

**ITINERARIO GEOLÓGICO EN EL SECTOR PAIPA - LA CAPILLA - PANTANO
DE VARGAS (BOYACA): UN APOORTE AL PATRIMONIO GEOLÓGICO
NACIONAL**

EDWIN SNEIDER DIAZ GAMEZ

CINDY KARINA GUERRERO GUTIERREZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014

**ITINERARIO GEOLÓGICO EN EL SECTOR PAIPA - LA CAPILLA - PANTANO
DE VARGAS (BOYACA): UN APOORTE AL PATRIMONIO GEOLÓGICO
NACIONAL**

**EDWIN SNEIDER DIAZ GAMEZ
CINDY KARINA GUERRERO GUTIERREZ**

**Trabajo de Grado para optar al título de
Geólogo**

Director:

CARLOS ALBERTO RIOS REYES

Geólogo Ph. D.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGIA
BUCARAMANGA**

2014

DEDICATORIA

A mi madre Ana Derly

A quien le debo todo en la vida. Quien con su gran esfuerzo ha forjado en mí una persona de bien y un profesional íntegro, gracias por su cariño, comprensión y sus ejemplos de perseverancia y constancia. Y todo su amor. Te quiero mucho.

A mi padre Eduardo

Por todos tus consejos, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el sendero se terminaba. Te quiero mucho mi querido hermano mayor.

A mi compañera ideal Cindy Gabriela

Gracias por demostrarme lo maravilloso de la vida, regalarme los mejores momentos que he vivido, por hacer de mí una mejor persona cada día compartido y enseñarme a valorar cada ser del universo. Te amo y espero seguir haciéndote reír por mucho tiempo.

A mis hermanos El Enano, Mi Negrita y La Flaca,

Por ser mi mayor inspiración en cada momento de mi carrera y mi vida, ayudándome a seguir luchando y esforzándome para cumplir mis sueños. Los adoro hermanitos.

A mis amigos del alma,

Doña Luz y Doña Emely, a quienes les debo la culminación de este proyecto y no darme por vencido, las admiro y esto es gracias a ustedes. A Jorge, Alex, Dieguillo, Don Suarez por ser mi familia y aceptarme con las manos abiertas. Además mis amigos del alma Faunier Luna y Luis Perdomo siempre contaré con su amistad y contarán con la mía incondicionalmente.

A mis amigos de la U,

Mi compañera de Tesis Karina, por su paciencia y gran dedicación. A El Pollito, GeoFerney, GeoForero, Liperian, Dalton, GeoPorras, Moebius10, los tengo en mi corazón.

Gran amigo Alejandro Tapiero (Q.E.P.D),

Siempre seguiré sus buenos consejos y te llevaré en el corazón parcerero, mi gran hermano.

EDWIN SNEIDER DIAZ GAMEZ

DEDICATORIA

A Dios, por ser el arquitecto de mi vida y día a día me construye los mejores pasos llenos de bendiciones.

A mis padres, Henry Guerrero y Beatriz Gutiérrez por su esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional y ser mi guía más segura para hoy hacer un sueño realidad.

A mi hermano, Mauricio Guerrero por ser ejemplo para mí, por su apoyo y saber que en esta vida nunca voy a estar sola.

A mi abuelita, Oliva Oviedo por sus oraciones, porque no hay cosa más bonita que estar siempre presente en ella.

A mi cuñada, Carolina Camargo por su amistad y apoyo incondicional, cuento contigo.

A mi compañero de proyecto, Edwin Díaz por su amistad, su apoyo incondicional, solidaridad y alegría en el desarrollo de nuestro trabajo, superando obstáculos para alcanzar un objetivo en común.

A todos mis compañeros de la universidad con los que viví altos y bajos en este largo camino, los que conservo y los que no gracias en algún momento hicieron parte de un sueño que hoy es realidad.

A mis amigos que durante años me han llenado de la mejor vibra: KADERIMAFER (Deisy Cáceres, Erika Calderón, Marcela Acevedo, Mafer luna), Iván Báez, Orlando Ríberos, Victoria Moreno, Nidia Figueroa, Maye, Leidy Plata, Laura Botia.

A mis mejores amigos, Andrea Balaguer, Cesar Balaguer, Cesar Ojeda, Alejandra Flórez, Marcela Acevedo por saber el valor de la amistad, alegría y tristezas juntos.

CINDY KARINA GUERRERO GUTIERREZ

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Industrial de Santander por abrirnos las puertas y brindarnos la mejor formación académica, para afrontar la vida de la mejor manera.

A nuestro director de tesis profesor Carlos Alberto Ríos Reyes por ser la guía necesaria poder cumplir este gran logro.

A nuestros profesores durante la carrera, quienes con su sabiduría nos dieron las pautas y consejos para formar los profesionales que somos hoy.

A nuestros colaboradores y amigos Edwin Ruiz, Andrea Balaguer, Cindy Gualdrón y a nuestros compañeros del grupo de campo II Paipa 2014 quienes contribuyeron al apoyo necesario y desinteresado a la elaboración de este trabajo.

De nuevo a cada una de nuestras familias por ese apoyo incondicional, por iluminar nuestro camino y darnos las pautas necesarias para que este logro sea hoy una realidad.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	22
1. DESCRIPCION DEL PROYECTO	24
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	24
1.2 JUSTIFICACION	24
1.3 OBJETIVOS	25
1.3.1 Objetivo General	25
1.3.2 Objetivos específicos.	25
1.4 METODOLOGIA.....	26
1.4.1 Fase de recolección y análisis bibliográfico	26
1.4.2 Fase de campo y recolección de materiales geológicos	26
1.4.3 Fase de preparación de materiales geológicos	27
1.4.4 Fase de caracterización mineralógica y petrográfica	27
1.4.5 Fase de identificación, valoración y evaluación de los LIGs	27
1.4.6 Fase de análisis e integración de la información	28
1.4.7 Fase de la elaboración del informe final	28
2. MARCO TEORICO	29
2.1 GEODIVERSIDAD, PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEOCONSERVACIÓN	29
2.2 ITINERARIO GEOLÓGICO	33

3. GEOLOGIA.....	36
3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.....	36
3.2 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	37
3.2.1 Rasgos litoestratigráficos	37
3.2.1.1 Formación Une	37
3.2.1.2 Formación Churuvita.....	37
3.2.1.3 Formación Conejo.....	37
3.2.1.4 Formación Plaeners	37
3.2.1.5 Formación Los Pinos	38
3.2.1.6 Formación Labor-Tierna.....	38
3.2.1.7 Formación Tilatá	38
3.2.1.8 Flujo Olitas	38
3.2.1.9 Flujo Durazno.....	39
3.2.1.10 Depósito Aluvial	39
3.2.1.11 Depósito Coluvial	39
4.IDENTIFICACIÓN, VALORACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO	40
4.1 IDENTIFICACIÓN DE LIG.....	40
4.2 CATEGORIZACIÓN TEMÁTICA	40
4.3 VALORACIÓN DE LOS INDICADORES A CRITERIO DE EXPERTOS.....	41

4.4	EVALUACIÓN DE LIG.....	42
4.5	JERARQUIZACIÓN DE LIG	44
5.	ITINERARIO GEOLOGICO EN EL SECTOR DE PAIPA - LA CAPILLA - PANTANO DE VARGAS (BOYACA): UN APORTE AL PATRIMONIO GEOLOGICO REGIONAL.....	45
5.1	ESTACIÓN 1: QUEBRADA OLITAS.....	47
5.2	ESTACIÓN 2: MINA DE HIERRO SECTOR LA CAPILLA.....	52
5.3	ESTACIÓN 3: LABERINTO DE TOBAS	57
5.4	ESTACIÓN 4: CERRO DE IGNIMBRITA.....	62
5.5	ESTACIÓN 5: VÍA PANTANO DE VARGAS – FIRAVITOBA.....	67
5.6	ESTACIÓN 6: CERRO PAN DE AZÚCAR.....	73
5.7	ESTACIÓN 7: MINA JAIME PARRA.....	77
5.8	ESTACIÓN 8: DOMO DE QUEBRADA HONDA.....	81
5.9	ESTACIÓN 9: PISCINA OLÍMPICA EL DELFÍN	85
5.10	ESTACIÓN 10: TALASINOIDES VÍA PAIPA - PANTANO DE VARGAS	89
6.	CONCLUSIONES	91
7.	RECOMENDACIONES.....	92
	BIBLIOGRAFÍA.....	93
	ANEXOS	99

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Localización de la zona de estudio en Colombia. (Fuente: Google Earth, 2013).	36
Figura 2. Mapa Geológico del Itinerario Geológico de Paipa, Sector La Capilla y el Monumento del Pantano de Vargas. Indicando la georuta a realizar (Fuente: Autores).	45
Figura 3. Vista panorámica desde el Mirador de la Estación Olitas. 1) Domo, 2) Cima redondeada, 3) Cresta, 4) Ladera y 5) Deslizamiento. (Fuente: Autores)	47
Figura 4. Deslizamiento Rotacional de flujo de detritos, delimitado por la línea amarilla y presencia de cárcavas y surcos líneas rojas. (Fuente: Autores)	48
Figura 5. Esquema de Deslizamiento Rotacional. (Fuente: Cruden y Varnes, 2006).	48
Figura 6. Depósito de flujos de la Estación Olitas. Presenta granodecrecimiento de base a techo. (Fuente: Autores).....	49
Figura 7. Afloramiento del Domo en la Estación Olitas, al lado de la piscina. Rocas de composición intermedia, presenta meteorización y fracturamiento. (Fuente: Autores).....	50
Figura 8. En nicoles paralelos se observan fenocristales de albita y su exfoliación, presencia de hornblenda con forma pseudo-hexagonal, también se ve un pequeño cristal con un corte paralelo a la exfoliación, todo esto inmerso en vidrio volcánico y restos de ceniza. (Fuentes: Autores).	51
Figura 9. Mina de Hierro Sector La Capilla. Actualmente en explotación. Se observan los montículos de material estéril, el mineral explotado y el frente de explotación. (Fuente: Autores).....	52
Figura 10. Pozos formados por la excavación por debajo del nivel freático. Tener cuidado al momento de realizar la visita por la inestabilidad del terreno. (Fuente: Autores).....	53
Figura 11. Descripción afloramiento de base a techo Mina del sector la Capilla. (Fuente: Autores).....	55

Figura 12. Esquema representativo del afloramiento en la Mina de Fe, sector La Capilla. (Fuente: Autores)	55
Figura 13. Principal constituyente de hierro en esta mina es la goethita, la cual está remplazando la hematita, y se presenta en forma masiva y agregados radiales, con coloraciones grises media a oscuras y reflexión interna de color rojo amarillento. (Fuente: Autores).....	56
Figura 14. Tobas de colores grisáceos que debido a la erosión forman estoraques en una especie de laberinto, mostrando colores oscuros hacia el tope y tonalidades más claras hacia la base. (Fuente: Autores)	57
Figura 15. Esquema representativo del laberinto de Tobas. El área de color rojo se refiere a la Mina de Hierro del Sector La Capilla. (Fuente: Autores)	58
Figura 16. Tobas que presenta estructura de tipo Botroidal. Este afloramiento se encuentra a 20 metros del Laberinto. (Fuente: Autores)	59
Figura 17. Afloramiento de Tobas, en mal estado debido a los animales de pastoreo del área. (Fuente: Autores)	59
Figura 18. Imágenes de Microscopio Petrográfico en Nicoles paralelos y cruzados. Se observa una matriz de ceniza con cristales de Plagioclasa alargados. (Fuente: Autores).....	60
Figura 19. Panorámica frente a la estación del Laberinto de Tobas. Se evidencian geoformas y contraste entre rocas duras y blandas línea amarilla. (Fuente: Autores)	60
Figura 20. Vista desde la parte más alta del Cerro de Ignimbrita o Alto de los Godos, se observa el contacto entre litologías. Flujo Puzolánico (F.p.), Flujo F (F.f), Ignimbrita (Ign). (Fuente: Grupo de Campo II, Geología, UIS)	62
Figura 21. Cerro de Ignimbrita, conocido también como Alto de los Godos, Ladera de alta pendiente y vegetación tipo rastrojo. (Fuente: Autores)	63
Figura 22. Mina de Puzolana, ubicada al SE del Cerro de Ignimbrita o Alto de los Godos. (Fuente: Autores)	64
Figura 23. Ignimbrita con alto grado de alteración (Izquierda), presenta colores rojizos. Roca fresca (derecha) colores blancos o claros. (Fuente: Autores)	65
Figura 24. Variación de tonalidad observada en la Ignimbrita desde un menor grado de alteración (Arriba derecha) pasando por tonalidades naranjas oscuras (Arriba	

izquierda) hasta colores blancos sin cristales definidos (Abajo) con muy alto grado de alteración. (Fuente: Grupo Campo II, Escuela de Geología, UIS).	65
Figura 25. Areniscas de color amarillo y de grano grueso, y algunas capas de lodolitas síliceas entre los paquetes de arenisca. Se observa el nivel de suelo y su vegetación de tipo rastrojos. (Fuente: Autores).....	67
Figura 26. Geomorfológicamente observamos pendientes altas, lomas, valles, deslizamientos de tipo traslacional y rotacional. (Fuente: Autores)	68
Figura 27. Estructura de tipo botroidal ubicada en la parte superior de la Arenisca. Fm Une. (Fuente: Autores)	69
Figura 28. Arenisca de grano fino de color gris claro y Lodolitas síliceas de color gris claro con contenido de moscovita. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS).....	70
Figura 29. Areniscas de tamaño de grano fino, granos esféricos y subredondeados, bien calibrada de color blanco amarillento, estructura masiva. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)	70
Figura 30. Arenisca de tamaño de grano de medio a grueso, granos subredondeados y esféricos, estructura masiva, color de la roca blanco. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)	71
Figura 31. Fotografía de microscopía de Cuarzoarenita. Nícoles Paralelos. (Fuente: Autores).....	71
Figura 32. Panorámica del Monumento a los Lanceros del Pantano de Vargas. (Fuente: Autores).....	72
Figura 33. Cerró Pan De Azúcar. Tomada en dirección SE. Se observa la caseta en la parte superior, lugar que sirve como Mirador. (Fuente: Autores).....	73
Figura 34. Roca volcánica de composición intermedia. Parte baja del Cerro Pan de Azucar. (Fuente: Autores).....	74
Figura 35. Panorámica desde el Cerro Pan De Azúcar. (Fuente: Autores)	75
Figura 36. Esquema donde se ilustran diferentes geoformas como llanuras, cerros, lomas. En la imagen se observan las diferentes geoformas en las cuales están: un valle con pendientes baja, la planicie y el Pantano de Vargas. (Fuente: Autores).75	

Figura 37. Panorámica de la Mina Jaime Parra. Actualmente se encuentra abandonada, pero sus afloramientos están en muy buen estado. Se observan las capas de lilitas, color gris claro. (Fuente: Autor)	77
Figura 38. Esquema representativo de la Mina Jaime Parra, mostrando una discordancia angular, las grietas de desecación. (Fuente: Autores)	78
Figura 39. Grietas de desecación. Evidencia del cambio en la carga de agua del sedimento. (Fuente: Autores)	78
Figura 40. Se observan diferentes puntos de explotación de la mina Jaime Parra. (Fuente: Autores).....	79
Figura 41. Ilustración de los procesos de erosión torrencial que afecta los frentes de explotación abandonados. Genera surcos y cárcavas. (Fuente: Autores).....	80
Figura 42. Domo al margen de la Quebrada Honda. Se presenta fracturas y diaclasas. Alta vegetación tipo matorrales. Sobresale de la llanura de inundación. (Fuente: Autores).....	81
Figura 43. Domo representativo con depósitos piroclástico. Las líneas rojas nos ilustran el gran diaclasamiento de la roca. (Fuente: Autores).....	82
Figura 44. Afloramiento de Domo mostrando diferentes familias de diaclasas. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)	82
Figura 45. Roca fresca del Domo de Quebrada Honda. Se observan cristales de plagioclasa y cuarzo de unos 8 mm de longitud. (Fuentes: Autores)	83
Figura 46. Microfotografía de sección delgada realizada al domo. A) Cristales de salinidad que muestran maclado de Carlsbad dentro de una matriz de virio plagioclasas, biotita y óxido. B) Cristales de plagioclasas con sus maclas polisintéticas características la cual tiende a hacer compleja para algunos cristales. C) Cristales de plagioclasas en matriz de vidrio plagioclasas, biotita y anfibolita demostrando la diferencia de una misma composición de la misma roca. D) gran cristal de plagioclasa el cual creció a partir de los bordes de otros cristales más pequeños de plagioclasa exhibido una extensión diferente que permite su diferenciación. E Y F) Cristales de la matriz, se observan de dichos cristales correspondientes con la composición de los cristales más grande. Adicionalmente aparecen otros minerales accesorios como lo son la epidota y algunas biotitas. (Fuente: Autores).....	84
Figura 47. Panorámica representativa de la piscina olímpica el delfín - El Batán. (Fuentes: Autores)	85

Figura 48. Esquema representativo A) Flujo piroclastico, B) Pliegues chevron, C) presencia de lodolitas, D) estratos verticalizados. (Fuente: Autores)	86
Figura 49. Pliegues de tipo Chevron. (Fuente: Autores).....	86
Figura 50. En la parte central de la zona se presentan capas casi verticales con rumbo N34E/76SE de lodolita silíceca caolinizada por alteración. (Fuente: Autores)	87
Figura 51. Imagen de Microscopio petrográfico. Nicoles Paralelos y Cruzados. La roca es una fosforita de tamaño de grano lino, con presencia de algunos granos más grande (restos fósiles tipo conchillas y vertebras) se puede observar cristales de cuarzo y presenta una textura deposicional lodosoportada tipo mudstone. (Fuente: Autores).....	87
Figura 52. Agua termo mineral con aproximadamente 70°C de temperatura. (Fuente: Autores).....	88
Figura 53. Capas buzando a favor de la topografía. Presenta vegetación de tipo pastos y bosques húmedos. Pendiente mayor a 40%. (Fuente: Autores)	89
Figura 54. Presencia de fósiles bivalvos y de estructuras talasinoides. (Fuente: Autores).....	90

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Criterios de evaluación y sus respectivos indicadores a valorar en cada LIG. (Fuente: Autores)	28
Tabla 2. Listado de los parámetros considerados para la evaluación. (Fuente: Autores)	41
Tabla 3. Valor en porcentaje dado a cada parámetro. (Fuente: Autores)	41
Tabla 4. Datos tomando todos los valores dados a cada parámetro del LIG por los encuestados. (Fuente: Autores)	42
Tabla 5. Datos multiplicando los valores de la tabla 4 por el porcentaje dado a cada parámetro del LIG. (Fuente: Autores)	43
Tabla 6. Jerarquización de los LIGs procesando todos los datos arrojados en la pregunta 3 de la encuesta. (Fuente: Autores).	43

ANEXOS

Anexo A: MAPA GEOLÓGICO DEL ITINERARIO PAIPA

Anexo B: MAPA DE ESTACIONES O GEORUTA

Anexo C: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA

Anexo D: ENCUESTA

RESUMEN

TITULO:

ITINERARIO GEOLÓGICO EN EL SECTOR PAIPA - LA CAPILLA - PANTANO DE VARGAS (BOYACÁ): UN APORTE AL PATRIMONIO GEOLÓGICO NACIONAL.

AUTORES:

Edwin Sneider Díaz Gámez

Cindy Karina Guerrero Gutiérrez

PALABRAS CLAVES: Itinerario geológico, Sitios de interés, Patrimonio geológico, Recursos

CONTENIDO:

En nuestro país y en especial en el área de Paipa, ha sido escaso el interés relacionado con los sitios que requieren una valoración, protección y preservación; sin embargo, son cuantiosos los lugares conocidos y nombrados en la bibliografía geológica que son necesarios preservar como Patrimonio Geológico.

En el sector de Paipa, La Capilla y el Pantano de Vargas, afloran rocas sedimentarias de origen continental y marino, también se evidencian algunos cuerpos ígneos intrusivos. La edad de las rocas estratificadas presentes varía entre el Triásico y el Terciario Superior.

