

## **2. COMPONENTE FÍSICO**

### **2.1 GEOLOGIA, GEOMORFOLOGÍA Y AMENAZAS**

Las condiciones climáticas que envuelven a Colombia muestran un país tropical, en donde los fenómenos naturales tales como inundaciones, avalanchas o deslizamientos (es decir, originados por procesos geológicos), han generado grandes pérdidas materiales y humanas. Ha sido necesario, por ende, identificar y localizar los sectores afectados por procesos geológicos potencialmente destructivos con el fin de incluir información sobre amenazas en la planificación del desarrollo municipal y en la preparación de proyectos de inversión en la localidad de Aquitania (Boyacá).

Al realizar un balance económico de costos, resulta más rentable invertir en medidas de mitigación que en subsanar las posibles pérdidas generadas por un fenómeno natural potencialmente destructivo. Dentro del contexto de “Planificación del desarrollo” en lo referente al manejo de amenazas geológicas, existe diversidad de estrategias para aplicar – según el orden cronológico del evento – que generalmente están encauzadas en dos sentidos: la mitigación (Identificación y evaluación de amenazas y reducción de la vulnerabilidad) y la preparación para el evento (predicción y atención de desastres).

Entonces, el estudio realizado ha tenido en cuenta la evaluación e identificación de amenazas, a partir de la determinación del estado geológico y la distinción geomorfológica, resultando así el diseño del Plano de Amenazas Geológicas por conjunción de factores geoestadísticos. Además, se ha incluido esta memoria explicativa con el fin de facilitar la utilización de los ya mencionados mapas.

Las amenazas geológicas se presentan por la conjugación de múltiples factores de gran complejidad y las únicas herramientas con que se cuenta son unos modelos extraordinariamente simplificados sobre algunos de los fenómenos que se conjugan para lograr la mitigación del evento. La respuesta consiste en emplear algún sistema de clasificación en el que se pueda confrontar la problemática propia con la encontrada por otros.

Se ha realizado un análisis bibliográfico de los estudios geológicos anteriores adelantados en la zona (tanto por el INGEOMINAS como por la U.P.T.C.) con el fin de concretar las condiciones del área correspondiente al municipio de Aquitania. Estos datos se han corroborado mediante salidas de campo y se han ampliado con algunas conjeturas a cerca de variaciones estructurales observadas. Al final del texto se ha consignado el compendio bibliográfico consultado.

Una vez estimado el estado geológico del municipio, se ha procedido al examen geomorfológico partiendo del estudio de una serie de fotografías aéreas del IGAC, vuelos que han cubierto casi en su totalidad el área aquitanense. Éste análisis ha dado como

resultado la determinación de los modelamientos morfológicos atribuidos a la actuación de los factores tectónicos, meteóricos, climáticos y paleoclimáticos, evidenciados en las formas actuales del terreno y en las formaciones superficiales. La fotointerpretación ha sido apoyada por evidencias explícitas en las salidas de campo. La geomorfología ha sido la base para la comprobación de la evolución del paisaje.

El mapa de pendientes se ha diseñado teniendo en cuenta la escala de trabajo y una división en rangos de las pendientes con el fin de obtener áreas cuya fisiografía tiende a ser homogénea. Por su parte, el mapa de isoyetas, que está indicando la precipitación media anual promediada para los último 10 años (según información suministrada por el IDEAM, proveniente de sus estaciones meteorológicas), se ha construido poniendo este valor (mm/año) en el punto geográfico de ubicación de cada estación meteorológica consultada, diseñando las curvas de variación por el método de interpolación de valores.

La aplicación de los anteriores resultados se ha dado en el esbozo de los planos geológico estructural, geomorfológico, de pendientes y de isoyetas, y en la formulación de las amenazas geológicas para el municipio de Aquitania. Todos los datos obtenidos se han procesado lógicamente para optimar la valoración de la susceptibilidad a las amenazas geológicas de los diferentes lugares. La metodología seguida para el diseño del Plano de Amenazas Geológicas se explica en detalle más adelante.

### **2.1.1 Geología**

Rocas sedimentarias marinas del Cretácico ocupan una extensa zona de la Cordillera Oriental, suprayacidas concordantemente por las rocas Terciarias, evidenciando un sólo ciclo de avance marino que concluyó a finales del Cretácico e inicios del Terciario, no pudiéndose identificar alguna fase regresiva de importancia, salvo oscilaciones de carácter local<sup>1</sup> (Ver Mapa 1 Geología).

El hecho de encontrarse geológicamente situado el Municipio de Aquitania en la Cordillera Oriental, cerca de la Falla Frontal de la Cordillera Oriental (Falla del Borde Llanero), atravesado por una serie de fallamientos de tipo inverso y de gravedad, da origen a condiciones especiales de estructuras localmente algo complicadas, donde las rocas aflorantes (arenitas, lodolitas y arcillolitas) presentan variaciones laterales debidas a disposiciones en el ambiente de formación y a fuerzas compresivas y de tensión emanadas de la orogenia andina durante los últimos 22 millones de años, siguiendo un curso preferencial de esfuerzos regionales en dirección NW.

#### **2.1.1.1 Estratigrafía**

Se ha tenido en cuenta la nomenclatura de las unidades litoestratigráficas utilizada para el Altiplano Cundiboyacense, la Sabana de Bogotá y la Sierra Nevada Del Cocuy, observándose aflorantes formaciones de las series del Cretácico Inferior al Cuaternario.

---

<sup>1</sup> ETAYO et al (1969) en Mapa Geológico de Colombia, Memoria Explicativa. INGEOMINAS 1988.



## **Cretácico (141 ma – 65 ma)<sup>2</sup>**

- **Formación Lutitas de Macanal (Kilm).** Corresponde a la unidad media del Grupo Cáqueza (C. Ulloa, E. Rodríguez), y designa un conjunto monótono de lutitas negras con esporádicas intercalaciones de calizas, areniscas y bolsones de yeso; depositadas en un ambiente marino de aguas someras en una cuenca cerrada; su localidad tipo se encuentra en el cañón del río Batá, entre las quebradas El Volador y La Esmeralda (Municipio de Macanal, Boyacá).

Esta unidad esta compuesta en su parte inferior por 760 m (conjunto A) de lutitas negras, micáceas, compactas ligeramente calcáreas y láminas de yeso. La parte media está constituida por 145 m (conjunto B) de areniscas cuarzosas, grises oscuras, de grano fino y estratificación gruesa a maciza, con intercalaciones de lutitas negras, micáceas, fosilíferas; y 1.350 m (conjunto C) de lutitas grises oscuras a negras ligeramente calcáreas con venas de calcita y nódulos arenosos hasta de 0,10 m de diámetro, y lentejones de yeso hacia el tope. Su techo lo conforman 680 m (conjunto D) de lutitas negras, micáceas con intercalaciones de areniscas grises, de grano fino. La edad de esta formación se ha situado en el Berriaciano-Valanginiano (138 ma).

En Aquitania, La Formación Lutitas de Macanal, aflora en las Veredas de Maravilla por el Anticlinal de Mundo Viejo, y en la parte suroriental de Toquilla en el Anticlinal de Barranco Amarillo, siguiendo una franja de dirección NE.

- **Formación Areniscas de las Juntas (Kiaj).** Unidad superior del Grupo Cáqueza que denomina dos niveles arenosos separados por un nivel lutítico. Fue depositada en un ambiente transicional probablemente deltáico. Su localidad esta ubicada entre las cuchillas El Volador y El Dátil (carretera Guateque - Macanal).

Se han encontrado en su parte inferior, areniscas cuarzosas grises amarillentas, de grano fino, friable, con pequeñas intercalaciones de lodolitas negras de estratificación cruzada. Su parte media, se caracteriza por la presencia de lutitas negras, micáceas con intercalaciones de areniscas arcillosas con nódulos arenosos. Y hacia la parte superior presenta un paquete de arenisca cuarzosa, dura de grano fino con intercalaciones de lutitas carbonosas, seguido de uno de lutitas micáceas que infrayace a un paquete de arenisca cuarzosa, dura de grano fino que presenta estratificación delgada.

Finalmente hacia el tope se encuentran lutitas negras micáceas intercaladas con areniscas cuarzosas de color blanco y grano fino. (C. Ulloa, E. Rodríguez, 1975). Su edad se ha puesto entre el Hauteriviano y el Barremiano (124 ma). Aflora en las Veredas de Mombita, Sisvaca, Hirva, Maravilla y Toquilla en el Cerro La Gallina y Cuchilla El Gallo, siguiendo una franja de rumbo noreste.

- **Formación Fómeque (Kif).** Unidad Inferior del Grupo Villeta que designa una serie de lutitas negras, calizas y arenisca y algunos esquistos piritosos (Hubach, 1957). Por sus características litológicas y paleontológicas, indica un ambiente deposicional marino de aguas someras y circulación restringida.

---

<sup>2</sup> Las cifras entre paréntesis equivalen al tiempo geológico en millones de años contados desde ahora hacia atrás.

Esta Formación se constituye de lutitas grises oscuras a negras, interestratificadas con margas, limolitas grises y lentejones de calizas grises oscuras intercaladas frecuentemente con areniscas cuarzosas, micáceas, de grano fino con estratificación delgada. Se ha datado en el Aptiano (119 ma).

En la zona de estudio, aflora hacia en las Veredas de Mombita, Sisvaca, Hirva, Toquilla, Daitó, Pérez y Maravilla.

- **Formación Une (Kiu).** Renzoni (1951) ha denominado así al conjunto estratigráfico correspondiente a las areniscas de Une, tal como fueron descritas por Hubach (1957). Es la Unidad Intermedia del Grupo Villeta y está constituida de base a techo por un banco de arenisca cuarzosa amarilla micácea, alternando entre arcillolitas fisibles de color gris claro; encima se encuentran bancos de arenisca cuarcítica blanca con estratificación cruzada y compacta, intercaladas con shales negros. Suprayace a la Formación Fómeque en contacto concordante y algunas veces fallado, y se ubica bajo la formación conejo en contacto fallado y también bajo la Formación Chipaque en contacto concordante. Su espesor es de 543,2 m. En general, marca la finalización del Cretácico Inferior. Debido al cambio de fases en la base de la formación indicaría un ambiente costero, presentando una edad Albiano-Cenomaniano (113 ma).

Se encuentra en las partes más elevadas y escarpadas de Aquitania, aflorando en las Veredas de Toquilla, Sisvaca, Hirva, Suse, Mombita, Daitó, Pérez, Tobal, Hato Viejo, Cajón y Soriano.

- **Formación Chipaque (Ksc).** El nombre Chipaque fue utilizado por Hubach, E. (1931) bajo la denominación de "Conjunto Chipaque", para designar la parte alta del Grupo Villeta. Según su autor la parte más alta de este conjunto está dada por el nivel de *Exogyra Squamata*, que marca el límite Villeta - Guadalupe. Renzoni, G. (1962, p. 72) redefine la Formación Chipaque, considerando su techo hasta la base de la Arenisca Dura, incluyendo en esta forma la parte inferior del Guadalupe de Hubach.

La unidad está constituida por lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas principalmente hacia la parte inferior alta; en la parte superior se presentan intercalaciones de areniscas cuarzosas, grises claras a oscuras, de grano fino, estratificadas en bancos que varían de 1 m a 3 m de espesor y un nivel de carbón; la unidad alcanza un espesor de 350 m. Esta formación descansa normalmente sobre los estratos de la Formación Une. Sus características litológicas y paleontológicas indican un ambiente marino de aguas poco profundas y circulación restringida.

La formación Chipaque ha sido considerada por Hubach, E. (1957), Bürgl, H. (1959), Etayo, F. (1964) y McLaughlin, D. y Arce, M. (1969) con un rango de edad que va desde el Cenomaniano Superior hasta el Coniaciano (91 ma). Aflora en la Vereda de Toquilla cerca de la Cuchilla de Estoráques y en la Vereda de Mombita.

- **Formación Conejo (Kscn).** Se propone esta formación para la Sucesión bien expuesta en el camino que se desprende en el carretable Oicatá-Chivatá en la localidad de Puentezuela y conduce a la vereda San Rafael bordeando el Alto de Conejo<sup>3</sup>.

---

<sup>3</sup> RENZONI, G. *Geología del Cuadrángulo J-12, Tunja: Boletín Geológico. Vol. 24, No. 2 (1981); p. 44.*

La Formación Conejo presenta intercalación de arenisca de grano medio a grueso, con arcillolitas grises, en la base lutitas negras; le siguen tres bancos de arcillolitas grises que aumentan su espesor hacia el techo, intercalados con bancos de arenisca blanca de grano medio, compacta. A continuación se encontraron areniscas color café intercaladas con limolitas grises; hacia el techo, un banco de arenisca blanca gruesa a fina; arcillolitas grises con un nivel de arenisca y arenisca blanca de grano fino con concreciones, en la parte superior; limolitas grises en la parte final.

La posición estratigráfica corresponde al Cretácico Superior (Coniaciano-Santoniano de 88 ma), según Renzoni G. (1981) el ambiente de sedimentación es de tipo marino. En Aquitania aflora en la vía Aquitania - El Crucero, en la Isla de San Pedro, en la Isla Cerrochino, en las Penínsulas El Potrero y Susacá y en las Veredas de Hato Laguna en la Loma Buenavista, Hato Grande, Susacá, Daitó y Suse.

- **Formación Ermitaño (Kse).** Alvarado B. y Sarmiento R. (1944) denominaron así a la sección aflorante del Cretácico Superior marino en la localidad Ermitaño al noreste de Paz del Río<sup>4</sup>.

La formación consta de tres miembros. El inferior está constituido de liditas grises y limolitas silíceas blancas en capas de 0,1 m a 0,15 m con intercalaciones de bancos delgados de caliza y arenisca fosfática. El miembro intermedio está formado de arcillolitas fisibles grises con algunas intercalaciones de arenisca calcárea en la parte inferior, mientras que la superior consta de 30 m de arenisca gris dura en bancos. El miembro superior está constituido por 80 m de shale calcáreo, siendo característico un banco de 3 m de caliza lumaquélica de ostreas hacia la zona media la parte extrema superior está compuesta de arenisca cuarzosa en bancos de 3 m a 6 m que forman escarpes. La arenisca de techo es de grano grueso a medio, glauconítica y contiene gran cantidad de fósiles marinos como gasterópodos, lamelibranquios, dientes de esqualo y escasas amonitas.

Su edad apunta al Santoniano (85 ma) y aflora a lo largo de la vía Aquitania - El Crucero, en la Isla San Pedro y las Penínsulas de El Potrero y Susacá, al igual que en la Vereda de Suse, Cajón y Soriano en la Cuchilla Cañada, Hato Laguna y Susacá.

- **Formación Guaduas (KTg).** El nombre ha sido dado por HENTTNER A. a una secuencia litológica que contiene mantos de carbón explotables, expuestos en la región de Guaduas (Cundinamarca). Está conformada en la parte inferior por arcillolitas fósiles con escasos bancos de arenisca deleznable de grano medio a grueso y color amarillo. En la parte superior presenta alternancia de areniscas blancas de grano medio a grueso, arcillolitas grises y mantos de carbón.

Litológicamente se encuentra constituida por dos miembros: el superior, compuesto por arcillolitas grises y negras, con intercalaciones de areniscas pardas de grano medio a fino hacia el tope; en la parte inferior se encuentran unas areniscas blancas y grises de grano medio a grueso, en capas con espesores de 0,10 m a 0,20 m. Es en este miembro donde se encuentran los mantos de carbón explotables con espesores desde 0,8 m hasta 4,5 m.

---

<sup>4</sup> REYES, Ítalo. *Geología de la Región de Duitama - Sogamoso - Paz del Río (Departamento de Boyacá)*. Belencito, 1994; p. 32.

El miembro inferior conocido como Guaduas estéril está constituido esencialmente de arcillolitas grises y negras con ocasionales alternancias de areniscas blancas y grises de grano medio a fino y areniscas arcillosas.

El contacto basal de la Formación Guaduas es observable, diferenciándose la parte blanda del miembro inferior (arcillolitas) de las areniscas glauconíticas pertenecientes al techo de la Formación Ermitaño.

Esta Formación ha sido datada como del Maastrichtiano Superior - Paleoceno Inferior (66,4 ma) con base en análisis palinológicos de los mantos de carbón<sup>5</sup>. Se ha podido encontrar aflorando, el miembro estéril (inferior) de esta formación, en las Veredas de Hato Laguna, Cajón y Susacá.

### **Terciario (65 ma - 1,8 ma)**

**-Formación Socha Inferior (Tpsi).** Alvarado y Sarmiento<sup>6</sup> le dieron este nombre a un conjunto litológico que aflora en la población de Socha Viejo (Boyacá).

La formación consta de potentes bancos de arenisca cuarzosa, de grano variable, en secuencia con arcillolitas grises con intercalación de capas de arenisca. La formación en su parte superior está constituida por areniscas blancas a amarillentas, de grano medio a fino, con manchas de óxidos de hierro, bien compactas y presentan calcos de carga, marcas de lluvia y estratificación cruzada, mientras que la parte media compuesta por arcillolitas grises con intercalaciones de limolitas grises verdosas. La parte inferior está constituida por areniscas blancas, pardas y amarillas de grano grueso a medio, con niveles conglomeráticos y alternancia de arcillolita arenosa violácea y gris.

Según Van Der Hammen<sup>7</sup>, esta formación contiene polen fósil del Paleoceno Superior, por lo que se le asigna esta edad (59 ma). Al igual que la Formación Guaduas, ésta aflora en las Veredas de Hato Laguna, Cajón y Susacá.

**- Formación Socha Superior (Tps).** El nombre ha sido dado por ALVARADO B. y SARMIENTO R. a una secuencia de estratos aflorantes al sur del pueblo de Socha Viejo (Boyacá).

La Formación es predominantemente arcillosa y la componen tres partes. La superior de arcillolitas gris verdosas con manchas de color amarillo, lila y rojo, con ocasionales intercalaciones de bancos de arenisca blanca grisácea y amarillo de grano medio a fino. La parte media, constituida litológicamente por arcillolitas grises habanas; en la parte inferior es altamente arenosa, dispuesta en capas de 4 a 5 cm. En la parte superior presenta dos bancos de arenisca blanca amarillenta, de grano medio a fino, con estratificación gradada, ondulitas y marcas de lluvia.

---

<sup>5</sup> VAN DER HAMMEN y GARCIA C. *Aplicación palinológica a la correlación de los mantos de carbón del yacimiento La Chapa. Acerías Paz de Río. (Boyacá). En Informe 1.087. Bogotá Servicio Geológico Nacional. 1955.*

<sup>6</sup> ALVARADO B. y SARMIENTO R. *Informe sobre los yacimientos de hierro, carbón y caliza de la región de Paz de Río (Boyacá). Servicio Geológico Nacional, informe No. 648. 1944. Bogotá.*

<sup>7</sup> VAN DER HAMMEN. *Op. Cit. P91-93.*

La edad, por su posición estratigráfica y según correlación palinológica, comprende todo el Paleoceno Superior (57,8 ma). Aflora en las Veredas de Hato Laguna y Susacá.

#### **Cuaternario (1,8 ma - 0 ma).**

La acumulación cuaternaria más importante del Municipio de Aquitania se encuentra en la vereda de Toquilla y corresponde a depositaciones de ambiente lagunar; si embargo, existen también, principalmente abanicos aluviales coluviones y aluviones recientes, con edades comprendidas entre el Pleistoceno y el Holoceno.

- **Depósitos Glaciales (Qg).** Corresponde a acumulaciones de acarreo glaciario, directamente asentadas por el hielo, o depósitos en lagos o ríos como resultado de actividad glacial. Estos depósitos no estratificados se llaman *Morrenas* y están constituidos por bloques de arenisca de diferentes tamaños provenientes de las formaciones rocosas más resistentes (de las partes altas), embebidos en una matriz areno-limosa de color amarillo y gris. Se pueden encontrar en o cerca de los páramos de Aquitania, como en Sisvaca, Toquilla y Suse entre otras.

