

Caracterización y Valoración del Patrimonio Geológico en el Municipio de San Gil (Santander),  
Colombia: Implicaciones en la Geoconservación, Geoeducación Y Geoética

Melissa García Jaimes

Trabajo de Grado para Optar al Título de Geóloga

Director

Francisco Alberto Velandia Patiño

Geociencias PhD

Codirector

Jorge Enrique Gelvez Chaparro

Geólogo

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2025

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	10
1. Descripción general del trabajo de investigación .....	10
1.1. Localización .....	11
1.2. Generalidades de la zona de estudio .....	12
1.3. Planteamiento del problema.....	13
1.4. Árbol de problemas.....	14
1.5. Objetivos.....	15
1.5.1. Objetivo General.....	15
1.5.2. Objetivos Específicos.....	15
1.6. Justificación .....	16
2. Metodología .....	18
2.1. Selección del área de estudio .....	19
2.2. Recopilación bibliográfica .....	20
2.2.1. Estudios geológicos multidisciplinares en la zona .....	21
2.2.2. Propuestas en relación con Patrimonio Geológico y Paleontológico .....	21
2.3. Aplicación metodológica .....	22
2.3.1. Propuestas metodológicas para la valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico.....	22
2.3.2. Valoración propuesta para el Territorio Colombiano .....	27
2.3.3. Selección final de Lugares de Interés Geológico.....	32

2.4.	Análisis de resultados. ....	37
2.5.	Elaboración del informe final. ....	37
3.	Antecedentes y Marco Teórico .....	38
3.1.	Antecedentes sobre el estudio Patrimonio Geológico y Geoconservación en Colombia 38	
3.2.	La Geoética en el ámbito geocientífico un enfoque Geoeducativo .....	42
3.3.	Definición, conceptos fundamentales y recursos complementarios para la descripción de Lugares de Interés Geológico.....	45
4.	Marco Geológico .....	45
4.1.	Marco geológico regional .....	45
4.2.	Estratigrafía.....	46
4.2.1.	Formación Los Santos (Kils) .....	47
4.2.2.	Formación Rosablanca (Kir).....	47
4.2.3.	Formación Paja (Kip).....	48
4.2.4.	Formación Tablazo (Kit).....	49
4.2.5.	Formación Simití (Kis) .....	49
4.2.6.	Depósitos sedimentarios .....	50
4.3.	Geología estructural .....	51
4.3.1.	Marco tectónico regional .....	52
4.3.2.	Fallas longitudinales .....	53
4.3.3.	Fallas locales/menores .....	54
4.3.4.	Pliegues .....	54

4.4.	Geomorfología .....	54
4.4.1.	Formas de origen estructural denudacional .....	55
4.4.2.	Formas de origen kárstico .....	55
4.4.3.	Formas de origen denudacional .....	55
5.	Resultados .....	56
6.	Discusión.....	76
7.	Conclusiones .....	78
	Referencias Bibliográficas .....	81

**Lista de Figuras**

Figura 1. <i>Esquema del basamento Colombiano que incluye localización de la zona de estudio, el municipio de San Gil y sus áreas aledañas en el recuadro</i> .....	13
Figura 2. <i>Esquema de la metodología del proyecto de investigación</i> .....	19
Figura 3. <i>Ficha introductoria potencialidad de LIG</i> .....	26
Figura 4. <i>Formato de valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble</i> .....	28
Figura 5. <i>Imagen satelital tridimensional del área aproximada de SG 09 Georuta las Antenas</i> . 58	
Figura 6. <i>Imagen satelital tridimensional de la localización del SG 13 Mirador el Peñón</i> .....	59
Figura 7. <i>Punto panorámico estratégico desde SG 10 Georuta el Jobito</i> .....	60
Figura 8. <i>Imagen satelital ruta de acceso y recorrido por tres (3) saltos de SG 03 El sistema de cascadas la Milagrosa</i> .....	61
Figura 9. <i>Imagen satelital tridimensional del área donde se desarrolla SG 11 Georuta los Pozos</i> .....	62
Figura 10. <i>Vista de plegamientos en el área</i> .....	63
Figura 11. <i>Diagrama comparativo de ciertos elementos geológicos que se desarrollan en SG 04 Cañón las Lajas</i> .....	64
Figura 12. <i>Fotografía área de SG 05 Cañón Río Mogoticos</i> .....	65
Figura 13. <i>Localización táctica de SG 09 Georuta las Antenas</i> .....	66
Figura 14. <i>Imagen panorámica desde SG 06 Cerro de la Cruz</i> .....	67
Figura 15. <i>Esquema tridimensional de la zona panorámica y colindante al SG 12 Mirador Rocambolesco</i> .....	67

Figura 16. <i>Proximidad y acceso a SG 14 Parque Gallineral</i> .....	69
Figura 17. <i>Vista panorámica desde SG 13 Mirador el Peñón</i> .....	70
Figura 18. <i>Entrada principal de SG 08 Cueva Antigua</i> .....	72
Figura 19. <i>Estructuras sedimentarias en asociación a la Fm. Tablazo</i> .....	73
Figura 20. <i>Estructuras sedimentarias características de la Fm. Paja</i> .....	74
Figura 21. <i>Evidencias de material carbonatado/fósiles</i> .....	74
Figura 22. <i>Mapa de la distribución de los Lugares de Interés Geológico</i> .....	75

### Lista de Tablas

Tabla 1. <i>Listado de potenciales preliminares Lugares de Interés Geológico (LIG)</i> .....	27
Tabla 2. <i>Grado del riesgo de degradación utilizado para determinar la prioridad de protección</i> .....	37
Tabla 3. <i>Inventario de Lugares de Interés Geológico del Municipio de San Gil (Santander), Colombia</i> .....	76

## **Lista de Apéndices**

**Los apéndices están disponibles en el Repositorio Institucional**

Apéndice 1. Mapa veredal del municipio de San Gil

Apéndice 2. Árbol de problemas

Apéndice 3. Aplicación metodológica seleccionada para el Territorio Colombiano (SGC, 2018)

Apéndice 4. Disciplinas y tipologías de interés geológico adjunto a los 22 parámetros de valoración

Apéndice 5. Parámetros de valoración y su respectiva notación según cada indicador

Apéndice 6. Pesos porcentuales en función del tipo de valor a calcular ( $V_C$ ,  $V_E$ ,  $V_R$ )

Apéndice 7. Parámetros y cálculos de Susceptibilidad/Riesgo Degradación Natural/Antrópica

Apéndice 8. Conceptualización elemental para el estudio de Patrimonio Geológico

Apéndice 9. Recursos complementarios para la descripción de Lugares de Interés Geológico

Apéndice 10. Mapa geológico del Municipio de San Gil

Apéndice 11. Columna estratigráfica generalizada del área de estudio

Apéndice 12. Esquema estructural de la Zona Guanentina

Apéndice 13. Elementos tectónicos del Mapa Metalogenético de América Central y el Caribe

Apéndice 14. Configuración geológica de la Cordillera Oriental de Colombia

Apéndice 15. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 01 (Cascada Afroditá)

Apéndice 16. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 02 (Cascada el Golondrino)

Apéndice 17. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 03 (Cascada Salto la Milagrosa)

Apéndice 18. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 04 (Cañón las Lajas)

Apéndice 19. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 05 (Cañón Río Mogoticos)

- Apéndice 20. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 06 (Cerro de la Cruz)
- Apéndice 21. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 07 (Cerro de la Gruta)
- Apéndice 22. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 08 (Cueva Antigua)
- Apéndice 23. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 09 (Georuta Antenas)
- Apéndice 24. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 10 (Georuta Jobito)
- Apéndice 25. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 11 (Georuta Pozos)
- Apéndice 26. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 12 (Mirador Rocambolesco)
- Apéndice 27. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 13 (Mirador Peñón)
- Apéndice 28. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 14 (Parque Gallineral)
- Apéndice 29. Ficha introductoria y Formato de Valoración de SG 15 (Parque Ragonessi)
- Apéndice 30. Cálculos porcentuales para la obtención de  $V_C$ ,  $V_E$ ,  $V_R$ ,  $S_{DN}$ ,  $S_{DA}$ ,  $R_{DN}$  y  $R_{DA}$

## Resumen

**Título:** Caracterización y valoración del Patrimonio Geológico en el municipio de San Gil (Santander), Colombia: implicaciones en la geoconservación, geoeducación y geoética \*

**Autor:** Melissa García Jaimes \*\*

**Palabras Clave:** Patrimonio geológico, Geoconservación, Geoeducación, Geoética, San Gil.

**Descripción:** El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo principal identificar y valorar el Patrimonio Geológico del municipio de San Gil, Santander (Colombia), con la finalidad de promover su geoconservación desde una perspectiva geoética mediante herramientas de geoeducación hacia una prospección de desarrollo sostenible. Se realizó un enfoque en la caracterización de Lugares de Interés Geológico (LIG), se evaluó su relevancia científica, educativa y cultural comprendiendo las implicaciones en la gestión del Patrimonio Geológico local, sustentados en la Guía Metodológica de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (SGC, 2018), además se dedujo la Susceptibilidad y Riesgo de Degradación (Natural y Antrópica) parámetros imprescindibles que estimaron el requerimiento de la Prioridad de Protección de cada uno de los sitios examinados. Se generó fichas y formatos de valoración para 15 LIG, destacando por su interés patrimonial cuatro (4) de ellos según su clasificación de acuerdo a su valor científico, los mismos serán susceptibles a ser incluidos dentro de una Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGP) y conforme a la legislación expuesta en el Decreto 1353 de 2018 su declaración como bien inmueble constituyendo el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP), asimismo se encontró en condición de adoptar medidas de geoconservación a medio y/o largo plazo (5) cinco de estos. En consecuencia, fomentar conciencia y conocimiento referente al Patrimonio Geológico enfatizando en una gobernanza informada y responsable como estrategia efectiva de utilidad para autoridades locales, regionales y nacionales, así como para la ciudadanía y sectores económicos en la planificación y gestión del territorio.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Francisco Alberto Velandia Patiño. Geociencias PhD. Codirector: Jorge Enrique Gelvez Chaparro. Geólogo.

### Abstract

**Title:** Characterization and assessment of Geological Heritage in San Gil (Santander), Colombia: implications for geoconservation, geoeducation and geoethics\*

**Author(s):** Melissa García Jaimes \*\*

**Key Words:** Geological Heritage, geoconservation, geoeducation, geoethics, San Gil.

**Description:** The main objective of this research project was to identify and assess the Geological Heritage of San Gil, Santander (Colombia), with the aim of promoting its geoconservation from a geoethical perspective through geoeducation tools towards a sustainable development prospect. A focus was placed on the characterization of Sites of Geological Interest (LIG, in its Spanish acronym), their scientific, educational and cultural relevance was evaluated, understanding the implications for the management of local Geological Heritage, supported by the Methodological Guide for the Valuation of Immovable Geological and Paleontological Heritage proposed by the Colombian Geological Service (SGC, 2018), in addition, the Susceptibility and Risk of Degradation (Natural and Anthropogenic) were deduced, essential parameters that estimated the requirement of Protection Priority for each of the sites examined. Assessment files were generated for 15 LIG, highlighting four (4) of them for their heritage interest according to their classification of agreement to their scientific value, they will be susceptible to being included within a Geological and Paleontological Heritage Protection Zone and in accordance with the legislation set forth in Decree 1353 of 2018, their declaration as immovable asset constituting the National Geological and Paleontological Inventory, likewise, five (5) of these were found to be in a condition to adopt medium and/or long-term geoconservation measures. Consequently, promote awareness and knowledge regarding Geological Heritage, emphasizing informed and responsible governance as an effective strategy useful for local, regional, and national authorities, as well as for citizens and economic sectors, in territorial planning and management.

---

\* Trabajo de Grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Director: Francisco Alberto Velandia Patiño. Geociencias PhD. Codirector: Jorge Enrique Gelvez Chaparro. Geólogo.

## **Introducción**

### **1. Descripción general del trabajo de investigación**

Este proyecto tiene como finalidad identificar y caracterizar la geodiversidad (geotopos/lugares de interés geológico) presente en el municipio de San Gil y zonas circundantes localizadas sobre rocas sedimentarias del Cretácico Inferior, con el propósito de diagnosticar su significado geológico mediante la Metodología de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble propuesta del Servicio Geológico Colombiano (SGC) en dirección a determinar su utilidad e importancia de preservación como parte del Patrimonio Geológico de la Nación.

Para llevar a cabo este proyecto de investigación es necesario efectuar dos fases técnicas, la primera, comprende lo relacionado con la revisión bibliográfica documentada en las temáticas de interés y la interpretación fotogeológica pertinente para la ejecución de la práctica de campo; la segunda, que abarca las actividades de campo que ratifican in situ la información consultada previamente y el análisis de todos los resultados obtenidos, en búsqueda de determinar el potencial del área de estudio como Patrimonio Geológico y Paleontológico, y consecuentemente como Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGP), convirtiéndose en referente para futuras propuestas de gestión y protección municipal.

#### **1.1. Localización**

La zona de estudio está localizada al NW de la provincia Guanentina o Guanentá (Figura 1) específicamente en los alrededores de los municipios de San Gil (Santander) al SW del departamento, delimitada por las coordenadas planas:

1. X: 1'100.000 X: 1'115.000

2. Y: 1'210.000 Y: 1'225.000

Una extensión superficial dentro de la plancha 135 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, que comprende una secuencia de rocas sedimentarias pertenecientes al Cretácico Inferior dispuestas en orden estratigráfico de techo a base: Formación Los Santos, Formación Rosablanca, Formación Paja, Formación Tablazo y la Formación Simití del mapa geológico a escala 1:100.000 (INGEOMINAS, 1985).

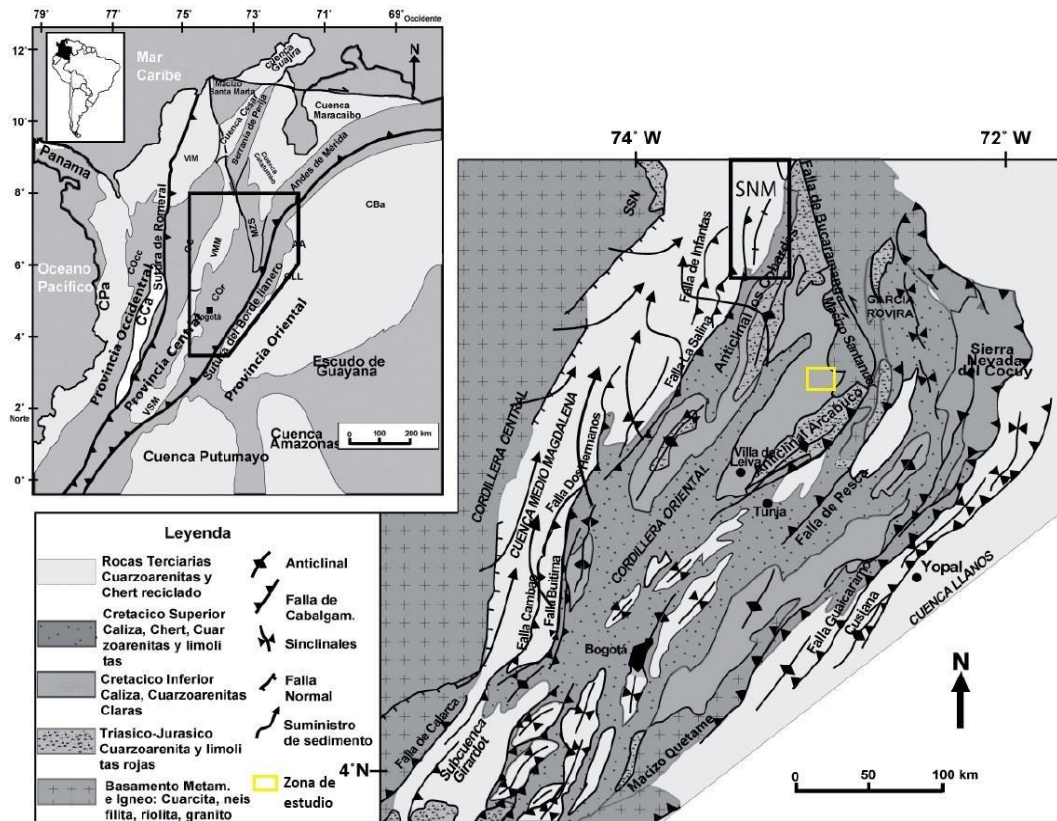
El área se encuentra ubicada en la cordillera oriental (CO) al SW del Macizo de Santander (MS), en el sector de la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) expresando múltiples evidencias geológicas, paleontológicas y geomorfológicas que pueden presentar potenciales Lugares de Interés Geológico (LIG).

## **1.2. Generalidades de la zona de estudio**

San Gil comprende un área de 147.63 km<sup>2</sup>, y se encuentra dividido en 37 veredas y el casco urbano municipal (Apéndice 1) cuenta con 54.687 habitantes según (DANE, 2018) de los cuales el 84% se encuentran en la cabecera municipal y el 16% en el sector rural. Se constituye como uno de los puntos de articulación del departamento debido al alto grado de centralización e influencia territorial, en el año 2004 fue denominado la Capital Turística de Santander lo que consolida su actividad económica principalmente en los sectores del agro en el cultivo de café y caña, el comercio y el turismo.

**Figura 1**

*Esquema del basamento Colombiano que incluye localización de la zona de estudio, el municipio de San Gil y sus áreas aledañas en el recuadro*



Nota. Tomado y modificado de Caballero, et al., (2010).

### 1.3. Planteamiento del problema

Actualmente el municipio de San Gil no dispone de un plan de gestión en el manejo de protección y conservación de sus recursos naturales, al tener en cuenta que sus principales fuentes de desarrollo económico son: la agricultura, ganadería y turismo actividades que involucran el contacto directo con el medio ambiente se genera un impacto negativo sobre este, producto de la escasa divulgación acerca de la correcta utilización de los recursos como consecuencia del desconocimiento de los habitantes por su territorio, lo que suscita en falta de

conciencia para el cuidado y la explotación que puede llegar al deterioro del potencial Patrimonio Geológico y Paleontológico.

Por esta razón se pretende hacer una búsqueda exhaustiva de Lugares de Interés Geológico (LIG) en el municipio de San Gil y zonas aledañas, para poder reconocer todos estos posibles puntos atractivos que permitan generar un proceso con la comunidad de apropiación de conocimiento en relación a la conformación y evolución del paisaje, así como también su adecuado uso para ser contemplado como zona de protección, esto como resultado de un inventariado local que promueva el desarrollo municipal y científico en el área, como parte del aporte al Patrimonio Geológico Nacional.

#### **1.4. Árbol de problemas**

En el proyecto de investigación se plantea un propósito que es el diagnóstico del problema en cuanto a la gestión para la protección y conservación de recursos naturales, por medio de la observación e inventariado de Lugares de Interés Geológico (LIG), que da como resultado un árbol de problemas orientador (Apéndice 2).

## **1.5. Objetivos**

### ***1.5.1. Objetivo General***

Identificar y evaluar los lugares de interés geológico (LIG) en el municipio de San Gil, con la finalidad de elaborar un inventariado local como contribución al patrimonio geológico nacional en el ámbito de la geoconservación, geoeducación y geoética.

### ***1.5.2. Objetivos Específicos***

Establecer la presencia de geotopos de acuerdo con la información bibliografía recopilada previamente, corroborada en el área de estudio.

Cartografiar los potenciales LIG y determinar su utilidad (científico, educativo, cultural y/o recreativo).

Realizar un diagnóstico detallado mediante la Guía “*Metodología de valoración de patrimonio geológico y paleontológico inmueble*” propuesta por el SGC (2018) para cada Lugar de Interés Geológico (LIG).

Promover diferentes estrategias educativas mediante la conformación de espacios de divulgación científica con entidades y organismos pertinentes que incentiven la apropiación del Patrimonio Geológico en términos de conservación y desarrollo.

Elaborar un inventario de los LIG de acuerdo con los lineamientos establecidos por el Decreto 1353 del 2018.

### **1.6. Justificación**

Aunque es bastante notoria la aparición del incremento en el estudio de Patrimonio Geológico solo hace unos pocos años, está es una de las ramas de la geología que se ha contemplado aproximadamente hacia finales de los años 70 con labores realizadas en países de la región europea: Reino Unido, España, Portugal, Francia, Austria, Dinamarca, Finlandia, Irlanda, Noruega y Holanda, como respuesta a la necesidad de generar procesos de concientización de la presencia de un escenario ampliamente geodiverso con el que estamos en constante relación por tanto requiere ser considerado para su conservación. Desde la perspectiva de desarrollo en geoconservación dentro del continente Suramericano distintos países llegaron a conclusión que es de carácter preciso la gestión de actividades en cuanto a la identificación de geotopos o lugares de interés puesto que en la zona occidental se encuentra involucrada la cordillera de los Andes un evento histórico geológico de suma importancia, un museo al aire libre de la geohistoria que permite comprender la disposición de las estructuras que lo conforman razón por la cual se han realizado avances de investigación en Argentina, Brasil, Perú y Ecuador.

