

3. SISTEMA FISICO – BIOTICO

3.1 GEOLOGIA (Ver Mapa No. 6)

En el municipio de Boyacá afloran rocas sedimentarias del Cretácico y terciario como se puede ver en el mapa geológico, y depósitos recientes de tipo aluvial y coluvial.

3.1.1 Estratigrafía

Se presenta la siguiente secuencia cronoestratigráfica, de base a techo.

3.1.1.1 Cretáceo

3.1.1.1.1 Formación Churuvita (Ksch)

Etayo (1964)¹ denominó Formación Churuvita a una sección localizada entre Sáchica –Tunja, la cual está constituida por una arenisca basal de 105 m, con alternancia en la parte media de arcillolitas, areniscas y calizas con exóginas, y una sección superior de arenisca y caliza de 225 m, denominó Formación San Rafael a la secuencia que la subyace, constituida por 60m de shales grises en la parte inferior y por 15 m de capas limolítico-silíceas en la parte superior.

La edad de la Formación Churuvita se infiere como Cenomaniano-Turoniano, la parte media de la Formación Churuvita, aflora en diferentes sectores del área estudiada, tales como el sector de la planta eléctrica y sobre la vía Ramiriquí - Boyacá. En el primer sector se observa una secuencia de 5 m de arcillolitas grises algo meteorizadas y en el segundo sector se observa un afloramiento de 8 m constituidos por paquetes de arcillolitas alternadas con capas de 10 cm de espesor de areniscas amarillas de grano medio con presencia de óxidos. El espesor aproximado de esta formación es de 150 m.

3.1.1.1.2 Formación Conejo (Kscn)

Renzoni G. (1981)² denominó Formación Conejo a una secuencia que aflora en el carretable Oicatá – Chivata en la vereda de San Rafael. Dicha secuencia está constituida por una sucesión de areniscas cuarzosas de grano fino a medio en paquetes que alcanzan los 20 m de espesor y shales de color gris oscuro a negro de considerable espesor y esporádicos estratos de caliza en la parte superior.

La formación está datada como Cohiciano Inferior. Sobre la vía Boyacá– Soracá se observa un afloramiento de 20 m perteneciente a esta formación, la cual está constituida por secuencia alternante de areniscas con shales y algunas arcillolitas. La formación yace concordante sobre la Formación Churuvita, como se observa en los cortes geológicos. Una secuencia se observa sobre la vía que conduce a la Escuela Rique. Allí los estratos poseen una dirección N57° E buzando 22° NW. El afloramiento tiene un espesor aproximadamente de 100 m.

¹ Geológico. Vol 29. N-2. Ingeominas. 1964.

² RENZONI, G. 1981. Boletín Geológico Vol. 24. N-2. IGAC.

3.1.1.1.3 Formación Plaeners (Kg2)

Se presenta en las veredas Rupaguatá y Pachaquirá, en límites con los municipios de Ramiriquí y Jenesano; También en las veredas Vanega, Rique y Huertachica. En el municipio se presenta al Norte de Ramiriquí en la salida por la vía a Boyacá (Boyacá), sector urbano del municipio, en las Veredas Caicedos, Naguata, Pantano Largo , El Común, Potreros y El Rosal.

Se caracteriza por presentar la composición litológica más uniforme y por su topografía de escarpes fuertes, además de la omnipresencia de capas síliceas, representada esencialmente por lilitas de variados colores: amarilla clara, gris clara, café, azulosa, las cuales se fracturan en planos paralelos; arcillolitas síliceas pardas y cafés muy semejantes a las lilitas, limolitas síliceas y esporádicamente areniscas ligeramente fosfáticas, en su parte basal; abundancia de arcillolitas síliceas bastante compactas y areniscas en su sección intermedia.

Mientras que la parte superior se presenta arcillosa, menos dura que las anteriores y con intercalaciones arcillolíticas y limolíticas; es frecuente la laminación paralela en los estratos síliceos y el poco espesor de ellos, al igual que es común el replegamiento y fracturamiento menor, en toda la secuencia (ver foto No 2), como también la presencia de foraminíferos, vértebras, escamas, dientes, y espinas de peces, pellets y nódulos calcáreos.

Por la composición litológica y los fósiles de la Formación Plaeners se supone que fue depositada en una zona menos somera que para la Formación Conejo y próxima a la margen continental. La edad de esta formación es Campaniano y su ambiente de depositación es marino poco profundo (zona nerítica).

3.1.1.1.3 Formación Labor y Tierna (Kg1)

Esta formación está constituida por shales grises oscuros con intercalación de arenisca y esporádicos paquetes de fosforita. Fue estudiada por Renzoni G. En la carretera Bogotá – Choachi y en la parte occidental de Bogotá. La formación pertenece al Maestrichtiano Inferior, y en el área de estudio se puede observar sobre la carretera Ramiriquí – Boyacá, 1 Km al Norte de la cabecera municipal.

En este sector aflora una secuencia de 5 m, constituida por shales oscuros con paquetes de arenisca; también es posible encontrar esta formación en el sector de Mesa de Alta a una altura de 2800 m.s.n.m.; allí se observa una secuencia de 5 m constituida por gruesos paquetes de areniscas algo fracturadas y pequeñas intercalaciones de shales grises. Estos paquetes poseen una dirección N53°E y presentan una inclinación de 29° al SE. La formación infrayace concordante a la Formación Guaduas. Las características de la formación se mantienen en toda el área, pues en la margen derecha de la Quebrada San Pedro se observan las características ya mencionadas pero su disposición cambia un poco, ya que en este sector los paquetes tienen una dirección N15°E y buzan 19° al NW. La formación tiene un espesor aproximado de 300 m, a lo largo del área estudiada.

3.1.1.1.4 Formación Guaduas (Tkg)

Definida por Hettner (1892) y estudiada por Reyes Italo³ quien definió dos miembros; el inferior compuesto de arcillolitas fiiles negruzcas con zonas arenosas y el superior constituido

³ REYES CH. Italo. Geología de la región Duitama- Sogamoso- Paz del Río U.P.T.C. Pag 35.1984.

por una intercalación de areniscas finas, arcillolitas y bancos de carbón. La edad de la formación es del Maestrichtiano Superior.