- **Depósitos Fluvioglaciales (Qfg).** Corresponde a acumulaciones de materiales acarreados de un glaciar, por el agua de fusión, manifestándose como cantos de roca dura, angulares a subredondeados, clasto o matriz soportados, con matrices de tipo arenolimoso, arenoarcilloso o limoarcilloso. En general estos depósitos tienden a ser estratificados. Se pueden observar en Toquilla, en Suse y en general cerca de los páramos.

- **Depósitos de Coluvión (Qc).** El coluvión es una acumulación de materiales, producto de la acción gravitacional sobre estos, y corresponde a un depósito desordenado, bien de bloques, de clastos o de matriz, o bien de los tres juntos que ruedan por una ladera debido al peso no soportado al superar las condiciones de fuerza cohesiva y fricción de las partículas. En general los trozos de roca pueden tener cualquier tamaño o forma y se depositan al pie de una ladera empinada. Dentro de este grupo se pueden citar los Depósitos de Talus, los Derrubios, los Flujos de Tierra, los Flujos de Suelo y otros flujos en los cuales el agua o el hielo no son el agente principal de transporte. Se pueden encontrar en las veredas de Sisvaca y Mombita.

- **Depósitos Lacustres (Ql).** Morfológicamente son planos, resultado de la acción de las masas de agua estancadas, en las cuales la tranquila sedimentación supera a la activa erosión. En el Lago de Tota es donde se han podido observar con mayor frecuencia estos depósitos, especialmente en su litoral. Litológicamente corresponden a limos y arenas bien gradadas y seleccionadas, al igual que guijarros y gravas mostrando una ligera estratificación clastoclasificada.

- **Depósitos Fluvioacustres (Qfl).** Este depósito conforma gran parte del Valle de Toquilla, constituido litológicamente por gravas y guijos de tamaños variados, desde 0,05 m hasta 0,5 m, redondeados, bien seleccionados, embebidos en una matriz areno-limosa de color pardo, resultado de la interacción entre las aguas estancadas de un lago y los flujos torrenciales de sus afluentes (para colmatación del antiguo lago), dándose una gradación de los materiales por selección diferencial de densidades. Se presume que su espesor es bastante marcado ya que en la "Cantera Toquilla" aún se está extrayendo materiales a 20 m de profundidad.



- **Depósito de Aluvión (Qal, Qav).** Corresponde a las acumulaciones acontecidas por flujos torrenciales de las quebradas y los ríos. Las terrazas aluviales (Qal) corresponden a acumulaciones detríticas en las márgenes de las quebradas y los ríos de mayor caudal acusando partes planas de fácil sedimentación, cubriendo las rocas y las estructuras del subsuelo; tienen mucho que ver con la acción de las glaciaciones, manifestándose en enormes crecidas de los cauces transportando grandes cantidades de materiales a altas velocidades, que son acumulados por pérdida de energía, y que posteriormente son erodados parcialmente, ya que su falta de consolidación los hace presa fácil de la erosión fluvial. Las terrazas aluviales son fácilmente observables en el Valle de Toquilla, en el Río Cusiana y las quebradas Onganoa, El Aliso y El Palo.

Los Depósitos en Abanico y Avalancha (Qav) son el resultado de los flujos torrenciales de ríos y quebradas de pendientes altas, manifestando fases de erosión activa de éstos. Los Abanicos se forman cuando el flujo llega a un sitio que manifiesta un fuerte quiebre de pendiente, por ejemplo la entrada a un valle plano, donde el agua torrencial comienza a perder su energía y acumula los materiales transportados abriéndose en forma de cono, valle adentro (ejemplo típico avalancha de Armero, 1985). Estos torrentes son los causantes de la disección de las montañas, formando cañones y valles en forma de V. La litología de estos depósitos está dada por cantos y bloques de diferentes tamaños, manifestando así la energía de transporte del cauce matriz soportados o clastosoportados, dependiendo de la cantidad de finos que haya logrado lavar las formaciones rocosas que está erodando. En Toquilla y el Cono de deyección del Río Olarte hacia el desaguadero, son los depósitos más representativos.

- **Depósitos Recientes (Qr).** Corresponden a aquellas depositaciones Holocénicas (últimos 10.000 años) resultado de las acumulaciones por remoción en masa, o de las acumulaciones residuales por degradación in situ de la roca. En general son depósitos desordenados, sin un mínimo rasgo de consolidación, fácilmente erodables.

### 2.1.1.2 Tectonismo

Las fallas y los pliegues son numerosos en la región hacia la cual está ubicado el Municipio de Aquitania controlando, por consiguiente, la disposición estructural, creando formas complejas que indican la intensa actividad tectónica que ha dado origen a la Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, a la cual pertenecen la Cuenca del Lago de Tota y sus alrededores (Irving, E, 1971).

Los principales plegamientos siguen un rumbo NE, al igual que los fallamientos inversos más representativos, mostrando una dirección de esfuerzos tectónicos al NW, de común acuerdo con el choque de la Placa Suramericana con las Placas de Nazca y del Caribe, durante los últimos 22 millones de años (Mioceno - Reciente), permitiendo así el levantamiento de la Cordillera de los Andes (Orogenia Andina), y dependiendo de la cantidad de presión ejercida por el choque, la resultante de la acción de los esfuerzos tectónicos y la competencia de la roca para absorber dichos esfuerzos, se presentará en mayor o menor grado fracturamiento o trituración de los macizos rocosos, que, en cierta forma, está condicionando la estabilidad de las laderas producto del modelamiento de las rocas por los agentes erosivos. La estructura

geológica, en general, consiste en una serie de pliegues con cabeceo de los ejes hacia el centro del Lago de Tota, dando el carácter de cuenca a toda el área.

### ■ Plegamientos

En general, las estructuras de plegamiento, Anticlinales y Sinclinales, siguen un rumbo NE, destacándose los siguientes:

- **Sinclinal de Santa Bárbara.** Ubicado en la vereda de Hirva, con núcleo de la Formaciones Fómeque y Areniscas de Las Juntas, apretado hacia el flanco occidental, con dirección 40° NE en su eje, presentando algunas variaciones por diferenciaciones en las propiedades mecánicas de las rocas que está afectando.

- **Anticlinal de Hirva.** Por el oriente es continuación del Sinclinal de Santa Bárbara, ubicado en la vereda de Hirva, plegando las rocas de la Formación Fómeque, y limitado al occidente por la Falla de Quebrada Honda. Sigue rumbo preferente 40°NE.

- **Anticlinal de Santa Bárbara.** Afecta las rocas de la Formación Areniscas de Las Juntas, con dirección preferente 40° NE. Ubicado en las Veredas de Hirva y Maravilla, mostrando variaciones en su eje y estructura apretada por replegamientos. Su longitud es de unos 20 km.

- **Sinclinal del Río Upía.** En su núcleo aparecen las rocas de la Formación Fómeque, seguidas concordantemente por las de la Formación Areniscas de las Juntas. La dirección de su eje es 50° NE variando hacia la parte más norte a 32° NE. Es observable en la Vereda de Maravilla.

- **Anticlinal de Río Upía.** Su eje es seguido por el Río Upía, erodando notablemente la estructura. La dirección preferente es al NE mostrando variaciones entre 30° y 60°. Afecta las rocas de las Formaciones Areniscas de Las Juntas y Fómeque. La relativa cercanía y paralelismo de ésta y las anteriores estructuras, muestran un elevado tectonismo y a la vez una pseudo plasticidad de las rocas para absorber las presiones deformándose en lugar de romperse por fallamiento.

- **Anticlinal de Barranco Amarillo.** Localizado en la parte oriental de la Vereda Toquilla, pliega rocas de la Formación Fómeque con una dirección de su eje de 66° NE, se prolonga hacia el Municipio de Labranzagrande es sus extremos norte y sur.

- **Sinclinal de Vado Hondo.** Es un sinclinal asimétrico con el flanco occidental bastante apretado por replegamiento observándose anticlinal y sinclinal sucesivos, con buzamientos oscilantes entre 15° y 30°. La dirección de su eje es de 49° NE en la parte sur, 70° NE hacia la parte central y hacia la parte norte termina con 33° NE. En su núcleo se encuentran las rocas de la Formación Une, observable en la Vereda Toquilla por los alrededores de Vado Hondo.

- **Anticlinal de La Colorada.** En su núcleo se encuentren las rocas de la Formación Lutitas de Macanal (límite Vereda Soriano - Municipio Labranzagrande) y de la Formación Areniscas de Las Juntas (Vereda Soriano) con una dirección preferente de

---

<sup>8</sup> REYES, Ítalo. *El Lago de Tota. Revista Perfiles. Año 5 No. 12, Acerías Paz de Río S.A.*

su eje de 22° NE. Por ambos flancos, los contactos de la Formación Areniscas de Las Juntas con la Formación Fómeque son concordantes, y a su vez, los de ésta con la Formación Une, encargada del aspecto escarpado en los Picos Romanza, El Campanario, El Oso y Las Mesas de la Vereda Soriano.

- **Sinclinal de Santa Inés.** Ubicado en las Veredas Cajón, Susacá y Hato Laguna, con dirección en su eje de 30° NE y cabeceo hacia el Lago de Tota. Su parte norte es cortada por la Falla Los Corales, variando su rumbo a 43°NE. Su núcleo muestra rocas de la Formación Socha Superior y la secuencia infrayacente hasta la Formación Conejo.

- **Anticlinal de Los Pozos.** Observable en las Veredas de Hato Laguna y Susacá, con rumbo de 22° NE y cabeceo hacia el Lago de Tota. Es cortado en su parte norte por la Falla de Costa Rica y en su costado occidental por la Falla Inversa de Hato Laguna. Su núcleo muestra rocas de la Formación Conejo suprayacidas concordantemente por las de la Formación Ermitaño.

- **Sinclinal de San Antonio.** Pliega las rocas de las Formaciones Conejo y Ermitaño, siguiendo una dirección de 32° NE. Su cabeceo es hacia el lago de Tota. Esta metido en medio de dos fallas normales: al oriente la de Aquitania y al occidente la de El Olarte. Observable en la Vereda Suse al sur del Lago de Tota.

- **Anticlinal de Zafarrancho.** Su núcleo es formado por las rocas de la Formación Fómeque, suprayacidas normalmente por las de la Formación Une. La dirección de su eje es 39° NE siendo cortado en su parte septentrional por la Falla de Cuítiva - Aquitania, al oriente por la Falla Inversa de Chivor y al Occidente por la Falla de Aquitania. Se puede encontrar en las Veredas de Tobal, Pérez, Daitó y Suse.

## ψ Fallamientos

La falla es una rotura en las rocas a lo largo de la cual ha tenido lugar movimiento perceptible. Por lo general, asociadas a una falla, es posible encontrar una serie de fracturamientos de las rocas que disminuyen su resistencia mecánica. Los fallamientos son muy importantes ya que muestran el comportamiento de los esfuerzos tectónicos, y a la vez, las elevadas magnitudes de estos esfuerzos para romper los macizos rocosos.

- **Falla de Cuítiva - Aquitania.** Falla de desplazamiento de rumbo con movimiento relativo dextral. Su rumbo es de 63° NW, atravesando el Lago de Tota y cruzado por debajo del asentamiento urbano del Municipio de Aquitania. Esta falla transversal hubo de representar un papel muy importante en la formación del Lago de Tota, actuando como controlador morfológico y estructural.

- **Falla de Costa Rica.** Falla de desplazamiento de rumbo de movimiento relativo dextral. Sigue un rumbo de 80° NE pasando la Vereda de Hato Laguna, afectando las rocas de las Formaciones Conejo, Ermitaño, Guaduas y Socha Inferior.

- **Falla de Hato Laguna.** Falla inversa que monta el Cretácico Superior sobre el Terciario, con rumbo 42° NE en la vereda de Hato Laguna, cubierta por el Lago de Tota

al occidente de la Península de Susacá. Es cortada por la Falla de Costa Rica siendo, por consiguiente, más antigua que ésta, evidenciando una tectónica compresiva.

- **Falla Los Corales.** De tipo normal, cortando al sinclinal de Santa Inés, acuñándose hacia el norte con la Falla de Cerro Viejo, mostrando una alta complejidad tectónica en el sector NE de la Vereda Hato Laguna. Sigue un rumbo de 67° NE, clavándose en el Lago de Tota con un rumbo de 25° NE en su parte sur. Es una falla local.

- **Falla de Cerro Viejo.** Sigue un rumbo EW en la Vereda Hato Laguna. Corta las Rocas de las Formaciones Conejo, Ermitaño, Guaduas y Socha Inferior y Superior. Al igual que la de Los Corales, es de tipo normal, manifestando una complejidad tectónica marcada. Es una falla local.

- **Falla de Aquitania.** Es una falla normal, de buena extensión (pudiéndose decir que es falla regional) que pone en contacto el Cretácico Inferior con el Cretácico Superior. Tiene un rumbo de 35° NE buzando al oeste. En general, junta las rocas de la Formación Une con las de la Formación Conejo. Hubo tenido mucha importancia en la formación del Lago de Tota ya que debido a la caída gravitatoria facilitó la formación de un graben o cavidad en donde fue posible la acumulación de la masa de agua. Cruza las veredas de Suse, Daitó, Pérez y Hato Viejo y el casco urbano de Aquitania, de ahí la derivación de su nombre. Es una falla local.

- **Falla de Chivor.** De continuidad regional, esta falla inversa pone en contacto rocas del Cretácico Inferior entre sí. Lleva un rumbo de 39° NE, buzando al Oriente. Manifiesta una tectónica compresiva de levanta-miento de montaña, representando un papel importante en el control del drenaje superficial. Se puede detectar en las veredas de Suse y Sisvaca.

- **Falla del Desaguadero.** Falla de tipo normal con rumbo 30°NW buzando al oriente. Pone en contacto las rocas de las formaciones Une y Fómeque, y es la responsable del curso del río desaguadero, observable en la Vereda Daitó.

- **Falla de Quebrada Honda.** Falla normal de rumbo 25° NE, poniendo en contacto rocas de las Formaciones Fómeque y Areniscas de Las Juntas. Marca el cauce de la Quebrada Honda en la Vereda de Hirva. Su buzamiento está dado al oriente, facilitando la exposición de las Areniscas de Las Juntas. Es una falla local.

## g **Síntesis**

En general, los plegamientos y fallamientos son el resultado de una serie de esfuerzos tectónicos actuantes durante la orogenia andina (últimos 22 ma). Los ejes de los sinclinales y anticlinales siguen un rumbo NE, al igual que las fallas inversas, tomando la directriz tectónica, mostrando que la dirección de los ya mencionados esfuerzos tectónicos compresivos es, en promedio, de 45° NW, que sería en general la dirección de las fallas de desplazamiento de rumbo. Las fallas normales se dan por la carga gravitatoria de la roca, obedeciendo a un alargamiento de corteza terrestre por fuerzas distensivas, generando en muchos casos fosas tectónicas que facilitan la formación de grandes lagos como el de Tota. Las complicaciones tectónicas locales son el resultado de la interacción de muchos esfuerzos de resistividad o de deformabilidad, dando como efecto una notable variación en la resultante de dichos esfuerzos tanto en

magnitud como en dirección. Dicho sea de paso que una roca sometida a tal cantidad de esfuerzos durante mucho tiempo, es vulnerable a la erodabilidad y por ende a la inestabilidad de las laderas que está formando. Cabe aclarar que este último no es un caso definitivo de inestabilidad ya que siempre van a influir otros factores, tanto geológicos como climáticos.

## **2.1.2 Geomorfología**

Las manifestaciones morfológicas del Municipio de Aquitania (Ver Mapa 2 Geomorfología) están condicionadas por la acción del clima y del paleoclima a partir del momento del levantamiento de los Andes Colombianos, especialmente desde finales del Terciario (último 3,5 millones de años).

A partir del Pleistoceno (1,8 ma) la estructura geológica es ya la definitiva y los eventos geomorfológicos actúan dejando evidencias importantes. Son claras las manifestaciones del último periodo glacial en los depósitos morrénicos y los limos típicos presentes en todo el perímetro del Lago de Tota<sup>9</sup>.

### **2.1.2.1 Unidad Geomorfológica de Modelamiento Glacial y Periglacial**

Este modelamiento resulta de la acción de los glaciares o masas de hielo formadas por la cristalización de la nieve, que fluye o ha fluido alguna vez en el pasado, bajo la influencia de la gravedad. Son fácilmente distinguibles el modelamiento glacial y las formas periglaciales (del perímetro glaciar) en las Veredas de Toquilla y Soriano, al norte del municipio de Aquitania.

Inicialmente, a finales del Plesitoceno, los glaciares se encontraban restringidos a los valles de río. Usualmente estos glaciares eran alimentados por un circo, es decir, por una depresión de paredes escarpadas o empinadas en la ladera de una montaña a gran elevación, formada por el arranque glaciar y por la acción de las heladas, que toma la forma de medio tazón o anfiteatro. Estos circos sirvieron como el principal sitio de acumulación del hielo en los glaciares de montaña.

Los bloques de roca arrancados por el glaciar, y los fragmentos resultantes del pulimento del arrastre del hielo, han sido transportados por éste, acumulándose en forma de morrenas laterales (en los lados del glaciar), medianas (en la unión de dos glaciares en el mismo valle) y/o terminales (extremo inferior del glaciar, cuando el hielo se derrite), formando los *Depósitos Glaciales (Qg)*, no sin antes haber labrado artesas glaciarias o depresiones alargadas formadas por el paso de la masa de hielo.

En general, morfométricamente se presenta una serie de circos, crestas (formadas por dos artesas paralelas), agujas (formadas por la unión de varios circos, manifestándose como grandes picos) y artesas glaciarias, resultantes de la acción del hielo como agente erosivo sobre la roca.

En Toquilla y Soriano, las lenguas glaciarias tomaron dirección hacia el valle del Río Cusiana (antes un lago), dejando a su paso pequeños lagos excavados (aún hoy

---

<sup>9</sup> REYES, Ítalo. *El Lago de Tota. Revista Perfiles. Año 5 No. 12, Acerías Paz de Río S.A.*



existentes), las geoformas ya mencionadas y depositaciones que, con seguridad, han sido erodadas para continuar con el ciclo erosivo, por la acción fluviotorrencial que ahora se está presentando.

Las formas periglaciales están dadas por la acción del agua de fusión en un modelamiento fluvio-glaciar reflejado en las depositaciones algo estratificadas, con clastos desordenados.

El resultado final de este modelamiento se refleja en acumulaciones correspondientes a Formaciones Superficiales de tipo Morrénico y Fluvio-glacial donde el hielo es el principal medio de transporte de los clastos y, sobre todo, el responsable de las geoformas glaciales atrás descritas.

### **2.1.2.2 Unidad Geomorfológica de Control Estructural**

Corresponde a la cuenca hidrográfica del Lago de Tota, cuyas evidencias morfológicas indican una evolución compleja del lago durante el Cuaternario, a juzgar por los cambios ocurridos en el sector del Desaguadero. Aquí se observa el cono de deyección del Río Olarte causante del represamiento de las aguas y responsable de la estabilidad del sistema fluvial del Desaguadero (Pleistoceno Inferior - 1,4 ma). El nivel de las aguas del lago alcanza los 30 m sobre el nivel actual y se mantiene por largo tiempo (todo el Pleistoceno) con aumentos temporales debidos a la actividad de los glaciares. En el Tardiglacial la actividad erosiva del Río Desaguadero causa el descenso de las aguas del lago a dos niveles sucesivos: uno de + 5 m y otro de + 2 m sobre el nivel actual<sup>10</sup>.

