

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Influencia de los factores geológicos y geomorfológicos asociados a la explotación minera en la amenaza por remoción en masa del municipio de Lenguaque Cundinamarca mediante análisis espacial a escala básica.

Rocío Rincón Ardila

Yudy Alexandra Gómez Riaño

Trabajo de grado para optar por el título Ingeniero Civil

Dirigido por:

Carlos Eduardo Torres Romero

Ingeniero Civil, MIG

Universidad Santo Tomás

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Bogotá D.C

2021

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Nota de Aceptación

I.C. CARLOS ALBERTO GONZÁLEZ CAMARGO

Decano de Facultad

I.C. CARLOS EDUARDO TORRES ROMERO

Director Trabajo de Grado

I.C. JUAN MIGUEL SÁNCHEZ DURÁN

Jurado

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Agradecimientos

Las autoras expresan su agradecimiento a:

A la Universidad Santo Tomás y especialmente a los profesores de la Facultad de Ingeniería Civil por la formación académica adquirida durante el transcurso de nuestra carrera.

Al director, el Ingeniero Carlos Eduardo Torres Romero por brindarnos su confianza, su conocimiento y el apoyo incondicional durante la realización de este proyecto de investigación.

A quienes con su motivación a superarnos como personas y como profesionales apoyaron para el desarrollo de este trabajo final.

A todos los que de una u otra forma nos brindaron su apoyo, al director, jurados, a la alcaldía municipal de Lenguaque y sus funcionarios y a cada una de las personas que de forma directa o indirecta participaron en el desarrollo de este trabajo final.

Gracias a Dios y la vida por este nuevo triunfo.

Rocío Rincón Ardila

Yudy Alexandra Gómez Riaño

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Dedicatoria

A mis padres Mauricio Gómez Gómez y Fabiola Amanda Riaño Gómez por ser los principales motores de mis sueños, por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida y por haberme forjado como la persona que soy hoy en día, por enseñarme a no rendirme y luchar por todo lo que me propongo. Y a mi hermano Richar Yesid Gómez Riaño por su Compañía y apoyo día a día.

Yudy Alexandra Gómez Riaño

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Resumen

Las explotaciones mineras en Colombia para el siglo pasado se realizaban como una actividad de carácter tradicional y artesanal, sin tener en cuenta aspectos de gran importancia como lo son los daños ambientales, sociales y de seguridad. Debido a la geología del territorio colombiano y a su variedad de materiales las explotaciones mineras son una de las actividades económicas rentables tanto para industrias colombianas como para exportaciones; por lo cual surge la necesidad de desarrollar minería responsable, enfocada a minimizar los daños ambientales y garantizar la seguridad de sus trabajadores y a las comunidades que están involucradas tanto de forma directa como indirecta.

Este proyecto pretende identificar los factores geológicos, geomorfológicos, entre otros, presentes en el Municipio de Lenguaque, en donde se desarrollan actividades de minería subterránea de carbón, los cuales permiten evaluar las condiciones de riesgo del terreno y determinar las zonas con mayor amenaza por remoción en masa, así mismo, evaluar el grado de amenaza en el que se encuentran los puntos de explotación minera, utilizando la metodología de Mora Vahrson, la cual permite evaluar los factores condicionantes y detonantes, generando como producto final el mapa de amenaza del municipio, que posteriormente se relaciona con cada uno de los puntos mineros que se encuentran registrados para el año 2014, y de esta manera analizar la amenaza asociada con las actividades mineras.

Palabras clave: Amenaza, remoción, minería, metodología de Mora Vahrson, explotación.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

ABSTRACT

Mining operations in Colombia for the last century were carried out as a traditional and artisanal activity, without taking into account aspects of great importance such as environmental, social and security damage. Due to the geology of the Colombian territory and its variety of materials, mining operations are one of the profitable economic activities for both Colombian industries and exports; therefore, the need arises to develop responsible mining, focused on minimizing environmental damage and guaranteeing the safety of its workers and the communities that are involved both directly and indirectly.

This project aims to identify the geological and geomorphological factors, among others, present in the municipality of Lenguaque, where subway coal mining activities are developed, which allow us to evaluate the risk conditions of the terrain and determine the areas with greater threat due to mass removal, as well as to evaluate the degree of threat in which the mining points are located, using the Mora Vahrson methodology, which allows evaluating the conditioning and triggering factors, generating as a final product the hazard map of the municipality, which is then related to each of the mining points that are registered for the year 2014, and thus analyze the threat associated with mining activities

Key words: Threat, removal, mining, Mora Vahrson methodology, exploitation.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	15
2. ALCANCE DEL PROYECTO	16
3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
4. JUSTIFICACIÓN	19
5. OBJETIVOS.....	21
5.1 Objetivo General	21
5.2 Objetivos Específicos:	21
6. MARCO REFERENCIAL	22
6.1 Marco Geográfico Y Demográfico	22
6.1.1 Localización.....	22
6.1.2. Población.....	24
6.2 Marco Geológico: Geología De Lo Zona De Estudio	24
6.2.1. Hidrografía.....	29
6.2.2 Ecología	30
6.2.3. Clima.....	31
6.2.4. Geomorfología	31
6.3 Antecedentes de minería en la zona de estudio	37
7. MARCO CONCEPTUAL:.....	38

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

7.1 Amenaza:	38
7.2. Carbón:.....	38
7.3. Deslizamiento:	38
7.4. Estabilidad:	39
7.5. Exploración:	39
7.6. Explotación:	39
7.7. Falla:	39
7.8. Mina:	39
7.9. Mineral:.....	40
7.10. Morfología:	40
7.11. Talud:	40
7.12. Remoción en masa:	40
7.13. Riesgo:	40
7.14. Suelo:	40
7.15. Susceptibilidad:.....	40
7.16. Yacimiento mineral:.....	40
8. MOVIMIENTOS EN MASA - DESLIZAMIENTOS	41
8.1. Clasificación de Varnes	41

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

9. ESTADO DEL ARTE.....	44
9.1 Minería en Cundinamarca.....	44
9.2. Afectaciones causadas por la minería.....	45
9.2 Afectaciones de la minería en lenguazaque.....	49
10. METODOLOGÍA.....	54
10.1. Línea de investigación.....	54
10.2. Metodología.....	54
11. Metodología Mora Vahrson (Aplicación para el modelo de amenaza por remoción en masa)	55
11.1 Factores Condicionantes.....	58
11.1.1. Geología.....	58
11.1.2. Geomorfología.....	61
11.1.3. Cobertura vegetal.....	64
11.1.4. Pendiente.....	65
11.2. Factores detonantes.....	68
11.2.1. precipitación.....	68
11.2.2. sismicidad.....	70
12. DESARROLLO.....	74
12.1 Cronograma.....	74

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS	10
12.2. Recursos	74
13. RESULTADOS	75
14. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOCIAL	87
14.1. Pregunta 1.	90
14.3. Pregunta 3.	90
14.4. Pregunta 4.	91
14.5. Pregunta 5	91
14.6. Pregunta 6	92
14.7. Pregunta 7	92
14.8. Pregunta 8	93
14.9. Pregunta 9	93
14.10. Pregunta 10	94
15. CONCLUSIONES.....	95
16. RECOMENDACIONES.....	97
17. REFERENCIAS.....	98
18.ANEXOS.....	103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Provincia de Ubaté</i> -----	23
Figura 2. <i>Mapa municipio de Lenguaque Cundinamarca</i> -----	23
Figura 3. <i>Localización de las columnas en el Sinclinal Checua- Lenguaque</i> -----	26
Figura 4. <i>Páramo Rabanal, zona de protección ambiental</i> -----	30
Figura 5. <i>Topografía municipio de Lenguaque</i> -----	37
Figura 6. <i>Clasificación de deslizamientos</i> -----	43
Figura 7. <i>Mapa conceptual de deslizamientos según Cruden y Varnes (1996)</i> -----	44
Figura 8 <i>Mapa geológico de la zona de estudio</i> -----	60
Figura 9. <i>Geomorfología Municipio de Lenguaque</i> -----	63
Figura 10. <i>Cobertura Vegetal Vereda Resguardo</i> -----	64
Figura 11. <i>Cobertura Vegeta</i> -----	65
Figura 12. <i>Mapa de pendiente reclasificado según escala de rangos del IGAC</i> -----	68
Figura 13. <i>gráfica de precipitación media anual municipio de Lenguaque</i> -----	69
Figura 14. <i>Isoyetas de precipitación</i> -----	70
Figura 15. <i>Susceptibilidad de sismicidad en Colombia</i> -----	71
Figura 16. <i>Mapa de sismicidad del Municipio de Lenguaque Cundinamarca</i> -----	73
Figura 17. <i>Mapas ráster factores de susceptibilidad y detonantes</i> -----	73
Figura 18. <i>Mapa de ubicación de las minas</i> -----	75
Figura 19. <i>Ecuación Método Mora Vahrson ArcGIS</i> -----	76
Figura 20. <i>Mapa de amenaza por remoción en masa municipio de Lenguaque</i> -----	77
Figura 21. <i>Geoprocesamiento Buffw minas a 800 metros</i> -----	79

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 22. <i>Porcentaje de la amenaza en las zonas mineras con un área de aferencia de 800m</i> -----	79
Figura 23. <i>Zonas de acumulación minera con amenaza alta</i> -----	80
Figura 24. <i>Mapa de susceptibilidad de las minas</i> -----	86
Figura 25. <i>Certificación Alcaldía Municipal</i> -----	110
Figura 26. <i>Soporte Socialización Cartelera Municipal</i> -----	111
Figura 27. <i>Socialización secretaria de desarrollo rural minero y ambiental</i> -----	112

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Población total Lenguaque 2018</i>	24
Tabla 2. <i>Títulos mineros del departamento de Cundinamarca</i>	48
Tabla 3. <i>Distribución de materiales concesionados en la provincia de Ubaté, Cundinamarca según los títulos mineros</i>	49
Tabla 4. <i>Componente ambiental de las afectaciones mineras</i>	49
Tabla 5. <i>Componente social de las afectaciones mineras</i>	53
Tabla 6. <i>Componente económico de las afectaciones mineras</i>	54
Tabla 7. <i>Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento</i>	57
Tabla 8. <i>Clasificación Litológica</i>	58
Tabla 9. <i>Geología del municipio de Lenguaque</i>	59
Tabla 10. <i>Geomorfología del municipio de Lenguaque</i>	61
Tabla 11. <i>Rangos cobertura vegetal</i>	64
Tabla 12. <i>Clasificación de la pendiente del terreno según Mora Vahrson</i>	66
Tabla 13. <i>Reclasificación del factor pendiente, basado en IGAC</i>	67
Tabla 14. <i>Relación de estaciones con precipitación media anual (mm)</i>	69
Tabla 15. <i>Susceptibilidad municipio de Lenguaque</i>	71
Tabla 16. <i>Reclasificación sismicidad</i>	72
Tabla 17. <i>Rango sismicidad Municipio de Lenguaque</i>	72
Tabla 18. <i>Cronograma plan de trabajo año 2021</i>	74
Tabla 19. <i>Porcentaje de amenaza total</i>	77
Tabla 20. <i>Porcentaje de amenaza respecto a los puntos de explotación minera</i>	80

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Tabla 21. <i>Unidades geológicas amenaza alta (3)</i>	82
Tabla 22. <i>Geología de las minas en zona de amenaza 3</i>	83
Tabla 23. <i>Unidades geomorfológicas amenaza alta (3)</i>	84
Tabla 24. <i>Geomorfología de las minas en zona de amenaza 3</i>	85
Tabla 25. <i>Distribución de minas</i>	86
Tabla 26. <i>Tabla de amenaza para cada punto de explotación minera</i>	103

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: <i>índice de susceptibilidad</i> -----	55
Ecuación 2. <i>Ecuación Factores condicionantes</i> -----	56
Ecuación 3. <i>Factores detonantes</i> -----	56
Ecuación 4. <i>Amenaza</i> -----	56

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

1. INTRODUCCIÓN

Los procesos de remoción en masa son eventos relacionados principalmente a fenómenos naturales detonados por alteraciones a las condiciones originales de las rocas o del terreno donde se presentan; no obstante, las actividades de carácter antrópico, producto de las labores humanas, también generan cambios en las condiciones de estabilidad de los materiales que conforman la superficie, siendo así, las explotaciones mineras las actividades desarrolladas por el hombre que produce mayores cambios en dichas condiciones del suelo, dado que la exploración de una mina requiere procesos de voladura y alteraciones en la cobertura vegetal, los cuales influyen en las características geológicas y geotécnicas del suelo. (SGC, 2015)

Con el fin de evaluar las condiciones en que se encuentran las zonas de explotación minera y su posible influencia en la amenaza por remoción en masa, se analizarán los factores geológicos, sísmicos y climáticos de la zona, mediante la consulta de referentes históricos e información secundaria y la aplicación de la metodología Mora Vahrson para determinar la amenaza. Para corroborar la información es necesario representar la zona de estudio por medio del software ArcGIS, la cual permite operar la información mediante geoprocесamientos que brindan un grado de confiabilidad acertado a la hora de estimar los resultados basados en los datos recolectados inicialmente, además se contará con la opinión de la ciudadanía, para lo cual se realiza una encuesta con el fin de conocer la percepción de los habitantes frente al desarrollo de la minería en el municipio y las afectaciones que puedan presentarse tanto en el ámbito social como ambiental.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

2. ALCANCE DEL PROYECTO

Dado que la explotación minera es la principal fuente de economía del municipio e involucra a gran parte de la población, teniendo en cuenta que según el censo minero de Lenguaque (2014) se estima que en la zona de estudio podrían beneficiarse económicamente alrededor de 3000 trabajadores y sus familias, teniendo en cuenta que las fuentes de explotación minera de mayor influencia se encuentran en las veredas ramada, gachaneca, tibita y espinal. Por lo tanto, el proyecto busca identificar el comportamiento de los factores geológicos, geomorfológicos, de pendiente, cobertura vegetal, precipitación y sismicidad para determinar las zonas con mayor amenaza en el municipio. ya que es importante responder a la necesidad de información, suministrando recursos digitales de investigación abierta para la comunidad del sector y los entes gubernamentales con el fin de que se pueda distribuir este material para buscar planes de prevención de riesgo de desastres de manera oportuna para que se pueda garantizar tanto la seguridad de la población como el sustento económico.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La investigación resulta de la limitación de la información acerca de la situación de vulnerabilidad que se presenta en las zonas donde se desarrollan actividades mineras para determinar cómo afectan las alteraciones de la morfología del suelo causadas por la explotación minera en los procesos de remoción en masa del municipio de Lenguaque Cundinamarca.

El municipio de Lenguaque se encuentra ubicado al noroeste del departamento de Cundinamarca y a 116 km de Bogotá. De vocación minera de carbón tipo exportación, con lo cual se favorece tanto su economía local como la nacional, para contribuir al desarrollo de la región, con ello aporta cerca de \$197.000'000.000 COP. Cuenta con una población total de 10067 habitantes, principalmente campesinos, adicionalmente la provincia de Ubaté, en su conjunto, contribuye con cerca de 1,5 billones de pesos a la economía nacional (Estadísticas de Cundinamarca, 2011-2013).

Varios de los sectores más representativos de esta minería tradicional se encuentran en las veredas Tibita, Ramadas, Gachaneca y Espinales, en las cuales se encuentran zonas de reserva medioambiental y enfoques agropecuarios tradicionales y semitecnificados y solo un pequeño porcentaje tiene uso específico de zonas de minería e industriales, esto según el acuerdo 008 del 2000, donde se define el EOT del municipio, además se expone que en las veredas Tibita, Gachaneca los usos del suelo no son de enfoques relacionados a la explotación minera, por lo tanto, al ser una zona en donde se presentan altas labores de minería se encuentra en mayor estado de amenaza y vulnerabilidad.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Dado que el municipio de Lenguazaque es una zona de gran potencial minero existe una alta probabilidad de que sea más susceptible a procesos de remoción en masa, los cuales se generan debido a los factores geomorfológicos en el terreno detonados principalmente por factores antrópicos, ya que las labores mineras realizadas por el hombre generan modificaciones del entorno natural, como fracturaciones del suelo, las cuales se presentan por el uso de explosivos de voladura, cortes en el terreno y afectaciones a las corrientes subterráneas. Además de esto, los componentes naturales del terreno influyen en la amenaza por deslizamientos, puesto que estos dependen principalmente del tipo de suelo o roca, si hay presencia de fallas geológicas o procesos de meteorización, entre otros.

El desarrollo indebido de las actividades de explotación minera el Departamento, podrían causar graves e irreversibles impactos ambientales, los cuales generan grandes transformaciones al medio ambiente afectando el recurso hídrico, geológico y atmosférico, causando así contaminación de los cuerpos de agua por los residuos sólidos y vertimientos relacionados con esta actividad, generando alteraciones topográficos y geomorfológicos debido a la remoción de las capas superficiales del terreno, pérdida de recursos y especies y generación de emisiones atmosféricas contaminantes. (Contraloría de Cundinamarca, 2018, p.31)

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

4. JUSTIFICACIÓN

Este proyecto brinda una ventaja para el municipio de Lenguazaque Cundinamarca, mediante el desarrollo de mapas fuente de información sobre las amenazas que se puedan presentar por las actividades y enfoques del uso del suelo, ya que se podrá contar con acceso directo a información digital de manera más asequible, detallada y organizada acerca de los efectos generados por esta actividad que representa la mayor fuente de economía del municipio y de la cual se ven beneficiados gran parte de sus habitantes principalmente de la zona rural. Mediante las aproximaciones a las personas que se dedican a esta actividad, se estima que en la zona de estudio podrían beneficiarse económicamente alrededor de 4000 trabajadores y sus familias, según el informe de agosto de 2020 del Sisbén del municipio de Lenguazaque se tiene una población estimada 7331 habitantes en el municipio adicionalmente de los trabajadores de otros municipios que se desplazan hasta las zonas de explotación para desarrollar esta actividad (Sisbén agosto 2020).

Se busca apoyar a la administración municipal especialmente a la secretaría de planeación e infraestructura en su actividad social “Construyendo mi calle y mi vereda”, en donde se busca capacitar y concientizar a la población del municipio en los temas relacionados al uso del suelo según lo dispuesto en el esquema de ordenamiento territorial (EOT) y el enfoque que por tradición se ha dado en algunas de sus veredas, en procura de que la sociedad aprenda a reconocer, qué es el uso del suelo y cómo se debe disponer de éste de acuerdo a la normativa vigente del municipio (EOT, 2000), para que sea posible que las actividades de explotación se realicen de manera más responsable, controlada y sostenible, con la menor afectación del entorno

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

natural y con conciencia ambiental, resguardando las zonas de reserva natural que son de vital importancia. De igual manera mostrar cuales pueden ser las afectaciones que se generan por el uso inadecuado del terreno, de modo que sirva para generar una alerta a las autoridades locales y departamentales, que ayude a garantizar el debido manejo de los riesgos y así obtener un beneficio para gran parte de los trabajadores de las minas, quienes están expuestos a mayores peligros, pero asumen la responsabilidad con tal de llevar el sustento diario a sus familias.

El proyecto hace una contribución a la investigación y al desarrollo de nuevos instrumentos de recolección de datos, para lo cual es necesario hacer un estudio y caracterización de la zona, al identificar las condiciones del terreno, con el fin de optimizar la productividad, sin incrementar los riesgos que esta actividad genere. La investigación permite realizar control sobre las amenazas y puntos vulnerables y los efectos que se presentan por la explotación subterránea como lo son; la pérdida de estratigrafía, la pérdida de capas del terreno y las fallas en la estructura del suelo, lo cual se puede analizar mediante los mapas de amenaza y vulnerabilidad elaborados con sistemas de información geográfica (SIG), siendo esta una herramienta para la prevención de desastres en la zona, de manera que se mitiguen los riesgos oportunamente para garantizar la integridad de los habitantes, así como la operación de las actividades en las pequeñas y medianas empresas de las veredas.

Este estudio a futuro se puede proyectar para ser realizado con bases de datos actualizadas, con el fin de identificar más puntos de amenaza por remoción en masa y la situación de vulnerabilidad que pueda tener el municipio a la fecha y de esta forma apoyar la toma de decisiones en los comités respecto a la gestión del riesgo.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Analizar la influencia que tienen los factores geológicos y geomorfológicos asociados a la explotación minera sobre la amenaza por remoción en masa en el municipio de Lenguazaque.

5.2 Objetivos Específicos:

- Recolectar información necesaria para el análisis de los factores de estudio en la zonificación, mediante fuentes secundarias y otras investigaciones realizadas previamente.
- Generar mapas de amenaza y susceptibilidad mediante sistemas de información geográfica (SIG) teniendo en cuenta las variables geológicas y geomorfológicas del municipio de Lenguazaque.
- Determinar cómo influye la explotación minera en el grado de amenaza de la zona y los impactos de tipo social y ambiental que representa esta actividad para el municipio de Lenguazaque.

6. MARCO REFERENCIAL

6.1 Marco Geográfico Y Demográfico

6.1.1 Localización

El municipio de Lenguaque se encuentra localizado en la región andina, sobre la cordillera oriental, al norte del departamento de Cundinamarca, pertenece a la provincia Ubaté, la cual se conforma por diez municipios. Lenguaque se ubica en las coordenadas $5^{\circ} 18' 25''$ de latitud Norte y $73^{\circ} 42' 42''$ de longitud Oeste, a una distancia de aproximadamente 116 km de la ciudad de Bogotá y presenta una altitud de 2589 msnm. Cuenta con una extensión de 154 km², los cuales se dividen en 39 km² de área urbana y 115 km² de área rural, la cual se distribuye en 21 veredas; Paicagüita, Siatama, Ramada Alta, Ramada Flores, Arenosas, Chirvaneque, Resguardo, Espinal Alisal, Espinal Carrizal, Faracia Retamo, Faracia Pantanitos, Taitiva, La cuba, La glorieta, El Salto, Estancia Contento, Estancia Alisal, Tibita Hatico, Tibita Centro, Tibita El Carmen, y Gachaneca, Toda esta área rural es zona minera, ganadera y agrícola, caracterizada por pastizales y cultivos. El municipio de Lenguaque limita al norte del departamento de Cundinamarca con los municipios de Guachetá, Chocontá, Villapinzón y Suesca. Al oriente con el departamento de Boyacá, específicamente con el municipio de Ventaquemada, y al occidente con los municipios de Cucunubá y Ubaté. (EOT, 2000).

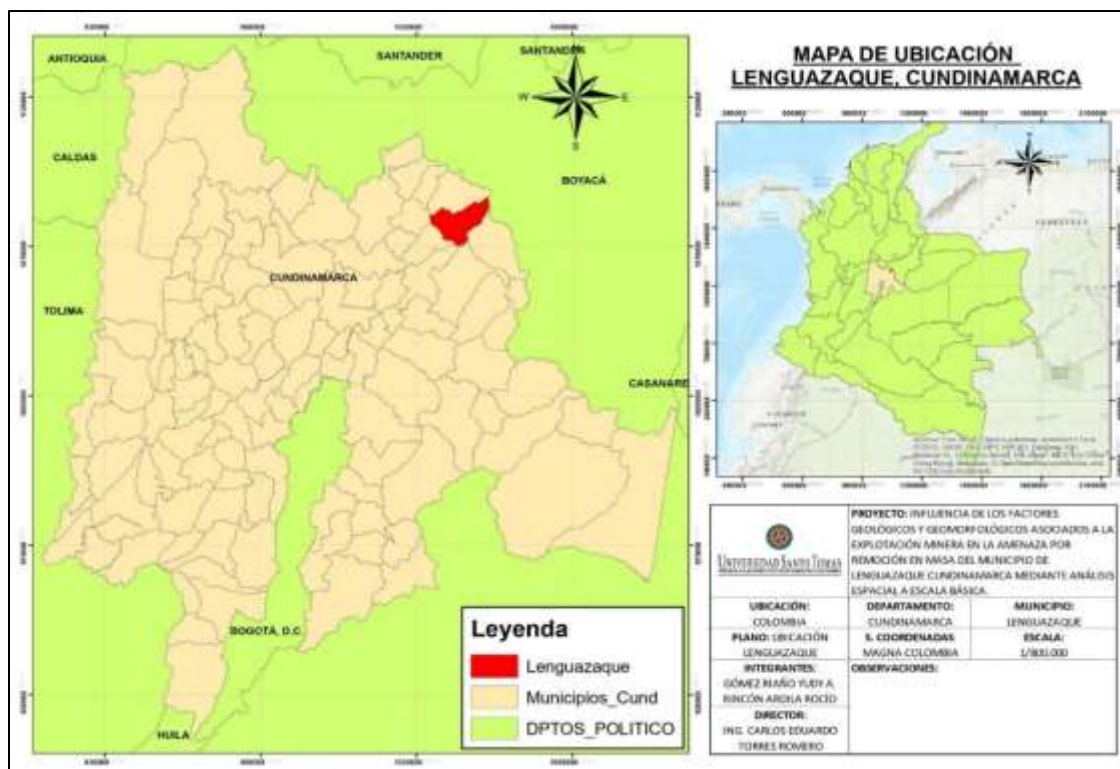
INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 1. Provincia de Ubaté



Fuente: (Gobernación de Cundinamarca Estadísticas básicas provincia de Ubaté, 2014).

