

Caracterización geológica y geomorfológica de la mina La Veinticinco, ubicada en el municipio de Tibú, Norte de Santander, Colombia.



Maria Camila Arce Arevalo

**Universidad de Pamplona
Facultad de Ciencias Básicas
Programa de Geología**

**Director académico
Msc. Ilich Sebastián Villamizar Solano
Director empresarial
Neyder Camilo Cristancho Vera**

**Villa del Rosario, Norte de Santander
2023**

Caracterización geológica y geomorfológica de la mina La Veinticinco, ubicada en el municipio de Tibú, Norte de Santander, Colombia.

Maria Camila Arce Arevalo

Director académico

Msc. Ilich Sebastián Villamizar Solano

Director empresarial

Neyder Camilo Cristancho Vera

Trabajo de grado, modalidad práctica empresarial

Presentado como requisito para optar al título de Geólogo

Universidad de Pamplona

Villa del Rosario, Norte de Santander

2023

Agradecimientos

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a quienes hicieron posible la culminación de esta importante etapa académica.

En primer lugar, quiero agradecer a mi madre, cuyo incansable esfuerzo y apoyo ha sido la base de mi formación. A toda mi familia, por su respaldo constante y las valiosas enseñanzas que han contribuido a mi desarrollo como persona y como profesional.

A mi hija Antonella que ha sido mi mayor inspiración, mi motivación para superar desafíos y alcanzar metas, por ser mi razón para esforzarme, por ser mi apoyo constante y por ser la chispa que enciende mi motivación.

A la Universidad de Pamplona, al Programa de Geología, les agradezco por brindarme la oportunidad de formarme como geólogo. Mi gratitud se extiende a todos los profesores del programa de geología, cuyos conocimientos y orientación fueron fundamentales en mi crecimiento académico, por supuesto, a mi director académico y director del programa de Geología Ilich Sebastián Villamizar Solano por su disposición y asesorías.

Finalmente agradecer a la empresa Amserve S.A.S por su acogida y enseñanzas, agradecer también a mi director Empresarial Neyder Camilo Cristancho por todo su apoyo, orientación y enseñanza.

Tabla De Contenido

1. Introducción.....	8
2. Objetivos	10
2.1 Objetivo General.....	10
2.2 Objetivos Específicos.	10
3. Generalidades	11
4. Metodología	12
4.1 Etapa I: Recopilación Bibliográfica	12
4.2 Etapa II: Etapa de pre-campo	13
4.3 Etapa III: Etapa de campo.....	13
4.4 Etapa IV: Trabajo de oficina.....	14
4.5 Etapa V: Elaboración del informe final	14
5. Marco Teórico.....	16
5.1 Geología regional.....	16
5.1.1. Estratigrafía.....	16
5.1.1.2. Formación Barco (E1b).	16
5.1.1.3. Formación Los Cuervos (E1E2lc).....	17
5.1.1.4. Formación Mirador (E2m).....	18
5.1.1.5. Depósitos cuaternarios.....	18
5.1.1.5.1. Depósitos aluviales (Q2a).....	18
5.1.1.5.2. Depósitos de planicie aluvial (Q2pa).	19
5.2 Geología Estructural.....	19
5.2.1. Falla Leoncito	19
5.2.2. Falla San Miguel	20
5.3 Geomorfología Regional	21
5.3.1. Ambiente Estructural	21
5.3.1.1. Sierra Homoclinal (Ssh).....	21
5.3.3. Ambiente Fluvial.	21
5.3.3.1. Cauce aluvial (Fca).....	22
5.3.3.1. Plano o llanura de Inundación (Fpi).	22
6. Resultados	23
6.1 Cartografía de la mina La Veinticinco	24

6.2 Geología local	26
6.2.1 Formación Barco (E1b).	27
6.2.2 Formación Los Cuervos (E1E2lc).	28
6.2.3. Formación Mirador (E2m).	33
6.2.4 Depósitos cuaternarios.	35
6.2.4.1. Depósitos de planicie aluvial (Q2pa).	35
6.3 Tectónica local	36
6.4 Geomorfología local	37
6.4.1. Sierra Homoclinal (Ssh).	38
6.4.2. Ladera Estructural de Sierra Homoclinal (Sshle).	39
6.4.3. Ladera de Contrapendiente de Sierra Homoclinal (Sshlc).	40
6.4.4 Plano o Llanura de Inundación (Fpi).	41
6.4.5. Cauce Aluvial (Fca).	41
7. Conclusiones	42
8. Recomendaciones	44
9. Referencias	45

Lista de Figuras

Figura 1: Mapa de localización del area de estudio.....	11
Figura 2: Diagrama de la metodología	12
Figura 3. Mapa geológico del Servicio Geológico Colombiano señalando el área de estudio	20
Figura 4: Mapa geomorfológico del Servicio Geológico Colombiano señalando el área de estudio	22
Figura 5: Mapa de estaciones mina La Veinticinco	23
Figura 6: Ortomosaico de la mina La Veinticinco	24
Figura 7: Cartografía Actualizada de la mina La Veinticinco.....	25
Figura 8: Mapa geológico mina La Veinticinco.....	26
Figura 9: Afloramiento de arenitas de la Fm. Barco.....	27
Figura 10: Afloramiento con Manto 3 de la Fm. Los Cuervos.	29
Figura 11: Columna estratigráfica de la Fm. Los Cuervos	30
Figura 12: Afloramiento con Manto 2 de la Fm. Los Cuervos.	31
Figura 13: Afloramiento en la parte superior de la bocamina activa	31
Figura 14: Labores actuales del manto 1	32
Figura 15: Afloramiento con capas tabulares de la Fm. Los Cuervos	32
Figura 16: Afloramiento de arenitas de la formación Mirador	34
Figura 17: Afloramiento de arenitas de grano medio de la formación Mirador	34
Figura 18: Depósito cuaternario de planicie aluvial	35
Figura 19: Afloramiento con capas deformadas de la Fm. Los Cuervos	36
Figura 20: Mapa geomorfológico mina La Veinticinco.....	37
Figura 21: Fotografía de la estructura Sierra Homoclinal	38
Figura 22: Fotografía de ladera estructural de Sierra Homoclinal.....	39
Figura 23: Fotografía Ladera Contrapendiente de Sierra Homoclinal.....	40
Figura 24: Fotografía de la llanura de inundación y el cauce aluvial	41

Resumen

Este trabajo tiene como objetivo la caracterización geológica y geomorfológica de la mina La Veinticinco ubicada entre las veredas Villanueva y San Miguel del Municipio de Tibú y en la vereda sector Noroccidental del Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander, esto con el fin de obtener información actualizada y detallada de las diferentes estructuras tanto geológicas como geomorfológicas presentes en la mina. Todo esto a través de la elaboración de unos mapas que se generan mediante la recopilación de información geológica y geomorfológica de todo el título minero a partir de salidas de campo, imágenes generadas con un dron, descripciones litológicas y toma de datos estructurales. Como resultados principales se tiene un modelo geológico donde se observa la diferenciación y cuantificación de tres unidades geológicas del Cenozoico del periodo Paleógeno que son la formación Barco, formación Los Cuervos y formación Mirador. De manera general se observaron capas desde muy delgadas a muy gruesas, las litologías se conforman por arcillolitas, lodolitas, limolitas y arenitas, en algunos niveles hay intercalaciones, también se observó mantos de carbón, las cintas de carbón y el manto de carbono que está en exploración actualmente, y se identificaron 5 subunidades geomorfológicas actuales en la zona de estudio debido al ambiente estructural y fluvial que está presente.

Palabras clave: Caracterización Geológica, Caracterización Geomorfológica, Formación Barco, Formación Los Cuervos, Formación Mirador.

1. Introducción

La geología y la geomorfología desempeñan un papel crucial en la comprensión y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, especialmente en áreas de interés minero. En este contexto, se llevó a cabo un estudio detallado en la mina La Veinticinco, ubicada en el municipio de Tibú, Norte de Santander, con el objetivo principal de caracterizar las unidades geológicas y geomorfológicas presentes en la zona. Para lograr estos objetivos se han desarrollado algunos productos que incluyen la creación de un mapa cartográfico actualizado de la mina, así como la elaboración del mapa geológico y geomorfológico a una escala de 1:5.000. Estos productos cartográficos tienen como finalidad mejorar la comprensión del modelo geológico y geomorfológico de la zona de estudio, contribuyendo a una representación más precisa y detallada de las características de la mina La Veinticinco y su entorno.

La relevancia de este estudio se fundamenta en la escasez de información geológica y geomorfológica disponible en la zona. A pesar de la presencia de títulos mineros cercanos al área de estudio, no se dispone de datos geológicos y geomorfológicos accesibles al público en general. A pesar de casi dos décadas de actividades de exploración y explotación en la mina La Veinticinco, no se ha obtenido una caracterización geológica y geomorfológica actualizada que permita un mejor entendimiento de los aspectos relacionados con la geología, la geomorfología y la tectónica en esta área.

Este proyecto se estructuró en cinco etapas bien definidas: desde la recopilación y análisis de la información bibliográfica existente seguido por una etapa de pre-campo para tener un análisis previo de lo que se va a realizar en la etapa de campo. A lo largo de la tercera etapa de campo, se realizaron observaciones y recolección de datos de las formaciones geológicas y las unidades

geomorfológicas, se analizaron los hallazgos y se realizaron interpretaciones en la etapa de oficina generando la columna estratigráfica, el mapa geológico y geomorfológico, y finalmente se consolidó toda la información en el presente informe, lo que proporciona una base fundamental para futuras investigaciones y trabajos en esta área.

2. Objetivos

A continuación, se presenta el objetivo general y los objetivos específicos del proyecto.

2.1 Objetivo General.

Caracterizar Geológica y geomorfológicamente la mina La Veinticinco que está ubicada en el Municipio de Tibú, Norte de Santander.

2.2 Objetivos Específicos.

- Caracterizar las unidades geológicas presentes en la mina La Veinticinco mediante su composición litológica y su secuencia estratigráfica.
- Determinar la distribución estructural de las formaciones geológicas en el área de investigación.
- Determinar las unidades geomorfológicas que se encuentran en la zona de estudio.

