

*El subsistema Físico comprende el estudio de la geología, amenazas y vulnerabilidad por una parte y del estudio de suelos, compuesto por el análisis general de los suelos, la cobertura y uso del suelo, la potencialidad y los conflictos por el uso del suelo.*

## **2. SUBSISTEMA FÍSICO**

### **2.1 GEOLOGÍA**

Las condiciones climáticas que presenta Colombia muestran un país tropical, en donde los fenómenos naturales tales como inundaciones, avalanchas o deslizamientos (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 Gachantivá (Boyacá), pues desde el punto de vista económico 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).

El estudio realizado para el municipio está encaminado hacia la identificación y evaluación de amenazas a fin de establecer los sectores susceptibles a presentarlas. Para lograr este objetivo se adoptó una metodología geoestadística la cual tuvo en cuenta los diversos factores ambientales que pudiesen ser agentes detonantes de amenazas obteniéndose como resultado final el correspondiente mapa temático de susceptibilidad ambiental.

Se tuvo en cuenta la evaluación de recursos minerales potencialmente aprovechables que posee el municipio a fin de impulsar las diversas formas de subsistencia generadas a partir de estos recursos.

#### **2.1.1 Objetivos**

**Objetivo General:** Establecer la importancia que tiene el concepto de amenazas geológicas dentro del proceso de planificación de desarrollo integrado que se quiere proyectar para el municipio de Gachantivá, estableciendo sectores de alta, media y baja susceptibilidad a movimientos en masa, erosión, avalanchas o inundación, a

través de una metodología semicuantitativa que permita delimitar dichos sectores con la mayor precisión posible, evitando así incurrir en apreciaciones subjetivas que pudieran distorsionar las características reales de la zona. Así mismo reconocer los recursos minerales potencialmente explotables que se encuentran en el municipio.

### **Objetivos Específicos**

- ☞ Condensar la geología del municipio de Gachantivá, realizar el análisis bibliográfico de los estudios precedentes y la verificación de las deducciones a partir de salidas a campo y disquisiciones evidentes.
- ☞ Examinar las condiciones geomorfológicas del municipio, en atención a fotointerpretación y comprobaciones de campo, con el fin de determinar los rasgos implícitos a cada tipo de modelamiento, y así, utilizarlos en la determinación de los diversos rangos de susceptibilidad ambiental a la generación de amenazas.
- ☞ Preparar el mapa de pendientes topográficas para evaluar sitios que ofrezcan mejores condiciones de estabilidad, teniendo en cuenta que no es éste un factor definitivo, mucho más cuanto que es el resultado de la interacción de variables tectónicas, morfológicas, climatológicas y ambientales.
- ☞ Inspeccionar las características cuantitativas de precipitación media en el área municipal de Gachantivá, mostrando líneas de variación de las precipitaciones medias cuyos datos se obtendrán de las estaciones meteorológicas del IDEAM.
- ☞ Identificar los principales fenómenos naturales tanto de origen endógeno como exógeno que se presentan con mayor frecuencia, determinado sus características y estableciendo de manera preliminar su potencial destructivo.
- ☞ A partir de rasgos morfológicos, analizar los lugares propensos a presentar procesos de inundación y los sitios vulnerables a inundación por crecidas en los caudales o en las masas de agua estancada.
- ☞ Diseñar el Plano de Susceptibilidad Ambiental Amenazas Geológicas, enfrentando los factores morfológicos, litológicos, tectónicos, climatológicos y ambientales a procesos de movimientos de masa, erosión difusa, avalanchas e inundaciones, determinando la media de valores y la desviación estándar de la media para encontrar la susceptibilidad mediante procesamiento geoestadístico de las propiedades intrínsecas de los lugares.

### **2.1.2 Localización**

La cabecera está localizada a los 05° 45' 43" de latitud norte y 73° 32' 34" de longitud oeste. Altura sobre el nivel del mar: 2450m. Temperatura media: 13°C. Precipitación media anual: 1.462mm. Dista de Tunja 57 km. El área municipal es de 88 km<sup>2</sup> y limita por el Norte con Moniquirá, por el Este con Arcabuco y Villa de Leiva, por el Sur con Villa de Leiva y por el Oeste con Santa Sofía.

Pertenece al círculo notarial, a la oficina de registro y al circuito judicial de Villa de Leiva, a la oficina seccional de registro de Moniquirá; corresponde a la circunscripción electoral de Boyacá. El territorio, es de relieve montañoso y corresponde a la cordillera Oriental. Riegan el territorio los ríos Moniquirá y la Cebada, además numerosas quebradas.

Las actividades económicas de mayor importancia esta ligadas a la agricultura, ganadería y el comercio. Los principales cultivos son el maíz, cebada, trigo, papa, y leguminosas y caña de azúcar, Las actividades comerciales más destacadas en el municipio guardan relación con los productos de origen agropecuario. Se une por carretera con los municipios de Moniquirá, Villa de Leiva y Santa Sofía.

El municipio dispone de un puesto de salud y 4 centros de atención de diferentes modalidades del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. La cabecera municipal cuenta con un establecimiento de preescolar, 22 alumnos y un establecimiento de primaria, 210 alumnos y 9 profesores; un establecimiento de educación media, 177 alumnos; tiene servicios de acueducto, energía eléctrica, telefonía, telegrafía y correo nacional.

### **2.1.3 Metodología**

Se ha realizado un análisis bibliográfico de los estudios geológicos anteriores adelantados en la zona con el fin de concretar las condiciones del área correspondiente al municipio de Gachantivá. 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 la totalidad del área de Gachantivá. Éste análisis ha dado como resultado la determinación de los modelamientos geomorfológicos atribuidos a la actuación de los factores tectónicos, meteorológicos, climáticos y paleoclimáticos, evidenciados en las formas actuales del terreno y en las formaciones superficiales. La

fotointerpretación ha sido apoyada por evidencias observadas 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 morfometría tiende a ser homogénea. Por su parte, el mapa de isoyetas, que está indicando la precipitación media anual promediada para los últimos 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 especializado en los planos geológico estructural, geomorfológico, de pendientes y de isoyetas, y en la formulación de las amenazas geológicas para el municipio de Gachantivá.

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 está explicada con detalle en el capítulo 5 Amenazas Geológicas.

#### **2.1.4 Marco Conceptual**

Se entiende como Amenaza Geológica, la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural potencialmente destructor dentro de un periodo determinado de tiempo en un lugar geográfico específico. Teniendo en cuenta que las amenazas implican cambios sorpresivos en el medio ambiente y que pueden afectar la estabilidad de una población, es necesario incluir este concepto en los procesos de planificación del uso de la tierra, estableciendo para tal fin una zonificación de susceptibilidad de amenazas estableciendo rangos de ésta en alta, media y baja de acuerdo a la frecuencia con que se presentan

Dentro del manejo de las amenazas es necesario conocer la diferencia que existe entre evaluación de amenazas, evaluación de vulnerabilidad, susceptibilidad y evaluación de riesgos, así:

- ✦ Evaluación de amenazas geológicas: es una evaluación sobre la ubicación, severidad y posibilidad de que ocurra un evento natural potencialmente destructivo dentro de un periodo de tiempo determinado.
  
- ✦ Evaluación de Vulnerabilidad: es una estimación de las pérdidas o daños que

puedan ser causados por un evento natural de cierta severidad, incluyendo daños a la construcción, daños personales e interrupción de las actividades económicas y del funcionamiento normal de las comunidades.

- ✦ Evaluación de Susceptibilidad: es la probabilidad futura de ocurrencia de fenómenos naturales catastróficos en un sitio determinado, en un lapso de tiempo indefinido. La susceptibilidad analiza fenómenos activos, probables y posibles.
- ✦ Evaluación del riesgo: Es una estimación de la probabilidad de las pérdidas esperadas, dado un evento natural determinado.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede establecer que el trabajo realizado en Gachantivá se centra inicialmente en establecer el grado de susceptibilidad ambiental a la ocurrencia de Amenazas. Los resultados obtenidos constituyen una herramienta útil en el proceso de planeación municipal ya que permiten priorizar las acciones preventivas y de mitigación que requieran las áreas enmarcadas dentro del rango de alto riesgo. El origen de los fenómenos naturales que constituyen amenaza para el hombre y sus actividades corresponde a los diferentes procesos y manifestaciones de la geodinámica terrestre, tanto interna como externa. Según lo anterior diversos autores clasifican las amenazas naturales como: endógenas y exógenas.

**2.1.4.1 Naturales de Geodinámica Endógena.** Para la zona de estudio la amenaza natural endógena más importante, es aquella generada por la actividad sísmica y corresponde a zonas o áreas que pueden ser afectadas por sismos (temblores o terremotos), de acuerdo con las magnitudes, frecuencia y grados de exposición o de susceptibilidad de los sectores circundantes al fenómeno. Sin embargo el área del municipio presenta una amenaza sísmica intermedia de acuerdo a la zonificación sísmica realizada para Colombia lo que quiere decir que la zona esta alejada de epicentros como el de Bucaramanga, el límite entre Colombia y Panamá o la región del Viejo Caldas en donde se registran constantemente eventos sísmicos que dan cuenta de la neotectónica existente generada por la dinámica predominantemente compresiva que actualmente afecta el territorio colombiano.

Los peligros asociados a las zonas afectadas por actividad sísmica están marcados por la destrucción de cualquier estructura ubicada cerca al epicentro del evento tectónico; la separación de las rocas a lo largo de las zonas de debilidad (fallamientos); la generación de deslizamientos como consecuencia de la onda sísmica especialmente en materiales poco consolidados ubicados en sectores con alto gradiente topográfico, al igual que desplomes de roca en sectores escarpados afectados por discontinuidades originadas en eventos tectónicos anteriores; la licuefacción de materiales no consolidados (especialmente arenas); la subsidencia o depresión de superficies que se genera por la consolidación de los depósitos recientes.

**2.1.4.2 Amenazas Naturales de Geodinámica Exógena.** Dentro de éstas, se pueden resaltar las amenazas ocasionadas por inundaciones e inestabilidad de las laderas. La primera se refiere a las zonas o áreas que están o pueden estar afectadas por crecientes, desbordes o inundaciones producidas por la actividad de los flujos hídricos de acuerdo con las magnitudes y frecuencias (recurrencia) del fenómeno. Con respecto a la inestabilidad de las laderas, se refiere a las zonas o áreas que están o pueden ser afectadas por movimientos de remoción en masa y procesos de erosión acelerada o zonas susceptibles a estos procesos, de acuerdo a sus magnitudes y frecuencias.