Colombia es un país donde las placas tectónicas y la sismicidad son factores determinantes que definen la amplia disposición de la geodiversidad presente, pues las características estructurales son el resultado de complejos procesos tectónicos que afectaron la región nororiente de los Andes (ramificación en 3 secciones: oriental, central y occidental) fundamento de múltiples procesos y accidentes geográficos que conforman parte sustancial del Patrimonio Geológico de la Nación y merecen ser tenidos en cuenta para su preservación, sin embargo, durante mucho tiempo la protección legal de Patrimonio Geológico en Colombia se

ha trabajado de manera indirecta, solo hasta el 2011 el Servicio Geológico Colombiano entra en relación jurídica.

De esta manera es evidente el progreso de las iniciativas académicas en lo que refiere a estudios sobre la identificación y valoración de patrimonio que arrojan como resultado un inventario local para la contribución del Patrimonio Geológico en diferentes partes del territorio. En el departamento de Santander en donde los dominios tectónicos de la cuenca del Valle Medio de Magdalena (VMM) exhiben una valiosa narración geológica para ser explorada y preservada, dicho interés plasmado en proyectos que se han adelantado en municipios de la región: Los Santos, Mogotes, Barichara, Peñón, Zapatoca, Vetas y la iniciativa del Geoparque Cañón del Chicamocha.

El municipio de San Gil se encuentra al noroeste del departamento de Santander y es la capital de la provincia Guanentá que está conformada junto con otros diecisiete (17) municipios aledaños, la disposición geomorfológica del área es tan relevante que existe una relación directa del Río Fonce con la estructuración del crecimiento municipal; también es considerado la capital turística del departamento según la ordenanza departamental No 034 de 2004 por lo que se convierte en un campo de estudio potencial para ser intervenido en el área de conservación y desarrollo por su amplia gama natural y paisajística.

Según lo establecido por el Decreto 1353 de 2018 con la autorización explícita del Servicio Geológico Colombiano junto con entidades académicas e instituciones de orden internacional se obtuvo la propuesta “Metodología de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico de inmueble” debido a la inexistencia de una normatividad sobre el manejo y

protección de dichos recursos, esto como una herramienta que pretende regular la gestión integral del significado geológico del territorio para su resguardo y aprovechamiento.

La localización geográfica del territorio colombiano es un factor determinante en cuanto al favorecimiento de la biodiversidad presente, en concordancia con su amplia geodiversidad, puesto que, el territorio nacional cuenta con toda una gama de recursos minero-energéticos, gran variedad rocas de diferente origen y composición, geoformas asociadas a procesos volcánicos, kársticos, glaciales y costeros entre otros, así como numerosos yacimientos fósiles (SGC, 2018). Toda esta heterogeneidad de procesos y productos geológicos constituyen una parte sustancial del Patrimonio Natural de la Nación y por consiguiente la necesidad de ser considerados para su protección como parte de un desarrollo que permita preservar estos escenarios para su aprovechamiento científico, educativo, cultural y/o recreativo.

## **2. Metodología**

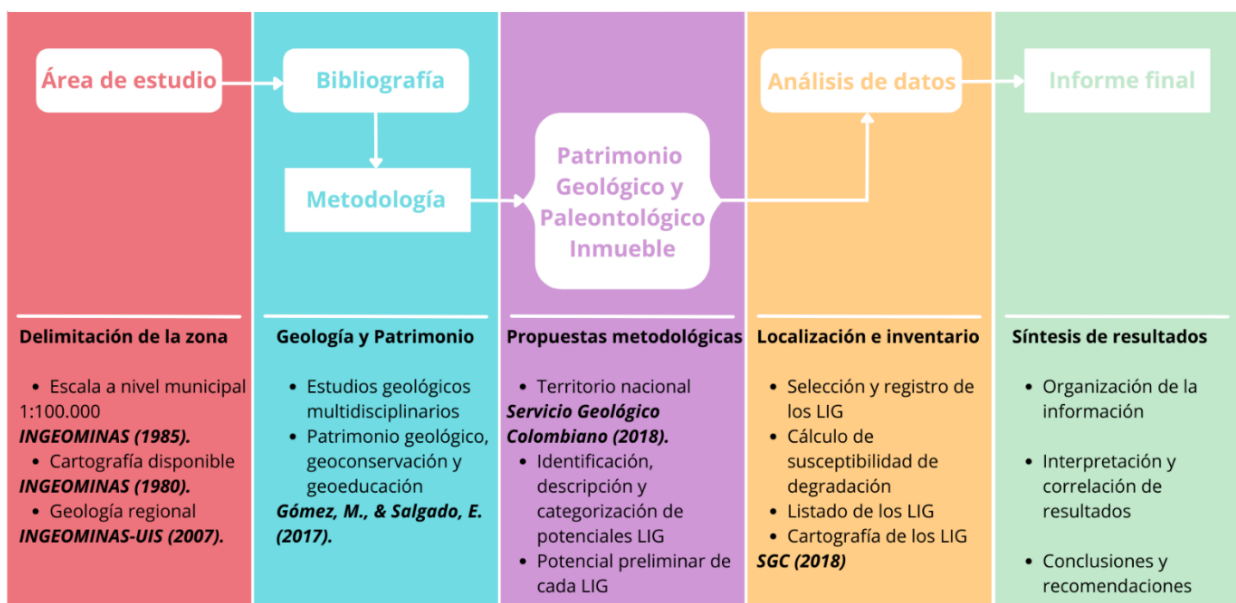
El proyecto de investigación se llevó a cabo mediante cinco fases metodológicas (Figura 2), en (1) primera instancia se ejecutó la selección del área de estudio al delimitar el casco urbano y rural del municipio; (2) posteriormente, se realizó la recopilación bibliográfica de la temática de interés a desarrollar, así como también la elección de la metodología de valoración a utilizar para la respectiva evaluación de cada geotopo.

Una vez obtenida la información correspondiente y un terreno para su aplicación se procede a (3) la tercera etapa, la cual comprende la identificación, descripción y categorización de los preliminares Lugares de Interés Geológico (LIG) para luego iniciar la (4) penúltima fase, lo que concierne al registro, listado y cartografía de cada uno de ellos junto con el análisis de

los resultados obtenidos a fin de establecer su potencial en la región y el grado de susceptibilidad, para (5) finalmente la elaboración del informe final donde se consigna la pretensión global del presente estudio.

**Figura 2**

*Esquema de la metodología del proyecto de investigación*



### 2.1. Selección del área de estudio

La selección del municipio de San Gil como zona de investigación nace a partir de la necesidad de implementar un registro del patrimonio con el que cuenta la región, su importancia de conservación y correcta utilización, puesto que el municipio es considerado la capital turística del departamento, por tanto, presenta una gran influencia e impacto a nivel económico, ambiental, cultural y social. Sin embargo, como se ha trabajado tanto en el entorno nacional como el local se ha presentado mayor interés por el patrimonio histórico y natural (Galvis-Muñoz, M. A, et al, 2016 & Ramírez, A, 2019). La zona nororiental de la provincia posee implicaciones geológicas de interés que se evidencian en publicaciones enfocadas en

disciplinas geológicas, tales como: caracterización estratigrafía (Moreno, G., & Sarmiento, G. 2002; Castellano, J., & Gutiérrez, D. 2006), ambientes con potencial kársticos (Galvis, M. 2018), geoespeleología (Manco Jaraba, D. C., & Valdivieso, G. 2018; Acero, D., Velandia, F., & Ramírez, J. 2007) y estudios con fines hidrogeológicos (INGEOMINAS-UIS, 2007).

Correspondientemente para la delimitación del área se revisa la cartografía disponible: el mapa geológico escala 1:100.000 (INGEOMINAS, 1985), el plan de ordenamiento territorial del municipio (Alcaldía de San Gil, 2020) y el mapa de ecosistemas y áreas protegidas del departamento de Santander (Corporación Autónoma Regional de Santander, 2016); en cuanto a la geomorfología base se tuvo en cuenta a partir de imágenes satelitales obtenidas por Google Earth, que permitieron un acercamiento previo a la morfología de la zona con el respaldo de las unidades geomorfológicas del territorio Colombiano (IDEAM, 2007).

## **2.2. Recopilación bibliográfica**

Durante este periodo se realizó la investigación exhaustiva necesaria sobre los antecedentes en cuanto aspectos geológicos y estructurales de la región al NW de la provincia Guanentá en el municipio de San Gil, los diferentes proyectos y planes desarrollados en la zona estudio, junto con datos relevantes de diferentes fuentes bibliográficas internacionales y nacionales en temáticas de patrimonio geológico, geoconservación, geoeducación y geoética, para así estar al tanto de las ideas propuestas, los procesos aplicados, su propósito y la terminología implementada. Este compendio de información precursor para el cumplimiento del objetivo general del proyecto de investigación, la identificación de Lugares de Interés Geológico (LIG), pues favorece la adecuada selección de la metodología a utilizar para el área dentro del territorio colombiano.

### ***2.2.1. Estudios geológicos multidisciplinarios en la zona***

A grandes rasgos esta etapa consiste en recopilar información geológica disponible de diferentes proyectos de investigación (salidas de campo, guías, revistas y catálogos) que en su mayoría han trabajado en secuencias de depositación sedimentaria predominando el material in situ, así como también, la influencia tectónica que afecta el departamento de Santander convirtiéndolo en el segundo nido sísmico con mayor actividad del planeta. Son estos algunos de los aspectos claves para tener en cuenta al momento de incentivar con toda esta información interrelacionada, un papel indagatorio de lo que existe en el territorio, su evolución y mecánica geológica, tomados como referente para encontrar las rutas de conocimiento que permitan hacer de los lugares elegidos atractivos o de interés

Se consideraron cerca de 128 documentos de los cuales incluyen tesis de investigación (20), guías e inventarios (27) acerca de patrimonio geológico, artículos científicos multidisciplinarios (32) específicamente los aspectos de la geología regional y en temáticas de geoconservación, geoeducación y geoética, y otros documentos oficiales (49) nacionales e internacionales.

### ***2.2.2. Propuestas en relación con Patrimonio Geológico y Paleontológico***

Al considerar que la identificación de los Lugares de Interés Geológico (LIG) concierne de una Valoración Científico/Patrimonial fue de suma importancia documentar las diferentes propuestas de valoración (locales e internacionales), además de su respectiva aplicación y manejo en cuanto a los temas de ética, conservación y educación. En esta etapa de recolección se revisaron alrededor de 94 textos, diferentes guías o parámetros para la metodología de valoración de Patrimonio Geológico (27), algunas propuestas de inventariado e identificación

de Patrimonio Geológico a nivel nacional e internacional (20), adicionalmente (47) documentos en cuestión de geoética, geoconservación y geoeducación.

### **2.3. Aplicación metodológica**

A partir de la información que ha sido revisada en la sección anteriormente nombrada y se tienen en cuenta los distintos tipos de inventario de patrimonio adoptados principalmente por la Unión Europea y en el continente Latinoamericano, se procede a la selección de una metodología adecuada para propiciar una estandarización que permita un acoplamiento homogéneo de datos y se ajuste a las condiciones territoriales. Se selecciona la propuesta por el Servicio Geológico Colombiano plasmada en la Guía “Metodología de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble” Versión:2; Código:GU-GEO-MVP-001, de conformidad con lo señalado en el Decreto 1353 del 2018 para la región de Colombia.

En este lapso temporal dentro del proyecto de investigación se tienen en cuenta aspectos previos a la trascendencia geológica y paleontológica para el registro de los sitios de interés geológico, así como los parámetros necesarios para la realización de un análisis integral de estos mismos (Apéndice 3), todo con la finalidad de fomentar su protección y aprovechamiento al acatar la orientación propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2018).

#### ***2.3.1. Propuestas metodológicas para la valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico***

A partir de la información revisada en fuentes bibliográficas en lo que refiere a los estudios aplicados en materia dentro del territorio colombiano, en consecuencia a la carencia de una reglamentación clara y definida, se ha implementado el uso de la metodología propuesta y sus actualizaciones por García y Carcavilla, (2009, 2013). En el caso del continente europeo, en donde

se ha avanzado a pasos agigantados el reconocimiento e importancia de escenarios dignos de una preservación patrimonial geológica, la mayoría de los países cuentan con su propia metodología acorde con las condiciones geográficas y medioambientales de cada región. Colombia para el año 2018, comprende el valor de su riqueza geológica y comienza a desarrollar herramientas para la buena gestión de estos escenarios mediante figuras soportadas por el Servicio Geológico Colombiano.

Se tiene en cuenta que la investigación geocientífica está constituida en parte por un componente fundamental base para la cocreación de conocimiento, que es el trabajo de observación en campo, se procede previamente a la revisión de las propuestas existentes para el registro del patrimonio geológico y paleontológico a lo largo del tiempo en diferentes territorios, con la intención de obtener los criterios necesarios para así realizar la respectiva identificación, localización y clasificación de los posibles Lugares de Interés Geológico (LIG).

**2.3.1.1. Identificación, descripción y categorización de potenciales LIG.** Al tener la información en esta fase, se procede a corroborar e identificar cada Lugar de Interés Geológico (LIG) por medio del establecimiento de una indagatoria con 22 parámetros a destacar según la Guía: Versión: 2-CODIGO: GU-GEO-MVP-001 del SGC, 2018, apoyada de la bibliografía previamente recopilada que facilita la descripción y categorización, de acuerdo con el área de interés de cada uno de ellos (Apéndice 4). Conforme a lo encontrado dentro de la zona de estudio, el enfoque principal en materia de investigación geológica hace referencia principalmente a la geología evolutiva, geomorfología, geología ambiental, tectónica e hidrogeología. Es por esto, se prefiere un conjunto de profesionales (2 profesionales en función de director/codirector) que conozcan al respecto de las disciplinas prevalentes, así mismo, que comprendan la repercusión del Patrimonio Geológico y Geoconservación en el desarrollo del mundo actual.

Se analiza y agrupa la recopilación de material obtenida, al establecer un listado potencial de preliminares Lugares de Interés Geológico (LIG) que correlacionados con el bibliográfico podrían categorizarse o entrar dentro de una categoría declaratoria como Bienes de Interés Geológico y Paleontológico inmuebles pertenecientes a una Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGP), con base en la Metodología de Valoración Inmueble aportada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el trabajo de Brilha (2016).

**2.3.1.2. Potencial preliminar de cada LIG.** Una vez se obtiene el listado de los preliminares Lugares de Interés Geológico (LIG) a visitar, se compagina con la información y estudios bibliográficos en la zona. Un listado preliminar con los sitios de interés ligado a la bibliografía, es una herramienta clave para verificar cada lugar y hacer la respectiva evaluación de cada LIG mediante una ficha introductoria descriptiva de su potencialidad (Figura 3); en consecuencia, se obtiene un inventario preliminar de los potenciales Lugares de Interés Geológico (Tabla 1), con el análisis integral proporcionado por el SGC (2018) que enfatiza en la utilización únicamente de los parámetros (del I al VIII) en la guía metodológica de valoración para el cálculo del valor científico/patrimonial, el estado del lugar y su gestión en cuanto al aprovechamiento.



Posteriormente se procede a visitar cada LIG de los previamente enunciados para su respectivo avalúo, como de la misma manera complementar ciertos elementos de la ficha que solamente pueden ser determinados in situ.

**Tabla 1**

*Listado de potenciales preliminares Lugares de Interés Geológico (LIG)*

---

**LISTADO DE POTENCIALES PRELIMINARES LIG**

<b>1</b>	Cascada Afrodita	<b>9</b>	Georuta las Antenas
<b>2</b>	Cascada el Golondrino	<b>10</b>	Georuta el Jobito
<b>3</b>	Sistema de cascadas la Milagrosa	<b>11</b>	Georuta los Pozos
<b>4</b>	Cañón las Lajas	<b>12</b>	Mirador Rocambolesco
<b>5</b>	Cañón Río Mogoticos	<b>13</b>	Mirador el Peñón
<b>6</b>	Cerro de la Cruz	<b>14</b>	Parque Gallineral
<b>7</b>	Cerro de la Gruta	<b>15</b>	Parque Ragonessi
<b>8</b>	Cueva Antigua		


---

### ***2.3.2. Valoración propuesta para el Territorio Colombiano***

Una vez se consigue la lista preliminar de los lugares de interés a visitar en campaña de campo para verificar la información preexistente recopilada, como también aplicar el formato de valoración (Figura 4) resultado de las indicaciones proporcionadas por la guía; Para fines del presente proyecto de investigación, se selecciona la propuesta por el Servicio Geológico Colombiano plasmada en la Guía “Metodología de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble” Versión:2; Código:GU-GEO-MVP-001, de conformidad con lo señalado por el Decreto 1353 del 2018 para el área que geográficamente corresponde a Colombia.

Figura 4

Formato de valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble



**FORMATO DE VALORACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO INMUEBLE**

Lugar de interés geológico (LIG) N° 0000

Área interés

Nombre

Descripción

Ubicación X Y Z

Valor científico/patrimonial

Valor educativo

Valor cultural

Susceptibilidad degradación NATURAL ANTRÓPICA

Riesgo degradación NATURAL ANTRÓPICA

Prioridad de protección ALTA MEDIA BAJA NULA

Valoración científico/patrimonial

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	Puntos			
I Representatividad	0	1	2	4
II Carácter de localidad de referencia	0	1	2	4
III Grado de conocimiento científico	0	1	2	4
IV Potencial de investigación geocientífico	0	1	2	4
V Estado de conservación	0	1	2	4
VI Condiciones de uso	0	1	2	4
VII Raridad	0	1	2	4
VIII Diversidad geológica	0	1	2	4
IX Potencial/uso didáctico	0	1	2	4
X Infraestructura logística	0	1	2	4
XI Densidad de población	0	1	2	4
XII Accesibilidad	0	1	2	4
XIII Espectacularidad o belleza	0	1	2	4
XIV Tamaño	0	1	2	4
XV Resistencia a la degradación	0	1	2	4
XVI Uso tradicional	0	1	2	4
XVII Simbolismo	0	1	2	4
XVIII Asociación patrimonio natural y/o cultural	0	1	2	4
XIX Potencial/uso divulgativo	0	1	2	4
XX Turismo y actividades recreativas	0	1	2	4
XXI Entorno socioeconómico	0	1	2	4
XXII Proximidad a zonas recreativas	0	1	2	4

Susceptibilidad Degradación Natural

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	Puntos			
Tamaño	10/400	6/400	3/400	1/400
Fragilidad	1	5	10	20
Amenazas naturales	1	5	10	20

Susceptibilidad Degradación Antrópica

PARÁMETROS DE VALORACIÓN	Puntos			
Interés para la explotación minera/captación de agua	0	1	2	4
Vulnerabilidad al explosivo	0	1	2	4
Proximidad a infraestructuras	0	1	2	4
Accesibilidad	0	1	2	4
Titularidad del suelo y régimen de acceso	0	1	2	4
Régimen de protección del lugar	0	1	2	4
Protección física y/o indirecta	0	1	2	4
Densidad de población	0	1	2	4
Proximidad a zonas recreativas	0	1	2	4

Nota: El presente formulario se realizó siguiendo las directrices plasmadas en la Guía "Metodología de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble" Versión:2; Código:GU-GE0-MVP-001, de conformidad con lo señalado en el Decreto 1353 del 2018 para la región de Colombia.

**2.3.2.1. Etapa de exploración de potenciales Lugares de Interés Geológico.** Al tener de referencia la Tabla 1, el listado proporcionado en el inciso 2.3.1.2 donde se encuentran los potenciales preliminares Lugares de Interés Geológico (LIG), se procede a visitar y realizar la etapa de exploración donde inicialmente con el suministro de las fichas introductorias se analizan las condiciones espaciales de ingreso a cada sitio de interés a tener en cuenta de acuerdo con las condiciones espaciotemporales y de presupuesto del proyecto. Así mismo, reafirmar y completar la información complementaria de las fichas introductorias como en los siguientes aspectos: la localización o georreferenciación al utilizar el Sistema de Coordenadas MAGNA-SIRGAS adoptado por Colombia a partir de la Resolución 068 del 2005 como datum oficial (se toma como referencia sin diferenciación de sus dimensiones un único punto representativo por cada LIG), datos en relación con su accesibilidad (descripción, tiempo estimado de recorrido, permisibilidad de acceso, etc.), su estado de conservación, manejo y gestión. Para finalmente, proceder al respectivo registro fotográfico de cada LIG y expresamente las características a resaltar o de interés a representar en cada lugar.