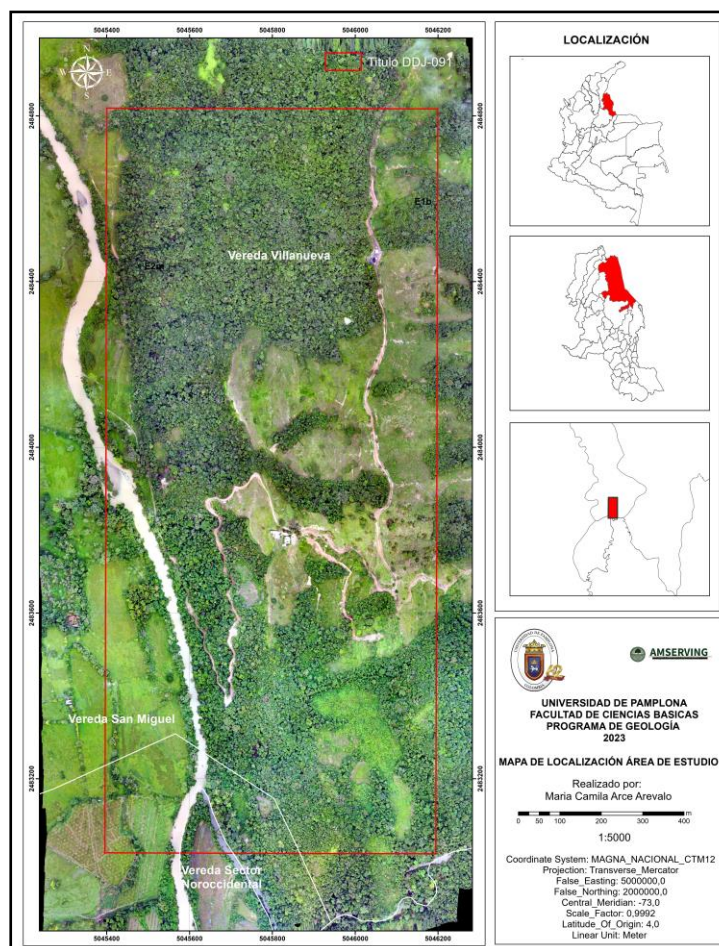
3. Generalidades

A continuación, se muestra generalidades sobre la localización geográfica.

3.1 Localización Geográfica de la zona de estudio.

La zona de estudio se encuentra dentro del título minero DDJ-091 denominado como mina La Veinticinco, se encuentra ubicada en la Vereda Villanueva y San Miguel del municipio de Tibú, y la vereda Sector Noroccidental Municipio de San José de Cúcuta, Norte de Santander. Esta se encuentra a más o menos 65 Km del municipio San José de Cúcuta por la vía que conduce Cúcuta-El Zulia-Tibú. Esta presenta un área de 1,43 km² y un perímetro de 5193 metros.

Figura 1: Mapa de localización del área de estudio

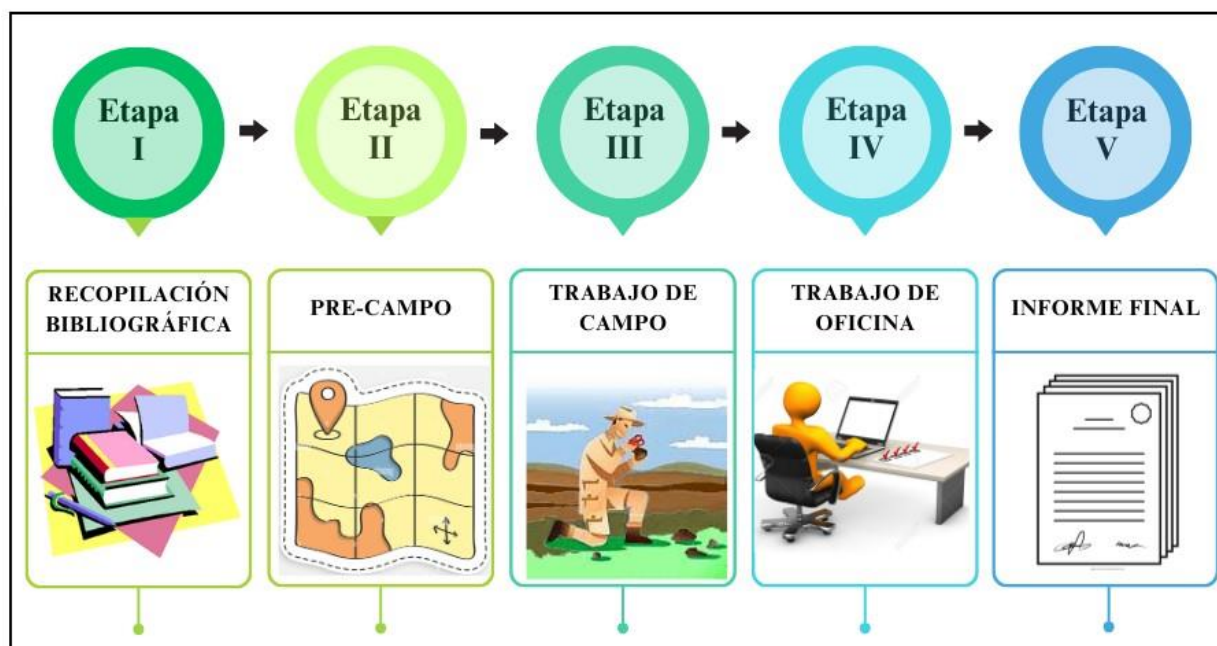


Nota. Fuente: Autor

4. Metodología

La metodología empleada para realizar la caracterización geológica y geomorfológica de la mina La Veinticinco se compone de cinco etapas, estas se detallan a continuación:

Figura 2: Diagrama de la metodología



Nota. Fuente: Autor

4.1 Etapa I: Recopilación Bibliográfica

En esta etapa se realiza la búsqueda y recopilación de la información bibliográfica de la zona de estudio, por medio de la información relevante que se encuentra en informes, artículos, plancha geológica y memoria explicativa, tesis, proyectos, mapas, etc., toda la información recopilada se analizara para tener conocimiento previo del contexto geológico, estratigráfico, estructural y geomorfológico. Las fuentes de consulta principales serán en las bases de datos del Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Agencia Nacional de Minería (ANM), el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), también en otros documentos disponibles en sitios web

relacionados con la zona de estudio o cercano y se revisarán los documentos que la mina La Veinticinco tenga disponible.

4.2 Etapa II: Etapa de pre-campo

Esta etapa comprende el análisis de la información obtenida previamente con la observación e interpretación de las imágenes satelitales, esto con el fin de hacer el primer acercamiento para la etapa de campo, con el propósito de definir los límites del área donde se procederá a establecer las diversas estaciones de campo en la zona de estudio, donde se llevarán a cabo todas las actividades prácticas, también para conocer las vías de acceso, establecer que zonas son más fáciles de acceder o más complejas para acceder. Esta etapa permite tener una visión general de la geología en la zona, y es fundamental para desarrollar el trabajo de campo.

4.3 Etapa III: Etapa de campo

En esta etapa se realiza la recolección de datos en las estaciones de campo, se lleva a cabo múltiples actividades como la captura de datos de ubicación con GPS, la descripción detallada de las formaciones geológicas, levantamiento de columnas estratigráficas, la recolección de muestras para un análisis que permita comprender la composición y textura de las rocas, clasificación de las rocas, bosquejos representando las formaciones, fallas, pliegues, etc., la toma de datos estructurales de los estratos con la brújula Bruton de los mantos de carbón y de las diferentes litologías, toma de fotografías de los afloramientos, la identificación de unidades geomorfológicas y los contactos entre las formaciones. Se lleva a cabo un vuelo con un dron para obtener ortofotografías para identificar las geoformas y así caracterizar la geomorfología de la zona de estudio, utilizando también puntos de referencia para mejorar la precisión de los resultados. Por último, en esta etapa se realizó un vuelo con el dron EVO II PRO V3, esto para generar un ortomosaico de todo el título minero, para el vuelo de este dron se tuvieron unas

especificaciones de vuelo como lo fue la altura que fue de 130 m y una velocidad de 36 km/h, todo esto para que las imágenes quedaran de excelente calidad y fueran más fácil de procesar, para el vuelo se tomaron un total de 601 fotos, un área de 143.681 Ha y en un tiempo de 131 minutos.

4.4 Etapa IV: Trabajo de oficina

En esta etapa se lleva a cabo labores de oficina, se relaciona y compara la recopilación de información bibliográfica y la información recopilada en la fase de trabajo de campo. En primer lugar, los datos recolectados en campo se presentarán en el mapa topográfico que se elabora anteriormente con el ortomosaico, este se genera utilizando un software que combinará las imágenes capturadas durante los vuelos del dron. En este mapa base se agrega las ubicaciones exactas de las estaciones, los datos estructurales, las descripciones, las litologías que se identificaron y las estructuras geológicas. Todo esto se plasmará con el fin de realizar el mapa geológico que se digitaliza con el programa de ArcGIS. Con el ortomosaico se identifica las unidades geomorfológicas de toda la zona de interés y se digitaliza el mapa geomorfológico. Por último, también se llevará a cabo la digitalización de la columna estratigráfica que se realizó durante la fase de campo, incorporando esta información en la documentación final del proyecto

4.5 Etapa V: Elaboración del informe final

En esta última etapa se debe elaborar el informe definitivo, que comprenderá todos los resultados e interpretaciones obtenidas a lo largo de las etapas que se mencionaron anteriormente. Este informe final seguirá el formato de las Normas APA y compilará todos los resultados, interpretaciones, hipótesis, conclusiones y recomendaciones generadas en relación tanto a la geología y geomorfología que se encuentra en la zona de estudio.

Junto con el informe final, se proporcionarán varios productos adicionales, que incluyen un mapa geológico a escala 1:5000, un mapa geomorfológico en la misma escala, una columna estratigráfica. Estos productos reunirán y completarán de manera exhaustiva y estructurada todos los datos acumulados en las diferentes etapas del proyecto.