Figura 2. Mapa municipio de Lenguaque Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

6.1.2. Población

Según el último registro del Dane, en su censo nacional de población y vivienda - CNPV del 2018 indica que la población total del municipio de lenguaзаque es de 10.080 habitantes y de acuerdo a las proyecciones del mismo, para 2021 la población aumentaría a 11.223 habitantes.

Tabla 1. *Población total Lenguaзаque 2018*

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	AÑO	ÁREA	HABITANTES
Cundinamarca	Lenguaзаque	2018	Cabecera Municipal	2,798
Cundinamarca	Lenguaзаque	2018	Centros Poblados y Rural Disperso	7,282
Cundinamarca	Lenguaзаque	2018	Total	10,080
Cundinamarca	Lenguaзаque	2019	Cabecera Municipal	2,950
Cundinamarca	Lenguaзаque	2019	Centros Poblados y Rural Disperso	7,474
Cundinamarca	Lenguaзаque	2019	Total	10,424
Cundinamarca	Lenguaзаque	2020	Cabecera Municipal	3,110
Cundinamarca	Lenguaзаque	2020	Centros Poblados y Rural Disperso	7,684
Cundinamarca	Lenguaзаque	2020	Total	10,794
Cundinamarca	Lenguaзаque	2021	Cabecera Municipal	3,514
Cundinamarca	Lenguaзаque	2021	Centros Poblados y Rural Disperso	7,709
Cundinamarca	Lenguaзаque	2021	Total	11,223

Fuente: (Departamento Administrativo Nacional De Estadística. DANE, 2018).

6.2 Marco Geológico: Geología De Lo Zona De Estudio

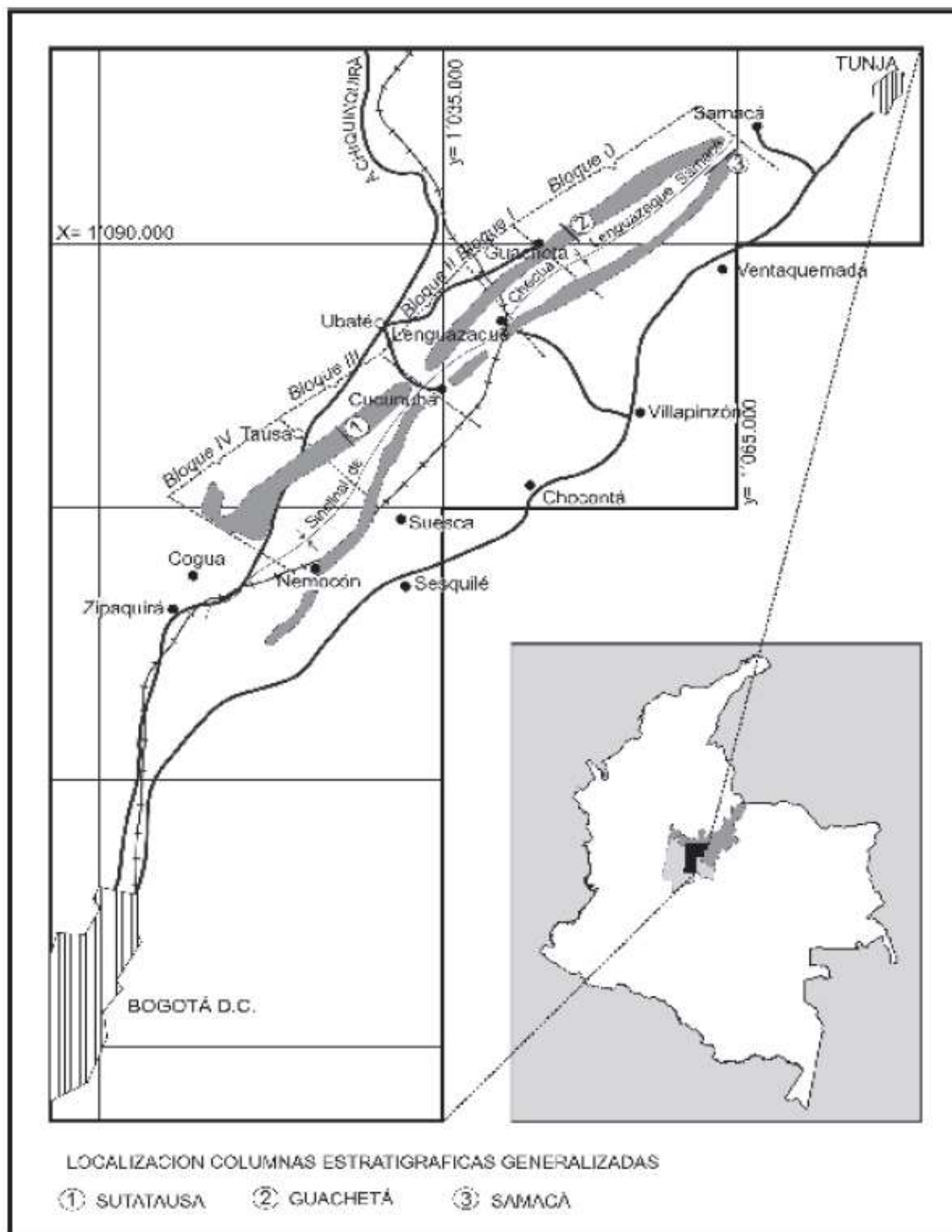
El municipio de Lenguaзаque, se encuentra sobre la Formación de Guaduas la cual hace parte de la cordillera oriental, más exactamente en el sinclinal Checua-Lenguaзаque que se caracteriza por ser una de las unidades productoras de carbón mineral en Colombia, la formación Guaduas está conformada por 9 segmentos los cuales se caracterizan por: según Sarmiento (1999):

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

El segmento 1 son predominantemente arcillolitas y lodolitas con lentes delgados a gruesos de limolita o arenita de cuarzo. El segmento 2 constituye la primera zona productora de carbón y está separada de los segmentos 1 y 3 por niveles arenosos; en general son lodolitas con contenidos variables de materia orgánica y mantos de carbón. El segmento 3, corresponde a la parte superior de la Arenisca La Guía de Hubach (1957) pero con intercalaciones de limolitas y lodolitas. El segmento 4 conforma el segundo sector productor de carbón, con abundantes lodolitas de contenidos variables en materia orgánica y algunos niveles arenosos intercalados. El contacto Superior fue definido donde terminan las lodolitas ricas en materia orgánica y de tonalidades oscuras generalmente. El segmento 5, constituido principalmente por arcillolitas rojizas y verdosas, tiene la particularidad de un relleno de material fino que podría indicar un evento a pequeña escala. El segmento 6 conforma el tercer nivel productor de carbón y asocia lodolitas con contenidos variables de materia orgánica; son comunes también las Lodolitas con lentes delgados de limolita o arenita de cuarzo. El segmento 7 en la parte inferior son lodolitas con baja cantidad de materia orgánica, en general rojizas y verdosas; hacia la parte media un último sector de ocurrencia de capas de carbón de espesores bajos con lodolitas lenticulares y varios niveles arenosos; en la parte superior son lodolitas rojizas y verdosas. El segmento 8, muy continuo regionalmente, son arenitas grano decrecientes inmaduras textural y composicionalmente. El segmento 9, es una sucesión de capas de lodolitas rojizas, moteadas y verdosas que le dan al paisaje un aspecto bandeado. En las lodolitas aparecen niveles arenosos menos desarrollados que los del segmento 8. (pp. 41- 42)

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 3. Localización de las columnas en el Sinclinal Checua- Lenguazaque



Fuente: (Sarmiento Pérez y Guatame, 2004)

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La geología que se encuentra en Lenguazaque está conformada por 8 unidades litoestratigráficas, las cuales se obtuvieron a partir de datos del Servicio Geológico Colombiano (SGC), con el fin de analizar la información litológica que conforma el municipio. Dichas unidades se describen a continuación, de acuerdo con su periodo y los materiales que las componen.

Periodo Cretácico inferior

Kich: (Areniscas de Chiquinquirá) “Consta de areniscas finas de cuarzo, de color gris claro, oscuro y negro, en capas delgadas a gruesas, con intercalaciones de lodolitas y limolitas” (INGEOMINAS, 2002, p. 48).

Periodo Cretácico superior

KPgg: (Formación Guaduas) “está compuesta por arcillolitas grises oscuras a negras en capas delgadas, con esporádicas intercalaciones de cuarzoarenitas y capas de carbón” (IDEAM, SGC, 2010).

Kscn: (Formación Conejo)

Conforma amplios valles de relieves suaves y consta, de base a techo de una sucesión de arcillolitas y lodolitas laminadas, a veces calcáreas, con intercalaciones de arcillolitas no calcáreas en capas delgadas a medias, limolitas de cuarzo y cuarzoarenitas de grano fino a medio, especialmente hacia el tope de la unidad. (INGEOMINAS, 2002, p. 51)

Ksg: (Grupo Guadalupe) “consta de paquetes de limolitas silíceas, gris claras en capas delgadas, con intercalaciones de chert, lodolitas gris claras físis y cuarzoarenitas de grano fino, color gris claro, en capas gruesas a muy gruesas” (IDEAM, SGC, 2010).

Periodo Terciario Paleógeno

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Pgb: (Formación Bogotá) Debido a sus particularidades litológicas esta Formación puede ser entendida en dos partes.

Una inferior constituida por una sucesión alternante de arenitas subfeldespáticas a sublitoarenitas, de grano medio a fino, color gris verdoso a gris azulado y hacia la base gris-café. Interestratificadas ocurren lodolitas y arcillolitas, color gris verdoso, con moteado gris claro y en menor proporción gris rojizo. La geometría de las capas es paralela a no paralela, con bases irregulares erosivas, estratificación cruzada en artesa y planar.

La parte superior está constituida por una sucesión alternante de arcillolitas y limolitas abigarradas, intercalado esporádicamente con capas de cuarzoarenitas, de grano medio a grueso, en capas muy gruesas. (INGEOMINAS, 2002, p. 66)

Pgc: (Formación Cacho) “Consta de areniscas de cuarzo, de grano medio a muy grueso y conglomeráticas localmente; presenta lentes de areniscas de grano fino a limolita e intercalaciones delgadas de lodolitas, formando escarpes relativamente fuertes, que destacan en el terreno” (INGEOMINAS, 2002).

Periodo Cuaternario

Qal: (Depósitos Aluviales)

Se constituyen por depósitos de los ríos y quebradas, que morfológicamente generan terrazas bajas y aluviones a lo largo del cauce de los ríos. Estos depósitos consisten en bloques redondeados y subredondeados, especialmente de arenisca y caliza, en una matriz no consolidada de arenas y arcillas. (INGEOMINAS, 2002, p. 65)

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Qc: (Depósitos Coluviales) Hacen parte del periodo Cuaternario y son depósitos que se caracterizan por tener una alta variedad de materiales no consolidados.

6.2.1. Hidrografía

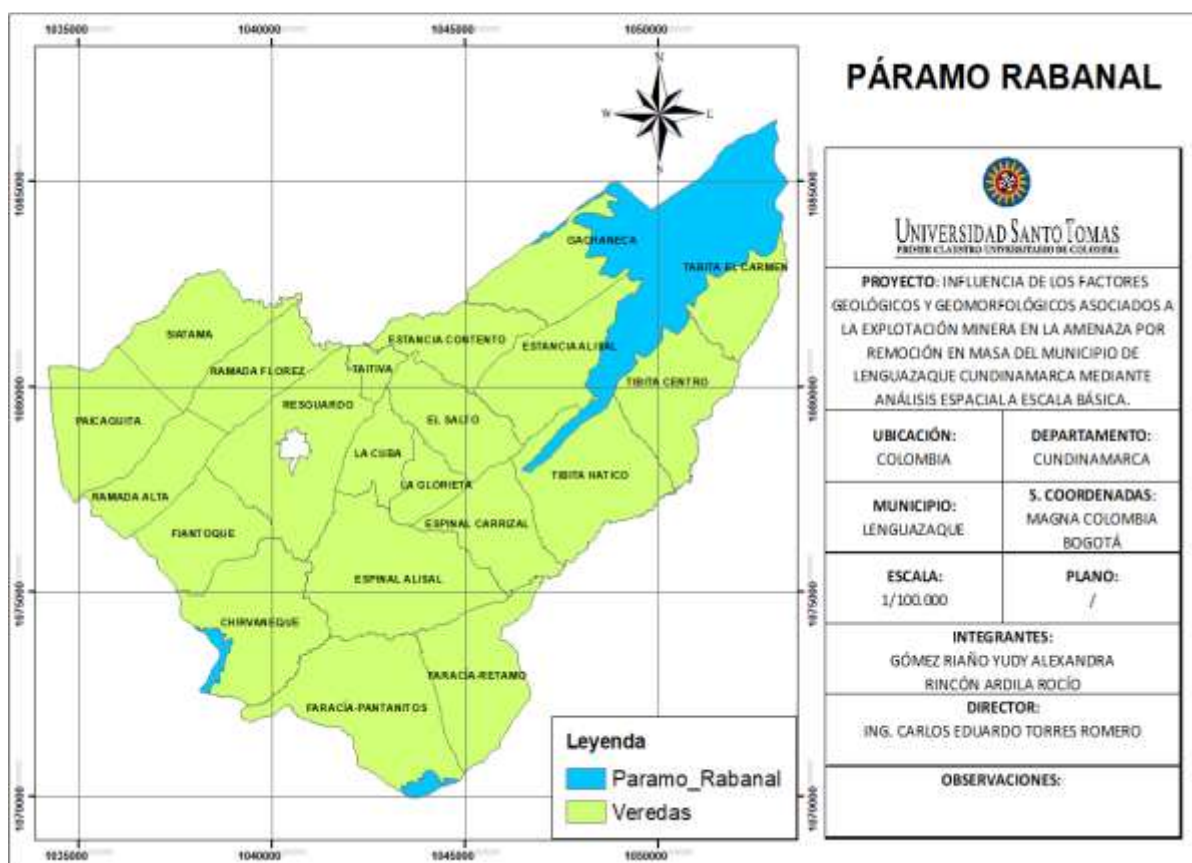
De acuerdo con el Plan de Desarrollo Municipal de Lenguazaque, 2020 - 2023

se estima que: Hidrográficamente, el territorio de Lenguazaque pertenece a la cuenca de los ríos Ubaté - Suárez, que integra la cuenca de la laguna de Fúquene, a su vez integradas por las subcuencas del río Lenguazaque, Laguna de Cucunubá, Ubaté - Sutatausa y del bajo Fúquene. Hidrológicamente el río Lenguazaque se distingue por ser segundo en importancia en la Estación Boquerón con un caudal promedio de 1.7 m³ /s. Sus principales valores ambientales son el Páramo Tibita (Centro, Hatico y El Carmen) peña Lisa (Vereda Tibita El Carmen), Laguna Verde; el páramo de rabanal con influencia directa en el municipio de Guachetá, también en las veredas de Gachaneca, Espinal, Faracia y en fin todas las que superan por su altitud los 2800 msnm.

En la jurisdicción de Lenguazaque, existe un polígono con "exclusión de explotación minera", no pueden de ninguna manera ejecutarse explotaciones mineras allí, la cual corresponde al Páramo del Rabanal, que se encuentra al noroeste del municipio de Lenguazaque, dicha área se localiza en las veredas de Tibitas, Gachaneca y Estancia Alisal.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 4. *Páramo Rabanal, zona de protección ambiental*



Fuente: *Elaboración propia, basado en datos SGC*

6.2.2 Ecología

La vegetación, topografía y hábitat conforman los paisajes de singular belleza y atracción turística: Paisaje de Altiplano: Se disfruta al entrar al municipio desde Ubaté una vía enmarcada por exuberantes árboles de eucalipto, pinos, acacias y sauces. Vía y árboles gigantes formen un techo verde sobre la vía, es el olor a campo viva el que disfruta quien hace este recorrido, grata sensación, armonía, placidez por su verde vivo, las haciendas, los hatos lecheros y a lo lejos la montaña. (Alcaldía de Lenguaque, 2020)

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

6.2.3. *Clima*

En Lenguaque, los veranos son largos, cálidos y secos, los inviernos son cortos y fríos y es mojado y nublado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 18 °C y rara vez baja a menos de 1 °C o sube a más de 20 °C. La precipitación media anual es 1216 mm No llueve durante 38 días por año, la humedad media es del 83% y el Índice UV es 4. (Alcaldía de Lenguaque, 2020)

6.2.4. *Geomorfología*

El municipio de Lenguaque presenta relieves bajos, planos y montañosos, todos correspondientes a la cordillera Oriental.

Las unidades geomorfológicas que se encuentran en el municipio se definen de acuerdo a sus geoformas y el ambiente en el que se desarrolla, como se describen a continuación teniendo en cuenta que el SGC, Servicio Geológico Colombiano & Universidad de Pamplona (2015) afirman que:

Ambiente Antrópico

Ac: (Canteras) Excavación escarpada con altura del orden decimétrico, de formas irregulares o en terracedos hechos en laderas para la extracción de materiales de construcción como piedra, arena y grava. Se incluyen en esta definición las excavaciones realizadas para la extracción de arcillas comúnmente llamadas chircales.

Ambiente Denudacional

Dlo: (Ladera Ondulada) Superficie en declive de morfología alomada o colinada, pendiente inclinada a escarpada, la longitud varía entre corta y muy larga. El patrón de

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

drenaje es subdendrítico a subparelo. Estas laderas se pueden formar en suelos residuales y depósitos coluviales.

Dlres: (Lomo residual) Elevación del terreno menor de 200 metros con morfología alomada y alargada, laderas cortas a moderadamente largas, convexas a eventualmente cóncavas y pendientes muy inclinadas a muy abruptas y con drenaje dendrítico, desarrollada de manera general, sobre materiales afectados por meteorización diferencial intensa

Dco: (Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión) Estructura en forma de cono o lóbulo con morfología alomada baja. Su origen es relacionado a procesos de transporte y depositación de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, embebidos en una matriz arcillosa a areno limo arcilloso.

Dct: (Cono de talus) Estructura en forma de cono o lóbulo localizada a la base de los escarpes. Presenta un ápice angosto y en los cambios de la pendiente extremos redondeados, laderas son longitudes cortas a medias, convexas a cóncavas hacia la parte distal. Su origen es relacionado a procesos de acumulación mecánica de bloques y fragmentos angulares heterométricos que se desprendieron de las partes altas. Incluye los conos generados por actividad tectónica.

Ddi: (Cono de deslizamiento indiferenciado) Estructura en forma de cono o lóbulo de morfología baja, cóncava a convexa, con una pendiente escalonada, nichos semicirculares, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambios

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

súbitos de la pendiente. Su origen es relacionado a procesos de movimientos en masa de tierra o roca, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla o en zonas con alta deformación cortante.

Deeme: (Escarpe de erosión menor) Ladera abrupta o a desplome de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y eventualmente recta, con pendiente escarpada a muy escarpada, originado por socavación fluvial lateral o por procesos de erosión y movimientos en masa remontantes a lo largo de un drenaje.

Ambiente Fluvial

Fpi: (Plano o llanura de inundación) Superficie de morfología plana, baja a ondulada, eventualmente inundable. Se localiza bordeando los cauces fluviales, donde es limitado localmente por escarpes de terraza. Incluye los planos fluviales menores en formas de “U” o “V”, al igual que a los conos coluviales menores de los flancos de los valles intramontanos. En regiones montañosas, donde las corrientes fluviales tienden a unirse con sus tributarios para formar el cauce principal, en red de drenaje de tipo subparalelo de mediana densidad, se presentan como superficies estrechas, alargadas y profundas.

Fpla: (Planicie y delta lacustrino) Superficie extensa de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de varios metros de altura. Su origen es relacionado al desplazamiento lateral del cauce de un río dentro de la llanura aluvial. Su depósito está constituido por arcillas con intercalaciones locales de arenas finas con niveles delgados de gravas y turbas concordantes, producto de la acumulación de materiales transportados por las corrientes.

Ambiente Glacial y Periglacial

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Gsalc: (Ladera de contrapendiente sierra anticlinal glaciada) Laderas de longitudes cortas a extremadamente largas, de forma convexa a cóncava hacia su base de pendientes abruptas a escarpadas, sus capas se encuentran dispuestas en sentido opuesto a la pendiente de las laderas. Su origen se asocia al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial de los estratos blandos de la cima dejando localmente depresiones de exaración, circos glaciales y de nivación manifiesta como concavidades poco desarrolladas.

Gsale: (Ladera estructural de sierra anticlinal glaciada) Laderas de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas cuyas capas se encuentran dispuestas en el mismo sentido de la pendiente. Se constituyen de rocas competentes afectadas por procesos de gelifracción y extracción (plucking). Son comunes las depresiones de exaración, localmente desarrollados a circos de nivación y glaciales.

Amiente estructural

Sbh: (Barras homoclinal) Loma dentada, paralela a escalonada, dispuesta en una tendencia alargada. De manera general, su morfología destaca la alternancia en la disposición subvertical de las unidades resistentes en comparación a las superficies redondeadas a suaves de las zonas excavadas, por procesos de esorrentía de las unidades blandas.

Sl: (Lomos) Prominencias topográficas cuyo origen está relacionado con la acción conjunta de procesos tectónicos moderados a intensos y periodos de meteorización y denudación en rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias. Se caracteriza por ser un

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

sistema con índice de relieve bajo, cimas alargadas, de topes agudos a redondeados que siguen la tendencia estructural regional, laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes inclinadas a abruptas.

Slcps: (Ladera de contrapendiente suave) Superficie en declive, de morfología regular, de longitud variable y pendiente muy inclinada (11° - 20°). Se caracteriza porque los estratos o capas de las formaciones geológicas, buzan en dirección contraria a la inclinación natural del terreno. En general, presenta una menor pendiente que las laderas de contrapendiente relacionadas con una estructura regional (sinclinal, anticlinal, homoclinal) y en algunos casos se puede identificar de manera adyacente a estas. Su menor valor de inclinación puede estar relacionado a cambios litológicos y a procesos de denudaciones diferenciales.

Slesv: (Ladera estructural suave) Superficie en declive, de longitud moderadamente larga a extremadamente larga con pendiente inclinada a muy inclinada (7° - 20°). Está definida por estratos que buzan en la misma dirección de la inclinación natural del terreno. Puede identificarse junto a laderas estructurales relacionadas con estructuras regionales, pero se caracteriza por presentar menor pendiente que estas, lo cual puede asociarse a cambios litológicos y procesos denudacionales.

Ssalc: (Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal) Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, desarrollada en la ladera estructural de una estructura anticlinal debido a la

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

acción de procesos de erosión, meteorización o tectonismo que cortan y moldean la estructura original.