**2.3.2.2. Identificación y descripción de potenciales Lugares de Interés Geológico.** Al encontrarnos in situ en el lugar, esta etapa del proyecto de investigación pretende identificar aquellos aspectos que lo convierten en un lugar de valor científico/patrimonial y por consiguiente cumple con los requisitos pertinentes para ser catalogado como posible Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGP). Por esto, consignamos la información pertinente observada en campo que posteriormente será corroborada con la bibliografía, se realiza la descripción detallada de la geología de la zona y registran las peculiaridades a destacar según lo observado en la bitácora de campo, como aspectos indispensables para el cálculo de potencialidad científica, educativa o cultural.

Como también, a forma de integrar parte de la ficha descriptiva se deja disponible un apartado de anexos donde se puede consignar cualquier tipo de conocimiento litológico o morfoestructural de la zona (ilustraciones, bosquejos, descripciones, columnas estratigráficas generalizadas, etc.), además de cualquier información extra que se considere relevante del Lugar de Interés Geológico (LIG) que permita establecer su utilidad.

**2.3.2.3. Valoración de los potenciales Lugares de Interés Geológico.** Una vez listo el compendio de información recolectada en campo se valoran los 25 lugares preliminares potenciales de interés al contemplar ciertos parámetros para cada uno de ellos y así establecer cada posible valor científico, educativo y/o cultural; los parámetros utilizados para evaluar el valor científico (parámetros I, II, III, IV, V, VI, VII y VIII), el valor educativo (parámetros I, II, V, VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII y XIV) y el valor cultural (parámetros VI, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX, XX, XXI y XXII) conforme a la guía de valoración tomada como referencia expuesta por el Servicio Geológico Colombiano, 2018.

Primeramente, se realiza la respectiva calificación de los parámetros al asignar una notación por cada cierto indicador de (0-4 puntos) de acuerdo con lo presentado en el Apéndice 5, este valor será multiplicado por el peso porcentual de cada parámetro acorde con lo señalado en el Apéndice 6 y a su vez se divide la suma total de la ponderación obtenida entre 40 que arrojará el potencial de utilidad de cada LIG. Con la generación de un Formato de Valoración del Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble resultado del presente proyecto de investigación por cada uno de estos, donde al aplicar dicho formato además de saber el valor potencial y su utilidad podemos categorizar los geotopos según su valor en muy alto, alto, medio y bajo; Así establecer conceptualmente los determinados con un valor científico/patrimonial igual o menor a 7,5 como susceptibles a declaratoria como bienes de interés geológico y paleontológico inmuebles según los parámetros e indicadores propuestos por el SGC (2018).

Este proceso dio como resultado el descarte de cuatro lugares preliminarmente de interés debido a que carecen de soporte científico, otros fueron asociados a las georutas propuestas como el caso de los Miradores (Antenas, Jobito y los Pozos). Se evaluaron exclusivamente 15 geotopos

considerando las características para representar potencialmente rasgos y/o procesos geológicos. Y donde finalmente se da lugar a los parámetros en relación con la susceptibilidad de degradación Natural/Antrópica ( $S_{DN}/S_{DA}$ ) y la estimación de la prioridad de protección ( $R_{DA}$ ).

### ***2.3.3. Selección final de Lugares de Interés Geológico***

Ya con toda la información hasta el momento recopilada, se evalúan los parámetros e indicadores para cada LIG conforme a la metodología sugerida por el SGC (2018) con la propuesta de recomendaciones específicas como la exclusión de lugares con un valor bajo inferior a 3,3 (puesto que cada uno de los valores calculados tendrá un valor dentro de un rango de referencia de 0-10). Algunos otros aspectos para tener en cuenta al momento de la precisa selección de los Lugares de Interés Geológico (LIG) podrían ser:

En el caso de obtener un valor significativo educacional no únicamente se tendrá en cuenta la calificación obtenida, si no que se considerarán características adicionales a este como la disposición de los elementos geológicos representativos o disciplinas geológicas a desarrollar presentes en el área como herramientas pedagógicas que permitan catalogarlo como un lugar de utilidad para tal fin. Así mismo, con los determinados como de valor científico es necesario realizar énfasis en los componentes de la geodiversidad que en ellos se expresan como geoindicadores de procesos geológicos u ocurrencias litológicas para su uso investigativo.

De esta manera, conseguimos un listado final de los LIG con los sitios previamente examinados con las recomendaciones sugeridas donde en forma de columnas para simplificar su identificación se enlistará nombre, código y la valoración de la potencialidad/uso de cada uno de estos. En cuanto, a la codificación se tendrá en consideración un código de cuatro dígitos el cual

inicialmente tendrá dos letras capitales “SG” en referencia al nombre del municipio en estudio y contiguamente la enumeración (01-99) pertinente de cada lugar, además en caso de presentar rasgos a resaltar o diferenciar se pondrá por añadidura un inciso (a, b, c...) que a su vez será descrito de manera individual en un respectivo formato de valoración.

**2.3.3.1. Cálculo de Valor Patrimonial.** Como ha sido mencionado anteriormente el cálculo del valor patrimonial es análogo al resultado del valor científico y se obtiene al multiplicar el número de puntos asignados por el calificador en el presente caso (autora), por el peso porcentual de cada uno de los parámetros y finalmente se divide la operación previamente mencionada por 40, de conformidad con las siguientes ecuaciones se obtiene el potencial de utilidad por cada tipología:

$$\text{Valor científico } (V_C) = \frac{25(R) + 15(K + A) + 10(L + P + C + D) + 5(U)}{40}$$

$$\text{Valor educativo } (V_E) = \frac{20(Pd) + 15(Ac) + 10(U + D + IL) + 5(R + L + C + A + Dp + B + T)}{40}$$

**Valor cultural** ( $V_R$ )

$$= \frac{15(S + Pdv) + 10(B + Ut) + 5(U + IL + Dp + Ac + T + Re + NC + Tr + Es + Zr)}{40}$$

**Valor patrimonial** ( $V_P$ ) = **Valor científico** ( $V_C$ )

*Nota.* Cada uno de los valores calculados tiene un rango entre 0 y 10. El valor patrimonial se limita únicamente para el área de las geociencias.

**2.3.3.2. Clasificación de acuerdo su valor.** Con los resultados calculados en el inciso anterior después de realizar la respectiva agrupación de los lugares en los tres conjuntos categóricos, se definen los geotopos aptos para ser clasificados como de valor Muy alto, Alto, Medio y Bajo de acuerdo con el grado de importancia de cada uno de estos:

<b>Geotopo de valor Muy Alto</b>	$V \geq 7,5$
<b>Geotopo de valor Alto</b>	$6,5 \leq V < 7,5$
<b>Geotopo de valor Medio</b>	$3,3 \leq V < 6,5$
<b>Geotopo de valor Bajo</b>	$V < 3,3$

Los geotopos conceptuados dentro de la categoría científico/patrimonial serán objeto de estudio en los escenarios jurídicos/administrativos contenidos en el Decreto 1353 del 2018 para ser declarados bien inmueble y hacer parte del Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP), además pertenecientes a una Zona de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGP). Los catalogados como de valor patrimonial y con una puntuación igual o superior a 7,5 podrán ser susceptibles a consideración de relevancia o correlación científica mundial por soportar la información geológica que pueda ser de observación geocientífica por las ramas multidisciplinarias de la geología, como los eventos o procesos geológicos intrínsecos de la historia y evolución del planeta Tierra, como también del origen y desarrollo de la vida en él. Con todo esto, de ser posible ser presentados como candidatos a “geositios” en orientación con expertos nacionales/internacionales que avalen dicha propuesta.

Los geotopos que, aunque con un valor patrimonial muy alto, alto y medio, no se incluyan dentro del inventario nacional como bienes inmuebles, sin embargo, hacen parte de una zona de protección harán parte de una memoria registro generalizada de geotopos puesta a disposición como recurso para futuras investigaciones científicas. Mientras que los contemplados como de valor educativo y cultural, podrán ser considerados para futuros planes de gestión y desarrollo, infraestructura logística, actividades educativas, turísticas y recreativas, entre otras cosas.

**2.3.3.3. Cálculo de Susceptibilidad de Degradación Natural ( $S_{DN}$ ) / Antrópica ( $S_{DA}$ ) y**

**Prioridad de Protección.** Una vez ya categorizado cada Lugar de Interés Geológico (LIG) en su respectiva agrupación dentro del nivel científico, educativo y/o cultural, se incluye también su grado de relevancia dentro del conjunto (Muy alto, alto, medio y bajo) se considera necesario para garantizar su protección y canales de preservación, del cálculo de la susceptibilidad de degradación tanto de procesos naturales como de procesos antrópicos: que por parte de los primeramente mencionados serán evaluados mediante la multiplicación de tres parámetros, mientras que los segundos por la ponderación de nueve criterios indicados en la Figura 4 con su descripción y puntuación.

Por último, se efectúa el cálculo del riesgo de degradación para posteriormente estimar la prioridad de protección de cada geotopo al seguir las pautas proporcionadas por el SGC, 2018; enunciados fuertemente ligados, puesto que la necesidad de proteger el lugar de interés se deriva de la puntuación obtenida por la medición del riesgo de degradación.

**2.3.3.4. Cálculo de la susceptibilidad de degradación natural ( $S_{DN}$ ).** El cálculo de la susceptibilidad de degradación natural ( $S_{DN}$ ) estará determinado por el producto de tres criterios propios del geotopo los cuales son su Tamaño (T), Fragilidad (F) y Amenazas Naturales (An):

$$S_{DN} = T \times F \times An$$

El resultado tendrá valores en un rango de 0-10 según lo indicado en la guía de valoración seleccionada propuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2018).

**2.3.3.5. Cálculo de la susceptibilidad de degradación antrópica ( $S_{DA}$ ).** Para valorar la susceptibilidad de degradación antrópica ( $S_{DA}$ ) se asignarán pesos porcentuales (Apéndice

7) a cada uno de los criterios de evaluación que consecuentemente serán manipulados como se representa en la siguiente ecuación:

$$S_{DA} = T[25(MH + Ex) + 15(Urb) + 10(Ac) + 5(Ts + Rp + Pf + Dp + Zr)]$$

*Nota.* Donde MH: Interés para la explotación minera o para la captación de agua; Ex: Vulnerabilidad al expolio; Urb: Proximidad a infraestructuras; Ac: Accesibilidad; Ts: Titularidad del suelo y régimen de acceso; Rp: Régimen de protección del lugar; Pf: Protección física y/o indirecta; Dp: Densidad de población y Zr: Proximidad a zonas recreativas.

#### 2.3.3.6. Cálculo del riesgo de degradación ( $R_D$ ) y estimación de la prioridad de

**protección.** La prioridad de protección será establecida de acuerdo con cada categoría de interés a la cual haya sido asignado cada geotopo y después de haber sido calculada la susceptibilidad de degradación, ya que estará sujeta a las siguientes variables:

- Valor científico del geotopo ( $V_C$ )
- Valor educativo del geotopo ( $V_E$ )
- Valor cultural del geotopo ( $V_R$ )
- Susceptibilidad de degradación natural ( $S_{DN}$ )
- Susceptibilidad de degradación antrópica ( $S_{DA}$ )

El riesgo de degradación será definido por la multiplicación de la susceptibilidad de degradación ( $S_D$ ) por el valor del geotopo ( $V$ ), donde discernimos entre el riesgo de degradación por causas naturales ( $R_{DN}$ ) y el riesgo por causales antrópicas ( $R_{DA}$ ) como lo exhibido en el Apéndice 7. La apreciación de la necesidad de salvaguardar cada Lugar de Interés Geológico (LIG) se basará en el riesgo de degradación antrópica, según lo expuesto en la siguiente tabla (Tabla 2):

**Tabla 2**

*Grado del riesgo de degradación utilizado para determinar la prioridad de protección*

NECESIDAD/PRIORIDAD DE PROTECCIÓN	$R_{DA}$
Alta (medidas de geoconservación urgentes)	Sí $R_{DA} > 6,66$
Media (medidas de geoconservación a corto plazo)	$3,33 \leq R_{DA} \leq 6,66$
Baja (medidas de geoconservación a medio o largo plazo)	$1 \leq R_{DA} < 3,33$
Nula (medidas de geoconservación innecesarias)	No significativo sí $R_{DA} < 1$

**2.4. Análisis de resultados.**

Fundamentados en los precedentes mencionados con anterioridad, se analizarán los resultados obtenidos para próximamente realizar la cartografía al atender criterios geológicos en función de la naturaleza de los geotopos: en donde algunos inventarios definen dos tipos de puntos de interés en función de si se trata de elementos físicos (afloramientos, formas del terreno, yacimientos, etc.) o de lugares en los que ocurren determinados procesos geológicos (Carcavilla, et al, 2007). Se desarrolla la cartografía de los LIG en ortoimágenes y sobre el mapa topográfico al englobar los siguientes criterios: el dominio geológico al que pertenecen, las unidades geológicas en las que se encuentran delimitados y su utilidad principal.

Así mismo, para facilitar su identificación y legibilidad en el mapa se utiliza exclusivamente la codificación planteada cuyo nombre podrá ser conseguido en la tabla de inventario adjunta.

**2.5. Elaboración del informe final.**

Finalmente, en esta etapa se reúne toda la información adquirida en trabajo de campo que posteriormente fue examinada e interpretada en trabajo de oficina en motivación para la elaboración del informe final con la integración del tratamiento de datos obtenidos, y a su vez la deducción de las conclusiones y sugerencias consecuencia de las actividades realizadas.

### **3. Antecedentes y Marco Teórico**

#### **3.1. Antecedentes sobre el estudio Patrimonio Geológico y Geoconservación en Colombia**

En las últimas décadas se ha observado un creciente interés mundial por la conservación del patrimonio geológico, anteriormente solo se pensaba en la conservación del patrimonio cultural, de la flora y de la fauna; en Europa se creó en 1988 la Asociación Europea para la Conservación del Patrimonio Geológico (proGEO, 1999), catalogándose Gran Bretaña país pionero en este campo de investigación. En 1991, se llevó a cabo el primer Simposio Internacional sobre la Protección del Patrimonio Geológico en Digne (Francia) donde se elaboró la Declaración Internacional de los Derechos de la Tierra, que en 9 apartados destacó como el Patrimonio Geológico se encuentra estrechamente ligado a la humanidad y su evolución. Sin embargo, pese a que desde el año 1948 cuando el reconocimiento e importancia de la conservación del medio natural con el que constantemente estamos en contacto y en el cual nos desarrollamos, se creó la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), pero solamente hasta 1972 la UNESCO dentro del marco de la Primera Convención sobre la Protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural de la UNESCO (UNESCO, 1972,1999) las formaciones geológicas son consideradas como elementos inherentes del patrimonio natural, aun así sólo hasta 2020 la IUCN que tenía su foco de centralización en el aspecto biológico, crea Guidelines for Geoconservation in Protected and Conserved Areas (Crofts, et al., 2020). Y aunque constantemente se realicen tanto programas como actualizaciones en lo competente a Patrimonio Geológico y Geoconservación, se visualiza un panorama exclusivamente a factores bióticos de modo que se exceptúa el papel trascendental e influencia que tiene la geodiversidad en la formación de las características del paisaje, las formas del relieve, el clima, la flora, la fauna, la economía y la cultura.

Colombia ha sido considerado como el lugar en el mundo con mayor biodiversidad por  $\text{km}^2$  (World Wildlife Fund, 2017), en otras palabras, a escala global el territorio colombiano es consagrado como el país que tiene mayor diversidad biológica; dicha riqueza natural se encuentra protegida mediante figuras de protección como los Parques Nacionales Naturales (PNN) y áreas protegidas que actualmente cuentan con una extensión de  $314.084 \text{ km}^2$  distribuidos en 1343 áreas (PNN, 2020). Aunque todo el amparo desde una perspectiva biológica, como ha sido mencionado de manera introductoria en el presente capítulo, la omisión ha ocasionado que la geodiversidad se incluya en la gerencia de la geoconservación en Colombia, la misma que se remonta a finales del siglo XX con la labor de Margaret Mercado geóloga del entonces Instituto Colombiano de Geología y Minería quien planteó por primera vez el concepto de Patrimonio Geológico en el país, así como las bases para la realización de un inventario de sitios con potencial para ser declarados parte del Patrimonio Geológico colombiano (Vargas, 2018).

En Colombia, los estudios acerca de inventario y patrimonio geológico tomaron auge a partir del 2001 en el departamento de Santander aplicado a la geomorfología glacial del municipio de Vetás (Colegial, J. D., Piscioti, G., & Uribe, E, 2002), como también aportes en la región del Eje Cafetero en el departamento de Caldas (Betancurth, L, 2003) y una recopilación de algunas recomendaciones de sitios de interés con potencial geológico en la nación (Molina, J., & Mercado, M, 2003), sin embargo, en el año 2002 un proceso de excavación en la mina de carbón a cielo abierto El Cerrejón al norte del país en el departamento de la Guajira expuso restos fósiles de una Titanoboa, según lo indicado por el Geólogo Edwin Cadena los fósiles se colectaron dentro de actividades conjuntas entre la Universidad de Florida (UF), Florida Museum of Natural History Vertebrate Paleontology Collections, (Gainesville, FL) y Museo Geológico, Instituto Nacional de

Investigaciones en Geociencias, Minería y Química, Bogotá, Colombia (IGM, INGEOMINAS, ahora Servicio Geológico Colombiano (SGC)). Todo el material holotipo de *Titanoboa* se encuentra en el Museo Nacional José Royo y Gómez, SGC (Bogotá), y poco a poco se ha trabajado en conjunto con el SGC para retornar progresivamente absolutamente todo el material a Colombia (E. Cadena, comunicación personal, 26 de noviembre de 2021) pues estos restos fueron sacados del país, debido a que en ese entonces en Colombia no existía una normatividad sobre el manejo paleontológico y tampoco personal experto para su tratamiento, lo que evidencia la necesidad no sólo de reglamentar en el país el registro oficial de patrimonio geológico, sino también formular una ley que permita protegerlo.

Cadena hace claridad en que los fósiles salieron con todos los permisos respectivos por parte del INGEOMINAS (actual SGC) y hubo varias razones para su salida, en primera instancia, en décadas pasadas la capacidad de preparación y estudio apropiado de fósiles en Colombia era muy limitada y de hecho actualmente lo es, no se cuenta con un Micro o Nano CT, por ejemplo, la Universidad Industrial de Santander (UIS) tiene un tomógrafo para investigación, pero aun así no da la resolución que se necesita para hacer estudios de paleontología avanzados, además en la década de 2000 solo existían tomógrafos en los hospitales, por ello se consideró que la colección e infraestructura del Florida Museum of Natural History permitía poder realizar investigaciones y preservar el material mientras Colombia pudiese tener las condiciones ideales para su preservación y exhibición. Como segundo aspecto a resaltar se carecía de infraestructura para albergar en condiciones ideales una colección de esas proporciones (ni ICP, ni INGEOMINAS, ni UIS, ni UNAL, ni nadie tenía la capacidad de poder preparar y almacenar todo el material con estándares internacionales de curación), por ello, se hizo el asocio UF/IGM para tener los fósiles en calidad

de préstamo para ser estudiados y repatriados progresivamente en la medida que se pueda garantizar las condiciones requeridas de curación y preservación, algo en lo cual se ha trabajado de la mano con el SGC, por último, en ese momento Colombia carecía de una normativa específica para el Patrimonio Geológico y Paleontológico, y por ello el procedimiento se hizo bajo lo que existía en ese momento que era con los permisos por parte del INGEOMINAS (E. Cadena, comunicación personal, 26 de noviembre de 2021).

Por lo que el Servicio Geológico Colombiano (SGC) casi después de más de dos décadas en avances dentro del estudio y preservación del Patrimonio Geológico determina la evaluación de este en Colombia de manera oficial mediante el Decreto 1353 del 2018 que busca regular la gestión integral del Patrimonio Geológico y Paleontológico de la Nación y entre sus objetivos se encuentra la elaboración de un inventario nacional donde hasta el momento solo ha cubierto el dominio de la Cordillera Oriental, registro compuesto por el 27% de los estudios en el departamento de Caldas, 21% en el departamento de Antioquia, 15% en el departamento de Santander y otros departamentos con menor porcentaje como Córdoba, Amazonas y Magdalena (Gómez Guerrero, 2017). En lo que respecta al departamento de Santander se han realizado investigaciones en el área desde el 2002 por parte de la Universidad Industrial de Santander, sin embargo, solo hasta estos últimos años el interés en materia ha sido superior con su participación en los municipios de Los Santos (Yepes, D., & Daza, J, 2007; Archila, A., & Cañas, A, 2021), Mogotes (Hernández, C., & Rodríguez, S, 2020), Barichara (Torres, J., & Villabona, G, 2020), Peñón (Barajas, D., & Gelvez, J, 2019), Zapatoca (Zafra-Otero, D, 2019), Vetas (Pisciotti, M, 2001) y la iniciativa del Geoparque Cañón del Chicamocha (Ríos et al., 2020). El inventario del

Patrimonio Geológico dentro de la Nación se encuentra, en estado embrionario, sin listas oficiales, o publicadas abiertamente a la fecha (Quintero, J. E., et al 2022).