5. Marco Teórico

En este apartado se definen las características geológicas y geomorfológicas de la zona de estudio a una escala regional.

5.1 Geología regional

A continuación, se describe la geología regional y tectónica regional referente al área carbonífera Catatumbo en el sector Zulia Norte-Sardinata. Este sector se encuentra ubicado al noroeste de la ciudad de Cúcuta, ocupando un área de 126 km², donde este sector presenta una gran importancia económica debido a los mantos de carbón que están alojados en la Formación Los Cuervos donde se han identificado cinco mantos de carbón (Rincón y Monroy, 2012).

5.1.1. Estratigrafía

En el sector de Catatumbo se encuentran cuatro formaciones geológicas las cuales presentan edades según Van Der Hammen (1957) del Cretácico Superior al Cenozoico, este último desde el Paleoceno hasta el Eoceno inferior. Estas formaciones representativas de este sector son la Formación Barco, Formación Los Cuervos y Formación Mirador. En el área de estudio se encuentran depósitos cuaternarios aluviales y de planicie aluvial.

5.1.1.2. Formación Barco (E1b).

Esta unidad recibe su nombre del cerro Barco ubicado en el flanco Este del anticlinal de Petrólea, fue definida por Notestein et al., (1944). En general está compuesta por areniscas con espesores de 0,3 a 20m, de grano muy fino a medio, con láminas micáceo-carbonáceas, también arcillolitas grises en parte limosas ferruginosas, micáceas y carbonáceas, en la parte superior capas de carbón (Servicio Geológico Colombiano, 2015).

Esta formación reporta espesores de 250 m a 315 m. La Formación Barco se apoya directamente sobre la Formación Catatumbo, el límite inferior se halla entre los shales arenosos oscuros de la Formación Catatumbo y las areniscas de colores claros de la Formación Barco, en contacto aparentemente concordante (SGC, 2015). El límite superior queda determinado por la aparición de la primera arenisca de la sucesión carbonosa de la parte inferior de la suprayacente Formación Los Cuervos en contacto aparentemente concordante. (SGC, 2015). La edad designada para esta formación es Paleoceno Inferior (Van Der Hammen, 1957).

5.1.1.3. Formación Los Cuervos (E1E2lc).

Esta unidad recibe su nombre por la quebrada Los Cuervos, tributario del río Catatumbo, asignado por Notestein et al., (1944). En general está constituida por secuencia de areniscas blancas a grises de grano fino, intercaladas con limolita, shales carbonáceos grises, arcillolitas intercaladas con limolitas micáceas, mantos de carbón hacia la base de hasta 50 cm de espesor (SGC, 2015).

El espesor de la Formación Los Cuervos varía entre los 406 y 443 m. El contacto inferior con la Formación Barco se traza cuando aparece la primera arenisca prominente, justo debajo de las series de capas de carbón de la Formación Los Cuervos, este contacto es aparentemente concordante. El contacto superior con la Formación Mirador es concordante (Getty y Robertson, en Integración Geológica de la Digitalización y Análisis de Nucleos - Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2012). La edad designada para esta formación es Paleoceno Tardío y Eoceno Inferior (Van Der Hammen, 1957).

5.1.1.4. Formación Mirador (E2m).

Esta unidad fue definida por el cerro Mirador, Distrito de Colón, en Venezuela, fue redefinida e introducida en Colombia por Notestein et al. (1944). En general está constituida por areniscas de grano fino a grueso de color amarillo pálido, en parte conglomeráticas, algunas capas de limolita, lodolita, areniscas arcillosas y lodosas. El contacto inferior es con la formación Los Cuervos localmente discordante, el contacto superior es con la formación Carbonera (SGC, 2015).

El espesor de la formación varía de 350 m a 400 m. El contacto inferior se traza cuando desaparecen las areniscas y aparecen las arcillolitas o limolitas de la Formación Los Cuervos. Según De Porta (1974), el contacto es nítido y localmente discordante y según Notestein et al. (1944), este límite representa un cambio significativo en la sedimentación regional por cuanto hace su primera aparición un nivel importante de areniscas. El contacto superior se traza cuando las areniscas pasan a las shales arenosos grises micáceos de la base de la Formación Carbonera (Getty y Robertson, en INGRAIN–ANH, 2012). La edad designada es Eoceno Medio (Van der Hammen, 1957).

5.1.1.5. Depósitos cuaternarios

5.1.1.5.1. Depósitos aluviales (Q2a).

Esta unidad cubre una paleotopografía pre-existente, con espesores variables desde pocos metros hasta mayores de 5 m en algunos sitios. En general, son intercalaciones de capas de gravas, arenas, limos y arcillas, formados por la acumulación de material del río San Miguel. Los depósitos aluviales en las partes más bajas y cercanas a los cauces son susceptibles a fenómenos de inundación y erosión por socavamiento de orillas (SGC, 2015).

5.1.1.5.2. Depósitos de planicie aluvial (Q2pa).

Estos depósitos cubren principalmente y en forma más extensas, las zonas entre los cauces y se acumulan en pendientes más llanas, principalmente cerca a la convergencia de varios cauces, siendo las partes más bajas y cercanas a los cauces las más susceptibles a fenómenos de inundación. Los sedimentos en general son de grano fino (arenas, arcillas y limos), aunque a veces se observan niveles delgados de gravas finas (SGC, 2015).

5.2 Geología Estructural

En el sector Zulia Norte-Sardinata se encuentra en una zona con alta complejidad estructural que está caracterizado por un sistema fallas inversas de despegue con pliegues de arrastre en el margen Este de la cuenca Catatumbo, con plegamientos en la depresión de Sardinata, estos estilos son de un ambiente compresivo. Las principales estructuras que se encuentran en este sector son el sinclinal de Sardinata el cual se observa al occidente con dirección noreste y el anticlinal de Petrólea con una dirección que varía entre N15°E y N15°W, su eje ha sido erodado prevaleciendo sus flancos (SGC, 2015).

Para este sector existen dos fallas regionales las cuales son la falla Leoncito y la falla San Miguel, estas se describen a continuación:

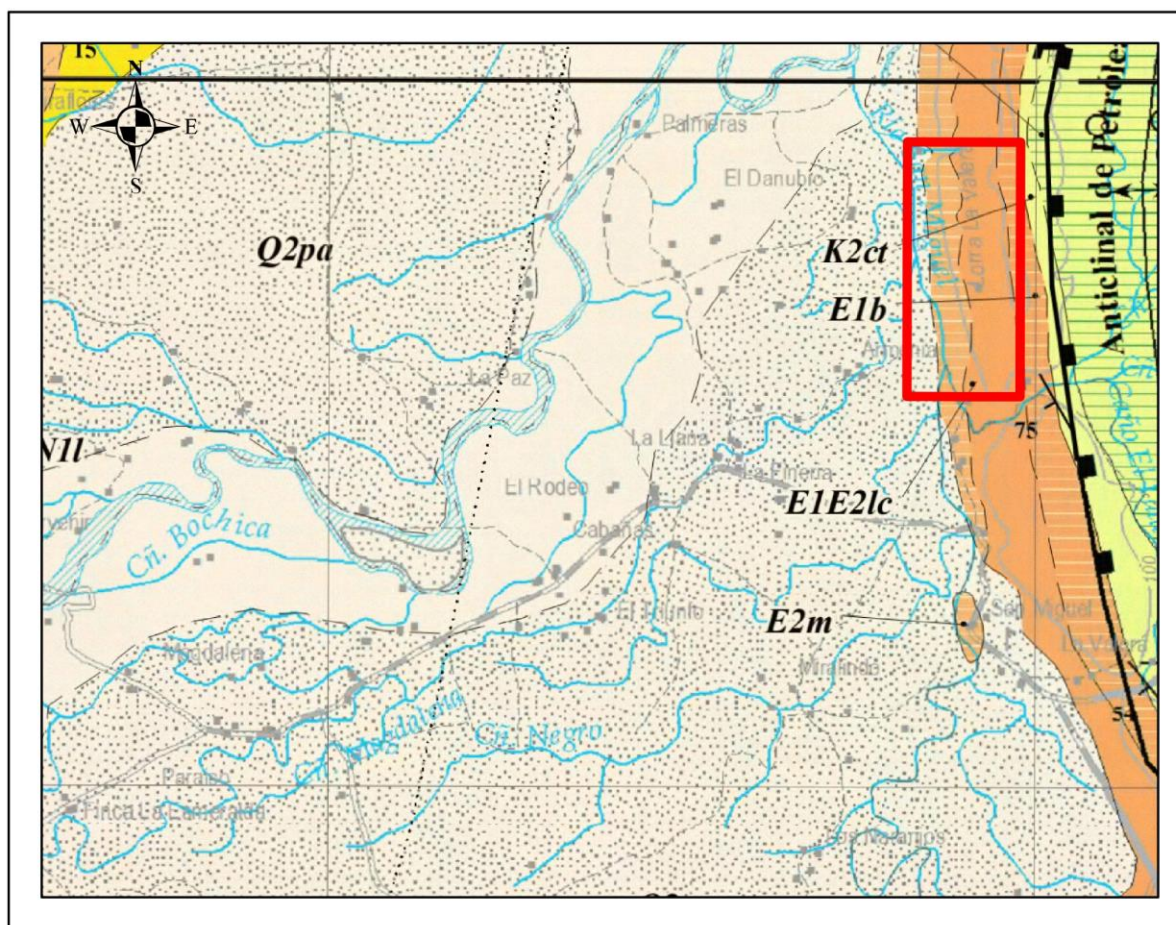
5.2.1. Falla Leoncito

Esta falla tiene un sentido N-S con una longitud mayor de 19 km, va paralela al flanco Oeste del anticlinal de Petrólea, el tipo de falla es inversa que genera estructuras de cabalgamiento de ángulo bajo, esta afecta las rocas de las formaciones Barco, Los Cuervos y Catatumbo, con interrupción de la secuencia. Esta falla pertenece al sistema Carbonera junto con las fallas Las Delicias y Ambato (SGC, 2015).