En el área de estudio esta formación tiene un espesor de 100 m. La Formación Guaduas solo se encuentra aflorando en el área de estudio cerca a la Escuela de Vanegas, en este sector la formación expone 35 m de espesor constituido por arcillolitas violáceas y grises con esporádicos paquetes de areniscas friables, estos poseen un rumbo N46°E y un buzamiento de 28° al NW. La formación yace concordante sobre las Formaciones Labor y Tierna (Kg1).

3.1.1.2 Cuaternario

Comprende depósitos recientes caracterizados por no estar estratificados, su composición es heterogénea y ofrecen condiciones desfavorables de estabilidad.

En el área de estudio se tienen dos tipos de depósitos a saber:

3.1.1.2.1 Cuaternario Aluvial (Qal)

Estos materiales se encuentran en las márgenes de los ríos y quebradas. Son generados por la acumulación de materiales transportados por corrientes fluviales.

Los materiales observados en los depósitos poseen tamaños variados desde 2 hasta 30 cm de diámetro, redondeados y subredondeados, que denotan diversos grados de transporte; la matriz en la que se encuentra dispuestos estos materiales es de carácter areno- arcilloso. Este tipo de depósito se encuentra sobre las márgenes del río Boyacá y las quebradas San Pedro, El Neme y Honda.

3.1.1.2.2 Cuaternario Coluvial (Qcl)

Este tipo de depósitos es común en las laderas adyacentes a escarpes fuertes como los observados en los sectores Rique y Soconsaque.

Los materiales depositados se caracterizan por ser angulosos de tamaño variado desde 20 cm hasta 50 cm, se trata generalmente de bloques de arenisca aislados y depositados en amplios sectores.

Muchos de estos materiales reposan sobre formaciones menos resistentes en pendientes como la Formación Conejo y Guaduas.

Todos los materiales de depósito coluvial se han desprendido de la Formación Plaeners la cual por efecto tectónico y de meteorización ha permitido que estos materiales se desprendan y depositen posteriormente, en el pie del talud.

3.1.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El área de estudio fue sometida a esfuerzos compresionales y de distensión generados durante la orogenia Andina. Estos esfuerzos dieron como resultado una tectónica compleja, que en el área se manifiesta con una dirección preferencial NE-SW en las estructuras. Esta orientación corresponde a la directriz tectónica de la Cordillera Oriental.

En los sectores donde los esfuerzos excedieron la resistencia de los materiales se originaron fallas, algunas paralelas a las estructuras como sucede con la Falla de San Pedro ubicada al SE del municipio y La Falla de Vanegas ubicada al NE de la población. (Ver Mapa No. 1)

En otros sectores las fallas cortan perpendicularmente estructuras como la Falla de Rique ubicada al SW de la población y La Falla Arzobispo ubicada al norte de la población.

La inclinación de los estratos es variada debido al plegamiento que se presenta en el área. Es así como para la Formación Conejo se midieron buzamientos entre los 14° y 29° al NW, para la Formación Labor y Tierna entre los 19° y 29° al NW, para la Formación Guaduas entre los 12° y 16° al NW y para la Formación Churuvita entre 22° y 46° al NW.

3.1.2.1 Plegamientos

En el área de estudio hay pliegues locales y regionales cuyo eje tiene dirección preferencial es NE- SW. Dentro de estos podemos citar:

3.1.2.1.1 Sinclinal Paeces

Ubicado al (SW) del área, su eje tiene una dirección (NE) y se extiende a lo largo de 1 km, en sus flancos afloran rocas de las Formaciones Labor y Tierna y Guaduas. Esta estructura es asimétrica y está limitada al este por la Falla San Pedro y su flanco occidental se extiende para formar el flanco oriental del anticlinal de la Rosa.

3.1.2.1.2 Anticlinal de la Rosa

Es una estructura contigua al sinclinal de Paeces; en su núcleo afloran rocas de la Formación Labor y Tierna, y la formación Guaduas su eje posee una dirección NE-SW paralelo al sinclinal de Paeces.

3.1.2.1.3 Sinclinal de la Rosa

Es el más grande del área estudiada; su eje tiene una dirección NE -SW el cual se prolonga por seis kilómetros a lo largo del área de estudio. En sus flancos afloran rocas de las Formaciones Guaduas, Labor y Tierna y Plaeners. Esta estructura simétrica se trunca al norte por la falla de Rique que la corta perpendicularmente.

3.1.2.1.4 Anticlinal Soconsaque

Su eje se extiende a lo largo de 4.5 km en dirección NE casi paralelo a la quebrada Agua Caliente, la cual está ubicada al SW de la cabecera municipal. En esta estructura simétrica afloran rocas de las Formaciones Churuvita, Conejo, Plaeners y Labor y Tierna y termina en el sector de la Planta Eléctrica, la parte SW está cubierta por un Cuaternario Coluvial Qc.

3.1.2.1.5 Sinclinal Soconsaque

La estructura es adyacente al anticlinal de Soconsaque. Está ubicada al SW del municipio de Boyacá y su eje se extiende a lo largo de 4 km. En los flancos de esta estructura afloran rocas de las Formaciones Plaeners, Labor y Tierna y Conejo y está truncada al norte por el cauce del río Boyacá.

3.1.2.1.6 Anticlinal Volador

Esta estructura está ubicada al este de la cabecera municipal, en sus flancos afloran rocas de las Formaciones Plaeners y Labor y Tierna. Su eje que tiene una dirección NE -SW y recorre 4 km el área estudiada. Al sur de la estructura es truncada por la Falla Rodríguez, la cual tiene una dirección NW.

3.1.2.2 Fallas

Las Fallas que se presentan en la región son el resultados de esfuerzos tanto compresionales como de tensión y su dirección preferencial es NE.

Las fallas juegan un papel importante en un análisis geotécnico, pues estas fracturas generan planos debilidad por donde fácilmente se infiltra agua, la cual provoca perdida de resistencia en los materiales.

