

GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

2. GEOLOGÍA GEOMORFOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

2.1 INTRODUCCIÓN

2.1.1 PRESENTACIÓN

Dentro del análisis que se desarrolla en el presente capítulo se evalúan los diferentes factores geológicos, morfoestructurales, hidrológicos y topográficos que han controlado los procesos dinámicos de erosión e inestabilidad en el municipio de Firavitoba, con miras a su planificación, teniendo en cuenta sus recursos minerales y la conservación del equilibrio en los ecosistemas.

2.1.2 OBJETIVO GENERAL

El análisis que se presenta en este capítulo está orientado a realizar una evaluación semidetallada (escala 1:25.000) de las características geológicas, estructurales y geomorfológicas del municipio, con el fin de establecer los factores morfodinámicos y determinar los procesos dinámicos de erosión e inestabilidad dentro del área de estudio, delimitando las zonas de mayor sensibilidad y susceptibilidad a fenómenos de este tipo.

2.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar y cartografiar los diferentes tipos de materiales que configuran el área de estudio, diferenciados de acuerdo a su composición y origen en materiales consolidados y no consolidados.

Identificar los factores litológicos, estructurales y tectónicos que determinan la estabilidad de las laderas.

Identificar los procesos morfodinámicos activos o generados como respuesta a los cambios de las condiciones naturales del área.

Evaluar las condiciones dinámicas de las laderas que conforman el área de estudio, su influencia en el comportamiento de la dinámica fluvial; diferenciando los procesos activos de erosión e identificando los diferentes factores que han determinado y condicionado el comportamiento dinámico de las mismas.

Identificar, delimitar y evaluar los sectores que presenten mayor vulnerabilidad ante los procesos de inestabilidad.

Identificar y delimitar en el mapa morfodinámico las principales unidades geomorfológicas y los procesos dinámicos que las afectan, clasificadas de acuerdo a su origen.

Evaluar los principales procesos dinámicos de erosión e inestabilidad que afectan las laderas, sus causas, factores contribuyentes a la influencia actual y en el futuro de la dinámica fluvial de la zona.

2.2 METODOLOGÍA

El análisis geológico y geomorfológico para efectos del presente estudio se elaboró a una escala semidetallada 1:25.000; para cuya evaluación se desarrollaron fundamentalmente las siguientes actividades:

2.2.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

El estudio se inició con una revisión de la información geológica tanto de estudios regionales como locales complementada con información específica. Entre los principales documentos consultados se destacan los siguientes:

Geología de la Región Duitama, Sogamoso, Paz de Río. Departamento de Boyacá. Ítalo Reyes. 1984.

Estudio de Aguas Subterráneas para el abastecimiento urbano de Firavitoba. Alejandro González y Heladio Guío. 1989.

Estudios de impacto y planes de manejo ambiental para la pequeña minería en el aporte 923A. Inpro Ltda – Mineralco. 1996.

2.2.2 FOTOINTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

En esta actividad se realizó una complementación geológica de la zona del proyecto, identificando las unidades estratigráficas, las principales características estructurales del área, las condiciones de estabilidad de los materiales y los principales procesos erosivos.

Las fotografías aéreas utilizadas se relacionan en el Cuadro II-8, y las planchas empleadas en el Cuadro II-9.

CUADRO II-8. Material Aerofotográfico

VUELO	SOBRE	FECHA	ESCALA	No. FOTOS
C2471	36265	1992	1:29.500	147-148
C2471	36263	1992	1:30.400	114-118
C2581	37426	1995	1:33.400	99-103

CUADRO II-9. Material Cartográfico

PLANCHA	ESCALA	AÑO
171-IV-D	1:25.000	1.967
172-III-C	1:25.000	1.967
191-II-B	1:25.000	1.967
192-I-A	1:25.000	1.967

2.2.3 ELABORACIÓN DEL MAPA DE PENDIENTES

Con el fin de evaluar las características del relieve y las pendientes de la zona de estudio, e interrelacionar los problemas de estabilidad y uso potencial del suelo se realizó el mapa de pendientes del terreno mediante el método de isotangentes.

CUADRO II-10. Rangos de Pendientes

PENDIENTES	
%	DESCRIPCION
0-2	Superficie casi a nivel o a nivel
2-7	Ligeramente inclinada (laderas)
	Ligeramente ondulada
	Moderadamente inclinada
7-12	Moderadamente ondulada
	Ligeramente quebrada
12-25	Fuertemente inclinada
	Fuertemente ondulada a
	Moderadamente quebrada
25-50	Fuertemente quebrada a
	Ligeramente escarpada
50-75	Moderadamente escarpada
>75	Fuertemente escarpada (incluye escarpes verticales o subverticales)

2.2.4 FOTOINTERPRETACIÓN MORFODINÁMICA

De acuerdo al registro de fotografías aéreas se identificaron los diferentes procesos dinámicos de erosión o inestabilidad a nivel de cada una de las unidades identificadas. Esta información permitió valorar para cada una de las unidades el grado de susceptibilidad a la erosión, clasificada como baja, media y alta; y su influencia en los procesos dinámicos de los cauces principales, delimitando los sectores en estado de desequilibrio morfodinámico.