### **3.2. La Geoética en el ámbito geocientífico un enfoque Geoeducativo**

La ética se considera una parte integral de la investigación científica. En este sentido, la formación científica debe apostar por fomentar la concientización sobre los retos éticos y la importancia de desarrollar habilidades en el tratamiento de este tipo de cuestiones, así mismo, reconocer la relación con la promoción de divulgación científica en la sociedad, ya que los nuevos desarrollos en ciencia y tecnología se ocupan de conceptos e intereses que están al frente de nuestras preocupaciones, donde proporcionar condiciones para la sostenibilidad operativa del sistema terrestre se entiende ampliamente como imperativa (Vasconcelos, C., et al, 2020). Por esta misma razón, se establece casi que una prioridad el incluir dentro del ejercicio geocientífico una responsabilidad con perspectiva ética que asegure la correcta manipulación del ambiente y sus recursos naturales, que consolide un desarrollo para el ser humano de una manera sustentable acompañado de herramientas precisas que permitan incorporarlo y a la sociedad en problemáticas con relación a las geociencias.

Como seres humanos que en constante crecimiento y evolución estamos lo que en otras palabras se traduce a un incremento en la demanda de georecursos, se estima que para el 2100 la población global sea de aproximadamente casi 11 billones de personas (Roser, 2019), adicionalmente, al considerar que cualquier actividad realizada por el ser humano tiene una interacción directa con el planeta, es primordial el proponer nuevas estrategias para incentivarlo a la toma de decisiones desde una aptitud geoéticamente responsable e independiente; lo que sería conocido como la indiscutible relación de los procesos inherentes al desarrollo humano con los

procesos terrestres, y es aquí donde la ciencia es fundamentada no únicamente desde el ámbito académico, científico o profesional, sino también en el establecimiento de protocolos y/o códigos éticos, de buenas prácticas y conductas que puedan ser adoptados por la sociedad, que además contribuyan a la promoción de divulgar el conocimiento geocientífico por medio de la educación, investigación, la práctica y una precisa comunicación entre los entes participantes, en búsqueda del beneficio individual y colectivo, mediante interdisciplinaridad y métodos educativos adecuados para difundir conocimiento. La inclusión de la geoética en el sistema educativo debería resultar en un fuerte compromiso ético desde la comunidad geocientífica, que se comprometerá a transmitir a la sociedad no únicamente conocimiento científico sobre la Tierra, sino una nueva comprensión más integral y ética del planeta (Peppoloni y Di Capua, 2016; Peppoloni, et, al, 2019).

Formalmente la geoética comenzó en el año 1991, pero solo hasta el 2004, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS) junto con la Comisión para la Educación, Aprendizaje y Transferencia Tecnológica en Geociencias (COGE) se establecen para examinar y desarrollar programas para asistir a países en desarrollo para mantener, expandir o introducir mejor la educación de las Ciencias de la Tierra (IUGS-COGE, 2012), en donde, se hace referencia en uno de sus objetivos principales a facilitar la presentación de las geociencias con diferentes culturas en orden de mejorar el desarrollo ético en la educación geocientífica. Desde esta época, se han desarrollado diferentes actividades entorno a la contribución integral de estas nuevas temáticas en las Ciencias de la Tierra dentro de Congresos Internacionales de Geología en Japón (1992), China (1996), Brazil (2000), Italia (2004), Noruega (2008), Australia (2012), Sur África (2016) y otros simposios específicos, como el caso del Simposio celebrado en Pribram (1991), en Republica Checa donde se prepara la primera Declaración Internacional de Geoética (Nemec, 2013)

establecida a través de la asociación de Geocientíficos para el Desarrollo Internacional (AGID) un conjunto de criterios éticos para el cumplimiento de adecuados comportamientos en materia geológica (González y Martínez-Frías, 2011).

En esa misma línea, la pretensión es tener un horizonte ético en aspectos geoeeducativos científicos y socioculturales que impulse una correcta gestión de orden territorial por parte de todos los actores de la comunidad, pues no se desconoce que en el territorio colombiano desde prácticas ancestrales el ser humano realiza minería y se ha servido de los recursos naturales del planeta Tierra desestimando las implicaciones sobre la salud y el medio ambiente. Y solo cuando el hombre toma conciencia de su lugar en el mundo comenzará a reflexionar y a realizarse cuestionamientos sobre su propio actuar desde una perspectiva ética, conforme Posada-Monsalve (2019) todos los individuos hacemos parte de una sociedad interconectada y nuestras acciones en todo el mundo tienen un profundo efecto, por lo tanto, se convierte casi que en ineludible el dar solución a los problemas que deja este actuar, al disponer del apropiado conocimiento los científicos deben compartirlo de manera más amplia y con enfoques transdisciplinarios, especialmente con científicos sociales y asociaciones no tradicionales (Lubchenco, et al, 2015).

Por consiguiente, la Geología debe ser parte de una solución sostenible y enfrentar los retos que se plantean en el crecimiento de zonas rurales y urbanas, especialmente en países como Colombia que se encuentra en vía de desarrollo (Mata-Perelló, Restrepo-Martínez, Mata-Lleonart, y Vintró-Sánchez, 2012), y es el rol de los geocientíficos servir como una voz de los intereses de la profesión al compartir sus conocimientos, que favorece el fortalecimiento de la educación en geociencias, esforzándose por aumentar la creación de una sociedad con conciencia pública sobre

la comprensión de los procesos de la tierra y capaz de reconocer su influencia en los recursos, la resiliencia a los peligros naturales y diferentes problemas ambientales (Institute, 2016).

### **3.3. Definición, conceptos fundamentales y recursos complementarios para la descripción de Lugares de Interés Geológico**

La utilización de los términos relacionados con el estudio del Patrimonio Geológico son relativamente recientes en el ámbito de la Geología y surgen como resultado de una nueva manera de entender el papel de la humanidad en su relación con la Tierra; Con el paso del tiempo, la sociedad ha cambiado su percepción del entorno, y ahora considera un derecho, una necesidad y un deber proteger el medio ambiente y promover un desarrollo sostenible que tiene como objetivo final el impulsar su conservación (Carcavilla, et al, 2014). Son temáticas que se encuentran interconectadas en mira a la promoción de la preservación del aspecto natural del medio que habitamos especialmente los factores abióticos en los que se evidencia la inherente historia evolutiva del planeta Tierra y el que sean tan novedosas puede tal vez generar algo de exigüidad en el entendimiento de los conceptos; de tal forma que se realiza un compendio de la terminología y su respectiva conceptualización (Apéndice 8), como también de recursos complementarios para la descripción de Lugares de Interés Geológico (Apéndice 9), que como consecuencia presente una acertada interpretación del vocablo utilizado en materia de Patrimonio Geológico además en relación propiamente del enfoque mismo ético, conservativo y educativo.

## **4. Marco Geológico**

### **4.1. Marco geológico regional**

El área de estudio hace parte de los Andes Colombianos desarrollándose en la provincia Guanentina del departamento de Santander, que se ubica en el flanco occidental de la Cordillera

Oriental hacia el suroccidente del Macizo de Santander y hacia la parte suroccidental de la Serranía de los Cobardes o Yariguíes, donde litológicamente comprende la secuencia sedimentaria que se desarrolla en la cuenca del Valle Medio del Magdalena (VMM) la cual se ha determinado que incluye de la roca más antigua a la reciente: la Formación Los Santos, Rosablanca, Paja, Tablazo y Simití conferidas a edades del Cretácico Temprano, así mismo, aparecen Depósitos Cuaternarios de tipo derrubio, fluvial y aluvial. Episódicamente como punto de partida donde la parte oriental de la Cordillera continuaba enterrada, existe una cuenca sedimentaria que recibe abundante material de la exhumación de las partes axiales de Cordillera Central (CC) convirtiéndose en el área fuente para los sedimentos de la parte oriental; Posteriormente por movimientos tectónicos se levanta y origina la Cordillera Oriental (CO<sub>r</sub>) que conforma la cuenca actual, el orógeno invertido.

La zona presenta una alta influencia tectónica evidenciada en el esquema estructural de la provincia Guanentá, donde los rasgos estructurales más sobresalientes son la aparición de múltiples fallas (Falla Bucaramanga, Falla Suarez, Falla Barichara, Falla San Gil, Falla Curití, Falla de Paloblanco), cabalgamientos (Cabalgamiento Cabrera y Cabalgamiento las Antenas) y pliegues amplios (Sinclinal Santa Helena, los Pozos y Guarigua; Anticlinal las Antenas) (INGEOMINAS-UIS, 2007).

#### **4.2. Estratigrafía**

El área de estudio comprende principalmente rocas sedimentarias con dataciones en el Cretácico Temprano y Tardío (Apéndice 10) además de algunos depósitos cuaternarios en zonas cercanas al casco urbano del municipio. El sistema Cretáceo expuesto en el Apéndice 11 presenta un rango de edad desde el Berriasiano Superior hasta el Cenomaniano y abarca las formaciones Los Santos, Rosablanca, Paja, Tablazo y Simití.

#### **4.2.1. Formación Los Santos (Kils)**

Corresponde a una secuencia siliciclástica conformada por secuencias de areniscas de grano fino-medio ligeramente feldespáticas con lodolitas arenosas, arenitas lodosas y limolitas con variaciones en las estructuras sedimentarias que incluyen estratificación planar o en artesa y presencia de intraclastos, marcas de bioturbación y evidencia fósil hacia el tope (Clavijo y Laverde, 1985). Ward et al (1973) utiliza el termino Formación Tambor, sin embargo, Cediell (1968) propone el termino Formación Los Santos para la descripción de la misma unidad litoestratigráfica debido a su preferencia como localidad tipo la Mesa de los Santos, que a su vez en zonas vecinas se encuentra constituida por tres niveles: uno inferior de areniscas, principalmente arcosas de colores frecuentemente rojizo o rosado; otro medio, arcilloso con intercalaciones de areniscas, también rojizo o rosado; y otro superior de areniscas blancas, mejor estratificadas que el nivel inferior (INGEOMINAS-UIS, 2007). De acuerdo con Ulloa (1978, en Pulido 1979) considera que la transgresión marina comienza con la Formación Los Santos posiblemente a finales del Berriasiano o comienzo del Valanginiano en forma de lentejones con adelgazamientos hasta el Hauteriviano Inferior con la Formación Rosablanca la cual infrayace.

#### **4.2.2. Formación Rosablanca (Kir)**

En el área de estudio aflora como una franja que va desde el sureste hacia el sur, consiste en calizas macizas, grises-azulosas y fosilíferas (textura gruesa), con capas margosas que pasan a caliza (textura fina) negra y arcillosa en la parte superior. Ha sido descrita de manera muy completa para la sección tipo en el Cañón del Río Sogamoso en el sector de la Mesa de los Santos Zamarreño de Julivert (1963), sin embargo, la propuesta de neoestratotipo dada por Etayo-Serna y Guzmán-Ospina (2019) propone la subdivisión de la unidad en 5 miembros distinguibles para la sección de

la Laguna El sapo Zapatoca, Santander. Conforme Pulido (1979) la mayor parte de la unidad Rosablanca se encuentra cubierta por vegetación y cultivos, al sureste de San Gil la unidad se encuentra en contacto fallado con diferentes unidades Cretácicas evidenciado en algunas quebradas que son afectadas por fallas que truncan o repiten los estratos, de acuerdo con su edad es un tema que se ha discutido ampliamente Etayo (1964) estudia la fauna reportada por Jimeno, Yepes y Bürgl al considerar si la sucesión de calizas pertenece al Valanginiano Superior aunque podría representar una zona no precisada del Hauteriviano Inferior; Julivert (1968) la considera Hauteriviana en la región de la Mesa de Los Santos-San Gil.

#### **4.2.3. Formación Paja (Kip)**

Según Morales (1968) es una sucesión de shales negros ligeramente calcáreos y micáceos. Algunos niveles inferiores contienen concreciones calcáreas hasta de 20 cm, abarca gran proporción entorno a la zona del casco urbano y para el sur del municipio aflora hacia los márgenes del Cañón del Río Fonce; Pulido (1979) describe dos miembros: el inferior conformado por una alternancia de ariscas y shales grises oscuros, mientras el superior se compone de una alternancia de shales negros-grisáceos con calizas con presencia de nódulos calcáreos, algunos con pirita. La Formación Paja es principalmente marina, conforme Atuesta-Ortiz (2018) su contenido fosilífero refleja una fauna de amonitas, aunque se encuentran también bivalvos y erizos de mar que estiman un periodo de formación que va del Barremiano al Aptiano, según reportes de Patarroyo (1997) hacia al NE del municipio por la vía a Bucaramanga, con base en amonitas se considera del Barremiano Inferior; de acuerdo Royero y Clavijo (2001) asociada a un ambiente epicontinental, sin embargo, Oviedo y Baquero (2012) hallaron que la presencia de minerales dentro de la misma

roca indica que los sedimentos se depositaron en un ambiente evaporítico, además un afloramiento ferruginoso evidencia la violenta somerización de la misma.

#### **4.2.4. Formación Tablazo (Kit)**

Descrita por Morales (1958), se refiere a una sucesión de calizas duras, azulosas, fosilíferas en la parte superior, y margas o calizas arcillosas en la inferior. Hubach (1957), emplea el término “Formación San Gil” anteriormente denominada por el mismo autor como “Conjunto San Gil” para referirse a la litología aflorante que forma una topografía escarpada con morfología tipo “graderías” hacia la zona de San Gil-Socorro y a lo largo del Valle del Suárez (Pulido, 1979); Etayo (1968, 1972) eleva la nomenclatura al rango de “Formación San Gil Inferior” y “Formación San Gil Superior” quien manifiesta la sinonimia con la Formación Tablazo y la Formación Simití, respectivamente, quien también con sus aportes paleontológicos argumenta la edad de la Formación San Gil Inferior al Aptiano Superior-Albiano Inferior, dicha nomenclatura es utilizada en los cuadrángulos 171-Duitama y 191-Tunja (Moreno y Sarmiento, 2002). Se toma en consideración que el presente trabajo se enfoca en los cuadrángulos 135-San Gil y 151-Charalá para este par de unidades empleamos formalmente la denominación de Formación Tablazo y Formación Simití. En cuanto a la distribución geográfica de la unidad litológica, está aflora al norte del municipio y hacia el sureste por la vía San Gil-Charalá donde ambas evidencian la afectación del fallamiento, la presencia de fósiles indica un ambiente de depósito de alta energía en condiciones neríticas poco profundas que denotan un avance de la cuenca con retroceso.

#### **4.2.5. Formación Simití (Kis)**

De acuerdo con Morales (1958) su denominación dada por Geólogos de Intercol, refiriéndose a una sucesión de shales de color gris a gris oscuro, localmente calcáreos y con

concreciones. Su edad es considerada Albiana Inferior, Medio y Superior, sin embargo, Etayo (1968), en el área de Villa de Leiva concluye que esta formación abarcaría la edad Albiana Media a Superior en condiciones paleoambientales de depositación marina poco profundas de facies más litoral (Pulido, 1979). En lo presentado por INGEOMINAS (1985) en el área de estudio la unidad aflora en partes altas de la región de Mesas y Cuestas (al norte y sur de San Gil) que forman superficies suavemente onduladas, concordante con INGEOMINAS-UIS (2007) hacia la vereda Los Pozos al norte del municipio y en el sector de mayor elevación de la zona de estudio, denominado Las Antenas, afloramientos de manera incompleta debido a la intensa meteorización y erosión a la que ha estado sometida representada en ocasiones como suelo residual fuertemente oxidado de colores rojizos y pardos.

#### ***4.2.6. Depósitos sedimentarios***

Se destacan depósitos del Cuaternario, que descansan discordantemente sobre las diferentes formaciones que afloran en el área, principalmente sobre las formaciones Paja (Kip) y Tablazo (Kit), a lo largo de los ríos y quebradas o en los pie de escarpe, que por procesos de meteorización están dispuestos sustancialmente en el área como depósitos de derrubios de pendientes y coluviales (Qd).

**4.2.6.1. Depósitos de Derrubios de Pendientes y Coluviales (Qd).** Los depósitos de derrubio suelen presentarse en las laderas y su composición puede variar correspondientemente de la unidad que realice el aporte de material, en conformidad con INGEOMINAS-UIS (2007) están compuestos por material heterométrico, con tamaños de grano (gránulo a bloque), dentro de una matriz areno lodosa con rangos variables de espesor; son depositados sobre la Formación Paja y provienen de los escarpes de la Formación Tablazo, en la zona de estudio localizados en la vertiente norte del Río Fonce y en la laderas del Cañón del Río Fonce al este y sureste del municipio de San Gil.

### **4.3. Geología estructural**

Las características estructurales presentes son el resultado de complejos procesos tectónicos y sedimentarios que afectaron la región del nororiente colombiano de los Andes, que dan origen al levantamiento de la Cordillera Oriental correspondiente a la Orogenia de los Andes del Norte (INGEOMINAS-UIS, 2007). El departamento de Santander presenta una caracterización tectónica dividida en 3 provincias tectónicas: El Macizo de Santander (MS), el Valle Medio del Magdalena (VMM) y la Cordillera Oriental (CO), ubicada el área de estudio en la provincia tectónica de la Cordillera Oriental (CO) caracterizada por pliegues anticlinales y sinclinales amplios además de fallas inversas y cabalgamientos.

Para propósitos del presente proyecto se considera la diferenciación propuesta por INGEOMINAS-UIS (2007) que define el dominio tectónico de acuerdo al esquema estructural de la región noroeste de la provincia Guanentina (Apéndice 12) compuesto por tres sistemas de fallas: fallas longitudinales (fallas en dirección NS y NE), fallas transversales (fallas con sentido NW y SE) y fallas menores o locales (Falla San Gil, Falla de Paloblanco y Falla Curití-Cruces),

cabalgamientos (Cabalgamiento Cabrera y Cabalgamiento las Antenas) y pliegues amplios (Sinclinal Santa Helena, los Pozos y Guarigua; Anticlinal las Antenas). Adicionalmente, el control estructural del área de estudio se encuentra determinado fundamentalmente por dos estructuras, las cuales corresponden con las fallas de Bucaramanga y del Suárez, fallas que establecen un régimen tectónico de transpresión oblicua y han ocasionado procesos de deformación de la secuencia sedimentaria del Jurásico-Cretácico (INGEOMINAS-UIS, 2007), el trazo de estas no se sitúa explícitamente dentro del área de estudio, sin embargo, debido a su amplia extensión tienen influencia en el régimen estructural a escala regional dentro territorio.

#### ***4.3.1. Marco tectónico regional***

La historia geológica del territorio colombiano está determinada primordialmente por la complejidad de procesos tectónicos que afectaron al nororiente de la región fundamentada con la formación de los Andes relacionada con la interacción de las placas Caribe, Nazca y Suramérica (Apéndice 13) que en su parte norte evidencia el dominio de un régimen compresivo/transpresivo a mediados del Mioceno.

En su zona más Andina aparecen basamentos precámbricos y metamórficos del Paleozoico Temprano pertenecientes al Macizo de Santander (MS), posteriormente un ambiente de transgresión marina genera la conformación de una serie de cuencas Sin-Rift que dan origen a la sedimentación observada en la Cuenca Valle Medio del Magdalena (VMM) hasta finales del Cretácico Superior donde consecuentemente ocurre el levantamiento de la Cordillera Oriental producto de la inversión orógena hacia finales del Cretácico. La Cordillera Oriental (CO<sub>r</sub>) registra la historia de deformación más joven de los tres sistemas montañosos en los Andes colombianos,

su formación es producto de una tectónica de inversión sobre una antigua cuenca tipo rifting o backarc (Apéndice 14), formada durante el Mesozoico (Cetina et al., 2019).

En cuanto a la historia evolutiva de las unidades litoestratigráficas (ULEs) la aparición de rocas sedimentarias se encuentra relacionada con clásticos rift-fill del Cretácico Inferior y sedimentos marinos del Cretácico Superior (Dengo y Covey, 1993), a causa del aumento progresivo del nivel del mar que se evidencia por la transición de litologías clásticas como en el caso de la Formación Los Santos a rocas calcáreas fosilíferas de la Formación Rosablanca, Paja, Tablazo y Simití. En el periodo Berriasiano-Valanginiano se empieza a formar la cuenca Cretácica y se extiende, al evidenciar principalmente un ambiente continental transicional, del Hauteriviano-Barremiano la cuenca en un inicio que era estrecha avanza lentamente y continua su extensión relacionándose simultáneamente con una zona de subducción activa que genera aumentos y retiradas del nivel del mar transmutándose en cambios laterales faciales. Posteriormente en el Aptiano-Albiano la cuenca crece al evidenciar un ambiente marino transicional al sur de la cuenca y hacia el Albiano Medio continua su crecimiento cuando pasa de transicional a marino, donde finalmente en el Cenomaniano ya el mar ha invadido el sur de la cuenca, mientras que la parte oriental es predominantemente transicional y hacia el área central se encuentra sumergida.