Para conformar el itinerario geológico se tomaron como base fundamental las características más representativas de la zona como son: rareza, accesibilidad, interés didáctico, estado de conservación, interrelación con otros procesos geológicos, tamaño y dimensiones, interés científico, variedad de elementos, grado de conocimiento, geomorfología, entre otros; se seleccionaron 10 Lugares de Interés Geológico o LIGs, teniendo en cuenta los resultados arrojados en encuestas hechas a estudiantes de geología y profesores de la Universidad Industrial de Santander que han realizado la asignatura Campo II en la zona y algunos geólogos conocedores del área; de esta forma se realizó una catalogación, y de cada uno de los LIG donde se verificó su importancia geológica dentro del área, siendo representativos y por lo tanto, constituyentes del itinerario geológico.

* **Tesis de grado. Modalidad Investigación.**

** Facultad de Fisicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Carlos Alberto Ríos Reyes

SUMMARY

GEOLOGICAL ITINERARY IN SECTOR PAIPA- LA CAPILLA-PANTANO DE VARGAS (BOYACÁ): UN APORTE AL PATRIMONIO GEOLÓGICO NACIONAL.

Authors:

Edwin Sneider Díaz Gámez

Cindy Karina Guerrero Gutiérrez

Keywords: Geological itinerary, Sightseeing, Geological Heritage, Resources

In this country, especially in the area of Paipa, there has been limited interest in sites that require an assessment, protection and preservation. However, there are a considerable number of places known and named in the geological bibliography that are necessary to be preserved as Geological Heritage.

In the regions of Paipa, la Capilla and Pantano de Vargas we can find outcropping sedimentary rocks of marine and continental origin. Igneous bodies are also present in these same areas. The age of the stratified rocks ranges between the Triassic and Tertiary Upper periods.

To form the geological itinerary have been taken as fundamental basis the most representative features of the area such as: rarity, accessibility, didactic interest, condition, relationship with other geological processes, size and dimensions, scientific interest variety of elements, degree of knowledge, geomorphology, etc. have been selected 10 places of geological interest or LIGs considering the results obtained in surveys made by geology students and professors from the Universidad Industrial de Santander who have made the subject campo II in the zone and some geologists familiar with the area in this way was held a cataloging, and each of the LIG where geological significance was verified in the area, being representative and therefore constituents of geological itinerary.

* **Undergraduate Project. Research Modality.**

** Physicochemical Faculty. School of Geology. Director: Carlos Alberto Ríos Reyes.

INTRODUCCION

El municipio de Paipa se encuentra localizado en el eje axial de la Cordillera Oriental de Colombia, región cuya historia geológica ha sido el resultado de la compleja interacción entre las placas del Caribe y Nazca con la placa de Sur América (e.g., Cooper et al., 1995; Trenkamp et al., 2002). El área de estudio representa un laboratorio natural que revela la actividad volcánica que se presentó a finales del Neógeno en la Cordillera Oriental de Colombia (Garzón, 2003; Pardo and Alfaro, 2005). En la zona afloran rocas sedimentarias del Jurásico, sobre las cuales descansa una secuencia del Cretácico con una fuerte influencia tectónica ejercida por estructuras tales como las fallas de Boyacá y Soapaga; por otra parte, afloran rocas del Paleógeno y depósitos inconsolidados del Neógeno y Cuaternario que cubren parte del área y dificultan la interpretación de relaciones estructurales entre las unidades preNeógenas en el Altiplano Cundiboyacense (Cepeda y Pardo, 2004). En esta región fue reconocido el Volcán de Paipa durante un proyecto de investigación geotérmica adelantado por INGEOMINAS. Las rocas volcánicas de Paipa fueron primero identificadas por Sarmiento (1941) y primero mapeadas por Renzoni et al. (1983) como andesitas volcánicas del Cenozoico. No obstante, existen escasos estudios volcanológicos en esta región, dentro de los cuales se destaca el realizado por Pardo et al. (2005).

La región de interés en el presente estudio representa por lo tanto una de las zonas más dinámicas y vulnerables de la tierra, como consecuencia de la acción progresiva de procesos volcánicos y de sedimentación, los cuales están condicionados por factores erosivos, tectónicos, climáticos y antrópicos, entre otros. Estos aspectos la convierten en un área de gran geodiversidad e interés no solo para la comunidad geocientífica de nuestro país, sino también para su sociedad.

Con el fin de dar a conocer parte de esta geodiversidad y proyectar la necesidad de entender y preservar los elementos geológicos que conforman el volcán de Paipa y sus alrededores, en el presente trabajo se abordan conceptos, tales como geodiversidad, patrimonio geológico y geoconservación, de gran importancia para la identificación, catalogación, evaluación, protección y utilización de lugares de interés geológico (LIGs) existentes en una región de interés patrimonial desde el punto de vista geológico.

Este trabajo está dividido en dos secciones. En la primera parte, se realiza una síntesis del panorama geológico actual del área de estudio dentro del contexto de la Cordillera Oriental, particularmente en los alrededores del Volcán de Paipa. La

base fundamental de este trabajo y que justifica su divulgación, son los LIGs que forman parte del itinerario geológico y que han sido documentados a través de fotografías y esquemas de una forma didáctica y explicativa, revelando los rasgos geológicos de mayor importancia registrados a lo largo del recorrido, haciendo énfasis en los diferentes tipos de rocas que afloran en el sector de interés y la influencia que estas han tenido en combinación con los agentes geológicos que han actuado en el modelaje del paisaje actual. En la segunda parte, se presenta el itinerario geológico con la descripción de cada una de las paradas a realizar, las cuales incluyen fotografías de afloramientos y panorámicas, destacando su contexto geológico, y atendiendo especialmente a sus rasgos litoestratigráficos, mineralógicos, petrológicos, estructurales y geomorfológicos.

El objetivo general fue diseñar y llevar a cabo un itinerario geológico en el sector de Paipa – La Capilla – Pantano de Vargas (Boyacá), a partir de la selección de LIGs que permitan reconocer e interpretar evidencias geológicas que contribuyan no solo al entendimiento de la evolución geológica de esta región, sino también al conocimiento y divulgación de su patrimonio geológico, justificando la presente investigación con relación a la creciente preocupación acerca de la necesidad de proteger y gestionar adecuadamente la geodiversidad del planeta, incluyendo instrumentos didácticos para la enseñanza de las Geociencias.

1. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Este proyecto se fundamentó en valorar, evaluar, y jerarquizar, mediante la realización de encuestas a docentes y estudiantes que realizaron su campo II en el sur del municipio de Paipa, quienes permitieron confirmar la importancia de la geodiversidad presentes en 10 lugares de interés geológico (LIGs) de la zona de Paipa – La Capilla y el Pantano de Vargas, los cuales se muestran dentro de un itinerario geológico, siendo este una herramienta de divulgación científica, por medio de la cual se detalla con ilustraciones y esquemas los principales rasgos geológicos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La geología de la zona que abarca el sector de Paipa, la Capilla y el Pantano de Vargas, desde un punto de vista integral incluye el aspecto socio-económico, que los catalogue como patrimonio geológico, proporcionando mayor conocimiento científico, potencial didáctico, pedagógico, cultural y geoturístico por medio de un inventario de los lugares más representativos que muestren la mayor cantidad de características resaltables o LIGs (lugares de interés geológico), dentro de una ruta designada, exhibidos de manera práctica, sencilla y de forma gráfica a través de un Itinerario Geológico.

1.2 JUSTIFICACION

Este trabajo está justificado en el hecho de contribuir tanto al conocimiento geológico de la región de interés como a la difusión de su patrimonio geológico, fundamental como estrategia de geoconservación e impulso del geoturismo en la región, insertando un aporte al desarrollo no solo cultural y científico sino también educativo y recreativo a partir del diseño y realización de un itinerario geológico.

Trabajo enfocado a la realización de un Patrimonio Geológico e Itinerarios Geológicos en los que se aborda un área de estudio más amplia y profunda en la información de cada una de las localidades escogidas como Estaciones.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y llevar a cabo un itinerario geológico en el sector de Paipa – La Capilla – Pantano de Vargas (Boyacá), a partir de la selección de lugares de interés geológico (LIGs) que permitan reconocer evidencias geológicas que contribuyan no solo al entendimiento de la evolución geológica de esta región, sino también al conocimiento de su patrimonio geológico.

1.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar la influencia de la estructura tectónica sobre la geomorfología presentada en el área.
- Describir la riqueza del medio geológico a partir del diseño de una ruta geológica de fácil acceso, acercando al visitante algunos elementos básicos de la geología.
- Contribuir al desarrollo de la línea de investigación de Geología Ambiental y Amenazas Geológicas a través de la cual se pretende promover el aprendizaje, respeto y conservación del patrimonio geológico.
- Describir los sitios de interés geológico a lo largo del itinerario a nivel elemental para quienes están en proceso de aprendizaje en el campo de la geociencias y como material del apoyo en las salidas de campo.
- Destacar la riqueza paisajística y geoturística de Paipa - La Capilla y el Pantano de Vargas.

1.4 METODOLOGIA

El desarrollo del presente trabajo de investigación está fundamentado en el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos, para lo cual se planteó la ejecución de diferentes fases metodológicas, las cuales se describen a continuación.

1.4.1 Fase de recolección y análisis bibliográfico

Esta fase consistió en la recolección y análisis de la información bibliográfica en documentos del IGAC, Servicio Geológico Colombiano (SGC), POTs, y de otras instituciones y publicaciones en general del área de estudio, reportes técnicos, fuentes directas. Por otra parte, se consultaron revistas especializadas, bases de datos tales como Science Direct, Science OnLine, Wiley InterScience, como producto de esta fase de revisión se estableció el área sobre la cual se realizó finalmente el itinerario geológico.

1.4.2 Fase de campo y recolección de materiales geológicos

Esta fase se desarrolló en compañía del grupo de la asignatura Campo II del Primer Semestre de 2014 adelantado por la Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander con la dirección del Profesor Carlos Alberto Ríos Reyes y la participación del Profesor Cesar Augusto Trujillo Tarazona en el sector de Paipa - La Capilla - Pantano de Vargas.

Inicialmente se realizó una verificación en campo del área de estudio con el fin de definir los LIGs, así como la ruta geológica a recorrer, la cual incluye en ocasiones caminatas cortas de hasta 15 minutos desde la ruta principal. Posteriormente, se adelantó un levantamiento geológico de la ruta de interés, realizando observaciones de las características geológicas más relevantes (litológicas, estratigráficas, estructurales, geomorfológicas, etc.), documentando cada lugar por medio de fotografías y esquemas explicativos, que permiten no solo reconocer la geodiversidad e interpretar la evolución de los procesos geológicos que han modelado el lugar sino también, promover el geoturismo como una rama de la geología aplicada, motivando la geoconservación del patrimonio geológico de esta región. La documentación de los LIGs se acompañó de la recolección de materiales geológicos como respaldo de la cartografía generada. Como producto de esta fase de campo se elaboró un mapa geológico preliminar escala 1:25000, generado a partir del reconocimiento de las formaciones geológicas encontradas en campo.

1.4.3 Fase de preparación de materiales geológicos

Esta fase consistió en la remarcación de materiales geológicos recolectados, para el análisis macroscópico. Posteriormente, se llevó a cabo la selección de muestras representativas y la selección de secciones delgadas para su posterior análisis petrográfico.

1.4.4 Fase de caracterización mineralógica y petrográfica

Esta fase contempló inicialmente la caracterización a escala macroscópica de los materiales geológicos recolectados, determinando no solo su carácter estructural y composicional sino también los litotipos aflorantes. Posteriormente, se llevó a cabo la caracterización mineralógica y petrográfica de las rocas que permitió determinar rasgos microestructurales, texturales y composicionales y conocer de manera más detallada la litología de la zona.

1.4.5 Fase de identificación, valoración y evaluación de los LIGs

Durante esta fase se llevó a cabo la identificación, valoración y evaluación de los LIG teniendo en cuenta además categorías como son litología, geomorfología, estratigrafía, estructural y 3 criterios: valor intrínseco, potencial de uso y grado de amenaza, sugeridos por Bruschi (2007), junto a sus respectivos indicadores a valorar (Tabla 1), como: rareza, buen ejemplo de proceso geológico, interés científico, variedad de categorías temáticas (litología, geomorfología, estratigrafía, estructural y mineralogía), accesibilidad, fragilidad, seguridad, posibles actividades a realizar (científicas, didácticas, turísticas), calidad ambiental y estado de conservación, cada uno de ellos expuestos ante estudiantes de geología que asistieron al área de interés en diferentes prácticas de campo y algunos profesionales versados en el tema, mediante quienes a su juicio calificaron cada LIG, definiendo el grado de importancia de dichos indicadores en diferentes lugares del área de estudio, basados en una escala numérica de 1 a 5, con el fin de calificar también los que influyan negativamente, finalmente se realizó una objetiva y confiable valoración, que permitió evaluar y jerarquizar cada LIG, para la producción del itinerario geológico.

CRITERIOS DE EVALUACION	INDICADORES A VALORAR
VALOR INTRINSECO	<ul style="list-style-type: none"> • Rareza • Bueno ejemplo de procesos geológico <ul style="list-style-type: none"> • Interés científico • Variedad de categoría temática
POTENCIAL DE USO	<ul style="list-style-type: none"> • Accesibilidad • Fragilidad • Seguridad
GRADO DE AMENAZA	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad ambiental • Estado de conservación

**Tabla 1. Criterios de evaluación y sus respectivos indicadores a valorar en cada LIG.
(Fuente: Autores)**

1.4.6 Fase de análisis e integración de la información

Esta fase comprendió no solo la integración de la información recolectada a lo largo del desarrollo del proyecto, sino también la interpretación de los resultados obtenidos en cada una de las fases anteriores. Como resultado de esta fase se elaboró un mapa geológico final y una columna estratigráfica generalizada del área de estudio en general. Por último, según los criterios y la valoración de sus respectivos indicadores, se tabularon los resultados de las encuestas, mediante procesamiento estadístico se confirmó la importancia y riqueza geológica de 10 LIGs que integran la ruta geológica y finalmente se elaboró el “Itinerario Geológico en el sector Paipa - la Capilla - Pantano de Vargas (Boyacá): un aporte al patrimonio geológico nacional.”

1.4.7 Fase de la elaboración del informe final

Durante esta se realiza la preparación del informe final del proyecto desarrollado, el cual cada uno de los resultados de la investigación y sus respectivos productos como anexos.

2. MARCO TEORICO

A continuación se dará una breve introducción a la tendencia geoconservacionista que se ha venido creando a nivel mundial en las últimas décadas y que en Colombia apenas comienza, con el propósito de crear conciencia en la sociedad, divulgando la importancia de dichos términos y por lo tanto la necesidad de su conservación y uso sostenible para con ello fomentar el conocimiento geológico enfocado hacia un nuevo horizonte.

2.1 GEODIVERSIDAD, PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEOCONSERVACIÓN

Los términos Geodiversidad, Patrimonio Geológico y Geoconservación, están restringidos a un escaso grupo de geocientíficos que periódicamente ponen de manifiesto la poca importancia que se brinda al patrimonio geológico en las políticas de conservación (Villalobos, 2001), lo cual es de gran importancia para la conservación del planeta Tierra. No obstante, estos no se han mencionado de manera explícita en ningún documento, razón por la cual han sido excluidos, en la mayoría de los casos, de los esfuerzos hechos por preservar el patrimonio Natural.

El término “geodiversidad” es un concepto reciente, del cual Serrano y Ruiz-Flaño (2007) presentan una síntesis de su evolución, concluyendo con una nueva definición de carácter integrador. Solo hasta hace poco menos de una década, se ha visualizado la importancia de la geodiversidad como constituyente de la Diversidad Natural. Por lo tanto, algunos trabajos (e.g., Gray, 2004; Serrano y Ruiz-Flaño, 2007) conceptualizan dichos términos, con las definiciones más aceptadas en la literatura a nivel mundial.

La definición de “patrimonio geológico” es quizás la más precisa y aceptada: “conjunto de elementos geológicos, cuyo valor geológico les hace destacar del entorno circundante por su interés científico, cultural y/o educativo, tales como formaciones y estructuras geológicas, paisajes geomorfológicos, yacimientos paleontológicos y mineralógicos, suelos, y otras manifestaciones geológicas de significativo valor para reconocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente, y el origen y evolución de la vida” (Carcavilla et al., 2008). El primer paso para realizar un estudio bien documentado y confiable sobre el patrimonio geológico que existe en un territorio, es llevar a cabo el inventario de LIGs que allí puedan

existir; para tal fin, es necesario en primera instancia conocer la geología e identificar cuáles son los elementos geológicos con los que cuentan dichos LIGs, indicadores que se deberán valorar según su grado de importancia, para emprender medidas enfocadas a su conservación y uso sostenible. El patrimonio geológico ha tomado gran importancia a nivel mundial a través de la UNESCO y la Conferencia General de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, creando la “Convención para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural”, las cuales se comprometen a velar por la conservación y protección del patrimonio universal. En España, se ha convertido en una práctica muy común y ha sido respaldada por instituciones, tales como el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), la Sociedad Geológica de España, la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), entre otras, las cuales han venido trabajando en el análisis e inventario del patrimonio geológico español desde el siglo XIX pero fue después del siglo XX en los años 70 que tomó mayor importancia aunque tuvo un receso en el cual se realizó el Mapa Geológico Nacional (MAGNA) a partir del año 1989 y desde entonces se han realizado importantes aportes a la metodología para realizar estos estudios (e.g., Cendrero, 1996; Morales, 1996; Morales et al., 2002; Elízaga y Palacio, 1996; Villalobos et al., 2004; García-Cortés, 2005) y se han extendido hacia la realización de tesis doctorales (e.g., Romero, 2001; Carcavilla et al., 2007; Bruschi, 2007). Guillén y Del Ramo (2001), escribieron las memorias del congreso “El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente” en España, donde se presentan trabajos de divulgación científica y utilización de los recursos geológicos con fines educativos y/o turísticos. Diferentes países a nivel mundial han presentado su interés en este tipo de trabajos de investigación. La UNESCO en su deseo de promover el reconocimiento de sitios con importancia geológica que puede enmarcarse dentro del patrimonio de cada país, ha fomentado la creación de Geoparques, un instrumentos como los itinerarios e inventarios geológicos para valorar el patrimonio geológico y que en Latinoamérica y el Caribe, países como Argentina, Brasil, Ecuador, Perú, Chile, Costa Rica, Uruguay, Venezuela y Colombia, han desarrollado esta iniciativa la cual también debería incluirse en los planes de ordenamiento territorial de cada uno de estos. En Colombia, desde los años 70 se ha venido reglamentando la conservación del Medio Ambiente ejemplo en el ARTICULO 334 En donde establece que el Estado intervendrá en la exploración de los recursos naturales, en el uso del suelo, en la producción, distribución, utilización y consumo de los bienes, con el objetivo de preservar un ambiente sano. DECRETO 2811 de 1974 Que contiene el Código de Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente (CRN). Pero fue en la LEY 99 de 1993 por la cual se creó el Ministerio del Medio Ambiente, sin

embargo, el enfoque ha sido hacia la gestión y conservación de los recursos naturales renovables y no renovables como el agua, aire, recursos hidrobiológicos, ruido, residuos sólidos, paisaje, flora y fauna, uso del suelo, estudio de impacto ambiental, licencias ambientales, las riquezas culturales; las normas hablan de bienes de uso público, parques naturales, patrimonio arqueológico, de la preservación de áreas con importancia ecológica y a la educación que deben recibir los ciudadanos con relación a la preservación y uso del medio ambiente (en la Legislación General de la Constitución Nacional Artículos 8, 49, 58, 63, 57, 79, 82, 95, 313 y 334, y sus respectivos decretos y leyes). Por lo tanto, en Colombia al igual que en muchos países del mundo no se han implementado las normas referentes a la conservación del Patrimonio geológico y por éste motivo, dar a conocer este trabajo es de gran importancia para sentar un precedente en cuanto a la falencia que actualmente se tiene frente a este tema. A nivel nacional, hasta ahora se empieza a tomar conciencia de esta necesidad de estudiar, entender y preservar el patrimonio geológico el cual es importante en el proceso de evolución del planeta, aunque han sido muy pocas las investigaciones sobre este tema, existen algunas que han sido importantes como el “Proyecto Mugai, Geología, Paleontología y Patrimonio Geológico para Niños” que es una iniciativa de la Sociedad Colombiana de Geología, y que involucra a los niños para que ellos sean gestores del cuidado de su entorno (www.sociedadcolombianadegeologia.org).

