empresa de consultoría como SGI S.A.S. representó una experiencia enriquecedora en el ámbito de la geología, al brindar la oportunidad de aplicar los conocimientos teóricos adquiridos en la universidad a contextos reales. Esta experiencia permitió fortalecer la comprensión de los desafíos técnicos y las posibles soluciones en el ejercicio profesional, además

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

de resaltar la importancia de la planificación y gestión eficiente de los proyectos. Asimismo, se reconoció la necesidad de una adecuada organización de los recursos y del tiempo, con el fin de cumplir de manera efectiva los plazos, objetivos y estándares de calidad establecidos en cada proyecto.

### **8. Recomendaciones**

#### **8.1. Recomendaciones a la empresa SGI S.A.S.**

Se recomienda continuar fortaleciendo los espacios de formación práctica para estudiantes universitarios, promoviendo su participación en actividades técnicas que involucren el uso de herramientas SIG, análisis geomorfológico e interpretación ambiental. Asimismo, sería valioso establecer un programa de seguimiento y retroalimentación que permita vincular los resultados de las prácticas con los procesos internos de mejora y optimización de la gestión ambiental de los proyectos.

#### **8.2. Recomendaciones a la escuela de geología**

Se sugiere mantener y ampliar los convenios con empresas del sector ambiental y geológico, como SGI S.A.S., para favorecer la integración entre la formación académica y la práctica profesional. Además, se recomienda fortalecer los espacios curriculares relacionados con el uso de tecnologías geoespaciales, geoprocusamiento y análisis ambiental aplicado, con el fin de preparar a los estudiantes para responder de manera más efectiva a las demandas técnicas del sector.

### Referencias bibliográficas

Carvajal, J. H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Servicio Geológico Colombiano.

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial, 41.146.

Decreto 1076 de 2015. (s/f). Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible - Gestor Normativo. Gov.co. Recuperado el 31 de mayo de 2025, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>

Decreto 1753 de 1994. (s/f). Gestor Normativo. Gov.co. Recuperado el 31 de mayo de 2025, de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1299>

Galvis, N., & Suárez, M. (1984). Geología de la cuenca de los Llanos Orientales de Colombia: Informe de progreso N.º 1. INGEOMINAS.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Manual de evaluación de impacto ambiental. IDEAM.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución 1503 de 2010. Por la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración y presentación de estudios de impacto ambiental.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2015). Decreto 1076 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial, 49.523.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). Guía de evaluación ambiental estratégica (EAE) y evaluación de impacto ambiental (EIA). MADS.

Ramos, V. A. (2008). Patagonia: A paleozoic continent adrift? *Journal of South American Earth Sciences*, 26(3), 235–251. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2008.06.002>

Rodríguez, A. (2001). Mapa geológico del departamento del Meta: Memoria explicativa. INGEOMINAS.<https://recordcenter.sgc.gov.co/B4/13010040020451/documento/pdf/0101204511101000.pdf>

Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA). (2020). Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental (EIA). ANLA. <https://www.anla.gov.co>

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial, 41.146.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2018). Manual de evaluación de impacto ambiental. IDEAM.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Resolución 1503 de 2010. Por la cual se establecen los términos de referencia para la elaboración y presentación de estudios de impacto ambiental.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2015). Decreto 1076 de 2015. Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Diario Oficial, 49.523.

## MODIFICACIÓN AMBIENTAL CAMPO RUBIALES.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2018). Guía de evaluación ambiental estratégica (EAE) y evaluación de impacto ambiental (EIA). MADS.

Rodríguez, C., & Ramírez, M. (2016). Gestión ambiental y estudios de impacto ambiental en Colombia. Editorial Universidad Nacional de Colombia.

Huggett, R. J. (2017). *Fundamentals of geomorphology* (4th ed.). Routledge.