2.2.5 TRABAJO DE CAMPO

Posteriormente al trabajo interpretación de aerofotografías se hizo el de comprobación en el terreno de las unidades: Paisajes, tipos y formas del relieve, de los materiales geológicos, de los grados de alteración de las formaciones superficiales, de las características de las formas aluviales cuaternarias y especialmente la identificación de la dinámica actual de erosión, los procesos morfogenéticos y la dinámica fluvial

2.2.6 EVALUACIÓN DINÁMICA

Basado en la interpretación de las fotografías aéreas y reconocimiento de campo, se evalúan las condiciones de estabilidad, identificando los diferentes factores litológicos, morfoestructurales e hidrológicos que controlan la estabilidad de las laderas; y la incidencia que ha tenido el cambio de las condiciones naturales por la actividad humana. A partir del análisis de los cambios dinámicos generados por la intervención antrópica se identificaron las zonas con mayor sensibilidad morfodinámica.

La sensibilidad de una ladera se define como la probabilidad de cambios (procesos **dinámicos**), **generados ante la variación de** sus condiciones naturales. Este concepto de sensibilidad se enmarca en la definición geomorfológica de equilibrio. *“Una ladera corresponde a un sistema natural en condición de equilibrio temporal y los diferentes procesos morfodinámicos manifiestan un estado de desequilibrio del sistema por el cambio de uno o varios de sus componentes naturales”.*

2.2.7 TRABAJO DE OFICINA Y GENERACIÓN DEL INFORME

Cumplidas las anteriores fases en el desarrollo del análisis geológico y geomorfológico llevado a cabo dentro del presente estudio, se procedió a evaluar los resultados obtenidos para generar el informe final con sus respectivos mapas temáticos. Pendientes, geología y morfodinámica.

2.3 PENDIENTES DEL TERRENO

Dentro del proceso de elaboración del mapa de pendientes y su posterior análisis se establece que las pendientes no son causantes de los fenómenos de inestabilidad por si solas, sino que son un factor coadyuvante en los procesos erosivos y de inestabilidad por acción antrópica en los casos en que las condiciones naturales del terreno son modificadas o por la presencia de agentes erosivos naturales.

Como conclusión del análisis de pendientes se observa que el mayor porcentaje lo ocupa el rango que fluctúa entre 7 - 12% con un área de 3853,11 Ha. En segundo lugar se encuentra el rango entre 0 – 2% con un área de 3379,62 Ha. Después de ésta se ubica el rango 12 – 25% con 1974,96 Ha. Dentro del rango de 2 – 7% se encuentran 1673,12 Ha. Entre 25 – 50% se encontraron 50,43 Ha. De 50 – 75% se hallaron 44,75 Ha. Finalmente, mayores de 75% figuraron 9,86 Ha.

2.4 GEOLOGÍA

Geológicamente el área de estudio se encuentra localizada al sur del macizo de Floresta, formando parte de la cuenca Sogamoso – Paz de Río. Las rocas que afloran en el Municipio de Firavitoba son de origen sedimentario, las cuales han sido depositadas desde el Cretáceo Inferior hasta el Terciario Superior y depósitos no consolidados del Cuaternario.

La tectónica general de la zona está controlada por la Falla de Soapaga al suroeste del municipio, la cual sigue un rumbo suroeste – noreste, que condiciona la orientación de las formaciones aflorantes. Estratigráficamente se identifican dentro del municipio las Formaciones Tibasosa (Kit), Belencito (Kib), Une (Kmu), Churuvita (Ksch), Conejo (Ksc), Socha Superior (Tpss) y Picacho (Tep), además de depósitos de origen aluvial, fluvioacustre y suelos residuales (Ver Figuras III-1, III-2, III-3, III-4 y III-5 y Mapa Temático).

2.4.1 ESTRATIGRAFÍA

A continuación se describe cada una de las unidades litoestratigráficas que afloran en el Municipio de Firavitoba.

2.4.1.1 Formación Tibasosa (Kit)

En el Municipio de Firavitoba afloran los dos miembros superiores de la Formación Tibasosa, tomando como base la descripción estratigráfica propuesta por Italo Reyes (1984).

El miembro intermedio de esta Formación (Kit) aflora parcialmente al suroeste del municipio en límites con el municipio de Pesca, está constituido esencialmente por intercalaciones de bancos de caliza de hasta tres metros de espesor con arcillolitas y areniscas calcáreas.

El miembro superior (Kit) predominantemente arcilloso está conformado principalmente por arcillolitas con algunas intercalaciones de caliza, notándose hacia el techo de la formación algunos bancos de arenisca micácea muy compacta con algunas intercalaciones de arcillolitas. En el municipio aflora parcialmente hacia la parte occidental, en las veredas El Bosque y San Antonio.

2.4.1.2 Formación Belencito (Kib)

Corresponde al miembro calcáreo superior de la Formación Tibasosa, pero fue elevada al rango de Formación (Reyes, I. 1984) por presentar características litológicas y geomorfológicas propias. Esta formación tiene su mejor exposición al noreste del municipio en las veredas de Mombita Alto, Diravita Alto, La Victoria, Irboa y Las Monjas, abarcando una gran extensión del área municipal. Esta formación aflora parcialmente al occidente del municipio en las veredas del Bosque y San Antonio.



Caliza Lumaquérica de la Formación Belencito - Vereda San Antonio

La importancia de esta Formación en el contexto municipal radica en el alto potencial económico que presenta, por cuanto esta formación cuenta con una gran cantidad de reservas de roca caliza que es explotada por los pequeños mineros del municipio y posteriormente es comercializada con las cementeras (Cementos Samper, Cementos Boyacá y Cementos Paz del Río).