La geodiversidad y el patrimonio geológico se consideran conceptos paralelos a los de biodiversidad y patrimonio biológico, y, por lo tanto, están íntimamente relacionados. La geodiversidad de un territorio concreto es uno de los factores esenciales que favorece su biodiversidad (Voth, 2007). El patrimonio geológico es un recurso natural no renovable que constituye un bien común y forma parte inseparable del patrimonio natural y cultural de la humanidad (Fernández y Guirado, 2001). Por lo tanto, el término “georecurso” amplía el horizonte de definición respecto al de patrimonio geológico y se relaciona íntimamente con el de geodiversidad: una mayor geodiversidad en un territorio va a proporcionar, sin duda, un mayor elenco de georecursos potencialmente aprovechables en el mismo (Villalobos et al., 2004).

Existen diferentes iniciativas nacionales e internacionales de identificar y catalogar LIGs, dentro de las cuales destaca el proyecto “Geosites” (Wimbledon et al., 2000) iniciado por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS). El Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA, 1996) comienza su inventario, denominándolos “Áreas que muestran una o varias características consideradas de importancia dentro de la historia geológica de una región natural... La información que suministran se remonta a épocas mucho más lejanas y no se

refieren únicamente a la historia humana sino a toda la tierra y la vida que en ella se ha desarrollado". Elizaga y Palacio (1996) hacen referencia a que el Grupo de Trabajo Europeo de Conservación en Ciencias de la Tierra, insistiendo en la necesidad de realizar inventarios, describe los "sitios tipo" para la conservación como sigue: "Cualquier zona en áreas históricas o actuales donde se hayan reconocido o definido por primera vez aspectos litológicos, unidades estratigráficas, geomorfológicas, paisajísticas o pedológicas". La Internacional Unión of Geological Sciences propone el término GEOSITES para señalar zonas que tienen un valor subnacional, nacional o regional desde el punto de vista geopatrimonial. De acuerdo con la terminología previamente presentada, existe un importante consenso en el ámbito internacional en aceptar el término GEOTOPO (Stürm, 1994) como el aspecto esencial para definir los elementos del patrimonio geológico de un territorio; esta definición es suficientemente clara por lo cual se ha adoptado en la presente investigación.

La "geoconservación" es una corriente de pensamiento que busca poner en práctica políticas activas de conservación de la geodiversidad y del patrimonio geológico, del mismo modo y con la misma intensidad que las ya avanzadas en materia de conservación del patrimonio biológico y de la biodiversidad, y, preferentemente, de manera no dissociada de éstas (Villalobos et al., 2004). A través de la historia se ha tomado conciencia en primera instancia sobre la importancia que tienen proteger el patrimonio natural, el hombre se ha movilizó guiado por la tendencia a proteger los elementos de la naturaleza viva como un sentir a sus semejantes, sin embargo se han dejado a un lado los componentes geológicos que a pesar de ser diferentes son los que finalmente albergan a todo ser vivo, aún no se elaboran leyes que tomen como prioridad la protección del patrimonio geológico; los rasgos geológicos se han incluido dentro de otros como el biológico, cultural, estético, geográfico sin asumirlo como uno independiente, como es el caso de los 552 "World Heritage Areas" del mundo, de los cuales 36 fueron elegidos relativamente por su valor geológico, en realidad de esos 36 solo se escogieron 3 por su valor netamente geológico (Bruschi, 2007): "Gros Morne National Park", Canadá; "Devil's Causeway", Irlanda y "Macquarie Island", Tasmania. Este desequilibrio a la hora de brindar protección a factores bióticos y abióticos, como se considerarían primariamente, ya se ha tenido en cuenta antes por otros autores como Cendrero (1996) y Bruschi (2007), entre otros. Durán (1998) registra la primera actividad organizada para la conservación de áreas geonaturales en 1840, donde se tiene lugar la protección de la famosa "Agassiz Rock" en Edimburgo, en la que sus estrías demuestran la existencia de glaciares en Escocia. En 1887, la Commission Geologique de la Société Suisse De Recherche sur la Nature propone

la protección de bloques erráticos, esto es aceptado más tarde por el estado Suizo. Sociedades como esta estuvieron influyendo durante el comienzo del siglo XX dando lugar a diferentes figuras legales que trataron sobre la conservación y protección del patrimonio geológico. Actualmente el tema de la conservación y protección del patrimonio natural en el cual está incluido el patrimonio geológico se ha difundido ampliamente, siendo esto parte importante dentro de las leyes de muchos países. Los más influyentes y los de mayor antigüedad en el tratamiento del tema son: Gran Bretaña, Francia, Alemania, Suiza, Suecia, Noruega, Irlanda, España. En Digne (Francia) el 13 de junio de 1991 se llevó a cabo el primer Simposio Internacional sobre protección del Patrimonio Geológico, con participación de más de cien especialistas venidos de treinta naciones, fruto de esta reunión fue la Declaración Internacional De Los Derechos De La Memoria De La Tierra. En ella se señala: "El rostro de la Tierra y sus formas son nuestro medio ambiente. Este medio ambiente es distinto del ayer y distinto del mañana... El hombre representa un momento de la Tierra; no es finalidad sino tránsito".

En Colombia actualmente no se implementan métodos sólidos para la divulgación de la importancia que tiene la geodiversidad, ni una valoración confiable que permita agrupar en inventarios, lugares de interés geológico que puedan llegar a gestionar protección legal en contra de factores antrópicos y que conlleve a su conservación y uso sostenible; todavía no se existe ninguna organización que tenga como objetivo principal la geoconservación, la geodiversidad y el patrimonio geológico, por lo que a través de este trabajo se sugieren algunos mecanismos que podrían contribuir con la causa: un buen comienzo para dicha divulgación es a través de la educación básica primaria y secundaria de los colegios en todo el país, ya que implementar una enseñanza básica que incluya dichos conceptos y su importancia para la humanidad, podría llegar a culturizar a la sociedad en este aspecto y por consiguiente les permitiría actuar adecuadamente con miras a la protección de los elementos geológicos y a su vez le proporcionaría una relación segura con dicho elementos.

2.2 ITINERARIO GEOLÓGICO

El término "itinerario geológico" hace referencia a una georuta a través de la cual se lleva a cabo una difusión del conocimiento sobre algunos de los elementos básicos del patrimonio geológico de una región. Las acciones encaminadas a la elaboración de itinerarios geológicos e inventarios sistemáticos de los elementos del patrimonio geológico se inician entre finales de los años sesenta y principio de los setenta. En los años setenta se asiste a una eclosión de este tipo de trabajos y son muy

numerosos los países en los que se elaboran inventarios formalizados de lugares o elementos de interés geológico. En la realización de un itinerario geológico, se deben incluir LIGs que representen la geodiversidad del área de estudio; además tener claridad sobre los objetivos que persigue la realización de dicho itinerario para con ello identificar con certeza los criterios de selección y valoración que se utilizarán. Según algunos autores la selección de criterios y sus respectivos indicadores a valorar pueden variar dependiendo si se pretende proteger LIGs identificados, si se les quiere dar uso cultural y turístico o si solo se necesita planificar el territorio en general, sin embargo en este trabajo se pretende sugerir que sin importar el objetivo, cada LIG debe tener una selección y valoración de calidad, de manera que muestre la geodiversidad del área, además si bien es cierto que se podrían tomar metodologías diferentes dependiendo del objetivo, también es cierto que no es recomendable dejar de lado la idea de proteger dichos lugares, ya que la riqueza que los LIGs tienen no se limita a un simple objetivo de un itinerario geológico sino al aporte geocientífico. Desde hace algún tiempo se han desarrollado propuestas metodológicas para la elaboración de itinerarios geológicos y la respectiva valoración de LIGs que los constituyen, todas con diferentes enfoques según los ámbitos para los cuales se necesitó realizar dicho itinerario; en este trabajo se pretende valorar LIGs por su riqueza en geodiversidad para constituir un itinerario que luego pueda llegar a gestionar la geoconservación del lugar encaminada al uso sostenible y a dar soporte a normas que contemplen una protección más severa, al igual que las que ya existen para Patrimonio Natural, teniendo en cuenta que el Patrimonio Geológico hace parte fundamental del mismo. A nivel mundial son numerosos los itinerarios geológicos desarrollados (e.g., Palacio-Suárez 1999; Cobiella-Reguera y Cruz-Gámez, 1999; Domingo et al., 2000; Bastogi et al., 2003; Geremia et al., 2003; Geremia y Massolli-Novelli, 2003; Orrú et al., 2003;), los cuales persiguen fines didácticos y geoturísticos. En América latina y Europa se han publicado itinerarios geológicos basados en los conceptos mencionados anteriormente, cuyo objetivo es promover la difusión del medio geológico como base en la preservación de monumentos geológicos que no tienen cabida en Geoparques y zonas de interés que cuenten con la protección y cuidado del estado. En nuestro país, Castellanos y Ríos (2008), realizan un primer esfuerzo por desarrollar itinerarios geológicos. A partir de este trabajo, se han venido desarrollando otros trabajos (Sáenz, 2011; Rojas y González, 2013; Villabona y Mantilla, 2013; Guerrero y Mancera, 2014) como parte de las líneas de investigación con las cuales cuenta el Grupo de Investigación en Geología Básica y Aplicada (GIGBA) de la Escuela de Geología. El área de interés representa un laboratorio geológico natural de gran importancia para el entendimiento de la evolución geológica de esta porción de la Cordillera Oriental, siendo de interés estratigráfico,

geomorfológico, mineralógico, petrológico, tectónico, entre otros aspectos, lo cual junto al estado de conservación de los LIGs, hace de esta una región de gran potencial científico y didáctico para la enseñanza de las Geociencias, y la belleza del paisaje, le dan un valor agregado para su aprovechamiento como recurso geoturístico.

3. GEOLOGIA

3.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

La zona de estudio se encuentra localizada en la Cordillera Oriental, al sur del municipio de Paipa, departamento de Boyacá (Figura 1).



Figura 1. Localización de la zona de estudio en Colombia. (Fuente: Google Earth, 2013).

3.2 GEOLOGÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio hace parte de un bloque que limita al Occidente con la Falla de Boyacá, al Oriente con la Falla de Soapaga y que según Ujueta (1993) posee fallas profundas que penetran hasta el manto superior, conocidas como alineamientos a las cuales se les atribuye la circulación de fluidos magmáticos.

3.2.1 Rasgos litoestratigráficos

En la zona de estudio afloran las siguientes formaciones:

3.2.1.1 Formación Une

La formación Une aflora al nororiente el área de estudio o al Sureste del municipio de Paipa y está compuesta por capas de cuarzoarenitas con tamaño de grano fino a grueso. La geometría de las capas es tabular, presentando estructuras sedimentarias como laminación plano paralela. Estas capas presentan en su tope talasinoides y se presentan intercalaciones relativamente abundantes de shale pardo a gris en capas finas a gruesas. La unidad presenta costras de oxidación de color rojiza y amarillenta. Renzoni (1981) le asigna un espesor de 510 m en el área y una edad de Albiano superior a Cenomaniano.

3.2.1.2 Formación Churuvita

La formación Churuvita se localiza hacia el oriente del área en valles de pendientes suaves, está caracterizada por capas de cuarzoarenitas de grano fino bien calibradas, con presencia de fósiles tipo bivalvos. Estas capas se encuentran intercaladas con shales de color grisácea. Utilizando las consideraciones de Renzoni (1981), quien le infiere una edad de Cenomaniano a Turoniano y un espesor aproximado de 215 m en el extremo SE.

3.2.1.3 Formación Conejo

La formación conejo propuesta por Renzoni (1981), está compuesta por areniscas principalmente intercaladas por shales negros, limolitas y esporádicamente estratos de calizas; se encuentra aflorando en el sector de la vereda Cruz de Murcia y cerca de la vereda el Batán.

3.2.1.4 Formación Plaeners

La formación Plaeners se caracteriza por la presencia estratos de lodolitas silíceas con laminación plano paralela, chert de color crema y algunas capas de espesores

medios de fosforitas con presencia de pellets. Además en algunos sectores se encuentran niveles de areniscas muy finas. Los estratos de esta formación se encuentran muy replegadas debido a la acción de la Falla El Batan por lo cual se evidencian gran cantidad de pliegues tipo Chevron.

3.2.1.5 Formación Los Pinos

El nombre de esta formación fue definida por Ulloa & Rodríguez (1979), quienes la denominaron como “Miembro Los Pinos” en el Cuadrángulo J-13 Sogamoso y la ubican entre las formaciones Labor y Tierna. La Formación Los Pinos se caracteriza por lodolitas, areniscas fosilíferas de grano muy fino, presenta niveles de cuarzoarenita de grano fino y calizas. Está aflorando en contacto neto con la formación Plaeners que se encuentra debajo y la Formación Labor-Tierna en la parte superior.

3.2.1.6 Formación Labor-Tierna

La Formación Labor-Tierna está caracterizada por shales gris oscuros y areniscas de grano medio a fino; la denominada arenisca de Labor tiene dureza intermedia, mientras la arenisca de Tierna está constituida por horizontes friables característicos. Es posible que esta exposición corresponda con la sucesión superior de areniscas de la Formación Labor-Tierna de Renzoni (1981), la cual presenta un espesor variable por cambios laterales de la unidad. Esta formación se encuentra aflorando en las veredas El Tunal y El Mirador.

3.2.1.7 Formación Tilatá

La formación Tilatá se caracteriza por capas de gravas, conglomerado, arenas y arcillas. Presenta edad Plioceno a Pleistoceno según Renzoni (1981) y calcula un espesor de 150 metros aproximadamente. Esta formación yace discordante sobre unidades preexistentes.

3.2.1.8 Flujo Olitas

El Flujo Olitas se presenta aflorando a lo largo de la Quebrada Honda Grande y se caracteriza por presentar textura fina, con fragmentos lapilli en matriz de ceniza, con color gris amarillento, forma de grano subangular, dispuestos de manera desordenada.

3.2.1.9 *Flujo Durazno*

El flujo durazno se caracteriza por presentar una matriz de ceniza y lapilli, con fragmentos de rocas sedimentarias, bloques de rocas ígneas volcánicas con textura afanítica, tobas y rocas metamórficas esquistosas. El color presente de la roca se define como blanco cremoso a amarillo naranja con oxidación en algunos sectores. Este flujo se encuentra aflorando en la vereda El Durazno en contacto Fallado con la Formación Los Pinos al oeste.

3.2.1.10 *Depósito Aluvial*

El depósito aluvial está conformado en su mayoría por arena bastante arcillosa con tamaño de grano medio y grueso, con formas subangulares. Composicionalmente contiene una matriz de arena cuarzosa, con fragmentos de líticos, óxidos y materia orgánica.

3.2.1.11 *Depósito Coluvial*

Depósito de cantos de cuarzoarenita de grano fino a grueso. Los cantos son subredondeados, en una matriz arenosa y con guijas de cuarzoarenita.

4. IDENTIFICACIÓN, VALORACIÓN Y JERARQUIZACIÓN DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LIG

El desarrollo de la identificación de cada LIG se hace haciendo un inventario de todos los lugares de interés geológico (LIG) de Paipa, basándonos en distintas categorías temática que se han diferenciado. Esta identificación la realizamos basándonos en la tesis doctoral “Desarrollo de una metodología para caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad” (Bruschi, 2007). La lista de los sitios de interés geológico se hizo a partir de las consultas bibliográficas y 3 grupos de la asignatura Campo II de la Universidad Industrial de Santander, desarrollados en el municipio de Paipa. Como primera base informativa se tomaron 15 lugares de interés geológico, que fueron reducidos a 10 por personal conocedor de la zona, ya que se tuvo en cuenta que cada lugar cumpliera con el enriquecimiento informativo que se requiere para un itinerario geológico. Los lugares seleccionados se clasificaron en tres categorías de acuerdo a nivel de interés. Dicha valoración se hizo por medio de ordenaciones sucesivas (de mayor a menor interés) realizadas al personal conocedor de la zona.

4.2 CATEGORIZACIÓN TEMÁTICA

Las categorías temáticas se basaron en las estructuras geológicas, patrimonio geológico y rasgos geomorfológicos para así dar lugar a las siguientes categorías:

- Litología
- Estratigrafía
- Estructural
- Mineralogía
- Geomorfología

Se consideran cuatro grandes tipos de servicios:

- Selección de toda la información para la mejora del conocimiento científico.
- Servir de guía para la difusión cultural y el interés didáctico.
- Lugar para disfrutar tanto académicamente como de forma turística.
- Generar actividades productivas que no impliquen la extracción de recursos.

4.3 VALORACIÓN DE LOS INDICADORES A CRITERIO DE EXPERTOS

En primer lugar se tuvieron en cuenta tres cualidades o criterios generales para valorar cada sitio: valor intrínseco, potencial de uso y grado de amenaza. Para cada uno de ellos se han identificado “criterios de valor” y se han establecido los siguientes criterios para medirlos (Tabla 2).

COMPILACION	PARÁMETROS
RZ	Rareza
AC	Accesibilidad
IT	Interés turístico
ID	Interés didáctico
EC	Estado de conservación
ICP	Interrelación con otros procesos
TD	Tamaño y dimensiones
IC	Interés científico
BEP	Buen ejemplo del proceso
VE	Variedad de elementos
GC	Grado de conocimiento

Tabla 2. Listado de los parámetros considerados para la evaluación. (Fuente: Autores)

Una vez que se reconocieron los criterios, se especificaron las características y los parámetros que permiten representarlos y por último se establecieron porcentajes de valor para los distintos parámetros como podemos observar en la Tabla 3.

COM	PARÁMETRO	PORCENTAJE
RZ	Rareza	10%
AC	Accesibilidad	10%
IT	Interés turístico	5%
ID	Interés didáctico	5%
EC	Estado de conservación	10%
ICP	Interrelación con otros procesos	10%
TD	Tamaño y dimensiones	15%
IC	Interés científico	5%
BEP	Buen ejemplo del proceso	10%
VE	Variedad de elementos	10%
GC	Grado de conocimiento	10%

Tabla 3. Valor en porcentaje dado a cada parámetro. (Fuente: Autores)

4.4 EVALUACIÓN DE LIG

Para la identificación de LIG se elaboró una encuesta (Anexo D) con los posibles sitios de interés, la cual fue valorada y escogida por expertos en la materia, además de esto, en la misma encuesta se preguntó sobre la variedad de categorías temáticas (mineralogía, estructural, etc.) y posibles actividades a realizar (científicas, didácticas turísticas), con el fin de conocer a criterio de expertos los atractivos adicionales que pueden haber en cada LIG. En segundo lugar se realizó una consulta a las personas relacionadas con el proyecto (director y estudiante) y se le asignó un porcentaje a cada criterio acorde con la importancia que reflejaba (Tabla 3). Posterior a esto, se consultó a expertos que conocen el sitio de estudio, una encuesta final en la cual se les pedía que valoraran cuantitativamente los indicadores que representan cada criterio, estableciendo parámetros de medida de 1 a 5, todo mediante un juicio de valor colectivo, para así conocer de una manera subjetiva cuales sitios o puntos se podían seleccionar. Se realizó una selección inicial de 24 personas a quienes se les pediría completarnos la encuesta.

El paso siguiente fue procesar los datos tabulándolos de la siguiente manera:

- Se sumaron los 15 resultados obtenidos por los encuestados, para cada uno de los parámetros establecidos en cada LIG (Tabla 4).