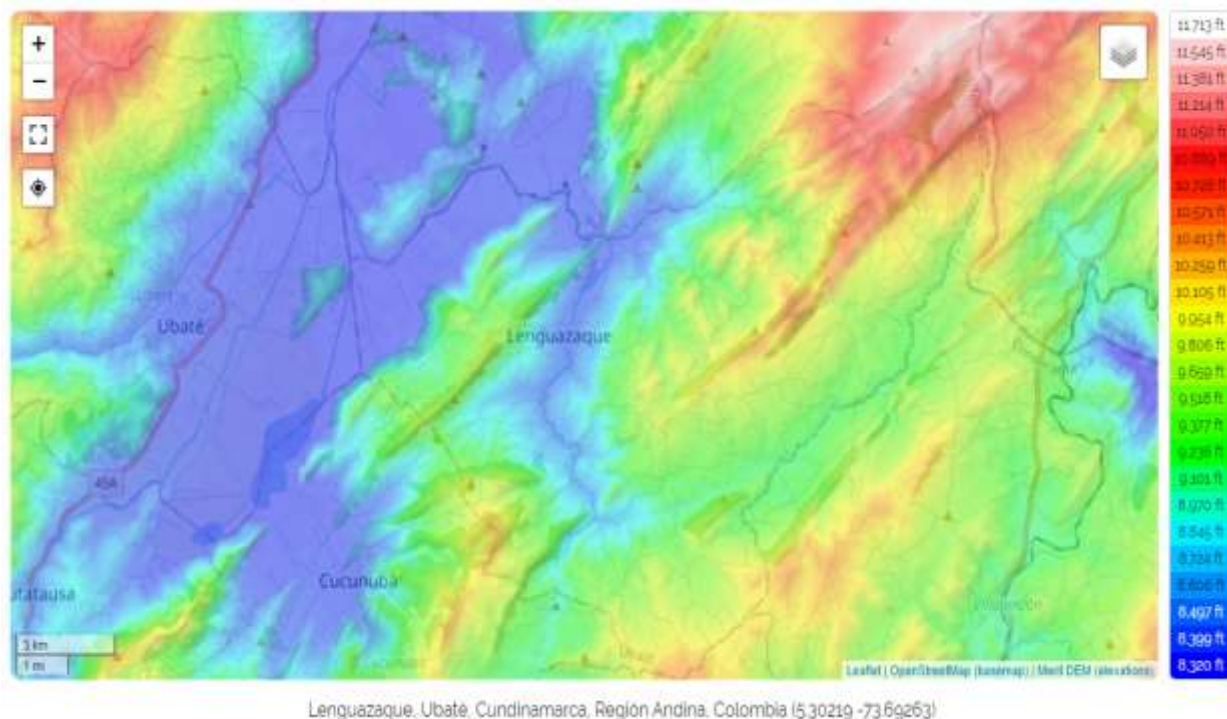
Ssalc: (Ladera estructural de sierra anticlinal) Superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta, formas convexas a recta y pendiente inclinada a muy abrupta, relacionada al flanco de una estructura anticlinal. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno.

Sss: (Sierra sinclinal) Prominencia topográfica de morfología colinada, amplia en forma de artesa elevada formada en el eje de un sinclinal, limitada por laderas de contrapendiente. La disposición actual obedece a procesos denudativos diferenciales que han desmantelado los flancos de la estructura invirtiendo el relieve original.

Ssslc: (Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal) Superficie vertical a subvertical corta a moderadamente larga, de forma convexa a irregular escalonada, con pendiente abrupta a escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno, relacionada al flanco de una estructura sinclinal.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 5. Topografía municipio de Lenguaque



Fuente: topographic-map.com (<https://en-gb.topographic-map.com/maps/op8w/Lenguaque/>).

6.3 Antecedentes de minería en la zona de estudio

Colombia es uno de los mayores productores y exportadores de carbón en el mundo, ubicándose en cuarto lugar, antecedido por EE. UU, China y Australia, contando con reservas de aproximadamente 17000 millones de toneladas, las cuales conforman el 80 % de las reservas de Suramérica. El auge de la producción carbonífera se debe principalmente a la excelente calidad de este producto, “tanto que los mejores carbones de exportación en cuanto a poder calorífico y baja concentración de cenizas y de azufre, se han encontrado en Lenguaque - Samacá, Cesar y La Guajira”. (Castillo, C. 2012).

La economía del municipio está direccionada a la minería de carbón, es uno de los cuartos productores de carbón del departamento de Cundinamarca, las minas localizadas en el

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

municipio presentan una informalidad de más del 89 % ya que solo algunas de las grandes centrales térmicas de la zona como Milpa y Carbocoque, grandes exportadores y algunos pequeños propietarios de la minería tradicional cuentan con las licencias necesarias para la explotación de este mineral, la mayor producción está enfocada al carbón térmico un 91% de la producción es de este tipo de carbón.(Gobernación de Cundinamarca, 2011-2013).

7. MARCO CONCEPTUAL:

7.1 Amenaza:

Se refiere a la probabilidad que existe en que un peligro determinado suceda en un periodo de tiempo dado, causando daños a la sociedad.

7.2. Carbón:

“Roca sedimentaria, de color negro a negro pardo, de fácil combustión, que contiene más del 50% en peso y más del 70% en volumen de material carbonoso incluida la humedad inherente. Formada a partir de la compactación y el endurecimiento por calor y presión, de restos de plantas químicamente alteradas y carbonizadas, durante el tiempo geológico. Las diferencias en los materiales de las plantas (tipo), el grado de metamorfismo (rango) y la cantidad de impurezas (grado) son características del carbón y se usan en su clasificación”. (Glosario Minero, ANM 2003, p. 26).

7.3. Deslizamiento:

“Es un movimiento abrupto del suelo y las rocas subyacentes en una ladera muy pendiente en respuesta a la fuerza de gravedad. Los deslizamientos pueden ser ocasionados por un terremoto u otro fenómeno natural”. (Glosario Minero, ANM 2003, p 48).

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

7.4. Estabilidad:

” Resistencia de una estructura, un talud o un muro de contención, a la falla por deslizamiento o colapso bajo condiciones normales, para las que fue diseñado”. (Glosario Minero, ANM 2003, p. 60).

7.5. Exploración:

“Búsqueda de depósitos minerales mediante labores realizadas para proporcionar o establecer presencia, cantidad y calidad de un depósito mineral en un área específica” (Glosario Minero, ANM 2003, p 64)

7.6. Explotación:

“Conjunto de operaciones que tienen por objeto la extracción o captación de los minerales yacentes en el suelo o subsuelo del área de la concesión, su acopio, su beneficio y el cierre y abandono de los montajes y de la infraestructura” (Código de Minas 2001. Art 10. p 6).

7.7. Falla:

“Una fractura o una zona de fractura sobre la cual se produce un movimiento diferencial entre dos bloques rocosos adyacentes. El desplazamiento puede ser de milímetros a cientos de kilómetros. Hay varios tipos de falla, clasificados según la forma como se desplaza un bloque con respecto al otro” (Glosario Minero, ANM 2003, p. 69).

7.8. Mina:

“Yacimiento, formación o criadero de minerales o de materias fósiles, útil y aprovechable económicamente, ya se encuentre en el suelo o el subsuelo” (Código de Minas 2001. Art 10. p 4).

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

7.9. Mineral:

“Sustancia cristalina, por lo general inorgánica, con características físicas y químicas propias debido a un agrupamiento atómico específico” (Código de Minas 2001. Art 10. p 4).

7.10. Morfología:

Son las características o formas que se pueden identificar en un suelo.

7.11. Talud:

“Resalte o inclinación de la topografía, natural o artificial, cuya pendiente es generalmente más suave que la de los acantilados (desde plano inclinado hasta subvertical), su altura es menor a los 8 m” (Glosario Minero, ANM 2003, p. 151).

7.12. Remoción en masa:

Es el movimiento del terreno que presenta una ladera abajo de una masa de roca.

7.13. Riesgo:

Es la medida de probabilidad y severidad derivada de un evento adverso que afecta la vida, salud, la propiedad o el medio ambiente.

7.14. Suelo:

“Parte de los materiales incoherentes que recubre a las rocas y que es capaz de sostener vida vegetal”. (Glosario Minero, ANM 2003, p. 148).

7.15. Susceptibilidad:

Condición que aumenta la probabilidad de que se desarrolle un riesgo en particular.

7.16. Yacimiento mineral:

“Es una acumulación natural de una sustancia mineral o fósil, cuya concentración exceda el contenido normal de una sustancia en la corteza terrestre (que se encuentra en el subsuelo o en

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

la superficie terrestre) y cuyo volumen es tal que resulta interesante desde el punto de vista económico, utilizable como materia prima o como fuente de energía” (Glosario Minero, ANM 2003, p. 166).

8. MOVIMIENTOS EN MASA - DESLIZAMIENTOS

Los procesos de remoción en masa son movimientos de un volumen de tierra, detritos, escombros o material rocoso que se desplaza por una ladera y por acción de la gravedad. Estos fenómenos, se presentan con mayor frecuencia en zonas con alta presencia de meteorización y erosividad cuya morfología es montañosa y escarpada, lo cual origina los deslizamientos, caídas de roca en grandes masas y flujo de detritos, esto genera un riesgo geológico que compromete la vida e integridad de las personas y sus bienes económicos.

Los movimientos en masa pueden ser originados por diferentes factores naturales, tales como terremotos, lluvias torrenciales; factores antrópicos (tecnológicos), debido a la influencia de la actividad humana mediante la alteración del terreno al realizar excavaciones, explotación de minerales, deforestación, cortes, cambios de uso del suelo, etc. (Gallardo et al., 2013; Cuanalo et al., 2011)

8.1. Clasificación de Varnes

Varnes propuso la clasificación sistemática de los movimientos en masa reconocida en el medio occidental, basada en la definición de criterios sobre los mecanismos de falla y tipos de materiales afectados (1958), la cual complementa posteriormente con aportes valiosos sobre conceptos de actividad en 1978 y consolida luego en trabajo conjunto con Cruden en 1996.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La clasificación de Varnes de 1958 (Figura 6), relaciona los tipos de movimientos: caída, deslizamiento, propagación lateral, flujo y avalancha, que se desarrollan en rocas, regolitos o suelos; adicionalmente, destaca las características de estos tipos de movimientos, entre otras y muy importante su velocidad y humedad, asociadas a los efectos y daños posibles.

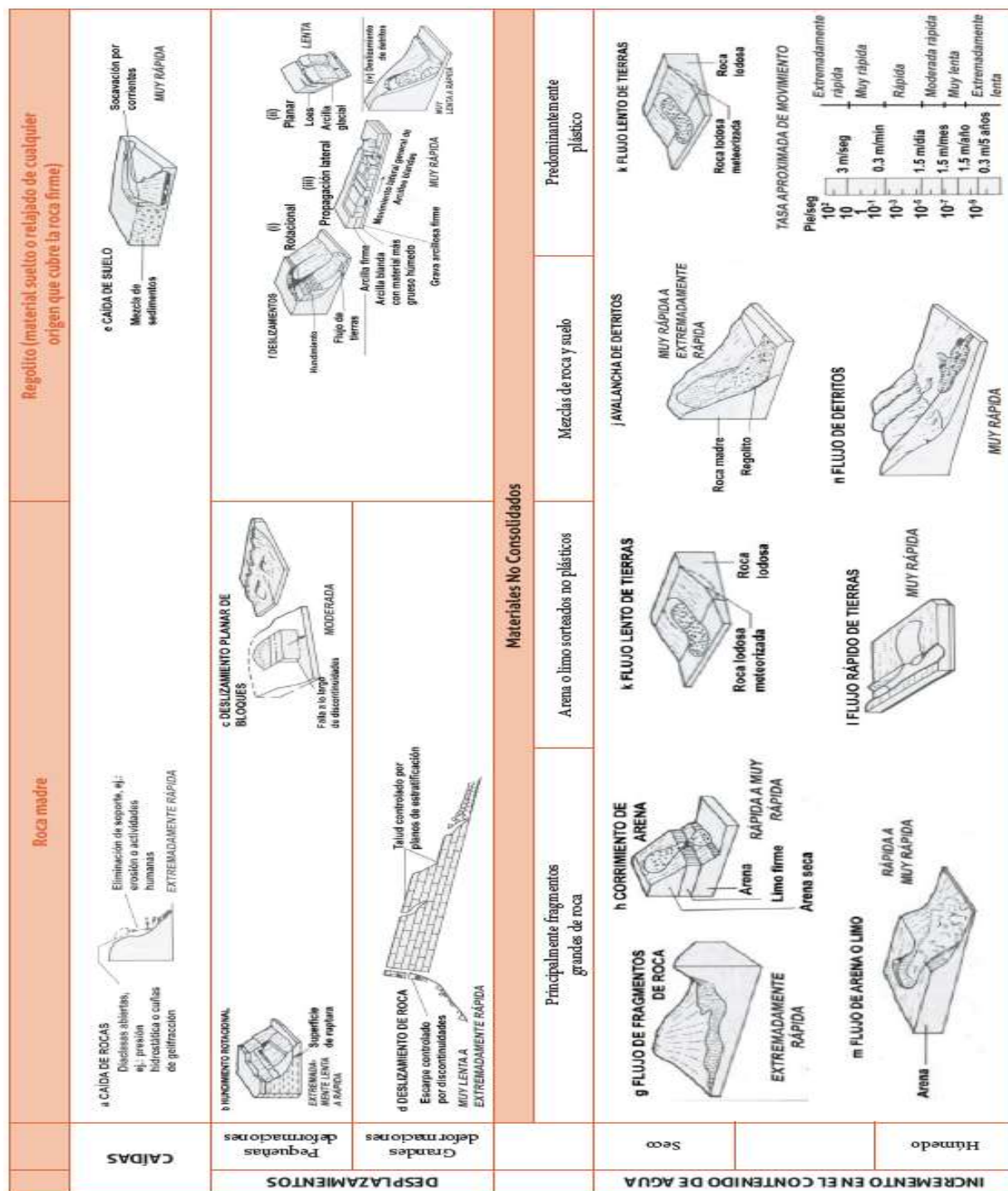
Según lo anterior el tipo de movimiento y el tipo de material, utiliza términos compuestos como caída de rocas o flujo de detritos, por ejemplo. Como factores complementarios de clasificación, emplea la velocidad del movimiento y el contenido de agua, aire o hielo.

Este autor es el primero que contempla los movimientos complejos, para referirse a combinaciones de los movimientos básicos. (Montero, J. (2017). Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia.

Publicaciones Geológicas Especiales. Servicio Geológico Colombiano, 190.)

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 6. Clasificación de deslizamientos

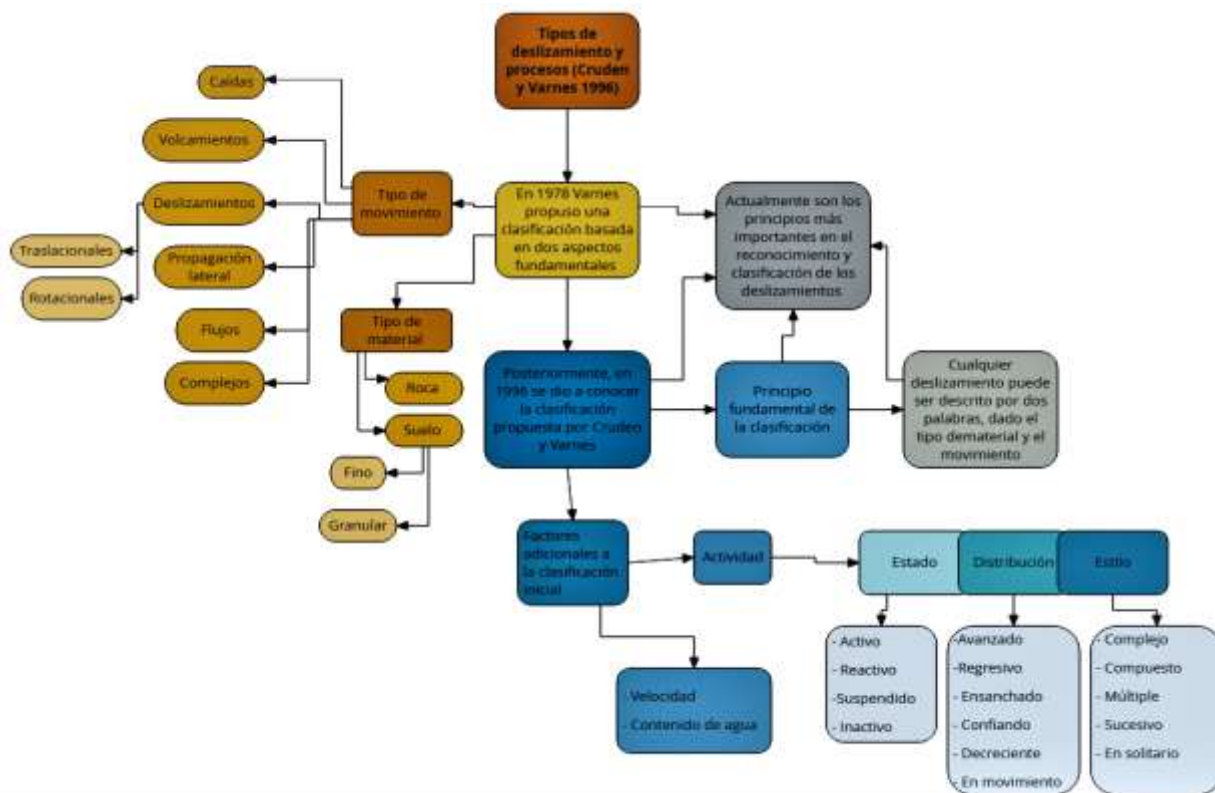


Fuente: Traducido de Bell 1993, 62.

Fuente: Olarte, J. M. (2017). Clasificación de movimiento en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia. Libros del Servicio Geológico Colombiano.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 7. Mapa conceptual de deslizamientos según Cruden y Varnes (1996)



Fuente: Elaboración Propia

9. ESTADO DEL ARTE

9.1 Minería en Cundinamarca

El departamento de Cundinamarca alberga varios municipios que son de tradición minera, tales como Cucunubá, Tausa, Lenguaque, Guachetá entre otros. En estos la minería de carbón se ha posicionado como la actividad principal del desarrollo y fuente de ingresos económicos, gracias a la generación de empleos que representa y por ende una mejora en la calidad de vida y bienestar de muchas familias, de igual manera contribuye a con el crecimiento de las inversiones por parte de empresas nacionales y multinacionales en su mayoría privadas.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Cundinamarca lidera la producción de carbón metalúrgico y de coque en Colombia, aportando el 2.61% de la producción de carbón a nivel nacional y, Cucunubá, Guachetá, Sutatausa y Lenguaque son los municipios con mayor participación. Según las estadísticas de la Agencia Nacional Minera en el departamento de Cundinamarca se encuentran 1.129 títulos mineros, de los cuales 282 corresponden a minería del carbón 25% del total Departamental; títulos que producen mensualmente 250.000 toneladas de carbón y generan empleos directos por el orden de 7.000 trabajadores, distribuidos principalmente en los municipios de la provincia de Ubaté (Guevara, 2018).

Gracias al crecimiento económico de la región y las importantes exportaciones que se generan por parte del sector minero, se evidencia la mejora de la calidad de vida en el municipio, esto debido a que la economía es más estable y permite la mejora de ingresos de los habitantes lo que lleva a mejoras en vivienda, educación, recreación, salud y demás aspectos que permiten el desarrollo social y económico del municipio.

El carbón que se extrae en el país es calificado y altamente competitivo por su contenido energético ya que se usa principalmente para la generación de energía eléctrica. Además, esta actividad genera un mayor aporte al PIB del país, dado que “la participación del carbón en el PIB minero del primer trimestre de 2019, asciende a 68,43%, mientras que es del 1,18% con respecto al PIB total, al llegar a \$2,39 billones de pesos”. (Ministerio de Minas. 2019).

9.2. Afectaciones causadas por la minería

Las minas son una excavación hecha desde la superficie del terreno hasta una profundidad considerable en donde se encuentran los minerales, los cuales son el objeto de explotación. Estas minas se disponen como un hueco, cuyo proceso de perforación se realiza

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

comúnmente con voladura, una acción que se refiere a la fractura de la roca mediante la detonación de los explosivos, lo cual puede generar alteraciones en la estabilidad del suelo o de las laderas según sea el caso, teniendo en cuenta que esta característica está determinada en gran parte por los procesos geológicos que haya experimentado, la resistencia de los materiales que componen el macizo rocoso, la inclinación y los parámetros de resistencia del suelo, tales como la cohesión, el ángulo de fricción.

Mediante la explotación se hace provecho de algunos recursos naturales como lo son los minerales, al usar herramientas especiales y el recurso humano, los cuales facilitan la extracción. Esta actividad se puede realizar en la modalidad a cielo abierto y subterránea. La primera consiste en minas que se encuentran en la superficie de la tierra, en donde se facilita el trabajo con maquinaria, pero no es necesario hacer uso de voladuras. La segunda consiste en minas que se sitúan debajo de la superficie terrestre en donde se pueden encontrar minerales enquistados, para llegar a ellos es necesaria la construcción de estructuras como túneles por lo cual se necesitan explosivos de voladura que puedan facilitar la perforación de la roca.

Ciertamente el carbón es el resultado de diversos procesos de variaciones de presión y temperatura junto con transformaciones químicas y estructurales que experimenta la materia vegetal para concluir a la carbonización como una roca sedimentaria predominante en carbono que se utiliza como combustible fósil para las industrias y centrales térmicas. Este mineral se puede encontrar en cuatro tipos que son Antracita, Hulla, Lignito y Turba, cada uno se distingue de acuerdo con la clase de los vegetales de procedencia y las condiciones de carbonización que se experimentaron en su proceso de formación.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La minería genera diversas afectaciones medioambientales y sociales ya que la extracción de minerales produce erosión del suelo, modificaciones de las zonas y capas del terreno, contaminación del recurso hídrico, afectaciones a la fauna y la flora, deforestación etc.

además de establecer una limitación de producción en el tiempo, puesto que la materia prima corresponde a recursos no renovables, su etapa productiva es finita, ocasionado en su proceso de desarrollo efectos medioambientales que limitan y deterioran la oferta ambiental del territorio, adicional al grado de dependencia económica que se desarrolla en las regiones, el cambio en la vocación de los suelos, la alteración cultural de las poblaciones, la afectación en la salud de las comunidades, entre otros aspectos que se evidencian en el largo plazo de la actividad. (Corporación Autónoma Regional CAR,2018).

El informe técnico de la UIGA – CAR sostiene que “el efecto ambiental más importante de la minería subterránea es la extracción de recursos naturales no renovables, que en el presente caso se realiza sin instrumento ambiental vigente. Las afectaciones ocasionadas por la minería de carbón por socavón en la superficie del terreno incluyen los hundimientos, asentamientos, desniveles, curvaturas, deslizamientos, así como el estiramiento y la compresión de la parte superficial del suelo” (Corporación Autónoma Regional CAR,2018).

Colombia cuenta con 6.746 millones de toneladas de reservas de carbón, la mayoría de buena calidad /antracita) el cual es de uso energético en un 94%. La industria carbonífera se enfoca en la explotación especialmente de carbón térmico. El 93% del carbón colombiano es exportado.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

De acuerdo con el Diagnóstico Minero en Cundinamarca, realizado por la Contraloría de Cundinamarca en el año 2018 donde se muestra un consolidado de la minería a nivel departamental, haciendo énfasis en los impactos de la minería y en los títulos mineros de dicha actividad, se precisa lo siguiente:

Según el reporte de la Agencia Nacional Minera [ANM](s.f.) en el departamento de Cundinamarca con corte al 12 de octubre de 2017¹, en el catastro minero se encontraban vigentes 964 títulos mineros, distribuidos en 110 municipios, con una extensión de 170.364 ha, lo que corresponde a un 7,5% de la extensión total del departamento.