Litológicamente, la Formación Belencito está constituida por:

Un conjunto arcilloso en la parte inferior, compuesto por arcillolitas amarillas de espesor considerable, con esporádicas intercalaciones de calizas fosilíferas.

Un segundo miembro conformado por potentes bancos de caliza gris fosilífera, con algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas calcáreas de grano fino. Este conjunto calcáreo se encuentra separado de uno superior, por un miembro intermedio conformado por arcillolitas de color gris con delgadas intercalaciones de areniscas micáceas de grano fino.

El miembro superior de la Formación Belencito está constituido hacia la base por potentes bancos de calizas grises fosilíferas con algunas intercalaciones de areniscas de grano fino; hacia el techo este miembro está conformado por arcillolitas de color gris con algunas intercalaciones de areniscas micáceas de grano fino y alternancia de algunos bancos de caliza con arcillolitas y areniscas.

2.4.1.3 Formación Une (Kmu)

El área aflorante de esta Formación está compuesta por una alternancia de areniscas y arcillolitas hacia la base, seguida por potentes bancos de areniscas friables de grano grueso, con delgadas intercalaciones de arcillolitas y limolitas grises que van aumentando su espesor hacia el techo, a la vez que se hacen más frecuentes. Aflora en gran parte del municipio, formando una franja de considerable extensión, localizada hacia la parte central del área municipal, abarcando las veredas de Baratoa, Bosque, Calavernas, Alcaparral, Ocán, Mombita Alto, La Victoria y Diravita Alto, en límites con el municipio de Tibasosa.

Los sitios donde aflora la Formación Une se caracterizan por presentar grandes escarpes que resaltan la topografía del terreno y forman el Cerro de Guática.



Pequeños niveles de carbón de la Formación Une - Vereda Diravita Alto - Cerro de Guática

2.4.1.4 Formación Churuvita (Ksch)

Al occidente de la cabecera municipal, en las veredas de Ocán y un sector de Alcaparral, aflora parte del grupo Churuvita, representado por una secuencia de arcillolitas grises bien laminadas con la presencia de esporádicos estratos de areniscas de grano fino, seguida hacia la parte media por una sucesión de arcillolitas y limolitas interestratificadas con bancos de arenisca de considerable espesor y hacia la parte superior, la constituyen arcillolitas de color claro con algunas intercalaciones de areniscas.

En el municipio se localiza en las veredas Alcaparral, sobre la loma La Tebaida y en gran parte de la vereda Ocán.

2.4.1.5 Formación Conejo (Kscn)

Al igual que el grupo Churuvita, la Formación Conejo se reconoce parcialmente al suroccidente de la cabecera municipal, principalmente en la vereda Alcaparral. Está constituida por una sucesión de arcillolitas de colores gris oscuro, amarillo y rojo, bien laminadas y con intercalaciones de estratos de areniscas cuarzosas de grano fino.

En general, la formación conejo tiene 300 m. de espesor y su ambiente de depositación es típicamente marino; comprende el Coniaciano inferior. Está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas blancuzcas de grano fino en paquetes que alcanzan los 20 m. de espesor hacia el techo de la formación, lutitas de color gris oscuro a negro de considerable espesor en la parte media y hacia la base se encuentran shales de color gris oscuro a claro.

2.4.1.6 Formación Socha Superior (Tpss)

Este nombre fue dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944) a una exposición de estratos localizados al sur de la población de Socha Viejo. Consistente principalmente de arcillolitas, situadas estratigráficamente sobre las areniscas de la formación Socha Inferior. Está compuesta por capas de arcillolitas grises intercaladas con bancos de areniscas color blanco amarillento y estratificación gradada, que constituyen la parte inferior de la formación. La parte intermedia está constituida por areniscas grisáceas intercaladas con arcillolitas fisibles abigarradas. La parte superior de la formación se compone básicamente de arcillolitas abigarradas, de color rojo, verdoso, morado intercaladas con areniscas de grano grueso, de color gris verdosas. Tiene un espesor de 250 metros.

El contacto con la formación suprayacente es evidente, representado por el contraste entre la topografía suave y ondulada, producto de su composición predominantemente arcillosa

La edad asignada por VAN DER HAMMEN (1957) a esta formación es Paleoceno superior. Su origen es continental, formada en lagunas litorales subsidentes. La presencia de algas e intercalaciones calcáreas en la parte media inferior y media superior de la formación evidencia depósitos de aguas salobres.

Ocupa una pequeña porción de área, ubicada en la vereda Gotua.

2.4.1.7 Formación Picacho (Tep)

Nombre dado por ALVARADO Y SARMIENTO (1944) a las areniscas que forman el cerro Picacho al Noreste del casco urbano de Paz de Río. La edad de esta formación fue considerada por VAN DER HAMMEN (1955) como Eoceno Inferior. El origen es continental, depositada en un ambiente deltáico.

Está constituida en su parte inferior por areniscas blancas de grano medio a grueso en ocasiones conglomeráticas, con estratificación cruzada, limpias, moderadamente duras a friables con intercalaciones arcillosas en la parte superior; hacia la parte media de la formación es común encontrar zonas impregnadas de asfalto debido a la alta porosidad. La parte superior está constituida por bancos de areniscas masivas y bancos gruesos de arcillolita.