LIG	RZ	AC	IT	ID	EC	ICP	TD	IC	BEP	VE	GC
1	55	105	99	88	74	85	89	75	106	69	76
2	85	76	95	86	82	64	79	68	92	77	82
3	65	96	62	96	76	75	84	85	58	95	48
4	63	84	71	94	94	61	73	84	65	82	55
5	81	73	74	80	81	52	87	92	77	90	72
6	97	82	82	70	76	49	85	105	90	76	91
7	101	90	81	71	88	72	96	64	86	62	104
8	65	75	80	73	82	94	101	75	103	88	72
9	84	64	112	87	91	54	89	64	70	75	64
10	67	88	106	64	103	68	75	80	94	61	59

Tabla 4. Datos tomando todos los valores dados a cada parámetro del LIG por los encuestados. (Fuente: Autores).

Teniendo en cuenta el porcentaje establecido en la Tabla 3, se multiplicó el valor de la suma total de cada parámetro por su correspondiente porcentaje. Ej. Al parámetro de rareza se le estableció un porcentaje de 10%, y para el LIG 1, la suma total de todos los encuestados es 55 entonces el valor a se obtendría así: $55 * 0.1 = 5.5$.

Todos los resultados de dichas multiplicaciones están expresados en la Tabla 5.

LIG	RZ	AC	IT	ID	EC	ICP	TD	IC	BEP	VE	GC	Total
1	5,5	10,5	4,95	4,4	7,4	8,5	13,35	3,75	10,6	6,9	7,6	83,45
2	8,5	7,6	4,75	4,3	8,2	6,4	11,85	3,4	9,2	7,7	8,2	80,1
3	6,5	9,6	3,1	4,8	7,6	7,5	12,6	4,25	5,8	9,5	4,8	76,05
4	6,3	8,4	3,55	4,7	9,4	6,1	10,95	4,2	6,5	8,2	5,5	73,8
5	8,1	7,3	3,7	4	8,1	5,2	13,05	4,6	7,7	9	7,2	77,95
6	9,7	8,2	4,1	3,5	7,6	4,9	12,75	5,25	9	7,6	9,1	81,7
7	10,1	9	4,05	3,55	8,8	7,2	14,4	3,2	8,6	6,2	10,4	85,5
8	6,5	7,5	4	3,65	8,2	9,4	15,15	3,75	10,3	8,8	7,2	84,45
9	8,4	6,4	5,6	4,35	9,1	5,4	13,35	3,2	7	7,5	6,4	76,7
10	6,7	8,8	5,3	3,2	10,3	6,8	11,25	4	9,4	6,1	5,9	77,75

Tabla 5. Datos multiplicando los valores de la tabla 4 por el porcentaje dado a cada parámetro del LIG. (Fuente: Autores)

Luego se sumaron los resultados de las multiplicaciones de cada parámetro en cada uno de los LIG para obtener el porcentaje total. (Tabla 5).

Finalmente con el resultado anterior y sabiendo que el máximo valor a obtener es 120 que corresponde al 100%, se realizó una regla de tres simple. Ejemplo: para el LIG 1 el total fue 83,45 entonces: $83,45 * 100 / 120 = 69,54\%$.

El resultado de cada uno de los porcentajes de todos nuestros Lugares de Interés Geológico se muestra en la Tabla 6.

LIG	Total	% Total
1	83,45	69,54
2	80,1	66,75
3	76,05	63,38
4	73,8	61,50
5	77,95	64,96
6	81,7	68,08
7	85,5	71,25
8	84,45	70,38
9	76,7	63,92
10	77,75	64,79

Tabla 6. Jerarquización de los LIGs procesando todos los datos arrojados en la pregunta 3 de la encuesta. (Fuente: Autores).

4.5 JERARQUIZACIÓN DE LIG

Se realizó esta jerarquización teniendo en cuenta el orden y valor que cada autor ha asignado a cada lugar como también la cantidad de veces que un determinado sitio de interés ha sido citado. Se han aplicado diversos procedimientos, que se presentaron en la sección anterior, donde su resultado se resume en la Tabla 6.

A continuación se ordenaran los LIG de mayor a menor según el porcentaje obtenido:

- 1. LIG 7:** Laberinto de tobas.
- 2. LIG 8:** Vía Pantano de Vargas – Firavitoba.
- 3. LIG 1:** Mina de hierro, Sector La Capilla.
- 4. LIG 6:** Mina Jaime Parra.
- 5. LIG 2:** Piscina Olímpica El Delfín.
- 6. LIG 5:** Cerro Pan de Azúcar.
- 7. LIG 10:** Cerro de la Ignimbrita
- 8. LIG 9:** Thalassinoides Vía Pantano de Vargas
- 9. LIG 3:** Domo de Quebrada Honda
- 10. LIG 4:** Quebrada Olitas

5. ITINERARIO GEOLOGICO EN EL SECTOR DE PAIPA - LA CAPILLA - PANTANO DE VARGAS (BOYACA): UN APORTE AL PATRIMONIO GEOLOGICO REGIONAL.

Teniendo en cuenta la importancia del patrimonio geológico nacional y aprovechando los trabajos realizados por los estudiantes y profesores de la asignatura Campo II, Escuela de Geología de la Universidad Industrial de Santander; en el municipio de Paipa, Boyacá (Figura 2). Se realizó la identificación de los Lugares de Interés Geológico (LIGs) más importantes de la zona, teniendo en cuenta criterios geológicos, geomorfológicos, recursos mineros, estratigrafía, paleontología, paisaje, valor geoturístico, entre otros.

Estos lugares se dan a conocer por medio de éste Itinerario Geológico, incentivando al mejoramiento de la información geológica que se tiene de la zona y de nuestro país, enriqueciendo nuestra geodiversidad y generando una cultura de valoración y aprendizaje de nuestra geología; aprovechando el valor turístico que tiene el municipio de Paipa, considerado “Capital Turística” del departamento de Boyacá.

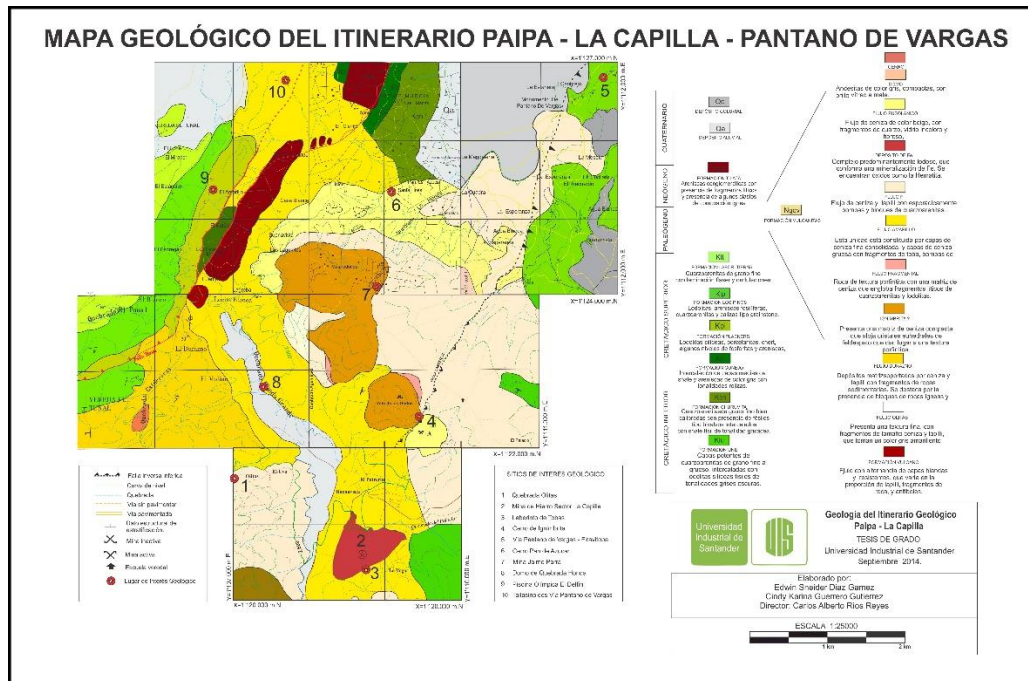


Figura 2. Mapa Geológico del Itinerario Geológico de Paipa, Sector La Capilla y el Monumento del Pantano de Vargas. Indicando la georuta a realizar (Fuente: Autores).

Objetivos del Itinerario Geológico

- Realzar la riqueza del sector de Paipa, La Capilla y el Pantano de Vargas, a partir de la Georuta, mostrando los diferentes elementos del Itinerario.
- Aplicar en la práctica los fenómenos geológicos aprendidos en el salón de clase, observando los diferentes procesos y fenómenos en cada LIG.
- Ofrecer una base para la realización de itinerarios geológicos en otros sitios del país que faciliten la divulgación geológica y así generar una cultura de respeto por el patrimonio geológico y la geodiversidad.
- Enseñar cada lugar de interés geológico de manera didáctica y sencilla para la comprensión de aquellos en proceso aprendizaje sobre las geociencias.

Descripción del recorrido

Saliendo por el sur del municipio de Paipa por la carretera que comunica con el sector de La Capilla, y el Monumento del Pantano de Vargas, está situada nuestra georuta. El orden queda a disposición de los interesados en realizarla, ya que por comodidad se realizó de esta manera para cubrirla en un día, usando automóvil durante todo el recorrido, solo en la estación 6 debemos caminar una corta distancia, alrededor de 15 minutos por un sendero de aproximadamente 900 metros, los demás sitios son accesibles en el vehículo, teniendo en cuenta las debidas precauciones al cruzar las carreteras y escogiendo preferiblemente la estación 5 para tomar bebidas y alimentos.

5.1 ESTACIÓN 1: QUEBRADA OLITAS

Vía de acceso: El lugar de interés geológico de la Quebrada Olitas se encuentra ubicado en la vereda Quebrada Honda, a unos 10 km de la cabecera municipal de Paipa, al margen derecho de la Quebrada Olitas.

Coordenadas: X = 1121618 Y = 1106982 Z = 2504

Características:

Este LIG presenta un excelente mirador donde se observa geomorfológicamente: domo, laderas con pendientes altas, crestas, cimas redondeadas (Figura 3), y actividad erosiva de tipo deslizamientos (Figura 4), entre otros.



Figura 3. Vista panorámica desde el Mirador de la Estación Olitas. 1) Domo, 2) Cima redondeada, 3) Cresta, 4) Ladera y 5) Deslizamiento. (Fuente: Autores)

También se puede generar actividades en las que los visitantes a este sitio, traten de identificar la mayor cantidad de rasgos geomorfológicos, y hacer un esquema de lo que se encuentran observando.

La minería del sector ha generado una debilidad en los taludes, lo que causa la erosión de tipo deslizamiento que observamos en todas las laderas de esta zona. Hay deslizamientos de tipo rotacional y traslacional, de tierras, detritos y rocas. En la Figura 4 se observa un deslizamiento de tipo rotacional y en la Figura 5 un esquema de Deslizamiento Rotacional.



Figura 4. Deslizamiento Rotacional de flujo de detritos, delimitado por la línea amarilla y presencia de cárcavas y surcos líneas rojas. (Fuente: Autores)

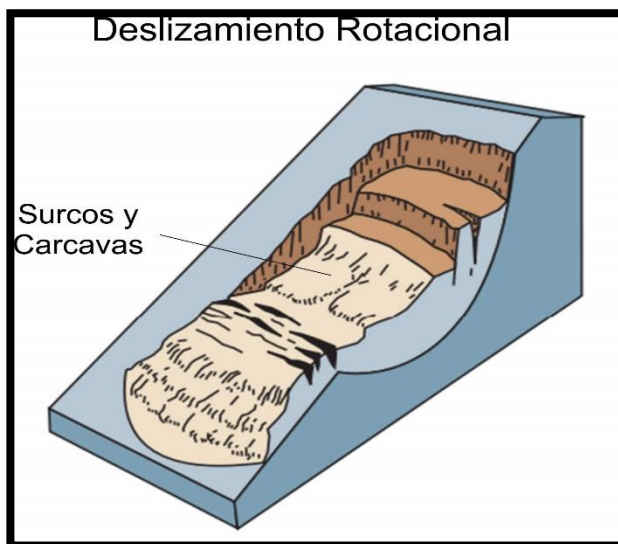


Figura 5. Esquema de Deslizamiento Rotacional. (Fuente: Cruden y Varnes, 2006).

En la entrada al lugar de interés geológico encontramos un afloramiento (Figura 6) característico de un depósito de flujo volcánico y según Pardo (2004) se formaron 5 unidades de flujo muy mal seleccionados. Estos flujos presentan fragmentos de roca con medio-alto contenido de cuarzo y plagioclasa.

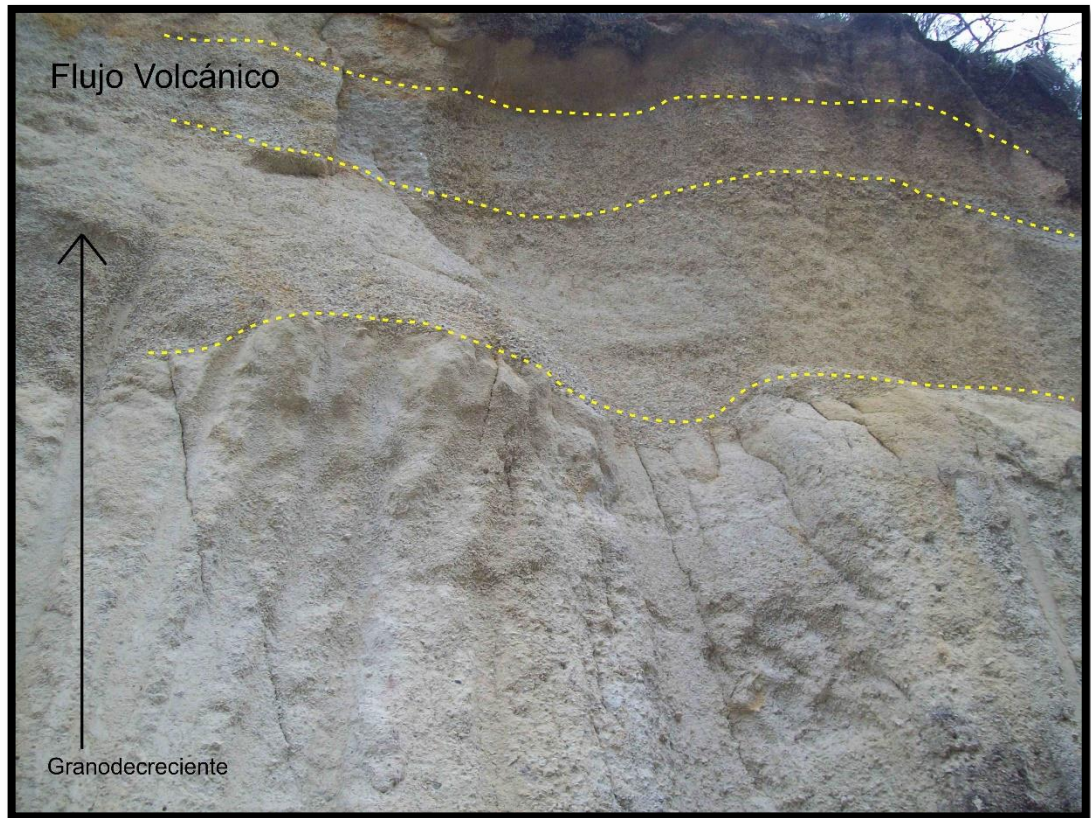


Figura 6. Depósito de flujos de la Estación Olitas. Presenta granodecrecimiento de base a techo. (Fuente: Autores)

Descendiendo unos 10 metros hasta la Piscina de Olitas, observamos el domo volcánico que presenta roca ígnea de composición intermedia, de textura porfirítica, presentando fenocristales de plagioclasa, biotita, en una matriz afanítica. (Figura 7).

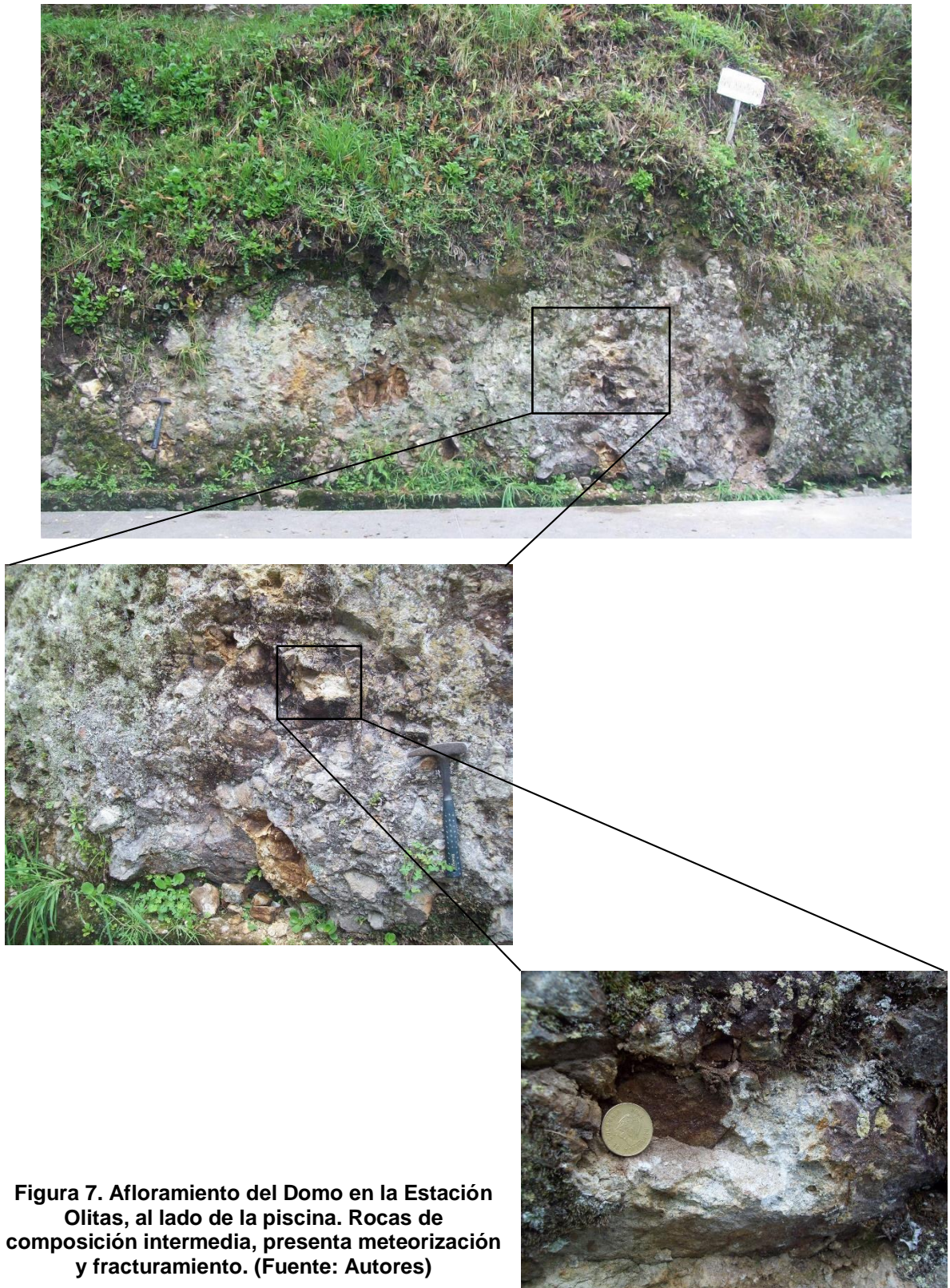


Figura 7. Afloramiento del Domo en la Estación Olitas, al lado de la piscina. Rocas de composición intermedia, presenta meteorización y fracturamiento. (Fuente: Autores)

Se realizó un análisis petrográfico donde se detallaron las muestras tomadas en la estación de Olitas. Se observan fenocristales de albita, con vidrio volcánico y restos de ceniza. (Figura 8).