En las zonas afectadas por inestabilidad del terreno se generan diversos procesos de remoción en masa que pueden afectar en mayor o menor grado al medio en que se desarrollan dependiendo de la naturaleza específica de los procesos (reptación, flujo de suelo en estado plástico, flujo de suelos en estado líquido, deslizamientos, desprendimientos, desplomes, derrumbes, hundimientos, etc.) (Villota, 1994), siendo los más destructivos aquellos que involucran grandes masas de material y se generan rápidamente como en el caso de deslizamientos, avalanchas o flujos de lodos.

La erosión se da como un proceso evolutivo lento en el que solamente intervienen agentes naturales tales como el agua, el hielo y el viento, modelando el paisaje. Sin embargo, se puede acelerar el proceso por la acción antrópica, debido a los usos inadecuados de los suelos tales como sobrepastoreo, quema o tala de bosques, ciertas prácticas agrícolas, construcción de vías y desarrollo urbano no planificado. La erosión trae como consecuencia la pérdida de nutrientes del suelo lo cual disminuye la capacidad productiva de éste.

## **2.1.5 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>.

### **2.1.5.1 Estratigrafía**

Para describir las formaciones presentes en la zona de estudio se ha tenido en cuenta la nomenclatura estratigráfica utilizada para las áreas de Santander - Arcabuco, Chiquinquirá y valle medio del Magdalena. En la zona de estudio se observaron rocas del Jurácico, Cretáceo y Terciario así como depósitos Cuaternarios.

---

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

## 🌀 **Jurásico (195- 140) <sup>2</sup>**

### ➤ **Formación Arcabuco (Jar)**

Según Julivert, et al (1968)<sup>4</sup> el nombre y rango de la formación debe a Olso, A., en Tabora, B (1.952) para definir las areniscas que afloran en el río Pomeca. Localmente la formación esta constituida por conjuntos de areniscas cuarzosas, blancas de grano fino a medio bien cementadas, en estratos que varían de 0.15 a 2 m de espesor con intercalaciones de grandes paquetes de limolitas amarillo - rojizas. Algunos bancos de areniscas son lenticulares y presentan estratificación cruzada de gran escala.

Localmente la Formación aflora en la parte Nor Este del municipio en la vereda de Loma de Pala, Jupal y Saavedra de Morales. Por su posición estratigráfica (ver perfil geológico) la Formación Arcabuco ha sido considerada de edad Jurásico Superior, ya que infrayace en discordancia angular a la formación Cumbre, de edad probablemente Berraciano - Valangiano inferior (ETAYO F, 1.968 p 16). Las características de esta formación tales como la variedad en el tamaño del grano, la buena selección, la presencia de estratificación cruzada de gran magnitud y la lenticularidad de algunos estratos de areniscas y niveles de limolitas, sugieren un ambiente de sedimentación de llanuras de inundación cercanas a la costa.

## 🌀 **Cretáceo (141 ma – 65 ma).**

### ➤ **Formación Cumbre ( Kic)**

El nombre le fue dado por Renzoni, G (1.967, publicado en 1.981 p.38). Su sección tipo fue establecida en el descenso de la carretera Arcabuco - Moniquirá (Plancha 171. Publicado por Ingeominas).

La formación la Cumbre esta constituida localmente por una alternancia de limolitas arenosas de color amarillo y violeta con presencia de moscovitas y areniscas cuarzosas de grano fino a medio con inclusiones de materiales arcillosos de color gris y verde, estos paquetes de areniscas son friables y se encuentran estratificadas en bancos hasta de 0.70m de espesor. Algunos niveles de areniscas presentan estratificación cruzada. La unidad en el municipio alcanzó un espesor aproximado de 125m. sobre la Quebrada la Cumbre ubicada al Nor Oeste del Municipio, otros afloramientos de esta formación se pueden encontrar a través de la vía que comunica a la vereda centro con la vereda Minas.

Renzoni, G. (1.967, p 10) le infiere una edad de Valangiano por sus "características litológicas, su aspecto lenticular, y por el hecho de estar aparentemente apoyado sobre

---

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

<sup>4</sup> JULIVET (1.968) En el mapa Geológico de la plancha 170 Velez Memoria explicativa .INGEOMINAS 1.998.

las areniscas de Arcabuco" Etayo F, (1.968,p 14) considera este "nivel" como representativo de sedimentos de plataforma.

➤ **Formación Rosablanca (Kir)**

El nombre y rango de la formación le fue dado por Wheeler, O (1.929) Según Morales, et al (1.958, p. 648). Su localidad tipo es la del Cerro Rosa Blanca localizado en la concesión de mares ( Julivert, M., et al.,1.968).

La formación en la localidad está constituida por una sucesión de calizas negras de grano fino, fosilíferas, en estratos que varían desde 0,10 a 1,50m de espesor, con intercalaciones de arcillolitas en su mayoría calcáreas.

En el municipio las rocas de esta formación afloran predominantemente en el sector centro de la vereda Igua de Pardos y la vereda Centro. La edad de la formación según Burgl, H (1.954, p1) es considerada como Valangiano, según las características de la formación se deduce que la formación se depositó en un ambiente marino.

➤ **Formación Ritoque (Kiri).**

El nombre fue propuesto por Etayo, F. (1.968,pp16-17). Su nombre proviene de la quebrada Ritoque al noreste de Ráquira, en el área perianticinal del anticlinal de Arcabuco. Localmente la formación esta constituida por una sucesión de limolitas grises, con tonalidades amarillentas, rojizas por meteorización micácea con intercalaciones de arcillolitas calcáreas, su espesor aproximado es de 125m, la unidad se encuentra concordante suprayaciendo la formación Rosa Blanca.

Se ha considerado que la edad de la formación según Etayo es Hauterviano inferior y fué depositada en un ambiente marino. Esta formación se puede observar en la parte sur del Municipio en las veredas de Gachantivá Viejo, Las Vegas, Guitoque, Mortiñal y la parte sur de la vereda de Saavedra de Roncancio).

⌘ **Cuaternario (1,8 ma – 0 ma).**

La acumulación cuaternaria más importante del Municipio de Gachantivá se puede observar a lo largo del río Monquirá y Cane; si embargo, existen también, depósitos coluviales dispersos en pequeñas áreas. Las edades de los cuaternarios están comprendidas entre el Pleistoceno y el Holoceno (2- 0 m.a)

☆ **Depósitos de Coluvión (Qc).**



En el municipio este tipo de depósito se observa sobre la carretera que de Arcabuco conduce a Gachantivá comprendido entre la escuela el Jupal y el sitio denominado La Vega. El depósito está constituido por bloques arenisca cuyo tamaño oscila de 0.4 hasta 1m, los depósitos observados yace sobre laderas cuya inclinación del terreno no excede los 8° de inclinación; ubicadas al pie de sectores de mayor pendiente de donde se desprenden los materiales que constituyen el depósito.

#### ☆ **Depósito de Aluvión (Qal, Qav).**

Corresponde a las acumulaciones generadas por flujos torrenciales de las quebradas y los ríos, estos depósitos están cubriendo actualmente rocas más antiguas y estructuras del subsuelo. En el municipio hay dos sectores de pendientes suaves que permitieron la acumulación de materiales transportados por las corrientes, el primero de estos depósitos se encuentra al sur del municipio a lo largo del cauce del Río Monquirá y sobre el Río La Cebada, en estos depósitos los cantos que constituyen el depósito se encuentran embebidos en una matriz arcillosa, dentro del depósito predominan los cantos areniscas redondeadas que denotan un alto grado de transporte, los tamaños de los cantos, son variados desde unos pocos cm hasta bloques de 1m.

### **2.1.5. 2 Tectonismo**

En el municipio los principales plegamientos siguen un rumbo NE, al igual que los fallamientos inversos más representativos, mostrando una dirección de esfuerzos tectónicos NW axial de los fallamientos existentes. Los cuales se originaron por 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). Producto de esta dinámica tectónica se han generado diversas estructuras (sinclinales y anticlinales) y fallas dentro de las cuales las de mayor relevancia en el municipio de Gachantiva son:

#### ☆ **Anticlinal de Tinjacá - Oiba**

Esta estructura de tipo regional localmente se extiende a lo largo de 8.4 Km de este municipio, el eje de la estructura posee dirección de Nor - Este y pliega rocas de las formaciones Rosa Blanca y Ritoque. La estructura es cubierta al sur del municipio por el cuaternario de la Quebrada la Cebada. (ver plano Geológico).

#### ☆ **Sinclinal de las Vegas**

Esta estructura es una continuación estructural de el Anticlinal de Tinjacá-Oiba, su eje tiene una dirección Nor - Este y se extiende por 5km afectando rocas de la formación Ritoque, en su flanco oeste los estratos afectados por esta estructura poseen buzamientos

que oscilan entre los  $10^{\circ}$  y  $15^{\circ}$  lo que le confiere a la estructura una topografía suave. La estructura con relación a la cabecera municipal se encuentra ubicada a 2.5Km al Sur-Este de la cabecera Municipal. Esta estructura es una continuación plegada del Sinclinal de las Vegas como se puede ver en el mapa Geológico.

### **2.1.5.3 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. En Gachantivá las principales fallas encontradas son:

#### **↻ Falla de Igua de Pinzones**

Falla Normal que indica una tectónica de distensión. La dirección preferencial de esta falla es  $N 30^{\circ} W$  cuya extensión es en esta dirección de 13 Km, la falla pone en contacto las formaciones la Cumbre, Rosa blanca y Ritoque con la Arcabuco, la falla se trunca en el sector pues esta cubierta por el cuaternario de la quebrada la Cebada (Ver Mapa Geológico y perfil geológico).

#### **↻ Falla El Chusque**

Falla de rumbo que posee una dirección  $N40^{\circ} W$  que se extiende a lo largo de 7.8 Km, la falla desplaza las formaciones de Arcabuco y La Cumbre con un desplazamiento de 200m. La falla se trunca al Nor-Este en el Río Moniquirá.

#### **↻ Falla Jupal**

Esta falla posee una dirección  $N55^{\circ} E$  y se extiende 1.5 Km en esta dirección. Corta a la falla Igua de Pinzones lo que permite establecer que esta falla es posterior a la de Igua de Pinzones, como se puede observar en el Plano geológico la falla bordea el Cuaternario de Quebrada La Cebada ubicado al Sur - Este de la Cabecera Municipal.

### **2.1.6 Hidrogeología**

Esta ciencia estudia las aguas subterráneas, formas en que se manifiesta, dinámica e influencia en la corteza terrestre, génesis, composición y propiedades. La porosidad es la relación existente entre el volumen de poros y el volumen total de la roca, esta puede ser primaria o secundaria, la primaria es la originada en el tiempo de formación del material y la secundaria es la adquirida por el material mediante procesos fisicoquímicos o fenómenos tectónicos tales como fallas, fisuras, diaclasas, etc.