5.2.2. Falla San Miguel

Esta falla es una estructura que tiene sentido N-S con una longitud mayor de 11 km, esta falla está asociada al sistema de fallas inversas de despegue en el margen Este de la cuenca Catatumbo. Es de carácter inverso, tiene buzamiento menor de 45° hacia el Este, levanta las rocas de la formación Los Cuervos sobre las rocas de la formación Mirador, controla algunos drenajes del río San Miguel (SGC, 2015).

Figura 3. Mapa geológico del Servicio Geológico Colombiano señalando el área de estudio



Nota. Plancha 77 a escala 1:100.000 tomando el cuadrángulo E9. Fuente: Servicio Geológico Colombiano, 2015

5.3 Geomorfología Regional

En el sector Zulia Norte-Sardinata hay dos ambientes morfogenéticos que enmarcan la geomorfología de la zona, el ambiente estructural y el ambiente fluvial.

5.3.1. Ambiente Estructural

Estas geoformas son el producto de procesos tectónicos generados por fuerzas endógenas, las características topográficas se destacan por la influencia de aspectos estructurales, incluyendo fallas, estratificación, orientación de estructuras, pliegues, diaclasas y fracturas en las rocas expuestas. Estas características están sujetas a procesos erosivos significativos y exhiben un relieve predominantemente colinoso a montañoso con pendientes notables y abruptas (Carvajal, 2011).

5.3.1.1. Sierra Homoclinal (Ssh).

Se destaca como una unidad geomorfológica por su mayor elevación en comparación con su entorno. Son prominencias topográficas ligeramente simétricas, elongadas y de morfología colinada con cimas agudas, este tipo de unidad se puede generar en rocas metamórficas foliadas o en rocas sedimentarias (SGC, 2015).

5.3.3. Ambiente Fluvial.

Asociadas a procesos exógenos degradacionales y agradacionales relacionados al efecto erosivo y acumulativo en la base de las laderas de morfología plana, en las corrientes de los ríos y las cuencas de sedimentación. Se agrupan las unidades que reciben el aporte de material proveniente de las unidades denudacionales y de los drenajes (Carvajal, 2011).

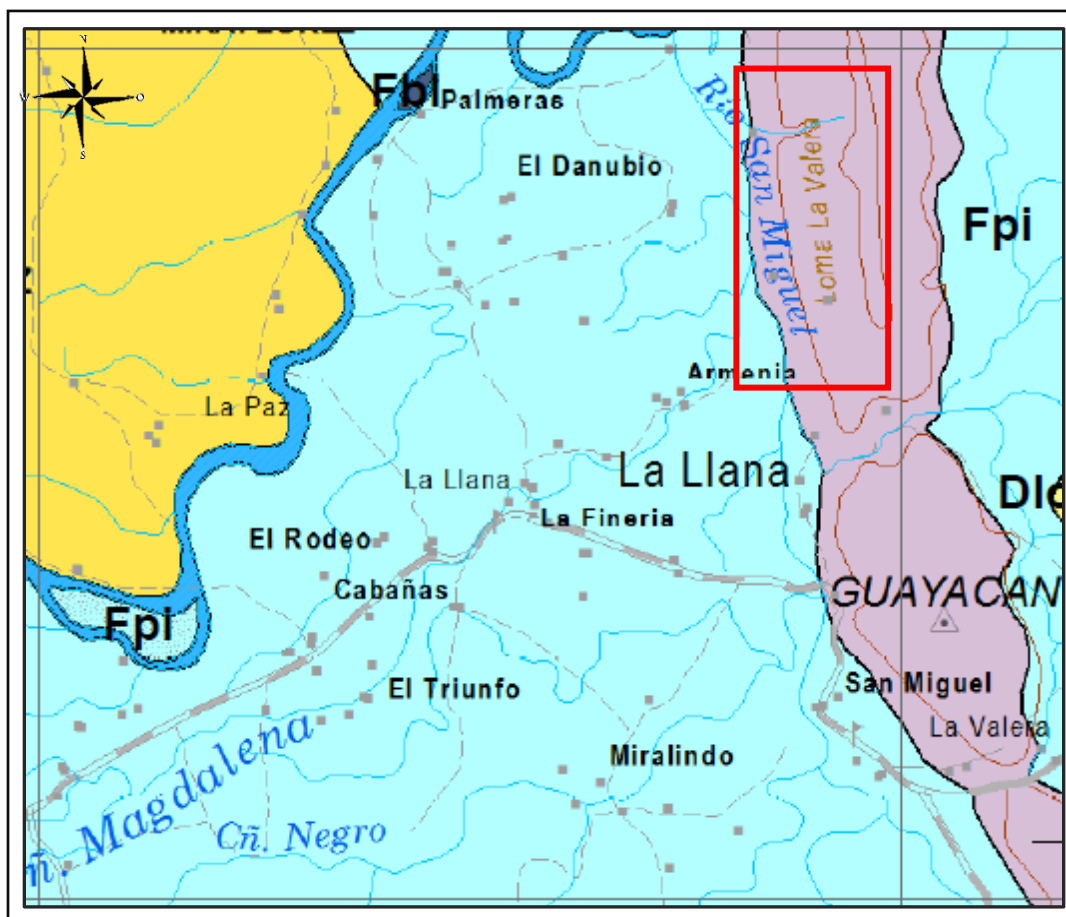
5.3.3.1. Cauce aluvial (Fca).

Canal de forma irregular, excavado por erosión de las corrientes perennes o estacionales, sobre sedimentos aluviales, está asociado al río Sardinata y sus tributarios (SGC, 2015).

5.3.3.1. Plano o llanura de Inundación (Fpi).

Esta unidad está relacionada a los cauces de los ríos principales como el río Sardinata y el río Nuevo Presidente, tiene un área menor de 75 km². Esta unidad se caracteriza por tener relieve muy bajo, las pendientes son planas a suavemente onduladas (SGC, 2015).

Figura 4: Mapa geomorfológico del Servicio Geológico Colombiano señalando el área de estudio



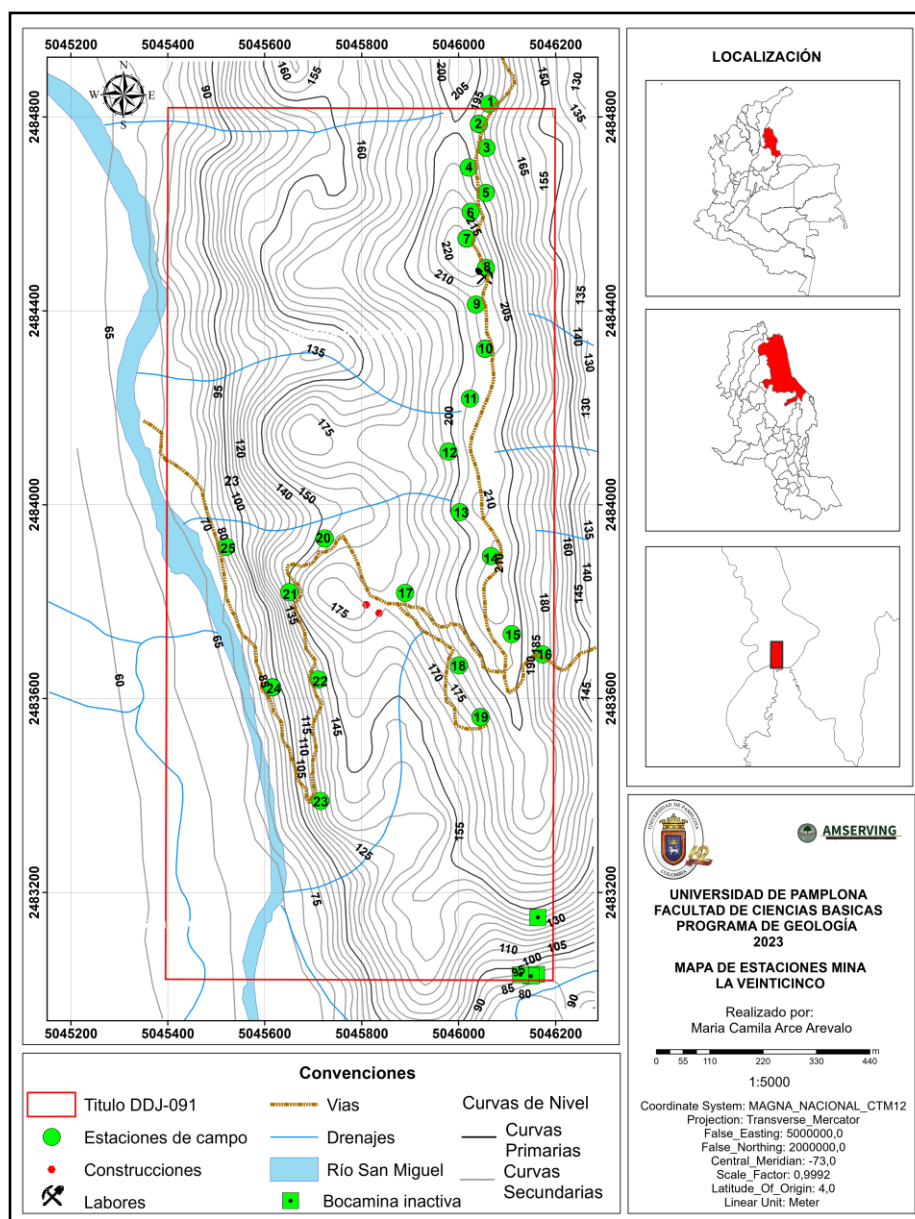
Nota. Mapa de geomorfología por movimientos en masa Plancha 77 a escala 1:100.000. Fuente:

Servicio Geológico Colombiano, 2015

6. Resultados

En este apartado se presenta todos los resultados obtenidos de la caracterización geológica y geomorfológica a escala detallada de la mina La Veinticinco. Para esta caracterización se realizaron 25 estaciones de campo (ver mapa de estaciones) en donde se pudieron determinar la presencia de tres formaciones geológicas y cinco subunidades geomorfológicas.