En el área de estudio se observa las siguientes Fallas:

3.1.2.2.1 Falla Neme

Esta falla de tipo normal de alto grado de inclinación al SW posee una dirección NE y pone en contacto rocas de la Formación Labor y Tierna con rocas de la Formación Plaeners. La falla se trunca al Norte por la Falla de Arzobispo la cual posee una dirección NW-SE.

3.1.2.2.2 Falla Chivata

Esta falla de tipo normal pone en contacto rocas de la Formación Conejo y Churuvita con rocas de las Formaciones Labor y Tierna y Guaduas. Se inclina hacia el SW con alto grado y posee una dirección NE.

3.1.2.2.3 Falla Boyacá

Pone en contacto rocas de las Formaciones Churuvita y Conejo con rocas de las Formaciones Guaduas y Labor y Tierna. El plano de esta falla inversa se inclina 55 al NW y posee una dirección NE.

3.1.2.2.4 Falla Rique

Posee una dirección E-W y pone en contacto a la Formación Churuvita, con rocas de las Formaciones Conejo, Plaeners, Labor y Tierna y trunca la parte norte del Sinclinal la Rosa. La inclinación de la Falla es de 50⁰ al SE aproximadamente. Está casi toda cubierta por un depósito de Cuaternario Aluvial Qal.

3.1.2.2.5 Falla Arzobispo

Pequeña dislocación ubicada al norte del municipio de Boyacá, con dirección NW y gran ángulo de inclinación hacia el NE. Pone en contacto rocas de la Formación Conejo con rocas de las

Formaciones Labor y Tierna y Plaeners. La falla intercepta al oeste a la Falla de Neme generando así un sector muy fracturado.

3.1.3 GEOLOGÍA HISTÓRICA

Las formaciones que afloran en el área se depositaron desde el Cenomaniano hasta el Maestrichtiano Superior. Durante esta época la cuenca de Cundinamarca estaba cubierta por el mar según ETAYO, F (1.969)⁴. En este ambiente se acumularon organismos y sedimentos marinos. Los sedimentos de la Formación Churuvita se depositaron en el periodo Cenomaniano-Turoniano sobre material fosilífero del Albiano.

A comienzos del Coniaciano el mar empieza una trasgresión depositándose materiales de la Formación Conejo. Durante esta trasgresión a principios del Maestrichtiano se depositó el material de la Formación Plaeners. Las areniscas blancas y shales grises de la Formación Labor y Tierna se depositaron en el Maestrichtiano Medio en un mar oscilante con esporádicas condiciones reductoras.

Al final del Maestrichtiano Medio se inicio un levantamiento paulatino del continente que determinó una regresión marina a comienzos de la cual se depositó la Formación Guaduas en ambiente continental a litoral.

En la actualidad la subducción de la placa Nazca bajo la placa Suramericana ha creado grandes fuerzas compresionales que han dado origen a sistemas de fallas y pliegues regionales con dirección preferencial NE en el área de estudio. En el área estudiada, estos procesos tectónicos han levantado a la Formación Plaeners exponiéndola a procesos de meteorización dando como resultado laderas convexas que disponen empezar un proceso deudativo por el grado de fracturación que presentan estas rocas.

Las formaciones Guaduas, Conejo y Labor y Tierna que afloran en el área de estudio presentan laderas rectilíneas y cóncavas que hacen de ellas, sectores propicios para la acumulación de materiales desprendidos de la Formación Plaeners y de los materiales transportados por las corrientes de Quebradas y el río Boyacá, creando así los depósitos más recientes que se encuentran en la zona de estudio como son el Cuaternario Coluvial y el Cuaternario Aluvial.

3.1.4 GEOMORFOLOGÍA (Ver Mapa No. 7)

El objetivo de la geomorfología es estudiar las geoformas como expresión del paisaje y de los procesos endógenos y exógenos que actúan sobre ellos, los cuales al pasar un lapso de tiempo, contribuyen a la evolución del relieve, siendo cada una de estas variables naturales, las que cambia en extensión lateral, vertical y en tiempo, conformando así un nuevo sistema morfogenético.

La zona de estudio presenta una geomorfología bastante heterogénea ya que por su litología se han generado irregularidades estructurales que reflejadas en superficies conforman las diversas unidades geomorfológicas que ha continuación se describen.

3.1.4.1 Unidades Geomorfológicas

Para establecer éstas unidades geomorfológicas se tuvo en cuenta factores como: Litología, pendiente del terreno, morfogénesis y morfodinámica.

⁴ ETAYO, F. Contornos sucesivos del Mar Cretáceo en Colombia. Bogotá. 1.969.

3.1.4.1.1 Unidades de Laderas con Control Estructural

Dentro de ésta unidad se encuentran las rocas con pendientes superiores al 70%, son materiales duros como las areniscas de la Formación Plaeners que se caracterizan por presentar interfluvios agudos y escarpes pronunciados.

Estas características se dan en la Formación Plaeners la cual está constituida por materiales de alta resistencia. Esta Formación aflora en los sectores más escarpados del área de estudio, tales como la Cuchilla Pericos, Alto Mesa Alta y Alto la Zarca, en la vereda Pachaquirá.

El desprendimiento de bloques indica procesos de meteorización mecánica debido al fracturamiento que se presenta en los sectores mencionados generados por las Fallas Neme y San Pedro.

Estos materiales inestables se mantienen en su sitio si sus condiciones de cohesión y fricción lo permiten, de lo contrario se desprenden y caen por su peso y gravedad.

3.1.4.1.2 Unidades Erosivas

Dentro de esta unidad se encuentran las rocas con las pendientes que varían entre los 30 y 70%. Las formaciones que se encuentran en esta unidad están constituidas por dos tipos de materiales.

Dentro de esta unidad se han clasificado dos subunidades:

- La primera con pendientes entre los 17 y 35°. En esta unidad se han generado la gran mayoría de los procesos denotativos tales como deslizamientos, reptación y solifluxión.