La permeabilidad de una roca es la capacidad de la misma para permitir la circulación de un fluido a través de ella bajo un gradiente hidráulico. La permeabilidad y la porosidad son las principales características que controlan la filtración en las rocas. La filtración se conoce como el movimiento del agua a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra.

**2.1.6.1 Caracterización Hidrogeológica de las Formaciones.** Para hacer una clasificación en forma cualitativa se le da a cada formación aflorante en la zona de estudio un grado de permeabilidad relativa. La evaluación se realizó teniendo en cuenta como base la litología constituyente de cada formación y el grado de fracturamiento que se pudo observar en campo; se asignó tres grados de permeabilidad relativa a la zona de estudio.

#### ≡ **Permeabilidad Baja**

##### ☉ **Formación Ritoque**

Si bien se puede afirmar que ninguna formación de las que afloran en el municipio es totalmente impermeable se puede considerar a la Formación Ritoque como la de menor permeabilidad de la región ya que predominantemente esta constituida por una serie de limolitas intercaladas con grandes paquetes de arcillolitas. En el municipio los materiales de baja permeabilidad se encuentran en la parte sur del municipio predominantemente en las veredas de Gachantivá Viejo, Las Vegas, Guitoque y la parte sur de la vereda Hatillo Socha.

#### ≡ **Permeabilidad Media**

##### ☉ **Formación Rosa Blanca**

Constituida por una sucesión de calizas negras, de grano fino intercaladas con arcillolitas calcáreas. Los materiales caracterizados así se ubican en las veredas de la Hoya, la parte norte de la vereda Hatillo Socha e Igua de Pardos

#### ≡ **Permeabilidad Alta**

##### ☉ **Formación La Cumbre**

Constituida por una alternancia de limolitas y areniscas cuarzosas. La formación se encuentra afectada por la falla Igua de Pinzón y La Cumbre lo que le da a la formación una gran porosidad secundaria.

#### ☞ **Formación Arcabuco**

Constituida principalmente por areniscas cuarzosas de grano medio a fino intercaladas con paquetes de limolitas. Las cuales localmente están afectadas por la falla Igua de Pinzón y la Chorrera lo que le da a la formación una gran porosidad secundaria.

#### ☞ **Cuaternario Aluvial**

Son depósitos constituidos por cantos redondeados y subredondeados, guijarros y gravas que se encuentran dentro de una matriz arenosa con algo de arcilla. La poca consolidación de estos materiales le da a estos materiales alta permeabilidad.

Los materiales cuya permeabilidad relativa es alta se encuentran en las veredas de Centro, Jupal, Igua de Pinzones, La Caja, Minas, Loma de Pala y Tres Llanos. En estos sectores es frecuente encontrar nacimientos de agua en donde el nivel freático intercepta la superficie del terreno. Según el mapa geológico se puede ver que la naturaleza de los materiales y el fracturamiento de las rocas generado por las fallas que afectan la parte norte del municipio ha generado una gran porosidad secundaria, lo que facilita el paso de agua a través de estos materiales haciendo que en estos sectores se tengan fuentes de agua.

### **2.1.7 Geomorfología**

Las manifestaciones morfológicas del Municipio de Gachantivá 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. En el municipio de Gachantivá se pueden observar las siguientes unidades Geomorfológicas:

#### **2.1.7.1 Unidad Colinada Denudativa (I).**

Corresponde a una zona en donde predominan las colinas y cerros con interfluvios redondeados y laderas de pendientes suaves que oscilan entre los 0 - 8<sup>0</sup> de inclinación. Esta unidad predomina en la vereda de Gachantiva viejo, Guitoque, Las vegas y a parte sur de la vereda el Mortiñal. Esta unidad se desarrolla en limolitas y conjuntos arcillosos de la formación Ritoque. En esta unidad los procesos morfodinámicos sobresalientes son la erosión laminar y en surcos originada por la escasa cobertura vegetal y la composición de las rocas.

**2.1.7.2 Montañosa Denudativa - Estructural (II).** Esta unidad se ha generado en sectores donde afloran materiales caracterizados por la intercalación de materiales

duros y blandos. Estos materiales se tienen en paquetes que pertenecen a las Formaciones La Cumbre y Rosa Blanca. Esta unidad se caracteriza por la presencia de interfluvios agudos, laderas onduladas, pendientes del terreno moderadas que oscila entre los  $8-16^{\circ}$ , en general la unidad esta bien disectada y presenta una buena cobertura vegetal lo que no ha permitido que se propaguen con facilidad los procesos ya existentes (reptación y algunos pequeños deslizamientos generados principalmente por el trazado de las vías).

Esta unidad por presentar una Buena cobertura Vegetal no presenta procesos erosivos de tipo laminar o concentrados. Las áreas que cubre esta unidad se encuentran en las veredas de Centro, Hatillo Socha, Tres Llanos, la parte norte de la vereda Jupal y el centro de la vereda La Hoya.

**2.1.7.3 Colinada Estructural Plegada (III).** Esta unidad se desarrolla sobre rocas constituidas esencialmente por materiales arcillosos y limolitas de la formación La Cumbre. La unidad se caracteriza por presentar interfluvios redondeados, valles amplios y laderas onduladas cuya pendiente topográfica no excede los  $8^{\circ}$ , se pudo establecer a través de la fotointerpretación que esta unidad se encuentra controlada principalmente por la Falla Igua de Pinzones y el Chusque. La unidad se encuentra principalmente en la parte media de las cadenas montañosas ubicadas al Nor- Oeste de la cabecera municipal en las veredas de Minas y la Parte Nor-Oeste de las veredas Igua de Pardos e Igua de Pinzones. El proceso predominante en la unidad es la reptación.

**2.1.7.4 Laderas Medias e Inferiores de Acumulación (IV).** Comprenden algunos sectores principalmente de la parte media inferior de los cerros Nor-Orientales, correspondientes a laderas con pendientes moderadas a suaves que se desarrollan en niveles de limolitas arenosas y arcillas. Esta unidad abarca una franja central de las veredas La Caja y Loma de Paja. No se observan procesos denudativos en esta unidad siendo unas de las mas estables como se puede ver el mapa geomorfológico.

**2.1.7.5 Unidad Pendientes Estructurales.** Se caracteriza por presentar escarpes generados en paquetes de rocas duras pertenecientes a las formaciones Ritoque y La Cumbre las cuales constan de limolitas grises y areniscas cuarzosas respectivamente, la pendiente topográfica en estos sectores es superior los  $16^{\circ}$  de inclinación.

La unidad está controlada por la falla Igua de Pinzones y Jupal las cuales han contribuido a la formación de estos sectores escarpados en donde el proceso predominante es la caída de rocas (desplomes). La unidad se puede observar en la parte sur de las veredas Jupal y Centro como también en el extremo oriental de las veredas Igua de Pinzones e Igua de Paez. Como se puede observar en el mapa

Geomorfológico.

**2.1.7.6 Depósito Coluvial (VI).** Este tipo de depósito se encuentra concentrado en la vereda de Jupal cerca de la escuela, los depósitos observados en esta zona se caracterizan por presentar bloques angulosos cuyos tamaños oscilan entre los 0.20-1, predominantemente están constituidos por areniscas las cuales provienen de zonas empinadas en donde afloran rocas de la Formaciones La Cumbre y Rosa Blanca, estos depósitos reposan en sectores de baja pendiente (menor de 8° de inclinación) y generan una topografía irregular. Localmente estos cubren rocas de la Formación Arcabuco y se extienden a lo largo del valle del Río La Cebada.

**2.1.7.7 Depósitos Aluviales (VII).** Estos depósitos corresponden a formas agradacionales ubicada en sectores de baja inclinación  $\theta$  2° a orillas de los ríos La Cebada y Monquirá. Estos depósitos están constituidos por cantos de diversos tamaños desde 0.1 hasta 0.5m su composición es generalmente arenisca y se encuentran embebidos en una matriz arcillosa.

## **2.1.8 Descripción de Zonas Críticas**

### **2.1.8.1 Sector 1**

Vereda: Gachantivá Viejo - Mortiñal.

#### **☛ Generalidades**

La parte sur del municipio comprendida entre las veredas Gachantiva Viejo y Mortiñal está afectada por procesos denudativos específicamente erosión laminar y en surcos. Los procesos existentes han desgastado la capa productiva del suelo, el proceso erosivo observado se ha desencadenado por la escasa vegetación existente en el área, la baja precipitación, la naturaleza de las rocas que afloran en el área las cuales fácilmente se meteorizan y al mal uso de suelo.

#### **☛ Recomendaciones**

A fin de evitar que los procesos antes descritos se propaguen se debe propender por realizar una recuperación de los suelos de esta área.

### **2.1.8.2 Sector 2**

Vereda : Centro . Coordenadas. Norte: 5° 44' 30" Este : 73° 32' 13.4"

## ☛ Generalidades

El sector se encuentra afectado por un deslizamiento de tipo rotacional que afecta limolitas de color rojizo pertenecientes a la formación la Cobre, el área afectada por el movimiento es de 60 metros de ancho por 12 metros de altura e involucra un volumen aproximado de  $350\text{m}^3$ . Como causas del proceso se tiene: La apertura de la vía que de Arcabuco conduce a Gachantivá, la pendiente del terreno (Superior a los  $32^\circ$ ) y la escasa cobertura vegetal. El fenómeno según los pobladores se activa en época invernal obstaculizando la vía.

### 2.1.8.3 Sector 3

Vereda Igua de Paez

Coordenadas. Norte  $5^\circ 47' 55.1''$  Este:  $73^\circ 34' 38.7''$

## ☛ Generalidades

Se observa un deslizamiento de tipo rotacional generado sobre materiales in consolidados constituido por bloques angulares embebidos en una matriz areno arcillosa. La falta de consolidación de los materiales del deposito del sector ya mencionado no daba las suficientes condiciones de estabilidad lo que propicio el deslizamiento al trazar la vía por este sitio.

El fenómeno tiene un área aproximada de 200 metros de longitud por 18 metros de alto e involucra un volumen de  $1800\text{m}^3$ . Según los pobladores del sector el movimiento se reactiva en la época invernal obstruyendo eventualmente el camino.

## ☛ Recomendaciones

En lo posible sería recomendable buscar otra alternativa de vía, pero de no ser posible seria necesario algunas medidas tendientes a drenar el área tratando en lo posible de evacuar del cuerpo del movimiento, para ello es necesario construir una franja zanja colectora de 200 metros de largo ubicada en la parte superior del movimiento también la zanja debe estar impermeabilizada con arcilla igualmente se debe crear canales colectores en el cuerpo del movimiento a fin de drenar el cuerpo del deslizamiento. Es también importante que se incremente la presencia de la vegetación en el sector especialmente con arbustos a fin de que éstos también ayuden controlar la escorrentía.