La acción tectónica ha controlado el modelamiento de esta cuenca, ya que son numerosos los pliegues y las fallas allí presentes. La serie de fallamientos normales que hubieron originado una fosa y el cabeceo de los ejes de los plegamientos hacia el Lago de Tota, comenzaron a dar entonces un cambio geomorfológico, que si se le agrega un veloz represamiento por la depositación del Desaguadero, transforma definitivamente la situación morfológica de fluvial a lacustre, de una fase de activa erosión a una tranquila sedimentación.

En esta unidad, es posible observar largas pendientes estructurales hacia el costado oriental, crestas monoclinales hacia el lado norte, lineamientos del drenaje, escarpes, estructuras en espinazo y otras cuantas geoformas de origen tectónico que dejan ver que a pesar de actuar corrientes torrenciales, el modelamiento esta siendo controlado sobre todo por el armazón geológico.

**2.1.2.3 Unidad Geomorfológica de Disección de Montaña.** Corresponde a la cabecera del gran sistema fluvial del Río Upía, marcada por la actividad erosiva intensa al lograr romper el umbral de la cuenca del Lago de Tota por el sector sur abriéndose paso a través de importantes fracturas en las areniscas de la Formación Une<sup>11</sup>.

Esta etapa erosiva se ha manifestado por un ahondamiento del cañón del

---

<sup>10</sup> REYES, Ítalo. *Op. Cit.*

<sup>11</sup> REYES, Ítalo. *Op. Cit.*

Upía hasta alcanzar los máximos desniveles, hoy observables, con respecto a las crestas de divisorias. Así las pendientes resultantes son bastante elevadas para las formaciones de roca dura, mientras las formaciones arcillosas han sido atacadas con mayor rapidez por la erosión torrencial, moldeando valles paralelos al rumbo principal de las estructuras geológicas (rumbo NE) que desaguan a través de gargantas profundas excavadas en zonas de intensa fracturación.

Tanto es así que en esta unidad morfológica se han venido presentando movimientos en masa y avalanchas, fruto de la intensa actividad erosiva. Es fácil encontrar en la Vereda de Sisvaca una serie de fenómenos de remoción en masa tales como reptaciones de laderas y deslizamientos activos, debidos justamente a las características litológicas ya que éstas representan un papel importante frente a las condiciones climáticas actuales que controlan los procesos exógenos de meteorización, responsables de la evolución del relieve: las rocas arcillolíticas (Formación Fómeque) se den con mayor facilidad a la erodabilidad.

Por otro lado, las avalanchas son el resultado de crecidas súbitas de los torrentes de agua que, sumadas a las altas pendientes de sus cursos por concurrir lateralmente al desague principal, intensifican el desgaste de los suelos y las rocas, arrastrando bloques, clastos y cantos formando depósitos por flujo de escombros de roca, algunas veces embebidos en matrices de lodo. Por su alta pendiente, estos depósitos son poco extensos, así que a la escala de trabajo (1:25.000) no logran ser cartografiados, sin embargo, se pueden observar en las Veredas de Sisvaca, Maravilla, Mombita y parte de Suse.

Los Depósitos de Coluvión (Qc) muchas veces son el resultado de antiguos movimientos de masa, que ya se encuentran estabilizados, pero que pueden volver a sufrir movimiento dependiendo del ataque de la erosión fluviotorrencial que en su momento se presente. Estos depósitos se pueden encontrar en las Veredas de Mombita y Sisvaca.

El ciclo erosivo empieza con el levantamiento del terreno, los ríos disectan las montañas modelando valles, colinas, escarpes, cuevas y otros sinnúmero de formas del relieve. Al final del ciclo los montes están desgastados y queda un plano nivelado: una penillanura. Esta unidad geomorfológica se encuentra en el estado de disección de montaña, buscando desgastarlas para llegar a fase final del ciclo lo que obviamente aún está lejos de suceder.

### **2.1.3 Amenaza Sísmica**

Debido a que la Red Sismológica Nacional del INGEOMINAS no tiene estaciones cerca del municipio de Aquitania, la información existente sobre la actividad sísmica es escasa. Sin embargo, se puede afirmar que la causa de los temblores y terremotos en el Departamento de Boyacá obedece al sistema de fallas del pie de monte llanero, que cruzan cierta parte de su territorio, en dirección NE. Estas fallas son de tipo inverso, lo que podría estar generando actualmente grandes presiones internas por lo que se pueden considerar como potencialmente activas, redundando en amenaza alta por temblores de tierra, mucho más cuanto que Aquitania se encuentra ubicado, según el Mapa de Zonas de Riesgo Sísmico en Colombia, en Alto Riesgo.



## **2.1.4 Amenazas Geológicas**

### **2.1.4.1 Metodología para la Evaluación de Amenazas Geológicas**

Para evaluar las amenazas por movimientos en masa, socavación y demás procesos denudativos que pudiesen constituir un tipo de amenaza se tuvieron en cuenta criterios tomados de la metodología utilizada por la Unidad de Atención y Prevención de Desastres de Cundinamarca para la Evaluación Ambiental de Amenazas naturales en este departamento. La metodología se basa en un análisis estadístico que busca establecer la distribución de frecuencia relativa o porcentual de cada tipo de amenaza frente a cada una de las variables contempladas, obteniéndose así una distribución de probabilidad empírica en la cual las probabilidades se reemplazan por frecuencias relativas. Para tal fin se tuvieron en cuenta las siguientes variables ambientales: Pendientes topográficas, rangos de precipitación hídrica, litología, orden de las cuencas hidrográficas y pendientes medias de los cauces fueron codificadas y cartografiadas a fin de lograr la valoración antes planteada en la metodología. En cuanto a las amenazas se tuvieron en cuenta los siguientes procesos:

- Deslizamientos (MM)
- Avenidas (AV)
- Caídas de Rocas (CR)
- Procesos erosivos severos (CE)
- Socavamiento (S)
- Reptación o Soliflujión (R)

### **2.1.4.2 Evaluación de Eventos**

A partir del análisis planteado se procedió a establecer la distribución porcentual en rangos definidos como alta media y baja frecuencia para lo cual se realizó una extrapolación de probabilidad de ocurrencia de los fenómenos, a las áreas definidas a través de la integración temática de las variables contempladas, cuya representación se puede observar en el plano de amenazas geológicas. Para obtener los rangos de alta, media y baja frecuencia se estableció el promedio aritmético como medida de centralización o valor típico promedio de los valores y la desviación estándar o típica, como medida de dispersión o variación alrededor del promedio esta nos proporciona un mínimo de 50% de contabilidad en el análisis.

### **2.1.4.3 Análisis de Grados de Susceptibilidad Ambiental a la Ocurrencia de Amenazas Geológicas**

Para establecer las zonas de susceptibilidad ambiental a la ocurrencia de amenazas se tuvo en cuenta los siguientes aspectos :

1. Definición de áreas con modelado glaciar debido a que estas áreas son consideradas aparentemente estables luego no presentan fenómenos de carácter amenazante. Estas áreas fueron delimitadas aproximadamente en el plano geomorfológico.

2. Utilización de cinco variables ambientales a saber. Precipitación, Litología, pendiente del terreno, ordenes 2,3 de cuencas de drenaje , pendiente media del cauce de las cuencas contempladas .
3. Establecimiento de tres rangos para cada variable ambiental (alto, medio y bajo) de acuerdo con la frecuencia de amenazas ocurridas frente a cada una de ellas (análisis estadístico).
4. Selección de las variables ambientales teniendo en cuenta los criterios geológicos más ampliamente identificados como factores detonantes de amenazas naturales. A cada una de estas se adjudicó igual importancia o peso.

#### **2.1.4.4 Generación de Unidades de Terreno**

Se utilizó un método semicuantitativo y cualitativo para la determinación zonas con alto, medio y baja susceptibilidad ambiental ante la ocurrencia de determinado tipo de amenaza. La delimitación de las unidades de terreno se estableció teniendo en cuenta el análisis estadístico mencionado anteriormente, lo anterior condujo a retener un número de variables en cada rango de la siendo necesario establecer el grado de susceptibilidad de la siguiente forma:

1. Tres o más variables ambientales dentro del rango de alta frecuencia para determinar zonas de amenaza en alto grado.
2. Menos de tres variables, clasificadas dentro del rango de alta frecuencia y mas de tres variables dentro del rango de frecuencia media dan como resultado el establecimiento de zonas de grado medio a amenazas.
3. Menos de tres variables clasificadas dentro del rango de frecuencia medio y mas de tres variables dentro del rango de frecuencia baja dan como resultado una zona de susceptibilidad baja.
4. Todas las variables en rango de frecuencia baja o zonas de modelado Glaciar generan zonas de susceptibilidad baja.

Las unidades generadas a partir de los anteriores criterios representan el grado de susceptibilidad a la ocurrencia de amenazas con diferente grado. Es importante anotar que las áreas relativamente estables son aquellas en donde no se tienen mayores evidencias sobre la manifestación de amenazas, lo cual no descarta del todo la posibilidad de que se presenten allí algún tipo de amenaza. Una vez organizada y evaluada toda la información a la luz de las anteriores condiciones se obtuvo el Plano de susceptibilidad ambiental a la ocurrencia de amenazas (plano de amenazas geológicas).

#### **2.1.4.5 Evaluación Ambiental de Amenazas**

La superposición de los análisis de frecuencia obtenidos frente a cada variable permitieron la delimitación espacial de las zonas de alta , media y baja frecuencia. A continuación se muestra los resultados obtenidos mediante la aplicación de los procedimientos antes descritos.

- **Localización.** Mediante las visitas de campo y fotointerpretación se identificaron 60 amenazas las cuales se sometieron al análisis de frecuencia encontrándose que los deslizamientos son la amenaza mas frecuente seguida de los procesos de socavación, erosión severa, avenidas, caída de rocas y finalmente reptación (ver Tabla No. 1).

- **Variables Ambientales**

☛ **Precipitación.** Para evaluar esta variable se realizó el Plano de Isoyetas y se establecieron los rangos de precipitación teniendo en cuenta intervalos de precipitación cada 500mm que se adoptaron desde los 500mm hasta los 3000mm, valores de precipitación extremos registrados para el Municipio de Aquitania.

**TABLA No. 1: NÚMERO DE AMENAZAS LOCALIZADAS**

TIPO DE AMENAZA	NUMERO	PORCENTAJE
Deslizamiento (MM)	26	43.33
Caída de Rocas (CR)	8	13.33
Avenidas (AV)	7	11,66
Socavamiento (S)	7	11,66
Reptación - Terracetas ( R)	3	5
Procesos de erosión severos (CE)	9	15
Total	60	100%

Fuente: EOT Aquitania. 1.998

Según el análisis de frecuencia, la mayor cantidad de amenazas se concentra en sectores con el intervalo de precipitación comprendido entre los 1500- 2000 mm. En los demás intervalos se presenta una frecuencia media a amenazas como se puede observar las tablas 2 y 3 y en la figura 1, los resultados de frecuencia nos permiten establecer que la mayoría de reportes de avalanchas y reptación se presentan en él los intervalos comprendidos entre 1000 - 1500 mm y 1500- 2000 mm de precipitación, mientras que los fenómenos erosivos presentan alta frecuencia aunque indiferentemente en cualquier rango de precipitación. La frecuencia de las amenazas contempladas frente a los rangos establecidos no son directamente proporcionales, por tanto se infiere que hay otras variables ambientales que interactúan en los procesos denudativos que constituyen amenaza (Ver mapa 3 Amenazas).

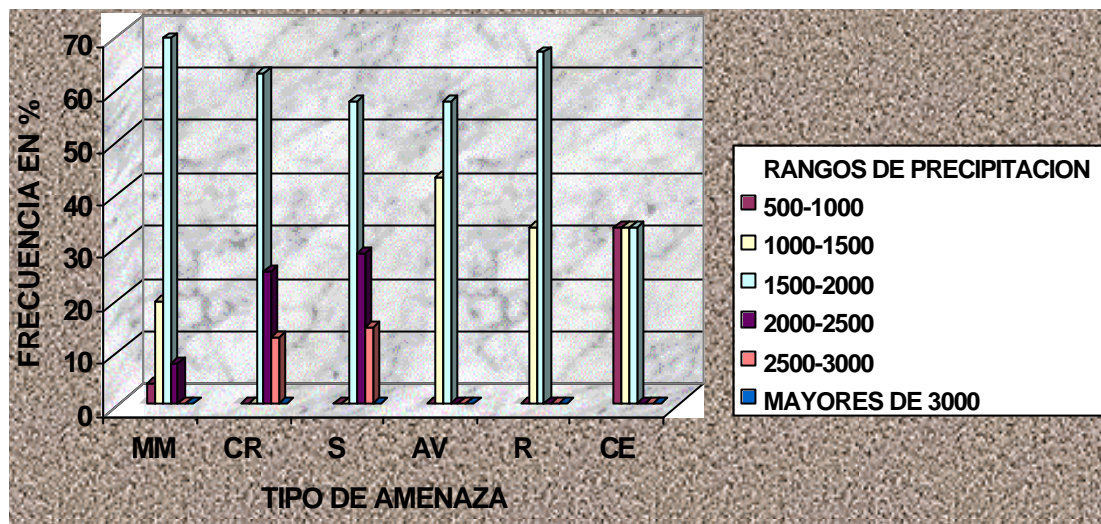
**TABLA No. 2: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE FRECUENCIA CON RELACIÓN A LA PRECIPITACIÓN**

RANGOS DE PRECIPITACION	MM	CR	S	AV	R	CE
500- 1000	3,84	0	0	0	0	33,333
1000-1500	19,23	0	0	42,85	33,33	33,33
1500-2000	69,2	62,5	57,14	57,14	66,66	33,33
2000-2500	7,69	25	28,57	0	0	0
2500-3000	0	12,5	14,28	0	0	0
MAYORES DE 3000	0	0	0	0	0	0
PROMEDIO	19,99	20	20	20	20	20
DESVIACION ESTANDAR	25,43	23,18	21,38	24,91	26,66	16,33
PROMEDIO + DESVIACION ESTANDAR	45,42	43,18	41,38	44,9	46,66	36,33
PROMEDIO - DESVIACION ESTANDAR	-5,44	-3,18	-1,38	-4,91	-6,67	3,67

Fuente: E.O.T. Aquitania, 1998.



**FIGURA No. 1: DISTRIBUCIÓN PORCENTUAL DE AMENAZAS VARIABLE PRECIPITACIÓN**



**TABLA No. 3: DISTRIBUCIÓN DE AMENAZA CON RELACIÓN A LOS RANGOS DE PRECIPITACIÓN**

RANGOS DE PRECIPITACION	DISTRIBUCION DE AMENAZA			
	TIPO DE AMENAZA	Alto	Medio	Bajo
Deslizamiento (MM)		1500-2000	1000-1500, 500-1000, 2000-2500.	
Caída de Rocas (CR)		1500-2000	2000-2500, 2500-3000	500- 1000
Socavamiento (S)		1500-2000	2000-2500, 2500-3000	500- 1000, 1000-1500
Avenidas (AV)		1500-2000	1000-1500	500- 1000, 2000-2500, 2500-3000
Reptación (R)		1500-2000	1000-1500	500- 1000, 2000-2500, 2500-3000
Procesos de Erosión Severos (CE)			500-1000, 1000-1500, 1500-2000	2000-2500, 2500-3000,

Fuente: E.O.T. Aquitania, 1998.

- **Geología.** En la región, como ya se describió, afloran rocas de edad cretácea, terciaria y depósitos recientes. La variedad litológica de las rocas y depósitos supone diversas composiciones y propiedades físicas que redundan en una mayor o menor susceptibilidad a presentar amenazas. De los análisis de frecuencia realizados en el municipio se encontró que en general todos los tipos de amenazas contemplados se presentan en la formación Fómeque, en alta frecuencia, es así como deslizamientos, caída de rocas, socavamientos, avenidas y procesos de reptación se presentan en esta formación con frecuencias que oscilan entre 30 y 100%, que se encuentran dentro del rango de alta frecuencia; la Formación Une presenta alta frecuencia también con respecto a deslizamientos, caída de rocas y procesos de erosión severos que varían entre el 30 - 40%. Como podemos ver, todos los fenómenos de avalanchas y reptación

se presentan en la formación Fómeque que sólo en los depósitos fluvio-glaciares se presentan procesos erosivos o de socavación con frecuencias que están dentro del rango medio; esto quiere decir que no superan el 20% de frecuencia con respecto a los casos reportados. La ubicación de las formaciones con alta, media y baja frecuencia se pueden observar en el Plano Geológico.

Aunque la dinámica del sector continuará hasta que se logre una condición de equilibrio se puede mitigar los efectos incrementando la cobertura vegetal.

### ✎ **Movimientos en Masa**

Según Sharpe (1.938), los movimientos o remociones en masa están relacionados con los siguientes factores:

- a. Factores litológicos, es decir, con los tipos de rocas que en función de sus componentes minerales, textura, y estructura pueden actuar como superficies de resbalamiento o deslizamiento.
- b. Factores estratigráficos. Se dan cuando las rocas están dispuestas en capas de diferente dureza y permeabilidad. Esto es característico en las rocas sedimentarias predominantes en el municipio de Aquitania.
- c. Factores estructurales como abundancia de fallas, diaclasas y buzamiento o inclinación de las capas. El área municipal presenta muchas fallas geológicas.
- d. Factores topográficos ligados con pendientes fuertes o escarpes verticales.
- e. Factores climáticos relacionados con cambios de temperatura y abundante precipitación; en la zona sur ( zona de Sisvaca ) se presume alta precipitación dadas la características de la vegetación.
- f. Factores orgánicos. La zona de páramo está bastante descubierta de vegetación lo que permite la penetración fácil del agua en las grietas generadas por las fracturas de las rocas.

Si se correlacionan los anteriores factores se concluye que la zona sur, más húmeda, es la más susceptible a movimientos en masa lentos y rápidos. Los movimientos en masa lentos que predominan en el municipio son del tipo reptación o soliflucción, especialmente importantes de la quebrada de Sisvaca hacia el sur. Este proceso se representa como **S** en el mapa. Se observan movimientos rápidos en el sector, tales como deslizamientos o desplazamientos rápidos de materiales de diferentes tamaños pendiente abajo y representados en el mapa como **D**.

Los diferentes grados en que cada tipo de movimiento en masa o erosión se presentan y se indican con un número arábigo colocado después de la letra del proceso o tipo de erosión. Se expresan con las siguientes equivalencias:

1. Grado ligero.
2. Grado moderado.
3. Grado severo.

#### 4. Grado muy severo.

En cuanto a la erosión propiamente dicha se presenta en la zona norte del municipio que ha sido privada de vegetación arbórea para dedicarlo al uso agrícola y pecuario, base de la economía de la región. El sector Norte es más seco y por ello la acción erosiva de las lluvias es mayor ya que predomina el relieve de pendientes fuertes lo cual influye en la mayor velocidad del agua de escorrentía. La erosión hídrica por escorrentía difusa (**E**) o concentrada (**C**) se torna más importante en el municipio en vista de la mala distribución de la lluvia, la cual ha cambiado en los últimos 5 años del esquema bimodal a monomodal lo cual quiere decir que hay sequías por periodos largos de tiempo.

A lo anterior se suma el hecho de que en el sector domina el uso agrícola de cultivos limpios ( papa, cebolla, arveja, maíz ) lo cual favorece el escurrimiento del agua por la pendiente con la consiguiente pérdida de partículas empujadas por el agua pendiente abajo. En el municipio de Aquitania se presentan dos formas de erosión por escorrentía y otra por el uso del suelo. En el primer caso el agua que escurre por la pendiente abajo lo hace en forma de láminas de agua que se dispersan por la superficie produciendo la erosión laminar o el lavaje en mantos; se representa por **E** en el mapa, o se concentra en surcos o cárcavas; se representa por la letra **C**. El uso del suelo con ganadería en zonas de pendiente genera la erosión que se conoce como “patas de vaca” porque se genera por el pisoteo del ganado; se representa por la letra **P** en el mapa.