En la zona de estudio ésta formación aflora en las Lomas de Gotua, y presenta espesor variable entre 180 y 220 metros. El miembro inferior es fácilmente identificable por los escarpes que forman las rocas arenosas.

2.4.1.8 Depósitos Cuaternarios (Q).

En una gran extensión del municipio, se encuentran depósitos no consolidados, formados en distintas épocas del Cuaternario, los cuales fueron depositados posterior a la formación de la Cordillera Oriental.

Comprende depósitos de origen fluvio lacustre, aluvial y coluvial que se encuentran cubriendo parcialmente y de manera discordante algunas de las formaciones identificadas en el área.

En el municipio existen dos clases de depósitos: coluviales y depósitos de suelos residuales, los cuales debido a su posición topográfica, a su origen y al hecho de encontrarse entrelazado es difícil establecer unos límites claros formando así un gran depósito mixto conformado por materiales aluviales de la Quebrada Los Frailes, formando el valle de Alcaparral; quebrada Grande al norte de la cabecera municipal, formando el valle de Diravita, que en algunos sectores presenta materiales de origen lacustre, y del Río Chiquito, que forma el valle del mismo nombre, el cual se extiende de suroccidente a nororiente del municipio abarcando una gran

extensión. Este valle, además de presentar materiales aluviales, presenta características de depósito fluvio lacustre a medida que sus facies varían lateralmente hacia el suroriente.

2.4.1.9 Depósitos Coluviales (Qc)

Están compuestos por fragmentos de roca de diferentes tamaños y composición, dispuestos de manera caótica dentro de una matriz arcillo arenosa. El material rocoso proviene de las formaciones inmediatamente contiguas al lugar donde se localizan estos depósitos y que se han formado por diferentes procesos.

Se encuentran ubicados en la margen derecha de la quebrada Los Frailes, en la vereda Bosque.

2.4.1.10 Depósitos de Suelos Residuales (Qsr)

Corresponden a formaciones inconsolidadas de muy poco espesor, pero que se cartografiaron por su frecuente presencia en algunos sectores del territorio municipal. Por lo general, presentan bajas inclinaciones constituyéndose muchas veces en superficies ligeramente inclinadas o casi a nivel. Se localizan de forma esporádica en la vereda Calavernas.

2.4.2 TECTÓNICA

El alto replegamiento observado en las rocas aflorantes en el área indica que éstas han estado sometidas a esfuerzos compresionales, evidenciado por la presencia de fallas inversas en la región, aunque se suponen épocas en las que la tectónica fue de tipo distensivo, que se manifiesta con la presencia de cuerpos ígneos a nivel regional y local como los cuerpos volcánicos de Iza y Paipa.

Tectónicamente, se identifica en la región como rasgo principal la Falla de Soapaga la cual tiene gran influencia en la tectónica local.

En general se manifiesta una tectónica compleja, en la que son frecuentes plegamientos y fallas de tipo longitudinal y transversal. Las estructuras presentan una dirección preferencial NE - SW, la cual corresponde a la directriz tectónica normal para la cordillera oriental en Boyacá.



Mina de Caliza - Vereda Monjas

2.4.2.1 Plegamientos

Anticlinal de Toledo

Es una estructura de carácter regional, con dirección noreste y en el municipio tiene como núcleo la Formación Tibasosa y sus flancos constituidos por la Formación Belencito y Une; los estratos de ésta última se vuelcan en un sector de la vereda Alcaparral. Se localiza en las veredas San Antonio, Bosque, Baratoa y Alcaparral. Está cortada al Este por la falla Los Frailes.

Sinclinal de las Monjas

Estructura local, que afecta las rocas de la Formación Belencito. Se localiza en las veredas de Monjas y Diravita Llano. Posee dirección Este – Oeste.

2.4.2.2 FALLAS

El municipio se encuentra afectado por numerosas fracturas asociadas a la falla de Soapaga, de carácter local. Algunas de ellas con mayor influencia que otras. Dentro de las más importantes figuran:

Falla Soapaga

Esta gran falla separa dos regiones con estilo morfoestructural muy diferente y es evidente su influencia en las facies de los depósitos sedimentarios por lo menos durante todo el Terciario.

En el área de estudio la falla lleva una dirección NNE – SSW. Dada la evidencia del cabalgamiento, el buzamiento de la superficie de falla debe ser hacia el noroeste, con ángulo de inclinación desconocido.

La falla de Soapaga esta dislocada, en todo su trayecto por algunas fallas direccionales disyuntivas, que la desplazan transversalmente aumentando los corrimientos sobre las formaciones terciarias.

Según REYES Italo, 1984, en la región de Sogamoso – Duitama – Paz del Río, hay que considerar dos distintas provincias tectónicas: El macizo de Floresta que corresponde a una zona compleja levantada, y la cobertera plegada formada por la serie sedimentaria neocretácico-terciaria; las dos provincias están separadas por la falla de Soapaga que representa un límite tectónico y geomorfológico de gran importancia.