#### **2.1.6.4 Sector 4**

Vereda Igua de Pinzones. Coordenadas : Norte  $5^{\circ} 46' 11.8''$  Este:  $73^{\circ} 32' 54''$

##### **☛ Generalidades**

Se tiene un deslizamiento de tipo rotacional generado en arcillolitas amarillentas de la formación la Cumbre el sector afectado cubre 20 metros a lo largo de la vía que de la cabecera municipal conduce a la vereda la Caja. El área afectada es de 20 metros de largo por 8 metros de altura y un espesor promedio de 0.7 metros lo que nos da un volumen  $112\text{m}^3$  de material involucrado en el deslizamiento según los pobladores del sector el proceso sufre reactivaciones en época invernal como se puede ver en la figura 7, el área que limita al deslizamiento posee una buena cobertura vegetal lo que no deja que el deslizamiento cubra una mayor zona.

El deslizamiento afecta únicamente la banca de la vía en época invernal.

##### **☛ Recomendaciones**

A fin de evitar la propagación del proceso se debe realizar una zanja de coronación de 9m de largo procurando que cubra el contorno superior del deslizamiento, esta zanja se debe impermeabilizar con arcilla a fin de evitar infiltraciones con esta zanja se busca no solo controlar la escorrentía dentro del deslizamiento sino que también se pretende evitar la generación de agrietamientos que podrían convertirse con el paso del tiempo en potenciales superficiales. También se debe realizar revegetación de la zona a fin de lograr un mayor control de la escorrentía y una mayor resistencia al corte de los materiales in-situ

#### **2.1.8.5 Sector 5**

Vereda: Jupal. Coordenadas . Norte  $5^{\circ} 44' 28.6''$  Este:  $73^{\circ} 33' 02.4''$  Cota: 2475

##### **☛ Generalidades**

Se observó en este sector un deslizamiento generado a lo largo de la vía que de Gachantivá conduce a Villa de Leyva. El proceso afecta 50 metros de la vía ya mencionada y tiene una altura aproximada de 10 metros, es posible observar en el área contigua al deslizamiento procesos de reptación y algunos bloques herráticos que contribuyen a generar sobrecargas al terreno ocasionando pérdidas en la resistencia al corte de los materiales que conforman la ladera.



Como causas del proceso se pueden citar: la fuerte pendiente del terreno, la poca vegetación existente en el sector, el trazado de la vía (que sin duda fue la causa mas importante en la generación del proceso) y la presencia de Bloques en la superficie que como se dijo antes contribuyeron a generar sobre cargas en el terreno. Todos estos factores unidos a la naturaleza de los materiales arcillosos que afloran en el sector contribuyeron a al generación del proceso.

#### ☛ **Recomendaciones**

Se debe realizar una revegetalización del sector a fin de que se controle con eficacia la escorrentía superficial, también es preciso establecer canales de desagüe a través del sector afectado a fin de que se pueda controlar la escorrentía. En lo posible se debe mantener en buen estado las cunetas de la vía a fin de que no se tengan infiltraciones que pudiesen generar sobre la banca de la vía potenciales superficies de Falla.

#### **2.1.8.6 Sector 6**

Vereda: Minas (Puente Mata Redonda). Coordenadas . Norte  $5^{\circ} 47' 55.1''$  Este:  $73^{\circ} 34' 38.7''$  Cota : 1820

#### ☛ **Generalidades**

Sobre el río Monquirá margen Este del puente Mata Redonda se observa socavación lateral del cauce originado por la dinámica del río el proceso de socavación ha generado un retroceso de la ladera lo que ha permitido que la corriente choque directamente sobre el estribo este del Puente generando un debilitamiento de la estructura que ya es evidente pues se tienen algunos agrietamientos en la base de la estructura.

#### ☛ **Recomendaciones**

Para mitigar el efecto que actualmente la corriente del río genera sobre la ladera es necesario realizar muros de protección los cuales deben estar constituidos por colchón de cimentación el cual debe proyectarse hacia el río a fin de evitar la socavación el muro propiamente dicho, el colchón se debe apoyar sobre el manto de protección o tapete de cimentación de pequeño espesor (30 estándar) y de longitud dos veces la socavación calculada, si no se construye este voladizo se debe cimentar el muro por debajo de la profundidad de socavación.

El diseño de es estabilidad del muro en gaviones se debe realizar teniendo en cuenta el calculo de socavación a fin de establecer la profundidad de cimentación del muro. (los

cálculos de socavación no están al alcance de este estudio, sin embargo se deja constancia de la necesidad de estos antes de ejecutar cualquier muro de protección en el muro).

Otra medida que se debe tener en cuenta para evitar la propagación del proceso en el sector es realizar una ronda protectora a lo largo del cauce del río. Esta ronda protectora debe estar constituida por vegetación nativa y debe ocupar por lo menos 15m a lado y lado del cauce.

#### **2.1.8.7 Sector 8**

Mata redonda, sobre el camino que comunica a Gachantivá con Monquirá a lo largo del camino especialmente 400 metros antes de llegar al sitio conocido como Mata Redonda.

Se tiene taludes constituidos por areniscas fuertemente fracturadas las cuales presentan infiltraciones de agua que constantemente están humedeciendo los materiales del talud contribuyendo así a generar constantes desprendimientos que obstaculizan constantemente el camino.

#### **➤ Recomendaciones**

Se propone que para este sitio se debe realizar un estudio detallado de las condiciones a fin de poder realizar una reconfiguración de la topografía (si las condiciones de estabilidad lo permiten), por ahora como medida de mitigación se recomienda realizar una revegetalización de la zona a fin de controlar la infiltración observada ya que ésta es uno de los factores detonantes del proceso además de la del fuerte fracturamiento del macizo rocoso generado por la Falla el Chusque.

#### **2.1.9 Aspectos Mineros del Municipio de Gachantivá**

Dentro del contexto del Esquema de Ordenamiento Territorial que se desarrolla para el Municipio de Gachantivá, se realiza un análisis de potencial geológico-minero dentro de su extensión territorial con miras a determinar los recursos minerales explotables como instrumento para el desarrollo económico y social del Municipio; esto permitirá en un futuro la utilización de tecnologías limpias, de industrialización y comercialización, y el desarrollo de una infraestructura adecuada para la creación de empresas mineras.

2.1.9.1 Geología de los Recursos Minerales. El Municipio de Gachantavá por encontrarse geológicamente localizado sobre formaciones de origen sedimentario, de edad Jurásico y Creatáceo cuenta con recursos minerales de los grupos Minerales de Construcción: Calizas, Arcillas, Agregados Pétreos y del Grupo Metales Básicos: Cobre; según la clasificación internacional adoptada por INGEOMINAS para agrupar los minerales considerados estratégicos para el desarrollo de Colombia.

2.1.9.2 Reseña Histórica de la Minería en Gachantivá. Se tiene poca información de lo que ha sido la actividad minera de este municipio a través del tiempo; a pesar de que cuenta con recursos importantes como calizas, y caolín . En realidad este renglón económico no se ha desarrollado.

Según algunos registros bibliográficos, se logró establecer que existió una explotación de mineral de cobre en el sector Nor-Occidental de Gachantivá, en la Vereda Minas, la cual se desarrollo a comienzos de los años cincuenta y llegó a tener auge hasta hace 30 años. Esta explotación subterránea se llevo a cabo de forma rudimentaria, por un grupo de árabes que llegaron a construir la infraestructura necesaria para sacar el mineral del país, pero por causas que se desconocen la explotación fue abandonada.

Minerales como arcillas y caolín, existen en el municipio, pero no se han explotado con fines comerciales. Empresas como Colcerámica realizaron estudios para determinar la calidad de las arcillas y cuantificar las reservas de este sector, pero al parecer no resultaron aptas para fines industriales.

Existen dos sitios para la obtención de cal mediante la quema de piedra caliza, estos son hornos rudimentarios que tuvieron una producción de 300 bultos de cal a mes, la cual se empleaba con fines agrícolas en los municipios de Santa Sofía y Gachantivá pero por su baja rentabilidad y poco comercio fueron abandonados.

Actualmente, existe una cantera de propiedad del municipio para extracción de material de recebo, consistente en lutitas negras, en el sitio denominado Las Peñitas. Aunque la calidad del material no sea la adecuada para este fin, la extracción se realiza a Cielo Abierto, de forma rudimentaria con pico y pala y se explota de forma intermitente, sólo cuando las necesidades lo requieren.

2.1.9.3 Manifestaciones y Yacimientos Minerales Encontrados. Vereda Las Minas: Cota 1935. Coordenadas: N 5° 47' 55,5'' W 73° 34' 38''

Se encuentra un afloramiento de areniscas de grano fino, bien cementadas, de color amarillo. Presentan diaclasamiento y corresponden a un paquete de areniscas de la Fm. Cumbre. Presentan un rumbo N 43° E y un buzamiento de 8° SE.

Cerca de este punto, sobre la vía Gachantivá – Moniquirá, se presentan taludes altos, en un material arcilloso con intercalaciones de areniscas de grano fino, muy fracturadas lo que origina que material suelto caiga sobre la vía. La evidencia del tectonismo que ha sufrido la zona, pone de manifiesto varias familias de diaclasas que permiten el flujo constante de agua, ocasionando la disminución en la resistencia de la roca.

Ya que este yacimiento de arenisca, se encuentra sobre la vía que presenta una pendiente fuerte, se recomienda realizar un estudio a fondo para determinar la viabilidad de explotación de este material sin afectar la carretera, al igual que realizar sobre muestras ensayos de resistencia, composición química, para verificar su mejor uso.

El espesor de los paquetes (0.80 – 2.00 mst) y su extensión en el rumbo (60 mts) permiten estimar reservas aproximadas de 19.500 m<sup>3</sup>; el grado de diaclasamiento que muestra facilitaría la explotación por bloques a cielo abierto. Pero hay que tener en cuenta un estudio previo de mercadéo y la viabilidad de desarrollar la explotación causando el mínimo impacto ambiental ya que se pone en peligro de contaminación por las labores mineras los cauces del Río Moniquirá y la Quebrada Honda.

☞ Vía Moniquirá - Gachantivá, Hacia la Quebrada Honda

Cota: 2550 Coordenadas: N 5° 46' 52.4" W 73° 32' 51.1"

Existe un afloramiento de areniscas cuarzosas de color amarillo, muy duras, fracturadas. En un potente banco de 12 mts. de espesor, con rumbo N 60° E y buzamiento 25° NW. Estas areniscas pertenecen a estratos de la Formación Arcabuco.

Por su dureza se podrían emplear como materiales de construcción. Para la explotación de este yacimiento es necesario considerar la vía, ya que podría verse afectada por las labores mineras; además se recomienda realizar estudios de mercadeo e impacto ambiental antes de iniciar la explotación.