En la erosión acelerada o antrópica juega un papel muy importante el clima, principalmente por la intensidad de las lluvias. Las lluvias intensas no permiten almacenamiento de agua por cuanto no alcanza a penetrar en el suelo y gran parte se pierde por escorrentía; en la medida que es mayor la cantidad de agua que escurre, es también más fuerte el proceso erosivo por el transporte de sedimentos mayor. Este aspecto es muy evidente en Aquitania en las laderas que drenan al lago de Tota, sitio a donde van a depositarse las partículas de suelo arrancadas de las lomas vecinas, y en el sector de Toquilla, cuenca del río Cusiana.

En cuanto a la erosión por el pisoteo del ganado ésta es más fuerte cuando hay más humedad en la masa de suelo y las laderas son susceptibles a movimiento en masa. Con base en los anteriores conceptos se delimitaron las siguientes unidades:

N.- Zonas sin erosión o con erosión ligera por cualquier proceso como rasgo natural de erosión.

E1. - Zonas con erosión laminar ligera. Se da en áreas de reciente colonización o de pendientes relativamente leves; puede presentarse en pendientes de 12 - 25% cuando los suelos tienen buena estructuración y contenidos de materia orgánica.

E2. - Zonas con erosión laminar moderada. Frecuente en las laderas próximas a la laguna.

E3. - Zonas con erosión laminar severa; la pendiente es fuerte y los suelos poco permeables.

- S1. - Zonas con movimientos en masa lentos de tipo reptación o solifluxión.
- E2C1. - Zonas con erosión laminar moderada asociada a formación de algunas cárcavas.
- E2S1. - Zonas con erosión laminar moderada asociada a movimientos en masa ligeros.
- E2S1P1. - Zonas con erosión laminar moderada asociada a algunos movimientos en masa lentos y la formación de una red poco densa de terracetas debidas al pisoteo del ganado.
- E3C1. - Zonas de fuerte pendiente, erosión severa de tipo laminar con formación de pocas cárcavas.
- C1E1. - Zonas con erosión ligera de tipo laminar o cárcavas.
- C2E2. - Zonas con erosión moderada en cárcavas y de tipo laminar o lavaje en mantos.
- P1E1. - Zonas con erosión ligera por pisoteo del ganado o de tipo laminar.
- P2S1. - Zonas con red densa de terracetas y algunos movimientos en masa.
- P2E2. - Zonas con red densa de terracetas y erosión laminar moderada.
- P2E1. - Zonas con red densa de terracetas y erosión laminar ligera.
- P2E2S1. - Zonas con red densa de terracetas, erosión laminar moderada y algunos movimientos en masa de tipo lento.
- S1E1. - Zonas con movimientos en masa lentos localizados y erosión laminar ligera.
- S1P1. - Zonas con movimientos en masa lentos localizado y red poco densa de terracetas.
- S1P1E1. - Zonas con movimientos en masa lentos localizados, red poco densa de terracetas y erosión laminar ligera.
- S2P1. - Zonas con movimientos en masa lentos regularmente distribuidos en el área delimitada, red poco densa de terracetas.
- S2P2. - Zonas con movimientos en masa lentos regularmente distribuidos y red densa de terracetas.
- S2P2D1. - Zonas con movimientos en masa lentos regularmente distribuidos, red densa de terracetas y deslizamientos o derrumbes localizados.
- S2D1. - Zonas con movimientos en masa lentos regularmente distribuidos y derrumbes localizados.



S2P2E1. - Zonas con movimientos en masa lentos regularmente distribuidos, red densa de terracetas y erosión laminar ligera.

S2P1E1. - Zonas con movimientos en masa lentos regularmente distribuidos, red poco densa de terracetas y erosión laminar ligera.

S3D1. - Zonas con movimientos en masa lentos generalizados en el área y algunas evidencias de derrumbes.

S3D2. - Zonas con movimientos en masa lentos generalizados en el área y frecuentes derrumbes.

Es importante aquí recalcar que cuando en una unidad se evidencian varios procesos, la primera letra corresponde al proceso más difícil de controlar y la última al más fácil; del mismo modo, cuando hay diferente grado el proceso que presente el mayor grado se coloca primero.

#### **2.1.4.6 Descripción de las Zonas Críticas**

‡ **Sector de Sisvaca.** El área de Sisvaca ubicada en entre las coordenadas: X= 12.085.400 – 1.086.200 y Y = 1.126.600 – 1.129.200 sobre la cuenca del río Upía se encuentra afectada por un deslizamiento de gran magnitud cuya corona se encuentra ubicada sobre los 2250 m.s.n.m. y su pata o base se extiende hasta los 2650 m.s.n.m. los que le da una diferencia de altura al terreno inestable de 400 m, la pendiente media del sector de la corona es de 25% ( 12° ) y en el pie del deslizamiento la pendiente aumenta considerablemente llegando al 70%. El fenómeno de inestabilidad abarca un área de 79 hectáreas, con una longitud de 3000 m, un ancho promedio de 250 m. El volumen de material que involucra es de aproximadamente 13.669.377 m³. En la cabeza del deslizamiento, existe un escarpe conformado por un banco de lutitas con un salto de 35 m de espesor. En este sector (que constituye la parte superior del movimiento) los materiales se desplazan en dirección 50° N-E y se extienden por 620 m, cambiando de hacia la cota 2500 m.s.n.m. Por la parte intermedia del deslizamiento comprendida entre la cota 2500 m.s.n.m. y 2380 m.s.n.m. se encuentra la vía interveredal y una serie de lagunas. Por último el sector inferior del movimiento comprendido entre las cotas 2.380 y 2250 m.s.n.m. presenta un cambio de pendiente significativo, en el cual se forma un escarpe de aproximadamente 40m, el área inferior del deslizamiento ocupa un área de 600m² y termina en la parte inferior en una superficie relativamente plana sobre la Quebrada Sisvaca.

El movimiento afecta las lagunas ubicadas en el sector y está controlado topográficamente en el flanco izquierdo por un afloramiento de limolitas las cuales se encuentran alineadas en el sentido del movimiento, el flanco derecho está limitado por depósitos de deslizamientos anteriores y afloramientos menores de limolitas.

Las características del movimiento lo clasifican como un movimiento complejo con una superficie de ruptura compuesta, la cual es de forma semicircular hacia la corona y planar hacia la parte media e inferior de la zona inestable. Debido a la extensión del movimiento es mayor la longitud del movimiento que la profundidad.

Las causas probables del movimiento se le pueden atribuir a la acción conjugada de flujos de agua subterránea y superficial y a la presencia en el sector de antiguos depósitos de coluvión y lutitas que se saturan y meteorizan fácilmente ante la presencia del agua. La saturación de los materiales del depósito probablemente generó la pérdida de resistencia de éstos a tal punto que las condiciones de equilibrio se perdieron y se generó entonces el flujo no solo de los materiales del depósito coluvial, sino de los niveles de lutitas sobre los cuales yacían éstos. Posterior a este primer evento la infiltración en los materiales removidos se intensificó facilitándose así la generación de posteriores movimientos que cobrarían las dimensiones actuales.

Los elementos afectados durante el primer evento de inestabilidad fueron 9 viviendas del sector, la escuela y la capilla que se encontraban allí, las posteriores reactivaciones del sector afectaron a 24 familias arrojando así un promedio de 90 personas afectadas por el proceso de inestabilidad. Actualmente en el caso de una fuerte reactivación del movimiento únicamente resultaría afectada la vía Mombita - Aquitania, las líneas de conducción del agua, el puente antiguo de Sisvaca y áreas agrícolas.

Para disminuir la vulnerabilidad de los elementos expuestos a la amenaza descrita, estudios realizados en el sector<sup>12</sup> proponen enfocar las medidas correctivas esencialmente al control de la escorrentía superficial y subsuperficial, lo cual busca reducir los esfuerzos de cizalladura y aumentar la resistencia al corte de los materiales involucrados en el movimiento, pues se lograría de esta manera un incremento de las condiciones de estabilidad.

Lo anterior se lograría evitando la entrada de aguas a través de la quebrada Las Lagunas y controlando la escorrentía superficial de pequeños canales naturales que se encuentran en el sector. Las posibles alternativas para lograr el control de las aguas en la zona (según estudios realizados en el sector<sup>13</sup>) son: la desviación o canalización de la quebrada Las lagunas, la construcción de zanjas de coronación impermeabilizadas las cuales se deben ubicar en el flanco derecho del movimiento entre las cotas 2675 y 2350 m.s.n.m. con una longitud aproximada de 1000m procurando conducir las aguas captadas al cauce de la quebrada el Arrayán, se plantea también el secado de las lagunas de la zona medida que en caso de ejecutarse se debe realizar teniendo en cuenta la lenta evacuación del agua evitando así que se produzcan descargas súbitas que causen el colapsamiento de los materiales. Sin embargo las medidas planteadas no garantizan la estabilidad total del sector y representarían altos costos de inversión que realmente no se justificarían teniendo en cuenta que el sector actualmente no tiene un gran número de elementos expuestos a la amenaza por tanto las medidas para tratar el problema se deben enfocar las medidas a proteger la zona evitando al máximo cualquier intervención en la zona e incrementando la cobertura vegetal con lo cual se conseguiría evitar la propagación del proceso de inestabilidad.

☞ **Sector Toquilla - Labranza Grande:** El sector afectado por problemas de inestabilidad se encuentra ubicado en la parte Sur - Oriental de la vereda

---

<sup>12</sup> AGUIRRE, Aguirre Ever Armando. *Análisis de estabilidad deslizamiento de Sisvaca*. Tesis de grado. 1.996.

<sup>13</sup> AGUIRRE, Aguirre Ever Armando. *Análisis de estabilidad deslizamiento de Sisvaca*. Tesis de grado. 1.996.

denominada Toquilla entre las coordenadas. X= 1.099.000 – 1.105.000 y Y=1.144.000-1.150.000. entre las cotas 3000 y 2700 m.s.n.m.. Predominan rocas de la formaciones Une, Fômeque y algunos depósitos coluviales y Glaciar, el área afectada por problemas de inestabilidad se limita a una franja de 1.750 m sobre los taludes de la vía que de Aquitania conduce al municipio de Pajarito la cual se trazó paralela al curso del río Cusiana el cual en algunas partes del trayecto referido forma valles estrechos donde el río adquiere gran energía. En general el área presenta pliegues apretados con una dirección aproximada de 60° NE.

Las amenazas que se registraron con mayor frecuencia en este sector son los deslizamientos, socavamientos y caída de rocas. A continuación se describen puntualmente las amenazas más importantes registradas en la zona.

📍 **Sector Toquilla – Labranza Grande 2:** Deslizamiento. Localización: X= 1.101.000. Y= 1.146.900 K 74 + 145 sobre la Vía Aquitania – Pajarito.

Dimensiones : 20 m de alto. 100m sobre la banca de la vía que abarcan un área aproximada de 2000 m<sup>2</sup>.

**Geología:** El fenómeno se genera sobre rocas de la formación Une, la cual exhibe bancos de arenisca muy fracturados y materiales meteorizados de la misma formación.

Suelo: sobre los materiales deslizados no se ha conservado la capa vegetal y solo en la corona del movimiento se exhibe una capa de suelo que no excede los 15 cm de espesor.

**Drenaje:** Dendrítico.

**Daños:** Se ha afectado la banca de la vía y el muro de contención. En caso de una fuerte reactivación del movimiento causada por un aumento anormal de precipitación, se podría represar el río Cusiana y se destruiría una casa que se encuentra en el sector.

**Causas:** Alto fracturamiento de la roca aflorante que facilita la percolación de agua y la posterior meteorización de los materiales por efecto de ésta. Se puede observar que el trazado de la vía en este sector tiene una dirección de 88NE lo que nos permite establecer que este trazado se realizó orientado hacia la zona de debilidad del macizo rocoso (dirección de menor resistencia del macizo rocoso) lo anterior nos indica que las fuerzas compresionales que crearon los plegamientos actuales actuaron en dirección N-W obteniéndose las mayores deformaciones en la dirección de menor resistencia del macizo rocoso que para el caso corresponden a N-E.

Por otro lado los estratos sobre la vía presentan una dirección de 84NE y Buzan 28 N lo hace mas críticas las condiciones de estabilidad pues los estratos se inclinan hacia la banca de la carretera favoreciendo el deslizamiento de los materiales inestables hacia la vía.

**Condición de estabilidad:** Crítico

**Recomendaciones :** Análisis de estabilidad Urgente.

**Sector 2. Toquilla - Labranza Grande.** Amenaza: deslizamiento localizado en  $Y= 1.480.500$  y  $X= 1.099.500$  K 74 Sobre la vía Aquitania - Pajarito.

**Dimensiones:** 28m de a lo largo de la vía por 12m de altura que abarcan una área de  $336m^2$ .

**Geología :** el deslizamiento involucra materiales de la formación Fómeque y materiales de origen glaciar depositados sobre la formación antes mencionada. Algunos bloques angulares se encuentran embebidos en una matriz arenosa producto de la desintegración de la formación Fómeque. La parte posterior del movimiento muestra unos escarpes de la formación Un fuertemente fracturados por fallamientos locales.

**Suelos :** La parte superior del movimiento muestra una capa de suelo que no excede los 30 cm .

**Drenaje :** el drenaje que predomina es dendrítico.

**Daños:** Afecta la vía que de Aquitania conduce a Pajarito.

**Causas:** Se puede atribuir la inestabilidad del sector al fuerte fracturamiento de las rocas del sector, al peso aportado por los materiales del deposito glaciar ubicado en la parte posterior del movimiento, al trazado de la vía que atraviesa una zona en donde los estratos buzan hacia la banca de la vía constituyendo planos por donde fácilmente se deslizan los materiales.

**Mecanismo de Falla:** Planar.

**Estabilidad:** Las condiciones de estabilidad del sector son críticas ya que en la corona del movimiento se presenta agrietamientos que facilitan la infiltración de agua lo cual promueve la lixiviación de los materiales generando progresivamente la pérdida de resistencia de los mismos y creando nuevas superficies de deslizamiento.

**Recomendaciones:** Por las dimensiones del movimiento se puede evitar la propagación del mismo tratando de controlar las aguas de escorrentía mediante la elaboración de zanjas que controlen la infiltración de aguas hacia el movimiento, para que sea eficaz la medida las zanjas se deben impermeabilizar y se deben diseñar con la suficiente capacidad para drenar el agua en cuando se produzcan intensas lluvias e igualmente a una distancia tal que no constituya una nueva superficie de deslizamiento. También se debe plantear la posibilidad de incrementar la capa vegetal especialmente con especies arbustivas de amplio poder radicular que aumenten la resistencia al corte de los materiales y a su vez contribuyan a retener el exceso de agua en el cuerpo del movimiento, se recomienda que las especies a seleccionar no le aporten demasiado peso al movimiento para evitar así procesos de inestabilidad posteriores.

♣ **Sector 3. Toquilla - Labranza Grande.** Amenaza : Socavación. Localizado en  $Y= 1.480.580$  y  $X= 1.099.500$  K 74+80 m Sobre la vía Aquitania - Pajarito.

**Dimensiones:** 20m sobre la margen sur del río Cusiana y 10 m de altura que abarcan un área de 200m<sup>2</sup>.

**Geología :** El proceso de inestabilidad involucra materiales de depósito aluvial que se caracterizan por presentar con cantos de diferentes tamaños desde 5cm hasta 50cm con diferentes grados de esfericidad, embebidos en una matriz arcillosa amarilla, sin ninguna pseudo estratificación o gradación que denota una depositación caótica (avalancha).

**Suelos:** En el sector no se tiene ningún tipo de vegetación ya que únicamente se encuentran aflorando los materiales del depósito.

**Drenaje :** la escorrentía superficial del sector no ha generado ningún patrón de drenaje específico.

**Daños :** el proceso de inestabilidad ha generado agrietamientos y pérdida de parte de la banca de la vía que de Aquitania conduce a Pajarito.

**Causas :** Esencialmente el fenómeno de inestabilidad que se registra en esta sección de la vía se debe a la dinámica fluvial del río Cusiana pues en este sector se tiene un valle angosto y una curva aguda del cauce que generó la concentración de líneas de alta velocidad que se estrellaron contra la margen sur del cauce, la acción repetitiva de esta dinámica sobre materiales poco resistente como los del depósito ya descrito generaron el desgaste de la base de la ladera sobre la cual esta ubicada la vía. La pérdida de apoyo en la base de la ladera generó la pérdida del equilibrio del sector ocasionando finalmente el fallamiento de los materiales y propiciando la pérdida de parte de la banca de la vía.

**Estabilidad :** Eventualmente las condiciones de estabilidad se pueden mejorar gracias a las obras que se están realizando, sin embargo esto no garantiza una condición de total estabilidad ya que la el río en época invernal cobra gran energía y fácilmente puede destruir las obras realizadas, por otro lado la tendencia del río es la de aumentar la curva del cauce hacia la margen sur ya que sobre esta margen se encuentran los materiales que ofrecen menor resistencia (materiales de depósito) y finalmente el tiempo que se pueda evitar la propagación del fenómeno también depende del buen diseño y construcción de la obra que actualmente se esta realizando.

**Recomendaciones :** Aparte de la obra que se esta realizando actualmente es muy importante proteger las laderas del río, mediante el incremento de vegetación lo cual no solo aumentara la resistencia de los materiales sino que evitará los procesos de erosión.

**Sector Toquilla - Labranza Grande.** Deslizamiento localizado en X=1.099.000 y Y=1.149.750.K74+600 Sobre la vía que de Toquilla conduce al municipio de Pajarito.

**Dimensiones :** 200m sobre la vía Toquilla - Pajarito. y una altura de 50 m de alto, que abarca un área de 10000 m<sup>2</sup>.

**Geología** : Los materiales involucrados en el proceso inestabilidad (deslizamiento) corresponden a areniscas fuertemente meteorizadas que pertenecen a la formación Fómeque mezclados con algunos bloques angulosos de areniscas pertenecientes a depósitos glaciares que proviene de un depósito ubicado en la parte posterior del sector referido.

**Suelos**: la corona del movimiento exhibe una delgada capa de suelo que no excede los 30 cm.

**Drenaje** : Sobre los materiales removidos todavía no se ha generado un patrón de drenaje definido

**Daños** : el sector se encuentra en la actualidad semicontrolado por muros de contención los cuales en algunas partes han fallado debido al empuje de los materiales inestables, generando eventualmente la caída de rocas sobre la vía.

**Causas** : las posibles causas de los problemas de inestabilidad que se registran en el sector se pueden atribuir entre otros al fracturamiento de las rocas condición que facilita a infiltración de agua a través de las grietas y contribuye a la pérdida de resistencia en los materiales In-situ, a la sobrecarga que le adiciona al terreno los depósitos glaciares presentes en la zona y al trazado inadecuado de la vía pues los cortes del terreno realizados para la ejecución de la vía Aquitania - Pajarito en este sector se realizaron semiparalelos a la dirección de mayor deformación de las rocas (zonas de debilidad) lo que generó en última instancia la pérdida total de las condiciones de equilibrio del terreno.

**Recomendaciones** : Teniendo en cuenta las dimensiones del proceso de inestabilidad se recomienda realizar un análisis de estabilidad del sector en donde se establezcan claramente los factores de seguridad actuales del terreno y las variaciones de este al ejecutar obra tendientes a disminuir el nivel freático, reconfigurar el terreno o tratar de retener los materiales inestables, a fin de establecer las medidas más eficaces para estabilizar el sector.

**Toquilla - Labranza Grande.** Socavamiento localizado en la margen norte del río Cusiana.

**Geología** : Los procesos contemplados se concentran en materiales de la formación Fómeque constituido en el sector por algunos bancos de areniscas, arcillolitas y en algunos sectores de depósito fluvio - glaciares constituidos por bloques de diferente tamaño embebido en una matriz arenosa arcillosa.