En la tabla se muestra por provincia el total de títulos mineros asignados según la ANM, el porcentaje en relación al total de vigentes en el departamento, el total en extensión, la participación porcentual discriminada por el total de títulos y el total de la extensión del departamento. (p. 7).

Tabla 2. *Títulos mineros del departamento de Cundinamarca.*

Provincia	Total títulos	% en relación a la totalidad de títulos	Área (ha) de los títulos asignados	% en relación a la extensión total de los títulos	% en relación a la extensión total del Departamento
Ubaté	201	21%	52.403,07	31%	2,3%
Sabana Centro	189	20%	11.139,63	7%	0,5%
Guavio	101	10%	17.539,13	10%	0,8%
Alto Magdalena	96	10%	11.603,29	7%	0,5%
Soacha	73	8%	4.702,60	3%	0,2%
Rionegro	44	5%	10.613,80	6%	0,5%
Bajo Magdalena	38	4%	14.753,98	9%	0,7%
Oriente	37	4%	5.191,95	3%	0,2%
Almeidas	36	4%	11.965,64	7%	0,5%
Sabana Occidente	34	4%	5.472,91	3%	0,2%
Gualivá	28	3%	9.252,12	5%	0,4%
Sumapaz	25	3%	2.621,97	2%	0,1%
Tequendama	23	2%	4.042,21	2%	0,2%
Magdalena Centro	21	2%	5.497,76	3%	0,2%
Medina	18	2%	3.564,07	2%	0,2%
TOTAL	964	100%	170.364	100%	7,5%

Fuente: Contraloría de Cundinamarca. (2018). *Diagnóstico minero en Cundinamarca*. p.8.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En el departamento de Cundinamarca se explota materiales de arrastre y construcción, carbón, arcilla, esmeraldas, arena, demás concesibles (definidos explícitamente en el título minero), minerales de cobre, hierro, bario, zinc, hierro, calcita, mármol, sal, yeso, cuarzo, plomo, recebo, roca, caolín, gravilla, materiales pétreos, piedras preciosas y aluminio, según la cantidad de títulos inscritos por material y su extensión. (Contraloría de Cundinamarca, 2018, p.8)

Tabla 3. *Distribución de materiales concesionados en la provincia de Ubaté, Cundinamarca según los títulos mineros.*

Provincia	Material	Total títulos	Área (Ha)	Municipios
Ubaté	Carbón	154	49.772,4	Carmen de Carupa, Cucunubá, Lenguaque, Susa, Sutatausa, Tausa

Fuente: (Contraloría de Cundinamarca. 2018. Diagnóstico minero en Cundinamarca. p.10).

9.2 Afectaciones de la minería en lenguazaque

Tabla 4. *Componente ambiental de las afectaciones mineras*

Afectación en el recurso agua	
Tipo de impacto	Directo – Negativo.
Descripción del lugar afectado (tipo de fuente hídrica)	El recurso hídrico se ve afectado por los vertimientos asociados a la minería, en este caso afectando el río Lenguaque y sus principales derivaciones tales como río Peñaliza, río Tibita y las diferentes quebradas que se surgen de este afluente. Además, durante el proceso industrial se abastecen de agua limpia de las diferentes derivaciones del río Lenguaque en caudales muy altos generando desabastecimiento en época de sequía.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Ubicación (zona de protección ambiental)	Los afluentes específicamente afectados por vereda, son los siguientes: Gachaneca: quebrada Gachaneca y quebrada Mombita. Estancia Contento: quebrada Baloncitos, quebrada la Chorrera y quebrada Baloncitos. El Salto: quebrada el Salto, quebrada la Chorrera y quebrada el Salitre. La Cuba: quebrada La Hoya. Ramada Flórez: río Lenguazaque y quebrada Amarilla. Fiantoque: quebrada Arenosa. Ramada Alta: quebrada El Corono y quebrada Palocaldo. Chirvaneque: quebrada Ovejeras. Faracia Retamo: río Lenguazaque y quebrada La Palizada. Faracia Pantanitos: quebrada Faracia y quebrada Ovejeras. Espinal Alizal: quebrada Alizal, quebrada Ovejeras y río Lenguazaque. Espinal Carrizal: quebrada El Arrayan, quebrada los Encenillos y quebrada Jotoque. Tibita Hatico: río Tibita, quebrada la Rinconada y quebrada La Manga. Tibita Centro: río Peñaliza, quebrada las Pilas y quebrada El Zanjón. Tibita El Carmen: quebrada Carbonera.
Servicio ambiental y social ofertado por la fuente hídrica	El río Lenguazaque junto con sus diferentes derivaciones, es el encargado de darle agua a la población del municipio del área rural y urbana para todas sus actividades cotidianas. Además, es de donde la comunidad toma para regar cultivos y dar de beber a sus animales.

Afectación en el recurso aire	
Tipo de impacto	Directo – Negativo.
Descripción del lugar afectado	El Recurso Aire se ve afectado por las emisiones que genera la actividad minera debido a que aporta material particulado en todos los procesos como lo son el descargue, acopio, cargue y transporte del material extraído. Además, en las perforaciones subterráneas se genera gas metano, siendo este un gas toxico y de efecto invernadero. Contaminación de atmosférica – Empresa Carbocoque.
Ubicación (zona de protección ambiental)	Las siguientes veredas son las más afectadas por la explotación minera y la calidad de su aire es directamente contaminado por esta actividad. Gachaneca. Estancia Contento. El Salto. La Cuba. Ramada Flórez. Fiantoque. Ramada Alta. Chirvaneque. Faracia Retamo. Faracia Pantanitos. Espinal Alizal. Espinal Carrizal. Tibita Hatico. Tibita Centro. Tibita El Carmen.
Servicio ambiental y social ofertado por la fuente hídrica	La calidad del aire presta un servicio de regulación de intercambio de gases, partículas y sustancias químicas entre el los ecosistemas, este servicio que presta en el municipio de Lenguazaque es altamente afectado por la actividad minera desencadenando problemáticas de salud pública y deterioro en los ecosistemas.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS



Afectación en el recurso aire	
Tipo de impacto	Directo – Negativo.
Descripción del lugar afectado	La intervención minera por socavón genera erosión por la inadecuada disposición de materiales sobre el suelo y su acidificación a causa de la escorrentía superficial del terreno para las instalaciones de infraestructura requeridas para su extracción.
Ubicación (zona de protección ambiental)	Gachaneca. Estancia Contento. El Salto. La Cuba. Ramada Flórez. Fiantoque. Ramada Alta. Chirvaneque. Faracia Retamo. Faracia Pantanitos. Espinal Alizal. Espinal Carrizal. Tibita Hatico. Tibita Centro. Tibita El Carmen.
Servicio ambiental y social ofertado por la fuente hídrica	El suelo presta un servicio de soporte, el cual cumple un papel fundamental para el desarrollo óptimo de los diferentes ciclos biogeoquímicos. La fertilidad y conservación de los suelos es clave para el desarrollo de otras actividades diferentes a las extractivas.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Afectación en la fauna	
Tipo de impacto	Directo – Negativo.
Descripción de las especies afectadas	La fauna de estas veredas donde se realiza la mayor explotación minera del municipio ha sido desplazada por el ruido, el cambio de su hábitat y la alteración en su entorno, de esta manera se ha presentado extinción de algunas especies como el Zorro, conejos y tipos de armadillos. Adicionalmente, la tala de árboles nativos para el desarrollo de esta actividad minera es evidente y también ha generado pérdida de bosques nativos, afectación en paramos y ecosistemas estratégicos del municipio.
Ubicación (zona de protección ambiental)	Gachaneca. Estancia Contento. El Salto. La Cuba. Ramada Flórez. Fiantoque. Ramada Alta. Chirvaneque. Faracia Retamo. Faracia Pantanitos. Espinal Alizal. Espinal Carrizal. Tibita Hatico. Tibita Centro. Tibita El Carmen.
Servicio ambiental y social ofertado por la fuente hídrica	La flora y fauna presenta un servicio de provisión ya que proporciona materiales para la construcción, para combustión, de alimento y un servicio cultura que se deriva de las plantas y especies autóctonas de cada región, en el caso del Municipio de Lenguaque la fauna y flora nativa del páramo del Rabanal, es un ejemplo claro, además de los servicios hídricos y de regulación que de estos ecosistemas se deriva.

Registro fotográfico	
----------------------	---

Fuente: Contraloría de Cundinamarca. (2018). Diagnóstico minero en Cundinamarca. p. 212 – 215

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Tabla 5. *Componente social de las afectaciones mineras*

Afectación en centros educativos	
Tipo de impacto	Directo – Negativo.
Ubicación de la institución	La Escuela de Taitiva se ve afectada principalmente junto con la población de la vereda el Resguardo por la empresa CARBOCOQUE, la cual trabaja 24 horas del día realizando el proceso de lavado, alistamiento, acopio y coquización del carbón que extraen. En estos procesos se generan partículas contaminantes al aire por las emisiones atmosféricas que generan los hornos en el proceso de coquización y adicionalmente vertimientos cargados de metales pesados y otras sustancias, ya que no presentan ninguna planta de tratamiento de aguas residuales para tratar estas aguas antes de ser vertidas al principal afluente del municipio, siendo este el río Lenguazaque del cual las escuelas y veredas del municipio se abastecen para sus necesidades básicas.
Servicio afectado	Agua y aire.
Población educativa afectada (identificación y total)	500 entre niños, adultos y adultos mayores.

Afectación en centros educativos	
Tipo de impacto	Directo – Negativo.
Ubicación de la institución	De las 22 veredas del municipio solo 4 veredas (Paicaguita, Taitiva, Arenosas y Saitama) no presentan minas por consiguiente son las únicas que no presenta una afectación directa en los centros educativos y la comunidad, pero sí de manera indirecta. Las demás veredas del municipio presentan minas o espacio donde se realiza acopio, cargue, descargue o fundición del carbón extraído y en cada vereda hay escuelas rurales, afectando el entorno de estos centros educativos y centro poblados aledaños. Además, cambiando y alterando el entorno natural de las diferentes veredas y ecosistemas estratégicos del municipio.
Servicio afectado	Agua y aire.
Población educativa afectada (identificación y total)	Comunidad de Lenguazaque.

Fuente: Contraloría de Cundinamarca. (2018). *Diagnóstico minero en Cundinamarca*. p. 215

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Tabla 6. *Componente económico de las afectaciones mineras*

Afectación en actividades económicas	
Tipo de impacto	Positivo – directo.
Actividad afectada	La actividad genera empleo en la región.
Descripción del sector afectado	La principal actividad económica en el municipio de Lenguazaque es la extracción y coquización de carbón por esta razón es la principal fuente de empleo y es el trabajo que durante muchísimos años a los pobladores del municipio de Lenguazaque les ha dado la posibilidad de tener un sustento de forma legal y correcta, reduciendo tasas de delincuencia y desorden público.
Población afectada (Identificación y total)	Comunidad de Lenguazaque. El municipio cuenta con 10.0000 habitantes aproximadamente.
Registro fotográfico	

Fuente: Contraloría de Cundinamarca. (2018). *Diagnóstico minero en Cundinamarca*. p. 216.

10. METODOLOGÍA

10.1. Línea de investigación

Este proyecto se centra en la línea de investigación, “18. Modelado, simulación y manejo de datos” que tiene como objetivo, lograr el título de ingeniería civil de la Universidad Santo Tomás.

10.2. Metodología.

La metodología utilizada responderá a un sistema de investigación cualitativa el cual es el medio que permite la recolección de información secundaria basada en la observación de comportamientos naturales, discursos, respuestas abiertas para así posteriormente la interpretación de significados en este caso mediante el análisis de los mapas a escala básica.

11.METODOLOGÍA MORA VAHRSON (APLICACIÓN PARA EL MODELO DE AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA)

La metodología Mora Vahrson (1994) es un procedimiento cualitativo que incluye la información de variables morfodinámicas para la generación de mapas de zonificación de susceptibilidad a deslizamientos. En este modelo se tienen en cuenta factores condicionantes y factores detonantes, los condicionantes son aquellos asociados a las características del terreno tales como la litología, geomorfología, cobertura vegetal y pendiente; por otro lado los detonantes se refieren a la precipitación y sismicidad.

Esta metodología requiere de un análisis espacial mediante sistemas de información geográfica, ya que de esta manera es posible obtener un modelo detallado de cada una de las variables que conforman los factores de estudio, para visualizar las zonas en donde el grado de amenaza por remoción en masa es mayor y como se asocia a los puntos de excavación minera del municipio.

Finalmente, con los mapas obtenidos de los factores anteriormente mencionados, se procede a realizar el mapa final de zonificación apoyándonos en la Ecuación 1.

Ecuación 1: *índice de susceptibilidad*

$$S = Fc * Fd$$

Donde:

S= Índice de susceptibilidad

Fc = Factores condicionantes

Fd= Factores detonantes

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

A partir de la ecuación anterior se procede a establecer los factores condicionantes y desencadenantes, lo cual se determina con las siguientes ecuaciones.

Factores condicionantes:

Ecuación 2. *Ecuación Factores condicionantes*

$$Fc = (Geo) * (Gmor) * (Cveg) * (Pend)/4$$

Donde:

Geo: Geología

Gmor: Geomorfología

Cveg: Cobertura vegetal

Pend: Pendiente

Ecuación 3. *Factores detonantes*

$$Fd = (Precp) + (Sism)/2$$

Donde:

Precp: Precipitación anual total

Sism: Sismicidad

Ecuación 4. *Amenaza*

$$AD = (Fc * Fd)/2$$

El modelo de final de amenaza por remoción en masa se realiza en función de los puntos de explotación minera, con el fin de cumplir con el objetivo del estudio y analizar la situación de susceptibilidad que tienen estas zonas en una escala de 1 a 3.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Mora - Vahrson presenta una clasificación de cada uno de los parámetros que se enuncian anteriormente, en una escala de valores que van de 1 a 5, con el fin de determinar el rango en el que se encuentra cada parámetro del área de estudio.

Tabla 7. *Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento.*

Clasificación	Potencial de deslizamiento	Factor
I	Muy bajo	Sectores estables, no se requiere medidas correctivas, se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc.
II	Bajo	Sectores estables que requieren medidas correctivas menores, solamente en caso de obras de infraestructura de gran envergadura, se debe considerar la influencia de los sectores aledaños con susceptibilidad de moderada a muy alta. Sectores aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, estaciones de policía, bomberos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado
III	Moderado	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bioestabilización de terrenos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendado para usos urbanos de baja densidad.
IV	Alto	Probabilidad de deslizamientos alta (<50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que aseguren la estabilidad del sector, en caso contrario, deben mantenerse como áreas de protección.
V	Muy alto	Probabilidad de deslizamientos muy alta (>50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Prohibido su uso con fines urbanos, se recomienda usarlos como áreas de protección.

Fuente: *Clasificación de la susceptibilidad al deslizamiento. Mora, S., & Vahrson, W. G. (1993). Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Tecnología ICE, 3(1), 32-42.*

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

11.1 Factores Condicionantes

11.1.1. Geología

En esta variable se determina la litología del terreno, así como la composición, tipo de rocas y unidades geológicas que se encuentran en la zona. En la clasificación realizada por Mora-Vahrson se brinda información con la cual se determina el grado de susceptibilidad de acuerdo con la litología y el valor de peso asignado para cada una.

Tabla 8. *Clasificación Litológica*

Litología	Características Físico – mecánicas	Grado de susceptibilidad	Valor factor SI
Aluviones: gruesos, permeables, compactos, con nivel freático bajo.	Sanos con poca o ninguna meteorización, Resistencia a la corte elevada, fisuras sanas sin rellenos.	Bajo	1
Calizas: duras, permeables, Intrusivos: poco fisurados, bajo nivel freático. Basaltos, andesita, ignimbritas y similares, sanas, permeables y poco fisuradas. Rocas metamórficas sanas, poco fisuradas, nivel freático bajo.	Resistencia a la corte media a elevada, fracturas cizallables.	Moderado	2
Rocas sedimentarias poco alteradas, estratificación maciza, poco fisuradas, nivel freático bajo. Rocas intrusivas, calizas duras, lava, ignimbritas o metamórficas medianamente fisuradas o alteradas, nivel freático a profundidades intermedias.	Resistencia a la corte moderada a media, fracturación importante.	Medio	3

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Aluviones fluviolacustres, suelos piroclásticos poco compactados, sectores de alteración hidrotermal, rocas fuertemente alteradas y fracturadas con estratificación y foliaciones a favor de la pendiente, con rellenos arcillosos, niveles freáticos someros.

Resistencia a la corte moderada a baja. Alto

4

Materiales aluviales, coluviales y regolíticos de muy baja calidad mecánica con estado de alteración Avanzado, drenaje pobre, se incluyen las categorías 3 y 4 con niveles freáticos muy someros, sometidos a gradientes hidrodinámicos muy elevado.

Resistencia al corte muy baja, materiales blandos con muchos finos. Muy alto

5

Fuente: Clasificación Litológica, Mora, S., & Vahrson, W. G. (1993). Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Tecnología ICE, 3(1), 32-42.

En la tabla 9 se describen las unidades geológicas presentes en Lenguaque Cundinamarca, las cuales se obtuvieron a partir de datos e información suministrada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). Posteriormente se realiza una clasificación de acuerdo a la composición y características de las mismas para asignar el puntaje de susceptibilidad.

Tabla 9. Geología del municipio de Lenguaque

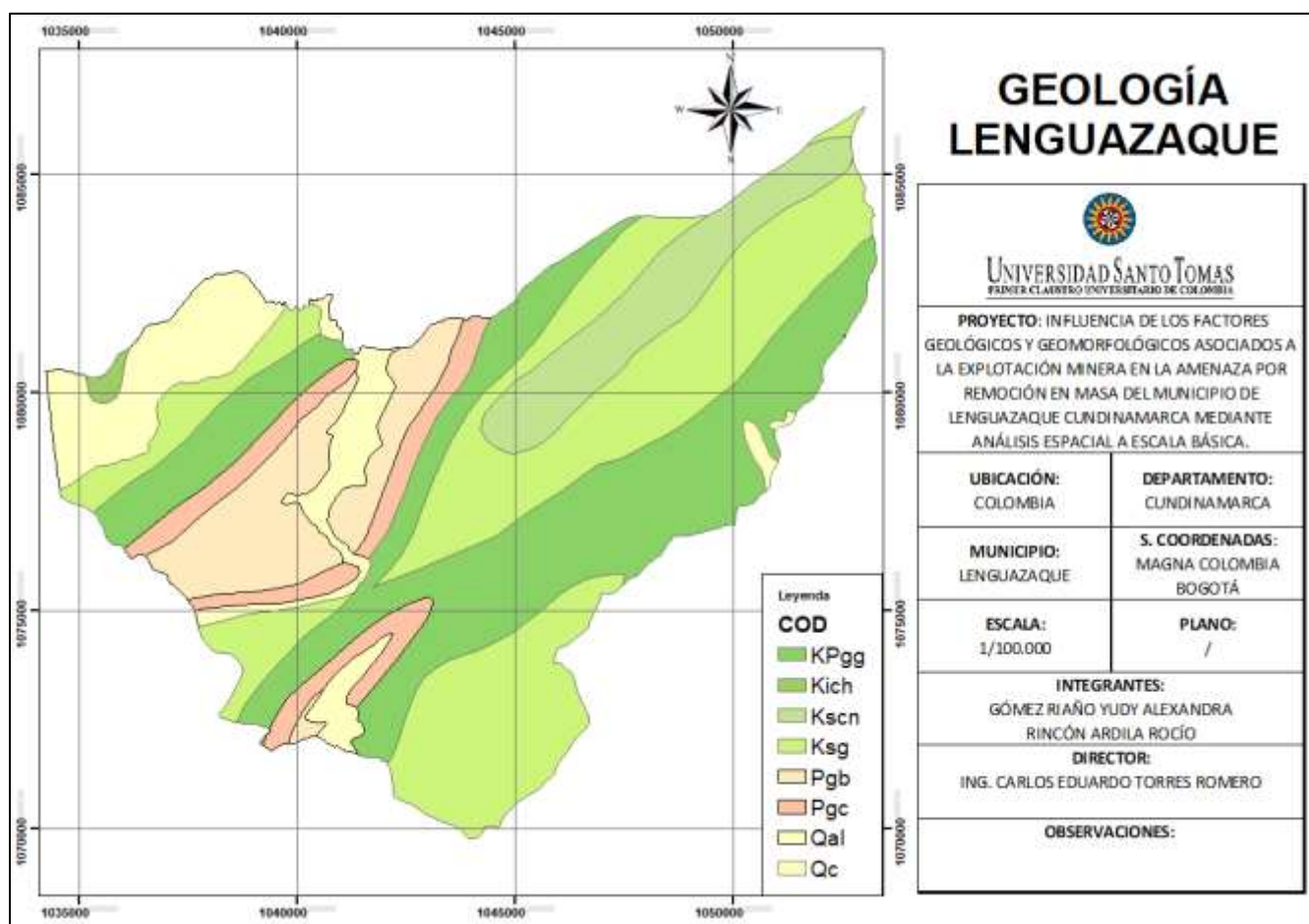
Unidad geológica	Descripción	Material	Nivel de susceptibilidad	Puntaje
Kich	Areniscas Chiquinquirá	Arcillolitas negras intercalaciones cuarzoarenitas	Bajo	1
Kscn	Formación Conejo	Lodolitas negras	Medio	2
Ksg	Grupo Guadalupe	Arenisca dura, plaeners, arenisca de labor y arenisca tierna	Medio	2

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

KPgg	Formación Guaduas	Lodolitas y areniscas	Medio	2
Pgc	Formación Cacho	Areniscas conglomeráticas	Medio	2
Pgb	Formación Bogotá	Arcillolitas con areniscas friables	Medio	2
Qal	Depósitos aluviales		Alto	3
Qc	Depósitos coluviales		Alto	3

Fuente: Autoras, basado en los datos del SGC.

Figura 8 Mapa geológico de la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia, basado en datos del SGC

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

11.1.2. Geomorfología

Para la elaboración del mapa geomorfológico de la zona de estudio se obtuvo la información brindada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC) mediante el sistema de datos abiertos y formatos tipo Shapefile. A partir de los datos obtenidos se procede a visualizar los recursos en el software ArcMap con el fin de identificar la morfología del municipio y posteriormente las unidades geomorfológicas que están presentes en la zona (SGC, 2015). La identificación y obtención de las unidades geomorfológicas se realiza siguiendo el procedimiento presentado en la guía metodológica para la elaboración de mapas geomorfológicos del IDEAM. En este apartado se encontró que esta variable se conforma por cinco grupos de geoformas que se dividen en los siguientes ambientes: Denudacional, Estructural, fluvial, glacial y periglacial y antrópico (ver tabla 10) Así mismo se evidencia que en el municipio de Lenguaque se distinguen 20 clases de unidades geomorfológicas para las cuales se les asigna un puntaje de susceptibilidad de acuerdo a su composición (Ver tabla 10).