Sobre las geoformas de esta unidad reposan depósitos coluviales constituidos por materiales desprendidos de la Formación Plaeners (la cual presenta materiales más duros). La interacción de los bloques depositados con materiales menos competentes como los de las Formaciones Conejo y Churuvita han desencadenado en algunos casos movimientos superficiales (solifluxión). Este fenómeno se puede observar en las veredas Rique y Soconsaque.

Dentro de esta unidad geomorfológica también se ha clasificado la Formación Churuvita la cual también presenta materiales duros alternados.

- La segunda subunidad está constituida por la Formación Guaduas. Posee esencialmente materiales blandos como arcillolitas, las cuales se caracterizan por ser materiales incompetentes y fácilmente meteorizables. Esta Formación genera relieves más suaves que las formaciones de competencia moderada y posee pendientes inferiores al 20%; sobre estos materiales el fenómeno más común es la reptación.

3.1.4.1.3 Unidad de Depósitos

Dentro de esta unidad se clasifican materiales inconsolidados que generan relieves muy suaves cuyas pendientes no superan el 30%. Según su origen se pueden establecer en el área dos tipos de depósitos:

3.1.4.1.3.1 Depósitos Torrenciales

Están constituidos por fragmentos de arenisca cuyos tamaños varían entre 2 cm hasta 20 cm de diámetro; son materiales redondeados a subredondeados cuya redondez nos indica el grado de transporte que han sufrido. La matriz en la que están embebidos es predominantemente arenarcillosa. En el área este tipo de depósitos se observa sobre la margen del río Boyacá y las quebradas Palo de Hacha, Honda, Arzobispo y Susa. Los materiales que los constituyen presentan bordes redondeados debido al transporte que han sufrido, los relieves que generan estos depósitos son suaves, sus pendientes no exceden en 30%. Los procesos de socavación generados por la dinámica fluvial son leves y solo se generan en sectores muy pequeños ubicados en el sector de la Planta Eléctrica.

3.1.4.1.3.2 Depósitos Coluviales

Son los depósitos originados por procesos gravitacionales, se caracterizan por presentar bloques irregularmente distribuidos en las superficies contiguas a los escarpes donde provienen. Este tipo de depósito se ha originado por procesos gravitacionales, en el área los materiales que constituyen dicho depósito se caracterizan por presentar bloques de arenisca angulosos cuyos tamaños varían entre 10 y 60 cm. Dichos materiales se encuentran ampliamente dispersos en los sectores de Rique y Soconsaque y provienen de los escarpes generados por los materiales duros de la Formación Plaeners.

3.1.5 Morfogénesis

Para establecer el origen del paisaje actual se debe considerar los tipos de vertientes que se presentan en el área de estudio pues esta se encuentra enmarcada dentro de un estado evolutivo del terreno.

Es necesario partir del concepto de vertiente para establecer la evolución del paisaje. La vertiente según Jean Dylík (1.968)⁵, es una forma tridimensional que fue modelada por procesos de denudación, que actúan antes, en el presente o en el pasado y representa la conexión dinámica entre el interfluvio y el fondo del valle. Lo anterior quiere decir que una vertiente representa un estado evolutivo del paisaje, que va desde el instante de su levantamiento o conformación orográfica, hasta llegar a su equilibrio o pleneplanación. La vertiente posee elementos que se pueden agrupar según los procesos que se estén dando de acuerdo con el perfil hipotético de Dalrymple Itäl (1.968)⁶.

Se pueden distinguir tres tipos de ladera:

- Ladera convexa de suelos residuales.
- Ladera rectilínea de masa rocosa.
- Ladera cóncava de suelos transportados.

Además de los anteriores tipos de ladera podemos encontrar el valle que corresponde a la parte plana del relieve.

Ladera Convexa de Suelos residuales. La primera ladera convexa de suelos residuales, corresponde a materiales de transición. En el área de estudio éste tipo de ladera se presenta en el sector de Huertagrande y parte Norte de la Cuchilla Pericos. En éste primer tipo de

⁵ RAMIREZ, Fernando. Metodología para establecer zonas geotécnicamente homogéneas. I Congreso Suramericano de Deslizamientos. Paipa 1.989.

⁶ Ibid.

ladera hasta ahora se ha generado meteorización, lo cual quiere decir que las rocas coherentes y no coherentes están expuestas a agentes externos que preparan a los materiales para su denudación y consiguiente evolución en el modelo del paisaje. El producto final de esta meteorización es denominado el regolito, término que abarca el manto de meteorización o sea materiales mezclados y redistribuidos superficialmente. En este tipo de vertiente el relieve está influenciado más por propiedades de las rocas de las cuales proviene el regolito bajo un clima determinado, que por la resistencia de la roca a la meteorización.

Ladera Rectilínea de Masa Rocosa. Este tipo de vertiente se caracteriza por exponer fuertes escarpes en donde generalmente hay desplome de rocas fracturadas, en algunas ocasiones también se puede presentar desplazamiento de Regolito ubicado en la parte superior. Este tipo de laderas se puede observar en el Alto La Zarca, Cuchilla, Pericos y Alto San Pedro. (Mapa No. 7, Geomorfológico)

Ladera Cóncava de Suelos Transportados. En estas laderas se puede establecer dos sectores; el primero comprende la parte más empinada de la vertiente donde las pendientes varían entre 30 y 20°. En este sector la roca fresca se encuentra relativamente próxima a la superficie y sobre esta reposan materiales en proceso de transporte y son comunes en esta parte de la ladera movimientos en masa tanto profundos como superficiales (terracetas, soliflujión y reptación).

En la ladera cóncava de suelos transportados se tiene el sector menos inclinado de esta vertiente que corresponde a áreas cuya pendiente varía entre 5 y 19°. Allí se puede observar una redepositación de materiales cuyo origen puede ser movimientos en masa, degradación por reptación o depósitos de talud y coluviales.

En los dos sectores de la vertiente se puede presentar aljibes que notan la intersección del nivel freático con la topografía. Este tipo de vertiente se observa en amplios sectores de la vereda Soconsaque, Rique y Vanegas.