**Suelos**: algunos sectores desprovistos de capa vegetal permiten observar una delgada capa de suelo que no excede los 40 cm

**Drenaje**: La zona en general muestra un patrón de drenaje predominantemente semidendrítico que denota una alta disección del terreno la cual favorece los procesos denudativos.

**Daños** : Los desprendimientos de las márgenes del río generan ocasionalmente la obstrucción del río Cusiana, y posteriores avalanchas que transportan gran

cantidad de ma materiales. El proceso de socavación genera el desgaste de las laderas del río y acentúa los procesos erosivos de las márgenes de éste.

**Causas :** Los procesos de socavación del sector obedecen a la dinámica fluvial del río la cual esta condicionada a factores tales como la pendiente media y la litología distada por la corriente, para el caso particular del sector de toquilla se tiene un incremento de la pendiente media del cauce que le da una mayor energía a la corriente disectando profundamente el terreno y creando valles angostos en donde fácilmente se concentran líneas de alta energía que inciden lateralmente y desgastan fácilmente el terreno pues en el sector se tienen una la capa de suelo muy delgado, areniscas poco compactas y arcillolitas.

**Recomendaciones :** Aunque la dinámica del río no se puede modificar por tratarse de un proceso natural y los problemas de socavación ligados a esta continúen, se pueden mitigar en parte protegiendo la ladera del cauce mediante el incremento de la capa vegetal en las laderas.

- **Análisis del diaclasamiento sector Toquilla torre TELECOM.** La secuencia sedimentaria, debido a los esfuerzos de compresión y relajación a que ha sido sometida a lo largo de su historia geológica, se encuentra rota por fracturas (diaclasas), superficies que dividen las rocas, a lo largo de las cuales no hubo movimiento paralelo visible. El conjunto de todas las juntas o diaclasas presentes en un afloramiento se llama *sistema de fracturamiento*. Se han tomado en total 70 datos de rumbo y buzamiento de las diaclasas encontradas en el talud de la vía Toquilla - Vado Hondo, cerca de la torre de TELECOM, perteneciente a rocas de la Formación Une, en la margen derecha del Río Cusiana (Ver Tabla 13). Estos datos se han procesado para obtener el Diagrama de Polos de las Perpendiculares a las Diaclasas y el Diagrama de Frecuencias, para representar su posición en un área (método de áreas iguales). El promedio de las mayores frecuencias indica las Familias Principales de Diaclasas.

Los Círculos Mayores muestran Cinco Familias principales de Diaclasas: N41°E/30°E, N55°W/87°N, N18°W/57°W, N57°E/50°N y N65°E/75°N, de las cuales la primera (N41°E/30°E) presentaría mayores problemas de inestabilidad ya que su buzamiento está hacia la vía que lleva rumbo de 69°NE. Las otras familias de diaclasas ayudarían a formar bloques de diferentes tamaños según el espaciamiento entre cada fractura. Sin embargo, la estabilidad de estos bloques en el talud no sólo depende de su posición espacial, sino de las características de las discontinuidades, es decir, de la rugosidad de las paredes, de los rellenos, de las aberturas y de la cantidad de agua circundante.

**TABLA No. 4: DATOS DE RUMBO Y BUZAMIENTO DE DIACLASAS**

No.	Rumbo	Buzamiento
1	N67°E	45°W
2	N60°W	82°S
3	N38°E	39°E
4	N60°W	89°N
5	N60°E	50°N
6	N - S	65°W

No.	Rumbo	Buzamiento
36	N24°E	17°E
37	N50°W	79°N
38	N41°E	21°E
39	N60°E	72°N
40	N20°E	33°E
41	N10°W	49°W

No.	Rumbo	Buzamiento
7	N85°E	76°N
8	N82°E	76°N
9	N59°W	81°S
10	N46°W	32°N
11	N27°E	45°S
12	N66°E	77°N
13	N89°E	46°N
14	N75°E	54°S
15	N51°W	77°N
16	N02°W	68°W
17	N72°W	89°N
18	N55°E	63°S
19	N50°W	71°S
20	N53°E	76°N
21	N65°E	53°N
22	N72°E	73°N
23	N60°E	76°N
24	N62°W	67°N
25	N54°E	80°N
26	N60°E	23°S
27	N65°E	46°N
28	N37°E	45°N
29	N88°E	76°S
30	N58°E	76°N
31	N42°E	46°E
32	N35°E	88°E
33	N67°E	49°N
34	N55°E	45°N
35	N60°W	85°S

No.	Rumbo	Buzamiento
42	N64°E	68°N
43	N20°W	64°W
44	N52°E	65°N
45	N15°E	31°E
46	N86°E	64°N
47	N40°W	71°W
48	N57°E	77°N
49	N62°E	68°N
50	N12°W	51°W
51	N65°E	60°N
52	N61°E	85°N
53	N40°E	60°E
54	N60°E	20°S
55	N66°E	22°S
56	N53°E	47°N
57	N23°W	65°W
58	N72°E	54°N
59	N34°E	49°N
60	N45°W	87°W
61	N35°W	88°W
62	N20°E	38°N
63	N50°W	83°N
64	N50°E	31°N
65	N42°E	56°N
66	N70°E	59°N
67	N40°E	54°W
68	N25°E	52°W
69	N35°E	62°W
70	N61°W	85°N

Fuente: datos de estudio E.O.T. Aquitania, 1998.

♣ **Sector Quebrada Onganoa:** El sector de la quebrada Onganoa se encuentra ubicado entre las coordenadas: X= 1.102.000 - 1.099.000 e Y= 1.134.000 - 1.137.500. Esta afectado en la actualidad por un proceso de socavación que esta desgastando la ladera de la quebrada mencionada, los materiales involucrados en el proceso, pertenecen a materiales de deposito fluvio glaciar constituidos por clastos subredondeados y subangulosos de areniscas compactas embebidos en una matriz areno - arcillosa. Los procesos de socavación del sector obedecen a la pendiente media del cauce que disecta profundamente los materiales y le da una gran energía a la corriente lo que desgasta fácilmente los materiales pobremente consolidados del sector.

♣ **Sector Vía Toquilla - Aquitania:** Localizado en X= 1.100.000 -1.101.000, Y= 1.135.000 -1.137.000 tipo deslizamiento.

**Geología :** El sector presenta a lo largo de los cortes de la vía materiales arcillosos y lodolitas negras de la formación Fómeque la cual localmente se encuentra muy fracturada por el efecto de pequeños fallamientos que atraviesan el sector en dirección E-W y 70 N-E.

**Dimensiones :** El sector abarca 1,5 Km a lo largo de la vía Toquilla - Pueblo viejo.



**Causas :** A lo largo de la vía se presentan pequeños movimientos en masa cuyas áreas no exceden los 100m<sup>2</sup>, como causa común a todos estos procesos de inestabilidad se tiene el trazado desfavorable de la vía (pues esta dirigida en orientada hacia la dirección de menor resistencia del macizo rocoso) el gran fracturamiento de las rocas generado por la presencia de fallas locales (véase plano geológico) algunos cortes casi verticales en la vía, la acción continua de agentes meteorológicos (precipitación) que contribuyen a meteorizar los materiales, la carencia total de mecanismos que controlen la escorrentía en los taludes y sobre la vía ya esta se encuentra muy deteriorada.

**Daños:** Los problemas de inestabilidad afecta la banca de la carretera generando constantes obstrucciones en ésta. Su estado es crítico

**Recomendaciones:** Es necesario realizar en el sector una análisis de estabilidad del sector a fin de establecer la posibilidad de realizar la reconfiguración del sector.

**Otros Deslizamientos:** Existen otros deslizamientos menores localizados en las zonas de amenaza alta y media que no se caracterizaron específicamente dado su características menores.

#### **2.1.4.7 Amenaza por incendios**

Aquitania por poseer áreas con vegetación protectora de bosques altoandinos, páramos y matorrales presenta posibilidades de incendios en dichas áreas, ya sea por veranos prolongados o por intervención del hombre cuando realiza quemas no controladas o cuando incendia en forma intencional. Históricamente se han producido incendios en las zonas de páramo y en relictos de bosques debido a las causas descritas. El municipio cuenta con un Comité Local de Atención y Prevención de Desastres, sin embargo requiere de capacitación para atender este tipo de emergencias y fortalecimiento logístico en cuanto a dotación de equipos para apagar incendios. Actualmente no existe un programa de prevención y atención de incendios, situación que debe ser solucionada en el corto plazo mediante la implementación de un programa especial.

#### **2.1.4.8 Amenazas por heladas**

La principal zona de agricultura y ganadería se encuentra a 3.000 metros sobre el nivel del mar, constantemente expuesta al fenómeno de las heladas las cuales afectan principalmente los cultivos de papa, cebolla y arveja, así como las zonas de pastos.

### **2.1.5 Clasificación Hidrogeológica**

Esta es una clasificación cualitativa de las rocas según la capacidad para contener agua y para permitir el flujo a través de ellas (Véase Mapa 4 de Caracterización Hidrogeológica Cualitativa).

#### **2.1.5.1 Acuíferos**

Son rocas permeables que almacenan el agua en intersticios intercomunicados, a través de los cuales el agua se mueve bajo condiciones naturales de campo. El tamaño



de los poros así como el volumen total de éstos dentro de una formación rocosa es variable, dependiendo del tipo de material principalmente. Materiales gruesos como la arena, tienen grandes espacios abiertos por donde el agua se mueve fácilmente, si están saturados se constituyen en acuíferos, rocas almacenadoras o depósitos de agua subterránea. Los acuíferos se dividen en:

#### ☛ **Acuíferos Confinados**

Son aquellos en los cuales el agua subterránea se halla confinada bajo presión en medio de rocas impermeables. Debido a la presión a que se encuentra, el agua en un pozo se eleva por encima de la parte superior del acuífero (nivel piezométrico en Pozos Artesianos).

#### ☛ **Acuíferos Libres**

Se presentan cuando la superficie del agua subterránea está en contacto con la atmósfera a través de la zona de aireación o zona no saturada.

#### ☛ **Acuíferos Semiconfinados**

Son acuíferos que presentan una capa semipermeable en la parte superior y que se encuentran completamente saturados de agua. Según la geología levantada para el municipio de Aquitania, se han clasificado dentro del grupo de los Acuíferos las siguientes formaciones:

- ☛ Depósitos Glaciales (Qg), Fluvioglaciales (Qfg), de Coluvión (Qc), Lacustres (Ql), Fluviolacustres (Qfl), de Aluvión (Qal, Qav) y Recientes (Qr), constituidos por gravas y arenas no consolidadas, caracterizadas por su alta porosidad y permeabilidad propicias para la acumulación y flujo del agua. Algunos muestran matrices limosas o arcillosas; sin embargo, siguen siendo acuíferos, ya que están poco consolidadas y los intersticios dejados por los granos de arena, gravas o cantos, son aprovechados por el agua subterránea para su almacenamiento y movimiento.
- ☛ Formación Socha Inferior (Tpsi) que muestra areniscas de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas, con pequeñas intercalaciones de limolitas, la convierten en un buen acuífero mucho más si se tiene en cuenta la permeabilidad secundaria causada por el fracturamiento tectónico.
- ☛ Formación Ermitaño (Kse) constituida por lilitas y limolitas silíceas calizas, areniscas y areniscas fosfáticas y por presentar fracturas y diaclasas como consecuencia de la orogenia andina, se clasifica como un acuífero con porosidad secundaria.
- ☛ Formación Churuvita (Ksch) compuesta por bancos de arenisca, con intercalaciones de arcillolitas y calizas es un buen acuífero, a pesar de los niveles arcillosos que posee.
- ☛ Formación Une (Kiu) presenta grandes bancos de arenisca cuarcítica blanca, compacta, con estratificación cruzada, que, debido al replegamiento, muestra gran cantidad de fracturas agravadas por las cercanías de los principales fallamientos,

generando una porosidad secundaria. Su área de recarga es bastante extensa lo que constituye a esta formación como el mejor acuífero a no ser por la presencia de niveles arcillosos o capas impermeables.

- Formación Areniscas de Las Juntas (Kiaj) constituida por areniscas cuarzosas, macizas, con algunas intercalaciones de lutitas negras, es un buen acuífero, ya que los bancos de arenisca son bastante extensos.

#### **2.1.5.2 Acuitardos**

Son rocas semipermeables que a pesar de contener grandes cantidades de agua, la transmiten muy lentamente.

Como acuitardos se han clasificado las siguientes formaciones rocosas:

- ☞ Formación Conejo (Kscn) presenta intercalación de arenisca de grano medio a grueso con lutitas negras; bancos de arcillolitas intercalados con bancos de arenisca grano medio, compacta, se clasifica como acuitardo debido a la presencia de niveles arcillosos que impiden el flujo del agua.
- ☞ Formación Chipaque (Ksc) compuesta por lutitas negras con intercalaciones esporádicas de calizas y areniscas, lo que la hace especial para contener agua, pero impide que ésta circule libremente a través de todas las rocas, clasificándose así como acuitardo.

#### **2.1.5.3 Acuicierres**

Son rocas impermeables que aunque pueden contener grandes cantidades de agua no permiten el paso de ella con facilidad a través de sus poros o intersticios.

Como acuicierres se han clasificado las siguientes formaciones rocosas:

- ☞ Formación Socha Superior (Tpss) compuesta por arcillolitas abigarradas con intercalaciones de areniscas de poco espesor, se constituye en acuicierre a pesar de los niveles arenosos que posee.
- ☞ Formación Guaduas (KTg) compuesta por arcillolitas y limolitas abigarradas con intercalaciones de areniscas; en las partes inferior y media, frecuentes mantos de carbón. Debido a su alto contenido de rocas lutíticas de tipo plástico se clasifica como un acuicierre, pero cabe anotar que algunos niveles arenosos y algunos mantos de carbón pueden servir como acuíferos confinados.
- ☞ Formación Fómeque (Kif) con una alternancia de lutitas negras, areniscas y calizas de poco espesor, es un buen acuicierre, a pesar de los niveles de areniscas y calizas que eventualmente podrían servir como acuíferos confinados.
- ☞ Formación Lutitas de Macanal (Kilm) compuesta por lutitas negras con algunas intercalaciones de areniscas y localmente bolsones de yeso, la hacen especialmente impermeable sirviendo como acuicierre.

#### 2.1.5.4 Características Hidráulicas de los Acuíferos <sup>14</sup>

Estas características tienen que ver con el equilibrio y el movimiento del agua en la roca considerada como acuífero.

##### **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 del agua reciben el nombre de porosidad efectiva.

- **Porosidad Primaria.** Se refiere a los intersticios que se formaron junto con la roca. Se presenta en rocas homogéneas con intersticios homogéneamente distribuidos.
- **Porosidad Secundaria.** Es una porosidad originada después de la formación de la roca; hace referencia principalmente a las rocas compactas que presentan discontinuidades estructurales (diaclasas, fallas, planos de estratificación, planos de foliación, fracturas y fisuras) y aberturas de disolución que permiten almacenar el agua subterránea.

##### **Permeabilidad**

O conductividad hidráulica, es la capacidad de un medio poroso de transmitir el agua. Por ser una propiedad del medio, varía de acuerdo al tipo de material, granulometría, consistencia y en especial a la intercomunicación de sus poros, independientemente de las propiedades del fluido. En hidráulica de aguas subterráneas se conoce a la conductividad hidráulica como el volumen de agua que se filtra a través de una sección unitaria del terreno bajo la carga producida por un gradiente hidráulico unitario o pérdida de carga que experimenta el agua subterránea, a través del acuífero.

##### **Trasmisividad**

Representa el flujo de agua a través de una sección vertical del acuífero, de ancho unitario y una altura igual al espesor saturado del mismo, bajo la acción de un gradiente hidráulico. La transmisividad es igual al producto de la conductividad hidráulica por el espesor saturado del acuífero. Se calcula por los resultados obtenidos en las pruebas de bombeo efectuadas en pozos perforados en diferentes lugares del acuífero. En Aquitania no existe aquel tipo de pozos; entonces este parámetro no se ha podido cuantificar.

##### **Coefficiente de Almacenamiento**

Está comprendido por el volumen de agua que un acuífero cede o toma en almacenamiento por unidad de área del acuífero y por unidad de cambio del nivel piezométrico. El coeficiente de almacenamiento sólo se pudo determinar mediante pozos de observación, que aún no existen en el municipio de Aquitania, por lo cual

---

<sup>14</sup> CABRA, Ruth y CÁRDENAS Ángela P. *Investigación del Origen del Agua Subterránea del Acuífero de Duitama*. U.P.T.C. Sogamoso. 1997. Pp. 61 - 65.

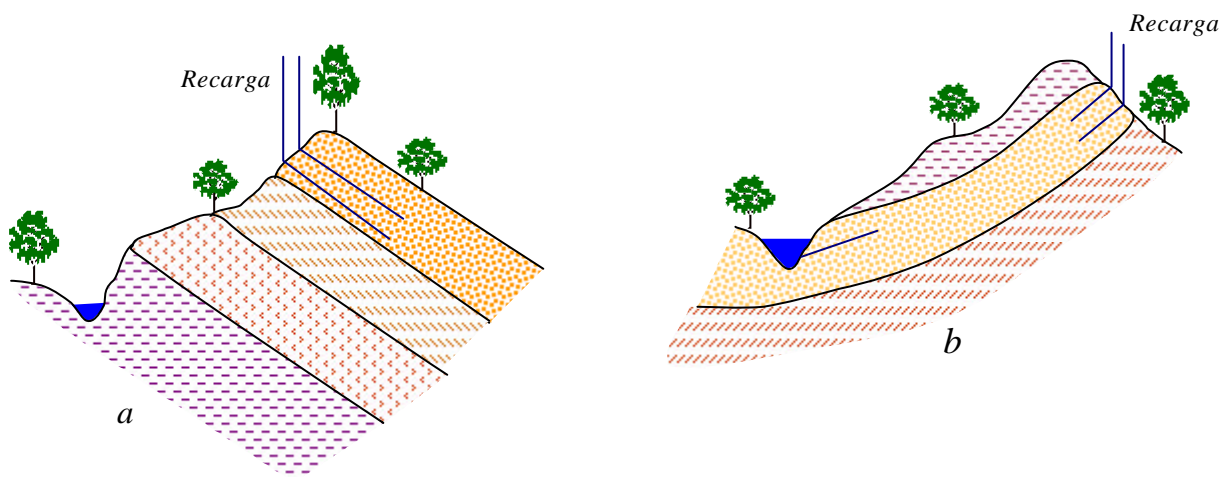
este parámetro tampoco se ha podido cuantificar.

### 2.1.5.5 Recarga de Acuíferos

Las Zonas de Recarga de los acuíferos son aquellos lugares en los cuales el agua penetra al suelo o a la superficie terrestre y queda retenida en el terreno o puede alcanzar el nivel acuífero. El agua desciende por la acción conjunta de las fuerzas capilares y la gravedad dando origen al agua subterránea. Si los volúmenes retenidos de agua en el suelo y en el subsuelo en una cuenca, para un período considerado de tiempo, son aproximadamente los mismos al principio y al final de dicho período, se considera que el cambio de almacenamiento de agua se compensa y es igual a cero ( $\Delta A = 0$ ) en el ciclo hidrológico.

Para que exista agua subterránea en una región, se necesitan tres factores: Geología, que determina la presencia y distribución del agua en los acuíferos; Hidrología, que reconoce las propiedades mecánicas, físicas y químicas de las aguas para el abastecimiento de los acuíferos; y la interrelación con la Topografía para establecer los sitios de afloramiento de la Napa o tabla de agua subterránea que es la superficie superior de la zona de saturación para acuíferos libres o nivel piezométrico para acuíferos confinados- es decir los manantiales o nacimientos de agua, como lo indica la siguiente figura.

**FIGURA No. 2: FACTORES QUE CONTROLAN LA PRESENCIA Y DISTRIBUCIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA**



- El cauce sólo lleva agua en época de lluvias, por que no recibe aportes de agua subterránea; entonces será de régimen periódico.
- El cauce será de régimen permanente por que tiene aportes del acuífero; el agua es drenada de éste hacia el cauce.