#### ***4.3.2. Fallas longitudinales***

El sistema de fallas longitudinales representa las fallas con dirección NS y NE, generalmente se han identificado como cabalgamientos correspondientes a esfuerzos comprensivos que afectan la provincia Guanentina.

### **4.3.3. Fallas locales/menores**

El sistema de fallas locales o menores hace alusión a las fallas resultado de la acomodación del material después del evento compresivo producto de la tectónica localizada por acción del sistema de fallas transversales, de acuerdo con el esquema estructural propuesto por INGEOMINAS-UIS (2007) se determina fallas transversales al fallamiento en dirección NW y SE, que hace referencia a fallas de rumbo sinistral y dextral afectadas por la dinámica compresiva de la zona, como la Falla Barichara, que se localiza aproximadamente sobre el cauce de la quebrada Barichara se trata de una falla normal y de alto ángulo, aunque debe tener un componente rumbo deslizando sinistral y presenta un trazo sinuoso con dirección curva hacia el NE (INGEOMINAS-UIS, 2007).

### **4.3.4. Pliegues**

La región comprende plegamientos muy suaves con trazo sinuoso cuyos ejes presentan poco cabeceo, asociados a esfuerzos compresivos que afectan el NW de la provincia de Guantánamo. Se presentan cuatro estructuras principales de plegamiento, que corresponden a los sinclinales de Santa Helena, Guarigua y Los Pozos sinclinales que llevan nombres homónimos a las quebradas que controlan y el anticlinal las Antenas.

## **4.4. Geomorfología**

Las características morfológicas predominantes son relieves tabulares acclinales degradados y formas de relieves de fracturación, constituidos por capas de rocas sedimentarias rodeadas por profundos cañones, fuertemente escarpados, producto de la intensa red de drenaje, al formar una plataforma estructural semihorizontal acompañada de formas denudadas como mesas, escalones, hombreras, cerros y cuestas de muy alta pendiente (INGEOMINAS-UIS, 2007).

Se evidencian procesos degradacionales por la presencia de surcos de erosión, en la parte este se observan algunos rellanos asociados al Cañón del Río Fonce. El modelamiento del paisaje es controlado por continuos procesos de erosión y remoción en masa debido a la acción de factores climáticos, del agua, y antrópicos; la asociación de estos agentes genera en la zona de estudio geoformas de origen denudacional. También se presentan geoformas cársticas asociadas al flujo e infiltración del agua, afectadas principalmente por disolución de rocas carbonatadas, debido al movimiento de flujo de agua a través de los sistemas de fracturas.

#### ***4.4.1. Formas de origen estructural denudacional***

El modelamiento del paisaje en la zona de estudio presenta una secuencia sedimentaria de rocas duras y blandas con un fuerte control estructural, así mismo, topográficamente exhibe el impacto de actores climáticos no en muy alto grado que provocan el desgaste de la superficie terrestre.

#### ***4.4.2. Formas de origen kárstico***

Los procesos erosivos que conforman Palas geoformas de relieve en la zona de tipo endokárstico, son producto de la acción de fluidos que afectan a las rocas carbonatadas compuestas de materiales disolutivos en la Formación Tablazo.

#### ***4.4.3. Formas de origen denudacional***

La evolución de este tipo de formas de relieve corresponde a procesos geológicos externos (climáticos) que se desarrollan en largos periodos de tiempo. Las formas de origen denudacional, se caracterizan por relieves ondulados de pendientes suaves, las fuertes pendientes definidas por escarpes erosivos, en conjunto con la combinación de factores climáticos, la pendiente y la

composición del material producen procesos acumulativos en las pendientes de ladera y piedemonte (INGEOMINAS-UIS, 2007).

## 5. Resultados

De acuerdo con la Guía de Metodológica de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble utilizada, posterior a la etapa de exploración mencionada en el apartado de la sección 2.3.2.1 se procede a la descripción y valoración de los LIG según lo propuesto en la sección 2.3.2.2 y 2.3.2.3 respectivamente, como consecuencia se obtienen las fichas introductorias de potencialidad y formatos de valoración para cada uno de los LIG (Apéndice 15-29); a continuación, en conformidad con la sección 2.3.3.1 se realizan los cálculos (Apéndice 30) concernientes para determinar el Valor Científico ( $V_C$ ), Educativo ( $V_E$ ) y Cultural ( $V_R$ ), restringiéndose el primero únicamente al área de las Geociencias, la puntuación porcentual más alta de cada lugar se estima como el interés principal de este, en consecuencia únicamente uno de los quince LIG (*SG08*) se considera con un valor científico/patrimonial de relevancia, respecto al interés educativo se reconocen cuatro LIG (*SG 03*, *SG 05*, *SG 09* y *SG 11*) y los demás en relación con el interés cultural/recreativo comprende la mayor cantidad de los LIG (*SG 01*, *SG 02*, *SG 04*, *SG 06*, *SG 07*, *SG 10*, *SG 12*, *SG 13*, *SG 14* y *SG 15*).

Así mismo, para determinar su clasificación conforme a lo señalado en la sección 2.3.3.2 se destacaron por su valor patrimonial como de grado muy alto cuatro de los LIG (*SG 04*, *SG 05*, *SG 08* y *SG 14*), de grado alto dos de ellos (*SG 09* y *SG 13*) y de grado medio los nueve restantes (*SG 01*, *SG 02*, *SG 03*, *SG 06*, *SG 07*, *SG 10*, *SG 11*, *SG 12* y *SG 15*), conforme al valor educativo se catalogaron como de grado muy alto ocho de los LIG (*SG 03*, *SG 04*, *SG 05*, *SG 08*, *SG 09*, *SG 10*, *SG 11* y *SG 14*), de grado alto (*SG 01*, *SG 06*, *SG 07*, *SG 12* y *SG 13*) y de grado medio (*SG*

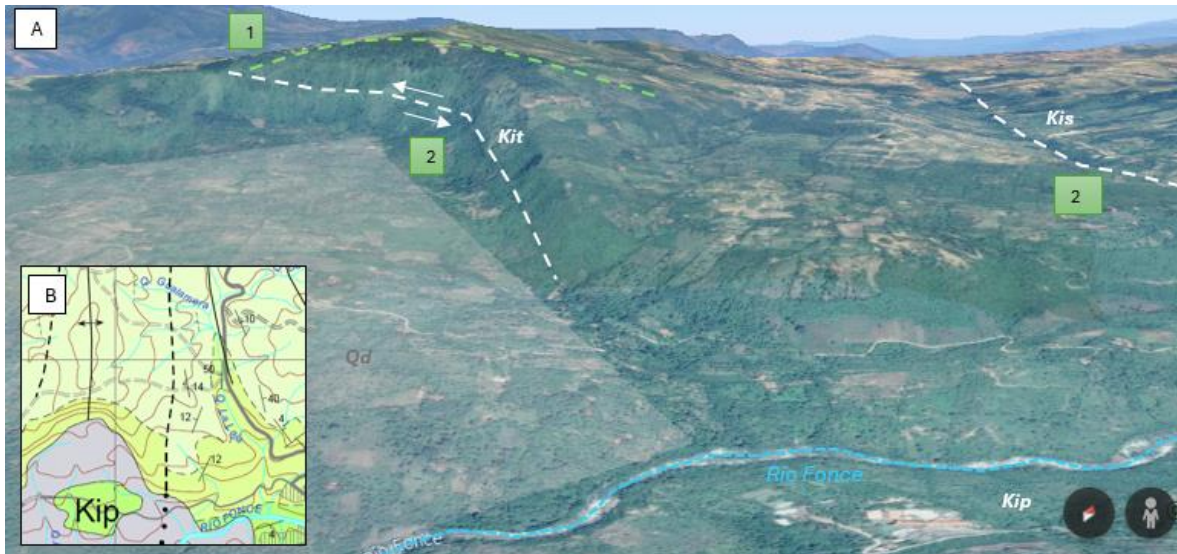
02 y SG 15), por último en lo referente a su grado de interés recreativo encontramos utilidad de rango muy alto en la mayoría de los LIG (SG 01, SG 04, SG 06, SG 07, SG 10, SG 11, SG 12, SG 13 y SG 14) y alto los otros LIG (SG 02, SG 03, SG 05, SG 08, SG 09 y SG 15).

De esta manera con la intención de asegurar su preservación y adecuado aprovechamiento de su potencial se ha analizado la Susceptibilidad de Degradación Natural ( $S_{DN}$ ) y Antrópica ( $S_{DA}$ ), siendo en el primer caso todos considerados de grado bajo, sin embargo, los LIG que presentan un resultado significativo dentro de este rango son (SG 02, SG 03 y SG 15); en cuanto a la Susceptibilidad de Degradación Antrópica ( $S_{DA}$ ), predomina igualmente el grado bajo trece de los LIG (SG 01, SG 03, SG 04, SG 05, SG 06, SG 07, SG 08, SG 09, SG 10, SG 11, SG 12, SG 13 y SG 14) y quedando dos LIG categorizados como de grado medio (SG 02 y SG 15). Finalmente, se evalúa el Riesgo de Degradación Natural ( $R_{DN}$ ), y Antrópica ( $R_{DA}$ ), para conseguir la subsecuente clasificación porcentual en rangos para determinar la Prioridad de Protección (PP) pues se relaciona directamente con el Riesgo de Degradación Antrópica ( $R_{DA}$ ), los resultados mostraron que geotopos presentan necesidad/protección en la categoría de prioridad baja cinco de ellos (SG 01, SG 02, SG 03, SG 14 y SG 15) prevaleciendo los de prioridad nula los LIG (SG 04, SG 05, SG 06, SG 07, SG 08, SG 09, SG 10, SG 11, SG 12 y SG 13) restantes.

Los LIG que se manifiestan en el área de estudio presentan características y elementos que favorecen la investigación científica en múltiples disciplinas geológicas, un laboratorio natural ideal para realizar estudios estratigráficos, hidrogeológicos, geomorfológicos, paleontológicos, tectónicos, paleogeográficos, espeleológicos, petrológicos, edafológicos, entre otros; puesto que geológicamente en esta zona se evidencia cabalgamientos imbricados que afectan rocas del Cretácico Inferior como el caso del Cabalgamiento las Antenas (Figura 5).

**Figura 5**

*Imagen satelital tridimensional del área aproximada de SG 09 Georuta las Antenas*



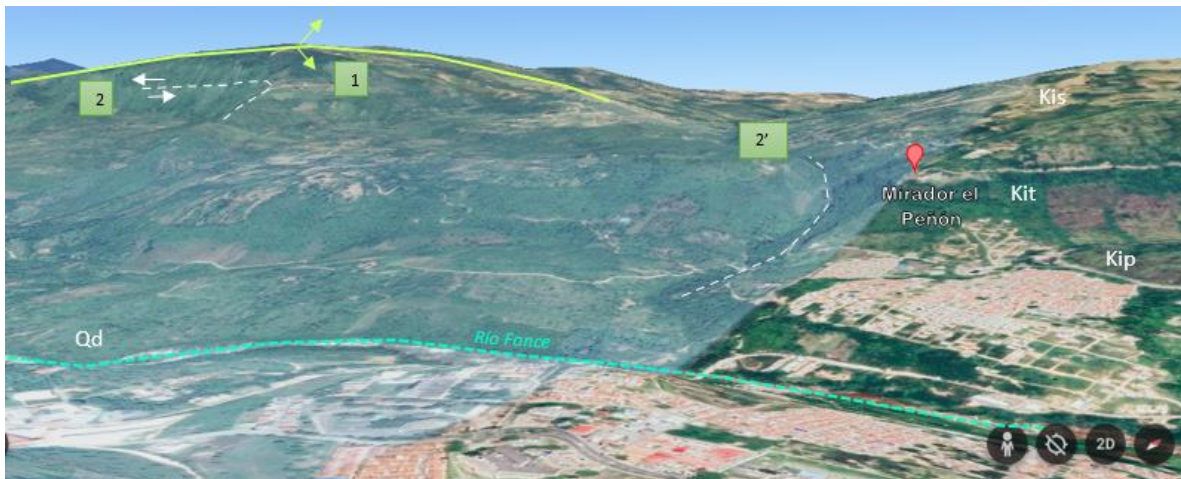
*Nota.* A) Señalando elementos geológicos particulares del recorrido: (1) plegamientos anticlinal: Anticlinal las Antenas, (2 y 2') estructuras de falla: Falla de Cabalgamiento las Antenas y Falla San Gil, además de unidades estratigráficas Kip: Formación Paja, Kit: Formación Tablazo, Kis: Formación Simití y Qd: Depósitos Cuaternarios (Tomado y modificado de: Google Earth); B) Mapa geológico del área de interés que convalida la información señalada en el bloque diagrama tridimensional, representa pliegues, fallas y unidades estratigráficas, como también algo de la topografía del área y el Río Fonce (Tomado y modificado de: Geología de la Plancha 135 San Gil, INGEOMINAS (1985)).

Que corresponde con la falla somera en el sistema consecuencia de imbricación hacia atrás, presenta una dirección NE, con un trazo curvo hacia el este y de gran extensión se ubica al oeste del municipio de San Gil y afecta rocas de las Formaciones Paja, Tablazo y Simití (INGEOMINAS-UIS, 2007). Es una estructura apreciable con facilidad en el área de estudio desde los puntos panorámicos denominados Miradores (SG 12 y SG 13) y dentro del recorrido que comprenden las georutas propuestas (SG 09 y SG 10), situado subparalelamente a la estructura anteriormente mencionada se encuentra el Anticlinal las Antenas que es un pliegue representativo

en el área que indica topográficamente uno de los puntos con mayor altura, estos corresponden inherentemente al comportamiento de la Falla San Gil (Figura 6 y 7).

### Figura 6

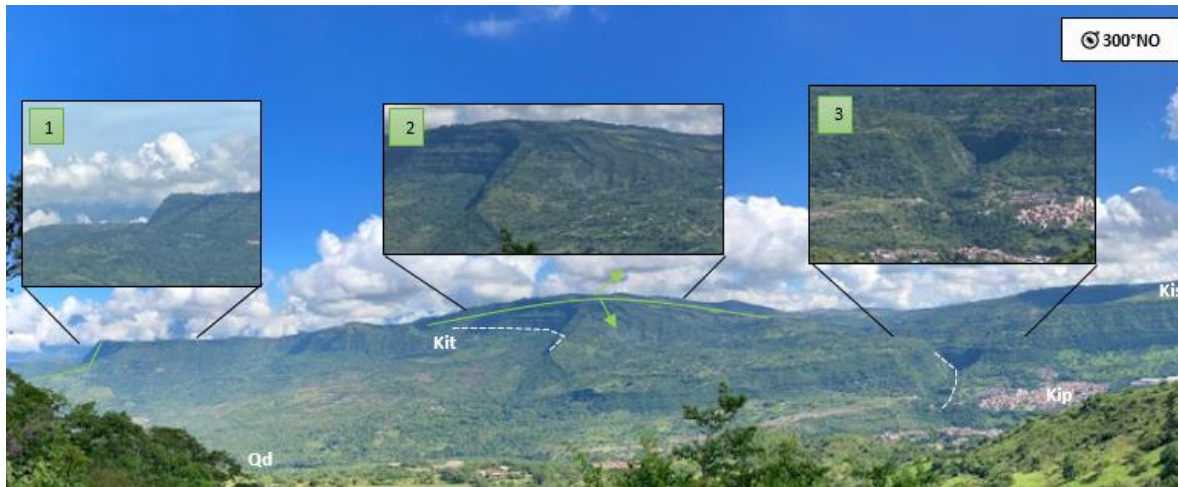
*Imagen satelital tridimensional de la localización del SG 13 Mirador el Peñón*



*Nota.* Representando pliegues, fallas y unidades estratigráficas, como también algo de la topografía del área y el Río Fonce; señalando elementos geológicos que se perciben: (1) plegamientos anticlinal: Anticlinal las Antenas, (2 y 2') estructuras de falla: Falla de Cabalgamiento las Antenas y Falla San Gil, esta última directamente relacionada con la acción fluvial de la Quebrada las Lajas y el desarrollo del Cañón contiguo al LIG, además de formaciones rocosas Kip: Formación Paja, Kit: Formación Tablazo, Kis: Formación Simití y Qd: Depósitos Cuaternarios (Tomado y modificado de: Google Earth).

**Figura 7**

*Punto panorámico estratégico desde SG 10 Georuta el Jobito*



*Nota.* Se puede apreciar parte de la geodiversidad del área como elementos tectonoestratigráficos, la secuencia sedimentaria de rocas del cretáceo afectadas por actividad tectónica: (1) Silla de Montar evidencia de un fuerte control estructural, (2) plegamiento anticlinal: Anticlinal las Antenas, producto de la Falla de Cabalgamiento del mismo nombre y microfallamientos asociadas a esta, (3) Falla San Gil coadyuvante generador del Cañón las Lajas, además de unidades estratigráficas Kip: Formación Paja, Kit: Formación Tablazo, Kis: Formación Simití y Qd: Depósitos Cuaternarios.

Localizada al norte de San Gil, en dirección NW con buzamiento hacia el W definida como falla inversa presenta un trazo sinuoso en sentido noroeste asociada a la Falla Barichara expresada en las zonas más próximas al casco urbano sobre el cauce de la Quebrada las Lajas que denota el SG 04 Cañón las Lajas. Además, se observa el control estructural por la acción de la falla local las Cruces-Curití (Figura 8) que tiene una dirección aproximada N-S, presenta características de simple lineamiento.

**Figura 8**

*Imagen satelital ruta de acceso y recorrido por tres (3) saltos de SG 03 El sistema de cascadas la Milagrosa*



*Nota.* Concurrencia de elementos estructurales (Tomado y modificado de: Google Earth).

Localmente el plano de la falla alcanza hasta  $50^\circ$  de inclinación al oeste. El desplazamiento lateral y vertical no fue determinado pues afecta sólo rocas del Cretáceo Inferior (INGEOMINAS, 1985), así mismo, producto de la deformación de la corteza terrestre se contemplan múltiples plegamientos como el mencionado en la figura anterior y geoformas que evidencia la influencia tectónica del área. Estos LIG presentan una variabilidad en el ámbito geomorfológico que se manifiesta mediante geoformas correspondientes a los procesos geológicos según su génesis, la configuración estructural en el área esta sustancialmente evidenciada en múltiples sucesiones de sinclinales y anticlinales, localizados hacia la parte norte del municipio que sigue el trazo del Cañón del Río Fonce se observa el impacto tectónico de dirección N-S que implica a las Formaciones Paja, Tablazo y Simití, en ocasiones afectados por procesos erosivos que provocan

deslizamientos de manera lenta y en bajo grado cuesta abajo de los escarpes. En cuanto a depresiones sinclinales, el Sinclinal Los Pozos (Figura 9) que lleva homónimamente el nombre de la vereda donde se localiza hacia la Vereda Los Pozos al noreste del municipio de San Gil.

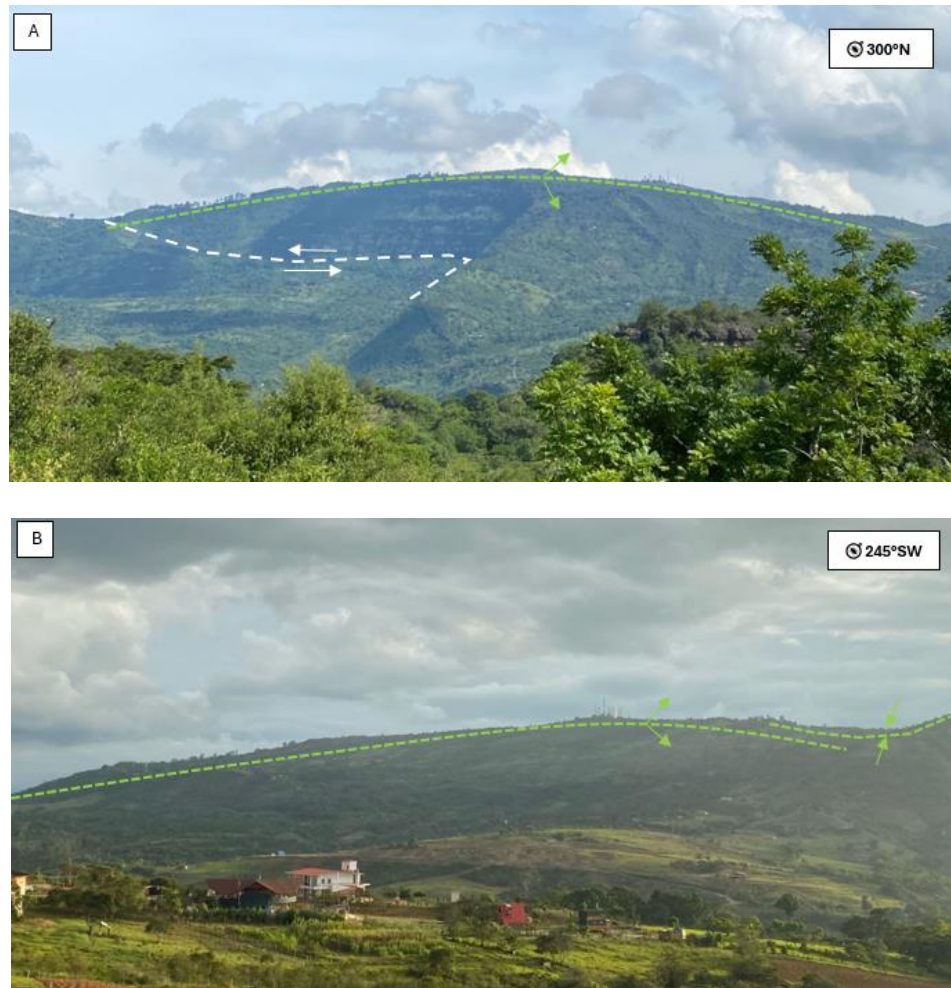
### Figura 9

*Imagen satelital tridimensional del área donde se desarrolla SG 11 Georuta los Pozos*



*Nota.* Denotando elementos característicos, tales como unidades litológicas: Formación Paja (Kip), Formación Tablazo (Kit) y Formación Simití (Kis), así mismo el (1) Sinclinal los Pozos (Tomado y modificado de: Google Earth).