El Valle Aluvial. Es la parte de paisaje más dinámica cuando se encuentra asociado al tipo de vertientes pues la corriente principal de la vertiente causa erosión y arrastre parcial de los suelos. Las partículas arrastradas serán depositadas donde la energía de la corriente disminuye entonces se generará allí un proceso de depositación, si el río en otros sectores excava donde posiblemente ya hay materiales depositados generará socavación de los márgenes del cauce. Este fenómeno se observa en puntos ínfimos de los márgenes del río Boyacá y Quebradas como Honda, Palo de Hacha, Arzobispo y Susa.

Las anteriores laderas mencionadas constituyen elementos de un proceso de modelación del paisaje y a su vez por poseer características evolutivas y geomorfológicas propias constituyen una unidad de terreno.

3.1.6 HIDROGEOLOGÍA

La Hidrogeología es la ciencia que estudia el comportamiento del agua subterránea, su influencia en la corteza terrestre, su origen, composición y propiedades.

El agua que existe en la superficie terrestre se infiltra en las rocas dependiendo de las características físicas de las rocas que atraviesa. Es así como el agua dentro de un estrato fluye, dependiendo de la permeabilidad y porosidad ya sea primaria (originada en el momento de la formación de la roca) o secundaria (originada después de la formación de la roca por procesos fisicoquímicos o tectónicos).

3.1.6.1 Caracterización Hidroestratigráfica

Para hacer una caracterización hidroestratigráfica de las formaciones que afloran en el área de estudio se estableció una clasificación cualitativa de las formaciones, según el grado de permeabilidad relativa de las rocas. A esta clasificación se llegó teniendo en cuenta la litología y el grado de fracturamiento que las formaciones presentaban en el campo, además de ubicación de yacimientos de agua en toda el área del municipio.

La caracterización hidroestratigráfica se realizó con el fin de establecer la influencia del agua en la estabilidad de los materiales que esta atraviesa, además de la determinación de zonas de recarga hídrica.

Teniendo en cuenta los criterios establecidos se obtuvo, el mapa No. 8, hidrogeológico y la siguiente clasificación:

3.1.6.1.1 Formaciones de Permeabilidad Baja

3.1.6.1.1.1 Formación Guaduas (Ktg)

Corresponde a capas delgadas poco compactas de arenisca intercalada con arcillolitas grises y arcillas grises. Por su predominio de material arcilloso se considera de baja permeabilidad.

3.1.6.1.2 Formaciones de Permeabilidad Media

3.1.6.1.2.1 Formación Churuvita (Ksch)

Constituida por areniscas, calizas y arcillolitas; algunos paquetes de areniscas de esta formación se encuentran fracturados lo que genera una porosidad secundaria y por tanto facilitan el paso del agua a través de ellas. Esta condición nos permite clasificar a la formación Churuvita como una formación de permeabilidad moderada.

3.1.6.1.2.2 Formación Conejo (Kscn)

Constituida por areniscas, fracturadas, intercaladas con paquete de shales grises y pequeños espesores de arcillas. El predominio en el área de estudio de los paquetes de areniscas fracturadas nos permite clasificar la formación dentro de este grupo.

3.1.6.1.2.3 Formación Plaeners (Kg2)

Está constituida por chert, porcelanitas y shales. La naturaleza de los materiales que constituyen esta formación nos permite clasificarla como una formación de permeabilidad media.

3.1.6.1.3 Formaciones de Permeabilidad Alta

3.1.6.1.3.1 Formación Labor y Tierna (Kg1)

Constituida por arenisca de grano fino muy fracturadas intercaladas con shales oscuros de gran fracturación. Esta formación en algunos sectores nos permite clasificarla como una formación de permeabilidad alta.

3.1.6.1.3.2 Depósitos Aluviales y Coluviales

Estos depósitos están constituidos por cantos redondeados a subredondeados, gujarros y gravas embebidos en una matriz limosa y algo arcillosa. La naturaleza de sus componentes y la ausencia de consolidación de estos, nos permite clasificar estos materiales dentro del grupo de materiales de permeabilidad alta.

3.1.6.2 Clasificación de las Rocas Según su Capacidad Como Acuífero

Según la capacidad que poseen las rocas para almacenar y permitir el flujo de agua a través de estas, se tiene el siguiente tipo de rocas:

3.1.6.2.1 Acuíferos

Son rocas que permiten el almacenamiento y transmisividad de agua dentro de ellas. Dentro de este grupo se tienen la Formación Labor y Tierna (Kg1) y los depósitos de tipo aluvial Qal y Coluvial.

3.1.6.2.2 Acuitardos

Son estratos o formaciones que poseen agua pero el flujo de esta a través de los materiales es lento con relación a un acuífero, dentro de este grupo tenemos Formación Conejo, Plaeners y Churuvita.

3.1.6.2.3 Acuicierres

Formaciones con materiales que pueden contener agua pero no la transmiten en el área, como la Formación Guaduas. Son capas sellos de acuíferos.

3.1.7 Reconocimiento de la Inestabilidad y Evaluación de los Factores

La evaluación de amenazas por movimientos en masa se determina por factores que influyen en estos fenómenos como remoción en masa en la zona de estudio. Dentro de estos parámetros se tuvo en cuenta:

3.1.7.1 Tipo de Material

En el área de estudio hay diversos materiales los cuales cumplen su papel de modelado del paisaje; estos materiales son:

3.1.7.1.1 Suelos

Ya sean por el producto final de la meteorización o generados a partir de materiales transportados pueden cambiar y fluir al aumentar el contenido de humedad y simultáneamente su peso. Las laderas son utilizadas para pastoreo excesivo, originando reptación y terracetos.

3.1.2.7.1.2 Materiales Competentes

Pertencientes a las rocas duras con pendientes fuertes. La Cuchilla Perico afectados por la Falla Neme. El fracturamiento ha generado porosidad secundaria facilitando la infiltración de

agua y así incrementa el desprendimiento de bloques. Estas mismas características se observan en la parte alta del Alto La Zarca, Volador y San Pedro.