Figura 5: Mapa de estaciones mina La Veinticinco

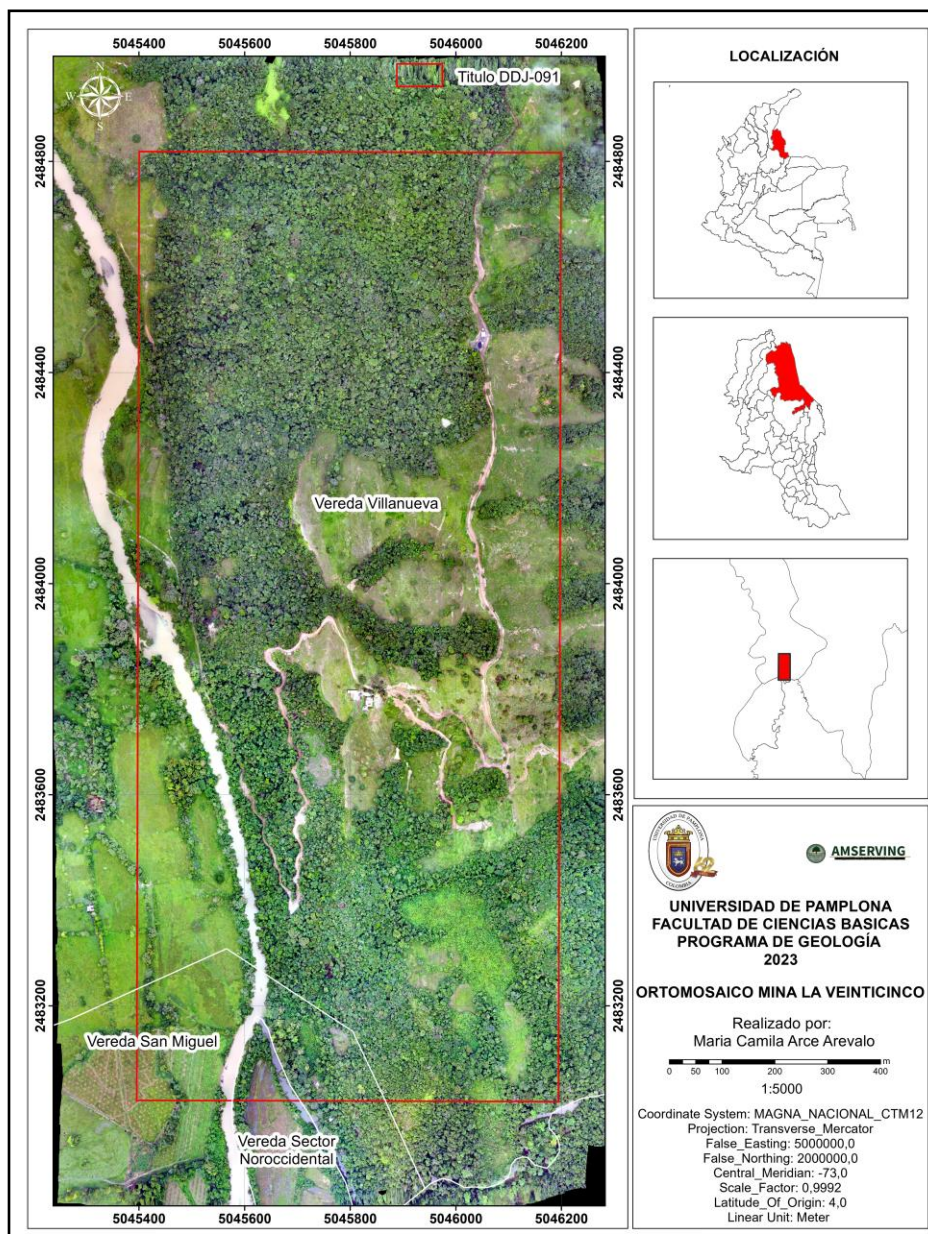


Nota. Fuente: El Autor

6.1 Cartografía de la mina La Veinticinco

La actualización de la cartografía de la mina La Veinticinco se realizó por medio del ortomosaico que se generó a partir de imágenes tomadas por un dron EVO II PRO V3, mediante un vuelo sobre el título minero, se obtuvo el siguiente ortomosaico:

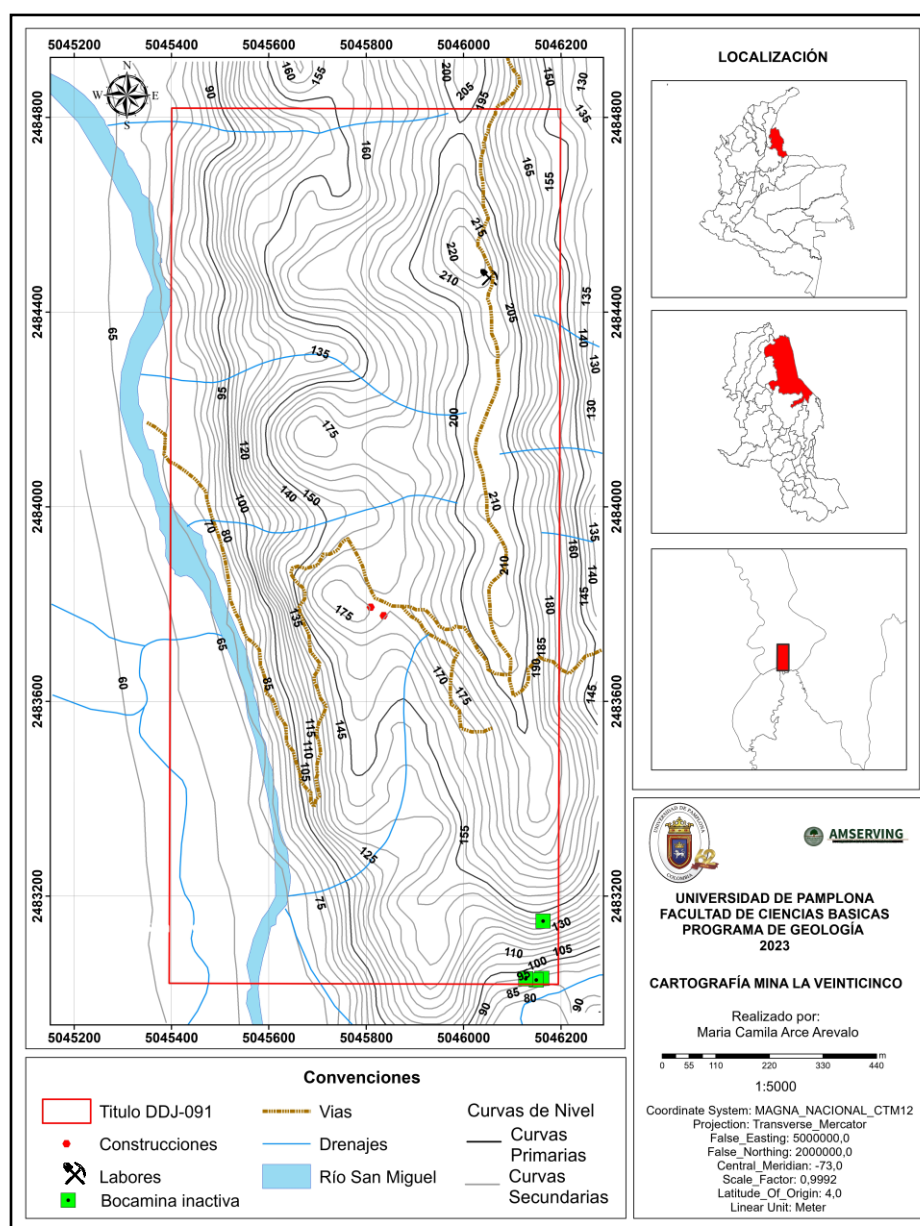
Figura 6: Ortomosaico de la mina La Veinticinco



Nota. Ortomosaico generado a partir de imágenes suministradas por un dron y procesadas en el software Agisoft Metashape. Fuente: El autor

A continuación, utilizando el ortomosaico y las curvas de nivel, se procedió a la transferencia de estos datos al software ArcMap 10.5. En esta plataforma, se generó un mapa del área de estudio, permitiendo así determinar las operaciones de extracción, las vías y las construcciones presentes. Este mapa resultante se presenta a continuación con la información cartográfica detallada del área.