La Falla Inversa de Soapaga atraviesa al municipio de Firavitoba en cercanías a la Loma La Tebaida, hasta el sector noreste muy cerca al límite con el Municipio de Sogamoso; se encuentra en su totalidad sepultada por los depósitos Cuaternarios que conforman litológicamente el sector. El desplazamiento de ésta falla alcanza los 2500 m (REYES Italo, 1984). Localmente los efectos de la Falla se aprecian en la inversión de la secuencia calcárea que bordea el valle del Río Chiquito, y un intenso plegamiento y fracturamiento de las rocas.

Falla de San Antonio

Falla con dirección NS, ubicada en la vereda San Antonio, y que pone en contacto las rocas de la Formación Une con las rocas de la Formación Belencito inferior; en el flanco derecho del anticlinal de Toledo.



Falla local - Vereda Bosque

Falla Los Frailes

Es una falla de rumbo sinistral, con dirección NW, que desplaza las rocas de la Formación Une y está alineada con la Quebrada Los Frailes.

Falla Quebrada Grande

Se encuentra alineada con la Quebrada Grande. Tiene dirección NW; cruza por las estribaciones del Cerro de Guática, y se prolonga por el territorio de Tibasosa.

Falla de Quebrada Seca

Esta es una falla con dirección NW, ubicada en la vereda San Antonio, y que pone en contacto las rocas de la Formación Une con las rocas de la Formación Belencito inferior; en el flanco derecho del anticlinal de Toledo.

Falla Ocán

Se trata de una estructura con dirección NE – SW aproximadamente paralela al eje del sinclinal de las Monjas, afecta rocas de edad Cretácicas de las formaciones Churuvita, Conejo y Belencito, se encuentra parcialmente cubierta por el cuaternario aluvial del valle de Firavitoba.

2.5 GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS EROSIVOS

La geomorfología es la ciencia que estudia el modelado terrestre, su génesis y dinámica en relación con las características geológicas, climáticas, bióticas y su interrelación a través del tiempo. Ciencia básica para el conocimiento de una región si se desea planificar su desarrollo y explotar técnicamente sus recursos, conservando el equilibrio de los ecosistemas.

Los factores de la morfogénesis, responsables de la estabilidad o inestabilidad de los paisajes, tipos y formas del relieve, son los mismos cinco factores que intervienen en la pedogénesis, de ahí la estrecha relación bien comprobada que existe entre la geomorfología y la pedología.

Los mapas geomorfológicos y de suelos constituyen herramientas esenciales para diagnosticar el uso y manejo de los suelos y explotar correctamente los recursos naturales. Los mapas de suelos son más conocidos como elementos básicos para adelantar los planes de desarrollo de una región, un departamento o país; sin embargo, en los países desarrollados se les concede a ambos, geomorfológicos y edafológicos, igual

importancia básica, entre otras, por las siguientes razones: los mapas de suelos se realizan con mayor precisión y economía de tiempo, si se dispone previamente de un estudio geomorfológico; las características de las unidades en los dos mapas correlacionan bien y es posible obtener de ellos un correcto diagnóstico del uso y manejo de las tierras.

Las unidades geomorfológicas pueden ser percibidas por medio de la vista humana o por sensores artificiales, debido a que tienen una apariencia fisionómica en la superficie de la tierra.

En este contexto se abarcan los siguientes términos categóricos:

Geoestructura: Es la porción continental más grande caracterizada por una estructura geológica específica (edad y naturaleza de las rocas). Para este caso de Firavitoba, la geoestructura dominante corresponde a una cordillera de plegamiento (Cordillera Oriental).

Ambiente Morfogenético: Se relaciona con el medio físico, fundamentalmente originado y controlado por una geodinámica dada, ya sea interna o externa o combinación de ellas. Los ambientes morfogenéticos del municipio son depositacional y denudacional.

Paisaje Geomorfológico: Amplia porción de la superficie terrestre, caracterizada ya sea por una repetición de tipos de relieves similares o una asociación de relieves diferentes.

Relieve Modelado: Se basa en la definición de ambos términos:

Relieve: Geoforma determinada por una combinación dada de topografía y estructura geológica.

Modelado: Geoforma determinada por procesos específicos, condiciones morfoclimáticas o morfogenética.

2.5.1 AMBIENTE MORFOGENÉTICO -CORDILLERA DE PLEGAMIENTO

2.5.1.1 Paisaje Geomorfológico: Valle amplio intramontano – fluvioacustre

Planicie: Corresponde a la parte plana del municipio, a la que pertenecen las veredas Gotua, Mómbita Llano, Tintal y Cartagena, y parte de las veredas Alcaparral y Diravita Llano. Es una fracción pequeña del gran depósito fluvioacustre que se encuentra en esta parte del departamento, su origen es lacustre, pero la actividad fluvial del neógeno ha impreso caracteres claramente fluviales, de hecho brazos muertos, meándros abandonados y cubetas de inundación son algunas de las formas que se pueden citar, luego de la construcción del canal de riego la dinámica se trunco, y ocasionalmente por fuertes aguaceros se inundan antiguas cubetas.

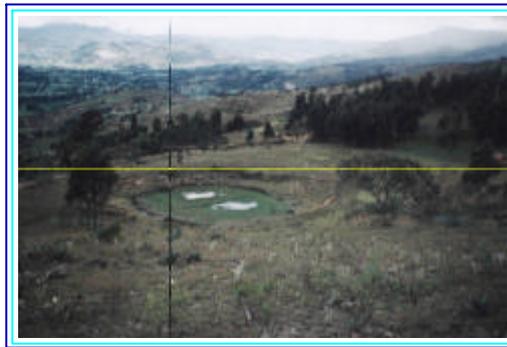
Sobre este paisaje se desarrolla la mayor parte de las actividades productivas del municipio.