Tabla 10. *Geomorfología del municipio de Lenguaque*

Unidad geomorfológica	Descripción	Nivel de susceptibilidad	Puntaje	Ambiente
Fpi	plano o llanura de inundación	Bajo	1	Fluvial
Fpla	planicie y delta lacustrino	Bajo	1	Fluvial
Dlo	Ladera ondulada	Medio	2	Denudacional
Dlres	lomo residual	Medio	2	Denudacional

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

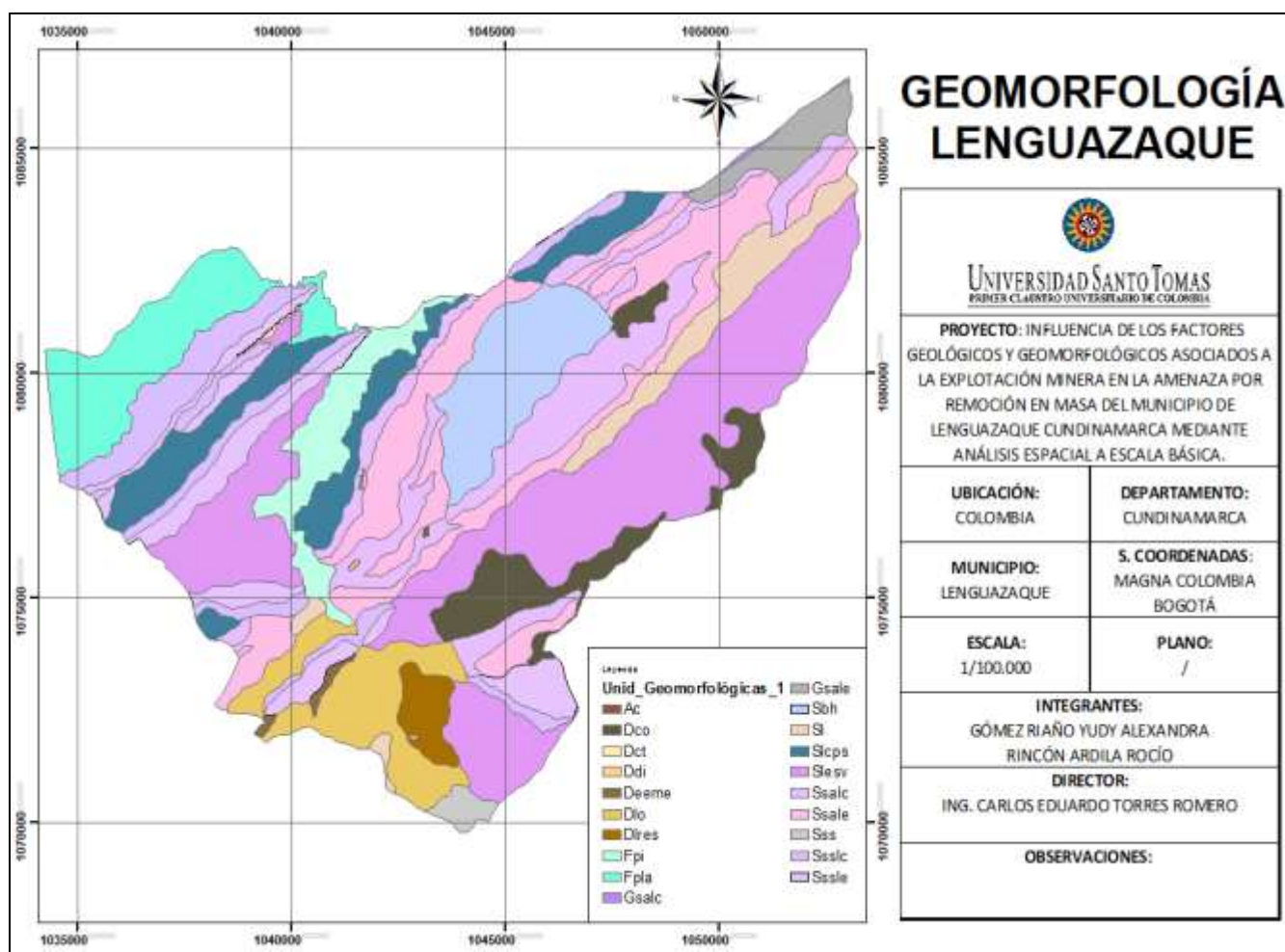
Gsalc	ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	Medio	2	Glacial y periglacial
Gsale	ladera estructural de sierra anticlinal	Medio	2	
Sbh	barras homoclinal	Medio	2	Estructural
Sl	Lomos	Medio	2	Estructural
Slcps	ladera de contrapendiente suave	Medio	2	Estructural
Slevs	ladera estructural suave	Medio	2	Estructural
Ssalc	ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	Medio	2	Estructural
Sss	sierra sinclinal	Medio	2	Estructural
Ssslc	ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	Medio	2	Estructural
Sssle	ladera estructural de sierra sinclinal	Medio	2	Estructural
Ac	Canteras	Alto	3	Antrópico
Dco	Cono y lobulo coluvial y de solifluxión	Alto	3	Denudacional

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Dct	conos de talus	Alto	3	Denudacional
Ddi	cono de deslizamiento indiferenciado	Alto	3	Denudacional
Deeme	Escarpe de erosión menor	Alto	3	Denudacional

Fuente: Elaboración propia, basado en SGC

Figura 9. Geomorfología Municipio de Lenguazaque



Fuente: Elaboración propia, basado en datos del SGC

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

11.1.3. Cobertura vegetal

La vegetación en el municipio de Lenguazaque está conformada principalmente por bosques, áreas seminaturales y territorios agrícolas. De acuerdo con la información suministrada por el Sistema de Información Ambiental de Colombia SIAC, se obtiene la cobertura vegetal para la zona de estudio, la cual se presenta en un puntaje de 1 a 3 de acuerdo con la escala generalizada para la clasificación de la amenaza, teniendo la siguiente tabla.

Tabla 11. Rangos cobertura vegetal

Cobertura	Puntaje
Arbustal denso / abierto	1
Herbazal denso / abierto	
Plantaciones forestales	
Pastos limpios	2
Mosaico de pastos y cultivos	
Pastos enmalezados	
Zonas de extracción minera	3
Urbanizaciones	

Fuente. Elaboración propia

Figura 10. Cobertura Vegetal Vereda Resguardo

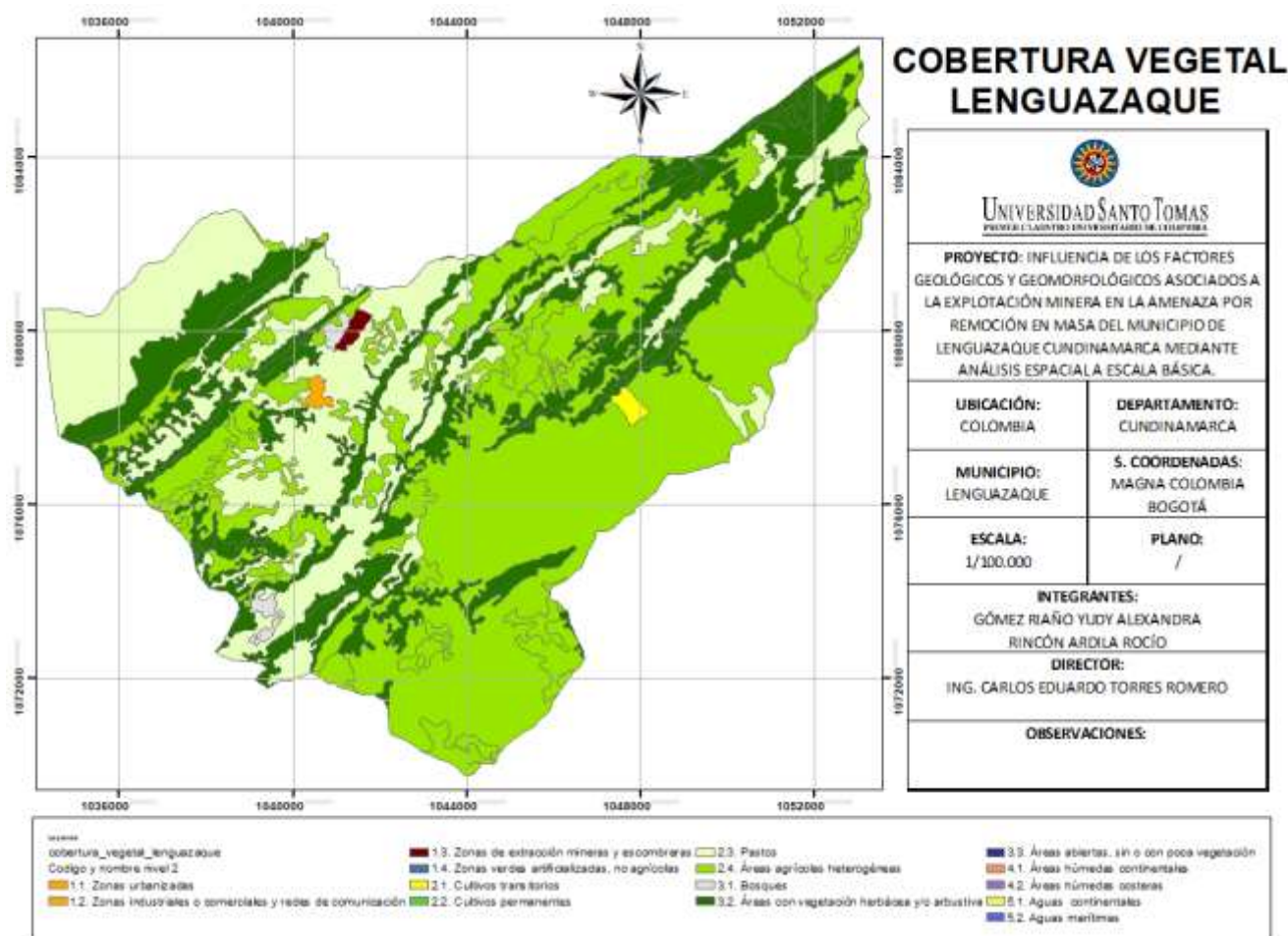


Fuente: Elaborado Propia

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Debido a la explotación de minerales en el municipio de Lenguazaque algunas zonas se ven afectadas por la pérdida de su cobertura vegetal como se evidencia en la figura 10. Lo cual representa un riesgo mayor para los habitantes de estas zonas y además incrementa la amenaza por remoción en masa asociada a la cobertura vegetal.

Figura 11. Cobertura Vegetal



Fuente: Elaboración propia, basado en datos del SGC

11.1.4. Pendiente

Para la obtención de esta variable se realizó el geoprocesamiento mediante un modelo de elevación digital DEM el cual brinda las alturas del terreno y mediante la caja de herramienta

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Slope se realiza el cálculo de la pendiente del terreno cuyos valores arrojados inicialmente son de acuerdo con los datos del DEM, por lo cual es necesario hacer una reclasificación de acuerdo con la escala de valores que se adoptó para el proyecto.

La clasificación que presenta el modelo Mora Vahrson se conforma por cinco factores, tal como se muestra en la figura. Sin embargo, en este caso se adoptó la reclasificación de pendiente de acuerdo con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC ya que presenta una escala de valores que se ajusta más al modelo de trabajo. Para la reclasificación se emplea la herramienta Reclassify en ArcGis, tomando el modelo obtenido en el procesamiento Slope y asignando la nueva escala de valores y rangos, obteniendo así el mapa que se presenta en la figura 12.

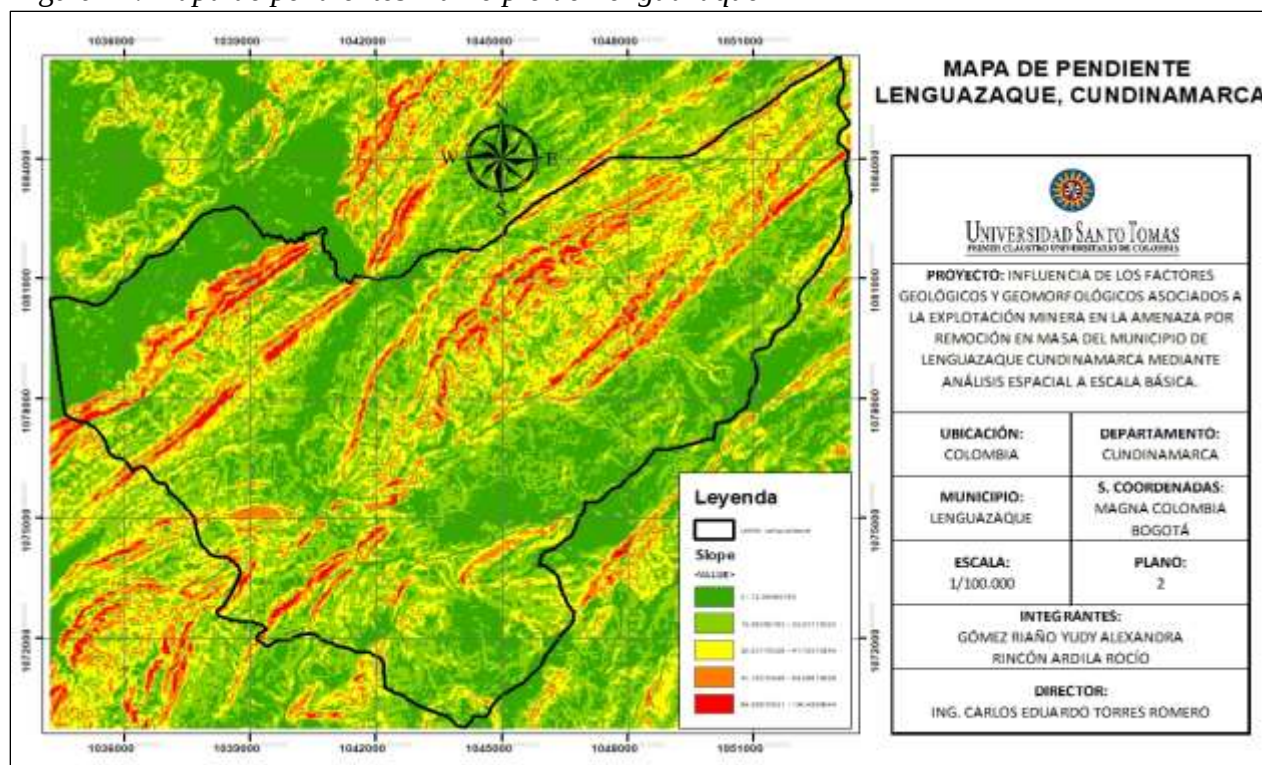
Tabla 12. *Clasificación de la pendiente del terreno según Mora Vahrson*

Pendiente m/km2	Clasificación	Factor
0 – 75	Muy bajo	0
75 – 175	Bajo	1
175 – 300	Moderada	2
300 – 500	Media	3
500 – 800	Alta	4
>800	Muy alta	5

Fuente: Clasificación Litológica, Mora, S., & Vahrson, W. G. (1993). Determinación" a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Tecnología ICE, 3(1), 32-42.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 12. Mapa de pendientes municipio de Lenguazaque



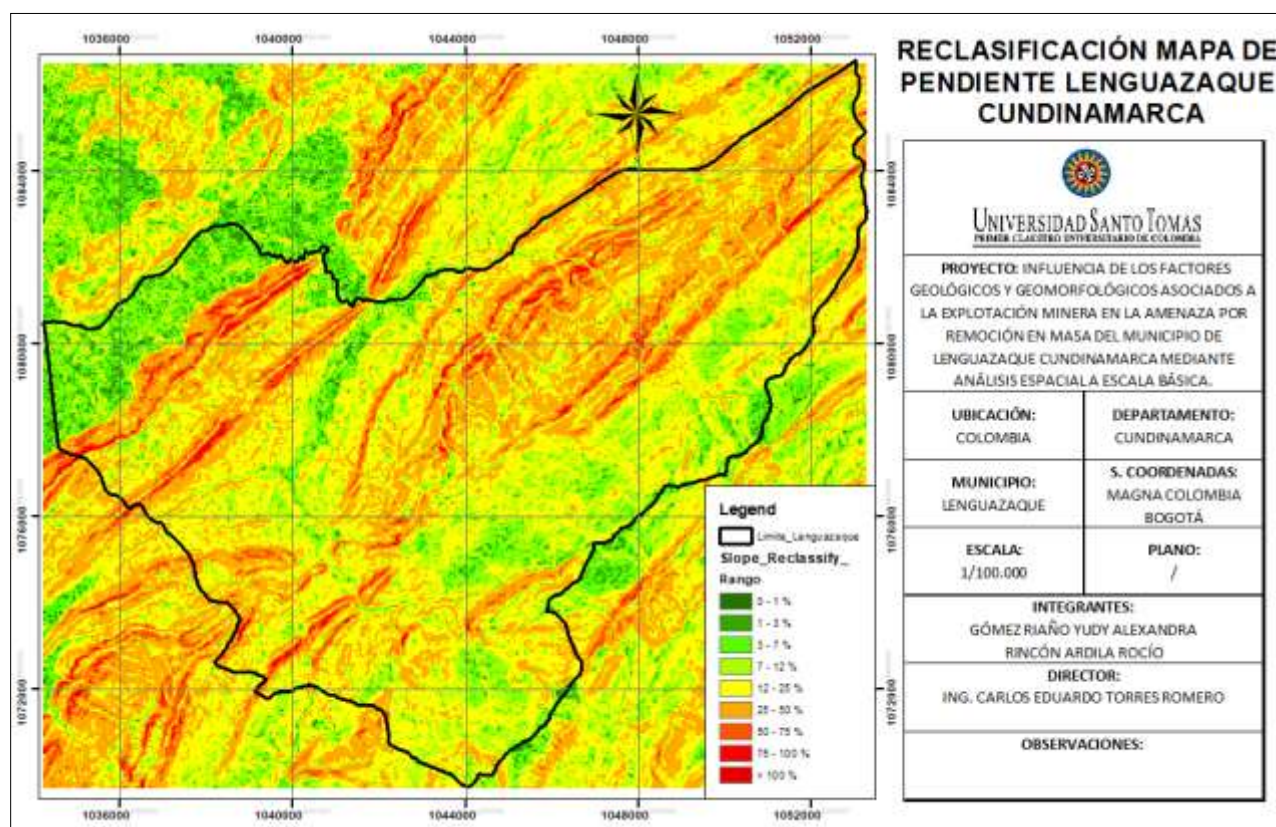
Fuente: Elaboración propia

Tabla 13. Reclasificación del factor pendiente, basado en IGAC

%	Descripción	Susceptibilidad	Puntaje
0 – 1%	A nivel	Muy baja	1
1 – 3%	Ligeramente plana		
3 – 7%	Ligeramente inclinada		
7 – 12%	Moderadamente inclinada	Baja	2
12 – 25%	Fuertemente inclinada	Media	
25 – 50%	Ligeramente escarpada	Alta	
50 – 75%	Moderadamente escarpada	Muy alta	3
75 – 100%	Fuertemente escarpada		

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2019)

Figura 12. Mapa de pendiente reclasificado según escala de rangos del IGAC



Fuente: Elaboración propia

11.2. Factores detonantes

11.2.1. precipitación

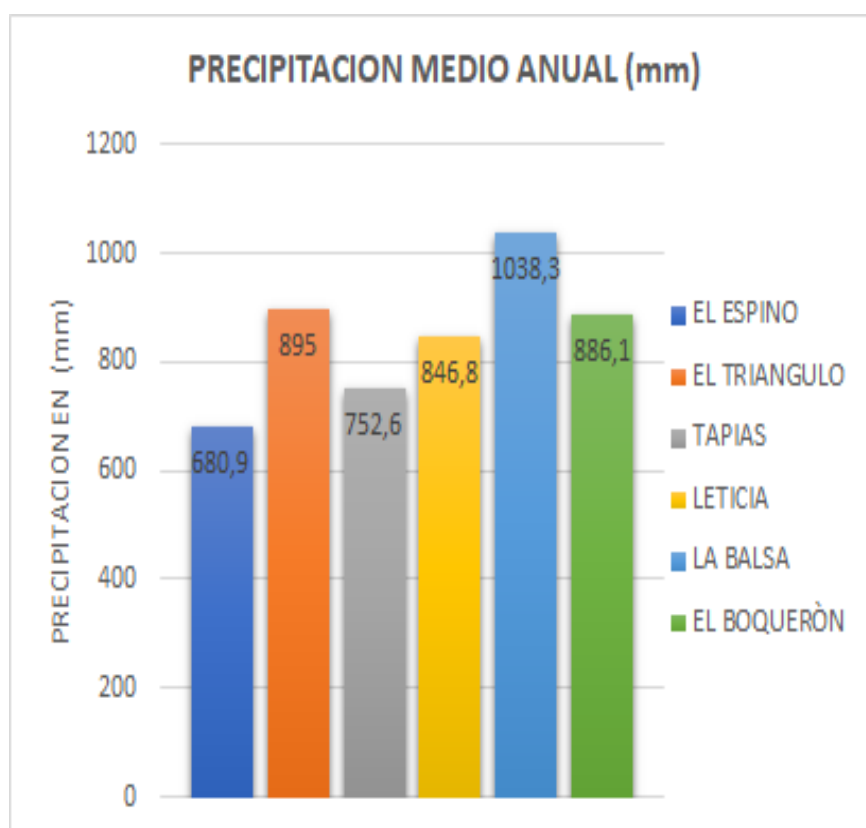
Para la determinar la precipitación del municipio de lenguazaque fue necesario trabajar con la información brindada por la corporación autónoma regional de Cundinamarca (CAR) en su diagnóstico prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez, en donde para el municipio de Lenguazaque se cuentan con seis estaciones activas denominadas: El Triángulo, El Espino, Las Tapias, El Boquerón, La Balsa Y Leticia con unas precipitaciones medias anuales en milímetros mostradas en la siguiente tabla y figura:

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Tabla 14. *Relación de estaciones con precipitación media anual (mm)*

ESTACIÓN	PRECIPITACIÓN ANUAL (mm)
EL ESPINO	680,9
EL TRIÁNGULO	895
TAPIAS	752,6
LETICIA	846,8
LA Balsa	1038,3
EL BOQUERÓN	886,1

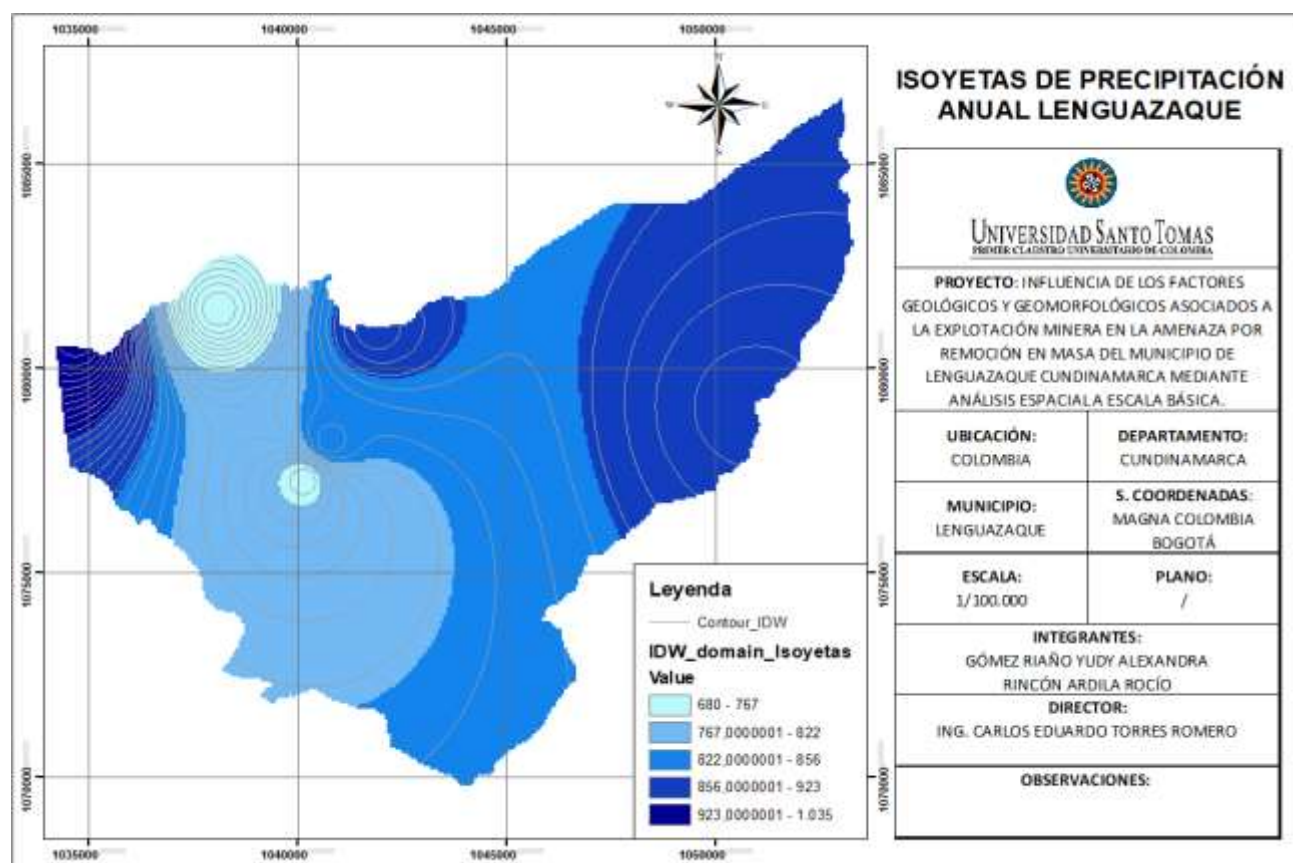
Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2017). *Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez.*