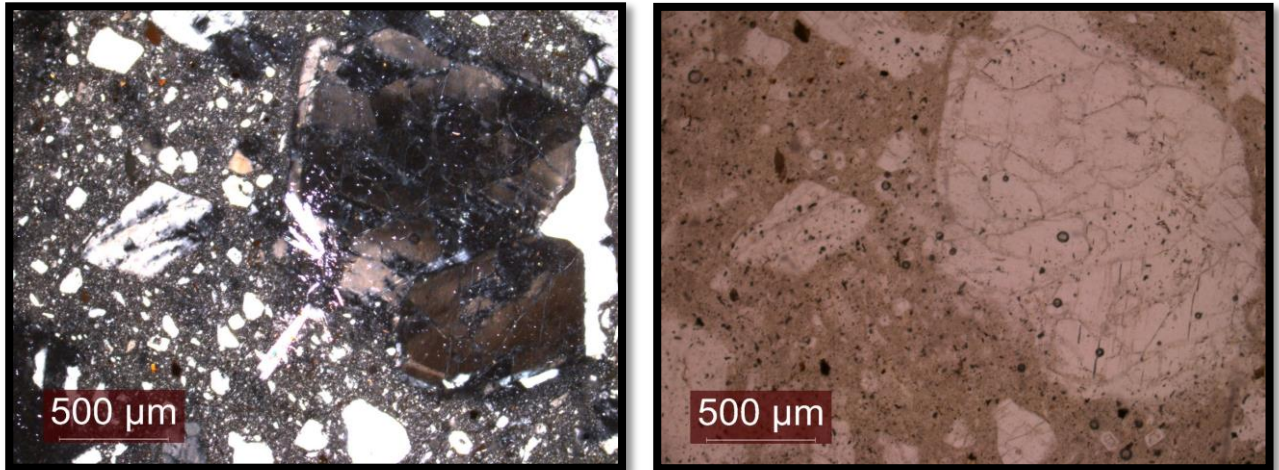


Figura 8. En nicoles paralelos se observan fenocristales de albita y su exfoliación, presencia de hornblenda con forma pseudo-hexagonal, también se ve un pequeño cristal con un corte paralelo a la exfoliación, todo esto inmerso en vidrio volcánico y restos de ceniza. (Fuentes: Autores).

Recomendaciones:

La estación de Olitas está adecuada como Mirador, y Piscina de agua natural, el mayor inconveniente es su zona de parqueadero, ya que tiene un área muy pequeña (máximo 5 carros).

Instalar vallas guías mostrando los diferentes sitios que se encuentran en la estación y la información que se quiere dar a conocer.

Preservar los afloramientos, prohibiendo la toma de muestras de alguno de los sitios del LIG.

5.2 ESTACIÓN 2: MINA DE HIERRO SECTOR LA CAPILLA

Vía de acceso: Se encuentra ubicada en el sector La Capilla, en la vereda la Vega del municipio de Paipa a unos 17 km del casco urbano por la vía hacia la vereda Venta de Llano.

Coordenadas: X = 1120610 Y = 1108671 Z = 2642

Características:

Este sitio es una mina a cielo abierto, relacionada con un depósito de hierro, que se encuentra actualmente en explotación, por lo tanto se puede observar el frente de explotación, los montículos de material estéril y el mineral explotado (Figura 9).



Figura 9. Mina de Hierro Sector La Capilla. Actualmente en explotación. Se observan los montículos de material estéril, el mineral explotado y el frente de explotación. (Fuente: Autores)

Se localizan algunos pozos inundados debido la excavación por debajo del nivel freático (Figura 10). Los cuales forman un gran peligro para los visitantes, hay que tener un debido cuidado por la inestabilidad del terreno.



Figura 10. Pozos formados por la excavación por debajo del nivel freático. Tener cuidado al momento de realizar la visita por la inestabilidad del terreno. (Fuente: Autores)

La mina tiene el nombre de Quebrada Honda, su origen tiene ocurrencia directa con procesos ígneos, los cuales generan los minerales que posteriormente fueron acumulados y dieron lugar al depósito de hierro que se halla en el área. Cuenta con un área aproximada de 1 km largo por 700 de ancho, se encuentra ubicada estratigráficamente en la parte superior de la Estación 3. Laberintos de Tobas.

Haciendo una descripción de base a techo encontramos los siguientes conjuntos (Figura 11 y 12):

- A. Nivel de material arcillo-lodoso, de color grisáceo, presenta partículas del Nivel de material arcillo-lodoso, de color grisáceo.
- B. Nivel rojizo, más compacto y local, se destaca hacia el noreste y mide aproximadamente 25 cm de espesor.
- C. Capa naranja, material de tamaño limo con presencia de algunas partículas tamaño arena gruesa subredondeados.
- D. Capa rojiza que señala el límite entre el suelo y la roca, altamente oxidada y se extiende por toda la zona, tiene aproximadamente 50 cm de espesor.
- E. Capa café, hacia el suroeste el nivel mide 50 cm aproximadamente, está altamente meteorizado y presenta raíces en menor proporción que las capas anteriores.
- F. Capa rojiza que se adelgaza al suroeste y vuelve a tomar grosor hacia el norte, pasa de 50 cm al sur, 15 cm al suroeste, y hacia el norte está entre 60 a 70 cm, hacia el suroeste se encuentra presencia de partículas tamaño guija.
- G. Nivel del suelo, el material está fresco y tiene alta presencia de raíces, bajo contenido de materia orgánica.

El origen de la mina según Manosalva y Naranjo, (2007) se debe a procesos químicos en ambientes oxidantes, precipitados directamente en cuencas cerradas, éste es el denominado Hierro de pantanos. La goethita se formó a partir de los fluidos volcánicos ácidos que transportó el hierro en solución a través de fracturas y posteriormente precipitándolo por oxidación como hidróxido.



Figura 11. Descripción afloramiento de base a techo Mina del sector la Capilla. (Fuente: Autores)

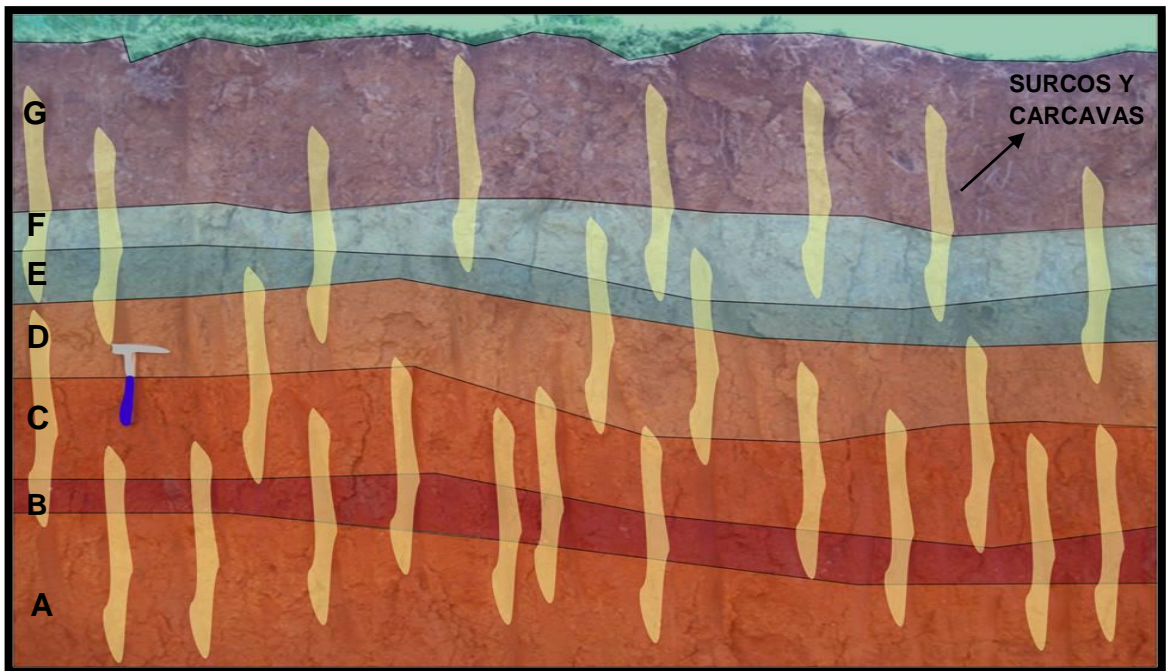


Figura 12. Esquema representativo del afloramiento en la Mina de Fe, sector La Capilla. (Fuente: Autores)

En la Figura 13 se puede observar una muestra del material extraído, donde su principal constituyente de hierro es la Goethita que se encuentra reemplazando la hematita junto con la magnetita, son los minerales de hierro más importantes económicamente, con ellos se encuentran óxidos e hidróxidos, carbonatos, sulfuros y silicatos.

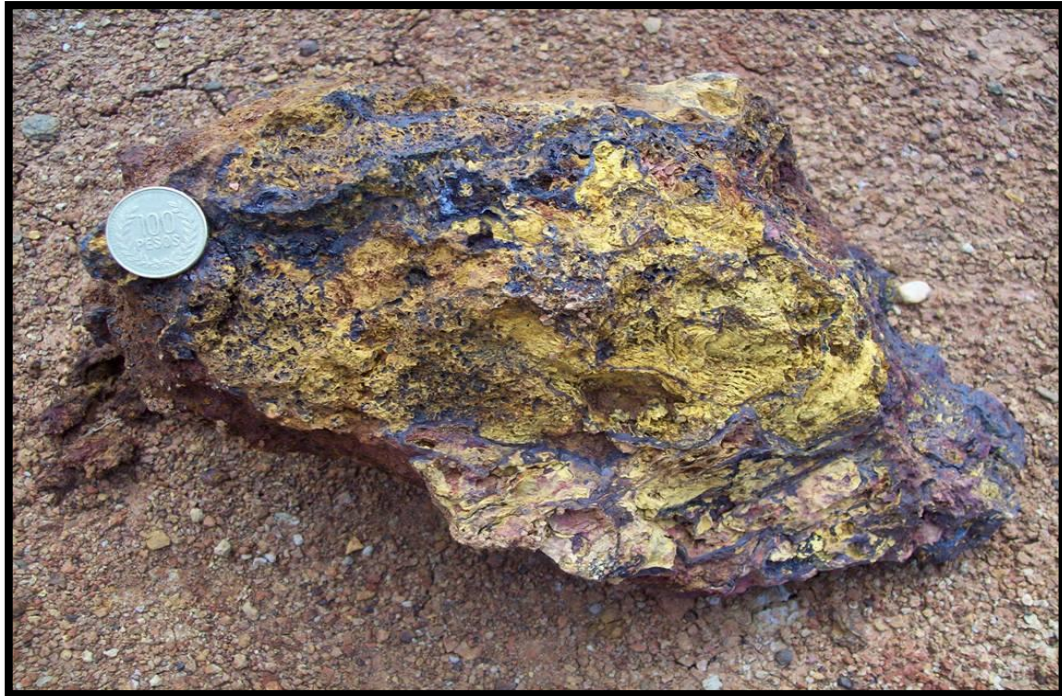


Figura 13. Principal constituyente de hierro en esta mina es la goethita, la cual está reemplazando la hematita, y se presenta en forma masiva y agregados radiales, con coloraciones grises media a oscuras y reflexión interna de color rojo amarillento. (Fuente: Autores)

Recomendaciones:

Pedir con anterioridad el respectivo permiso para poder ingresar al lugar. Se debe tener la debida precaución puesto que hay máquinas (retroexcavadora, volquetas) trabajando en el lugar. También un cuidado importante al caminar por la mina, ya que se encuentran diferentes boquetes (Figura 10), en los cuales se podrían caer. Falta ubicar vallas de información dentro de la mina y señalización de la carretera para llegar a ésta. Presenta gran área de parqueadero, en donde podría realizarse una venta de bebidas y alimentos con la que no se cuenta en la actualidad. Se debe tener en cuenta que la explotación de hierro en las cercanías de la Quebrada Honda genera un gran impacto ambiental en la pérdida del recurso hídrico y la población se ha visto muy afectada por ello, por lo tanto es de suma importancia emplear métodos de explotación menos nocivos para el ambiente.

5.3 ESTACIÓN 3: LABERINTO DE TOBAS

Vía de acceso: Se encuentra ubicado en el sector La Capilla, en la vereda la Vega del municipio de Paipa a unos 18 km del casco urbano.

Coordenadas: X = 1120406 Y= 1108742 Z = 2652

Características:

Se encuentra ubicada por debajo estratigráficamente de la mina de Hierro del sector La Capilla. En este sitio de interés geológico se presenta erosión de tipo surcos, cárcavas y estoraques, formando una especie de laberinto.

Las tobas presentan un color grisáceo y la ceniza de color amarillo claro con blanco. Estas acumulaciones de cenizas son generadas durante las erupciones volcánicas explosivas, que por su alto contenido de materiales vítreos son propensas a sufrir reacciones. Más tarde por procesos geológicos de enterramiento, estas cenizas se convierten en tobas. El sector se fue erosionando empezando por surcos, luego cárcavas y por último formando los estoraques como un laberinto con lo cual tomamos esta forma peculiar para nombrar la estación (Figura 14).

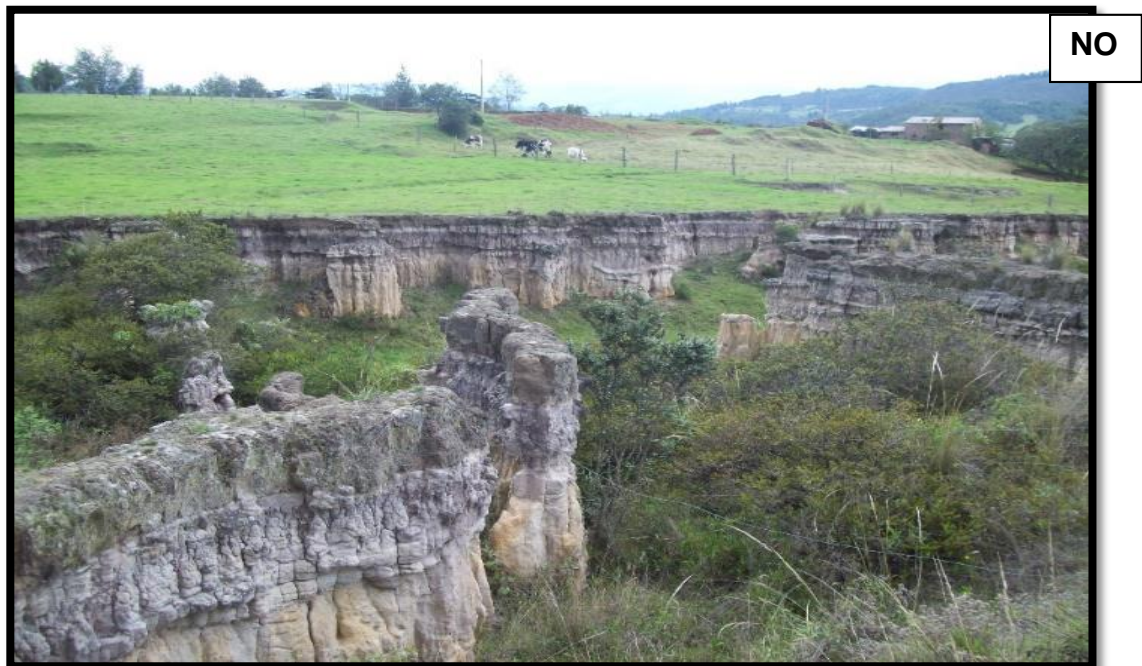


Figura 14. Tobas de colores grisáceos que debido a la erosión forman estoraques en una especie de laberinto, mostrando colores oscuros hacia el tope y tonalidades más claras hacia la base. (Fuente: Autores)

Realizando un esquema (Figura 15) representativo como muestra notoria de la geomorfología y estratigrafía que permite la delimitación de la mina de hierro, se observa claramente como esta zona se encuentra debajo (estratigráficamente) de la mina de hierro.

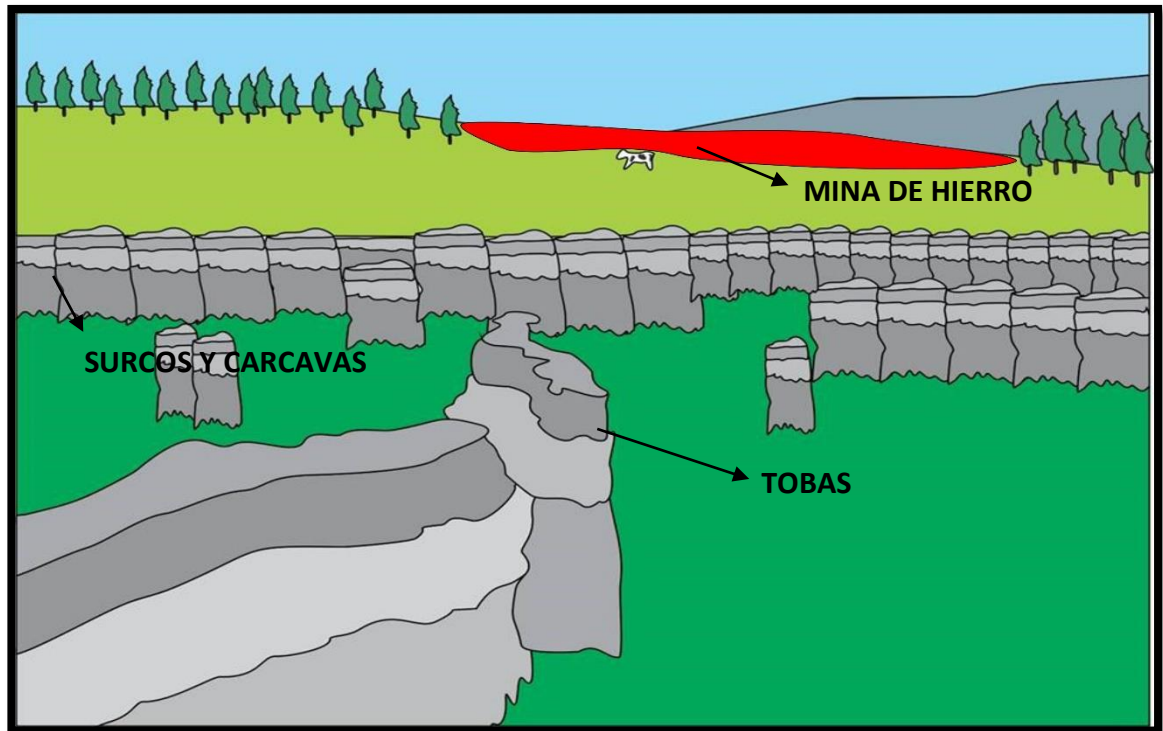


Figura 15. Esquema representativo del laberinto de Tobas. El área de color rojo se refiere a la Mina de Hierro del Sector La Capilla. (Fuente: Autores)

Observando detalladamente el afloramiento se evidencia actividad volcánica, con litología de tipo tobas, lapilli, cenizas; además las tobas presentan una estructura botroidal en el tope del afloramiento (Figura 16). Este afloramiento se encuentra alterado y dañado debido a animales de pastoreo que se encuentran en la zona además del efecto torrencial como se observa en la Figura 17.



Figura 16. Tobas que presenta estructura de tipo Botroidal. Este afloramiento se encuentra a 20 metros del Laberinto. (Fuente: Autores)



Figura 17. Afloramiento de Tobas, en mal estado debido a los animales de pastoreo del área. (Fuente: Autores)

Realizando el análisis petrográfico encontramos las siguientes características: una matriz de ceniza con cristales de plagioclasa (grandes) alargados, cuyos colores de interferencia son blancos con leve tono amarillento (debido a que la sección presenta algunas imperfecciones), cristales de cuarzo y algunos líticos. (Figura 18).