Cono de Deyección: Acumulación forzada de material aluvial muy heterométrico, caracterizado por una forma de abanico abombado (convexo en el sentido transversal), localizada en un piedemonte justo en el límite entre el relieve montañoso y la planicie, la quebrada que lo forma actualmente presenta un régimen intermitente, pero acarreoó suficiente material para ser cartografiable a la escala de trabajo.

Se encuentra ubicado en la vereda Alcaparral.

2.5.3 Paisaje Geomorfológico: Montañoso Estructural Erosional

2.5.3.1 Vertientes Estructurales Cársticas: Corresponde al sector de explotación minera de la roca caliza de la Formación Belencito. Se localiza en las veredas Monjas, Diravita Alto, Diravita Llano, Irboa y Mombita Alto, y está conformado por las siguientes formas del terreno: derrubios o escombros que se forman cuando se explotan las minas. En las explotaciones mineras se utiliza el mineral aprovechable, pero el resto del material que acompaña al mineral y no es útil (ganga) se deja acumulado cerca de las galerías o explotaciones en mineras en forma de derrubios; laderas, definidas como porciones inclinadas de la superficie terrestre que delimita formas positivas y negativas, estas pueden ser: rectas verticales o de desplome, cóncavas: la parte superior empinada y la inferior suave con una base de débil expresión, convexas: la parte superior suave incrementándose la pendiente hacia la base, escalonada.- en su perfil se presentan varias rupturas de pendiente que forman varios escalones; y por dolinas o depresiones redondas u ovaladas, de tipo embudiforme, más ancha que profunda y sin desagüe visible, originada sobre rocas calcáreas por los fenómenos cársticos. Esta forma en particular está ubicada en la vereda Irboa.



Fotografías superior e inferior: Dolinas, geofoma característica de procesos cársticos, usados por la comunidad como reservorios - Vereda Irboa



2.5.3.2 Vertientes Fluvioerosionales: Hace parte de esta unidad la cuenca alta de la Quebrada Grande, incluyendo el Cerro de Guática. Está compuesta por vertientes ramificadas correspondientes a laderas que no presentan un dominio estructural claramente definido, se debe a la presencia de potentes bancos de arcillas o a frecuentes intercalaciones de diferentes materiales; y algunos depósitos de ladera.

2.5.3.3 Montañas Estructurales Compuestas. Se ubican en la mayor parte de la vereda Calavernas, Baratoa y San Antonio. Constituye un caso particular de relieve monoclinal, caracterizado por un revés extenso cuya inclinación es inferior a los 8°. El relieve monoclinal disimétrico está caracterizado por la oposición entre un revés (o reverso) alargado y un talud más corto y con mayor pendiente. El revés los

constituye un estrato o serie de estratos resistentes con buzamiento conforme a la pendiente del revés. Frecuentemente el revés corresponde a una superficie estructural. Por oposición, en el talud la pendiente es mayor y contraria al buzamiento de la capa resistente. Además de cañadas y formas debidas a fallamiento.



Fotografías superior e inferior: Carcavamiento producido por la pérdida de las capas superiores del suelo y acentuado por la acción del viento y el agua - Vereda Calavernas



2.5.3.4 Complejo Estructural Dislocado Depositional: Son laderas en la margen derecha de la quebrada Los Frailes. Se localizan en las veredas Bosque, Alcaparral, Calavernas y Baratoa. Está compuesta por conos antiguos que son depósitos acumulados al pie de una pendiente tras un corto recorrido y como consecuencia de la acción erosiva de las aguas de arroyada o gravedad, según la vertiente de donde provienen y su génesis pueden ser clasto-soportados o matriz-soportados, generalmente los cantos son muy angulosos denotando su corto recorrido; y escarpes de falla que deben su relieve directamente al movimiento a lo largo de la falla, aun cuando la topografía haya sido afectada por la erosión.

2.5.3.5 Complejo de suelos residuales: Corresponden a formaciones inconsolidadas de muy poco espesor, en donde el saprolito ha desarrollado mejor los horizontes suprayacentes; de esta manera se constituye en formaciones superficiales de suelos algo más evolucionados que los circundantes. Por lo general, presentan bajas inclinaciones constituyéndose muchas veces en superficies ligeramente inclinadas o casi a nivel.

2.6 HIDROGEOLOGÍA

El objetivo del análisis hidrogeológico es conocer el potencial de los recursos hídricos del municipio. El resultado es un mapa con zonas de probable interés hidrogeológico evaluado de forma cualitativa.

Las unidades geológicas presentes en el área se toman como unidades hidrogeológicas dependiendo de su permeabilidad. Las rocas con mejor permeabilidad son las no consolidadas como los depósitos cuaternarios.

Es importante la permeabilidad del subsuelo de la zona de páramo, ya que como ecosistema estratégico es una zona de recarga fundamental; porque el agua que la vegetación de páramo capta, se filtra con facilidad y puede alimentar los acuíferos subterráneos potenciales del municipio.

En el análisis hidrogeológico se manejan los siguientes conceptos:

Acuífero: Unidad geológica que almacena y transmite el agua con mucha facilidad, por tanto presenta una porosidad y una permeabilidad muy buena; dentro de este grupo se encuentran los sedimentos sueltos arenosos con buena selección.