Figura 13. *gráfica de precipitación media anual municipio de Lenguaque*

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Fuente: Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca (CAR). (2017). Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez. <https://www.car.gov.co/uploads/files/5ac6938351bae.pdf>

Figura 14. Isoyetas de precipitación



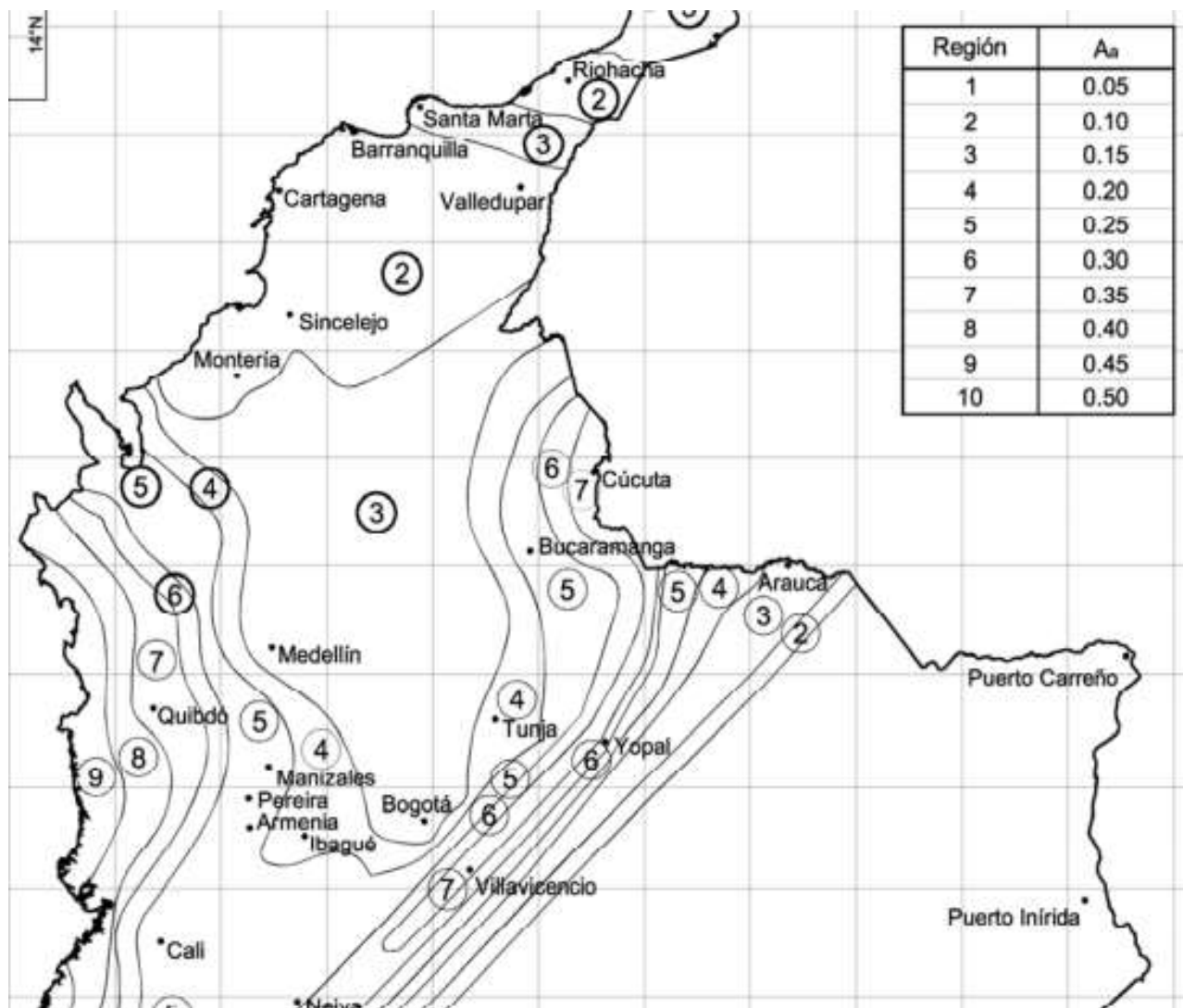
Fuente: Elaboración propia, basado en datos del IDEAM

11.2.2. sismicidad

En la normativa NSR-10 se establecen los valores del coeficiente que representa la aceleración horizontal pico efectiva de acuerdo a las regiones del país, según se muestra en el mapa, el municipio de Lenguaque se encuentra dentro de la región 3 cuyo valor de A_a corresponde a 0.15.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 15. *Susceptibilidad de sismicidad en Colombia*



Fuente: (NSR-10,2010)

Tabla 15. *Susceptibilidad municipio de Lenguaque*

Municipio	Región	Aa	Susceptibilidad
Lenguaque	3	0.15	Media

Fuente: *Elabora propia.*

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Para determinar la sismicidad según mora Vahrson, se debe multiplicar el valor de Aa por la gravedad (9.81 m/s²) y el resultado de este se ubica en la escala de valores que propone Mora y de acuerdo a ello, se determina si se clasifica en susceptibilidad bajo, medio o alto y el valor correspondiente de Ds.

Tabla 16. *Reclasificación sismicidad*

Intensidad	Aceleración Pico (%g)	Aceleración PGA (m/s ²)	Clasificación	Valor Ds
III	1 – 12	0,098 – 1,226	Leve	1
IV	13 – 20	1,227 – 2,011	Muy Bajo	2
V	21 – 29	2,012 – 2,894	Bajo	3
VI	30 – 37	2,895 – 3,679	Moderado	4
VII	38 – 44	3,680 – 4,365	Medio	5
VIII	45 – 55	4,366 – 5,445	Elevado	6
IX	56 – 65	5,446 – 6,426	Fuerte	7
X	66 – 73	6,427 – 7,210	Bastante	8
XI	74 – 85	7,211 – 8,388	Fuerte	9
XII	>85	>8,389	Muy Fuerte Extremadame nte Fuerte	10



Nota: Actividad Sísmica. Mora, S., & Vahrson, W. G. (1993). Determinación "a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos. Tecnología ICE, 3(1), 32-42.

Fuente. Mora Vahrson. (1992).

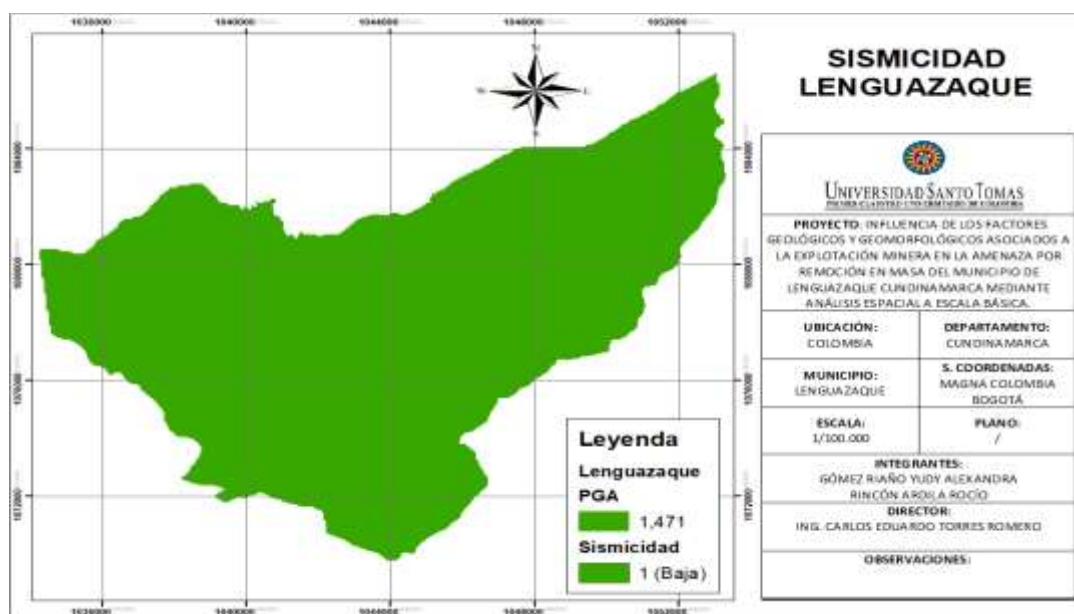
Tabla 17. *Rango sismicidad Municipio de Lenguaque*

	Aa	G (m/s ²)	PGA	Ds	Susceptibilidad	Puntaje
Lenguaque	0.15	9.81	1.471	2	Muy bajo	1

Fuente: Elaboración propia.

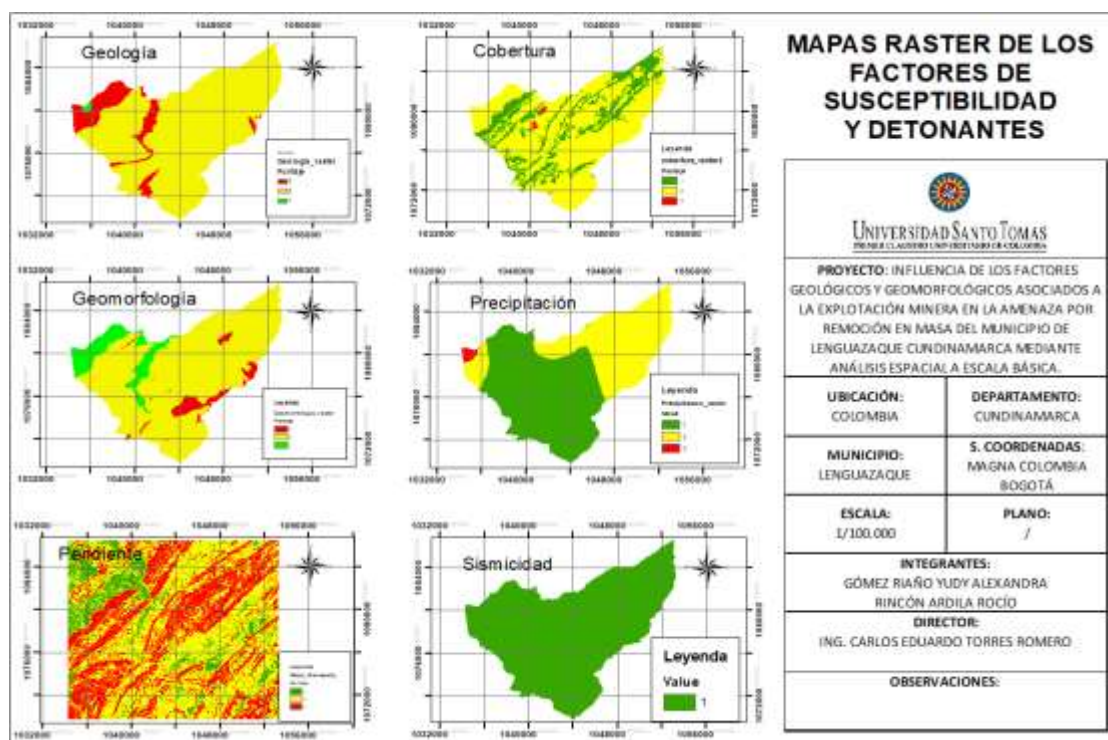
INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 16. Mapa de sismicidad del Municipio de Lenguaque Cundinamarca



Fuente: Elaboración propia según escala de rangos del IGAC

Figura 17. Mapas ráster factores de susceptibilidad y detonantes



Fuente: Elaboración propia según escala de rangos del IGAC

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

12. DESARROLLO

12.1 Cronograma

Tabla 18. *Cronograma plan de trabajo año 2021*

Ítem	PLAN DE TRABAJO	M	M	M	M	M	M
		1	2	3	4	5	7
1	Consultar y recopilar de fuentes secundarias, información sobre minería en LENGUAZAQUE y sobre conceptos básicos de amenazas y zonificación de amenazas.	X	X				
2	Seleccionar el área, para el desarrollo de la investigación, mediante fuentes secundarias, y definir las áreas donde se ha desarrollado algún tipo de actividad minera, dentro de la zona de estudio definida,	X	X				
3	Definición de los principales tipos de impactos generados en los suelos por las actividades mineras sobre el entorno para identificar las amenazas en la zona		X	X			
4	Análisis de la información recolectada y determinación de la vulnerabilidad y amenazas detectadas en la zona definida de estudio.			X	X		
5	Presentar los resultados mediante el uso de herramientas virtuales o diferentes medios o métodos innovadores como ArcGIS generando mapas con los resultados para la zona de estudio. .				X	X	X

Fuente: *elaboración propia.*

12.2. Recursos

Los recursos con los cuales se cuentan son las herramientas tecnológicas que se puedan usar como software de acceso libre (QGis), computadores, acceso a internet, ArcGIS, Bases de Datos institucionales, apoyo docente y tutorías.

De acuerdo con el censo minero realizado por la alcaldía municipal en el 2014, para ese entonces Lenguazaque registró con un total de 218 minas de explotación de minerales, en su mayoría carbón, así mismo se presenta que la vereda Gachaneca alberga la mayor cantidad de minas, con 47 zonas de extracción, como se evidencia en la figura (19), así como en el anexo tabla (26) en donde se presenta la información correspondiente a cada mina.

UBICACIÓN DE MINAS LENGUAZAQUE

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CATASTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

PROYECTO: INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS ASOCIADOS A LA EXPLOTACIÓN MINERA EN LA AMENAZA POR REMOCIÓN EN MASA DEL MUNICIPIO DE LENGUAZAQUE CUNDINAMARCA MEDIANTE ANÁLISIS ESPACIAL A ESCALA BÁSICA.

UBICACIÓN: COLOMBIA	DEPARTAMENTO: CUNDINAMARCA
MUNICIPIO: LENGUAZAQUE	S. COORDENADAS: MAGNA COLOMBIA BOGOTÁ
ESCALA: 1/100.000	PLANO: /
INTEGRANTES: GÓMEZ RIAÑO YUDY ALEXANDRA RINCÓN ARDILA ROCÍO	
DIRECTOR: ING. CARLOS EDUARDO TORRES ROMERO	
OBSERVACIONES:	

Legenda

- puntos_minas2
- Cabecera Urbana
- Veredas

Fuentes: Elaboración propia

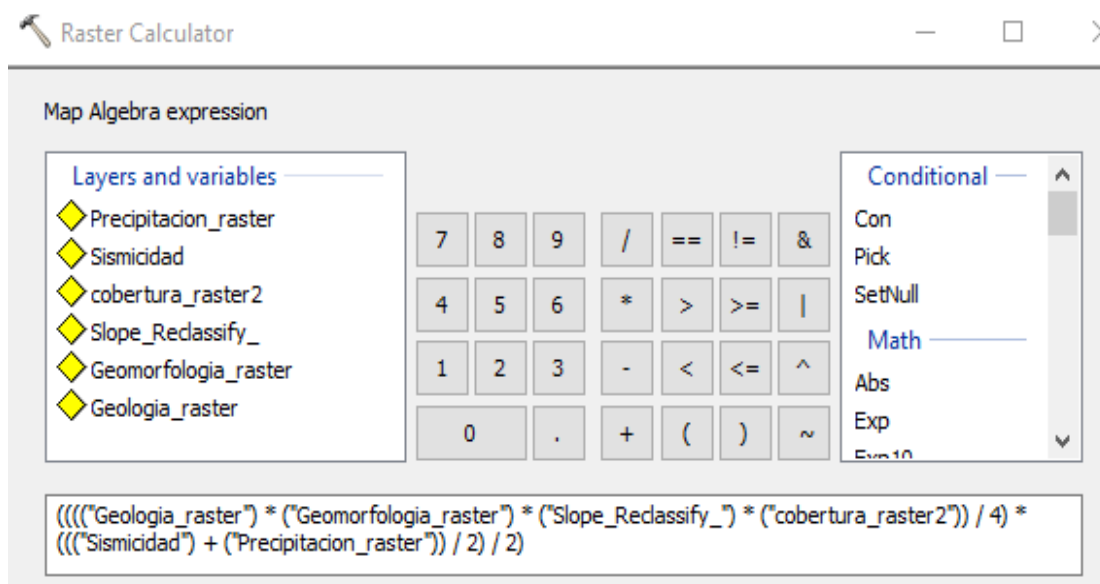
INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Mediante la obtención de información secundaria se obtuvieron los parámetros necesarios para realizar cada uno de los modelos que se presentan a lo largo del proyecto, los cuales se trabajaron en el software arcgis, que brinda todas las herramientas necesarias con las que fue posible determinar el análisis de amenaza para la zona de estudio y así presentar un estimado tanto del territorio en general como de cada una de las minas.

Teniendo en cuenta el desarrollo de la metodología de Mora- Vahrson y la reclasificación de los rangos hecha para cada una de las variables, se realiza la superposición de las mismas para la obtención de los factores de susceptibilidad (Fs) y el factor desencadenante (FD) a fin de generar el mapa de amenaza por remoción en masa mostrado en la siguiente figura (), el cual muestra la interacción de amenaza para el municipio de Lenguaque para el año 2014, y de igual manera el barrido de las minas que se encuentran en el censo minero realizado por la alcaldía municipal para este mismo año.

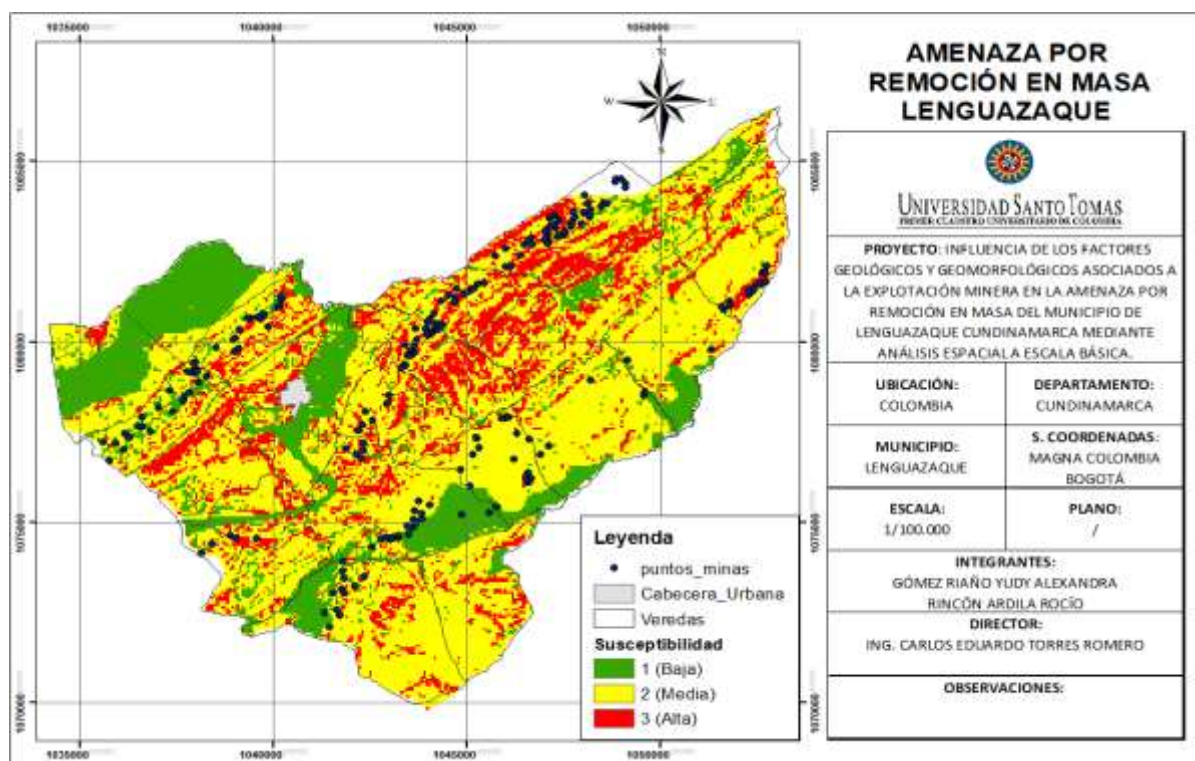
Figura 19. Ecuación Método Mora Vahrson ArcGIS

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS



Fuentes: Elaboración propia

Figura 20. Mapa de amenaza por remoción en masa municipio de Lenguazaque



Fuentes: Elaboración propia

Tabla 19. Porcentaje de amenaza total

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Puntaje	Área (km ²)	Porcentaje
1	55.6543619	36.536
2	67.4997928	44.312
3	29.1744498	19.152
Total	152.328604	100

Fuentes: Elaboración propia

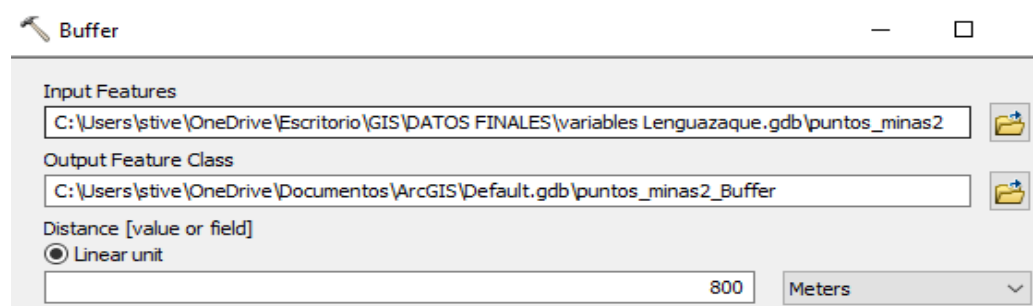
Según el modelo que se obtuvo de amenaza, se muestra que Lenguazaque tiene una susceptibilidad de amenaza alta por remoción en masa en la parte central, con un 19.15 % de área en riesgo 3. Sin embargo, la mayor parte del territorio se encuentra en amenaza intermedia con un porcentaje de 44.3 % (Ver tabla 19).