Se estima unas reservas explotables de 14.400 m<sup>3</sup>.

☞ Las Peñitas

Cota: 2580 msnm, Coordenadas: N 5° 43' 46,5" W 73° 33' 20"

Aforamiento de lutitas negras de la Fm. RosaBlanca, aquí se lleva a cabo una explotación a cielo abierto de este material que es empleada como recebo aunque no es de buena calidad para tal fin. Esta recebera, de propiedad de la alcaldía se explota de forma rudimentaria a pico y pala desde hace 3 años, y de manera intermitente, pues solo se extrae material cuando las vías del municipio lo requieren.

Presenta una vía de acceso de alta pendiente, en buen estado durante época de verano pero difícil de transitar para los vehículos durante el invierno. Las reservas estimadas son de 480 m<sup>3</sup>.

☉ Vereda Igua de Pardos

Cota: 2420 msnm. Coordenadas: N 5° 45' 16,2'' W 73° 33' 39''

Se encuentra un afloramiento de calizas de la Formación RosaBlanca el que fue explotado por bancos a cielo abierto y de forma rudimentaria, actualmente esta abandonado. Cerca de la explotación existe un horno para la obtención de cal que llegó a producir 1.5 ton/mes pero que actualmente no se emplea puesto que no resulta rentable la producción debido a que no existe una demanda favorable del producto que se vendía en los municipios de Santa Sofía y Gachantivá como fertilizante agrícola.

☉ Vereda Jupal

Cota: 2550 msnm. Coordenadas: N 5° 44' 34,9'' W 73° 31' 54,1''

Existe un yacimiento de calizas de la Formación Rosa Blanca, que fue explotado para la obtención de cal en un horno excavado en la misma roca, pero que actualmente se encuentra abandonado. Existió una vía de acceso de volquetas que es relativamente fácil de habilitar ya que este yacimiento potencialmente puede ser explotado por que sus reservas estimadas son de 750.000 m<sup>3</sup>.

Se recomienda realizar los estudios pertinentes de mercadeo en la región y de impacto ambiental, además de los trámites legales para la consecución de las licencias de exportación y explotación.

Este material no sólo sirve como aditivo químico para abonos sino también como material de construcción.

☉ Vereda las Minas

Cota: 1865 msnm. Coordenadas: N 5° 44' 28,1'' W 73° 23' 02,6''

Existe una manifestación de mineral de cobre, que según habitantes del sector, antiguamente fue explotada por iniciativa de un grupo de árabes que llegaron a la vereda y crearon la infraestructura necesaria para extraer el mineral por el sistema subterráneo de forma rudimentaria en aproximadamente 25 socavones a orillas del Río Moniquirá y la Quebrada Honda, y elaborar un planta de beneficio consistente en una serie de hornos, de los cuales se encuentra hoy día una gran cantidad de escoria que indica que la producción debió ser importante. No se conocen datos de producción, ni de los métodos empleados en el proceso de beneficio, transformación ni comercialización del mineral; tampoco se sabe por que esta pujante explotación fue abandonada repentinamente.

En la zona se observan minerales asociados a los yacimientos de cobre de origen sedimentario como la malaquita, azurita, calcopirita, calcosina y piritita goetizada que se presentan rellenando fisuras en rocas de las formaciones Rosablanca y Cumbre. También se encuentra calsita, siderita y cuarzo probablemente como minerales de ganga.

Existen referencias bibliográficas a cerca de estas manifestaciones pero realmente falta realizar una exploración detallada con el empleo de métodos geoquímicos para determinar la potencialidad de explotar el mineral de cobre en la región. Se enfatiza en la urgencia de este tipo de investigación, ya que el cobre es un mineral que esta bien cotizado en el mercado internacional, y es considerado estratégico para el desarrollo de Colombia.

☉ Vereda Minas

Cota: 2435. Coordenadas: N 5° 46' 11,8'' W 73° 32' 54''

La formación Cumbre presenta varios afloramientos de caolín que han quedado al descubierto a lo largo de algunos de los tramos de las vías de esta vereda.

No se hizo una estimación de las reservas de este mineral ya que por estar dispuesto sobre las vías no es fácil adecuar una explotación del mismo.

#### 2.1.9.4 Conclusiones del Aspecto Minero

- 🏠 Se debe realizar un estudio detallado a nivel de exploración para lograr determinar la potencialidad de la manifestación de cobre de la Vereda Minas.
- 🏠 Es importante investigar a cerca de las propiedades químicas de los caolines que existen al NW y centro del municipio, ya que la industria cerámica exige materiales de buena calidad que probablemente se encuentran allí.
- 🏠 Al reactivar el mercado de las calizas se podría genera gran beneficio económico para el municipio, ya que se cuentan con buenas reservas de este material, y en algunos casos la infraestructura necesaria no requiere de mayor inversión.
- 🏠 Se sugiere buscar el apoyo de entidades como INGEOMINAS y MINERCOL para desarrollar programas de investigación de los recursos minerales del municipio, lo que redundaría en incentivar la inversión de capital para explotación y explotación con el consecuente fortalecimiento de este renglón económico.

#### 2.1.10 Conclusiones Area Geológica

- ☞ Teniendo en cuenta los resultados obtenidos del estudio de amenazas para el Municipio de Gachantivá se pudo establecer que un 55% del Municipio presenta zonas desprovistas casi en su totalidad de amenazas, dándose en estos sectores las condiciones mas estables del municipio. Dentro de los sectores de baja susceptibilidad ambiental a presentar amenazas se tiene la gran parte de la vereda de las veredas la Igua de Pæz, Igua de Pinzones, Igua de Pardos, Minas, Tres Llanos y La Caja en donde se tienen colinas y montañas con una baja dinámica denudativa.
- ☞ Los sectores con grado medio de susceptibilidad a la ocurrencia de amenazas geológicas, se concentran en el centro y sur del municipio, en la parte norte de la veredas Guitoque , Las Vegas, Saavedra de Roncancio y la Hoya, así como en parte de la vereda el Mortiñal. Esta zona representa el 20% del área del municipio y en ella predominan los procesos de reptación, deslizamientos menores causados en su gran mayoría por la escasa cobertura vegetal y las condiciones climáticas y la naturaleza de las rocas que afloran en el área. Se pudo establecer que los procesos observados no presentan una tendencia a propagarse, pues los procesos se dan de manera puntual sin tener un agente detonante constante.

- ☒ El municipio de Gachantivá está ubicado en una zona de amenaza intermedia. Siendo la reptación la amenaza registrada en la cabecera Municipal donde se observa como el proceso afecta la parte Sur-Oeste del municipio (en la parte contigua a las manzanas 16,17 y 12), el proceso presenta una tendencia a propagarse con facilidad ya que se tiene pendientes topográficas considerables, flujos superficiales de agua y por último se desarrolla ocasionalmente la actividad pastoril que no solo le quita la cobertura al terreno sino que los animales generan el terreno un sobre peso adicional al terreno provocando que lentamente los materiales fluyan.
- ☒ En los sectores catalogados como de susceptibilidad alta a presentar amenazas geológicas, las frecuencias de los eventos indican tendencia a la propagación. En el Municipio de Gachantivá estas zonas se ubican en las veredas de Gachantivá Viejo, Guitoque, parte Este de las veredas de Mortiñal, Sur de la vereda Jupal y Loma de Pala. Se puede afirmar que los procesos de erosión laminar, los deslizamientos y la caída de Bloques son las amenazas que con mayor frecuencia se dan en esta unidad. Es evidente como los procesos erosivos registrados están asociados a factores climáticos, la naturaleza arcillosa de las rocas que afloran en estas zonas y la escasa cobertura vegetal han sido factores determinantes en la ocurrencia de este proceso el cual predominantemente se concentra en las veredas de Guitoque y Gachantivá Viejo. Por otro lado la mayoría de deslizamientos observados están asociados no solo a las condiciones analizadas como factores de alta susceptibilidad sino también a los sectores en donde se tiene trazos de carreteras las cuales se diseñaron sin tener en cuenta las pendientes topográficas, la inclinación de los estratos que en muchos casos resultan desfavorables al trazo de la vía.
- ☒ En general, la región muestra una gran dinámica erosiva que se manifiesta en la disección del terreno ya que hay un gran número de cuencas de orden 1 y 2 concentradas espacialmente, en las cuales se han reportado la mayor cantidad de amenazas ligadas a procesos denudativos tales como calvas de erosión, y erosión concentrada como lo muestran los análisis de frecuencia.
- ☒ De manera hipotética se podría plantear como solución para las zonas de susceptibilidad intermedia el mejoramiento de las condiciones de estabilidad mediante el incremento de la capa vegetal, ya que ésta contribuye a controlar la escorrentía superficial evitando así que se incrementen los procesos erosivos. De igual forma, aumentan la resistencia al corte de los materiales gracias al efecto de amarre que proporciona las raíces de la vegetación arbustiva que se requiera implantar. Es importante anotar que en los sectores de estabilidad crítica (deslizamiento ubicado en el Sector de Pontzuela) requieren de manejos especiales



que conjuguen ciertos mecanismos enfocados a controlar cada uno de los factores que han generado esta situación.

En términos globales, la suma de la gran cantidad de factores geológicos, climatológicos y ambientales en pugna por crear y destruir rocas, ha generado una serie de amenazas a las actividades antrópicas que se intensifican mucho más cuando el hombre interviene inadecuadamente las condiciones naturales de equilibrio. Es así como la interacción de diferentes variables evita generalizar las causas de inestabilidad puesto que cada caso es diferencial, existiendo puntualmente una con mayor peso.

### **2.1.11 Recomendaciones**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el trabajo realizado para el Municipio de Gachantiva y a la zonificación de amenazas se recomienda:

- ⇒ Adelantar programas de reforestación en las márgenes de las quebradas a fin de evitar procesos de socavación que aunque solo se registraron en el sector de Mata Redonda a orillas del río Moniquirá, se pueden dar en las quebradas Guitoque, el Chorro, Palo cortado, El molino, El Mohan y la Aguada ya que estas presentan valles estrechos en donde fácilmente se podría generar este fenómeno.
- ⇒ Se debe realizar una recuperación del suelo en las veredas de Guitoque y Gachantiva viejo ya que estas veredas presentan los mas graves problemas de erosión de todo el municipio.
- ⇒ Mejorar las técnicas agrícolas, ya que muchas de las prácticas observadas, como sembrar en dirección de la pendiente, riegos artificiales en exceso y sobreexplotación de los suelos son agentes que contribuyen a la generación de procesos de remoción en masa.
- ⇒ Implementar un sistema de rotación de cultivos a fin de evitar el sobre pastoreo el cual degrada el suelo.
- ⇒ Tener en cuenta las recomendaciones hechas para las zonas críticas a fin de evitar la propagación de los procesos ya existentes.
- ⇒ Evitar el vertido de aguas residuales del Municipio especialmente en el sector sur Oeste (manzanas 17,18 y 12 ) ya que se tienen procesos de reptación que con el paso pueden generar procesos de mayores dimensiones como deslizamientos, se debe evitar también el pastoreo en esta zona.