Acuitardo: Son aquellas rocas que almacenan grandes cantidades de agua pero la transmiten muy lentamente, siendo apta solo para bajas captaciones, entre ellas están las arcillas arenosas. Los acuitardos son considerados sinónimo de acuíferos, porque con el tiempo los espacios intergranulares tienden a sellarse formando rocas permeables que aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten su flujo a través de sus poros.

Acuífuga: Rocas que no almacenan ni transmiten agua por ende presentan porosidad y permeabilidad nula. Dentro de estas rocas tenemos las metamórficas, plutónicas y algunas volcánicas.

Porosidad: Es la característica de una roca que posee intersticios o espacios intergranulares, se define como la relación entre los espacios vacíos y el volumen total de la roca. Los espacios interconectados disponibles para el flujo de agua, reciben el nombre de porosidad efectiva.

Porosidad Primaria: Se refiere a los intersticios que se forman junto con la roca. Se presenta en rocas homogéneas con intersticios homogéneamente distribuidos.

Porosidad Secundaria: Es aquella generada por fracturamiento de las rocas debido a esfuerzos tectónicos producidos en la región. La dirección y buzamiento de las estructuras con respecto a la ubicación de las unidades geológicas propias para la recarga y almacenamiento es un factor importante dentro de la zonificación hidrogeológica, el relleno cuaternario puede tener varios eventos neotectónicos que aumentan su capacidad de recarga.

Permeabilidad: Es la capacidad de un medio poroso de transmitir el agua. Por ser una propiedad del medio varía de acuerdo al material, granulometría, consistencia y en especial a la intercomunicación con los poros, independiente de las propiedades del fluido.

2.6.1 UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

2.6.1.1 Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico.

Acuíferos de Extensión Regional con Flujo Intergranular y Alta Productividad (1a)

Depósitos Aluviales (Qal). Con porosidad primaria y alta productividad, constituidos por conglomerados de arenisca provenientes de las formaciones cretácicas, con espesor variable. Se considera acuífero de alta productividad, debido a su espesor, su fuente de recarga principalmente radica en las aguas superficiales (ríos), precipitación y aguas subterráneas.

Acuíferos De Extensión Regional Con Flujo Intergranular Moderadamente productivos y acuíferos Locales o Discontinuos con Flujo intergranular, de baja productividad (1b)

Depósitos Coluviales (Qc). Son de porosidad primaria y permeabilidad alta, su espesor promedio es menor o igual a 25 m. constituidos por la combinación de depósitos aluviales y fluviales en las márgenes de los ríos donde se encuentran constituidos por bloques de diferentes tamaños, embebidos en una matriz arenarcillosa. Se considera acuífero de productividad moderada, su fuente de recarga corresponde a la escorrentía superficial y precipitaciones.

2.6.1.2 Rocas con porosidad primaria y secundaria (fracturamiento y/o por disolución) de interés hidrogeológico.

Acuíferos de extensión Regional, Altamente productivos (2a).

Formación Picacho (Tp). De porosidad primaria y secundaria y alta productividad constituido por areniscas blancas de grano medio a grueso en ocasiones conglomeráticas, con estratificación cruzada, limpias, moderadamente duras a friables con intercalaciones arcillosas en la parte superior; hacia la parte media de la formación es común encontrar zonas impregnadas de asfalto debido a la alta porosidad. La parte superior está constituida por bancos de areniscas masivas y bancos gruesos de arcillolita.

Acuíferos locales de productividad discontinua de Moderada a Baja productividad (2b₁)

Formación Une (Kiu). Porosidad secundaria y alta productividad, constituida por bancos potentes de areniscas cuarcíticas de grano medio, buena compactación, con un espesor mayor o igual a 1211 m. Acuífero por fracturamiento de alta productividad, su fuente de recarga es la precipitación y aguas de escorrentía.

Acuífero local de producción discontinua de baja productividad (2b₂)

Formación Belencito (Kib). Presenta porosidad secundaria y productividad moderada a baja, litológicamente está conformada por potentes bancos de caliza gris fosilífera, con algunas intercalaciones de arcillolitas y areniscas calcáreas de grano fino. Acuífero por fracturamiento de porosidad moderada a baja, su principal fuente de recarga es la precipitación y las aguas de escorrentía.

2.6.1.3 Acuitardos

Acuitardos, sedimentos y rocas consideradas como unidad, por su litología como semipermeables (3a).

Formación Tibasosa (Kit). Presenta porosidad secundaria y productividad moderada a baja, conformada predominantemente arcilloso está conformado principalmente por arcillolitas con algunas intercalaciones de caliza, notándose hacia el techo de la formación algunos bancos de arenisca micácea muy compacta con algunas intercalaciones de arcillolitas.

Es un acuífero por fracturamiento, su principal fuente de recarga es la precipitación y las aguas de escorrentía.

Formación Socha (Tpss). De porosidad primaria y secundaria de muy baja productividad constituida litológicamente por arcillolitas alternadas con limolitas y escasos bancos delgados de areniscas, en sus niveles arenosos es considerado como un acuífero local, su fuente de recarga la constituye la precipitación y las aguas superficiales.