3.1.7.1.3 Materiales con Intercalación de Roca Dura y Blanda

Generan un relieve menos abrupto que las rocas competentes, generalmente sus pendientes varían entre los 35° y 17°. Ocupan la parte empinada de una ladera cóncava. Sobre estos materiales se han generado los deslizamientos de mayores dimensiones observados en el área de estudio, como se observa en la carretera Boyacá – Soracá.

Geotécnicamente al presentarse materiales blandos sobre materiales duros, en sectores con discontinuidades hace que el contacto con los materiales duros sean superficies potenciales de falla por donde fácilmente se deslizan materiales blandos.

Este fenómeno se observa claramente en el deslizamiento de Puente Piedras. En los sectores donde se encuentran este tipo de materiales se observó aljibes que denotan la presencia de niveles freáticos colgados, estos disminuyen la fricción entre partículas y reducen la cohesión, debido a este fenómeno se desfavorecen las condiciones de estabilidad y genera movimientos en masa.

Las formaciones Conejo, Labor y Tierna y Guaduas presentan este tipo de materiales. Los sectores en donde se encuentran se pueden observar en el mapa geológico.

3.1.8 MORFOMETRÍA

La topografía es un factor que combinado con el tipo de material, influyen en la estabilidad de un área. Aunque se hayan observado fenómenos de remoción en más diversos sectores. Estos se concentran en lugares con características topográficas de pendientes altas.

Para evaluar este parámetro se cruzó el mapa de pendientes y el mapa geomorfológico y se visualizó la relación existente entre la pendiente del terreno y fenómenos morfodinámicos. A continuación se describen algunos sectores con rangos y fenómenos característicos de acuerdo con el grado de pendiente y la caracterización hidroestratigráfica de las rocas.

3.1.8.1 sectores con Pendientes Entre 0-15% (0° Y 7°)

Corresponden a sectores planos en los que los movimientos en masa no se presentan, excepto a orillas del río Boyacá en donde los movimientos observados se dan por acción fluvial. Eventualmente en época invernal, el agua genera pequeños desprendimientos de material a orillas del cauce.

3.1.8.2 Sectores con Pendientes Entre 15-70% (7 Y 30°)

En este sector los fenómenos más comunes son reptación, terracetas e incluso movimientos rotacionales. Estos movimientos se caracterizan por ser movimientos más o menos lentos que evolucionan paulatinamente.

Se observó que a medida que aumenta la pendiente (hasta alcanzar 70% de pendiente) la velocidad del movimiento en masa se incrementa.

3.1.8.3 Sectores con Pendientes Superiores A 70% > (30°)

Cuando la pendiente del terreno supera el 70% los bloques producto de la meteorización mecánica (termoclastismo, gelifracción, diaclasamiento o crío turbación) o fallamiento, se mantienen en su sitio si la cohesión o la fricción lo permiten; en caso contrario, el material desequilibrado se desprende y cae por su peso bajo la acción de la gravedad. Este fenómeno se observa en la Cuchilla Pericos y Alto de Zarca.

3.1.8.4 Sectores Cuya Topografía Ha Sido Alterada

Los sectores cuya topografía ha sido alterada; ha cambiado su equilibrio natural y esto desencadena fenómenos de remoción en masa sobre el kilómetro 3 de la vía que de Boyacá conduce a Tunja; la ampliación de la vía ha generado diversos deslizamientos que la afecta sobre todo en época invernal.

3.1.9 Evaluación de Elementos en Riesgo y Amenazas

Los fenómenos de flujos torrenciales, deslizamientos o incendios afectan en menor a mayor proporción a los habitantes del municipio. Para tener claro que es riesgo se debe explicar no solo este concepto, sino otros conceptos básicos como amenaza y vulnerabilidad.

3.1.9.1 Amenazas

Es la probabilidad de ocurrencia de un evento natural potencialmente destructor dentro de un periodo de tiempo determinado en un lugar específico.

3.1.9.1.1 Movimientos en Masa

Son procesos morfodinámicos donde el terreno ha perdido sus condiciones naturales generando un desequilibrio entre las fuerzas actuantes y las estabilizantes del terreno, generando desplazamiento de materiales. Según el tipo de movimientos los fenómenos de remoción en masa en el área de estudio son:

Reptación: Movimiento superficial y lento de partículas de suelo y detritos finos, se manifiesta con el tiempo con la inclinación de los árboles, agrietamiento de muros. En la zona se han generado los sectores Rique y Rupaguatá.

Flujos: En desplazamientos lentos que se generan por la gravedad y saturación de materiales en estado plástico.

En la zona de estudio se encontraron fenómenos de solifluxión plásticas y terrecetas en el sector Rique y Soconsaque, en donde la acción de la gravedad, el agua del suelo y el pisoteo por la actividad pastoril, ha producido rellanos transversales a la pendiente del terreno.

Deslizamientos: Estos involucran grandes volúmenes de materiales meteorizados que se desprenden de su lecho y se desplazan cuesta abajo como una sola unidad. En la zona de estudio se observaron deslizamientos los cuales se están desarrollando en forma lenta, facilitado por fisuras transversales presentes en la parte superior de los sectores de Alto de Piedras, Vanegas y Jaitoque Norte.

Desplomes: En sectores con afloramientos rocosos y pendientes altas, por fallas locales como las de Neme, en el sector Alto de Piedras.

3.1.9.1.2 Amenazas por Erosión

Como proceso natural desgasta la superficie y modela el paisaje causado por agentes como el agua, el viento, variación de temperatura o gravedad.

En la zona de estudio se presenta en forma esporádica por la escorrentía, originando calvas de erosión en los sectores aledaños al deslizamiento presentado en Jaitoque y Alto de Piedras.

3.1.9.1.3 Amenazas por Flujos Torrenciales

Debido a la gran precipitación se presenta un aumento del caudal sobre el río Boyacá superando la capacidad de los canales y provocando desbordamiento en sectores planos, dicho fenómeno se presenta en épocas invernales.

3.1.9.1.4 Amenazas por Incendios Forestales

Un sector que podría ser afectado por este tipo de amenaza son la Cuchilla Pericos y Alto la Zarca, que son zonas con rastrojos y zonas naturales que en época de verano podrían causar incendios por agentes externos.