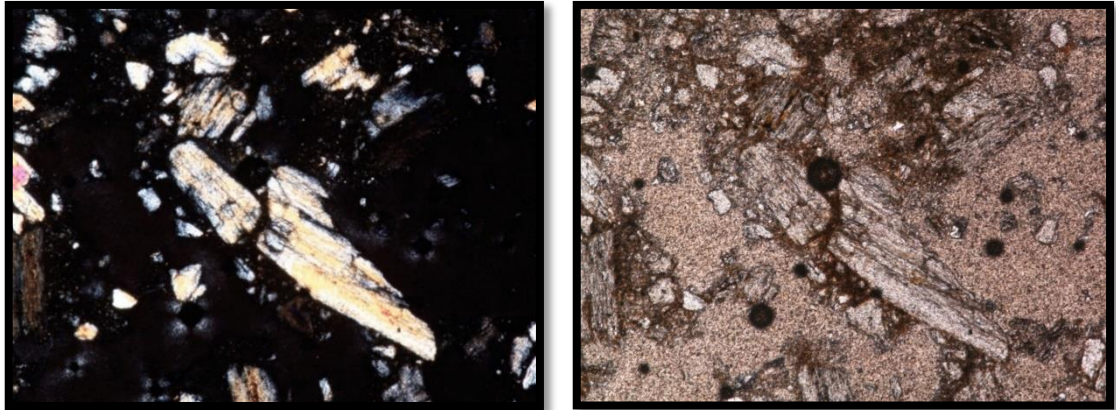


Figura 18. Imágenes de Microscopio Petrográfico en Nicoles paralelos y cruzados. Se observa una matriz de ceniza con cristales de Plagioclasa alargados. (Fuente: Autores)

Geomorfológicamente en el lugar se observan laderas estructurales escarpadas, valles, crestas, cimas redondeadas, entre otros (Figura 19).



Figura 19. Panorámica frente a la estación del Laberinto de Tobas. Se evidencian geoformas y contraste entre rocas duras y blandas línea amarilla. (Fuente: Autores)

Recomendaciones:

Falta colocar avisos informativos, adecuar el afloramiento con escaleras para descender al laberinto, teniendo en cuenta no tomar muestras del sector para no deteriorarlo.

Encerrarlo ya que está siendo alterado por la presencia de animales de pastoreo. Realizar una venta de bebidas y alimentos ya que la tienda más cercana está a 1 km del lugar.

Es de fácil acceso al encontrarse al borde de carretera, pero tener mucha precaución al momento de bajar al Laberinto.

Realizar actividades de esquematización de las geoformas encontradas en el área de manera didáctica.

5.4 ESTACIÓN 4: CERRO DE IGNIMBRITA

Vías de acceso: Sector conocido como el Alto de los Godos en la parte inferior. A 1 km de la Escuela Pantano de Vargas. Carretera Venta de Llano hacia Aguas tibias desvío a la izquierda dirigiéndonos a la Quebrada Aguas tibias. Conocido como el Alto de los Godos.

Coordenadas: X = 1122429 Y = 1109467 Z = 2700

Características:

Este sitio conocido como Alto de los Godos, es de interés geológico tanto por su riqueza geomorfológica como litológica. Desde su parte alta se observa los diferentes contactos de litologías y geoformas de laderas suaves, valles, cauces fluviales, entre otros (Figura 20).

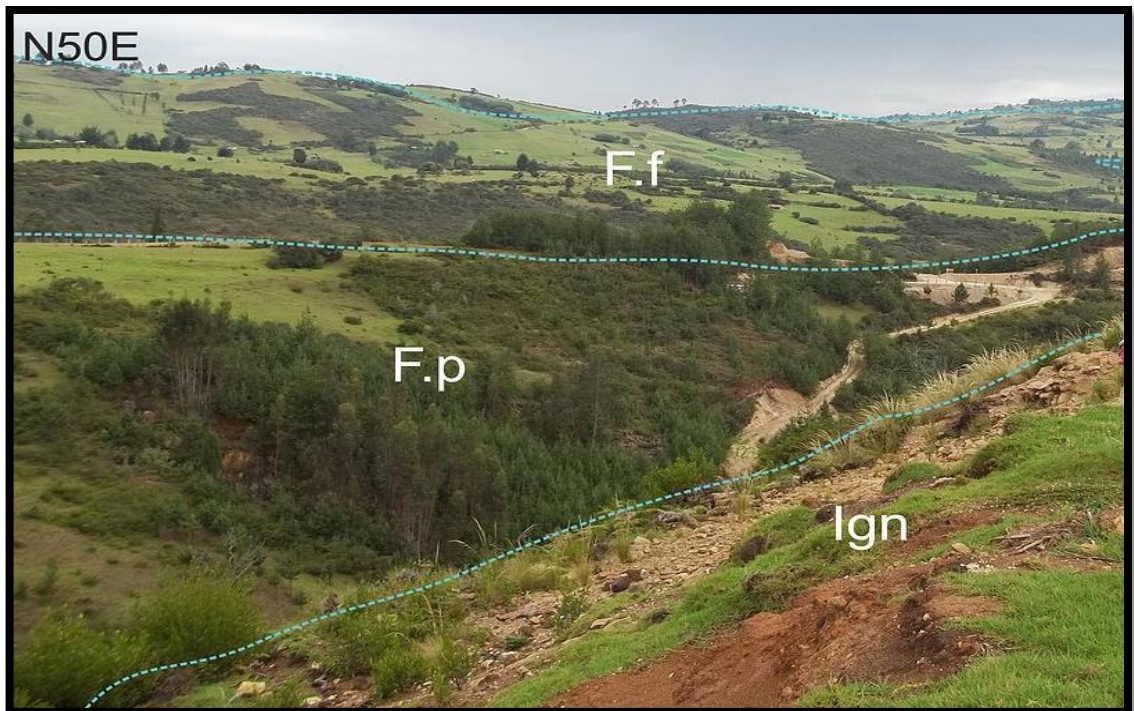


Figura 20. Vista desde la parte más alta del Cerro de Ignimbrita o Alto de los Godos, se observa el contacto entre litologías. Flujo Puzolánico (F.p.), Flujo F (F.f), Ignimbrita (Ign). (Fuente: Grupo de Campo II, Geología, UIS)

Desde la parte de abajo del cerro se observa que geomorfológicamente consiste en una ladera muy escarpada, muy larga, que presenta vegetación tipo pastos y rastrojos. (Figura 21).



Figura 21. Cerro de Ignimbrita, conocido también como Alto de los Godos, Ladera de alta pendiente y vegetación tipo rastrojo. (Fuente: Autores)

Su acceso se realiza a unos 5 minutos caminando por un sendero desde la Mina de Puzolana en la parte superior (Figura 22). Se trata de una propiedad privada por lo que hay que pedir permiso para su ingreso.



**Figura 22. Mina de Puzolana, ubicada al SE del Cerro de Ignimbrita o Alto de los Godos.
(Fuente: Autores)**

Esta roca es de composición intermedia, ya que presenta flujos piroclásticos densos con un alto contenido en fragmentos de roca y fenocristales en una matriz de fragmentos vítreos, presenta textura porfírica, aunque se observan diversos cambios de tonalidades, asociados a los distintos grados de alteración. Como se observa en la Figura 23 y Figura 24, la roca muestra en ocasiones colores muy claros, como blanco crema si está un poco meteorizada, también va tomando tonos rosas, naranjas y rojizos a medida que aumenta su oxidación.



Figura 23. Ignimbrita con alto grado de alteración (Izquierda), presenta colores rojizos. Roca fresca (derecha) colores blancos o claros. (Fuente: Autores)

La Ignimbrita tiene cristales euhedrales de Sanidina. Los fenocristales se encuentran bien sorteados, lo que permite clasificarla como una roca porfírica equigranular, con respecto a la composición de la muestra analizada se determinó que corresponde a un flujo piroclástico de composición dacítica, en donde la proporción en Plagioclasa es mucho mayor a la de Feldespato Alcalino.

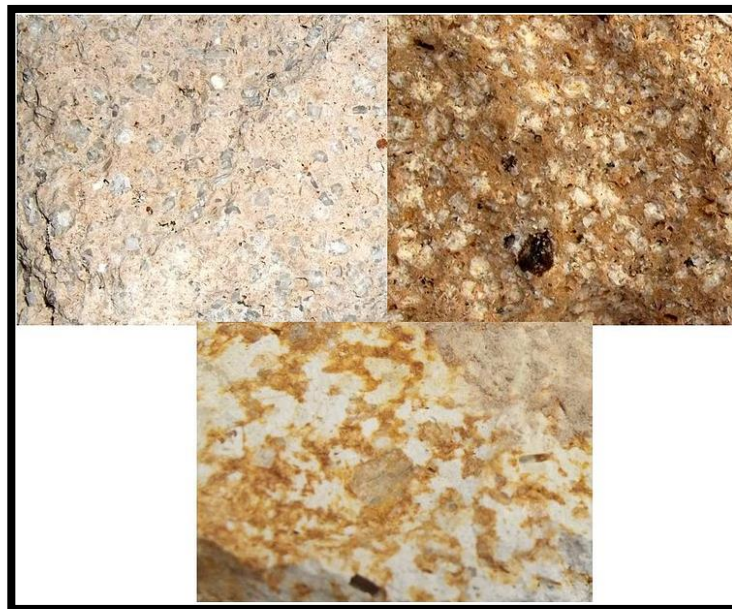


Figura 24. Variación de tonalidad observada en la Ignimbrita desde un menor grado de alteración (Arriba derecha) pasando por tonalidades naranjas oscuras (Arriba izquierda) hasta colores blancos sin cristales definidos (Abajo) con muy alto grado de alteración. (Fuente: Grupo Campo II, Escuela de Geología, UIS).

Recomendaciones:

Como recomendaciones para la estación, se debe contar con el permiso para ingresar al sector ya que es una propiedad privada.

Contar con suficiente agua si se va a hacer el ascenso hasta la cima, ya que no hay venta de bebidas por el sector.

Tener mucho cuidado con las rocas que puedan desprenderse o resbalarse si están en épocas de lluvia. De igual manera es una excelente caminata de unos 15 minutos hasta el sitio.

Adecuar vallas informativas, y adecuar un mirador, para realizar actividades didácticas sobre la litología observada durante el ascenso.

5.5 ESTACIÓN 5: VÍA PANTANO DE VARGAS – FIRAVITOBA

Vía de acceso: Este lugar de Interés Geológico, se encuentra ubicado a 2 km desde el Monumento de Los Lanceros del Pantano de Vargas hacia el municipio de Firavitoba. A unos 8 min en automóvil.

Coordenadas: X = 1125344 Y = 1112200 Z = 2682

Características:

En este sitio de interés se presentan tres tipos de litologías correspondientes a la Formación Une del cretácico. Predominan las Areniscas de diferentes tamaños de grano (Figura 25) y algunas capas de lodolitas silíceas entre los paquetes de arenisca.



Figura 25. Areniscas de color amarillo y de grano grueso, y algunas capas de lodolitas silíceas entre los paquetes de arenisca. Se observa el nivel de suelo y su vegetación de tipo rastrojos. (Fuente: Autores).

Se observan deslizamientos de tipo traslacionales debido que fue debilitado el talud por la construcción de la carretera y la actividad minera de la zona, buena vista geomorfológica (Figura 26).



Figura 26. Geomorfológicamente observamos pendientes altas, lomas, valles, deslizamientos de tipo traslacional y rotacional. (Fuente: Autores)

En la parte superior de algunas capas de arenisca se observa una estructura de tipo botroidal como se puede observar en la Figura 27. Se evidencia meteorizada por oxidación torrencial, fracturada, pero en buen estado para ser analizada.

En las figuras 28, 29 y 30 observamos los 3 diferentes tipos de litologías encontradas en la zona.



**Figura 27. Estructura de tipo botroidal ubicada en la parte superior de la Arenisca. Fm Une.
(Fuente: Autores)**



Figura 28. Arenisca de grano fino de color gris claro y Lodolitas silíceas de color gris claro con contenido de moscovita. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)



Figura 29. Areniscas de tamaño de grano fino, granos esféricos y subredondeados, bien calibrada de color blanco amarillento, estructura masiva. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)



Figura 30. Arenisca de tamaño de grano de medio a grueso, granos subredondeados y esféricos, estructura masiva, color de la roca blanco. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)

De acuerdo con el conteo y tamaño de los granos en la sección delgada se pudo determinar que se trata de una arena fina bien calibrada y en cuanto a la clasificación composicional debido a que más del 95% de los granos son de cuarzo y plagioclasas como mineral accesorio se trata de una cuarzoarenita. (Figura 31)

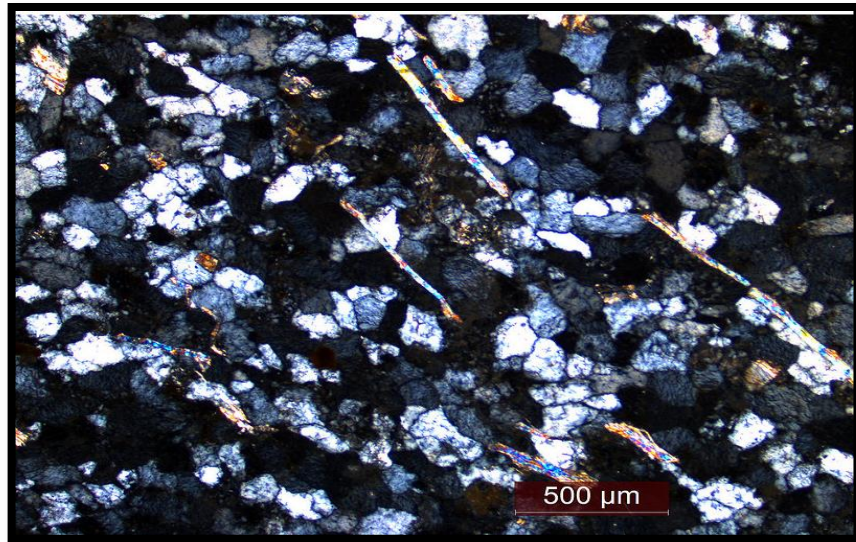


Figura 31. Fotografía de microscopía de Cuarzoarenita. Nicoles Paralelos. (Fuente: Autores)

En este maravilloso lugar se forjó la libertad no solamente para Colombia sino que fue decisiva para toda Latinoamérica, allí encontramos diferentes atractivos históricos, también encontramos establecimientos comerciales, loncherías, artesanías, restaurantes y asaderos.

El Monumento a los Catorce Lanceros en el Cerro del Cangrejo es un atractivo que consta de catorce esculturas de caballos y guerreros, construido en honor a Juan José Rondón y sus catorce lanceros; este monumento tiene una altura de cien metros de largo, treinta de ancho y cuarenta de alto. Las esculturas están hechas en bronce fundido, la plataforma está construida de concreto y decorada con granito. Su creador fue el maestro Rodrigo Arenas Betancourt, Para llegar a la escultura es necesario subir por treinta y seis escalones, construidos en honor a los años que cumplió el libertador Bolívar el día antes de la batalla. (Figura 32)



Figura 32. Panorámica del Monumento a los Lanceros del Pantano de Vargas. (Fuente: Autores)

Recomendaciones:

Este sitio presenta todos los servicios ya que actualmente es sitio turístico.

Preservar los afloramientos evitando la toma de muestras del sector. No arrojar desechos que puedan causar un incendio, debido a la abundante vegetación.

5.6 ESTACIÓN 6: CERRO PAN DE AZÚCAR

Vía de acceso: Ubicado en la vía del Pantano de Vargas por el Camino Histórico hacia Paipa. Se encuentra al Sur del municipio de Paipa, en la vereda Santa Inés, desviándose del camino histórico, aproximadamente a unos 500 m subiendo por el sendero.

Coordenadas: X = 1125358 Y = 1109097 Z = 2628

Características:

Al Sur del municipio de Paipa, vía hacia El Pantano de Vargas, tenemos una elevación del terreno de unos 80 metros (Figura 33), por el camino Histórico por donde anduvieron los libertadores.



Figura 33. Cerró Pan De Azúcar. Tomada en dirección SE. Se observa la caseta en la parte superior, lugar que sirve como Mirador. (Fuente: Autores)

La composición de la roca del cerro Pan de Azucar es intermedia aunque con un marcado carácter basáltico. Está formada por fenocristales de plagioclasas, ortopiroxeno, anfíbol y clinopiroxeno como pequeños cristales junto con cristales de biotita. La matriz está compuesta por plagioclasas (Figura 34).



**Figura 34. Roca volcánica de composición intermedia. Parte baja del Cerro Pan de Azucar.
(Fuente: Autores)**

Este sitio tiene un valor geológico por la excelente panorámica (Figuras 35 y 36) donde se observa el contraste entre rocas duras y blandas definidas por el cambio abrupto de relieve y por su diferencia en la vegetación, además se evidencian diferentes geoformas (llanura, cerros, lomas, laderas, entre otras), también tiene un excelente valor turístico por la historia de la batalla del Pantano de Vargas, la Casa de las 6 ventanas. Este sitio es privado, pero su dueño tiene la total disposición de convertirlo en un lugar turístico.



Figura 35. Panorámica desde el Cerro Pan De Azúcar. (Fuente: Autores)

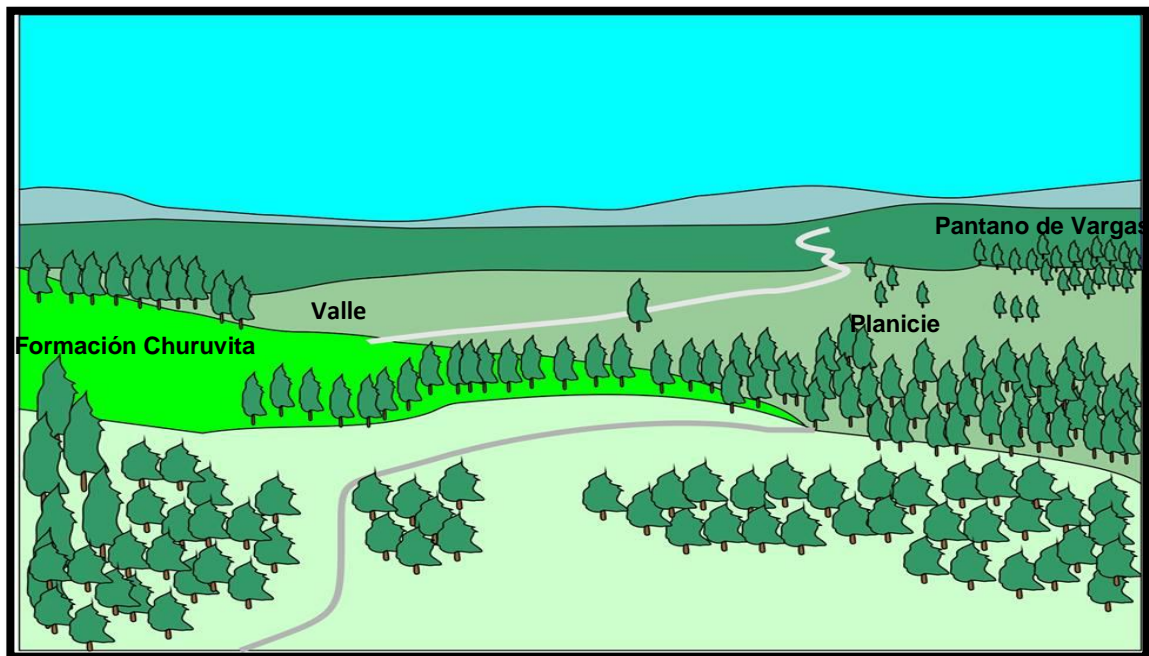


Figura 36. Esquema donde se ilustran diferentes geoformas como llanuras, cerros, lomas. En la imagen se observan las diferentes geoformas en las cuales están: un valle con pendientes baja, la planicie y el Pantano de Vargas. (Fuente: Autores)

En esta zona se encuentran algunos atractivos históricos como lo son:

El Camino Histórico: Cuenta la historia que por este camino pasó el ejército libertador durante la campaña libertadora, el camino inicia en el Batallón Silva Plazas, pasando por las veredas de Bonza, Romita y termina en el municipio de Paipa. (Tomado de la página web del municipio: www.paipa-boyaca.gov.co).

Hacienda del Salitre - Patrimonio Nacional: Hermosa construcción de estilo español, sede del Estado Mayor del Libertador durante la Batalla del Pantano de Vargas y tiene gruesas columnas con arcos de medio punto, pintorescos balcones, bella capilla colonial, plaza de toros, piscina de aguas termales y otros elementos que contribuyen a hacer de esta un escenario imprescindible para visitar. (Tomado de la página web del municipio: www.paipa-boyaca.gov.co).