Se puede contemplar el espacio de acomodación a lo largo del recorrido de la SG 11 Georuta Los Pozos y el Sinclinal Guarigua (Figura 10) al norte de la vereda Guarigua Alto, la disposición morfológica de las capas de roca se observa de modo convexo hacia abajo, este con un comportamiento subparalelo al Anticlinal las Antenas.

**Figura 10***Vista de plegamientos en el área*

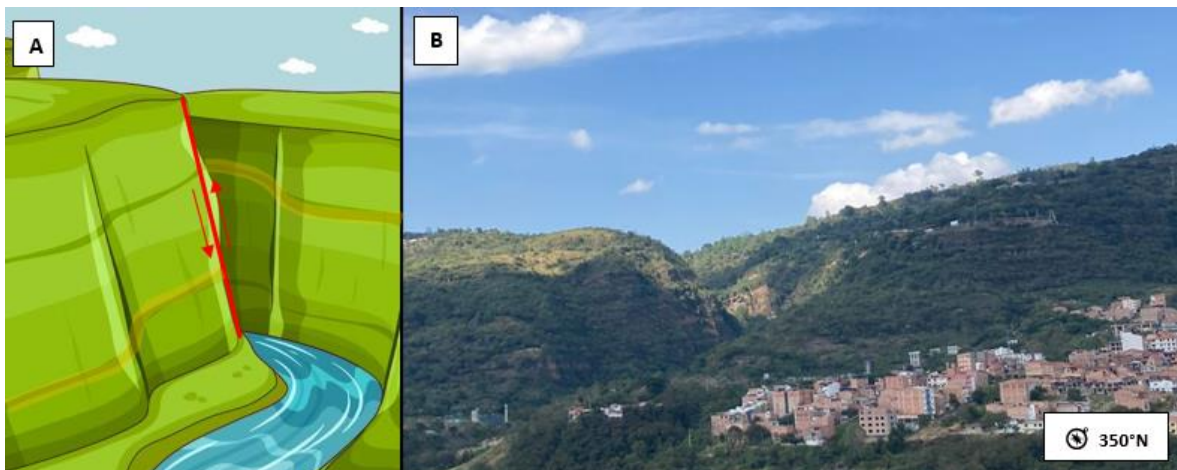
*Nota.* Anticlinal las Antenas desde diferentes puntos de vista, A) Se observa el pliegue anticlinal denominado las Antenas y la Falla de Cabalgamiento de mismo nombre desde un punto del trayecto de SG 10 Georuta el Jobito (X:  $6^{\circ}32'45''N$ , Y:  $73^{\circ}08'56''W$ , Z: 1290m); B) Perspectiva por la carretera que conduce al municipio de Barichara (X:  $6^{\circ}36'31''N$ , Y:  $73^{\circ}09'14''W$ , Z: 1580m) aproximadamente en la zona de observación de la Falla San Gi, se aprecia igualmente parte de la depresión Sinclinal Guarigua.

Una de las geformas predominantes en el área que evidencia el paisaje estructural, consecuencia de la acción de la acción de la falla de cabalgamiento circundante se contempla desde

el municipio y municipios aledaños con pendientes moderadas a escarpadas, por la vía hacia el municipio de Barichara se define como meseta tectónica y se reconoce por el cambio a pendientes moderadamente empinadas y morfología ondulada ligeramente disectada (Figura 10B), en función de procesos denudacionales las expresiones geomorfológicas suaves y planas son constituidas por la Formación Simití, en contraste con la zona al noreste del municipio en las veredas circundantes con el municipio de Barichara y Villanueva, en las veredas La Flora y La Laja. Por otra parte, los escarpes de falla en su mayoría al NE y NW de la zona bordean el casco urbano municipal y en mediaciones del SG 04 Cañón de las Lajas y el SG 05 Cañón del Río Mogotes (Figura 11 y 12, respectivamente), son el resultado directo del fallamiento precisamente en la Formación Paja y Tablazo afectadas por la acción erosiva producto de la cercanía a los afluentes y presencia de vegetación.

### Figura 11

*Diagrama comparativo de ciertos elementos geológicos que se desarrollan en SG 04 Cañón las Lajas*



*Nota.* A) El comportamiento inverso de la Falla San Gil afecta los niveles sedimentarios de la Fm. Tablazo, así mismo, la excavación producto del flujo de la Q. la Laja; B) Vista 350°N desde (6°33'23''N, 73°8'52''O) del Cañón las Lajas, paredes verticales asociados a los niveles calcáreos afectados por el fallamiento inverso y procesos epigenéticos asociados a la acción fluvial de la Q. la Laja.

## Figura 12

*Fotografía área de SG 05 Cañón Río Mogoticos*



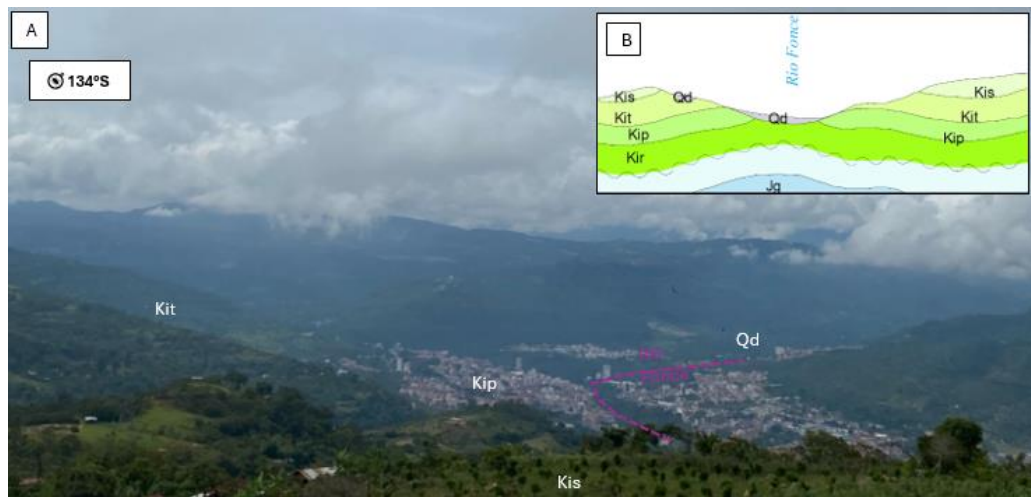
*Nota.* Se aprecia la morfología del valle por el que transcurre el cauce del Río Mogoticos a su vez de morfología meandriforme, paralelamente la vía que conduce desde San Gil al municipio de Mogotes; el sitio se compone de laderas escarpadas que presentan un cambio de pendiente que indica la variación litológica de las formaciones rocosas presentes, hacia el tope niveles con mayor inclinación fácilmente se distinguen capas estratificadas asociadas a la Formación Los Santos, en comparación con niveles rocosos de menor compactación y escarpe moderado hacia la base.

Los escarpes son una de las expresiones geomorfológicas más características de la región en estudio, rodean los límites del casco urbano, son pendientes fuertes con inclinación superior a los 30° constituidas por la Formación Paja y la Formación Tablazo a lo largo del Cañón del Río

Fonce (Figura 13), su disposición litológica de modo escalonada es producto de la erosión diferencial, por la alternancia rocas duras y blandas que tienen diferente contra el desgaste, lo cual permite que se formen desniveles con pendientes de mayor o menor ángulo (INGEOMINAS-UIS, 2007). En la zona obedece a la disparidad ocasionada por las intercalaciones de caliza-arenisca de la Formación Tablazo y las capas de shales de la Formación Paja (Figura 14 y 15).

### Figura 13

*Localización táctica de SG 09 Georuta las Antenas*



*Nota.* A) Coordenadas X: 6°35'01''N, Y: 73°10'18''W, Z: 1630m; perspectiva paisajística que exhibe algunas de las unidades litológicas que conforman el área, como el accidente geográfico producto de la acción conjunta de la influencia tectónica y de la acción fluvial del Río Fonce; B) Perfil geológico de la panorámica proporcionada con anterioridad que constata la geomorfología del Valle del Río Fonce y la aparición de formaciones rocosas asociadas a Kip: Formación Paja, Kit: Formación Tablazo, Kis: Formación Simití y Qd: Depósitos Sedimentarios.

**Figura 14**

*Imagen panorámica desde SG 06 Cerro de la Cruz*



*Nota.* Se aprecia del casco urbano municipal, se observa (1) estratificación en capas de roca con mayor compactación asociadas a la Formación Tablazo cubiertas por vegetación afectadas por microfalloamientos ligados a fallas mayores que afectan la zona de estudio, (2) leve cambio litológico en niveles suprayacentes de menor densidad y estratificación ondulosa correlacionables con la Formación Simití, (3) figura geomorfológica “Silla de Montar” que supone un fuerte control estructural.

**Figura 15**

*Esquema tridimensional de la zona panorámica y colindante al SG 12 Mirador Rocambolesco*



*Nota.* A) Esquema tridimensional de la zona panorámica y colindante; B) En relación con un fragmento de la Plancha 135 San Gil, señalizando unidades geomorfológicas y litológicas; escarpes dispuestos en graderías asociados a (Kit) diferenciados de la unidad que infrayace de morfología más suavizada correspondiente a (Kis) y descansando concordantemente a (Kip) que aflora en el área urbanizada que bordea el Valle generado por el flujo hídrico del Río Fonce (Tomado y modificado de: Google Earth e INGEOMINAS (1985), respectivamente).

El tipo de relieve predominante del área se expresa mediante geoformas de origen denudacional (Figura 16) como pendientes denudacionales, colinas, montañas peneplanicies y mesetas de pendientes suaves a moderadas, con formas alargadas, onduladas, algunas veces rectas y disectadas; las colinas son originadas por la acción de la erosión intensa de carácter fluvio-gravitacional de planicies degradadas (INGEOMINAS-UIS, 2007).

**Figura 16**

*Proximidad y acceso a SG 14 Parque Gallineral*

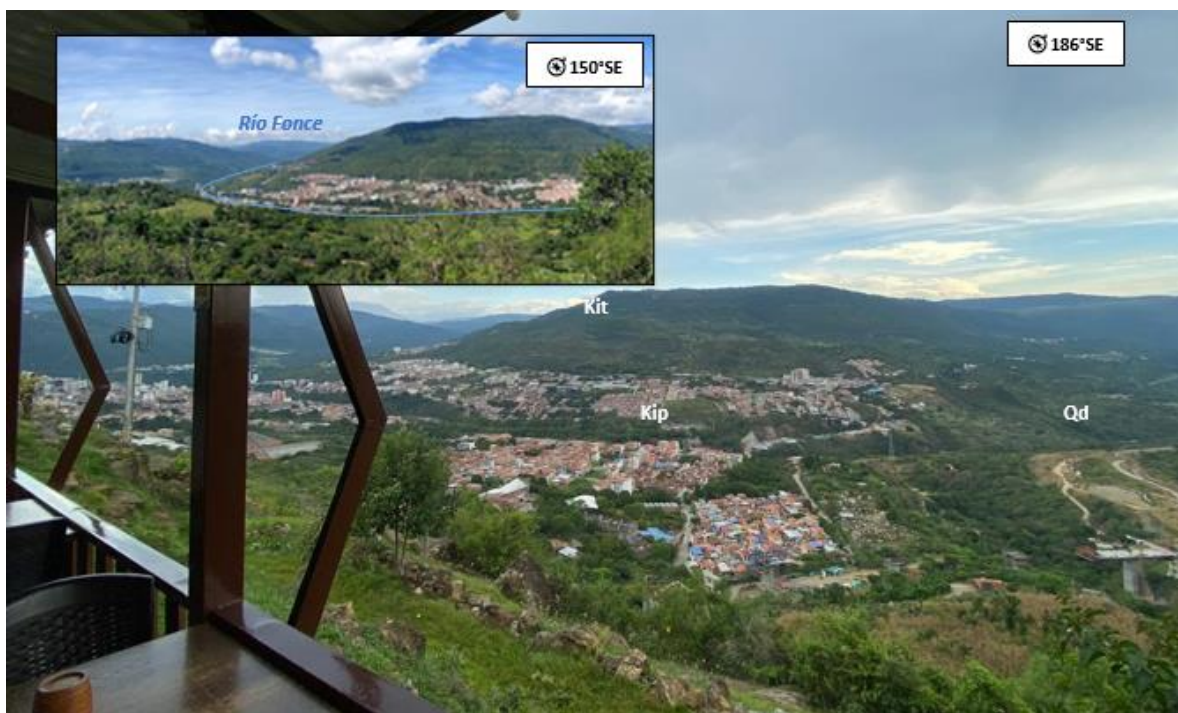


*Nota.* A) desde el (1) Parque Principal Municipal en dirección suroriental al llegar a la Vía San Gil-Bucaramanga en la intersección con el (2) Puente Rojas Pinilla a 350 m del Malecón del Río Fonce y este a su vez a solo 170 m de la plazoleta frente a la Estación de Servicio donde se encuentra la entrada principal al perímetro natural que comprende el Parque (Tomado y modificado de: Google Earth); B) Sección del Mapa Geomorfológico de San Gil que comprende el área en la que se desarrolla SG 14, referenciando geformas que aquí se desarrollan de procedencia denudacional (D2:Colinas y pendientes denudacionales D3:Colinas y montañas denudacionales y D6:Peneplanicies y Mesetas) y origen fluvial (F1: Lechos fluviales)(Tomado y modificado de: Mapa Geomorfológico de San Gil, INGEOMINAS (2005)).

Estas geoformas se localizan hacia el NE del área de estudio en las veredas Los Pozos y La Laja. También se observa la presencia de Cerros aislados hacia la zona suroccidental específicamente en la Vereda el Jobito (Figura 17), se hallan cerros aislados conformados por la Formación Paja y Tablazo asociados a la dinámica de la Falla San Gil, segmentos acumulados hacia la base de los escarpes, de corta longitud e inclinación leve a moderada. Su formación consecuencia de factores gravitacionales, tectónicos y climáticos, que constituyen los fragmentos de roca que se desprenden de los escarpes de la Formación Paja y Tablazo acorde con INGEOMINAS-UIS (2007), representa antiguos deslizamientos en zonas escarpadas al margen del Río Fonce característicamente con pendientes entre  $10^\circ$  y  $30^\circ$ .

### Figura 17

*Vista panorámica desde SG 13 Mirador el Peñón*

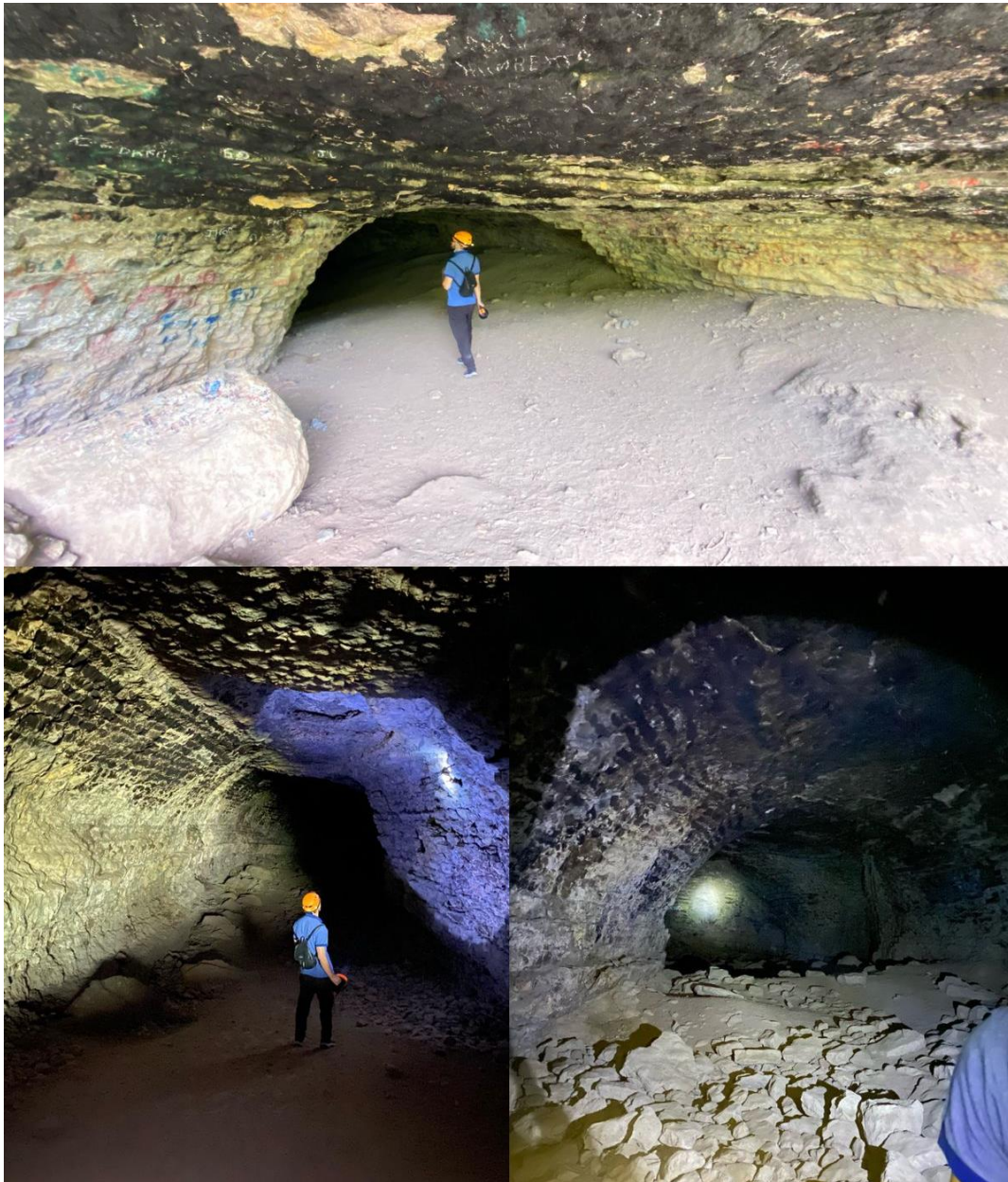


*Nota.* El Restaurante Peñón Guane (X: 6°34'11''N, Y:73°08'56''W, Z:1310 m) propiedad mobiliaria de la cual se obtiene una perspectiva casi que a totalidad del desarrollo municipal sobre litologías asociadas a la Fm. Paja (Kip), el Río Fonce que demarca la geomorfología del Valle producto de la acción de este que en cercanías del límite rural por la Vereda Jobito y hacia el municipio de Pinchote se encuentra material cuaternario identificado como tipo derrubio (Qd); La disposición de niveles suprayacentes se difieren por la inclinación de la pendiente, información que es correlacionada estratigráficamente por la continuidad lateral con los niveles calcáreos asociados a la Fm. Tablazo (Kit) que encontramos contiguamente en SG 04.

En consideración de las expresiones geomorfológicas de origen kárstico comprende el desarrollo de la SG 08 Cueva Antigua (Figura 18) se ubica en las veredas Guarigua Alto y la Flora al noroeste municipal, constituidas por los niveles calcáreos de la Formación Tablazo, resultado del desarrollo del fracturamiento y la disolución del material carbonatado por la acción del agua que proviene de la Quebrada las Lajas, la concurrencia de planos de diaclasamiento y estructuras recristalizadas indican la aparición de espeleotemas (estalactitas y estalagmitas).

**Figura 18.**

*Entrada principal de SG 08 Cueva Antigua*



*Nota.* ( $6^{\circ}34'24''N;73^{\circ}9'9''W$ ), se observa un incremento en la altura al interior de la caverna y paredes constituidas de material carbonatado asociadas a la Formación Tablazo, además de túneles y galerías que componen la caverna.