3.1.10 Vulnerabilidad

Es la evaluación de elementos físicos, humanos y áreas que serian afectadas por un evento natural ya sea movimiento en masa, flujo torrencial o incendio.

3.1.11 Evaluación de Riesgos

Una vez realizada la evaluación de amenazas por movimientos en masa, flujos torrenciales e incendios y teniendo en cuenta la vulnerabilidad, se logró la siguiente evaluación preliminar de riesgo.

3.1.11.1 Movimientos en Masa

3.1.11.1.1 Zonas de Alto Riesgo por Movimientos en Masa

- Sector Alto de Piedras. Ubicado al NE de la cabecera municipal, en la vereda de Rique. En este sector la amenaza es producida por un deslizamiento que abarca 0.016 km² sobre un terreno con pendientes que oscilan entre los 20 y 30°. Las posibles causas que han generado este fenómeno son la escasa cobertura vegetal, presencia de agua subterránea y naturaleza blanda de sus materiales.

Análisis de Vulnerabilidad: Este movimiento afecta a cuatro familias en la vía que de Rique conduce al Alto las Piedras y el alcantarillado.

- **Sector Jaitoque Norte:** Se presenta a tres kilómetros al NE de la cabecera municipal sobre la vía que de Tunja conduce a Soracá; fenómeno producido por sobrepeso de material generado, producto de la ampliación de la vía, cubriendo una área de 0.05 km².

Análisis de Vulnerabilidad: Afectando viviendas, cultivos y acueducto rural.

Sector Vanegas: Ubicado a 3 km de la cabecera municipal. Causados por la presencia de aljibes, naturaleza débil de material, poca vegetación y Falla Vanegas.

Análisis de Vulnerabilidad: Afectando cultivos líneas de conducción de agua y viviendas.

3.1.11.1.2 Zonas de Riesgo Medio por Movimientos en Masa

Sectores en procesos denudativos como reptación y solifluxión, se presentan en áreas de Rique y la Planta Eléctrica y como reactivación de antiguos movimientos en el sector Soconsaque.

Análisis de Vulnerabilidad: Afectando viviendas con leves agrietamientos corrimientos de cercas e inclinación de árboles.

3.1.11.1.3 Zonas de Riesgo Bajo por Movimientos de Masa

Corresponde a sectores en donde no se tiene evidencia alguna de movimientos o fenómenos morfodinámicos.

3.1.11.2 Zonas de Riesgo por Flujo Torrencial

3.1.11.2.1 Zonas de Riesgo Alto por Flujo Torrencial

Corresponde a sectores planos que en época invernal son provocando inundación como ocurre en el Sector de la Planta Eléctrica

Análisis de Vulnerabilidad: Afectando algunos cultivos sin posibles pérdidas de vida humanas o materiales; es posible que se puedan afectar viviendas cercanas al río.

3.1.11.2.2 Zonas de Riesgo Medio por Flujos Torrenciales

Corresponde a las márgenes del río Boyacá en todo su curso, los eventuales ascensos del nivel de agua solo afectan sectores cercanos y no representan posibles pérdidas humanas o materiales.

3.1.11.2.3 Zonas de Riesgo Bajo por Flujos Torrenciales

Se tiene un 80% del área del municipio en donde el incremento del caudal generados en invierno no reviste ningún efecto sobre los pobladores y sus bienes .

3.1.11.3 Zonas de Riesgo por Incendios Forestales

Corresponden a los sectores que en la actualidad están constituidos por rastrojos y bosques primarios y secundarios en los cuales fácilmente se pueden generar incendios que difícilmente son controlables; dichos sectores se encuentran en la Cuchilla Pericos y Alto la Zarca.

En este sector se verían afectadas las viviendas allí ubicadas con la pérdida además del recurso forestal. En riesgo medio encontraríamos sectores de Soconsaque y Rupagatá.

Para los sectores de uso inadecuado del suelo, como en el Alto de Zarca encontramos cultivos limpios; allí el agua eroda fácilmente la superficie y es un sector ideal para reforestar con árboles; lo similar ocurre en el sector Huertagrande.

Para los sectores de uso inadecuado del suelo, se sugiere arbustos o árboles de enraizamiento profundo y bajo porte en sitios afectados por deslizamientos y Taludes de carretera ya que sus raíces aumentan la resistencia al corte de las masas del suelo y disminuye el exceso de agua.

3.1.11.4 Factor Sísmico

El área de estudio se encuentra próxima a las Fallas regionales de Salinas, Boyacá y Yopal, las cuales eventualmente podrían afectar la área de estudio, la zona de epicentro más próxima es Bucaramanga la cual presenta intensa actividad tectónica ubicando el área como una zona de Riesgo Sísmico intermedio.

3.1.11.5 Análisis de Drenaje y Movimientos de Remoción en Masa

En el territorio del municipio el agua fluye fácilmente a través de las Formaciones Plaeners, Conejo y Labor y Tierna, hacia los Sinclinales La Rosa y Huertagrande; este flujo se acentúa en los sectores afectados por fallamientos y fracturamientos.

En el sector Vanegas se encuentran nacimientos de agua. Principalmente se encuentran en la Formaciones Conejo; Plaeners, Labor y Tierna.

Se presentan los siguientes efectos de modificación del terreno:

- **Reptación:** Es un movimiento lento imperceptible y superficial de masas de suelo y detritos; es muy común en el municipio y se extiende en casi todos los sectores con pendientes entre los 17° y 30° . Aunque no es catastrófico, puede ser el inicio de grandes movimientos o procesos de erosión severa por efecto de escorrentía.
- **Terracetos:** También afecta materiales superficiales blandos ubicados en sectores con pendientes superiores a los 30° . Se han generado por efecto combinado de pisadas de ganado y agua de escorrentía; se caracteriza por generar una microtopografía de rellanos. Este fenómeno se observa en algunos sectores de Soconsaque, cercanos a la Quebrada Agua Caliente.
- **Soliflucción Plástica:** Deformación de la superficie por presión ejercida y sobresaturación de las tierras ayudadas por la alta pendiente de la región.
- **Deslizamientos:** Son procesos de remoción en masa que afectan el municipio y se han generado sobre materiales blandos.