Figura 7: Cartografía Actualizada de la mina La Veinticinco

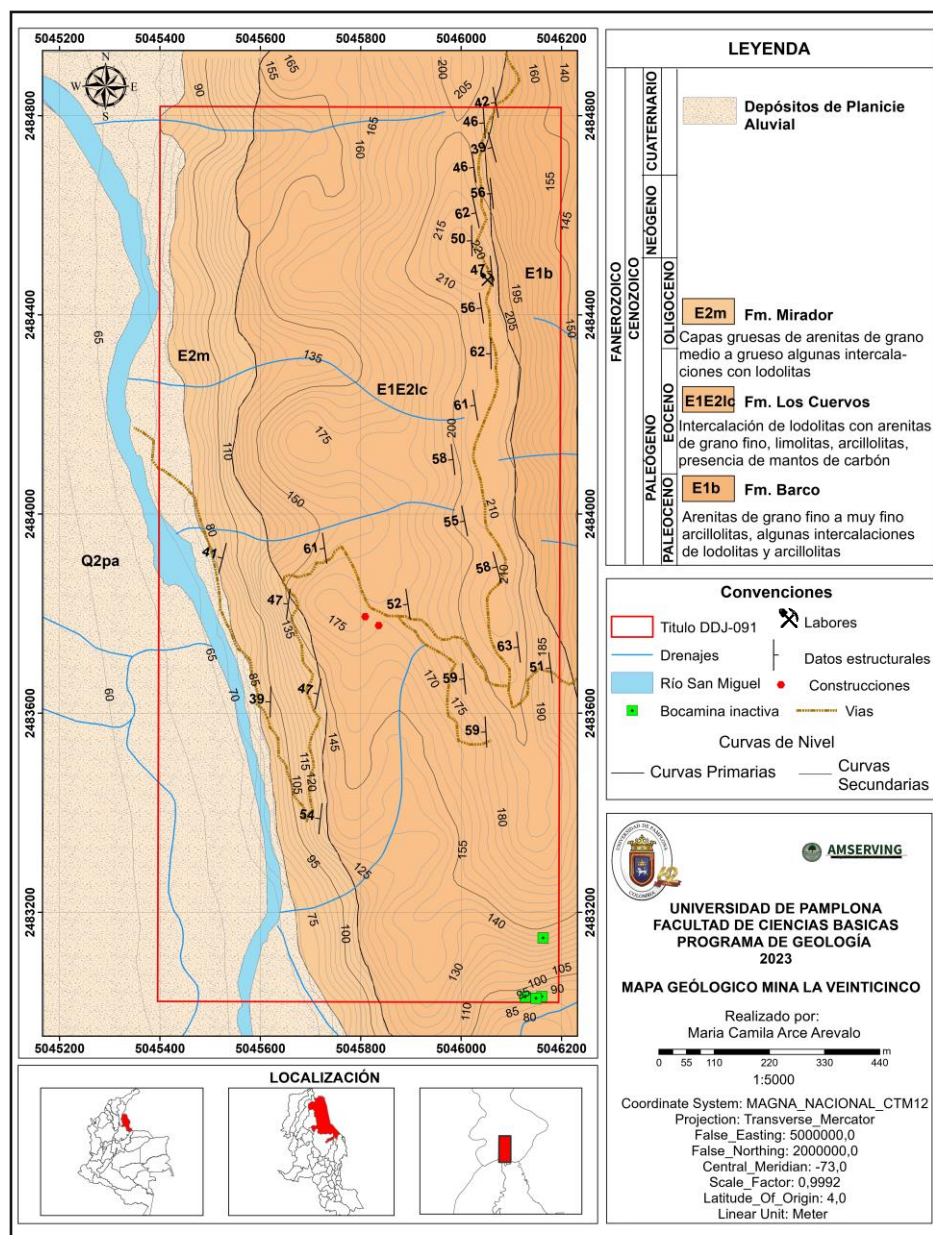


Nota. Fuente: El autor

6.2 Geología local

El área de estudio corresponde al título DDJ-091 conocido como “mina La Veinticinco”, está constituido geológicamente por tres formaciones que se ubican geocronológicamente desde la más antigua a la más joven siendo la formación Barco, formación Los Cuervos y la formación Mirador, en esta zona se encuentra depósitos cuaternarios de planicie aluvial.

Figura 8: Mapa geológico mina La Veinticinco



Nota. Fuente: El autor

6.2.1 Formación Barco (E1b).

La formación Barco es la formación más antigua que se encuentra en el título minero representando un 15% del área total. Esta formación se encuentra hacia la parte NE del título minero, cuenta con pocos afloramientos dentro del título que se ubican al margen de la vía ingresando al título. En la base de esta formación se presenta capas delgadas de arcillolita de color gris medio, capas gruesas de arenitas tabulares de color amarillo a marrón con tamaño de grano fino a muy fino, en algunos niveles hay intercalación de arcillolitas y lodolitas, su estratificación es planoparalela. Hacia el techo se compone de capas intermedias de arenitas tabulares de color blanco a amarillento en muestra fresca y anaranjado en muestra meteorizada, con tamaño de grano medio, en los afloramientos se observan fracturas y en las muestras óxido de hierro. El contacto superior con la formación Los Cuervos es difuso.

Figura 9: *Afloramiento de arenitas de la Fm. Barco*



Nota. Estratos tabulares de arenitas de grano muy fino a fino de color gris a amarillento correspondientes a la formación Barco. Fuente: El autor.

6.2.2 Formación Los Cuervos (E1E2lc).

La formación Los Cuervos es la formación con mayor interés en el área, abarca aproximadamente es más del 60% y es muy importante ya que en esta formación se encuentran mantos de carbón económicamente explotables, se encuentra distribuido de Norte a Sur en el título y está constituido en la base por capas delgadas de lodolitas de color gris claro, arcillolitas carbonáceas de color gris oscuro, limolitas de color marrón y capas intermedias de arenitas, tabulares, de grano muy fino de color amarillo claro con contacto difuso. En la parte media se compone de capas muy delgadas de arcillolitas de color gris claro intercalada con capas muy delgadas de limolita de color marrón con estratificación planoparalela y capas intermedias de arenitas de color amarillo a anaranjado de grano fino, tabulares y presencia de óxidos de hierro. En el techo se encuentra capas muy delgadas de lodolita y arcillolita intercalado con capas delgadas de arenitas de tamaño de grano fino a medio, contactos difusos y estratificación planoparalela, presenta mantos de carbón explotables. El contacto infrayacente con la formación Barco es difuso, el contacto con la formación Mirador es neto.

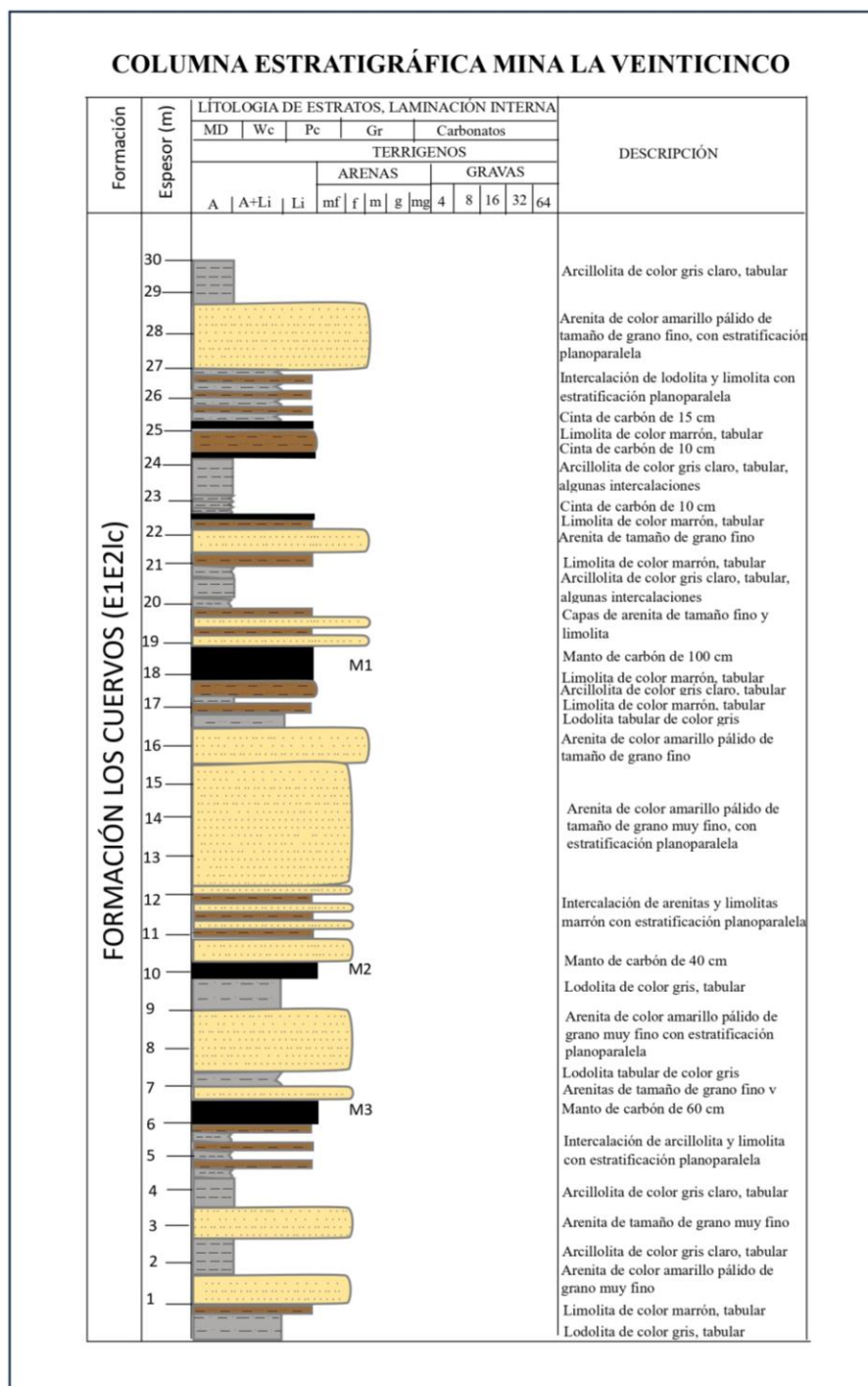
En la base de la formación aparece el primer manto de carbón denominado manto 3 según la traza, su espesor de 60 cm con variaciones debido a la tectónica compresiva del área, con orientación S11°E/59°SW, en el techo hay arenita de color amarillo palido de grano fino, y en la base presenta lodolitas, limolitas y arcillolitas. Actualmente este manto de carbón no está siendo explotado, en las labores antiguas que se encuentran al Sureste del título si fue explotado.

Figura 10: *Afloramiento con Manto 3 de la Fm. Los Cuervos.*



Nota. Estratos tabulares de lodolitas, arcillolitas, arenitas de grano fino correspondientes a la formación Los Cuervos, se observa el primer manto de carbón. Fuente: El autor.

Figura 11: Columna estratigráfica de la Fm. Los Cuervos



Nota. Columna estratigráfica de la Fm. Los Cuervos mostrando los mantos de carbón, las cintas que están presentes y las diferentes intercalaciones. Columna realizada en Corel Draw con una escala 1:100.