La predominancia de material sedimentario y la influencia tectónica sobre este se determina en el área mediante la aparición de estructuras sedimentarias (Figura 19 y 20) como la disposición de material fosilífero (Figura 21).

### Figura 19

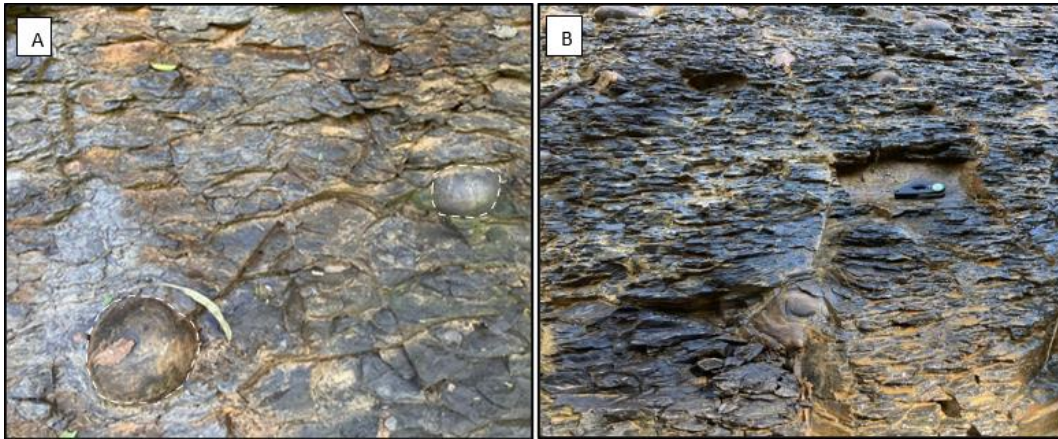
*Estructuras sedimentarias en asociación a la Fm. Tablazo*



*Nota.* A) Bloques caídos (Rock fall), de una altura aproximada de 2-3m con contenido de material calcáreo y evidencias del predominio tectónico del área; B) Vista basal de crestas y surcos estructuras en roca caliza, estructura característica de ambientes kársticos (karren/rillenkarren) desarrolladas por la disolución de carbonato de calcio por la acción del agua; de biodepositación C) Fragmentos recristalizados de conchillas desarticuladas de bivalvos de edad Cretácica; de bioerosión D) Numerosas perforaciones de carácter químico mediante secreciones ácidas en la roca caliza generadas por la acción de la corriente fluvial.

**Figura 20**

*Estructuras sedimentarias características de la Fm. Paja*



*Nota.* A) Concreciones/Nódulos calcáreos fosilíferos dimensión aproximada de 5-10 cm integradas en shales negros ligeramente calcáreos B) Lodolitas negras con morfología fisil y laminación plano-paralela.

**Figura 21.**

*Evidencias de material carbonatado/fósiles*

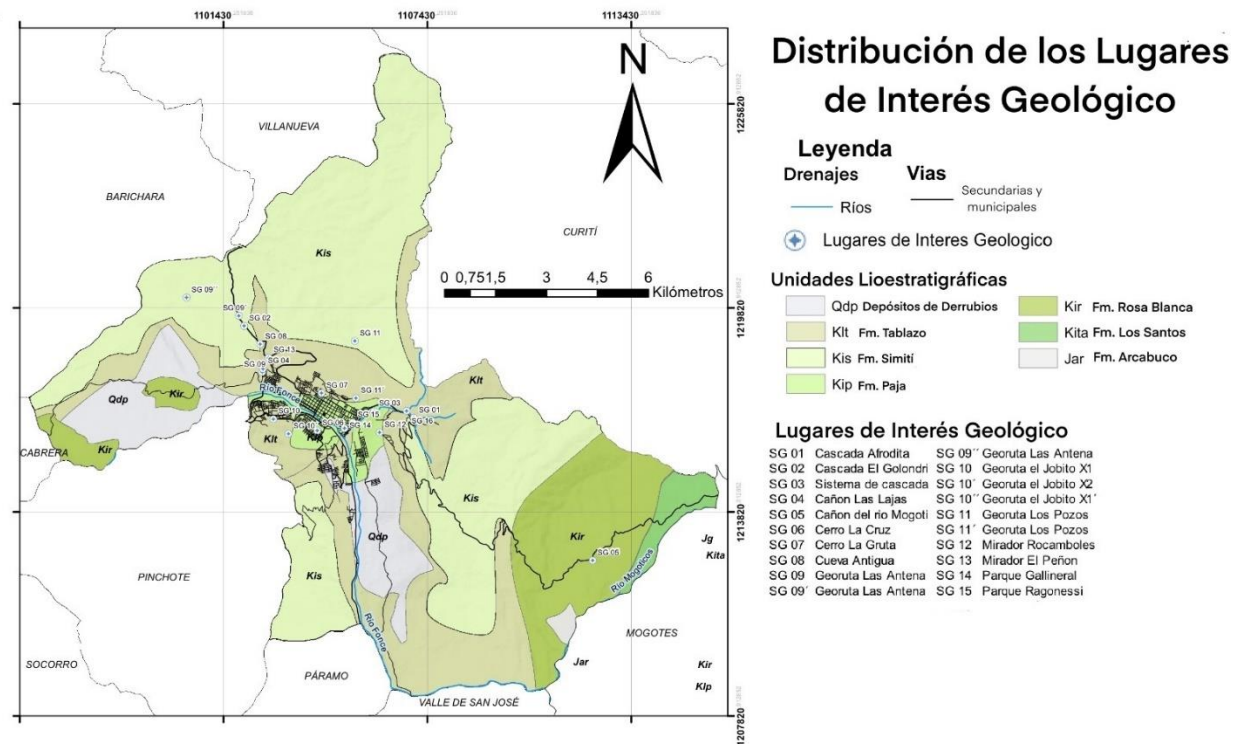


*Nota.* Desarrolladas sobre rocas asociadas a la Formación Tablazo (Kit), se encuentran conchillas desarticuladas/articuladas de bivalvos y algunos restos de amonoides.

En este sentido, se han establecido recomendaciones para la implementación de estrategias educativas y espacios de divulgación científica que promueven la conservación y desarrollo sostenible del Patrimonio Geológico. Una vez categorizados los Lugares de Interés Geológico (LIG) mediante la aplicación de la metodología seleccionada se elaboró el mapeo de la distribución espacial (Figura 22) e inventario en la Tabla 3 correspondiente como se hace mención en el inciso 2.4.

**Figura 22**

*Mapa de la distribución de los Lugares de Interés Geológico*



**Tabla 3**
*Inventario de Lugares de Interés Geológico del Municipio de San Gil (Santander), Colombia*

CÓDIGO	NOMBRE DEL LIG	LOCALIZACIÓN			VEREDA	Vc	Ve	Vr	SDN	SDA	RDN	RDA	PP
		x	y	z (m)									
SG 01	Cascada Afrodita	6° 33' 16" N	73° 06' 38" W	1 254	Buenos Aires	4,875	6,625	8,5	0,375	1,8	0,319	1,53	Baja
SG 02	Cascada el Golondrino	6° 34' 49" N	73° 09' 22" W	1 387	La Flora	4,875	5,75	6,625	1,5	3,9	0,994	2,584	Baja
SG 03	Sistema de Cascadas la Milagrosa	6° 33' 24" N	73° 07' 05" W	1 205	Urbano	4,5	7,75	6,5	1,5	1,575	1,163	1,221	Baja
SG 04	Cañón las Lajas	6° 33' 57" N	73° 09' 05" W	1 112	La Flora	7,875	8,75	9,25	0,25	0,738	0,231	0,682	Nula
SG 05	Cañón Río Mogoticos	6° 31' 33" N	73° 02' 34" W	2 364	Cañaveral Alto/Bajo	8	8,625	6,375	0,25	0,7	0,216	0,604	Nula
SG 06	Cerro de la Cruz	6° 32' 60" N	73° 08' 10" W	1 191	Urbano	5,25	6,875	7,875	0,125	0,575	0,098	0,453	Nula
SG 07	Cerro de la Gruta	6° 33' 38" N	73° 08' 03" W	1 210	Urbano	5,75	7,125	7,875	0,125	0,7	0,098	0,551	Nula
SG 08	Cueva Antigua	6° 34' 27" N	73° 09' 04" W	1 360	La Flora	9	8,375	7,125	0,25	0,663	0,225	0,596	Nula
SG 09	Georuta las Antenas	6° 35' 23" N	73° 10' 55" W	1 833	La Flora, Guarigua Alto/Bajo	7,25	8,5	7,125	0,125	0,713	0,106	0,606	Nula
SG 10	Georuta el Jobito	6° 32' 40" N	73° 08' 39" W	1 390	El Jobito	6,375	7,5	7,875	0,25	0,638	0,197	0,502	Nula
SG 11	Georuta los Pozos	6° 34' 58" N	73° 07' 40" W	1 670	Los Pozos, Montecitos Alto/Bajo	6,375	8,75	8	0,125	0,588	0,109	0,514	Nula
SG 12	Mirador Rocambolesco	6° 32' 46" N	73° 07' 02" W	1 450	Buenos Aires	4,75	6,625	7,5	0,125	0,625	0,094	0,469	Nula
SG 13	Mirador el Peñón	6° 34' 12" N	73° 08' 57" W	1 292	La Flora	6,625	7	7,875	0,125	0,688	0,098	0,541	Nula
SG 14	Parque Gallineral	6° 33' 02" N	73° 07' 41" W	1 112	Urbano	8,5	7,75	9	0,375	2,325	0,338	2,093	Baja
SG 15	Parque Ragonessi	6° 33' 07" N	73° 07' 30" W	1 133	Urbano	5,25	6,375	6,5	1,5	4,125	0,975	2,681	Baja

*Nota.* Para evitar confusión en el inventario referente a las georutas se toma como punto de localización el punto final, en la ficha introductoria de potencialidad aparecen detalles adicionales del recorrido. LIG: Lugar de Interés Geológico. VC: Valor científico/patrimonial. VE: Valor educativo. VR: Valor cultural/recreativo. SDN: Susceptibilidad de degradación natural. SDA: Susceptibilidad de degradación antrópica. RDN: Riesgo degradación natural. RDA: Riesgo degradación antrópica. PP: Prioridad de Protección.

## 6. Discusión

En consecuencia el estudio realizado permite la identificación del potencial para la investigación científica de los LIG en el área de estudio, así como la importancia de su geoconservación a partir de su evaluación y clasificación conforme su valor científico, educativo y cultural mediante la aplicación de la Guía de Metodológica de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble; el análisis individual de cada LIG exhibe un valor porcentual único en cuanto los tres parámetros anteriormente mencionados, debido a la existencia de elementos geológicos únicos el LIG (SG 08 Cueva Antigua) presenta el valor científico más

alto, el LIG (*SG 11 Georuta los Pozos*) posee el mejor potencial educativo para promover la comprensión y percepción de fundamentos en materia geocientífica, mientras que el LIG (*SG 04 Cañón las Lajas*) se postula como el lugar con el valor cultural más alto aunque la gran mayoría de geotopos poseen un gran potencial para la recreación y el turismo como corresponde a la clasificación de la zona de estudio como capital turística.

La categorización de los LIG de acuerdo con su valor patrimonial reveló que cuatro de los LIG (*SG 04 Cañón las Lajas, SG 05 Cañón Río Mogoticos, SG 08 Cueva Antigua y SG 14 Parque Gallineral*) son considerados de valor muy alto, en consecuencia es fundamental contemplar conforme las condiciones jurídico/administrativas establecidas por la normativa expuesta en el Decreto 1353 de 2018 su declaración como bienes inmueble constituyendo el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP), además de su delimitación como Zonas de Protección Patrimonial Geológica y Paleontológica (ZPPGG). La estimación de la Susceptibilidad de Degradación Natural y Antrópica permitió identificar que LIG se encuentran en Riesgo de Degradación con el fin de establecer la Prioridad de Protección para así implementar medidas de geoconservación efectivas a medio y/o largo plazo en los LIG (*SG 01 Cascada Afrodita, SG 02 Cascada el Golondrino, SG 03 Sistema de Cascadas la Milagrosa, SG 14 Parque Gallineral y SG 15 Parque Ragonessi*) con oportunidades para el desarrollo sostenible y geoturismo. Se sostiene la geomorfología como la disciplina de interés geocientífico preponderante abarcando geoformas de origen denudacional, denudacional-estructural y kárstico, con la implicación conjunta de la red hídrica y las estructuras producto de la deformación de la corteza terrestre, por lo que consecutivamente la hidrogeología y la tectónica son áreas de importancia en el ámbito académico dentro de la zona de estudio.

A partir de los resultados obtenidos en este trabajo de investigación, se capta la atención a la importancia de la contribución al Patrimonio Geológico como mecanismo para el desarrollo sostenible de la región incorporando la geoconservación de los LIG dentro de proyectos de planificación territorial, en vista de que el conocimiento geológico transforma nuestra relación con el entorno, el entender y conocer los procesos geológicos es el fundamento para su protección y preservación, así mediante la implementación de programas de geoeducación fortalecer medidas que promuevan prácticas sostenibles en la gestión del territorio, prevención de riesgos y protección de comunidades. La tierra es un laboratorio al aire libre, un libro abierto que la geología nos enseña a leer, por esto la geoeducación es fundamental para formar ciudadanos conscientes del territorio pues la geología es el puente entre la tierra y la sociedad

La investigación y continuo monitoreo de los LIG es esencial para comprender la dinámica de la Tierra y su evolución, por lo que los LIG de denominación de muy alto valor al no ser considerados conforme a la reglamentación harán parte de un catálogo general de geotopos y servirán de insumo para eventuales investigaciones científicas. Fomentar la colaboración interinstitucional para asegurarnos del trabajo conjunto hacia un objetivo en común. La geoética y responsabilidad social permite considerar implicaciones sociales, económicas y ambientales de nuestras acciones y asegurarnos de que la misma sea de forma responsable y sostenible no sobreponiendo los intereses económicos sobre los bienes naturales.

## **7. Conclusiones**

En este estudio se utilizó la Guía Metodológica de Valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico Inmueble expuesta por el Servicio Geológico Colombiano (2018), que permitió identificar, evaluar y clasificar 15 LIG conforme su valor patrimonial, educativo y cultural en el

municipio de San Gil, en cuanto a su utilidad en el ámbito científico un 6% de los geotopos analizados se considera como el único identificado con un valor de importancia debido a la cantidad de elementos y procesos geológicos que se han estudiado y presenta a disposición para la investigación en cuanto a este aspecto, un 27% corresponde a los sitios que exhiben una amplia geodiversidad como de atributos convenientes para ser empleados en materia de geoeducación, mientras que el 67% relativo al entorno recreativo asociado principalmente a la denominación del área de estudio como capital turística y la existencia de turismo organizado en el lugar.

Su caracterización, cartografía e inventariado logró una perspectiva integral de la distribución y características de los LIG, se encontró que para cuatro de los geotopos estudiados se sugiere su declaración como Bien de Interés Geológico y Paleontológico Inmueble perteneciente a una Zona de Protección Geológica y Paleontológica (ZPGP) y su respectiva inclusión en el Inventario Nacional Geológico y Paleontológico (INGEP), para con esto promocionar la apropiación del Patrimonio Geológico Local y por consiguiente la adecuada gestión en cuanto a la toma de decisiones en términos de geoconservación; mediante el diagnóstico detallado de cada geotopo se estableció que el 33% precisa medidas de geoconservación a medio o largo plazo frente a las actividades antrópicas que susciten afecciones a su integridad.

Finalmente, se han identificado organismos clave como entidades gubernamentales, organizaciones ambientales, instituciones educativas y operadores turísticos, asimismo áreas específicas que con el trabajo mancomunado permiten impulsar iniciativas que posibilitan la implementación de estrategias educativas como espacios propicios para la divulgación científica en términos de geoconservación y desarrollo sostenible desde una perspectiva geoética,

fomentando plenamente la interpretación de la dinámica territorial y los procesos geológicos involucrados para promover la conciencia sobre la importancia del Patrimonio Geológico.

### Referencias Bibliográficas

- Alcaldía Municipal de San Gil. (2020). Plan de desarrollo municipal 2020-2023.
- Almeida, A., & Vasconcelos, C. (2015). Geoethics: Master's Students Knowledge and Perception of Its Importance. *Res. Sci. Educ*, Springer, 45, 889-906.
- Andreu, J. M., Calaforra, J. M., Cañaveras, J. C., Cuezva, S., Durán, J. J., Garay, P., ... & Sánchez Moral, S. (2016). Karst: un concepto muy diverso. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 24(1).
- Aceró, D., Velandia, F., & Ramírez, J. (2007). Geoespeleología en el NW de la provincia Guanentina, departamento de Santander. *XI Congreso Colombiano de Geología, Bucaramanga*.
- Acevedo, R. D., & Frías, J. M. (2018). Capítulo V. Colombia. *Geoethics in Latin America*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Archila, A., & Cañas, A. (2021). Inventario del Patrimonio Geológico Inmueble de la Mesa de Los Santos (Santander). Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- Arouca Declaration. (2011). Declaration made at the International Congress of Geotourism at Arouca Geopark, Portugal.
- Asul GIS. (2020). Tipos de relieve [Ilustración adjunta]. Facebook. Recuperado de: [https://m.facebook.com/ASULGIS/photos/a.915087788679574/1326303350891347/?type=3&source=57&\\_\\_tn\\_\\_=EH-R](https://m.facebook.com/ASULGIS/photos/a.915087788679574/1326303350891347/?type=3&source=57&__tn__=EH-R)

- Atuesta-Ortiz, D. (2018). Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica del contacto entre las formaciones Rosablanca y Paja en la Mesa de Barichara, Santander. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado. Bogotá, Colombia.
- Ayuga, J. G. R., Sendra, J. B., Malpica, J. A., Vázquez, F. M., Mourón, A. D., Sanz, M. L. S., & Martínez-Frías, J. (2015). Aspectos geotéticos en la docencia del ordenamiento y la gestión del territorio. *Ciencias Espaciales*, 8(1), 110-125.
- Barajas, D., & Gelvez, J. (2019) Geoespeleología y geoturismo en cavernas de El Peñón (Santander): Conocimiento y alternativas para la geoconservación de Sistemas Kársticos. Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- Benton, M., Nemeth, K., Markovic, S., & Vasiljevic, D. (2020). Geoconservation in the Capathian Area. *Geoconservation Research*, 3(2), 1-7. g
- Bernal, J., Barreto, B., Solano, C., & Labarca, R. (2017). El itinerario geográfico. Una estrategia para el cuidado y preservación del paisaje litoral en la Península de Paraguaná, estado Falcón-Venezuela.
- Betancurth, L. (2003). El patrimonio geológico-minero del eje cafetero cuenca del Rio Chinchiná – Colombia. *Geológico y Minero en el Contexto del Cierre de Minas*, 149.
- Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review *Geoheritage*, 8(2), 119–134.
- Brilha, J. (2018). Geoheritage: inventories and evaluation. In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), *Geoheritage: Assessment, Protection and Management*. Elsevier, Ámsterdam, pp.6986.

- Brilha, J., Gray, M., Pereira, D. I., y Pereira, P. (2018). Geodiversity: An integrative review as a contribution to the sustainable management of the whole of nature. *Environmental Science and Policy*, 86, 19-28.
- Brocx, M., & Semeniuk, V. (2007). Geoheritage and geoconservation-history, definition, scope, and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90(2), 53-87.
- Caballero, V., Parra, M., & Bohórquez, A. R. M. (2010). Levantamiento de la Cordillera Oriental de Colombia durante el Eoceno tardío–Oligoceno temprano: proveniencia sedimentaria en el sinclinal de Nuevo Mundo, cuenca Valle Medio del Magdalena. *Boletín de Geología*, 32(1), 45-77.
- Calonge, A., Fermeli, G., Meléndez, G., Carvalho, C. N., & Rodrigues, J. (2013). Geoschools, la importancia de las geo-rutas en la enseñanza de la geología. *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*, 495-504
- Castellanos, J., & Gutiérrez, D (2006). Caracterización geológica y caracterización estratigráfica, de la zona comprendida entre los municipios de San Gil, Villanueva y Aratoca (Departamento de Santander), con fines hidrogeológicos. Universidad Industrial de Santander. Trabajo de grado. Bucaramanga, Colombia.
- Carcavilla Urquí, L. (2006). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos.
- Carcavilla, L., Durán, J.J., & López-Martínez, J. y. (2007). Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Serie Cuadernos del Museo Geominero. 7. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid

- Carcavilla, L., Durán, J. J., & López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10(2008), 1299-1303. *Geo-Temas*, 10, 1299-1303. *VII Congreso Geológico de España*. Las Palmas de Gran Canaria.
- Carcavilla, L., Delvene, G., Diaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A., & Vegas, J. (2014). Geodiversidad y Patrimonio Geológico. Instituto Geológico y Minero de España. 21 p. Madrid. (Ed.), Parques Nacionales.
- Carcavilla U, L., Martínez J, C., & García C, Á. (2015). Guía de buenas prácticas para la gestión del Patrimonio Geológico y Paleontológico de Colombia. (1ª ed., pp. 1-59). Bogotá, Colombia: Servicio Geológico Colombiano
- Cediel, F (1968). El grupo Girón una molasa Mesozoica de la Cordillera Oriental. *Boletín geológico*, XVI, 15-88.
- Cediel, F., R. P. Shaw, & C. Cáceres, (2003). Tectonic assembly of the Northern Andean Block, in C. Bartolini, R. T. Buer, & J. Blickwede, eds., *The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin*.
- Cendrero, A. (1996). Propuesta sobre criterios para la clasificación y catalogación del Patrimonio Geológico. El patrimonio geológico: Bases para su valoración, protección, conservación y utilización (pp.17-38). *Madrid: Ministerio de Obras Públicas Transportes y Medio Ambiente (MOPTMA)*.
- Cetina, L. M., Velandia, F., & Patiño-Sanabria, H. A. (2019). Análisis de deformación al occidente del Anticlinorio de Los Yariguíes-Cordillera Oriental de Colombia. *Boletín de Geología*, 41(3), 31-56.