Continuo al proceso de realización de los mapas se delimitó la zona de influencia de las minas utilizando los geoprocesamientos buffer del software Arcgis, con un área de aferencia de 800 m con respecto a los puntos de las minas, de esta manera se obtiene un círculo que representa la zona de afectación para cada una de las minas, posteriormente se utiliza el el geoprocesamiento Merge, seleccionando toda la capa de círculos que se obtuvo en el buffer, esto con el fin de unificar la información en un solo polígono. Seguido de esto, se realiza un Clip de la amenaza final en tipo polygon con el Merge que se obtuvo en el paso anterior, esto nos dará como resultado la delimitación de las minas con el puntaje de la amenaza que se presenta en la zona respecto a 800 m a la redonda, evidenciando un alto porcentaje de la zona de influencia en puntajes 2 y 3 lo cual incrementa aún más la probabilidad de amenaza por remoción en masa

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

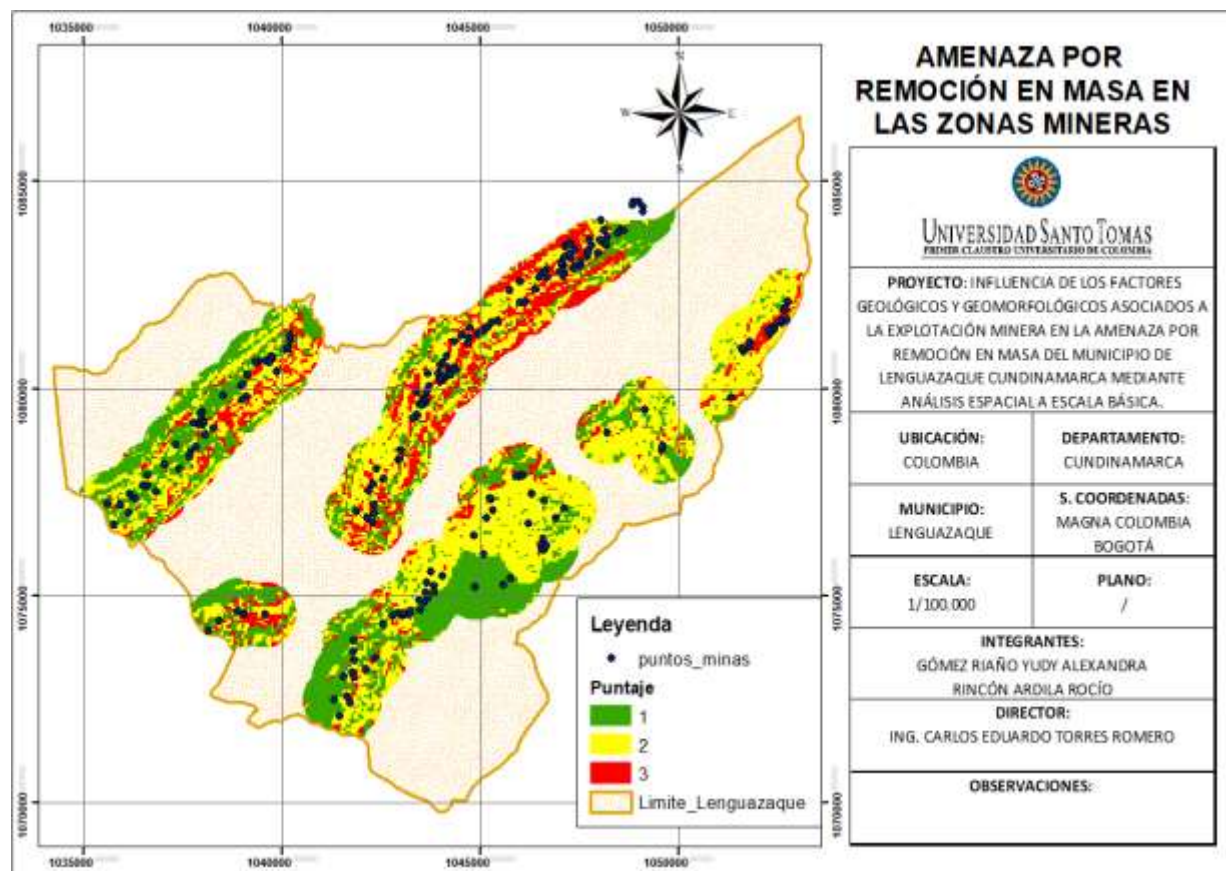
asociada a esta actividad ya que unas de las variables como la de geomorfología y cobertura vegetal se ven alteradas por los factores antropogénicos.

Figura 21. Geoprocesamiento Buffw minas a 800 metros



Fuente. Elaboración Propia

Figura 22. Porcentaje de la amenaza en las zonas mineras con un área de aferencia de 800m



Fuente: Elaboración Propia.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

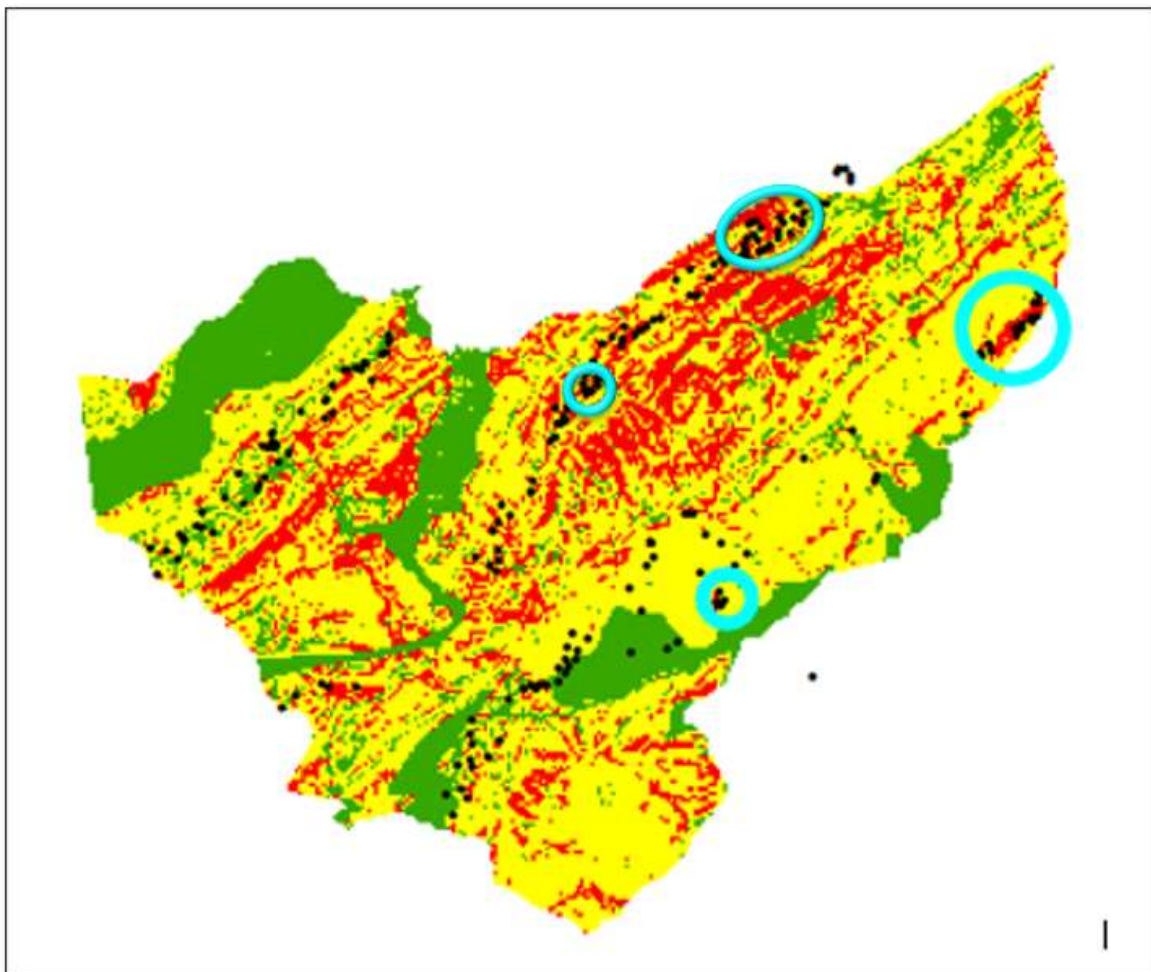
Tabla 20. *Porcentaje de amenaza respecto a los puntos de explotación minera*

Puntaje	Área (km2)	Porcentaje
1	22.2730668	33.669
2	32.2579573	48.762
3	11.622336	17.569
Total	66.153360	100

Fuentes: Elaboración propia

En un área de influencia de 800 m respecto a los puntos de explotación minera se presentan los porcentajes de amenaza correspondientes a la tabla. Se evidencia que un 17.5 % está en grado de amenaza alto.

Figura 23. *Zonas de acumulación minera con amenaza alta*



Fuente: Elaboración propia

Para determinar la amenaza por remoción en masa asociada a la minería se realiza un análisis de inferencia de acuerdo con el modelo final obtenido en Arcgis a partir de la combinación de las variables geológicas y geomorfológicas que se describen a lo largo del trabajo. Principalmente se evidencia que hacia la parte Este del municipio predomina un rango de amenaza medio, sin embargo, en las zonas señaladas en la figura 24 se estima una relación de amenaza alta en donde se encuentran los puntos de ubicación de las minas, por lo cual es posible inferir que probablemente en estas zonas el riesgo sea producto de las explotaciones mineras

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

teniendo en cuenta que en esa zona la geomorfología es de ladera estructural suave y predominan las areniscas, con una susceptibilidad media, además de las alteraciones en la cobertura vegetal por alteraciones antropogénicas, por lo que dicha actividad conlleva alteraciones a la estructura del terreno tanto de manera interna como externa.

Se muestra que en zonas donde hay acumulación de puntos mineros, es decir donde se encuentran minas muy cercanas, la amenaza es alta (3) y en la zona externa a dicha acumulación la amenaza pasa a media (2) lo cual significa que las minas operando en estos lugares están generando un impacto y riesgo mayor por remoción en masa. actuando como detonante antrópico, teniendo en cuenta que la explotación produce modificaciones tanto geomorfológicas de acuerdo con el tamaño del área y el nivel de producción, como geotécnicas según el grado de fractura de la roca, su espesor y el del suelo. (SGC, 2015).

Geología en zonas de amenaza alta (3)

Por otro lado, mediante el análisis de los datos se obtuvo que en las zonas de amenaza alta con mayor porcentaje (38.24 %) está asociada a la unidad geológica del grupo Guadalupe, que se conforma por Arenisca dura, de labor y tierna; posteriormente se encuentra la formación Guaduas con un 21.8 % la cual se conforma por lodolitas y areniscas.

Tabla 21. *Unidades geológicas amenaza alta (3)*

Amenaza alta (3) en las unidades geológicas		
Unidad geológica	Área (m2)	%
Areniscas de Chiquinquirá	226386,499	0,77704566

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Depósitos aluviales	94667,7074	0,32493604
Depósitos coluviales	3467,11463	0,01190047
Formación Bogotá	3847417,97	13,2058204
Formación Cacho	2453576,25	8,42161877
Formación Conejo	4996178,74	17,1488099
Formación Guaduas	6369708,15	21,8632918
Grupo Guadalupe	11142856,9	38,2465769
TOTAL	29134259,4	100

Fuente. Elaboración Propia.

Considerando las minas que se encuentran en zona de amenaza de puntaje 3 se obtiene la siguiente clasificación geológica en la que predomina la formación Guadas con un 76,5% donde se localizan alrededor de 52 minas.

Tabla 22. *Geología de las minas en zona de amenaza 3*

Geología	No. minas	%
Formación Cacho	4	5,882
Formación Guaduas	52	76,471
Grupo Guadalupe	12	17,647
Total	68	100

Fuente. Elaboración Propia.

Geomorfología en zonas de amenaza alta (3)

Así mismo, en la totalidad de zonas de amenaza alta, la mayoría está asociada geomorfológicamente a la unidad Ladera estructural de sierra anticlinal, la cual se caracteriza por

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

tener superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta, formas convexas a recta y pendiente inclinada a muy abrupta, relacionada al flanco de una estructura anticlinal. (SGC).

Tabla 23. *Unidades geomorfológicas amenaza alta (3)*

Amenaza alta (3) en unidades geomorfológicas		
Unidad geomorfológica	Área (m2)	%
Barras homoclinal	4568488,65	15,6782821
Canteras	739,715357	0,00253858
Cono de deslizamiento indiferenciado	4153,8417	0,01425528
Cono de talus	9790,0761	0,03359789
Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión	21857,1639	0,0750101
Escarpe de erosión menor	1336,57087	0,00458689
Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	3947467,05	13,5470407
Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	1577164,91	5,41256382
Ladera de contrapendiente sierra anticlinal glaciada	57,7285187	0,00019811
Ladera de contrapendiente suave	1728617,47	5,93232343
Ladera estructural de sierra anticlinal	6366887,18	21,8500823
Ladera estructural de sierra anticlinal glaciada	198986,276	0,68288732
Ladera estructural de sierra sinclinal	2355279,14	8,08292054
Ladera estructural suave	3024966,34	10,381174
Ladera Ondulada	601973,682	2,06587209
Lomo residual	661607,806	2,27052634
Lomos	1126674,49	3,8665567
Planicie y delta lacustrino	572762,375	1,96562381
Plano o llanura de inundación	2099830,51	7,20626393
Sierra sinclinal	270320,993	0,92769603
Total	29138962	100

Fuente. Elaboración Propia.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La geomorfología asociada a las minas ubicadas en la zona de amenaza 3 se puede verificar en la tabla 24. En la cual se evidencia que la unidad geomorfológica con mayor porcentaje es la Ladera estructural de sierra anticlinal con un 29,4% correspondiente a 20 minas.

Tabla 24. *Geomorfología de las minas en zona de amenaza 3*

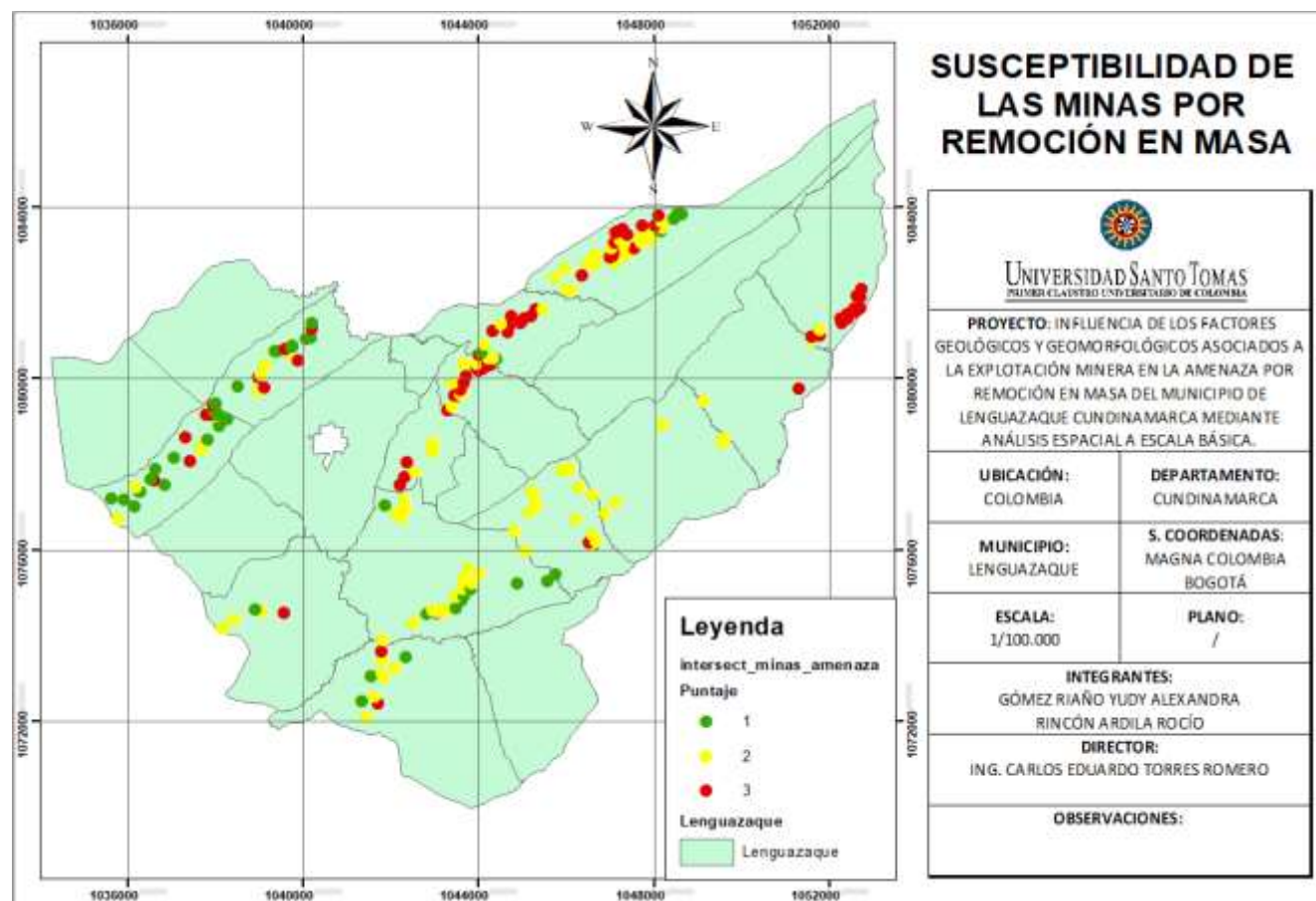
Geomorfología	No. Minas	%
Barras homoclinal	6	8,824
Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal	2	2,941
Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal	4	5,882
Ladera de contrapendiente suave	16	23,529
Ladera estructural de sierra anticlinal	20	29,412
Ladera estructural suave	17	25
Ladera Ondulada	2	2,941
Ladera estructural de sierra sinclinal	1	1,471
Total	68	100

Fuente. Elaboración Propia.

Teniendo en cuenta en análisis realizado anteriormente, es necesario reconocer específicamente el grado de amenaza en el que se encuentra cada una de las minas registradas, para ello se emplea la herramienta de geoprocésamiento Intersect, con la cual se hace una interrelación del mapa de amenaza final con los puntos de ubicación de las minas, de esta manera se crea un solo polígono y en la tabla de atributos del mismo se puede visualizar los datos de la mina, tales como el nombre, coordenadas, estado, titular etc. y el puntaje de amenaza correspondiente para ese punto específico, tal como se muestra en la siguiente figura y en el anexo.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 24. Mapa de susceptibilidad de las minas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Distribución de minas

Estado de amenaza de las minas		
Amenaza	No. De minas	%
1	44	20,8530806
2	99	46,9194313
3	68	32,2274882
Total	211	100

Fuente: Elaboración propia.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

En el censo minero del municipio se registra una totalidad de 211 minas, las cuales se distribuyen según el grado de amenaza ver tabla 25, destacando que 68 puntos de extracción de carbón se encuentran en amenaza alta por remoción en masa, esto corresponde a un 32. 2 % del total de las minas.

14. ANÁLISIS DE LA ENCUESTA DE PERCEPCIÓN SOCIAL

ANÁLISIS

Una vez aplicada la encuesta a la población del municipio de Lenguazaque, se procedió a realizar el análisis de la información obtenida a fin de conocer la percepción de la población sobre el tema de la minería de carbón en el municipio y analizar la parte social del proyecto. Para ello se hizo uso de la herramienta google forms.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS



INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS



INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Interpretación De Los Resultados

Luego procesar la información derivada de la encuesta aplicada a los ciudadanos del municipio de Lenguazaque se obtuvieron los siguientes resultados.

14.1. Pregunta 1.

1. ¿A qué género pertenece?

Interpretación

del 100% de la población encuestada el 61,5 % corresponde a género femenino, el 38,5 % son parte de género masculino, lo que demuestra la participación equitativa de la población sobre la encuesta.

14.2. Pregunta 2.

2. ¿En qué rango de edad se encuentra?

Interpretación

Del 100 % de la población encuestada el 32,7 % pertenece a un rango de edad de entre 25 y 30 años, el 26,9 % son parte del rango de 41 a 50 o más, el 23,1% hace parte del rango de edad de 31 a 40 años, mientras que solo el 17,3 % corresponde al rango de 18 a 24 años, lo que demuestra la participación fue variada y se destaca la participación de las personas mayores las cuales están más involucradas en el ámbito laboral en el tema de la minería.

14.3. Pregunta 3.

3. ¿Cuál de las siguientes opciones cree que responde al concepto de uso del suelo?

Interpretación

Del 100% de los encuestados el 62,7% respondió asertivamente que considera que el concepto del uso de suelo es el modelo que determina las actividades que se pueden desarrollar

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

en un área determinada, mientras que el 9,6 % manifiesta que el uso del suelo es lo que determina si una zona es rural o urbana, y el 7,7% indica que considera que es el modelo que determina las actividades que se pueden desarrollar en un área determinada, lo que demuestra que la mayoría de los encuestados conocen el significado del uso del suelo, lo cual debería ser consecuente a las actividades que realicen en sus predios.

14.4. Pregunta 4.

4. ¿Considera usted que las actividades mineras han provocado cambios en el terreno tales como la vegetación, el paisaje, la calidad del aire y del agua?

Interpretación

del 100% de la población encuesta el 92,2 % considera que las actividades mineras han provocado cambios en el terreno tales como la vegetación, el paisaje, la calidad del aire y del agua mientras que solo el 3,8 % considera que no, lo que demuestra que la población en general si cree que una de las mayores problemáticas del municipio se debe al desarrollo de las actividades mineras.

14.5. Pregunta 5

5. ¿Cuál de las siguientes actividades cree usted que es la principal fuente de economía del municipio?

Interpretación

del 100% de la población encuesta el 90,4 % considera que la principal actividad económica del municipio es la minería de carbón mientras que solo el 5,8 % de la población piensa que la principal actividad económica es la ganadería y tan solo un 3,8% de la población opina que la agricultura es la principal actividad económica y para ninguno de los encuestados

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

estima que la principal actividad económica sea el turismo, lo cual demuestra que para la población del municipio de Lenguaque la principal fuente de ingresos y de economía es la minería de carbón y que las personas reconocen que en el municipio no se genera economía por el turismo.

14.6. Pregunta 6

6.¿Depende usted económicamente de alguna actividad relacionada con la minería de carbón?

Interpretación

del 100% de la población encuesta el 59,6 % depende económicamente de alguna actividad relacionada con la minería mientras que solo el 40,4, % de la población encuestada no depende de esta actividad, lo cual demuestra la importancia que tiene la actividad minera en la economía y el gran porcentaje de población que depende económicamente del desarrollo de esta actividad.

14.7. Pregunta 7

7.¿Qué tan conforme está con las actuaciones y capacitaciones por parte de las entidades que manejan y controlan las actividades mineras?

Interpretación

del 100% de la población encuesta el 42,3 % considera que las entidades que manejan y controlan las actividades mineras principal actividad económica del municipio es la minería de carbón mientras que solo el 5,8 % de la población piensa que la principal actividad económica es la ganadería y tan solo un 3,8% de la población opina que la agricultura es la principal actividad económica y para ninguno de los encuestados estima que la principal actividad económica sea el turismo, lo cual demuestra que para la población del municipio de

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Lenguazaque la principal fuente de ingresos y de economía es la minería de carbón y que las personas reconocen que en el municipio no se genera economía por el turismo.

14.8. Pregunta 8

8. ¿Está a favor de que se desarrollen actividades mineras en el municipio? si, no y ¿por qué?

Interpretación

Teniendo en cuenta que es una pregunta abierta las opiniones de las personas son muy variadas, de lo cual se puede identificar que la población del municipio tiene una opinión muy dividida frente al tema de la explotación minera ya que es uno de los sectores más competitivos para la economía del municipio, pero de igual manera las afectaciones ambientales que genera la minería causa gran preocupación en la población.

14.9. Pregunta 9

9. ¿Cuáles cree que serían las consecuencias de la minería a mediano o largo plazo? (marque las que considere)

Interpretación

del 100% de la población encuesta el 27,4 % considera que una de las consecuencia de las actividades mineras corresponde a las contaminaciones de las fuentes hídricas, mientras que el 20,74 % piensa que la afectación de la fauna y la flora municipio es una de las consecuencias a mediano o largo plazo, de igual manera el 20% considera que la contaminación del aire, un 16,3 % cree los deslizamientos son una de las consecuencias para el municipio mientras que 15,55 % de la población piensa que la deforestación es una consecuencias causadas por la explotación, lo cual demuestra que la principal preocupación de la población es la contaminación de las fuentes hídricas y la contaminación en general.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

14.10. Pregunta 10

10. ¿Cuáles cree que son las principales razones por las que la población minera del municipio ejerce esta labor? (marque las que considera)

Interpretación

del 100% de la población encuesta el 35,05 % considera que la principal razón por la que la población ejerce esta actividad económica es la escasez de empleo entidades mientras que solo el 34,02 % considera que la principal razón por la que la población ejerce esta actividad económica es porque esta actividad genera mayores ingresos, el 22,68 % cree que es la principal razón para ejercer esta actividad económica es por la falta de oportunidades educativas y solo un 8,24% de la población opina que es por independencia laboral , lo cual demuestra que la ciudadanía considera que esta actividad económica genera mayor empleo y mayores ingresos que otras actividades.