Casa de varguitas: construida en adobe y tapia pisada, con tejas de barro, de estilo colonial que se encuentra a 500 m del monumento a los lanceros por la vía a Duitama y es declarada patrimonio histórico. (Tomado de la página web del municipio: www.paipa-boyaca.gov.co).

Recomendaciones:

Estructurar el camino al Cerro Pan de Azúcar, para que sea de fácil acceso. Debido a la pendiente y vegetación del lugar.

Contar con suficiente líquido, y siempre ir en grupos para evitar que alguna persona se extravíe durante su ascenso.

Adecuar en la parte inferior del cerro, una zona de parqueo para los vehículos de los visitantes a este sitio.

5.7 ESTACIÓN 7: MINA JAIME PARRA

Vía de acceso: Ubicada en la vereda Matarredonda por la Quebrada La Honda. Municipio de Paipa, Boyacá.

Coordenadas: X = 1124116 Y = 1108911 Z = 2770

Características:

Sitio de gran interés puesto que presenta andesitas en un contacto erosivo, con una Brecha de falla, donde predominan clastos de Cuarzoareniscas de grano medio-fino con tonos grises claros, y algunos bloques de rocas esquistosas de color marrón-ocre. También es un gran sitio geoturístico ya que se trata de una mina a cielo abierto abandonada (Figura 37 y 38) donde se extraía material para recebo (lidas) y para cemento, así que se encuentra expuesto todo el material y se observan sus contactos y diferentes litologías, al ser descubierto se observa de perfil todo el cambio de estratos y su composición mineralógica.



Figura 37. Panorámica de la Mina Jaime Parra. Actualmente se encuentra abandonada, pero sus afloramientos están en muy buen estado. Se observan las capas de lidas, color gris claro. (Fuente: Autor)

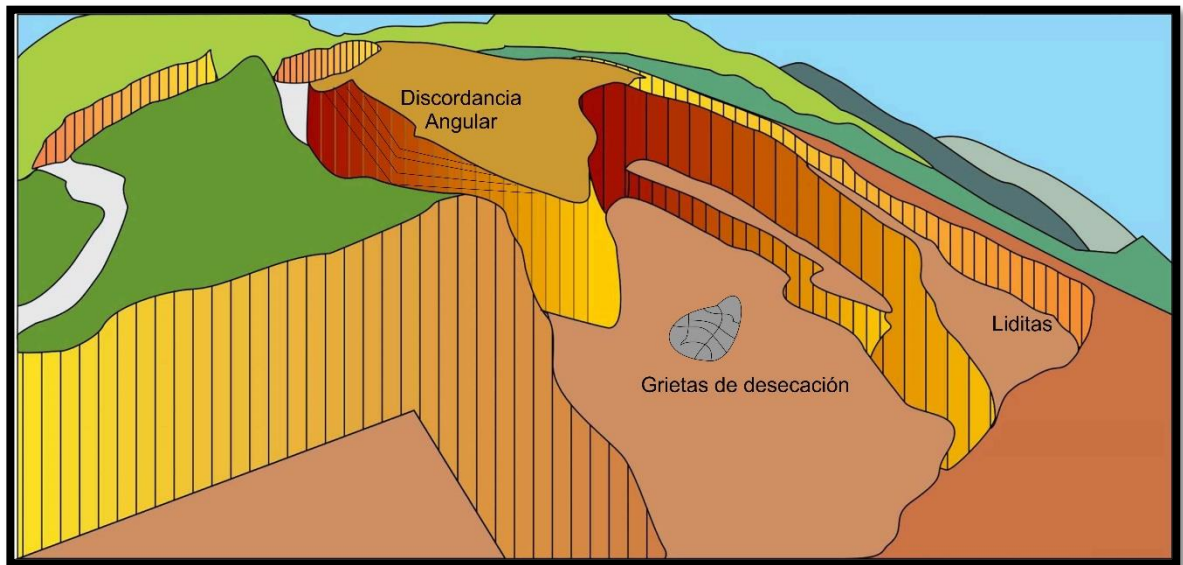


Figura 38. Esquema representativo de la Mina Jaime Parra, mostrando una discordancia angular, las grietas de desecación. (Fuente: Autores)

En la mina podemos observar grietas de desecación o de contracción (Figura 39) que nos indican que el sedimento en el cual se formaron fue altamente húmedo y seco. Estas Grietas formadas en los materiales finos, lodos, barros, arcillas al secarse por acción del aumento de temperatura, después de haber sido saturados de agua. La contracción presenta una forma característica hexagonal.



Figura 39. Grietas de desecación. Evidencia del cambio en la carga de agua del sedimento. (Fuente: Autores)

Esta mina presenta un gran valor didáctico en cuanto a su litología, interactuando con los visitantes de forma que generen esquemas de una panorámica de la mina, tomando los diferentes frentes de explotación (Figura 40) que tuvo mientras su actividad. Además todos los afloramientos se encuentran frescos hecho que nos ayuda a una valoración más detallada de los minerales que encontramos, las estructuras que se observan como pliegues y las grietas de desecación.



Figura 40. Se observan diferentes puntos de explotación de la mina Jaime Parra. (Fuente: Autores)

Se encuentran surcos y cárcavas hechas por meteorización torrencial. (Figura 41)



Figura 41. Ilustración de los procesos de erosión torrencial que afecta los frentes de explotación abandonados. Genera surcos y cárcavas. (Fuente: Autores).

Recomendaciones:

Este LIG tiene algunos inconvenientes con respecto a presentar varios frentes de explotación que generan a los visitantes caídas en algunas partes hasta de 6 metros, por lo cual hay que tener señalizada la ruta dentro de este sitio, generar vallas informativas, y adecuar una zona de descanso con sombra y venta de bebidas.

Didácticamente se puede hacer una medición aproximada de la mina, y observar los contactos litológicos del sector.

5.8 ESTACIÓN 8: DOMO DE QUEBRADA HONDA

Vía de acceso: Carretera que comunica Paipa con el Pantano de Vargas, margen derecho de la quebrada Honda Grande, desvío hacia la Finca Las Macías.

Coordenadas: X = 1122775 Y = 1107419 Z = 2590

Características:

Sobre la vía Paipa – Pantano de Vargas, en la quebrada Honda Grande, se tiene un domo de un depósito piroclástico de roca Andesita (Figura 42), presenta diaclasamiento, y evidencia la alta actividad volcánica de la zona de estudio. Se encuentra al borde de carretera, por lo cual sería de fácil adecuación geoturística. La zona tiene pendientes muy suaves y llanuras de inundación donde sobresale este domo. Vegetación tipo pastos (zonas bajas) y bosque natural en las partes altas.



Figura 42. Domo al margen de la Quebrada Honda. Se presenta fracturas y diaclasas. Alta vegetación tipo matorrales. Sobresale de la llanura de inundación. (Fuente: Autores)

En el esquema de la Figura 43 se observa el domo volcánico, que tiene aproximadamente 120 metros de diámetro y 17 metros de alto, y se encuentra rodeado por depósitos piroclásticos, y toda el área está cubierta por abundante vegetación de tipo pastos, matorrales y rastrojos. Altamente diaclasado (Figura 44).



Figura 43. Domo representativo con depósitos piroclástico. Las líneas rojas nos ilustran el gran diaclasamiento de la roca. (Fuente: Autores)



Figura 44. Afloramiento de Domo mostrando diferente familias de diaclasas. (Fuente: Grupo de Campo II, Escuela de Geología, UIS)

Este domo está compuesto por riolitas y traquitas, con una textura porfirítica, y se observan fenocristales de plagioclasa y cuarzo, también se encuentran minerales máficos. La roca fresca presenta un color amarillo claro y blanco. (Figura 45)



Figura 45. Roca fresca del Domo de Quebrada Honda. Se observan cristales de plagioclasa y cuarzo de unos 8 mm de longitud. (Fuentes: Autores)

Análisis petrográfico de muestra de roca del domo de Quebrada Honda (Figura 46).

Recomendaciones:

Permiso de acceso puesto que es una propiedad privada y está cercada.

Vallas ilustrativas donde se muestre el proceso de creación de un domo.

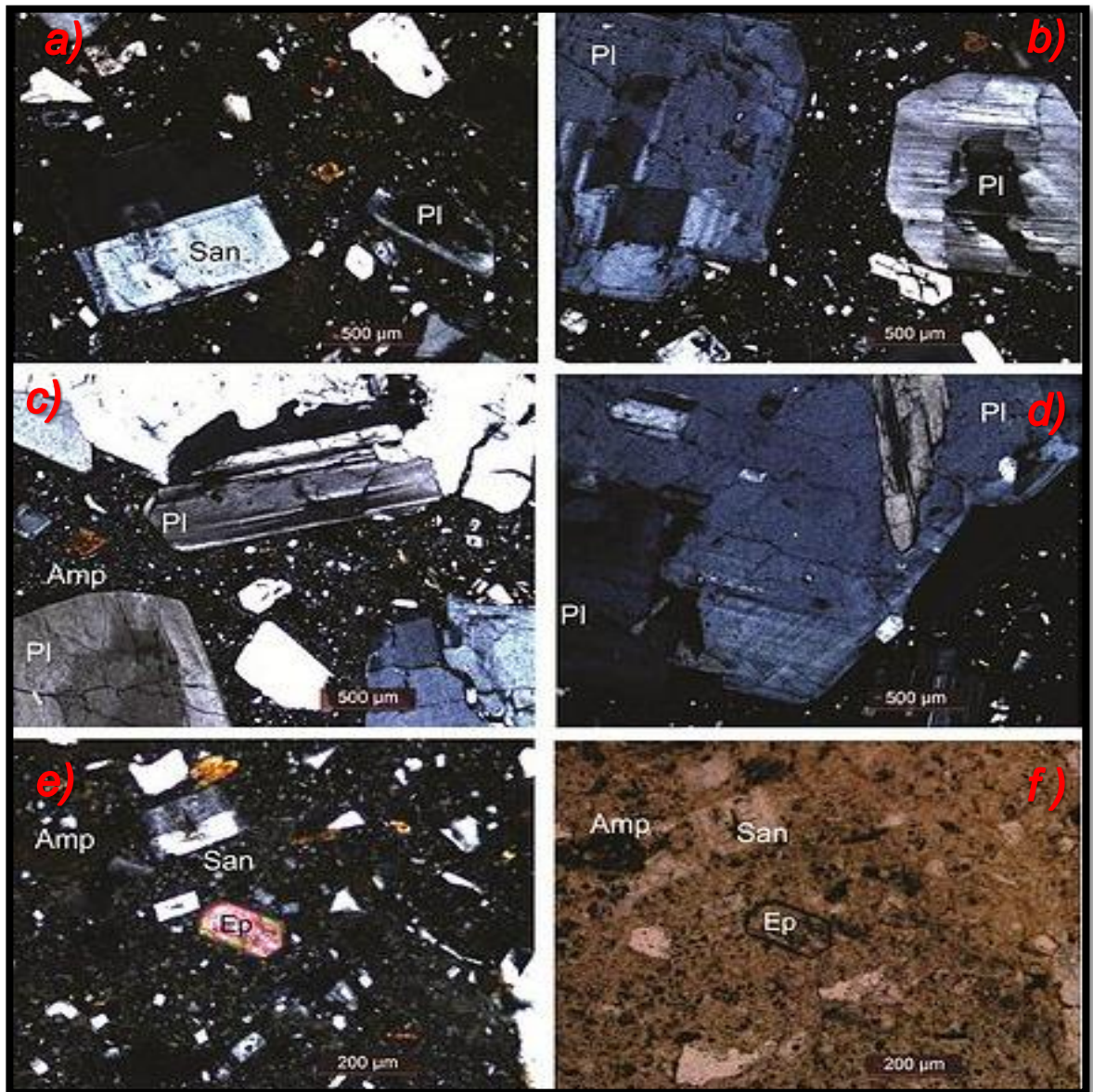


Figura 46. Microfotografía de sección delgada realizada al domo. A) Cristales de salinidad que muestran maclado de Carlsbad dentro de una matriz de virio plagioclasas, biotita y oxido. B) Cristales de plagioclasas con sus maclas polisintéticas características la cual tiende a hacer compleja para algunos cristales. C) Cristales de plagioclasas en matriz de vidrio plagioclasas, biotita y anfibolita demostrando la diferencia de una misma composición de la misma roca. D) gran cristal de plagioclasa el cual creció a partir de los bordes de otros cristales más pequeños de plagioclasa exhibido una extensión diferente que permite su diferenciación. E Y F) Cristales de la matriz, se observan de dicho cristales correspondientes con la composición de los cristales más grande. Adicionalmente aparecen otros minerales accesorios como lo son la epidota y algunas biotitas. (Fuente: Autores)

5.9 ESTACIÓN 9: PISCINA OLÍMPICA EL DELFÍN

Vías de acceso: Carretera Paipa hacia la vereda la playa a 18 kilómetros desde el municipio de Paipa, 20 minutos en automóvil.

Coordenadas: X = 1125382 Y= 1106746 Z= 2542

Características:

En el parqueadero del complejo turístico El Delfín se encuentra un afloramiento de 17 metros de alto por 50 metros de ancho, perteneciente a la Formación Plaeners, compuesto de capas de espesores medios de lodolitas silíceas intercaladas con capas de porcelanita y chert, se observa una muy buena visual geomorfológica. (Figura 47).

En la zona se observa gran cantidad de pliegues (Figura 48) debido a la acción de una falla, hacia el tope del afloramiento se encuentra un depósito de flujos piroclásticos orientados con matriz de ceniza y lapilli.



Figura 47. Panorámica representativa de la piscina olímpica el delfín - El Batán. (Fuentes: Autores)

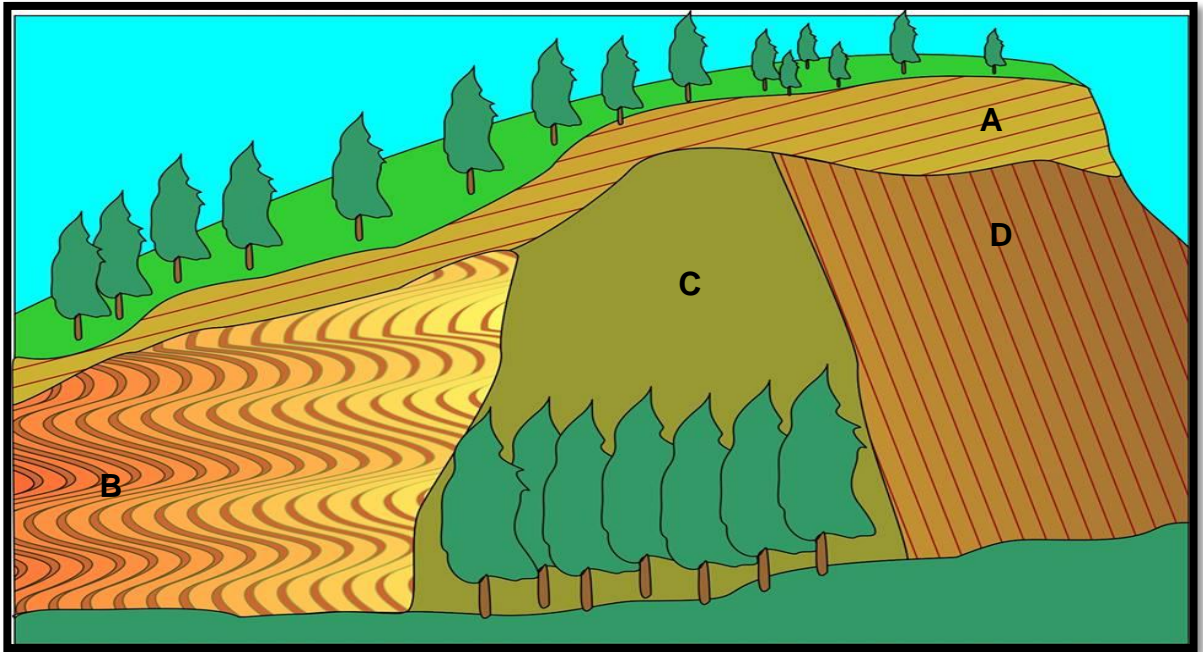


Figura 48. Esquema representativo A) Flujo piroclástico, B) Pliegues chevron, C) presencia de lodolitas, D) estratos verticalizados. (Fuente: Autores)

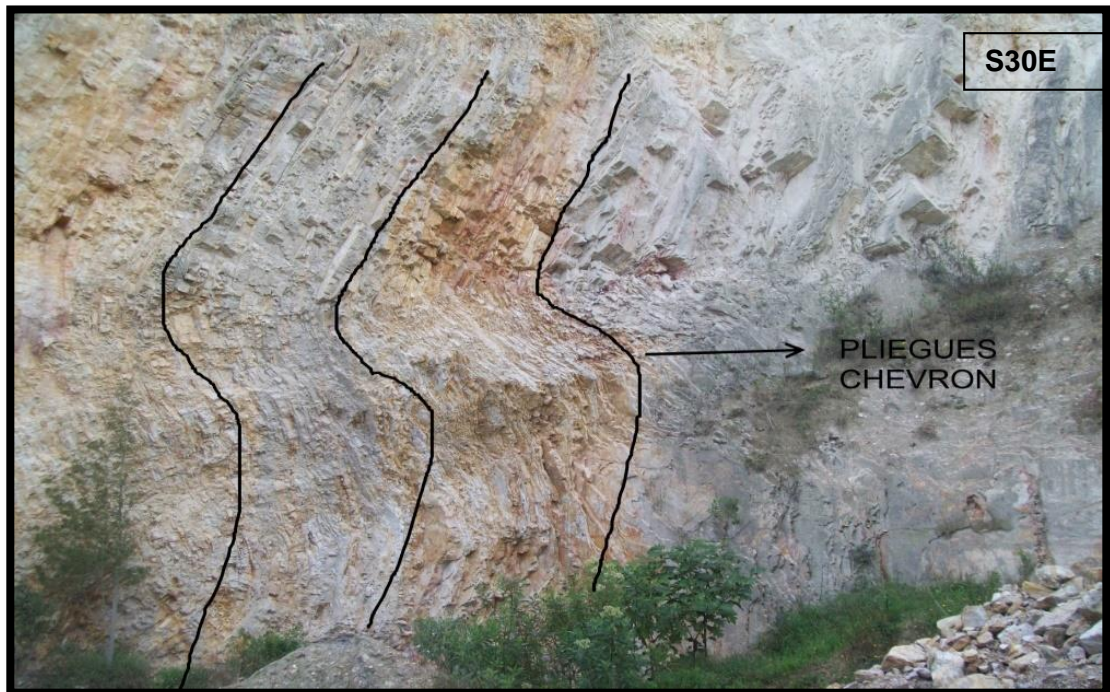


Figura 49. Pliegues de tipo Chevron. (Fuente: Autores)

Hacia el NW del afloramiento se observan pliegues tipo Chevron (Figura 49) producto de la acción de una falla de cabalgamiento con vergencia al noreste que afecta la secuencia sedimentaria (Figura 50).