- ⇒ Cualquier tipo de construcción realizada en la cabecera municipal se debe ejecutar teniendo en cuenta las normas sismo resistentes vigentes, siendo la Parte Sur Oeste de la cabecera municipal la que presenta las condiciones de estabilidad mas desfavorables ya que se tiene en este sector procesos de reptación y fuertes pendientes topográficas.
  
- ⇒ En el proceso de planificación municipal se recomienda tener en cuenta el mapa de amenazas a fin de no proyectar obras civiles en los sectores de amenaza alta ya que presentan las condiciones geológicas mas desfavorables.

## **BIBLIOGRAFIA**

Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Versión 1.996 para Macintosh y Windows. CD-ROM.

ETAYO et al (1969) en Plano Geológico de Colombia, Memoria Explicativa. INGEOMINAS 1988. Plano Geológico de Colombia. Memoria Explicativa. República de Colombia, Ministerio de Minas y Energía, INGEOMINAS. Bogotá, 1988. Publicación no periódica.

RENZONI, G. Geología del Cuadrángulo J-12, Tunja: Boletín Geológico. Vol. 24, No. 2 (1981);

REYES, Ítalo. El Lago de Tota. Revista Perfiles. Año 5 No. 12, Acerías Paz de Río S.A.

VILLOTA, Hugo. Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras. De Imprenta IGAC. 1991.

GARCIA López, Manuel. Manual de Estabilidad de Taludes. Imprenta U.N 1.996

Memorias VIII Jornadas Geotecnicas y II Foro Sobre Geotecnia de La Sabana de Bogotá

## GLOSARIO

**AFLORAMIENTO:** Término geológico que indica la parte de una capa geológica o de una capa de agua que se asoma a la superficie del terreno, por causas o fenómenos naturales.

**ANTICLINAL:** Configuración de las rocas estratificadas que se pliegan, en la que las rocas se inclinan en dos direcciones diferentes a partir de una cresta (como un tejado de dos aguas). Arco con la convexidad hacia arriba. La cresta antes mencionada se llama eje. La inversa de un anticlinal es un *sinclinal*.

**ANTRÓPICO:** Debido a la acción directa o indirecta del hombre y las sociedades. El grado de intervención antrópica determinan el estado de equilibrio de un medio.

**BUZAMIENTO:** Ángulo que forma el eje de una masa de rocas plegadas con relación a un plano horizontal.

**CANTO RODADO, TAMAÑO DE:** Volumen mayor que el de una esfera de 250 mm de diámetro.

**COLINA:** 1) Forma del relieve de altura reducida generalmente aislada y de altitud inferior a 100 m; con perfil longitudinal suavizado y contorno redondeado. El modelado o forma de la colina varía según el material y la acción de la disección fluvial. La mayoría de los drenajes que separa grupos de colinas son "valles elementales" de drenaje temporal. 2) Forma de relieve redondeada, a menudo aislada y de escasa altura (100 a 300 m) cuyas vertientes generalmente no incluyen escarpes. 3) Elevación natural del terreno menor que una montaña y aislada, dispuesta en medio de una llanura con flancos de pendiente suaves.

**CUCHILLA:** Forma de relieve resultante del levantamiento o disección de una montaña de extensión longitudinal kilométrica. La cima o terminación es generalmente aguda a muy aguda y los costados transversales son rectilíneos a convexo-cóncavos. 2) Cordillera secundaria o contrafuerte alargado y de flancos o vertientes escarpados.

**DISECCIÓN:** 1) Término geomorfológico para indicar modificación de un relieve por acción de la erosión resultante de la entalladura generada por las corrientes fluviales o aguas de escurrimiento sobre un terreno. 2) Destrucción o transformación natural de un relieve inicial, originariamente homogéneo, por la acción de la esorrentía superficial a

profunda. 3) Capacidad de entalladura del agua sobre la superficie terrestre.

**DRENAJE:** Disposición de los cursos de varias corrientes de agua que, vistas sobre un Plano o desde el aire, asemejan diferentes órdenes.

**ESCARPE:** 1) Término geomorfológico que designa en general, una vertiente rocosa y empinada con paredes de fuerte pendiente, generalmente superiores a 45°. Su origen está asociado a diferentes fenómenos. 2) Pared rocosa.

**GEOLOGÍA:** Conjunto organizado de conocimientos referentes a la Tierra, incluye tanto la geología física como la geología histórica.

**GEOMORFOLOGÍA:** Estudio científico de las formas del relieve terrestre. Incluye el análisis estructural del relieve así como la génesis y evolución (dinámica) de las formas del terreno.

**LADERA:** Flanco más o menos inclinado de una montaña.

**MODELADO:** Conjunto de formas de la superficie terrestre resultantes de la acción de agentes y procesos erosivos. Es el caso del modelado fluvial, modelado glacial, modelado volcánico, en donde también actúan los agentes meteorológicos, aunque de forma lenta.

**MONTAÑA:** 1) Parte sobresaliente de un relieve de la corteza terrestre, levantado algunos o muchísimos metros por encima de su base o posición original, con desnivelaciones importantes y pendientes escarpadas. 2) Gran elevación natural de la superficie terrestre con respecto a otros relieves contiguos. 3) Término para designar elevaciones mayores, diferentes de lomas y colinas de más de 200 - 300 m a partir de la base.

**MUNICIPIO:** 1) Define la mínima división política - administrativa del territorio de un departamento. En Colombia se considera como una entidad territorial con funciones políticas, judiciales, sociales y económicas. 2) Conjunto de habitantes de una misma área jurisdiccional, regido en sus intereses por un ayuntamiento. El municipio es dirigido por un alcalde cuya misión es mantener el orden y los reglamentos en lo relativo a la función político-administrativa.

**ORDENAMIENTO DEL TERRITORIO:** Término recientemente introducido al vocabulario geográfico para referirse a las acciones y concertaciones requeridas para la organización de un territorio. El ordenamiento territorial es una política del Estado y un instrumento de planificación, que permite una apropiada organización político-administrativa de la Nación, y la proyección espacial de las políticas de desarrollo

social, económico, ambiental y cultural de la sociedad, garantizando un nivel de vida adecuado para la población y la conservación del ambiente.

**PIEDEMONTE:** Área adyacente a un volumen montañoso (ejemplo, cordillera), hasta por debajo de los mil metros de altura y con variaciones locales, donde se acumulan agentes erosivos. Un piedemonte definido, según Tricart, es una forma tectónica resultante de un proceso de diferenciación entre dos compartimientos, uno que se levanta y otro que se hunde, produciendo un contraste entre los volúmenes montañosos, las fosas tectónicas y las áreas deprimidas. Los volúmenes montañosos levantados son la fuente de gran cantidad de materiales detríticos, que se depositan en los piedemontes, produciendo un modelado en el que predominan los conos de deyección, glaciares y terrazas aluviales; depósitos cuya edad es finiterciaria (terciario superior) y cuaternaria.

**QUEBRADA:** 1) Curso de agua que corre por las quebradas de las sierras o en tierra llana. 2) Cualquier agua que corre de un barranco a un río. 3) Lecho seco de río o torrente.

**ROCA:** 1) Material sólido formado por agregado de partículas minerales que forman parte de la litosfera. 2) Piedra, o vena de ella, muy dura y sólida. 3) Peñasco que se levanta en la tierra o en el mar. 4) Sustancia mineral que por su extensión forma parte importante de la masa terrestre.

**RUMBO:** Dirección de la línea que se forma por la intersección de la superficie de una roca con un plano horizontal. El rumbo siempre será ortogonal a la dirección del buzamiento máximo.

**TECTÓNICA:** Estudio de la estructura de la corteza terrestre o de una determinada región.

**VALLE:** 1) Depresión alargada generalmente recorrida por un curso de agua. 2) Un valle compuesto por dos vertientes, un fondo (lecho mayor y menor) y una llanura de inundación; el río corre por el centro. 3) Corredor o depresión de forma longitudinal, en relación con el relieve contiguo, que puede alcanzar varios kilómetros de extensión.

## **2.2 ESTUDIO GENERAL DE SUELOS MUNICIPIO DE GACHANTIVÁ**

En este capítulo se presentará el estudio general de suelos del municipio de Gachantivá en lo atinente en primer lugar a la caracterización de las asociaciones de suelos presentes en cuanto a pendiente, erosión, humedad, profundidad; en segundo lugar se analizará lo correspondiente a la clasificación agrológica del suelo; en tercer lugar se describirá el uso y cobertura vegetal del suelo, en cuarto lugar se presentará el uso potencial del suelo, en quinto lugar el conflicto existente en el uso del suelo. A continuación se desarrollarán los ítems descritos.

### **2.2.1 Asociaciones de Suelos**

Teniendo como referencia el Estudio General de Suelos de algunos municipios de las Provincias de Centro, Occidente, Ricaurte y Tundama (Departamento de Boyacá), publicado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi en 1984, considero pertinente realizarle algunos ajustes en el detalle cartográfico para adecuarlo a la escala 1:25.000 utilizada para el Ordenamiento Territorial del Municipio de Gachantivá. Adicionalmente me apoyé en el Estudio General de Suelos de la Provincia de Ricaurte y municipio de Samacá publicado por el IGAC en 1975 y el Estudio General y semidetallado de los suelos de Arcabuco y Villa de Leyva presentado como Tesis de Grado en la Facultad de Agronomía en 1975.

Al realizar la fotointerpretación se logró un mayor detalle cartográfico en las unidades delimitadas teniendo en cuenta factores erosivos y pendientes principalmente y se deslindaron unidades de tipo coluvial identificadas en los dos últimos estudios referidos. Resultaron delimitadas e identificadas las unidades que se describen a continuación, con base en la leyenda adjunta:

#### **🌐 Asociación Meseta (MS)**

Ocupa vertientes de relieve inclinado hasta fuertemente ondulados con escarpes. El clima corresponde al frío húmedo y muy húmedo con alturas entre 2.100 y 2.800 m.s.n.m. aproximadamente, en límites con los municipios de Arcabuco y Moniquirá, al norte del municipio.

Los suelos de esta unidad se han formado sobre materiales arcillosos procedentes de lutitas y arcillolitas. El drenaje es moderado y se observan procesos erosivos por escorrentía difusa y el pisoteo del ganado.