Formación Churuvita (Ksch) Acuitardo de porosidad secundaria y baja productividad representado por una secuencia de arcillolitas grises bien laminadas con la presencia de esporádicos estratos de areniscas de grano fino, seguida hacia la parte media por una sucesión de arcillolitas y limolitas interstratificadas con bancos de arenisca de considerable espesor y hacia la parte superior, la constituyen arcillolitas de color claro con algunas intercalaciones de areniscas.

Formación Conejo (Kscn). Acuitardo de porosidad secundaria. Está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas blancuzcas de grano fino en paquetes que alcanzan los 20 m. de espesor hacia el techo de la formación, lutitas de color gris oscuro a negro de considerable espesores en la parte media y hacia la base se encuentran shales de color gris oscuro a claro.

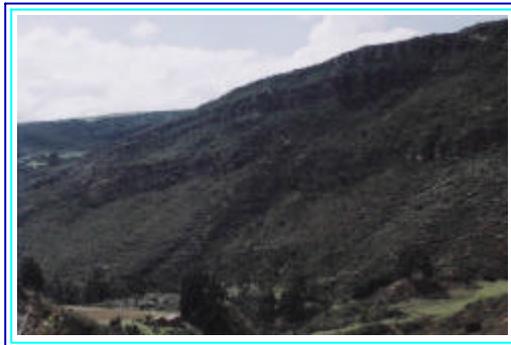
En la vereda Bosque, sector San Carlos, se encontraron unos nacimientos de aguas, que sus habitantes emplean para mojar los cebos de los ratones y eliminarlos. En el lugar se hallaron varios cuerpos de insectos, y los vecinos al nacimiento comentan sobre cadáveres de ratas, ratones, lagartijas, serpientes y conejos silvestres. Los lugareños también refieren que las aguas se emplean para cicatrizar llagas de la piel y de la boca y combatir la caspa. Sus aguas están siendo analizadas, a través de un proyecto liderado por la Escuela Nueva San Carlos, ya que se encuentra a pocos metros de ésta. A la fecha no se tuvo acceso a la información de los análisis químicos, que dieran cuenta respecto al origen de la toxicidad.



Movimientos de ladera producidos por la saturación del suelo
-Vereda Bosque



Paisaje geomorfológico: Montañoso estructural erosional - Veredas La Victoria, Mombita Alto y Diravita Alto



Paisaje geomorfológico: Montañoso estructural erosional - Veredas Calavernas, Baratoa y San Antonio

2. GEOLOGÍA GEOMORFOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA	33
2.1 INTRODUCCIÓN	33
2.1.1 PRESENTACIÓN	33
2.1.2 OBJETIVO GENERAL	33
2.1.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
2.2 METODOLOGÍA	34
2.2.1 RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE	34
2.2.2 FOTOINTERPRETACIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA	34
2.2.3 ELABORACIÓN DEL MAPA DE PENDIENTES	35
PENDIENTES	35
2.2.4 FOTOINTERPRETACIÓN MORFODINÁMICA	35
2.2.5 TRABAJO DE CAMPO	35
2.2.6 EVALUACIÓN DINÁMICA	35
2.2.7 TRABAJO DE OFICINA Y GENERACIÓN DEL INFORME	36
2.3 PENDIENTES DEL TERRENO	36
2.4 GEOLOGÍA	36
2.4.1 ESTRATIGRAFÍA	36
2.4.1.1 Formación Tibasosa (Kit)	36
2.4.1.2 Formación Belencito (Kib)	37
2.4.1.3 Formación Une (Kmu)	39
2.4.1.4 Formación Churuvita (Ksch)	39
2.4.1.5 Formación Conejo (Kscn)	39
2.4.1.6 Formación Socha Superior (Tpss)	40
2.4.1.7 Formación Picacho (Tep)	40
2.4.1.8 Depósitos Cuaternarios (Q).	40
2.4.1.9 Depósitos Coluviales (Qc)	41

2.4.1.10	Depósitos de Suelos Residuales (Qsr)	41
2.4.2	TECTÓNICA	41
2.4.2.1	Plegamientos	41
	Anticlinal de Toledo	42
	Sinclinal de las Monjas	42
2.4.2.2	FALLAS	42
	Falla Soapaga	42
	Falla Los Frailes	43
	Falla de Quebrada Seca	43
	Falla Ocán	43
2.5	GEOMORFOLOGÍA Y PROCESOS EROSIVOS	43
2.5.1	AMBIENTE MORFOGENÉTICO -CORDILLERA DE PLEGAMIENTO	44
2.5.1.1	Paisaje Geomorfológico: Valle amplio intramontano – fluviolacustre	44
2.5.3	Paisaje Geomorfológico: Montañoso Estructural Erosional	45
2.6	HIDROGEOLOGÍA	46
2.6.1	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	47
2.6.1.1	Sedimentos y rocas con porosidad primaria de interés hidrogeológico.	47
	Acuíferos de Extensión Regional con Flujo Intergranular y Alta Productividad (1a)	47
2.6.1.2	Rocas con porosidad primaria y secundaria (fracturamiento y/o por disolución) de interés hidrogeológico.	48
	Acuíferos de extensión Regional, Altamente productivos (2a).	48
	Acuíferos locales de productividad discontinua de Moderada a Baja productividad (2b ₁)	48
	Acuífero local de producción discontinua de baja productividad (2b ₂)	48
2.6.1.3	Acuitardos	48