Fuente: El autor

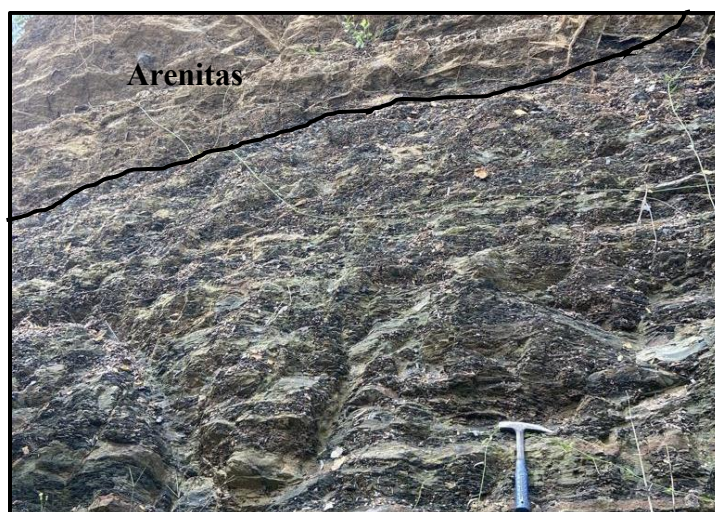
Figura 12: *Afloramiento con Manto 2 de la Fm. Los Cuervos.*



Nota. Fotografía donde se observa el segundo manto de carbón (manto 2). Fuente: El autor.

Subiendo estratigráficamente aparece el segundo manto de carbón denominado manto 2 según la traza, su espesor es de 40 cm con variaciones, con orientación S9°E/58°SW, en el techo hay arenita de grano fino, y en la base presenta arcillolitas. Actualmente este manto de carbón no está siendo explotado.

Figura 13: *Afloramiento en la parte superior de la bocamina activa*



Nota. Afloramiento de arcillolita carbonácea intercalado con arcillolita y trazas de carbón.

Fuente: El autor.

Figura 14: *Labores actuales del Manto 1*



Nota. Fotografía donde se observa la bocamina actual. Fuente: El autor.

Figura 15: *Afloramiento con capas tabulares de la Fm. Los Cuervos*



Nota. Fotografía donde se observa capas inclinadas de arenitas, lodolitas, limolitas y arcillolitas, con presencia de tres cintas de carbón. Fuente: El autor.

En el título minero esta formación presenta un manto de carbón coquizable, para el caso de la mina La Veinticinco se tiene 3 mantos de carbón y 3 cintas de los cuales actualmente se explora un manto:

Manto 1: Manto de mayor interés económico por su espesor de 100 cm, con orientación S9°E/56°SW, estrato tabular con un techo de arenita amarillenta de grano fino y limolita, en la base presenta lodolitas, limolitas y arcillolitas. Actualmente la mina La Veinticinco se encuentra en etapa de exploración de este manto por medio de un inclinado que lleva aproximadamente 50 metros de avance, con base en la información del primer Programa de Trabajos y Obras (PTO), las trazas que se habían realizado y la columna estratigráfica que se levantó, hay tres mantos de carbón dentro del título minero en la formación Los Cuervos dispuestos estratigráficamente de base a techo como Manto 3, Manto 2 y Manto 1, de los cuales Manto 3 y Manto 2 ya no se extraen y se encuentra labores antiguas al Sureste del título, por ende, solo se está explorando actualmente Manto 1 que se encuentra hacia la parte media de la formación Los Cuervos.

Cinta 1, 2, 3: Son unas trazas de carbón con espesor de 10, 10, 15 cm respectivamente, dirección S9°E/56°SW.

6.2.3. Formación Mirador (E2m).

La formación Mirador representa un 25% del área del título minero, se encuentra al NW distribuida de Norte a Sur, los afloramientos están bastante fracturados, presenta en la base capas muy gruesas de arenita de color amarillo anaranjado en roca fresca y gris oscuro en roca meteorizada, tamaño de grano medio a grueso, masivo, con estratificación planoparalela, en el techo de la formación hay intercalación de capas delgadas arenitas de color amarillo pálido con tamaño de grano fino a medio con capas intermedias de lodolita marrón, el contacto infrayacente es concordante con la formación Los Cuervos, este se observa que es neto, hay presencia de

óxidos de hierro. El contacto se observa cuando termina las arcillolitas de la formación los cuervos y aparecen las capas muy gruesas de arenitas de la formación Mirador.

Figura 16: *Afloramiento de arenitas de la formación Mirador*



Nota. Fotografía donde se observa el contacto entre la formación Mirador (arenitas de color amarillo pálido y tamaño de grano arena gruesa) con la formación Los Cuervos (arcillolitas de color gris claro). Fuente: El autor.

Figura 17: *Afloramiento de arenitas de grano medio de la formación Mirador*



Nota. Fotografía donde se observa en la parte superior las arenitas de grano medio de la formación Mirador. Fuente: El autor.

6.2.4 Depósitos cuaternarios.

6.2.4.1. Depósitos de planicie aluvial (Q2pa).

Al oeste de la zona de estudio se encuentra depósitos recientes de planicie aluvial que están asociados al río San Miguel, estos depósitos están constituidos por sedimentos de tamaño de grano arenas finas a muy finas de color gris claro a amarillo pálido, sedimentos arcillosos de color gris oscuro, tienen poco espesor y contiene gran cantidad de materia vegetal. Estos depósitos se constituyen por los sedimentos finos depositados por suspensión a partir de las aguas que inundan la planicie adyacente al canal.

Figura 18: *Depósito cuaternario de planicie aluvial*



Nota. Fotografía capturada con el dron donde muestra los depósitos de planicie aluvial, compuestos por sedimentos muy finos que contienen una cantidad significativa de materia vegetal, así como la trayectoria del cauce del río San Miguel. Fuente: El Autor

6.3 Tectónica local

La mina La Veinticinco se encuentra ubicada en una zona con influencia tectónica ya que esta se encuentra en la cordillera oriental y más específicamente en el flanco Oeste del anticlinal de Petrólea y el flanco Este del sinclinal de Sardinata, demostrando que esta zona presenta una tectónica más compleja. En esta zona debido al sistema de fallas inversas (falla Leoncito y San Miguel) con dirección NS generó una serie de pliegues anticlinales y sinclinales a escala regional, estructuras que resultaron de esfuerzos compresivos, por lo tanto, a escala local se encuentran afloramientos basculados con bastantes fracturas.

Figura 19: *Afloramiento con capas basculadas de la Fm. Los Cuervos*

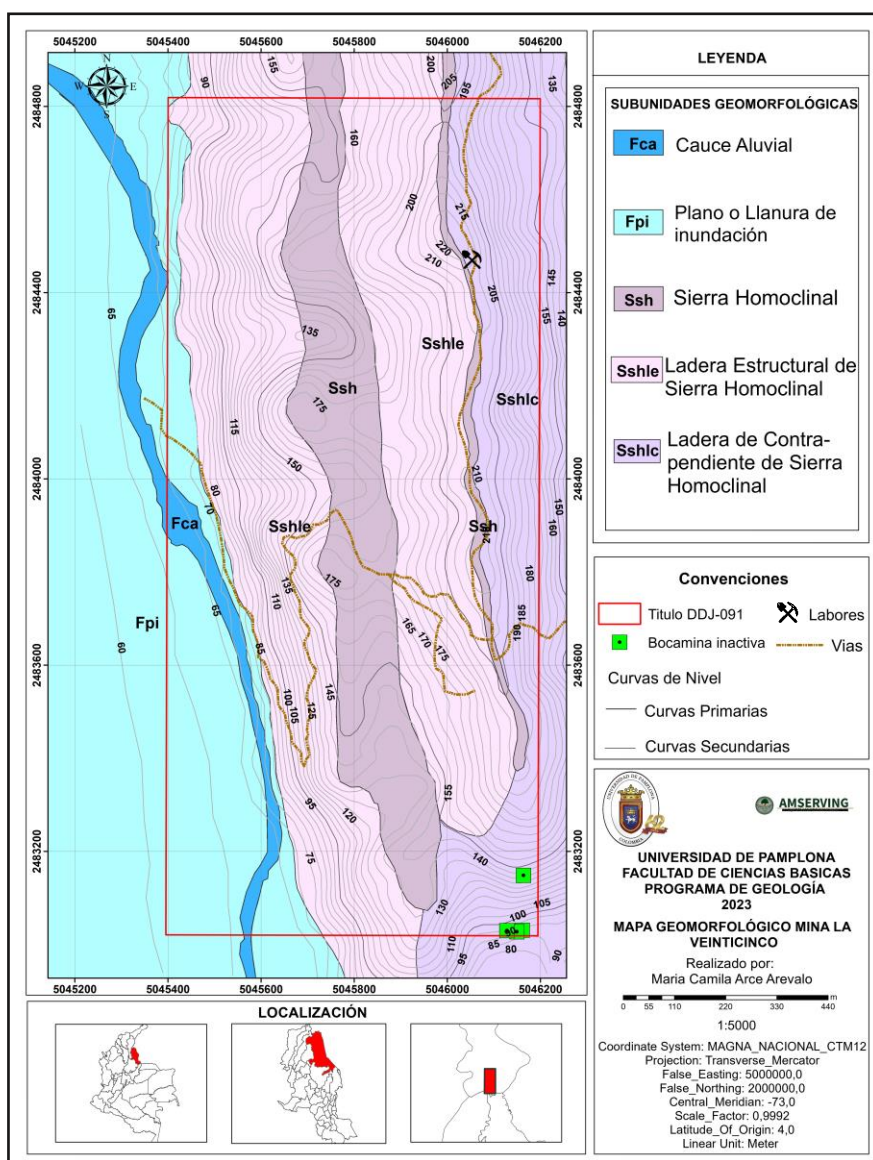


Nota. Fotografía donde se observa un afloramiento con capas basculadas por el sistema de fallas regional de tipo inversas que generan esfuerzos compresivos. Fuente: El autor

6.4 Geomorfología local

La zona de estudio se encuentra enmarcada por procesos estructurales, conformándose así por subunidades geomorfológicas de ambiente estructural como lo son sierras homoclinales, laderas estructurales, laderas de contrapendiente, también hay presencia de un ambiente fluvial que conforma dos subunidades geomorfológicas que son el plano o llanura de inundación y el cauce aluvial. A continuación, se pueden detallar cada una de las subunidades.

Figura 20: Mapa geomorfológico mina La Veinticinco



Nota. Fuente: El autor.