GEO-FORMA	CLIMA	PROCESOS ACTUALES	UNIDAD CARTOGRÁFICA	SIMB. EN MAPA	COMPONENTES DE LA UNIDAD CARTOGRAFICA	CLASIFICACION TAXONÓMICA DE COMPONENTES	
LADERAS DE MONTAÑA	Frío Húmedo y muy Húmedo	Movimientos en masa por Solifluxión.	Asociación MESETA	MS	Conjunto Meseta Conj. La Cumbre Conjunto Cabrera	Typic Trobothent Aguic Trobothent Typic Numitropept	
			Asociación ARACABUCO	AB	Conjunto Arcabuco Conjunto Meseta Conj. El Carmen	Oxic Mumitropept Typic Trobothent Typic Dystropept	
		Erosión Hídrica ligera a Moderada.	Asociación EL CARMEN	CA	Conj. El Carmen Conjunto Cabrera	Typic Dystropept Typic Humitropept	
	Frío Seco	Erosión Laminar y Cárcavas	Asociación SANTA SOFIA	CV	Conj. Santa Sofía Conj. V. De Leyva	Ustic Dystropept Ustic Humitropept	
			Asociación SUTAMARCHÁN	SU	Conj. Sutamarchán Conj. Eceehomo Conjunto Tinjacá	Lithic Ustroipept Typic Ustropept Typic Ustothent	
		Erosión laminar Y cárcavas	Misceláneo EROSIONADO	Me			
	Medio Húmedo y muy Húmedo	Solifluxión Hundimientos Y Escurrimiento Difuso	Consociación TOGÚÍ	TO	Conj. Togúí	Typic Humitropept	
			Asociación MONIQUIRÁ	MO	Conjunto Moniquirá Conjunto Guanomo Conjunto Palmichal	Typic Dystropept Fluentic Dystropept Typic Trobothent	
	COLUVIOS	Frío Húmedo y muy Húmedo	Movimientos en Masa Lentos	Asociación EL MORRO	EM	Conjunto El Morro Conjunto La Roca Conj. Las Margaritas	Aévic Tropaguept Fluentic Humitropept Typic Humitropept
	GEO-FORMA	Clima	Procesos Actuales	Unidad Cartográfica	Símbolo En Mapa	Componentes de la Unidad Cartográfica	Clasificación Taxonómica de Componentes
VALLES COLUVIO-ALUVIALES	Frío Húmedo	Acumulación	Complejo BARNE	BR	Conjunto Barne Conj. Río Bogotá	Tropaguept Tropic Fluvaguept	
VALLES ALUVIALES	Frío Seco	Acumulación	Complejo SOPOTA	SP	Conjunto Sopotá Conjunto Ráquira	Fluentic Ustropept Typic Ustifluent	
PLANICIE FLUVIO LACUSTRE	Frío Húmedo	Acumulación	Asociación SOTAQUIRÁ	SO	Conjunto Sotaquirá Conjunto Sote Conjunto Mora	FluenticTropaguept Typic Humitropept Vertic Tropaguept	



La vegetación ha sido destruida, sin embargo, se observan especies como moro, chite, guardarrocío, angelito, roble, helecho, encenillo, aliso, uvo, gaque. El uso está representado en pastos para ganadería extensiva y bosques intervenidos.

La asociación está formada por los suelos Mesetas (40%) Typic Troprothent, La Cumbre (30%) Agúie Troprothent, Cabrera (20%) Typic Humitropept con inclusiones de un suelo clasificado como Typic Dystropept. Se delimitaron las siguientes fases por pendiente y erosión:

- |       |                                                                                                                           |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Msde1 | Asociación Meseta en releve inclinado a fuertemente inclinado, pendientes de 12 a 50%, erosión hídrica ligera.            |
| Msef1 | Asociación Meseta en relieve fuertemente inclinado a escarpado, pendientes de 12 a 50% y mayores, erosión hídrica ligera. |
| MSf1  | Asociación Meseta en relieve escarpado, pendiente mayor del 50%, erosión hídrica ligera.                                  |

### **Asociación Arcabuco (1B)**

Ocupa vertientes de relieve inclinado u ondulado a quebrado en clima húmedo a muy húmedo frío; con altitudes de 2.400 a 2.800 metros, en zonas limítrofes con los municipios de Arcabuco y Moniquirá, zona nororiental y oriental de Gachantivá.

Como en la unidad anterior, los suelos se han formado sobre rocas arcillosas; el drenaje es moderado y se observan movimientos en masa lentos y se forman terracetos por el pisoteo del ganado en zonas de pendientes superiores a 25%.

La vegetación ha sido destruida pero aún quedan pequeñas zonas de robledales ubicadas en áreas de muy fuerte pendiente o al pie de escarpes. Se observan especies como roble, gaque, encenillo, uvo, moro, chite, guardarrocío, helechos, alicos y aún sauces. El uso es predominantemente pecuario con pastos nativos o kikuyo, los cultivos más comunes en estos suelos son papa, maíz, arveja y mora.

La asociación está formada por los suelos Arcabuco (Oxic Humitropept) 40%, Meseta (Typic Troprothent 30%, El Carmen (Typic Dystropept) 20% con 10% de otros suelos como Agúie Dystropept.

De esta unidad se delimitaron las siguientes fases por pendiente y erosión:

- |      |                                                                                                                     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ABcd | Asociación Arcabuco en relieve inclinado a ligeramente ondulado con pendientes entre 7 y 25%, sin erosión aparente. |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

- ABde1 Asociación Arcabuco en relieve ondulado a fuertemente inclinado, pendientes entre 12 y 50%, erosión hídrica y por movimientos en masa ligera.
- ABef1 Asociación Arcabuco en relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera de tipo laminar, patas de vaca y movimientos en masa lentos.
- ABf1 Asociación Arcabuco en relieve escarpado, pendiente mayor del 50%, erosión ligera por movimientos en masa lentos.

### **Asociación El Carmen (CA)**

Se encuentra esta unidad en vertientes fuertemente inclinadas hasta escarpadas del clima húmedo frío con alturas que van desde 2000 hasta los 2.800 m.s.n.m., veredas Hatillo, Centro y Roncancio.

Los suelos se han desarrollado a partir de la meteorización de rocas arcillosas (lutitas y esquistos) y localmente, calizas. El drenaje natural de los suelos es a veces excesivo lo cual provoca erosión laminar y en cárcavas de grado ligero a moderado; es común observar drenajes no integrados debido a la disolución de calizas. Localmente se presentan movimientos en masa lentos y alguna pedregosidad superficial.

La vegetación natural ha sido reemplazada por pastos para ganadería extensiva o por cultivos; sólo se observan pequeñas manchas de bosque en escarpes o sectores de fuertes pendientes. Entre las especies que aún se observan están: guamo, hayuelo, jarilla, mortiño, manchador.

El uso es principalmente agrícola y ganadero. Los cultivos más importantes son papa, maíz, arveja, caña y algunos frutales. Los pastos más comunes son yaragua, kikuyo, poa y trébol.

La asociación está conformada por los suelos El Carmen (Typic Dystropept) 50% y Cabrera (Typic Humitropept) 40% con 10% de suelos como Aguic Dystropept, Lithic Troprothent. De esta unidad se delimitaron fases por pendiente y erosión.

- CAB Asociación El Carmen, relieve ligeramente inclinado, pendientes de 3 a 7%, sin erosión aparente.
- CACd Asociación El Carmen, relieve ligeramente inclinado a inclinado, pendientes de 7 a 25%, sin erosión aparente.

CAd	Asociación El Carmen, relieve inclinado, pendiente de 12 a 25%, sin erosión aparente.
CAde1	Asociación El Carmen, relieve inclinado a fuertemente inclinado u ondulado, pendientes de 12 a 50%, erosión hídrica ligera.
CAe1	Asociación El Carmen, relieve fuertemente inclinado a quebrado, pendiente de 25 a 50%, erosión hídrica ligera.
CAef1	Asociación El Carmen, relieve quebrado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica ligera.
CAf1	Asociación El Carmen, relieve escarpado, pendientes mayores de 50%, erosión hídrica y por movimientos en masa ligera.

### **Asociación Santa Sofía (CV)**

Los suelos de esta asociación se presentan en relieves inclinados hasta fuertemente quebrados y escarpados en clima frío seco, al sur y sur occidente del municipio, sectores de mortiñal, mermejales al norte de la quebrada Guitoque.

El material parental de estos suelos procede de la meteorización de arcillolitas y areniscas. El drenaje natural es bueno y la escorrentía ha generado procesos laminares y de cárcavas de grados moderado y severo. Localmente se observa pedregosidad superficial posiblemente relacionada con procesos de erosión diferencial.

Esta unidad está formada por los suelos Santa Sofía (Ustic Dystropept) 50%, Leiva (Ustic Humitropept) 30% y 20% en inclusiones de suelos como Ustic Lithic Troprothent. Se delimitaron fases por pendiente y erosión.

CVde2	Asociación Santa Sofía, relieve fuertemente inclinado a quebrado, pendiente de 12 a 50%, erosión hídrica laminar, surcos y cárcavas de grado moderado.
CVef2	Asociación Santa Sofía, relieve quebrado a escarpado, pendiente de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica de grado moderado.
CVef3	Asociación Santa Sofía, relieve quebrado a escarpado, pendiente de 25 a 50%, erosión hídrica de grado severo.
CVf3	Asociación Santa Sofía, relieve escarpado, pendientes mayores de 50%, erosión hídrica de grado severo.

## **Asociación Sutamarchán (SU)**

Se encuentra en el clima frío seco, entre los 2000 y 2.500 metros de altitud al sur del municipio, límites con los municipios de Villa de Leyva y Santa Sofía, en el sector conocido como Gachantivá Viejo.

Los suelos se han desarrollado de la meteorización de rocas arcillosas y por los procesos erosivos dominantes debidos al agua de escorrentía, predominan los suelos superficiales con frecuentes calvas. El relieve predominante es inclinado con pendiente general menor del 50% pero fuertemente disectado por la formación de cárcavas profundas con taludes escarpadas.

La vegetación ha sido talada y sólo existen rastros con arbustos, helechos y en algunos sectores se encuentran especies de cactus. El uso está representado por algunas áreas de pastos para ganadería ocasional y áreas con huertas caseras con caña panelera, maíz y pequeñas áreas reforestadas con acacia. Forman la asociación los suelos Sutamarchán (Lithic Ustropept) 40%, Eccehomo (Typic Ustropept) 30% y Tinjacá (Typic Ustorthent) 20%. Se delimitaron fases por pendiente y erosión.