De acuerdo con la caracterización hidrogeológica cualitativa de Aquitania, los principales acuíferos están constituidos por depósitos no consolidados, y por las rocas de las Formaciones Socha Inferior, Ermitaño, Churuvita, Une y Areniscas de Las Juntas. El agua en las formaciones geológicas se mueve siguiendo el control estructural desde las zonas de recarga en dirección del buzamiento, atendiendo a la porosidad primaria y/o secundaria, hasta ciertos puntos en donde la topografía corta la napa, convirtiéndose en un sitio de baja presión, especialmente hacia las entradas de los valles, transformándose entonces en manantiales o nacimientos de agua, que muchas veces alimentan a los cauces superficiales de la red hidrográfica municipal.

Las principales zonas de recarga de los acuíferos están en los frentes estructurales resultantes de la erosión prolongada de las crestas de los anticlinales como lo muestra la Figura 2, y en el municipio de Aquitania son las siguientes: Cuchilla Mundo Viejo, Cuchilla Santa Bárbara, Cuchilla Macanal, Cerro Visague, Cerro Bacanto, Serranía Hoya Verde, Cuchilla Las Lisas, Cuchilla El Gallo, Serranía de Franco, Peña La Rosa, Cuchilla Chuscal, Serranía El Bizcocho-Coralitos, Alto Santa Bárbara, Peña El Salitre, Cuchilla La Ladera, Cuchilla Canadá, Peña El Oso, Peña Las Puntas, Peña El Campanario, Cuchilla Candelas, Peña de Amical, Cuchilla Los Chitales y Cuchilla Alto de en Medio. Así mismo, la infiltración en terrenos superficiales atravesando la zona de aireación y llegando a la zona de saturación, permite recargar los acuíferos libres poco profundos, y aparecen principalmente en los Depósitos no consolidados de la Veredas Toquilla Sisbaca, Suse, Mombita y litoral del Lago de Tota. Por porosidad secundaria, es muy probable que el trazado de los principales fallamientos sirvan de zona de interacción entre el agua subterránea y el agua superficial, ya que éstos algunas veces conducen la dirección de los cauces.

### 2.1.6 Usos del Agua Subterránea

Los principales usos que se da al agua son los domésticos, agrícolas e industriales; al hablar de agua municipal se involucran las tres clases de usos; con base en ello, la calidad del agua debe ser lo más alta posible según las disposiciones de la O.M.S. y el Decreto 2105 para el agua potable, como se muestra en la tabla 5.

**TABLA No. 5: DISPOSICIONES DE LA O.M.S. Y DECRETO 2105  
SOBRE CALIDAD DEL AGUA POTABLE**

PARÁMETROS	O.M.S. PERMISIBLE ppm	DECRETO 2105 ppm
Turbidez NTU	25	5
Color verdadero	50	15
Alcalinidad	200	--
Cloruros	600	250
Dureza mg/l CaCO <sub>3</sub>	500	150
Hierro	1,0	0,3
Magnesio	15	36
Sulfatos	400	250
Manganeso	0,5	0,1
P.H.	8,5	9,0
Nitratos	--	--
Nitritos	--	--

Fuente: O.M.S. Decreto 2105.

- ⇒ **Aguas para el riego.** Para el uso de aguas subterráneas en riego debe tenerse en cuenta la concentración de calcio y magnesio para mantener una buena laborabilidad y permeabilidad del suelo.
- ⇒ **Aguas para uso doméstico.** Para uso doméstico se debe realizar una prueba bacteriológica en donde se muestra la calidad del agua para consumo humano, así como la contaminación con minerales tóxicos.
- ⇒ **Aguas para uso industrial.** En general es conveniente que tanto la dureza como el hierro sean bajos, aunque dependiendo de la utilidad se requiere un estudio especial.

## 2.2 CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

### 2.2.1 Asociaciones de Suelos

Las asociaciones presentes en Aquitania son:

#### 2.2.1.1 Asociación Crucero (CR)

Se encuentra al sur del municipio, límites con Páez, en altitudes de 1.500 a 2.000 metros. Presenta relieve ondulado a escarpado con erosión ligera a severa. Los suelos se han formado a partir de lutitas y areniscas. Tiene límites claros con las asociaciones Rucha y Quebradas y abruptos con la asociación Macanal. Está formada por los conjuntos Crucero (Typic Dystropept) 40%, de las áreas onduladas e inclinadas; Dátil (Lithic Dystropept) 30% de las áreas escarpadas; Almeida (Oxic Dystropept) 20% de zonas onduladas y 10% de otros suelos.

La vegetación está respresentada por especies como sangregao, pomarroso, guamo, lanzo, hayuelo, helecho, cucharo y sietecueros. El uso actual es ganadería extensiva con pastos yaraguá y puntero o cultivos de maíz, yuca y plátano. Se delimitaron de esta unidad las siguientes fases por pendiente, erosión y pedregosidad:

CRde1: Relieve ondulado con pendientes de 12-50% y erosión ligera.

CRe1: Relieve ondulado a quebrado con pendientes de 25-50% y erosión ligera.

CRef1: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25-50% y mayores, erosión ligera.

CRef1p: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25-50% y mayores, erosión ligera y con pedregosidad superficial.

CRef2: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25-50% y mayores, erosión moderada.

CRf2: Relieve escarpado, pendientes mayores de 50% y erosión moderada.



### **2.2.1.2 Asociación Rucha (RU)**

Los suelos de esta asociación se encuentran al sur del municipio, principalmente en la vereda de Mombita, en alturas de 1.500 a 2.000 m.s.n.m. El relieve es predominantemente inclinado, con sectores quebrados a escarpados y erosión ligera. Los materiales litológicos que han dado origen a los suelos son lutitas y calizas. Tiene límites claros con las asociaciones Macanal, Rondón y Quebradas.

La asociación está conformada por los conjuntos Rucha (Argiudollic Vertic Hapludalf) 35% de zonas inclinadas; Somondoco (Lithic Hapludoll) 30% de áreas escarpadas; Carrizal (Typic Dystropept) 20% de sectores quebrados, Hormigas (Ustic Dystropept) 15% de áreas quebradas. La vegetación está representada por especies como chizo, sangregao, curomacho, jarilla, pomarroso, ceiba, jalapo, guamo, helecho.

El uso actual consiste en pequeños cultivos de maíz y caña y ganadería extensiva. Por pendiente y erosión se establecieron las siguientes fases:

RUcd: Relieve ligeramente ondulado a ondulado con pendientes de 7-25%.

RUcd1: Relieve ligeramente ondulado a ondulado, pendientes de 7-25%, erosión ligera.

RUd: Relieve ondulado y pendientes de 12-25%.

RUde1: Relieve ondulado a quebrado, pendiente 12-50% y erosión ligera.

### **2.2.1.3 Asociación Peña Blanca (PB)**

Estos suelos se encuentran en el sector de Mombita, en altitudes de 2.000 a 2.500 metros, relieves quebrados a escarpados, con erosión ligera. La asociación tiene límites claros con las asociaciones Crucero y Macanal. Está conformada por los conjuntos Peña Blanca (Typic Humitropept) 50% de áreas quebradas, Quebrada Honda (Lithic Humitropept) 40% de sectores escarpados y 10% de otros suelos.

Las especies vegetales más importantes son cucharo, guardarrocío, lanzo, helecho, manchador, yarumo, mora, uvo y laurel. El uso predominante es pastoreo extensivo. Sólo se delimitó la fase:

PBef1: Relieve quebrado a escarpado, pendiente 25-50% y mayores, erosión ligera.

### **2.2.1.4 Asociación Macanal (MC)**

Los suelos de esta unidad se encuentran en el sector sur del municipio, en zonas de coluvios, entre los 1.200 y los 1.900 metros de altitud. Los suelos de esta unidad se han formado a partir de arcillas movidas desde sectores más altos y depositadas en zonas de menor pendiente; el clima es húmedo.

La unidad presenta relieve ondulado a quebrado, con algunos sectores inclinados a ligeramente ondulados. En algunas áreas se presenta pedregosidad superficial y la erosión es ligera. El límite con las demás unidades es abrupto.

Forman la asociación los siguientes conjuntos: Macanal (Typic Dystropept) 45%, de zonas onduladas a quebradas; Garagoa (Aquic Dystropept) 30%, de áreas ligeramente onduladas y La Colorada (Typic Dystropept) 25% de terrenos inclinados a ligeramente ondulados.

El uso generalizado es la ganadería extensiva y algunos cultivos de subsistencia como yuca, maíz y plátano. La vegetación está representada por jarilla, cucharo, lanzo, manchador, helecho, mora, gague, uvo, chilco, sangregao, balso, tuno y escobo. En el área del municipio sólo se delimitó una fase por pendiente:

MCD: Relieve ondulado con pendientes de 12 - 25%.

### **2.2.1.5 Asociación Marcura (MX)**

Los suelos de esta unidad se encuentran localizados al costado suroccidental la laguna de Tota, límites con el municipio de Tota, en alturas comprendidas entre 3.000 y 3.200 m.s.n.m. aproximadamente. Estos suelos se han formado a partir de areniscas y en menor proporción de lutitas, tienen un relieve ondulado a quebrado con erosión moderada a severa por escorrentía difusa o concentrada.

La unidad tiene límites claros con las asociaciones Hato Laguna, Sotaquirá, Suse y con el Misceláneo de Páramo. Está compuesta por los conjuntos Marcura (Typic Dystropept) 60% y Cogua (Typic Sombrihumult) 25% con 15% en inclusiones de otros suelos.

El clima corresponde a la zona de vida Transición de Montano Tropical subhúmedo y húmedo. La vegetación natural está representada especialmente por jarilla, tinto, tuno y donde ha sido destruida tal vegetación se han realizado cultivos de papa, arveja y haba. Teniendo en cuenta pendiente y erosión se delimitaron las siguientes fases:

MXef2: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 - 50% y mayores, erosión hídrica moderada.

MXbc1: Relieve ligeramente inclinado a inclinado con pendientes de 3 - 12% y erosión hídrica ligera.

### **2.2.1.6 Asociación Crucero Alto (CL)**

Los suelos de esta unidad se encuentran al noroccidente del municipio, en alturas aproximadas de 3.000 a 3.300 m.s.n.m.; se han formado a partir de lutitas y areniscas en relieves quebrados a escarpados; presentan erosión desde ligera hasta severa. Tiene límites abruptos con la consociación Buitrera, las asociaciones Torres y Monguí y con los misceláneos rocosos y claros con el misceláneo de páramo.

La asociación está constituida por los conjuntos Crucero Alto (Paralithic Humitropept) 60% y Buitrera (Typic Humitropept) 35% con inclusiones de misceláneos rocosos y zonas pedregosas.

El clima corresponde a la zona de vida Montano Tropical Subhúmedo en transición a húmedo. La vegetación está representada por especies como espino, chite, angelito,

guardarroció y jarilla. El uso actual está en pastos y cultivos de papa. La unidad presenta las siguientes fases por pendiente y erosión:

CLbc: Relieve ligeramente inclinado a inclinado, pendientes entre 3% y 12%, sin erosión evidente.

CLde1:Relieve inclinado u ondulado a quebrado, pendientes entre 12 y 50%, erosión ligera de tipo laminar y cárcavas.

CLde2:Relieve inclinado u ondulado a quebrado, pendientes entre 12 y 50%, erosión moderada de tipo laminar y cárcavas.

CLef2:Relieve quebrado a escarpado, pendientes 25 a 50% y mayores, erosión moderada de tipo laminar y en cárcavas.

CLef3:Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión severa de tipo laminar y cárcavas.

#### **2.2.1.7 Consociación buitrera (BT)**

Estos suelos se localizan en el sector norte del municipio, cerca de los límites con los municipios de Cuítiva y Sogamoso, en altitudes de 3.000 a 3.200 metros y clima subhúmedo. El relieve es ondulado con pendientes convexas comprendidas entre 7 y 50%. Los suelos se han formado a partir de lutitas y están sometidos a procesos de erosión hídrica de grado ligera hasta moderado.

La unidad tiene límites claros con la asociación Torres y abruptos con la asociación Crucero Alto. La vegetación corresponde al clima frío subhúmedo y está representada por especies como angelito, chite, jarilla, tobo, mortino, raque, hayuelo, ciro y moro. El uso común para estos suelos es la agricultura con parcelas de papa, cebolla, arveja o parcelas de pastos.

La consociación está representada en un 80% por el suelo Buitrera (Typic Humitropept) con 20% representado por suelos de otras unidades. Se delimitaron las siguientes fases por pendiente y erosión:

BTcd2: Relieve ondulado, pendientes de 7 a 25% y erosión moderada.

BTde1:Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50% y erosión hídrica ligera.

#### **2.2.1.8 Asociación Hato Laguna (VC)**

Los suelos de esta unidad se encuentran en planos aluviales desde pobre hasta moderadamente bien drenados, localizados por encima de los 3.000 metros de altitud, bordeando la laguna de Tota. Estos suelos se han formado a partir de arcillas o de materiales orgánicos. La asociación tiene límites abruptos con las asociaciones Marcura y Suse y su contraste fisiográfico es alto. Está conformada por los conjuntos Hato Laguna (Aéric Tropaquept) 60%, Alarcón (Typic Humitropept) 20% y Daitó (Typic Tropofibrist) 20%.

El uso predominante son cultivos de cebolla junca. La vegetación natural está representada por junquillo, chite, pastos. Se delimitaron fases por pendiente:

VCa: Relieve plano con pendientes de 0 a 3%.

VCab: Relieve plano y ligeramente inclinado con pendientes comprendidas entre 0 y 7%.

### **2.2.1.9 Asociación Torres (TE)**

Se encuentra en la vertiente oriental de la Laguna de Tota, en alturas de 3.000 a 3.200 m.s.n.m.. Estos suelos se han desarrollado en clima frío subhúmedo a partir de rocas arcillosas (lutitas), en relieves ondulados hasta escarpados sometidos a procesos erosivos ligeros y moderados.

La asociación tiene límites claros con los suelos de las asociaciones Tisquesusa, Suse y Monguí. El uso actual está representado por cultivos de papa, haba, arveja, cebolla y parcelas de pasto. La vegetación natural está representada por viravira, chite, jarilla, mortiño, salvio y tuno.

Forman esta unidad los conjuntos Torres (Typic Dystrandept) 65% y Tisquesusa (Typic Troprothent) 30% con 5% de inclusiones del suelo Susacá. Se diferenciaron fases por pendiente, erosión y pedregosidad superficial.

TEdep: Relieve ondulado, pendiente de 12 a 50% y con pedregosidad superficial.

TEde2: Relieve ondulado, pendiente de 12 a 50%, con erosión hídrica moderada.

TEef1: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica ligera.

### **2.2.1.10 Asociación Tisquesusa (TS)**

Los suelos de esta unidad se encuentran sobre las laderas orientales de la Laguna de Tota, en altitudes superiores a los 3.000 metros, el relieve es quebrado a escarpado con pendientes que varían entre 12 y más de 50%. Se observan procesos de erosión de grados ligero hasta severo. El clima es frío subhúmedo y los suelos se han formado a partir de rocas arcillosas (lutitas).

Los límites de la unidad son claros con las asociaciones Torres y Suse y difusos con los suelos de Crucero Alto. El uso está representado por pastos y cultivos de papa, arveja, maíz, cebolla y pequeñas parcelas con pinos. La vegetación natural está representada por especies como tuno, viravira, salvio, chite y jarilla.

Componen la asociación los conjuntos Tisquesusa (Typic Troprothent) 60% y Susacá (Andic Humitropept) 35% con inclusiones de suelos del conjunto Torres. Teniendo en cuenta factores como pendiente, erosión y pedregosidad superficial se delimitaron las siguientes fases:

TSde1: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión hídrica ligera.

TSef1: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera.

TSef2: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica moderada.

#### **2.2.1.11 Asociación Suse (SA)**

Los suelos de esta unidad se distribuyen en alturas de 3.000 a 3.200 m.s.n.m. y se han formado a partir de arcillas en relieves ondulados a inclinados sometidos a procesos erosivos de grado ligero a moderado. Tiene límites claros con las asociaciones Torres, Tisquesusa y Sotaquirá y abruptos con la consociación Olarte.

La vegetación está representada por chilco, limonero y salvio. El uso está representado por pastos y cultivos de papa. La unidad está constituida por los conjuntos Suse (Typic Dystrandept) 60% y Susacá (Andic Humitropept) 35% con inclusiones de suelos de las unidades vecinas. Se delimitaron las siguientes fases por pendiente y erosión:

SACd1: Relieve ligeramente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25%, erosión ligera.

SAd1: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%. erosión ligera.

SAd2: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión moderada.

#### **2.2.1.12 Asociación Aquitania (AQ)**

Los suelos de esta unidad se encuentran en planos fluviolacustres aledaños a la laguna, a alturas aproximadas de 3.050 m.s.n.m., el relieve es plano o casi plano y el drenaje pobre hasta moderado. Esta asociación presenta contraste fisiográfico alto y tiene límites abruptos con las asociaciones Torres, Tisquesusa y Suse. La vegetación natural fue destruida para el establecimiento de cultivos; quedan especies como junquillo. El uso actual está representado por el cultivo de la cebolla.

La unidad se encuentra constituida por los conjuntos Aquitania (Terric Tropohemist) 60% y Daitó (Typic Tropofibrist) 35% con inclusiones de suelos como Monguí y Desaguadero. Se delimitaron dos fases por pendiente:

AQax: Relieve plano, pendiente 0 a 3% y drenaje pobre.

AQabx: Relieve plano a ligeramente inclinado, pendientes de 0 a 7% y drenaje pobre.

#### **2.2.1.13 Consociación Olarte (OC)**

Se encuentra en el valle del río Olarte, en relieve plano, a una altura aproximada de 3.050 a 3.100 m.s.n.m.; los suelos se han formado a partir de materiales aluviales. El contraste fisiográfico es alto y presenta límites abruptos con las asociaciones Suse y Sotaquirá y claros con la asociación Aquitania. El clima es frío subhúmedo.

La vegetación natural está representada por chite, jarilla, frailejón y escalonia; el uso es principalmente en pastos para ganadería extensiva. La unidad está representada

por el conjunto Olarte (Typic Fluvaquent) 85% y el 15% restante corresponde a inclusiones de suelos como Daitó, Aquitania y Desaguadero. Se delimitaron fases por pendiente y condición de drenaje:

OCax: Relieve plano, pendiente 0 a 3% y drenaje pobre.

OCab: Relieve plano a inclinado, pendientes de 0 a 7

#### **2.2.1.14 Asociación Monguí (MS)**

Se encuentra en terrazas coluvio-aluviales hacia el norte y nororiente del municipio, en alturas aproximadas de 3.000 a 3.300 m.s.n.m.; el relieve es inclinado y ondulado a fuertemente ondulado. La erosión es ligera a moderada.

Los materiales originadores de estos suelos son de tipo coluvioaluvial. Tiene límites claros con las asociaciones Torres, Suse y Sotaquirá. La vegetación natural está representada por frailejón, chite y jarilla. El uso del suelo está representado por parcelas de pastos y cultivos de papa, arveja y haba. La asociación está formada por los conjuntos Monguí (Andic Humitropept) 45% y Desaguadero (Typic Dystrandept) 45%, el 10% restante corresponde a inclusiones de otros suelos. La unidad presenta fases por pendiente y erosión.

MScd1: Relieve ligeramente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25% y erosión ligera.

MScd2: Relieve ligeramente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25% y erosión moderada.

MSd2: Relieve ondulado, pendientes de 12 a 25% y erosión moderada.

MSde1: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50% y erosión ligera.

MSde2: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión moderada.