15. CONCLUSIONES

Con este estudio fue posible obtener las condiciones y características del municipio de lenguazaque, relacionando los parámetros geológicos, geomorfológicos, pendiente y cobertura como factores de susceptibilidad, así como la precipitación y la sismicidad como factores detonantes; a las actividades de explotación minera que se desarrollan en el municipio, con lo cual se logra la representación del terreno mediante el software ArcGIS en donde se analiza que las zonas de explotación minera más susceptibles a remoción masa se encuentran en un ambiente geomorfológico de tipo "Cono y lóbulo coluvial "relacionado a procesos de transporte y de depósitos de materiales sobre las laderas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados. Su depósito está constituido por bloques y fragmentos heterométricos de rocas preexistentes, con una matriz arcillosa a areno limo arcilloso" (SGC, s.f.). lo cual lo hace altamente susceptible a procesos de remoción en masa.

Se pudo inferir que la explotación minera influye de manera alta y de forma indirecta en el grado de amenaza en algunas zonas específicas, en donde los factores geológicos y geomorfológicos no son condicionantes en gran medida ya que el 19,3 % del área total del municipio se encuentra en zona de amenaza 3, identificando que la unidad geológica representativa para esta zona corresponde al grupo Guadalupe con un 38,5 % del área de amenaza alta, mientras que la unidad geomorfológica característica es Ladera estructural de sierra anticlinal correspondiente a un 29,41 % del área de amenaza alta.

A nivel social se logró identificar mediante la encuesta aplicada a la población del municipio que, el impacto que representa la minería se ve retribuido en las condiciones de vida

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

de la población, ya que esta actividad produce las alteraciones en el entorno tal como lo dieron a conocer las diferentes opiniones ciudadanas, además de las afectaciones ambientales, dado que hay zonas de extracción minera que se encuentran muy cerca al Páramo Rabanal, el cual está en zona de protección, pero los efectos de la minería ponen en riesgo su vitalidad. Sin embargo, es claro que esta actividad es el principal sustento de los habitantes, por lo que el factor económico prima sobre las afectaciones que esto pueda ocasionar.

Finalmente, se concluye que el municipio se encuentra en un grado de amenaza media equivalente al 44.31 % correspondiente a una extensión de 67.5 Km². Se destaca que, en zonas geológicamente inestables, con presencia de depósitos aluviales y coluviales no se evidencian minas en el año 2014, debido a que estos materiales tienen mayor susceptibilidad a procesos de remoción en masa. Sin embargo, las minas se encuentran en un porcentaje de amenaza alta de 17,56% en su zona de influencia de 800 m, por lo que es posible deducir que esta actividad tiene cierto grado de incidencia sobre la amenaza por remoción en masa según su área de aferencia.

16. RECOMENDACIONES

Actualizar el censo minero del municipio de Lenguaque con el fin de obtener una base de datos actualizada y así determinar los nuevos factores utilizados en el método Mora Vahrson para el año en curso y analizar los cambios presentados a través de los años debido al crecimiento de la explotación minera, ya que a la fecha se evidencia un alto crecimiento de esta actividad, lo cual puede generar una mayor área de amenaza alta por remoción en masa.

Solicitar a las entidades pertinentes que se haga presencia mediante capacitaciones al gremio minero con el fin de concientizar y educar acerca de la explotación de manera eficiente y consciente con el medio ambiente.

17. REFERENCIAS

Agencia Nacional de Minería [ANM](s.f.). <https://www.anm.gov.co/>.

Alcaldía Lenguaque. (2014). *Censo Minero Municipio de Lenguaque*.

Alcaldía de Lenguaque. (2000). *Acuerdo 08 de 2000. Esquema de Ordenamiento Territorial de Lenguaque - EOT*.

Alcaldía de Lenguaque. (2016). *Acuerdo diciembre 19 De 2016 Por medio del cual se Modifica el Plan de Desarrollo 2016-2019*.

http://lenguazuquecundinamarca.micolombiadigital.gov.co/sites/lenguazuquecundinamarca/content/files/000101/5033_plan-de-desarrollo-20162019.pdf.

Alcaldía de Lenguaque. (2020). *Acuerdo 001 mayo 31 de 2020 Plan de Desarrollo “construyendo bienestar 2020-2023”*.

Beltrán Garzón, B. (2021). *Análisis de los factores hidrológicos y geomorfológicos asociados a la amenaza por movimiento en masa para la zona de estudio comprendida entre los municipios de Campoalegre y Pitalito, Huila*. Universidad Santo Tomás. Repositorio Usta. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/34410>

Camacho Hurtado, F. (2019). *Análisis multitemporal de las zonas mineras de los municipios de Lenguaque y Guachetá para evidenciar impactos ambientales y cambios en la cobertura de suelos* (Bachelor's thesis, Uniandes).

Cañón Rincón, A. P., & Márquez Rodríguez, N. K. (2019). *Caracterización social, económica y minera de los municipios de Ubaté y Lenguaque* (Doctoral dissertation).

Castillo, C. (26 de marzo 2012). *Colombia, cuarto exportador de carbón a nivel mundial*. El Tiempo. <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM->

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

5310568#:~:text=Y%20no%20solo%20eso%2C%20somos,se%20han%20comprobado%207.000%20millones.

Contraloría de Cundinamarca. (2018). Diagnóstico minero en Cundinamarca.

Cruden, D. M. (1993). Cruden, DM, Varnes, DJ, 1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, US National Academy of Sciences, Special Report, 247: 36-75.

Corporación Autónoma Regional [CAR]. (2017). Diagnóstico, prospectiva y formulación de la cuenca hidrográfica de los ríos Ubaté y Suárez.

Corporación Autónoma Regional [CAR]. (2018). Capturadas dos personas en operativo en Lenguaque. Recuperado de: <https://www.car.gov.co/saladeprensa/capturadas-dos-personas-en-operativo-en-lenguaque#>

Departamento Nacional de Planeación [DNP]. (2020). Sisbén. Base de datos certificada para Lenguaque Cundinamarca. Agosto de 2020.

Gallardo-Amaya, R. J., Cuanalo-Campos, O. A., & Guerrero-Barbosa, T. E. (2013). Riesgo por deslizamiento en ladera del sector oriental del municipio de Ocaña. Revista Ingenio, 6(1), 32-37.

García Castillo, D. F., Murcia Forero, J. A., & Torres Romero, C. E. (2020). *Análisis del contexto regional sobre la incidencia de las inestabilidades geotécnicas en el sector Peña de Gallo en la vía del Cusiana del municipio de Pajarito*. Universidad Santo Tomás.

Gobernación de Cundinamarca. (2011-2013). Estadísticas de Cundinamarca 2011-.2013- Economía Departamental.

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Gutiérrez Ariza, K., & Murcia Padilla, L. G. (2019). *Diseño de una herramienta para la gestión minero ambiental de minería de carbón subterránea, estudios de caso en el municipio de Lenguazaque.*

Instituto Nacional de Investigaciones Geológico – Mineras [INGEOMINAS]. (2002). Mapa geológico del departamento de Cundinamarca, Memoria explicativa. Escala 1:250.000.

Instituto De Hidrología, Meteorología Y Estudios Ambientales [IDEAM] & Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (2010). Anexos de la memoria explicativa de la zonificación de la susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000 plancha 172 - Paz de Río.

Manrique Torres, F. I., & Vega Laverde, L. G. (2020). *Diagnóstico de la sostenibilidad ambiental en los proyectos de explotación de mineral de carbón en el municipio de Guachetá Cundinamarca.*

Martínez, A. (2012). Impacto socioeconómico de la minería en Colombia.

Ministerio de Minas y Energía (s.f.). Recuperado de: <https://www.minenergia.gov.co/>

Minero, S. (2012). Minería en Colombia.

Montero, J. (2017). Clasificación de movimientos en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia. *Publicaciones Geológicas Especiales. Servicio Geológico Colombiano*, 190.

Mora, R., Mora, S. & Vahrson, W. (1994). Macrozonation Methodology for Landslide Hazard Determination.

https://www.researchgate.net/publication/275971541_Macrozonation_Methodology_for_Landslide_Hazard_Determination

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Mora, S., & Vahrson, W. G. (1993). *Determinación" a priori" de la amenaza de deslizamientos utilizando indicadores morfodinámicos*. Tecnología ICE, 3(1), 32-42.

https://www.researchgate.net/publication/283730363_Determinacion_a_priori_de_la_a_menaza_de_deslizamientos_utilizando_indicadores_morfodinamicos

Olarte, J. M. (2017). *Clasificación de movimiento en masa y su distribución en terrenos geológicos de Colombia*.

Sarmiento Pérez Gustavo. (1991). Estratigrafía y medios de depósito de la formación guaduas.

Sarmiento Pérez Gustavo, & Clara Liliana Guatéame. (2004). *Interpretación del Ambiente Sedimentario de los Carbones de la Formación Guaduas en el Sinclinal Checua Lenguaque a partir del análisis petrográfico*. Geología Colombiana, 29, 41.

<https://search.proquest.com/docview/1677569921>.

Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (s.f.) Mapa Geomorfológico Aplicado a Movimientos en Masa, Escala 1:100.000. Plancha 207.

Servicio Geológico Colombiano [SGC]. (2015). *Guía metodológica para estudios de amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa*. Servicio Geológico Colombiano-SGC.

Servicio Geológico Colombiano. [SGC] & Universidad de Pamplona. (2015). *memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000*.

Servicio Geológico Colombiano. [SGC] & Universidad Nacional de Colombia [UNAL]. (2015). *Guía Metodológica para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa, Escala Detallada*.

Servicio Geológico Colombiano. [SGC]. (2015). *Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa, Escala 1:100.000*. Bogotá:

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Servicio Geológico Colombiano, Dirección de Geoamenazas-Grupo de Evaluación de Amenazas por Movimientos en Masa. Recuperado de [http://ftp_univ.sgc.gov.co/bodega-simma/docsreferencia/DocumentoMetod100k_V4_Preliminar_Septiembre_01_2016\(1\).pdf](http://ftp_univ.sgc.gov.co/bodega-simma/docsreferencia/DocumentoMetod100k_V4_Preliminar_Septiembre_01_2016(1).pdf).

Sistema de Información Ambiental de Colombia [SIAC]. (2018) *Coberturas de la tierra.*

Recuperado de: <http://www.siac.gov.co/catalogo-de-mapas>.

Varnes D.J. (1978). Slope movement types and processes. Special report 176: Landslides:

Analysis and control (R.L. Schuster and R.J. Krizek, eds.), TRB, National Research Council, pp.11-33. <https://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/sr/sr247/sr247-003.pdf>

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

18.ANEXOS

Tabla 26. *Tabla de amenaza para cada punto de explotación minera*

Nombre de la mina	Vereda	E	N	Puntaje	Nombre de la mina	Vereda	E	N	Puntaje
El Porvenir 1	Chirvaneque	1038907	1074605	1	Bellavista 1	Gachaneca	1047702	1083224	2
El Porvenir 2	Chirvaneque	1039061	1074548	2	Sin Dato	Gachaneca	1047247	1083234	2
El Tuno	Chirvaneque	1039578	1074539	3	El Alizal	Gachaneca	1047962	1083261	2
El Eucalipto A	El Salto	1044399	1080452	1	Sin Dato	Gachaneca	1047724	1083309	2
Fachas	El Salto	1044062	1080615	1	El Alizal	Gachaneca	1047810	1083449	2
El Raque 1	El Salto	1043582	1079625	2	Buenavista	Gachaneca	1048190	1083512	2
El Raque 2	El Salto	1043632	1079681	2	Sin Dato	Gachaneca	1048198	1083664	2
Sin Dato	El Salto	1043425	1079895	2	Sin Dato	Gachaneca	1046376	1082401	3
El Bosque	El Salto	1043679	1080350	2	Sin Dato	Gachaneca	1047001	1082823	3
El Salto	El Salto	1043956	1080357	2	Buenos Aires	Gachaneca	1047066	1082865	3
Z Y R	El Salto	1044212	1080482	2	Encenillo	Gachaneca	1047084	1082935	3
El Eucalipto B	El Salto	1044327	1080488	2	Pajonal	Gachaneca	1047554	1083044	3
El Cerezo	El Salto	1044157	1080784	2	Ojo de agua 2	Gachaneca	1047111	1083168	3
El Triunfo	El Salto	1043512	1079597	3	Ojo de agua 1	Gachaneca	1047393	1083352	3

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Sin Dato	El Salto	1043512	1079597	3	Rinconcito	Gachaneca	1047137	1083425	3
Sin Dato	El Salto	1043467	1079608	3	La Acacia	Gachaneca	1047181	1083454	3
La Cisquera Z	El Salto	1043576	1079736	3	Sin Dato	Gachaneca	1047282	1083502	3
Buenavista	El Salto	1043665	1079900	3	El Roble	Gachaneca	1048024	1083569	3
Sin Dato	El Salto	1043714	1080047	3	El Aliso	Gachaneca	1047748	1083578	3
El Pedregal	El Salto	1044007	1080180	3	El Alizal	Gachaneca	1048112	1083826	3
El Cetin	El Salto	1043972	1080234	3	Sin Dato	La Cuba	1041873	1077034	1
El Tesoro	El Salto	1044106	1080238	3	Sin Dato	La Cuba	1042272	1076761	2
El Saus	El Salto	1044014	1080268	3	sIn Dato	La Cuba	1042144	1076864	2
El eucalipto D	El Salto	1044266	1080318	3	Salvio 1	La Cuba	1042334	1076959	2
El Eucalipto C	El Salto	1044206	1080370	3	Sin Dato	La Cuba	1042327	1077171	2
Candelabros	El Salto	1044000	1080546	3	La vuelta	La Cuba	1042567	1077820	2
Calderitas	El Salto	1044334	1081124	3	La Cuba 1	La Cuba	1042946	1078275	2
El Eucalipto	Espinal Alizal	1042820	1074498	1	Sin Dato	La Cuba	1042963	1078301	2
El Milagrito	Espinal Alizal	1043490	1074638	1	Cardonal	La Cuba	1042987	1078499	2
Alizal 3	Espinal Alizal	1043603	1074817	1	Sin Dato	La Cuba	1043416	1079332	2
Alizal 2	Espinal Alizal	1043680	1074930	1	Sin Dato	La Cuba	1043414	1079350	2
Alizal 1	Espinal Alizal	1043832	1075074	1	Sin Dato	La Cuba	1042206	1077528	3
El Avestruz	Espinal Alizal	1044881	1075202	1	Divino Niño	La Cuba	1042314	1077694	3

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

El Triunfo	Espinal Alizal	1042532	1074299	2	La Cubita	La Cuba	1042381	1078042	3
El Chuscal 1	Espinal Alizal	1043080	1074555	2	Sin Dato	La Cuba	1043311	1079261	3
El Chuscal 2	Espinal Alizal	1043243	1074560	2	Loma Redonda	Ramada Alta	1036146	1077005	1
El Cerezo	Espinal Alizal	1042952	1074566	2	La Esperanza	Ramada Alta	1035922	1077173	1
Chuscal Lagunetas	Espinal Alizal	1043226	1074607	2	San Jorge	Ramada Alta	1035626	1077205	1
Alizal 4	Espinal Alizal	1043477	1074889	2	Los Alpes 2	Ramada Alta	1036297	1077353	1
Alizal 6	Espinal Alizal	1043629	1075071	2	Los Alpes 1	Ramada Alta	1036256	1077366	1
El Hueco	Espinal Alizal	1043851	1075227	2	El Arrayan	Ramada Alta	1036829	1077503	1
La Milagrosa	Espinal Alizal	1043662	1075300	2	Los Raques 2	Ramada Alta	1036514	1077649	1
El Hueco 2	Espinal Alizal	1044048	1075457	2	Agrominera	Ramada Alta	1036627	1077898	1
Buenos Aires	Espinal Alizal	1043761	1075564	2	Villa Nelly	Ramada Alta	1037053	1078152	1
El Alcaparro	Espinal Alizal	1045073	1075987	2	La Esperanza	Ramada Alta	1037830	1078577	1
Salitre	Espinal Alizal	1043059	1074519	3	El Tesoro	Ramada Alta	1038083	1078880	1
Arrayan 3	Espinal Carrizal	1045579	1075263	1	La Quinta	Ramada Alta	1038281	1079038	1
La Providencia	Espinal Carrizal	1045769	1075417	1	Veta Grande	Ramada Alta	1038048	1079167	1
El Cerrejón	Espinal Carrizal	1046619	1076102	1	Carbones San Antonio	Ramada Alta	1035770	1076717	2
El Salitre Sarzal	Espinal Carrizal	1046562	1076106	2	Los Ángeles	Ramada Alta	1036180	1077457	2

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

San Sebastián	Espinal Carrizal	1046681	1076192	2	Los Pinos	Ramada Alta	1037691	1078337	2
Rincón	Espinal Carrizal	1046596	1076354	2	Los Puentes	Ramada Alta	1037711	1078448	2
El Ocal	Espinal Carrizal	1044839	1076429	2	Los Pinos	Ramada Alta	1038007	1079120	2
El Central	Espinal Carrizal	1046227	1076732	2	Los Raques 1	Ramada Alta	1036610	1077618	3
Los Frailes	Espinal Carrizal	1045169	1076871	2	Canaguaro	Ramada Alta	1037423	1078061	3
El Centin	Espinal Carrizal	1045331	1077043	2	Primavera	Ramada Alta	1037325	1078623	3
La Morena	Espinal Carrizal	1046617	1077290	2	El Triunfo	Ramada Alta	1037893	1079145	3
Pantanitos 2	Espinal Carrizal	1045273	1077307	2	Las Quintas	Ramada Alta	1037782	1079167	3
El Mortiño	Espinal Carrizal	1045236	1077346	2	El Arrayan	Ramada Flores	1037972	1079223	1
La Joyita	Espinal Carrizal	1046309	1077454	2	70	Ramada Flores	1038006	1079232	1
La Esperanza	Espinal Carrizal	1045915	1077856	2	Laurel 2	Ramada Flores	1038003	1079432	1
El Cucharo	Espinal Carrizal	1045972	1077856	2	Sin Dato	Ramada Flores	1038518	1079821	1
El Encinillo	Espinal Carrizal	1046095	1077882	2	El Cajón 2	Ramada Flores	1039357	1080635	1
Sin Dato	Espinal Carrizal	1046532	1076164	3	El Cajón 1	Ramada Flores	1039412	1080648	1
La Esperanza	Estancia contento	1044523	1081272	2	El Bosque	Ramada Flores	1039763	1080754	1
Torres Gemelas	Estancia contento	1045456	1081628	2	El Cajón 2	Ramada Flores	1039752	1080767	1
La Esperanza	Estancia contento	1044683	1081092	3	Manto 90	Ramada Flores	1040073	1080929	1
Sin Dato	Estancia contento	1044334	1081124	3	Manto Grande	Ramada Flores	1040170	1080957	1

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Sin Dato	Estancia contento	1044704	1081224	3	Manto Cisquera	Ramada Flores	1040214	1081288	1
Triangulo 3	Estancia contento	1044959	1081304	3	Tesoro 2	Ramada Flores	1038996	1079710	2
Canales 2	Estancia contento	1045054	1081399	3	El Pino	Ramada Flores	1039038	1080082	2
Las Margaritas	Estancia contento	1044745	1081467	3	El Kinder	Ramada Flores	1039135	1080319	2
Bellavista	Estancia contento	1045194	1081470	3	El Bosque	Ramada Flores	1039684	1080625	2
Buenos Aires	Estancia contento	1045301	1081606	3	El Bosque	Ramada Flores	1039684	1080625	2
El Triunfo	Faracia Pantanitos	1041329	1072469	1	Laurel 1	Ramada Flores	1037941	1079399	3
Agua C El Tobo	Faracia Pantanitos	1041560	1073037	1	Tesoro 1	Ramada Flores	1039117	1079803	3
El Cerezo	Faracia Pantanitos	1041455	1072086	2	La Ramada	Ramada Flores	1038977	1080034	3
La Esperanza	Faracia Pantanitos	1041632	1072557	2	El Rubí	Ramada Flores	1039872	1080419	3
Sin Dato	Faracia Pantanitos	1041831	1073019	2	El Bosque 1	Ramada Flores	1039603	1080682	3
Sin Dato	Faracia Pantanitos	1041784	1073123	2	Manto 1:20	Ramada Flores	1040214	1081155	3
Sin Dato	Faracia Pantanitos	1041829	1073432	2	La Milagrosa	Risaca faracia	1042348	1073490	1
El Arrayan	Faracia Pantanitos	1041810	1073890	2	Las Acacias	Risaca faracia	1042110	1073221	2
Sin Dato	Faracia Pantanitos	1041721	1072405	3	El Aliso	Tibita Centro	1049151	1079482	2
Sin Dato	Faracia Pantanitos	1041798	1073639	3	La Esperanza	Tibita Centro	1051638	1080895	2
El Curubo	Fiantoque	1038161	1074144	2	Divino Niño	Tibita Centro	1051313	1079776	3
El Volcán	Fiantoque	1038417	1074372	2	La Cascada	Tibita Centro	1051597	1080974	3
Sin Dato	Fiantoque	1038420	1074378	2	La Carbonera 2	Tibita el Carmen	1051792	1081131	2

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La Fortuna	Gachaneca	1048175	1083442	1	La Carbonera 1	Tibita el Carmen	1051802	1081001	3
bellavista 1 Manto 1	Gachaneca	1048462	1083738	1	Tibita El Carmen	Tibita el Carmen	1052302	1081296	3
Corales	Gachaneca	1048634	1083828	1	Agua Azul	Tibita el Carmen	1052414	1081417	3
La Uno	Gachaneca	1048537	1083839	1	Piedra De Cueva	Tibita el Carmen	1052275	1081418	3
La esperanza 2	Gachaneca	1046137	1082063	2	El Porvenir	Tibita el Carmen	1052423	1081521	3
Sin Dato	Gachaneca	1046138	1082064	2	Casa Vieja	Tibita el Carmen	1052604	1081561	3
La esperanza 1	Gachaneca	1046020	1082068	2	Papayo 3	Tibita el Carmen	1052592	1081639	3
Ojo de agua 3	Gachaneca	1045751	1082354	2	Combo 2	Tibita el Carmen	1052724	1081656	3
El Porvenir	Gachaneca	1046004	1082567	2	EL Tobo 2	Tibita el Carmen	1052711	1081920	3
La Escondida	Gachaneca	1046487	1082678	2	EL Tobo 1	Tibita el Carmen	1052641	1081923	3
El Triunfo	Gachaneca	1046689	1082687	2	Sin Dato	Tibita el Carmen	1052741	1082089	3
Palenque 1	Gachaneca	1047102	1082712	2	Fotoque 2	Tibita Hatico	1046895	1076863	2
El Salvio	Gachaneca	1047113	1082776	2	Fotoque 1	Tibita Hatico	1047129	1077108	2
El Cerezo	Gachaneca	1046601	1082781	2	Mina Piloto	Tibita Hatico	1049579	1078495	2
El Tesoro	Gachaneca	1046682	1082875	2	El Triunfo	Tibita Hatico	1049618	1078597	2
Sin Dato	Gachaneca	1047352	1082898	2	El Espartillo	Tibita Hatico	1048215	1078920	2
Palenque 2	Gachaneca	1047416	1082935	2					
El Cerezo	Gachaneca	1047513	1082985	2					

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

La Loma	Gachaneca	1047036	1083034	2
Palenque 3	Gachaneca	1047312	1083130	2
La Esmeralda	Gachaneca	1047705	1083180	2

Fuente: Elaboración propia

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 25. *Certificación Alcaldía Municipal*



Fuente: Elaboración propia

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 26. Soporte Socialización Cartelera Municipal



Fuente: Elaboración propia

INFLUENCIA DE LOS FACTORES GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS

Figura 27. Socialización secretaria de desarrollo rural minero y ambiental



Fuente: Elaboración propia.