6.4.1. Sierra Homoclinal (Ssh)

Prominencia topográfica simétrica o ligeramente simétrica elongada y de morfología montañosa a colinada de cimas agudas, definida por una secuencia de estratos o capas apilados e inclinados ($> 35^\circ$) en una misma dirección. Generalmente es producto del desarrollo o erosión de un solo flanco de una estructura geológica. (SGC, 2015).

En el caso de la zona de estudio la estructura geológica es el anticlinal de Petrólea el cual producto de la erosión del flanco Oeste se generó esta estructura geomorfológica.

Figura 21: *Fotografía de la estructura Sierra Homoclinal*



Nota. Fotografía tomada con el dron donde se muestra la sierra Homoclinal. Fuente: El Autor

6.4.2. Ladera Estructural de Sierra Homoclinal (Sshle)

Superficie definida por la inclinación de los estratos a favor de la pendiente, de longitud corta a moderada larga, formas rectas a convexas y pendientes escarpadas a muy escarpadas, relacionada a una estructura homoclinal (SGC, 2015).

En el área de estudio esto se distribuye de Norte a Sur en el título, las rocas de la formación Mirador y Los Cuervos, donde allí la inclinación de los estratos está a favor de la pendiente.

Figura 22: *Fotografía de ladera estructural de Sierra Homoclinal*



Nota. Fotografía tomada con el dron donde se muestra la ladera estructural que tiene los estratos a favor de la pendiente. Fuente: El Autor

6.4.3. Ladera de Contrapendiente de Sierra Homoclinal (Sshlc)

Superficie estructural vertical a subvertical, es de longitud moderada a larga, de forma cóncava a irregular, escalonada, con pendientes abruptas a escarpadas, se constituye de una interestratificación de rocas duras, intermedias y blandas, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada a una sierra homoclinal (SGC, 2015).

En la mina La Veinticinco esta subunidad geomorfológica se encuentra al oriente de las labores mineras, donde se puede observar los estratos en contra de la pendiente.

Figura 23: *Fotografía Ladera Contrapendiente de Sierra Homoclinal*



Nota. Fotografía tomada con el dron donde se muestra la ladera contrapendiente. Fuente: El

Autor

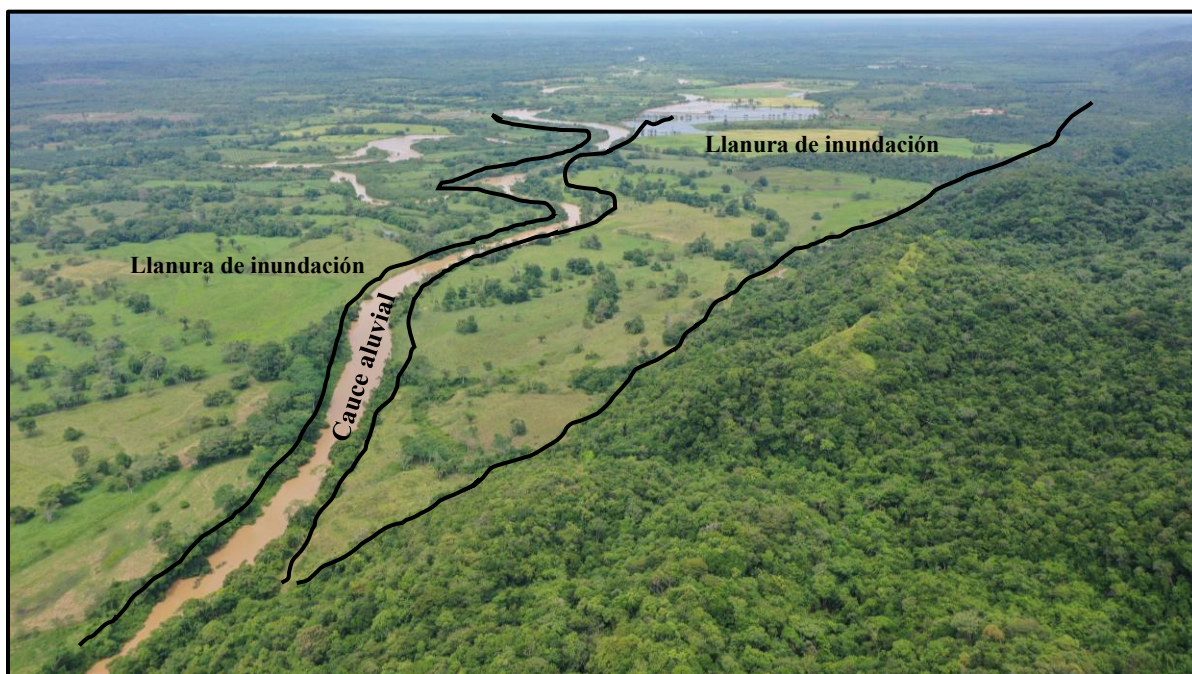
6.4.4 Plano o Llanura de Inundación (Fpi)

Esta característica geográfica se define como una extensa franja de terreno con topografía plana con ondulaciones menores. Estas áreas tienen la particularidad de ser propensas a inundaciones temporales y suelen encontrarse en las proximidades de ríos. Estas zonas presentan una superficie que varía entre plana y ligeramente ondulada, y están relacionadas con eventos de precipitación torrencial (SGC, 2015).

6.4.5. Cauce Aluvial (Fca)

Morfología plana que conforma el dominio del cauce actual de las corrientes de agua, incluyendo las barras torrenciales de las quebradas y el río. Dependiendo de la época del año pueden presentar una pequeña variación, este cauce activo genera geoformas de canales, labrados y erodados (SGC, 2015).

Figura 24: *Fotografía de la llanura de inundación y el cauce aluvial*



Nota. Fotografía tomada con el dron donde se observa la llanura de inundación de gran extensión y el cauce aluvial río San Miguel. Fuente: El Autor

7. Conclusiones

En el título minero DDJ-091 denominado “Mina La Veinticinco” afloran tres formaciones geológicas del Paleógeno desde la serie Paleoceno a Eoceno son la formación Barco, Formación Los Cuervos y Formación Mirador, que tienen contactos concordantes y litológicamente están compuestas por arcillolitas, lodolitas, limolitas y arenitas que van de tamaño muy fino a grueso, en algunos niveles se presenta intercalaciones, capas desde muy delgadas a muy gruesas.

La formación los cuervos es la formación de mayor interés económico debido a que contiene diferentes mantos de carbón que son explotables, principalmente Manto 1 que se encuentra actualmente en exploración tiene un espesor de 100 cm, con base en toda la información este manto está hacia la parte media de la formación Los Cuervos. El Manto 2 y Manto 3 no están siendo explorados actualmente. Las otras formaciones que están presentes en el título no representa ningún interés económico para la mina La Veinticinco.

Al sureste del título minero se encuentra unas bocaminas antiguas donde se realizaron labores de explotación y se determinó en el primer PTO el Manto 1, Manto 2 y Manto 3 con su respectiva traza, y se ha evidenciado que el espesor de los mantos es variable y en algunos casos se comprime.

La zona de estudio se encuentra geomorfológicamente en un ambiente estructural que se conforma por estructuras principalmente de laderas. El ambiente fluvial se compone de una llanura de inundación y el cauce aluvial que es el río San Miguel.

La tectónica de la mina La Veinticinco es compleja debido a que se encuentra en el flanco occidental del anticlinal de Petrólea y el flanco oriental del sinclinal de Sardinata. En esta zona hay un sistema de fallas inversas con dirección NS, que incluyen las fallas Leoncito y San

Miguel, por esto a escala local se encuentran afloramientos basculados y deformados con bastantes fracturas.

Las labores de exploración de la mina La Veinticinco se encuentran focalizadas actualmente en una bocamina con un inclinado que se encuentra al NW del título, en la formación Los Cuervos, el inclinado tiene un avance de aproximadamente 50 metros.

8. Recomendaciones

Realizar más labores de exploración y explotación hacia el sector Noroeste del título siguiendo el manto ya encontrado.

Generar un mapa de riesgos y amenazas por movimientos en masa que puedan afectar a los tambores de ventilación y a las bocaminas.

Realizar un estudio hidrogeológico a detalle de las aguas que se filtran por los diferentes niveles y tambores.

9. Referencias

Carvajal, H. (2011). *Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia*. Bogotá, Colombia. Ministerio de Mina y Energía.

INGRAIN-ANH. (2012). *Cuenca Catatumbo*. Integración Geológica de la digitalización y análisis de núcleos. Bogotá: ANH.

https://www.anh.gov.co/documents/2668/4._Informe_Final_Catatumbo.pdf

Notestein, F., Hubman, C., & Bowler, J. (1944). *Geology of the Barco Concession*. Bulletin of Geological Society of America. Vol55, pp1165 -1216.

[https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPl_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Notestein%20et%20al.%20\(1944\).%20Geology%20of%20the%20Barco%20Concession,%20Republic%20of%20Colombia.pdf](https://recordcenter.sgc.gov.co/B23/662_19MemExPl_373_Las_Acacias/Documento/pdf/Anexo1_InveRecoBibl/Notestein%20et%20al.%20(1944).%20Geology%20of%20the%20Barco%20Concession,%20Republic%20of%20Colombia.pdf)

Rincón Mesa, M. A., y Monroy V., W. O. (Eds.). (2012). *El carbón colombiano. Recursos, reservas y calidad (Vol. volumen 32)*. Libros del Servicio Geológico Colombiano (SGC).

<https://libros.sgc.gov.co/index.php/editorial/catalog/view/64/54/469>

Servicio Geológico Colombiano (SGC), (2015). *Elaboración de la cartografía geológica de un conjunto de planchas a escala 1:100.000 ubicadas en cuatro bloques del territorio nacional, identificados por el servicio geológico colombiano*.

<https://recordcenter.sgc.gov.co/B16/23008010028473/documento/pdf/2105284731101000.pdf>

Servicio Geológico Colombiano (SGC), (2015). *Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 077 – Campo Dos*.

Van Der Hammen, T., (1957). *Estratigrafía del terciario y maestrichtiano continentales y tectonogénesis de los Andes Colombianos*. Inventario Geológico Nacional. Boletín Geológico 6 (1-3).