#### **2.2.1.15 Asociación Rondón (RO)**

Se encuentra localizada en la zona media del municipio, al sur de la laguna de Tota, en alturas de 2.000 a 3.000 m.s.n.m. y clima húmedo a muy húmedo. El relieve varía de ondulado a escarpado y presenta procesos erosivos de grado ligero hasta severo. Esta asociación tiene límites difusos con la unidad Sisvaca, claros con la asociación Sotaquirá y abruptos con los Misceláneos Rocoso y de Páramo.

La vegetación natural presenta especies como sietecueros, chusque, gaque, uvo, guardarrocío, caregato, lanzo, chite y sangregao. Estos suelos están utilizados primordialmente en pastos para ganadería extensiva. La unidad está conformada por los suelos Rondón (Typic Dystropept) 50% y Vijagual (Typic Humitropept) 40% con inclusiones de Sisvaca y el misceláneo rocoso. Se delimitaron fases por pendiente, erosión y pedregosidad superficial.

ROcd1: Relieve inclinado, pendientes de 7 a 25%, erosión ligera.

ROd: Relieve inclinado, pendientes de 12 a 25%, sin erosión aparente.

ROde: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, sin erosión aparente.

ROde1: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión ligera.

ROep: Relieve quebrado, pendientes de 25 a 50%, con pedregosidad superficial.

ROef: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores.

ROefp: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores.

ROef1: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera.

ROef1p: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera y pedregosidad superficial.

ROef2: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión moderada.

ROef2p: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión moderada.

ROef3: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión severa.

ROf2: Relieve escarpado, pendientes mayores de 50%, erosión moderada.

#### **2.2.1.16 Asociación Sisvaca (SV)**

Estos suelos se encuentran al sur de la laguna, en la zona más inestable del municipio, cuenca alta del río Upía, a una altura aproximada de 2.000 a 3.000 m.s.n.m.; el relieve es ondulado a quebrado con evidencias de movimientos en masa. Los suelos se han formado a partir de arcillolitas (lutitas). Los límites son claros con las asociaciones Rondón y Crucero y abruptos con el Misceláneo rocoso.

Las condiciones de humedad son húmedas y muy húmedas. La vegetación natural está representada por guacharaco, guamo, cedro y laurel. El uso de estos suelos es el bosque natural y pastos para ganadería extensiva. La unidad está formada por los conjuntos Sisvaca ( Typic Humitropept ) 65% y Guamo ( Typic Dystropept ) 35%. De esta asociación se delimitaron fases por pendiente y erosión.

SVc: Relieve ligeramente ondulado o inclinado, pendientes de 7 a 12%.

SVcd1: Relieve ligeramente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25%, erosión ligera.

SVcd2: Relieve ligeramente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25%, erosión moderada.

SVde1:Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión ligera.

#### **2.2.1.17 Asociación Quebradas (QB)**

Los suelos de esta unidad se encuentran al sur del municipio, principalmente en la vereda de Mombita, en altitudes de 2.000 a 3.000 metros, clima húmedo y muy húmedo, relieve inclinado hasta quebrado con erosión ligera. El material parental de los suelos está conformado por lutitas con areniscas y calizas. La asociación tiene límites claros con las unidades Rucha y Rondón.

La vegetación natural está representada por especies como cucharo, lanzo, caregato, mora, manchador, yarumo, sietecueros, toronjo, helecho, amarillo, chuzo, tuno, gague, salvio, laurel, arrayán, higuerón y guamo. Estos suelos se encuentran en pastos o bosques naturales. Forman esta unidad los conjuntos Quebradas ( Typic Humitropept) 60%, San Eduardo ( Typic Tropaquept ) 20% y Tenza ( Lithic Humitropept ) 20%. De esta unidad se separaron fases por pendiente:

QBde: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%.

QBef: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores.

#### **2.2.1.18 Asociación Sotaquirá (SX)**

Esta unidad se encuentra en alturas de 3.000 a 3.500 m.s.n.m. donde el clima es subhúmedo, el relieve es ondulado a quebrado y la erosión varía de ligera a severa. Hay algunos sectores con pedregosidad superficial.

Los suelos se han formado a partir de areniscas y tienen límites difusos con el misceláneo de páramo, claros con las asociaciones Suse y Torres y abruptos con la consociación Toquilla. La vegetación más común presenta especies como chite, uvo y frailejón. Los suelos se utilizan para pastos afectando áreas de páramo. La asociación está formada por los conjuntos Sotaquirá (Andic Dystropept ) 65%, Suse ( Typic Dystrandept ) 15% y Tisquesusa ( Typic Troporthent ) 15%. De esta unidad se separaron fases por pendiente, erosión y pedregosidad superficial.

SXb: Relieve ligeramente inclinado con pendientes de 3 a 7%.

SXcd: Relieve ligeramente ondulado o inclinado, con pendientes de 7 a 25%.

SXde1:Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50% y erosión ligera.

SXde1p:Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión ligera y pedregosidad superficial.

SXe1: Relieve quebrado, pendientes de 25 a 50%, erosión ligera.

SXe1p: Relieve quebrado, pendientes de 25 a 50%, con erosión ligera y pedregosidad superficial.



SXef1: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera.

SXef2: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión moderada.

SXef3: Relieve escarpado, pendientes mayores de 50% y erosión severa.

#### **2.2.1.19 Consociación Toquilla (TX)**

Se encuentra ocupando la posición de abanicos en el sector de Toquilla, alturas mayores de 3.000 metros sobre el nivel del mar. El relieve es inclinado a suavemente ondulado y se observan procesos erosivos ligeros con pedregosidad superficial en algunos sectores.

Los límites son abruptos con la asociación Sotaquirá y el Misceláneo de Páramo y claros con la consociación Cusiana. La unidad está representada por el suelo Toquilla (Aéric Tropaquept) 85% y 15% de inclusiones de suelos como Cusiana. La vegetación natural presenta especies como frailejón, chite, uvo y pastos. El uso es principalmente en ganadería aunque también se observan pequeños cultivos de papa. Se delimitaron fases por pendiente, erosión y pedregosidad superficial.

TXbc1: Relieve inclinado a suavemente ondulado, pendientes de 3 a 12% y erosión ligera.

TXcd1: Relieve suavemente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25% y erosión ligera.

TXcd1p: Relieve suavemente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25%, erosión ligera y pedregosidad superficial.

TXcd2: Relieve suavemente ondulado a ondulado, pendientes de 7 a 25% y erosión moderada.

TXde1: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50% y erosión ligera.

#### **2.2.1.20 Consociación Cusiana (CU)**

Se localiza en las terrazas aluviales del río Cusiana, en alturas de 2.800 a 3.200 m.s.n.m.; el relieve es plano, sin erosión significativa pero en sectores se presentan inundaciones. Tiene límites claros con la consociación Toquilla, abruptos con la asociación Sotaquirá y con el Misceláneo de Páramo.

En la vegetación natural se encuentra frailejón, chite, uva y pastos para ganadería extensiva que es su principal uso. La consociación está representada por el conjunto Cusiana (Typic Tropofluent) 80%, con inclusiones de otros suelos 20%, principalmente del suelo Toquilla. Se separaron solo dos fases por pendiente y por erosión.

CUa : Relieve plano, pendiente de 0 a 3% y con inundabilidad ocasional.

CUab1:Relieve plano a ligeramente inclinado, pendientes de 0 a 7% y erosión ligera.

#### **2.2.1.21 Asociación Pisba ( PI )**

Los suelos de esta asociación se encuentran en alturas superiores a los 3.200 m.s.n.m. en zona de páramo húmedo y muy húmedo, al nororiente del municipio, límites con Labranzagrande, sometidos a continua nubosidad y gelificación lo cual limita cualquier uso agrícola.

El relieve es ondulado a escarpado con pequeñas zonas depresionales cerradas, donde se intercalan escarpes y afloramientos rocosos: las pendientes oscilan entre 7% y mayores de 50%. La unidad presenta límites claros con la asociación Aserradero y difusos con el Misceláneo de Páramo. La vegetación que crece en estas áreas está representada por frailejón y pajonales, ocasionalmente pastan algunos vacunos criollos. La asociación está compuesta por los conjuntos Pisba ( Lithic Cryumbrept ) 30%, Cadillal ( Lithic Cryorthent ) 25% y Cardón ( Typic Cryosaprist ) 20% y el 25% restante corresponde a afloramientos rocosos. Sólo se delimitó una fase por pendiente.

PIef: Relieve quebrado a escarpado con pendientes de 25 a 50% y mayores.

#### **2.2.1.22 Asociación Aserradero (AS)**

La unidad incluye suelos que se ubican espacialmente en alturas entre 2.800 y 3.500 m-s-n-m., en sectores del páramo muy húmedo principalmente, confundiendo en muchos casos con el misceláneo de páramo. El relieve varía desde inclinado a escarpado con laderas largas, pendientes de 12 a 50% y mayores. Se presentan pequeñas áreas depresionales mal drenadas con suelos de texturas finas y poco permeables.

Tiene límites claros con la asociación Pisba. La distribución de los suelos es regular. Los suelos son superficiales a profundos, pedregosos y con afloramientos rocosos esporádicos. Predomina el uso en ganadería extensiva. Componen la asociación los conjuntos Aserradero( Paralithic Troporthent ) 45% y Sabana ( Typic Humitropept ) 35%, el 20% restante corresponde a inclusiones de otros suelos. La vegetación natural está representada por especies como encenillo, uvo, sietecueros y pastos. El uso de estos suelos es principalmente en ganadería extensiva. Se separaron dos fases por pendiente:

ASde: Relieve ondulado a quebrado, pendientes de 12 a 50%, erosión ligera por el pisoteo del ganado (patas de vaca).

ASef: Relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera por el pisoteo del ganado.

#### **2.2.1.23 Misceláneo de Páramo (PM)**

Corresponde a sectores localizados en las zonas más altas del municipio, superiores a los 3.000 metros de altitud, con relieve irregular y climas con contenidos variados de humedad. Está muy intervenido con fines agrícolas y pecuarios lo cual ha afectado su capacidad de regulación hídrica de las cuencas que allí nacen.

Los suelos tienen profundidad efectiva variable y alternan con sectores de afloramientos rocosos. Las especies de vegetación nativa más frecuente son frailejón, cortadera, paja, chusque, chite y guardarrocío.

#### **2.2.1.24 Misceláneo Rcoso ( MR )**

Se encuentra distribuida en todas las zonas climáticas del municipio, aún en forma de escarpes. En general carecen de vegetación pero es posible encontrar musgos y pajas muy pequeñas. Cuando existen suelos éstos son muy superficiales. La mayoría de estos afloramientos rocosos corresponden con la posición de antiguos glaciares.

### **2.2.2 Clasificación Agrológica**

Las características físicas y químicas de los suelos obtenidas durante el inventario de suelos de una región o municipio permite agrupar los suelos con características productivas semejantes y, desde luego, con limitaciones comparables, según la metodología planteada en el Manual N° 210 del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (Ver mapa 5 Clases Agrológicas).

Los suelos se clasifican y agrupan a nivel de clase, pudiendo ésta presentar subdivisiones denominadas subclases. Las clases que se plantean son 8 que se designan con los números romanos I a VIII, siendo la clase I la de mejores condiciones productivas, es decir, la que permite el mayor número de usos con el menor riesgo de deteriorarse. Las limitaciones van aumentando progresivamente hasta llegar a la clase VIII.

La clasificación se hace con base en las características del suelo predominante en cada unidad cartográfica (asociaciones o consociaciones ) y las limitaciones de los suelos dan origen a 4 subclases que se designan: **e**, erosión; **h**, humedad; **s**, limitantes de los suelos que afectan la zona radicular y **c**, para las limitaciones relacionadas con el clima.

Los suelos incluidos en una misma subclase pueden utilizarse para los mismos usos dandoles manejos similares. Las cuatro primeras clases tienen aptitud agrícola, no así las cuatro últimas. A continuación se describen las clases y subclases agrológicas indicando las unidades de suelos incluídas en cada subclase.

#### **2.2.2.1 Clase III.**

Comprende tierras moderadamente buenas para el cultivo y las limitaciones reducen el número de cultivos que se adaptan por lo cual deben realizarse prácticas tendientes a controlar las limitaciones. La pendiente en que están los suelos incluidos en ésta clase oscilan entre 0 y 7%.

- **Subclase III h.** En ésta subclase se encuentran las siguientes unidades de suelos: AQax, AQabx, VCa, VCabx, CUa, OCax, OCab.



Comprende suelos superficiales a moderadamente profundos, de texturas finas, altos contenidos de materia orgánica, pobremente drenados con niveles freáticos altos o temporalmente inundables, fertilidad baja a moderada y reacción ácida a muy ácida.

Para el uso agrícola es importante construir canales de drenaje. Son aptos para cultivos de hortalizas y pastos como el kikuyo.

- **Subclase III es.** Se incluyen aquí las unidades de suelos CUab1, MScd1, SAc1, TXbc1, MXbc1, Sxc1p.

Los suelos son moderadamente profundos, excepcionalmente superficiales, de fertilidad moderada a baja, pendientes predominantes comprendidas entre 3 y 25%, presentan erosión ligera generalmente de tipo hídrico y en algunos sectores se presentan movimientos en masa de tipo lento ( soliflucción ). La mayoría de los suelos aquí incluidos es mecanizable. Para evitar la degradación deben hacerse rotaciones incluyendo pastos, adicionar materia orgánica, corregir la acidez y aplicar los fertilizantes adecuados.

Son aptos para cultivos densos como la cebada y cultivos limpios como papa y arveja. Cuando se hagan cultivos limpios se deben realizar las siembras en curvas de nivel y establecer barreras vivas para disminuir la velocidad del agua de escorrentía.

- **Subclase III sc.** A esta unidad corresponden los suelos SXb y SXcd.

Son suelos moderadamente profundos, bien drenados, muy ácidos, de fertilidad baja y afectados por heladas. El relieve es de planos inclinados con pendientes entre 7 - 25%. Son aptos para cultivos de cebada y papa. El cultivo de papa debe hacerse en curvas de nivel y estableciendo barreras vivas en la parte baja del área cultivada. Se debe corregir la acidez mediante enclamientos periódicos, aplicar materia orgánica para mantener y, aún, mejorar la capacidad de almacenamiento de agua.

#### **2.2.2.2 Clase IV**

Dadas las características de pendientes estas tierras son cultivables siempre y cuando se utilicen sistemas de siembra y prácticas de manejo adecuados a fin de que no prospere la erosión, proceso frecuente en áreas con pendientes de 7 - 25% que caracterizan las tierras de la clase IV en Aquitania.

- **Subclase IV es.** En esta unidad se incluyen los grupos de suelos MScd1, MScd2, MSd2, MCd, CLbc, BTcd2, ROcd1, RUcd, RUcd1, RÚd, TXcd1, TXcd2, TXcd1p, SVC, SAc1, ROcd1, ROd, TEcd1.

Los suelos agrupados en esta subclase son profundos a superficiales, algunos con altos contenidos de Aluminio, con procesos de erosión hídrica ligeros a moderados o son poco estables debido a movimientos en masa frecuentes. En general, estos suelos son aptos para cultivos de cebada, papa, leguminosas y para pastos.

Los cultivos de papa, leguminosas, maíz, cebolla, requieren prácticas de manejo conservacionista, además de enclamientos para corregir la acidez del suelo y neutralizar la acción tóxica del aluminio, fertilización e incorporación de residuos

orgánicos. Las áreas donde se presenta inestabilidad, a pesar de que las pendientes permitan las prácticas agrícolas, es preferible dedicarlas a pastos como el kikuyo.

### **2.2.2.3 Clase VI**

Las condiciones de pendiente hacen que las tierras de la clase VI en el municipio de Aquitania no sean aptas para cultivo y su potencialidad de uso está dirigida a praderas naturales o a bosques.

- **Subclase VI es.** Se incluyen en esta subclase las siguientes unidades de suelos: SAde, SAde1, SAde2, SXde1, SXde1p, SXe1p, SXe1, MSde1, MSde2, SVcd1, SVcd2, SVde1, SVde2, TSde1, TSdep, TXde1, ROde, ROde1, ROep, TEdep, TEde2, CLde2, RUde1, CRde1, CRe1, BTde, QBde, ASde.

Los suelos son superficiales a moderadamente profundos pero predominan los primeros; en algunos casos presentan pedregosidad superficial. En general, presentan erosión ligera a moderada y en algunos casos hay movimientos en masa. Se recomienda la utilización de enclavamientos para reducir la acidez, adicionar también materia orgánica y fertilizantes para propiciar el desarrollo adecuado de pastos o cualquier otra vegetación para proteger el suelo contra procesos de erosión hídrica superficial.

### **2.2.2.4 Clase VII.**

Estas tierras tienen suelos superficiales a profundos y pendientes fuertes, generalmente mayores, de 50%, que limitan la ganadería y aún el desarrollo de bosques. Requiere cuidados para controlar la erosión. Muchos sectores de esta clase deben dedicarse a bosques protectores para controlar la erosión y propiciar la regulación de caudales en las cuencas de ríos.

- **Subclase VII es.** Se incluyen los suelos PIef, CRef1, CRef1p, CRef2, TEef1, TEef3, TSef1, TSef2, TSef3, ROef1, ROef1p, ROefp, ROef2, ROef3, ROef2p, MXef2, MXef3, PBef1, ASef, CLef2, CLef3, SXef1, SXef2, SXef3, QBef, ROef2, CRfp, TSf1p.

Muchos de estos suelos tienen contacto con la roca a 20 o 30 cms. y pendientes fuertes que los hacen muy susceptibles a la erosión hídrica o movimientos en masa cuando se privan de vegetación. En áreas de pendiente menor se pueden mantener praderas cuyo uso implica baja carga y rotaciones largas.

### **2.2.2.5 Clase VIII.**

En esta clase se ubican las unidades TSf3, MP y MR. Las características de pendiente, el poco espesor de suelo o la ausencia de éste, restringen el uso a recreación, vida silvestre, abastecimiento de aguas. En las zonas de esta clase puede organizarse turismo ecológico o programas ecológicos encaminados a recuperación de flora y fauna.

### **2.2.3 Erosión**

En general, por erosión se entiende la remoción del suelo o material superficial por acción del viento o del agua. Cuando el proceso erosivo se realiza sin la intervención del hombre en el medio se denomina erosión natural y cuando la acción antrópica favorece el proceso erosivo del suelo se habla de erosión acelerada o antrópica. Cuando los problemas de remoción de materiales de la superficie de la tierra se relacionan con desplazamientos masivos de materiales, se consideran procesos naturales diferentes a erosión. Vale la pena aclarar aquí que estos procesos de remoción en masa también pueden ser favorecidos por la tala del bosque y aún por el uso, especialmente por la ganadería en zonas de ladera, por lo cual no deben dejarse de lado al analizar la problemática de erosión en cualquier área geográfica.

Es obvio que al considerar la problemática erosiva deben tenerse en cuenta aspectos como pendiente del terreno con sus componentes forma, longitud y grado; clima, principalmente desde el punto de vista de distribución de lluvias e intensidad; las características físico - químicas del suelo por cuanto son elementos que definen la susceptibilidad a ser erosionados y finalmente la presencia o ausencia de cobertura vegetal que de protección total o parcial a la superficie contra la acción directa (impacto) de las gotas de lluvia. Con base en las anteriores consideraciones se ve que la remoción de materiales se puede dar por acción de agentes como el agua y el viento o por movimientos gravitatorios donde la fuerza de la gravedad se considera factor fundamental para el desplazamiento de una capa de suelo o materiales de superficie pero en ambos casos las acciones del hombre pueden acelerar los procesos.

La erosión dentro del estudio general de suelos se clasificó en cuatro grados que se indican con un número arábigo colocado después de la pendiente del terreno así: **1** . grado ligero, **2**. Grado moderado. **3** Grado severo. **4**. Grado muy severo

### **2.2.4 Uso Actual del Suelo**

Como parte de la información necesaria para el Ordenamiento territorial de Aquitania se realizó el levantamiento de la cobertura vegetal o uso actual del suelo, diseñando un esquema de unidades cartográficas acorde con el detalle exigido por la escala de trabajo 1:25.000 (Ver Mapa 6 Cobertura y Uso del suelo).