3.1.11.6 Tipos de Amenaza

En el municipio se presentan los siguientes:

- 1- Movimientos de masa
- 2- Erosión laminar
- 3- Flujo Torrencial
- 4- Incendios Forestales

5- Socavamiento lateral de los cauces

3.1.11.5.1 Tipo de Obras Correctivas

- 1- Control de agua de escorrentía
- 2- Reforestación
- 3- Control de cauces
- 4- Mantenimiento de obras de control
- 5- Cumplir con las normas CCSR
- 6- Investigación detallada para obras de Geotécnica
- 7- Reubicación de obras civiles y viviendas
- 8- Construcción y mantenimiento de sumideros y alcantarillado
- 9- Reconformación del talud
- 10- Evitar la tala

3.1.11.6 Evaluación de Riesgos

En la siguiente página podemos apreciar los distintos tipos de riesgos y su correspondiente evaluación

CONSOLIDADO DE EVALUACIÓN DE RIESGOS

TIPO DE AMENAZA	VEREDA	TIPO DE RIESGO	ELEMENTOS EN RIESGO	DESCRIPCION	OBRAS RECOMENDADAS
1-2-3-4	HUERTA GRANDE	BAJO-MEDIO	VIVIENDAS, VIAS	REPTACION, EROSION, DIFUSA Y EN REGUERAS	1-2-3-8-10
1-2-3	SOCONSAQUE OCCIDENTE	MEDIO-ALTO	VIVIENDAS, VIAS	DESLIZAMIENTO, CAIDA DE BLOQUES, REPTACION, EROSION.	1-2-3-4-6-8-9-10
1-2-3-4	SOCONSAQUE ORIENTE	MEDIO-BAJO	VIVIENDAS, CULTIVOS	REPTACION, EROSION.	1-3-8-10
1	SIRAQUITA	MEDIO	CULTIVOS	REPTACION	1-2-3-8-10
1-2-3-4	PACHAQUIRA	MEDIO-BAJO	VIVIENDAS, CULTIVOS	EROSION EN REGUERAS	1-2-3-8-10
1-4	RUPAGUATA	MEDIO	VIVIENDAS, VIAS	REPTACION	1-2-3-8-10
1-3	VANEGAS	MEDIO-ALTO	CULTIVOS, VIVIENDAS, ACUEDUCTO.	DESLIZAMIENTO, CAIDA DE BLOQUES, REPTACION.	1-2-3-4-6-8-9
1	CENTRO	MEDIO-BAJO	VIVIENDAS, VIAS	REPTACION	1-2-3-8-10
1-2-3-4	RIQUE	MEDIO-ALTO	VIAS, CULTIVOS, ALCANTARILLADO, VIVIENDAS	DESLIZAMIENTO, CAIDA DE BLOQUES, REPTACION, EROSION.	1-2-3-4-6-7-8-9-10
1-2-3	HUERTA CHICA	MEDIA	VIAS, VIVIENDAS	CAIDA DE BLOQUES, REPTACION, EROSION.	1-2-3-4-8-10

Fuente: E.O.T. Boyacá 2000.

3.1.12 Geología Económica

El municipio de Boyacá posee en sus diferentes Formaciones algunos minerales que pueden ser explotados, pero por su alto costo de inversión en cuanto a mantenimiento de vías, transporte e infraestructura no han podido ser explotadas con una técnica adecuada.

En la actualidad se llevan a cabo en algunos sectores del municipio explotaciones de recebo a cielo abierto. Este material utilizado en mantenimiento de vías es el que posee mayores reservas para su extracción.

Estas explotaciones llevan un proceso de extracción rudimentario o artesanal sin ningún estudio técnico, lo que no ha permitido extraer volúmenes económicamente rentables para los habitantes que se suplén de estos; debido a estas explotaciones se desestabilizan los taludes circundantes.

A continuación nombramos los sitios actuales donde se están realizando trabajos de extracción de este material, para que sean tenidos en cuenta por la administración del municipio de Boyacá y realizar un estudio puntual de cada sector que determine reservas existentes, con el fin de valorar económicamente si son rentables. (Ver Mapa Geológico No. 6).

Vereda Rique: Se encuentran dos zonas de explotación, una a la margen derecha de la vía perimetral que existe en el municipio y la otra al NW del casco urbano, contienen paquetes considerables para la extracción de recebo. Pertenecen a la Formación Plaeners.

Vereda Soconsaque Oriente: Existe una zona de explotación al margen izquierdo de un carreteable, posee un espesor de unos 40 m aproximadamente, y pertenece a la Formación Guaduas. Cerca de esta zona se explota carbón bajo tierra, pero por las condiciones rudimentarias de explotación, se generan impactos negativos. Pertenece también a la Formación Guaduas.

Vereda Pachaquirá: Se observa una zona de explotación al margen derecho de la vía perimetral; posee un paquete de unos 60 m aproximadamente, con buen tipo de material y económicamente rentable. Pertenece a la Formación Plaeners.

Existe un afloramiento de arena por la misma vía pero no posee volúmenes considerables para su explotación y los habitantes la utilizan particularmente para mejoras de sus viviendas. Pertenece a la Formación Labor y Tierna.

Vereda Vanegas Norte: Existe un afloramiento considerable para la extracción de recebo el cual es utilizado para el mantenimiento de vías del Municipio, y se localiza al margen izquierdo de la vía que conduce de Boyacá a Soracá, desviando por un carreteable, se encuentra en la Formación Plaeners.

En el plano Geológico se puede observar la ubicación de las áreas de interés de las anteriores explotaciones que se realizan actualmente.

1.3.13 Amenazas y Riesgos Geológico del casco Urbano

Para el casco urbano se ha determinado los siguientes tipos de amenazas:

- Riesgo Medio por deslizamientos
- Riesgo Alto por deslizamiento
- Riesgo por inundación

La zonificación se especializa en el Mapa No. 25.