- Chan, K. M., Balvanera, P., Benessaiah, K., Chapman, M., Díaz, S., Gómez-Baggethun, E., ... & Turner, N. (2016). Why protect nature? Rethinking values and the environment. *Proceedings of the national academy of sciences*, 113(6), 1462-1465.
- Chen, A., Lu, Y., & Ng, Y. C. (2015). *The principles of geotourism*. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
- Colegial, J. D., Piscioti, G., & Uribe, E. (2002). Metodología para la definición, evaluación y valoración del patrimonio geológico y su aplicación en la geomorfología glaciar de Santander (Municipio de Vetas). *Boletín De Geología*, 24(39), 121–134.
- Corporación Autónoma y Regional de Santander. (2016). *Plan de acción 2016-2019: Ecosistemas y áreas protegidas*.
- Crofts, R., Gordon, J. E., Brilha, J. B., Gray, M., Gunn, J., Larwood, J., & Worboys, G.L (2020). Guidelines for geoconservation in protected and conserved areas.
- Declaración Internacional de Digne 1993. Actes du Premier Symposium International sur la Protection du Patrimoine (Digne, France, 1991). *Memoires de la Societé de Geologique de France. Nouvelle Serie* N° 1165, 276 p. París.
- Decreto 1353 de 2018. Por medio del cual se establece la guía “Metodología de valoración de Patrimonio Geológico y Paleontológico inmueble”. *Servicio Geológico Colombiano*. (GU-GEO-MVP001).
- Dengo, C. A., & Covey, M. C. (1993). Structure of the Eastern Cordillera of Colombia: implications for trap styles and regional tectonics. *AAPG bulletin*, 77(8), 1315-1337.
- Dunham, R. J. (1962). Classification of carbonate rocks according to depositional textures.

- Etayo-Serna, F. (1964). Posición de las faunas en los depósitos Cretácicos colombianos y su valor en la subdivisión cronológica de los mismos. *Boletín de Geología*, (16-17), 5-142.
- Etayo-Serna, F., & Pava, A. (1985). *Proyecto Cretácico: contribuciones* (Vol. 16). República Colombia, Ministerio de Minas y Energía, Instituto Nacional de Investigaciones Geológico-Mineras.
- Etayo-Serna, F., Arenas, D. M., Sánchez, G. M., Melo, R. T., & Ospitia, G. G. (2020). Estudios geológicos y paleontológicos sobre el Cretácico en la región del embalse del río Sogamoso, Valle Medio del Magdalena. *Libros del Servicio Geológico Colombiano*.
- Farsani, N. T., Coelho, C., & Costa, C. (2013). Rural geotourism: A new tourism product. *Acta Geoturística*, 4(2), 1-10.
- Folk, R. L. (1954). The distinction between grain size and mineral composition in sedimentary-rock nomenclature. *The Journal of Geology*, 62(4), 344-359.
- Folk, R. L. (1962). Spectral subdivision of limestone types.
- Ford, D. (1988). Characteristics of dissolutional cave systems in carbonate rocks. En: James, N. P., & Choquete, P. W. (Eds.) *Paleokarst*. Springer-Verlag: 25-57.
- Galvis-Gómez, M. (2018). Mapa del potencial kárstico del departamento de Santander, Colombia. Universidad Militar Nueva Granada. Tesis de maestría. Bogotá, Colombia.
- Galvis Muñoz, M. A. (2016). San Gil territorio cultural y natural proyecto centro ecoturístico “La Lomita de Guanentá”. Pontificia Universidad Javeriana. Tesis de grado. Bogotá, Colombia.
- García-Cortés, Á., & Carcavilla, L. (2013). *Propuesta para la actualización metodológica de Lugares de Interés Geológico*.

- Gómez-Guerrero, M., Valentin, C., Cabrera, N., Vivas, D., & Salgado, E. (2017) Estado del arte del Patrimonio Geológico Colombiano. XVI Congreso Colombiano de Geología. III Simposio Exploradores Geología Sociedad y Territorio, 1145-1152
- Gómez, M., & Salgado, E. (2017). Guía para reconocer objetos de patrimonio geológico y paleontológico. *Servicio Geológico Colombiano (SGC), Bogotá, Colombia.*
- González, J. L., & Martínez-Frías, J. (2011). Geoética: un reto para la deontología profesional. *Tierra y tecnología, 39*, 62-66
- González-Tejada, C., Quintero-Marín, J.E., Restrepo-Moreno, S., & Marín-Cerón, M.I (2022). Introducción: Ambivalencias de la Geoconservación entre intereses científicos y de apropiación social del patrimonio geológico. 6-13. En: Gómez-Guerrero, M.; González-Tejada, C.; Marín-Cerón, M.I.; Betancurth-Montes, G.L.; Restrepo-Moreno, S., Rendón-Rivera, A. *Geoconservación en Colombia: Aproximaciones teórico-prácticas*. Editorial CTA, Medellín. 193 pp.
- Goudie, A. S. (2020). Waterfalls: forms, distribution, processes and rates of recession. *Quaestiones Geographicae, 39*(1), 59-77.
- Gray, M. (2013). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*, 2<sup>nd</sup> Ed. Wiley Blackwell, Chichester.
- Gray, M. (2018). Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation. In *Geoheritage Assessment, Protection, and Management*. Chapter 1. Editor(s): Emmanuel Reynard, José Brilha. 2018, 13-25. Elsevier. ISBN 9780128095317

- Hernández, C., & Rodríguez, S. (2020). Valoración del Patrimonio Geológico en el Municipio de Mogotes sureste de Santander. Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- Herrera-Franco, G., Montalván-Burbano, N., Carrión-Mero, P., Apolo-Masache, B., & Jaya-Montalvo, M. (2020). Research trends in geotourism: A bibliometric analysis using the scopus database. *Geosciences*, 10(10), 379.
- Hose, T. (2012). A 3G's for Modern Geotourism. *Geoheritage*, 4(1), 7-24.
- Hubach, E. (1953). Carbón del Páramo del Almorzadero y carbón y fuentes de agua sal de Molagavita en el departamento de Santander. *Boletín Geológico*, 1(5), 1-13.
- IAPG. (2012). *Constitution of the International Association for Promoting Geoethics*.
- IDEAM. (2007). Unidades Geomorfológicas del Territorio Colombiano. *Ministerio del Medio Ambiente Republica de Colombia*. Santa Fe de Bogotá.
- INGEOMINAS. (1980). Geología de las planchas 135 San Gil y 151 Charalá: Departamento de Santander. *Boletín Geológico*.
- INGEOMINAS (1985). Geología de la plancha 135 San Gil.
- INGEOMINAS-UIS. (2007). Proyecto de investigación geológica e hidrogeológica en la región central del Departamento de Santander: memoria explicativa de la investigación geológica e hidrogeológica en la zona Guanentina, Tomo II.
- Institute, A. G. (2016). *Geoscience for America's Critical Needs Invitation to a National Policy*.
- IUGS-COGE. (2012). International Union of Geological Science Commission on Geoscience Education, Training and Technology Transfer.

- Joyce, E. B. (2006). Geological heritage of Australia: selecting the best for Geosites and World Heritage and telling the story for geotourism and Geoparks. *ASEG Extended Abstracts*, 2006(1), 1-4.
- Julivert, M., Barrero, D., & Navas, J. (1964). Geología de la mesa de Los Santos. *Boletín de Geología*, (18), 5-11.
- Julivert, M. (1968). Lexique Stratigraphique International Amérique Latine: Colombie, v. 5, fascicule 4a: Paris, Centre National de la Recherche Scientifique. *Anatole-France, Paris*.
- Kanellopoulou, G. (2015). The challenge of geotourism in Greece: geocultural routes in Zagori region (NW Greece). In *IMIC, 1st International Conference on Experiential Tourism* (pp. 9-11).
- Laverde, F., & Clavijo, J. (1985). Análisis facial de la Formación Los Santos, según el corte de “Tú y Yo” (Zapatoca). En *Proyecto Cretácico, Contribuciones*, editado por Etayo-Serna y Laverde. Publicaciones Geológicas Especiales 16. Bogotá: INGEOMINAS.
- Lubchenco, J., Barner, A. K., Cerny-Chipman, E. B., & Reimer, J. N. (2015). Sustainability rooted in science. *Nature Geoscience*, 8(10), 741–745.
- Manco Jaraba, D. C., & Valdivieso, G. (2018). Descripción de los impactos ambientales en la cueva Antigua de San Gil, departamento de Santander (Colombia). *I Congreso Colombiano de Espeleología y VIII Congreso Espeleológico de América Latina y el Caribe*. San Gil, Colombia.
- Marín, E. Q., & Ríos, B. E. (2019). Geoturismo en Colombia. Propuestas para la reserva privada Ecolodge El Almejal, Bahía Solano, Departamento del Chocó, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de grado. Medellín, Colombia.

- Martin, S. (2012). Valoriser le géopatrimoine par la médiation indirecte et la visualisation des objets géomorphologiques. Doctoral dissertation. Université de Lausanne, Faculté des géosciences et de l'environnement. Lausanne, Suiza.
- Martínez, E. (2017). Importancia de las rutas geológicas en la educación en Geociencias. *Tierra y tecnología: revista de información geológica*, (49), 2.
- Martínez-Rosas, J. L. (2014). Geoeducación y cultura. Una aproximación a las articulaciones entre educación, cultura y globalización en el sistema-mundo. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tesis doctoral. Pachuca de Soto, México.
- Mata-Perelló, J. M., Restrepo-Martínez, C., Mata-Lleonart, R., & Vintro-Sánchez, C. (2012). Social geology: A new perspective on geology. *DYNA (Colombia)*, 79(171), 158–166.
- Ministerio de Minas y Energía (2018). Decreto 1353 de 31 de Julio 2018.
- Molina, J., & Mercado, M. (2003). Patrimonio geológico minero y geoturístico. Enfoque conceptual y de casos en Colombia. *Patrimonio Geológico y minero en el contexto del Cierre de Minas. Rio de Janeiro*, 169-185.
- Monroe, W. H. (1970). *A glossary of karst terminology*.
- Morales, J. (1992). Manual para la interpretación ambiental en áreas silvestres protegidas, basado en los resultados del Taller sobre Interpretación Ambiental en Áreas Silvestres Protegidas. En: *Taller sobre Interpretación Ambiental en Áreas Silvestres Protegidas 6-12 Dic 1988. Osorno (Chile)* (No. FAO 333.95 T147 1988). FAO, Santiago (Chile). Oficina Regional para América Latina y el Caribe PNUMA, Santiago (Chile).

- Moreno, J. A. L., & Carrillo, M. D. L. (2017). Estudio del Patrimonio Geológico con fines educativos: un ejemplo en la geología de la provincia de Guadalajara. *PULSO. Revista de Educación*, (40), 135-158.
- Moreno, G., & Sarmiento, G. (2002). Estratigrafía Cuantitativa de las Formaciones Tablazo y Simití en las localidades de Sáchica (Boyacá) y Barichara-San Gil (Santander), Colombia. *Geología Colombiana*, 27, 51-74.
- Morales, L., Podesta, D., Hatfield, W., Tanner, H., Jones, S., Barker, M., O'Donoghue, D., Moler, C., Dubois, E., Jacobs, C., & Goss, C. (1958). *General geology and oil occurrences of the Middle Magdalena Valley, Colombia: Habitat of Oil*.
- Nemec, V. (2013). Geoethics: history and further development. In *EGU General Assembly Conference Abstracts*.
- Newsome, D., & Dowling, R. (2018). Geoheritage and geotourism. In *Geoheritage* (pp. 305-321). Elsevier.
- Oviedo, L. G., & Baquero, A. E. (2012). Hallazgo de yacimientos de sales de potasio en Colombia. *Boletín de Geología*, 34(1), 57-65.
- Parques Nacionales Naturales de Colombia. (2020). Registro Único Nacional de Áreas Protegidas.
- Patarroyo, P. (1997). Barremiano Inferior en la base de la Formación Paja, Barichara, Santander-Colombia. *Geología Colombiana*, 22, 135-138.
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2015). *Geoethics, the Role and Responsibility of Geoscientists*. London: Geological Society of London.

- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2016). Geoethics: Ethical, social, and cultural values in geosciences research, practice, and education. *Geological Society of America Special Papers*, 520.
- Peppoloni, S., & Di Capua, G. (2017) Geoethics: Ethical, Social and Cultural Implications in Geosciences. In Di Capua, G., Peppoloni, S., Bobrowsky, P. T., & Cronin, V. S (Eds), *Geoethics at the Heart of All Geoscience*. *Annals of Geophysics*, 60(7).
- Peppoloni, S., Bilham, N., & Capua, G. D. (2019). Contemporary geoethics within the geosciences. In *Exploring geoethics* (pp. 25-70). Palgrave Pivot, Cham.
- Pettijohn, F. J., Potter, P. E., & Siever, R. (1973). *Sand and sandstone*. Springer -Verlag New York.
- Piscotti, G. (2001). Inventario y Catalogación del Patrimonio Geológico aplicada al Patrimonio Geomorfológico Glaciar de Santander. Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- Posada-Monsalve, S. (2019). Hoja de ruta para el departamento de Ciencias de la Tierra: Geología para la Sostenibilidad. Universidad EAFIT. Tesis de grado. Medellín, Colombia.
- Poch, J. (2019). Revisión y propuesta de mejora del modelo de gestión de la geodiversidad de los geoparques mundiales de la UNESCO.
- ProGEO. (1999). The European Association for the Conservation of Geological Heritage
- Pulido, O. (1979). Geología de las Planchas 135 San Gil, y 151 Charalá; Departamento de Santander. Informe N°1802. *Ministerio de Minas y Energía Instituto de Investigaciones Geológico-Mineras*.

- Quintero, J. E., Restrepo-Moreno, S., & Marín-Cerón, M. I. (2022). Capítulo 1: Estado del Arte de la Geodiversidad, el Patrimonio Geológico y la Geoconservación: Perspectivas para Colombia. 14-27. En: Gómez-Guerrero, M.; González-Tejada, C.; Marín-Cerón, M.I.; Betancurth-Montes, G.L.; Restrepo-Moreno, S., Rendón-Rivera, A. *Geoconservación en Colombia: Aproximaciones teórico-prácticas*. Editorial CTA, Medellín. 193 pp.
- Ramírez, A. R. (2019). Análisis del inventario cultural y natural de la Provincia de Guantán. *Revista Unisangil Empresarial*, 8.
- Resolución 068 de 2005. Por la cual se adopta como único datum oficial de Colombia el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: MAGNA-SIRGAS.
- Ríos Rodríguez, N. (2018). Cartografía de lugares de interés geológico-geomorfológico en Extremadura. Universidad de Extremadura. Tesis de grado. Extremadura, España.
- Ríos, C. A., Amorocho, R., Villarreal, C. A., Mantilla, W., Velandia, F. A., Castellanos, O. M., ... & Briggs, A. (2020). Chicamocha Canyon Geopark project: A novel strategy for the socioeconomic development of Santander (Colombia) through geoeducation, geotourism and geoconservation. *International Journal of Geoheritage and Parks*, 8(2), 96-122.
- Ríos, C. A., Mantilla, E., Lozada, M., Gutiérrez-Quintero, B., Prada, C., Cabeza, A., Jaimes, P., Jaimes-Sepúlveda., Sevillano, D., & Zafra-Otero, D. (2018). Geoeducación inclusiva como estrategia para la enseñanza de las geociencias. *II Congreso Internacional de Educación Inclusiva y Atención a la Diversidad, Bucaramanga*.
- Rivera, A. D. J. R., Arroyave, Á. M. H., & Cachaya, J. G. O. (2013). Propuesta metodológica para la valoración del patrimonio geológico, como base para su gestión en el Departamento de Antioquia–Colombia. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, (33), 85-92.

- Robinson, A. M. (2008). Geotourism: Who is a geotourist. In *Proceedings of the Inaugural National Conference on Green Travel, Climate Change and Ecotourism, Adelaide, Australia* (pp. 909-923).
- Roser, M. (2019). The short history of global living conditions and why it matters that we know it. *Our World In Data [Internet]*, 1-6.
- Royero, G. J. M., & Clavijo, J. (2001). Mapa geológico generalizado del departamento de Santander, Escala 1: 400.000. *Memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá, Colombia*.
- Serrano, E., & Ruiz-Flaño, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62(3), 140-147.
- SECTUR (2004). Guía para el diseño y operación de senderos interpretativos. México.
- Sharples, C. (2002). Concepts and principles of geoconservation. Hobart, Australia: Tasmanian Parks & Wildlife Service.
- Slymaker, O., Spencer, T., & Embleton-Hamann, C. (Eds.). (2009). *Geomorphology and global environmental change*. Cambridge University Press.
- Stürm, B. (1994). The geotope concept: geological nature conservation by town and country planning. *From: O'Halleron, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M. & Knill, J. (Eds), Geological and Landscape Conservation. Geological Society, London, 27-31*.
- Tarbuck, E. J., Lutgens, F. K., Tasa, D., & Cientificias, A. T. (2005). *Ciencias de la Tierra* (Vol. 1). Madrid: Pearson Educación.
- Tavera Escobar, M. Á., Estrada Sierra, N., Errázuriz Henao, C., & Hermelin, M. (2017). Georutas o itinerarios geológicos: un modelo de geoturismo en el Complejo Volcánico Glaciar Ruiz-

- Tolima, Cordillera Central de Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 26(2), 219-240.
- Theodossiou-Drandaki, I. (2007). En: Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos (p.17). Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Madrid, 360 P.
- Torres, J. D., & Villabona, G. (2020). Definir, evaluar y valorar el patrimonio geológico del municipio de Barichara con potencial Geoeducativo, geoconservación y turísticos. Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- UNESCO. (1972). Convention concerning the protection of the world cultural and natural heritage. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (1999). Operational Guidelines for Implementation of the World Heritage Convention. UNESCO World Heritage Centre, París, France, 38pp.
- Valderrama, E. (2015). Guía para la implementación de senderos interpretativos en áreas rurales. Caso: Sendero interpretativo en la Vereda Cañonegro del Municipio de Santa María-Boyacá. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Trabajo de grado. Duitama, Colombia.
- Vargas, M. (2018). Contribución al desarrollo de estrategias de geoconservación en Colombia: un método para promover el inventario nacional de patrimonio geológico. Universidad de do Minho. Tesis de maestría. Braga, Portugal.
- Vasconcelos, C., Schneider-VoR, S., & Peppoloni, S. (Eds.) (2020). *Teaching geoethics: Resources for higher education*. U.Porto Edigdes.

- Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, A., García de Domingo, A., & Ponce de León, D. (2012). Guía metodológica para la integración del patrimonio geológico en la evaluación de impacto ambiental. *IGME y MAGRAMA*.
- Winter, C. (2007). The intrinsic, instrumental and spiritual values of natural area visitors and the general public: A comparative study. *Journal of sustainable tourism*, 15(6), 599-614.
- Yepes, D., Daza. (2017). Patrimonio geológico. Identificación valoración y gestión de sitios de interés geológico en el municipio de los Santos, Santander, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- Zafeiropoulos, G., Drinia, H., Antonarakou, A., & Zouros, N. (2021). From geoheritage to geoeducation, geoethics and geotourism: A critical evaluation of the Greek region. *Geosciences*, 11(9), 381.
- Zafra-Otero, D (2019). Caracterización geoespeleológica de Sistemas Kársticos en Zapatoca (Santander) con fines de geoeducación y conservación caso: de las cavernas: el Nitro y las Alsacias. Universidad Industrial de Santander. Tesis de grado. Bucaramanga, Colombia.
- World Wildlife Fund (2017). A look of the Natural World of Colombia.