Utilizando la técnica de fotointerpretación se definieron unidades de uso que luego fueron constatadas o ajustadas durante el reconocimiento de campo. Finalmente se delimitaron las siguientes unidades:

CB.- El cultivo de la cebolla junca es la actividad agrícola más importante del municipio.

Ocupa todas las zonas planas cercanas a la laguna de Tota y otras áreas de ladera con pendientes menores de 50%. Puede decirse que para estas áreas es un monocultivo fundamental para la economía municipal. Este cultivo se presenta también en parcelas pequeñas mezcladas con otros cultivos de los considerados limpios.





CL.- Las áreas de cultivos limpios incluyen parcelas de cebolla, papa, maíz, arveja y haba. Se encuentran sobre las vertientes del lado oriental y sur de la laguna.

(CL/PN). - Esta unidad representa la asociación frecuente de usos agrícolas y pecuarios en pequeñas parcelas de distribución irregular. Los cultivos limpios (cebolla, papa, maíz, arveja, haba) se encuentran intercalados con pequeñas parcelas de pastos. Podría decirse que este es un esquema de producción principalmente para el consumo doméstico, con pocos sobrantes para el comercio regional.

Espacialmente la distribución de cultivos limpios y pastos está en proporción equivalente. Geográficamente tienen la misma localización que los cultivos limpios.

PN.- Las áreas en pastos naturales para ganadería extensiva se localizan al nororiente y sur del municipio, cuencas de los ríos Cusiana y Upía respectivamente. Ocupa un alto porcentaje de las zonas de páramo por tanto se encuentran en conflicto en algunas áreas y constituye la cobertura vegetal más importante del sector sur del municipio hasta los límites con los municipios de Chámeza, Páez y San Eduardo. Los pastos allí existentes se utilizan para ganadería extensiva. En esta unidad se encuentran también pequeñas parcelas de cultivos.

BC.- Bosques cultivados o plantados donde se destaca el pino, se encuentran en las laderas localizadas al nororiente de Aquitania y parte alta de la cuenca del río Cusiana, en altitudes superiores a los 3.000 metros.

BN.- Los bosques naturales se encuentran formando pequeñas manchas en las zonas más altas (páramo) y constituyen una cobertura muy importante, especialmente en la vertiente izquierda del río Upía por debajo de los 3.000 metros de altitud. A pesar de la intervención antrópica, cubren una importante sector y, aún, se observan especies como cedro y chingalé.

R.- Rastrojos. Se incluyen en esta unidad los matorrales de chite, guardarrocío y árboles o arbustos de regeneración natural, en sectores talados, que no superan los 5 metros de altura.

VP.- Vegetación de páramo. Ocupa alturas superiores a los 3.000 m.s.n.m. aunque es posible encontrarla por debajo de este nivel. Especies importantes de esta unidad son chite, uvo, guardarrocío, frailejón, chusque, paja de páramo y musgos. Se incluyen aquí pequeñas zonas colonizadas para pastos, cultivos de pancoger o recientemente quemadas.

MR.- Son los afloramientos rocosos carentes de suelo donde prácticamente no crece vegetación. Son frecuentes en los sectores paramunos. En algunos casos evidencian rasgos glaciares.

H - Hídrica. Compuesta por los cuerpos de agua del Lago de Tota, las pequeñas lagunas y humedales, los ríos y quebradas.

C - Construida. Compuesta por carreteras, construcciones públicas y privadas.

## 2.2.5 Uso Potencial del Suelo

Por uso potencial se entiende la capacidad natural que tienen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal o un determinado uso sin perjuicio significativo. El desarrollo de una cobertura vegetal (bosque o cultivo) en una zona exige condiciones adecuadas de los suelos para el anclaje de las raíces, contenido de nutrientes y posibilidad de laboreo.

Además de las condiciones del suelo y el relieve, debe tenerse en cuenta el clima como elemento que favorece el desarrollo de la cobertura vegetal, la estabilidad geológica como fundamento para la conservación de la infraestructura a fin de que la potencialidad cumpla la función de facilitar el desarrollo con el mínimo o ningún impacto negativo sobre el ambiente.

El establecer la potencialidad de las tierras de un municipio o región facilita la planificación del desarrollo sostenible del mismo y el logro de los mayores beneficios económicos para quien explote los suelos y los demás recursos. Para definir la potencialidad de uso se tendrá en cuenta el contexto físico y sociocultural para que se fundamente un mejor nivel de vida de la población. No se considera aquí la potencialidad específica para el desarrollo de infraestructura por cuanto aún no se conoce la información sobre riesgos lo cual implica que lo aquí propuesto debe ajustarse una vez se cuente con los mapas de riesgos o amenazas del municipio.

El objetivo es generar un marco de posibilidad para planificar el desarrollo; sin embargo, la gama de usos posibles es muy amplia y no se pretende abarcarlas todas. En el esquema que se propone se tienen en cuenta clases para agricultura, ganadería, silvicultura, conservación de flora y fauna, recreación y turismo. Se definieron y delimitaron las siguientes unidades:

### 2.2.5 Uso Recomendado (Ver Mapa 7 Uso Recomendado)

#### 2.2.5.1 Tierras para cultivos

Dentro de este grupo de tierras se tienen tres unidades puras, en algunos casos, con opciones alternativas.

##### e **Agricultura Semimecanizada (C2)**

Comprenden terrenos planos o levemente inclinados, con pendientes entre 0 y 7%, imperfecta a moderadamente drenados, con suelos moderadamente profundos a profundos con niveles freáticos altos por lo cual presentan limitaciones para cultivos de raíces profundas susceptibles a altos contenidos de humedad. Pueden utilizarse para cultivos limpios como cebolla, papa, arveja sin riesgo de erosión. Estos terrenos son de origen aluvial y en algunos sectores tienen marcada influencia lacustre, dada su proximidad a la laguna de Tota.

Como control al exceso de humedad requieren la construcción de canales de drenaje.



### **F Agricultura Manual C3**

Se incluyen en esta clase terrenos inclinados o suavemente ondulados con pendientes de 7 a 25%, con restricciones para su mecanización y suelos moderadamente profundos a superficiales, de fertilidad mediana a baja y fuertemente ácidos.

Son aptos para los cultivos de la región pero requieren un adecuado suministro de correctivos y fertilizantes, el suministro de riego debido a deficiencias en la distribución de las lluvias. En las condiciones actuales presentan procesos erosivos de tipo hídrico ligero que obligan la utilización de prácticas de conservación como cultivos en fajas con siembras en contorno y el establecimiento de barreras vegetativas.

En vista de que hay altas cantidades de aluminio en el suelo deben utilizarse correctivos y fuentes de fósforo de lenta liberación para evitar sus pérdidas por fijación.

### **F Agropastoril 1 C3/P**

Son terrenos similares a los de la clase C3 antes descrita pero afectados por movimientos en masa; están ubicados en el clima frío o muy frío. No deben dedicarse a cultivos limpios como papa o arveja y es preferible dedicarlos al pastoreo de ganados utilizando baja carga y buena rotación de potreros.

Cultivos aconsejables son frutales o mora en el clima frío; caña panelera en el clima medio, manteniendo buenas condiciones de drenaje para mejorar la estabilidad de los terrenos. Estas tierras presentan erosión hídrica ligera a moderada y susceptibilidad a erosión por movimientos en masa.

### **F Agricultura Manual con Alta Restricción C4**

Las tierras de esta clase tienen relieve ondulado a fuertemente inclinado y están afectadas por erosión ligera a moderada; las pendientes oscilan entre 12 y 40% aproximadamente; los suelos son ácidos de profundidad moderada y baja fertilidad.

La gama de cultivos utilizables es pequeña, deben preferirse los que den buena cobertura como frutales, mora, caña panelera y, en el sector subhúmedo, cebada. Se debe utilizar el sistema de cultivos en fajas que alternen con pastos y colocar en la parte baja de cada faja cultivada una barrera viva. Las siembras deben hacerse siguiendo las curvas de nivel para evitar la erosión. Pueden cultivarse hortalizas y aromáticas en eras transversales cuando haya agua para riego. Deben utilizarse correctivos para disminuir la acidez del suelo y los niveles de aluminio, fertilizantes con fuentes de fósforo de lenta liberación.

Las prácticas de conservación sugeridas son de carácter obligatorio para controlar los procesos erosivos que afectan la capacidad productiva y de almacenamiento de agua. Deben evitarse cultivos que exijan limpiezas frecuentes.

### **F Agropastoril 2 C4/P**

Las pendientes oscilan entre 12 y 50%, presentan erosión hídrica ligera a moderada e inestabilidad mani-festada en movimientos rotacionales de masas de suelo de tipo lento. Se aconsejan los mismos cultivos de la clase C4 pero en zonas inestables es menos riesgoso el establecimiento de potreros con pastos como kikuyo para mantener ganadería extensiva con baja carga y buena rotación de potreros.

### **2.2.5.2 Tierras para Ganadería**

#### **Ganadería Extensiva ( P)**

Comprende zonas planas hasta quebradas con pendientes menores de 50%, sin erosión o con erosión hídrica ligera o sectores afectados por inestabilidad geológica.

En el municipio se plantea esta opción para el valle del río Cusiana, sector de Toquilla y Vado Hondo y las veredas Sisvaca y Mombita. Los suelos son moderadamente profundos a superficiales, ácidos a muy ácidos y de baja fertilidad. Es importante corregir la acidez del suelo y aplicar fertilizantes. En el valle del río Cusiana se presentan inundaciones por lo cual no deben mantenerse ganados en la época de invierno.

#### **Silvopastoril P/F2**

Son terrenos con las características de la clase anterior pero altamente inestables por lo que la alternativa forestal es más adecuada por cuanto ayuda a sostener la masa de suelo y por su poder de regulación hídrica.

### **2.2.5.3 Tierras Forestales (F)**

Los usos forestales contemplan tres opciones:

#### **Bosques Productores (F1)**

Corresponden generalmente a bosques cultivados o plantados. En Aquitania estos bosques están mal localizados (pinos) por cuanto ocupan muchas veces sectores que debieran tener una cobertura multiestrata y permanente. Aunque existen áreas potenciales para este tipo de bosque, no se separaron por ausencia de infraestructura vial, aspecto que limita esta posibilidad.

#### **Bosque Protector Productor (F2)**

Se caracterizan por tener relieves quebrados con pendientes de 25 a 50% y mayores, suelos superficiales hasta muy profundos. Precisamente las fuertes pendientes exigen una cobertura forestal permanente que permite un aprovechamiento por entresacas.

Es necesaria la cobertura vegetal para evitar procesos erosivos y regular los caudales de ríos. El desarrollo de este tipo de bosques forma una cobertura multiestrata con suficiente densidad de copa para proporcionar buena protección al suelo. En algunos sectores se puede hacer silvopastoreo (F2/P) como una etapa de transición hacia el bosque. Este tipo de bosque se plantea en el municipio por debajo de los 3.000 m.s.n.m.

#### **Bosque Protector Productor o Sólo Protector (F2/F3)**

En general corresponden a zonas de relieve quebrado y escarpado con pendientes fuertes y suelos moderadamente profundos o superficiales. Las pendientes fuertes predominantes y la susceptibilidad a la erosión requieren una cobertura vegetal permanente para conservar los suelos y la diversidad de flora y fauna; sin embargo, ante la necesidad de conservar también las cuencas con sus recursos, para los sectores escarpados es necesario propiciar una cobertura vegetal permanente de tipo protectora.

### **Bosque Protector (F3)**

Corresponde a las zonas de relieves quebrados a escarpados donde predominan las pendientes mayores de 50% y suelos superficiales, con procesos erosivos evidentes cuyo control exige la presencia de la cobertura vegetal permanente. En algunos casos tales sectores tienen problemas de inestabilidad geológica cuyo efecto se disminuye por medio del bosque cuyas raíces ayudan a retener el suelo.

El desarrollo de estos bosques, además, ayuda a la regulación de caudales y a la conservación de flora y fauna. A este tipo de bosque corresponden los bosques de galería que deben existir a lado y lado de las corrientes de agua.

#### **2.2.5.4 Zonas de Reserva ( R )**

Se consideran aquí las zonas de páramo que corresponden a los nacimientos de los principales ríos de cuyos caudales son reguladores naturales. Los páramos son ecosistemas fáciles de degradar porque cualquier alteración incide negativamente. Mantener tales ecosistemas en su forma natural es conservar los suelos, la diversidad biológica y la capacidad reguladora de los caudales de ríos o quebradas.

Aquitania tiene aproximadamente la mitad de su territorio en páramo, pero éste ha sido muy intervenido con fines principalmente pecuarios lo cual ha generado procesos erosivos con las consecuencias sobre los suelos y los caudales de agua almacenables, hasta el punto de que en veranos fuertes las quebradas y ríos que alimentan la laguna de Tota se ven sin agua. Por eso es importante emprender campañas para restaurar este ecosistema.

#### **2.2.5.5 Zonas para Turismo (T)**

Se considera típicamente turística la superficie lagunar sobre la cual se hace hoy turismo recreativo y se adelantan actividades de pesquería, además de las actividades de turismo ecológico que empiezan a plantearse.

La importancia de la laguna para los municipios de Aquitania, Cúitiva y Tota es innegable y por ello dichos municipios deben emprender actividades conjuntas para la recuperación de las cuencas de drenaje directo a la laguna y para disminuir los niveles de contaminación, especialmente los de origen agrícola y pecuario.

#### **2.2.6. CONFLICTO POR USO**

Se define como tal la magnitud de la diferencia existente entre la oferta productiva del suelo y las exigencias de la cobertura vegetal actual o uso actual del suelo; tales diferencias se definen como grados de conflicto (Ver Mapa 8 Conflictos por Uso).

Para establecer los niveles o grados de conflicto basta comparar los mapas de oferta productiva del suelo o uso potencial con el de uso actual. De esta comparación pueden resultar tres situaciones diferentes:

a) Correspondencia o equivalencia: oferta del suelo = demanda del cultivo.

b) Subutilización del suelo: Oferta del suelo > demanda del uso.

c) Sobreutilización del suelo: Oferta del suelo < demanda del cultivo o uso actual.

Para establecer el conflicto se utilizó el esquema diseñado por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca C.V.C.

Ante la escasez de bosques en el departamento se parte de la premisa de que donde haya bosque se considera que no hay conflicto es decir que hay equilibrio.

El mapa de conflicto por uso del suelo es parte fundamental para el análisis de tendencias, la planificación en cuencas hidrográficas y la definición de estrategias para la elaboración de proyectos. En el mapa de conflictos las unidades se identifican por símbolos en forma de quebrado en que el numerador representa el uso actual del suelo y el denominador el uso potencial.

Vale la pena resaltar que el conflicto por sobreuso representa diferentes grados establecidos con base en el nivel de desequilibrio o degradación de los recursos naturales generados. Para el municipio de Aquitania se obtuvo el siguiente resultado:

#### 2.2.6.1 Zonas en Equilibrio

Los sectores donde hay correspondencia entre la oferta productiva del suelo y el uso que el hombre hace de él, representa un apenas aceptable porcentaje en el municipio. Forman parte de estas zonas las áreas de páramo aún no colonizadas para procesos productivos.

Las unidades que representan equilibrio son:

$\frac{BN}{R}$	$\frac{BN}{F2}$	$\frac{BN}{F3}$	$\frac{BN}{P}$	$\frac{BN}{C3/P}$	$\frac{BN}{C4/P}$
$\frac{BN}{F2/F3}$	$\frac{BN}{C4}$	$\frac{MR}{R}$	$\frac{VP}{R}$	$\frac{VP}{F3}$	$\frac{VP}{F2}$
$\frac{VP}{P}$	$\frac{VP}{P/F2}$	$\frac{VP}{C3/P}$	$\frac{VP}{C4/P}$	$\frac{VP}{F2/F3}$	$\frac{PN}{T}$
$\frac{PN}{P}$	$\frac{PN}{P/F2}$	$\frac{R}{F3}$	$\frac{R}{R}$	$\frac{R}{F2}$	$\frac{R}{F2/P}$
$\frac{R}{C4/P}$	$\frac{R}{F2/F3}$	$\frac{BC}{C4/P}$	$\frac{CB}{C2}$		

#### 2.2.6.2 Zonas en subuso

Están representadas por áreas con potencial agrícola relativamente alto, basadas en condiciones topográficas y edáficas que se utilizan para ganadería extensiva. El área de suelos subutilizados es insignificante con respecto al total de la superficie municipal.

La unidad en subuso es: PN



C2

### 2.2.6.3 Zonas en Conflicto

El esquema de clasificación utilizado presenta cuatro grados de conflicto, según el nivel de degradación que cada uso no adecuado genere. Las causas del conflicto pueden basarse en muy baja protección de la cobertura vegetal actual (cultivo, pasto) al suelo y a la ausencia de prácticas de cultivo y manejo con fines conservacionistas. A continuación se presentan los diferentes grados o niveles de conflicto:

#### ✎ Zonas en Conflicto Muy Alto

La mayor parte del área con este grado de conflicto corresponden a sectores con potencial forestal, utilizadas en pastos o para cultivos que requieren frecuentes limpiezas que exponen los suelos a procesos erosivos fuertes. Las unidades incluidas en el conflicto muy alto son:

$\frac{MR}{F2}$	$\frac{MR}{F3}$	$\frac{MR}{F2/F3}$	$\frac{MR}{C4/P}$	$\frac{MR}{R}$	$\frac{PN}{F2}$	$\frac{PN}{R}$	$\frac{PN}{F3}$	$\frac{PN}{F2/F3}$	$\frac{PN}{F2/P}$	$\frac{CL}{F3}$	$\frac{CL}{F2/P}$
$\frac{CL-PN}{F2/P}$	$\frac{CL-PN}{F2}$	$\frac{CL-PN}{R}$	$\frac{CL-PN}{F3}$	$\frac{CL}{F2}$	$\frac{CL}{R}$	$\frac{CB}{F2}$	$\frac{CB}{R}$				

#### ✎ Zonas en Conflicto Alto

La principal causa del conflicto alto es el establecimiento de cultivos sin utilizar las prácticas de conservación adecuadas, lo cual propicia los procesos erosivos del suelo. Las unidades que representan el nivel de conflicto alto son:

$\frac{BC}{R}$	$\frac{BC}{F3}$	$\frac{CB}{C4}$	$\frac{CB}{C4/P}$	$\frac{CL}{C4/P}$	$\frac{CL-PN}{C4/P}$
----------------	-----------------	-----------------	-------------------	-------------------	----------------------

#### ✎ Zonas en Conflicto Medio

Como en el conflicto alto, las causas de este tipo de conflicto es la no utilización de las prácticas de conservación tendientes a evitar la degradación del suelo por erosión. También es causa de este nivel el uso ganadero en vez de la agricultura. El conflicto medio se representa en las siguientes unidades:

$\frac{PN}{C3}$	$\frac{PN}{C4}$	$\frac{PN}{C3/P}$	$\frac{PN}{C4/P}$	$\frac{CL-PN}{C3}$	$\frac{CL-PN}{C3/P}$	$\frac{CL}{C3/P}$	$\frac{CB}{C3}$
-----------------	-----------------	-------------------	-------------------	--------------------	----------------------	-------------------	-----------------

#### ✎ Zonas en Conflicto Bajo

La principal causa de este conflicto es la utilización de zonas aptas para bosques protectores-productores en cultivo de bosques comerciales ya que las pendientes donde se realizan son sometidas a procesos erosivos cuando se hace tala raza para el aprovechamiento del bosque. A este grado de conflicto corresponden las unidades:

$\frac{C}{F2}$	$\frac{BC}{F2/P}$	$\frac{CL-PN}{C2}$
----------------	-------------------	--------------------