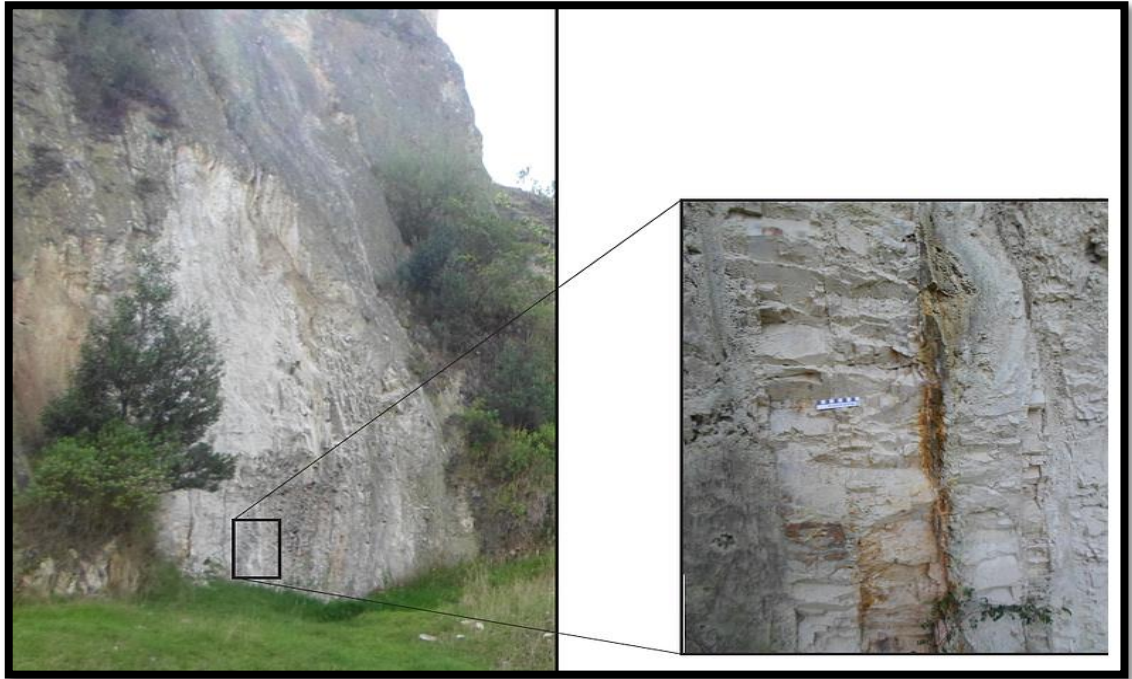


Figura 50. En la parte central de la zona se presentan capas casi verticales con rumbo N34E/76SE de lodolita silíceica caolinizada por alteración. (Fuente: Autores)

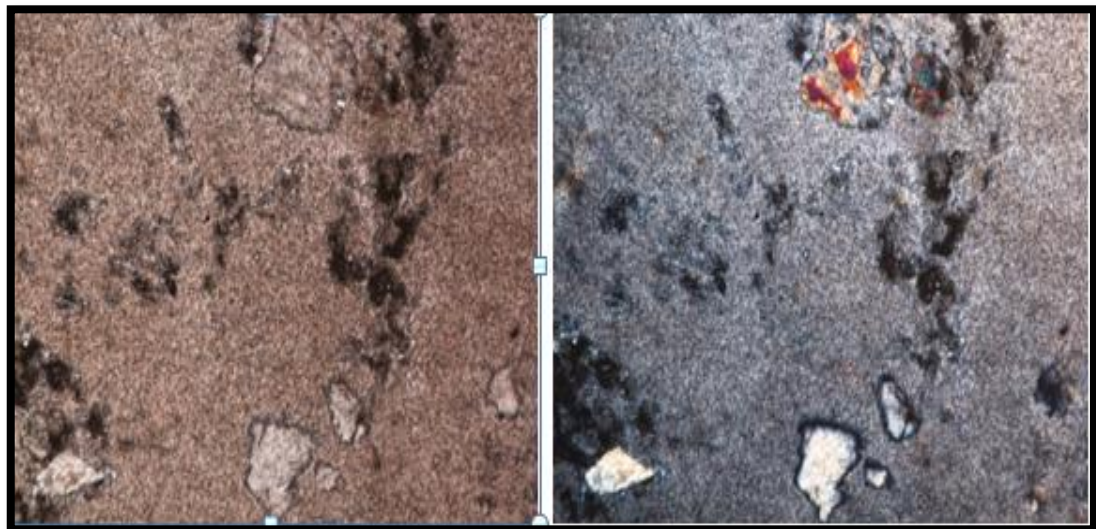


Figura 51. Imagen de Microscopio petrográfico. Nicoles Paralelos y Cruzados. La roca es una fosforita de tamaño de grano lino, con presencia de algunos granos más grande (restos fósiles tipo conchillas y vertebras) se puede observar cristales de cuarzo y presenta una textura deposicional lodosoportada tipo mudstone. (Fuente: Autores)



Figura 52. Agua termo mineral con aproximadamente 70°C de temperatura. (Fuente: Autores)

Recomendaciones:

Realizar diagramas explicativos mostrando los pliegues para mejor entendimiento de los visitantes.

Precaución con los pozos de agua termal, para evitar que se caiga alguien.

5.10 ESTACIÓN 10: TALASINOIDES VÍA PAIPA - PANTANO DE VARGAS

Vía de acceso: Vía que conduce de Paipa hacia el Monumento a los Lanceros del Pantano de Vargas al Km 15 aproximadamente sobre su margen Izquierdo.

Coordenadas: X = 1'127.782 Y= 1'107.711 Z= 2599

Características:

Sitio de interés geológico se encuentra ubicado al borde izquierdo de la carretera que comunica a Paipa con el municipio de Duitama, vía al monumento Pantano de Vargas. (Ver Figura 53). Presenta estructuras con morfología de tipo Talasinoides, caracterizada por presentar divisiones en Y con superficie parecida a estrías en la roca. (Figura 54)



Figura 53. Capas buzando a favor de la topografía. Presenta vegetación de tipo pastos y bosques húmedos. Pendiente mayor a 40%. (Fuente: Autores)

Flujo de tipo volcánico que se encuentra cubriendo gran parte del área estudiada, con abundante presencia de fósiles tipo bivalvos en la parte inferior al flujo. Estos fósiles se encuentran en arenisca de grano fino a muy fino que suprayase el flujo volcánico.



Figura 54. Presencia de fósiles bivalvos y de estructuras talasinoides. (Fuente: Autores)

Recomendaciones:

Este afloramiento es de fácil acceso al encontrarse a borde de carretera, aunque no se cuenta con zona de parqueo.

Tener precaución al cruzar la carretera puesto que es muy transitada y está en curva. Hay sitio de hidratación a unos 500 metros.

Esquemas donde se ilustre la formación de las estructuras talasinoides, y se cuente la historia de los fósiles encontrados en el área.

Adecuar una zona segura de acceso a este LIG, por algún lateral del afloramiento, puesto que la carretera genera un riesgo a los visitantes.

6. CONCLUSIONES

El municipio de Paipa está localizado en el valle de Sogamoso, en la parte centro oriental del país, conocida como “Ciudad Turística de Boyacá”, no solo tiene un gran interés en este aspecto, también brinda una cantidad significativa de lugares con una riqueza geológica excepcional, debido a la actividad del Volcán de Paipa.

Los principales procesos que han modelado el paisaje de ésta región son del tipo volcánico, tectónico, denudacional, hídrico, marítimo y fluvial.

Algunos procesos geológicos importantes en el modelamiento son los erosivos, los principales flujos hídricos, que son los mayores modeladores del paisaje son el Río Chicamocha, Soapaga, y las quebradas Honda y Olitas.

Se elaboró el itinerario geológico compuesto por 10 estaciones, por medio de la jerarquización, evaluación y selección de los lugares de interés geológico encuestados a los profesionales y personas conocedoras de la zona, estas se caracterizan por su geodiversidad y un aporte importante a la sociedad.

Las manifestaciones de hierro de Paipa, están asociadas a fluidos volcánicos ácidos que llevaron el hierro en solución y precipitaron por oxidación directa como hematita, en una primera etapa y por cambios en las condiciones del medio se presentó sustitución por hidróxido para una segunda etapa.

Las asociaciones de minerales encontradas en muestras de líticos accesorios, sacados a la superficie durante la actividad eruptiva del volcán, indican que el sistema geotérmico de Paipa es de alta temperatura. Es probable que las condiciones de alta temperatura persistan en la actualidad.

Los sitios de interés geológico ubicados en zonas turísticas o integradas a circuitos turísticos existentes pueden ser incorporados dentro de la oferta turística nacional y provincial, y de esa manera contribuir al fortalecimiento de las economías sobre la base de una explotación racional de estos recursos.

7. RECOMENDACIONES

A corto plazo, o como primera fase se recomienda realizar estudios sistemáticos y organizar toda la información posible en sectores aledaños para presentárselos al público. Para este paso se propone realizar un inventario de todos los sitios de interés de Paipa, y así saber su localización y distribución. Luego de estar catalogados estos sitios se debe hacer un esfuerzo por protegerlos del daño antrópico en los sitios que se requiera, para esto es necesario informar a toda la comunidad cercana al LIG para que aproveche de manera correcta el sitio; se puede realizar un aprovechamiento de carácter turístico (creando museos, parques geológicos, caminatas, miradores), y de carácter científico para salidas de campo de universidades y mostrar riquezas minerales o algún valor importante en el aprendizaje para el campo de la geología.

A mediano plazo o como segunda fase se pueden generar planes para conformar nuevos lugares de interés geológico o LIGs, incluir nuevos museos mineros, una mina didáctica es una buena opción; pero lo más importante de esta etapa es arreglar los sitios existentes, acomodando vallas ilustrativas, cercar o acondicionar los miradores para la seguridad de los usuarios que visitan los LIGs, entre otras.

A largo plazo o como tercera fase se puede presentar ante la UNESCO para que sea declarado como Patrimonio de la Humanidad como se realiza en muchos países del mundo, ej. España, Argentina, entre otros.

En la realización de este patrimonio geológico pueden participar muchas instituciones de carácter público o privado, como lo son, el Gobierno nacional, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, el Servicio Geológico Colombiano (SGC), la Gobernación de Boyacá, la Alcaldía de Paipa, la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (CORPOBOYACA), la Universidad de Boyacá, la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), el Instituto de Turismo y Recreación de Paipa (ITP), los hoteleros y empresarios del sector de turismo de la región, el Comité de Desarrollo Turístico que fue creado entre la Corporación de Turismo del Valle del Sol (Cortusol) y administraciones municipales, para vender todos los atractivos que tiene la Capital Turística de Boyacá, el SENA, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

BASTOGI, M.; et al. Geomorphological sites aimed at becoming geological itineraries. En: PANIZZA V. (Ed.), Geomorphologic sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings. Cagliari. Italia. 2003. P. 39-40.

BRUSCHI, Viola Maria. Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad. Tesis doctoral. Santander, España. Universidad de Cantabria. Departamento de Ciencias de la Tierra y Física de la Materia Condensada. 2007.

CARCAVILLA, L., DURÁN, J., y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Patrimonio Geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. 2007. Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

CARCAVILLA, L., DURÁN, J.J., y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Geodiversidad: Concepto y Relación con el Patrimonio Geológico. 2008. Geo-Temas, 10, 1299-1303. VII Congreso Geológico de España. Las Palmas de Gran Canaria.

CASTELLANOS, O., y RÍOS C. Itinerario Geológico del basamento cristalino en la región suroccidental del macizo de Santander. Universidad de Pamplona, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Geología. 2008. Editorial Java. ISBN 978-958-98060-9-8. P.93.

CENDRERO, A. El Patrimonio Geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. MOPTMA. En: El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización, págs. 17-38. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid. 1996.

CEPEDA H. y PARDO N. Vulcanismo de Paipa. Bogotá. INGEOMINAS. P. 140. Informe técnico. 2004

COBIELLA-REGUERA, J., y CRUZ-GÁMEZ, E. Geocuba. Espacios Naturales y geología cubana. Monografías de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Serie Itinerarios 1. Ed. AEPECT. Girona. 1999.

COLOMBIA. CONSTITUCION POLITICA 1991.

COOPER M., *et al.* Basin Development and Tectonic history of the Llanos Basin, Eastern Cordillera and Middle Magdalena Valley, Colombia. En: AAPG Bulletin. 1995. V.79, N°10, p. 1421-1443.

CRUDEN, D., y VARNES, D. Landslide types and processes. En: A.K. Turner y R, L. Schuster. Landslides. Investigation and mitigation. Transportation Research Board Special Report 247. Washington: National Academy of Sciences, 1996.

DOMINGO, M. *et al.* Geopirineos. Espacios Naturales y geología pirenaica. Sector central y centrooriental. Monografías de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Serie Itinerarios 2. David Brusi, Ed. AEPECT. Girona. 2000.

DUQUE, L., ELÍZAGA, E. y VIDAL, J. Puntos de Interés Geológico de Galicia. Instituto Geológico y Minero de España. 1983. p. 103.

DURÁN, J., CARCAVILLA, L. Y LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Patrimonio geológico: una panorámica de los últimos 30 años en España. Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural. 2005. p. 277-287.

ELÍZAGA, E. y PALACIO, J. Valoración de puntos y/o lugares de interés geológico. En: *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización.* CENDRERO, A. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid. 1996. p. 61-79.

ELIZAGA, E. *et al.* Los puntos geológico-mineros de interés singular como patrimonio natural. Su inventario y metodología de estudio. I Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio. Volumen de Comunicaciones, 21. Santander. 1980.

ESPAÑA. MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. Boletín Oficial del Estado. Ley 42. (14, diciembre, 2007). Del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Madrid: Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2007. P. 51282

FARELO, E. y PARRA, G. Estudio de la neotectónica y su influencia en el corredor industrial de Boyacá. Tesis de grado Ingeniería Geológica. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 2004.

FERNÁNDEZ, J., & GUIRADO, J. Geodiversidad y patrimonio geológico en Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. 2001. p. 24-33.

GARCÍA R. Carlos. Manual de prácticas de Petrología Metamórfica, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga. 1994.

GARCÍA-CORTÉS, A. Contextos geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional. Instituto Geológico y Minero de España. 2008. p. 235.

GARZÓN, T. Geoquímica y potencial minero asociado a cuerpos volcánicos en la región de Paipa, departamento de Boyacá, Colombia. Tesis Maestría Geología. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Bogotá. 2003. p. 107.

GEREMIA, F. y MASSOLI-NOVELLI, R. The circumnavigation of the Island of Lipari to discover the coastal geomorphosites of volcanic origin (Aeolian Islands, Italy). En: PANIZZA V. Geomorphological sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari. Italia. 2003. p. 67-68.

GEREMIA, F.; MUSCOLINI, E. y RANDAZZO, G. Geotourism as opportunity to develop a new “niche marketing” in Taormina area (Messina, Italy). En: PANIZZA V. Geomorphological sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings, Cagliari. Italia. 2003. p.65-66.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 99 (22. Diciembre, 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. Bogotá, D.C. 1993.

GRAY, M. Geodiversity: developing the paradigm. Proceedings of the Geologists' Association. 2008. Vol. 119. p. 287–298.

GUERRERO, J., y MANCERA, A. Itinerario geológico entre el municipio de San Juan de Girón y la represa de Hidrosogamoso (Santander): Aprovechamiento del Patrimonio Geológico. Tesis de Pregrado Escuela de Geología, Universidad Industrial de Santander. 2014.

GUILLÉN, M., y DEL RAMO, J. El patrimonio geológico: cultura, turismo y medio ambiente. Universidad de Murcia. Departamento de Geología. Murcia. 2004. p. 400

MANOSALVA, R., y NARANJO, E. Caracterización metalográfica de las manifestaciones de mineral de hierro, Paipa (Boyacá, Colombia). Boletín de Ciencias de la Tierra. Medellín. 2007.

MOLINA, J., y MERCADO, M. Patrimonio geológico de Colombia: una propuesta preliminar para su inventario. En: Patrimonio geológico minero en el contexto del cierre de minas. VILLAS, R., GONZÁLEZ, A. y DE ALBUQUERQUE, G. Rio de Janeiro. 1999. p. 169-183.

MOPTMA. El Patrimonio Geológico. Bases para su conservación, protección, conservación y utilización. Dirección General de Información y Evaluación Ambiental. Serie Monografías. Madrid. 1996. 112 págs.

MORALES, J. El patrimonio paleontológico. Bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. En: El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización. CENDRERO, A. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente. Madrid. 1996. p. 39-51.

MORALES, J., GÓMEZ, E., y AZANZA, B. El patrimonio paleontológico español: marco legal, titularidad, gestión y conservación. En: El patrimonio paleontológico de Teruel. MELÉNDEZ, G. y PEÑALVER, E. Jornadas sobre el patrimonio de la provincia de Teruel. Paleontología. Teruel. 2002. p. 53-62.

ORRÚ, P.; PANIZZA, V. y ULZEGA, A. Geodiversity and sustainable tourism: protection and improvement of the submarine geomorphosites en the Marine Protected Area of capo Carbonara (Sardinia, Italy). En: PANIZZA V. Geomorphologic sites: assessment and mapping. Workshop Proceedings. Cagliari. Italia. 2003. p. 80-81.

PALACIO-SUÁREZ, J. Patrimonio geológico. Aspectos metodológicos - Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible (Soria). Ministerio de Medio Ambiente. España. 1999. p. 11-21.

PARDO, N. Estratigrafía de las vulcanitas asociadas al volcán de Paipa, municipios de Paipa y Tuta, Departamento de Boyacá, Colombia. Trabajo de grado. Geología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 2004. p.163.

PARDO, N. y ALFARO, C. Caracterización de cenizas volcánicas por microscopía electrónica para determinar mecanismos eruptivos. Caso Volcán de Paipa, Boyacá. Bogotá. 2005

PARDO, N., CEPEDA, H. y JARAMILLO, J. The Paipa Volcano, eastern Cordillera, South America: Volcanic Stratigraphy. Earth Sci. 2005. p. 3-18.

PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE PAIPA. Subsistema Biofísico: Los recursos naturales y el medio ambiente. Colombia. 2000.

RENZONI, G. Geología del cuadrángulo J 12 Tunja. En: Boletín Geológico. Vol. 24, No. 2. INGEOMINAS: Bogotá. 1981. p. 31-48.

ROJAS, M., y GONZÁLEZ, K. Itinerario geológico del área metropolitana de Bucaramanga (Santander). Tesis de Pregrado. Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. 2013.

ROMERO, G. El patrimonio paleontológico de la región de Murcia. Tesis Doctoral. Universidad de Murcia. 2004.

SÁENZ, J. Itinerario Geológico de la Franja Costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga, Provincia Geotectónica de Taganga, Provincia Geotectónica de Santa Marta. Trabajo de Grado. Universidad Industrial de Santander. Facultad Fisicoquímicas. Escuela de Geología. 2011.

SERRANO, E., y RUIZ-FLAÑO, P. Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles. España. 2007. Vol. 45. p. 79-98.

STÜRM, B. The geotope Concept: geological nature conservation by twon and country planning. Geological and Landscape Conservation. Geological Society. London. 1994. p. 27-31.

TRENKAMP R. et al. Wide plate margin deformation, southern Central America and northeastern South America, CASA GPS observations. Journal of South American Earth Sciences. 2002. p. 157-171.

UJUETA, G. Lineamientos Muzo, Tunja y Paipa en los departamentos de Boyacá y Casanare. Geología Colombiana. Bogotá. 1993. p. 65-73.

ULLOA, C. y RODRÍGUEZ, E. Geología del Cuadrángulo K-12 (Guateque). Boletín Geológico del Ingeominas XXII. Bogotá. 1979. p. 5-55.

VILLABONA, Juan y MANTILLA, Erick. Itinerario geológico entre el municipio de Piedecuesta y el Peaje Mesa de los Santos (Santander): Aprovechamiento del Patrimonio Geológico. Tesis de Pregrado Escuela de Geología. Universidad Industrial de Santander. 2013.

VILLALOBOS, M. Estrategias en la protección del patrimonio geológico andaluz. En: Medio Ambiente 37. Consejería de Medio Ambiente. Sevilla. 2001. p. 36-39.

VILLALOBOS, M. y otros. El inventario andaluz de georrecursos culturales: criterios de valoración. Ed. De Re Metallica. Madrid. 2004. p. 9-21.

VOTH, A. Cambios en las políticas de espacios naturales protegidos y desarrollo sostenible. Congreso de Geógrafos Españoles XX, comunicaciones. Sevilla. 2007.

WIMBLEDON, W. y otros. Proyecto GEOSITES, una iniciativa de la Uni. Internacional de las Ciencias Geológicas (IUGS). La Ciencia respalda por la conservación. En: BARETTINO, D., WIMBLEDON, W. y GALLEGU, E. Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión. Madrid. 2000. p. 73-100.

ANEXOS