SUcde2	Asociación Sutamarchán, relieve inclinado, pendientes de 7 a 25%, erosión hídrica moderada.
SUde1	Asociación Sutamarchán, relieve fuertemente inclinado, pendientes de 12 a 50%, erosión hídrica ligera de tipo laminar.
SUde2	Asociación Sutamarchán, relieve fuertemente inclinado, pendientes de 12 a 50%, erosión hídrica moderada de tipo laminar y cárcavas.
SUde3	Asociación Sutamarchán, relieve fuertemente inclinado, pendientes de 12 a 50%, erosión hídrica severa de tipo laminar y cárcavas.
SUe2	Asociación Sutamarchán, relieve fuertemente inclinado, pendientes de 25 a 50%, erosión hídrica moderada de tipo laminar.
SUef2	Asociación Sutamarchán, relieve fuertemente inclinado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica moderada.
SUef3	Asociación Sutamarchán, relieve fuertemente inclinado a escarpado, pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica severa.
SUf2	Asociación Sutamarchán, relieve escarpado, pendiente mayor de 50%, erosión hídrica moderada.

SUF3 Asociación Sutamarchán, relieve escarpado, pendiente mayor de 50%, erosión laminar severa.

### **Consociación Togüí (TO)**

Los suelos de esta consociación representan el 75% del área así denominada que se caracteriza por un relieve inclinado hasta escarpado, con pendientes que oscilan entre 12 y más de 50% en clima medio húmedo y alturas entre 1.900 y 2.400 m.s.n.m. Vereda de Iguá. Los suelos se han desarrollado a partir de arcillas producto de la meteorización de rocas arcillosas. El drenaje es bueno y se observan procesos de erosión hídrica y movimientos en masa lentos.

La vegetación natural ha sido talada y no se encuentran verdaderos bosques, sólo rastrojos y árboles o arbustos dispersos entre los que sobresalen el guamo, manchador, chilco, helecho, cucubo, altamisa, moro, guayabo.

El uso agrícola está representado por cultivos de caña, maíz, yuca, café y algunos frutales. La ganadería es extensiva en pasto yaraguá. El suelo representativo de la consociación es Togüí (Typic Humitropept) 75%, el 25% restante corresponde principalmente al suelo clasificado como Typic Dystropept que alterna con el anterior en las zonas de mayor pendiente. Se deslindaron fases por pendiente y erosión.

TOde1 Consociación Togüí en relieve inclinado a ondulado, con pendientes entre 12 y 50%, erosión hídrica ligera.

TOe1 Consociación Togüí en relieve fuertemente inclinado a ondulado, pendientes entre 25 y 50%, erosión hídrica de grado ligero.

TOef1 Consociación Togüí en relieve fuertemente inclinado a escarpado, con pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión hídrica de grado ligero.

TOf3 Consociación Togüí en zonas escarpadas con pendientes mayores de 50% y erosión hídrica severa.

### **Asociación Monquirá (MO)**

Esta unidad se encuentra en zonas de relieve inclinado a escarpado con pendientes predominantes mayores de 25% en alturas comprendidas entre 1.800 y 2.400 m.s.n.m. donde predominan condiciones de clima medio húmedo, veredas Minas y Peña Amarilla.

Los suelos se han desarrollado sobre rocas arcillosas y presentan buen drenaje; también se observan procesos de erosión ligeros predominantes con movimientos en masa lentos y rápidos localizados. La vegetación natural ha sido talada y reemplazada por actividades agrícolas y pecuarias pero se observan especies como jarilla, guayabo, guamo, manchador, helechos.

El uso pecuario se realiza en praderas con pastos yaraguá y algunas parcelas de imperial; el uso agrícola presentan cultivos de caña panelera, yuca, maíz y café.

Conforman la asociación los suelos Moniquirá (Tyic Dystropept) 50%, Guanomo (Fluventic Dystropept) 20% de zonas con influencia coluvial y Plamichal (Typic Troportent) 20% de zonas de fuerte pendiente; el 10% restante corresponde a inclusiones de otros suelos. Se definieron fases por pendiente y erosión.

- MOe1 Asociación Moniquirá en relieve fuertemente inclinado con pendientes de 25 a 50% y erosión ligera.
- MOef1 Asociación Moniquirá en relieve fuertemente inclinado y escarpado con pendientes de 25 a 50% y mayores, erosión ligera.
- MOf1 Asociación Moniquirá en relieve escarpado cubierto con vegetación arbustiva a arbórea, con pendientes mayores de 50% y erosión hídrica o de movimientos en masa ligeros.
- MOf3 Asociación Moniquirá en relieve escarpado con afloramientos rocosos, pendientes mayores de 50% y erosión severa con desprendimiento de derrubios.

### **Misceláneo Erosionado (Me)**

Se encuentra al sur del municipio sector de Gachantivá Viejo, corresponde a zonas donde no hay suelo y generalmente sin vegetación por haber sufrido procesos de erosión laminar, surcos y cárcavas muy severa. Antes de erosionarse estas áreas tenían suelos de la asociación Sutamarchán. El clima es frío seco y los procesos erosivos se deben a suelos poco permeables, lluvias de alta intensidad y mal distribuidas, además del posible mal manejo de los suelos.

### **Asociación El Morro (EM)(3)**

Corresponde a zonas de origen coluvial, localizadas en clima frío húmedo, por encima de los 2.400 m.s.n.m., el relieve es suavemente inclinado a ligeramente ondulado con pendientes que varían entre 3 y 25%. Esta unidad se encuentra en el sector de EP Cometa y sectores aledaños a la Quebrada Ciénega.

El material parental está formado por arcillas de origen coluvial posiblemente debidas a movimientos rotacionales. La vegetación ha sido destruida pero se encuentran especies como roble, moro, helechos. El uso es principalmente ganadería extensiva con pastos poa y kikuyo. Se encuentran cultivos como arveja, hortalizas, mora, tomate de árbol y maíz.

Forman la asociación los suelos El Morro (Aeric Tropaguept) 40% de zonas imperfectamente drenadas, La Roca (Fluventic Humitropept) 30% de los sectores más inestables y Las Margaritas (Typic Humitropept) 25% de las zonas más estables; el 5% restante son inclusiones de suelos de la asociación Arcabuco. Se separaron fases por pendientes y erosión.

EMb Asociación El Morro, en relieve ligeramente inclinado, pendientes de 3 a 7% y sin erosión aparente.

EMcd1 Asociación El Morro, en relieve inclinado, pendientes de 7 a 25% y erosión ligera pos movimientos en masa.

### **Complejo Barne (BR)**

Corresponde al valle coluvio aluvial de clima frío húmedo, con relieve plano cóncavo, pendientes menores de 3% que se encuentran en alturas de 2.500 m.s.n.m. entre las veredas de Jupal y Saavedras. En el valle se presenta drenaje imperfecto a pobre y carece de vegetación arbustiva a arbórea nativa; sólo se observan algunos alisos.

El uso es ganadería extensiva. El complejo está formado por los suelos Barne (Typic Tropaguent) 50% y Río Bogotá (Tropic Fluvaguent) 50%, sólo se encontró la fase BRa.

### **Asociación Sopotá (SP)**

Esta unidad se encuentra en valles aluviales del clima frío seco, en alturas de 1.900 a 2.200 m.s.n.m., límites con los municipios de Villa de Leyva y Santa Sofía. El relieve es plano o casi plano con pendientes menores de 3%, encharcables. El uso es principalmente ganadería y cultivos de maíz, hortalizas y caña de azúcar. Entre la vegetación se observan especies como sauce, aliso, hayuelo.

La Asociación está constituida por los suelos Sopotá (Fluventic Ustropept) 40% y Ráquira (Typic Ustifluent) 40% con 20% en inclusiones de otros suelos. Sólo se delimitó la fase Spa.

## **🌐 Asociación Sotaquirá (SO)**

Se encuentra en relieves plano cóncavos con pendientes menores de 3%, correspondientes a planicies fluvio-lacustres sometidas a inundaciones y encharcamientos localizadas sobre el río La Cebada en límites con el municipio de Arcabuco. El drenaje es muy pobre y los suelos tienen niveles freáticos altos durante el año.

El material parental es de origen aluvial y lacustre. El uso es típicamente pecuario con limitaciones temporales por inundación. La vegetación más frecuente son los sauces y alisos que forman el bosque de galería del río La Cebada. La Asociación está formada por los suelos Sotaquirá (Fluventic Tropaguept) 40% de las zonas más bajas, Sote (Typic Humitropept) 30% de los sectores periféricos y Moral (Vertico Tropaguept) de áreas intermedias; el 10% restante corresponde a inclusiones de suelos de unidades vecinas. Se separaron fases por inundabilidad.

SOa Asociación Sotaquirá en relieves planos no inundables.

SOax Asociación Sotaquirá en relieves planos regularmente inundables por menos de dos meses durante el año.

### **2.2.1 Clasificación Agrológica**

Para que los agricultores campesinos puedan tener algún acceso a la información del Estudio de suelos se hace una interpretación del mismo y se plasma en la clasificación agrológica de los suelos.

En una misma clase se encuentran aquellos suelos o grupos de suelos que tienen idénticas limitaciones y por ello las mismas posibilidades por lo que responden a esquemas de manejo similar. En este sistema se tienen en cuenta características físicas, químicas, climáticas así como la pendiente y los procesos erosivos para agrupar los suelos en las diferentes clases. El sistema que se utiliza es el de la Secretaría de Agricultura de los Estados Unidos que tiene 8 clases, pudiendo la mayoría (salvo I y VIII) presentar subdivisiones o subclases. Las limitaciones van aumentando desde la clase uno hasta la ocho, siendo la I las de mejores opciones productivas.

La clasificación se hace con base en las características del suelo predominante en cada unidad cartográfica; las subclases se designan con letras minúsculas que se colocan después del número romano con que se indica cada clase. Las subclases corresponden a erosión (e), excesos de humedad (h), limitaciones físicas o químicas de los suelos que



inciden en la zona de las raíces (s) y para las limitaciones relacionadas con el clima por exceso o por defecto (s). Las cuatro primeras clases (I a IV) tienen aptitud agrícola.

A continuación se describirán las clases y subclases agrológicas correspondientes a los suelos del municipio de Gachantivá, indicando las unidades cartográficas incluidas en cada subclase.

#### ▲ Clase III sc.

Corresponde a zonas de valles aluviales de los ríos Cane y Sutamarchán de relieve plano y pendientes menores de 3%. En esta clase se ubica la unidad SPa. Limitantes importantes son el clima muy seco, la presencia de carbonatos de calcio.

El uso actual está representado en pastos para ganadería extensiva y cultivos como maíz, caña de azúcar y hortalizas. Aspectos importantes a tener en cuenta son el mal manejo de los suelos y del control químico de las plagas y enfermedades que afectan la agricultura. Las actividades desarrolladas están dentro de las posibilidades ofrecidas por los suelos.

Para la ganadería deben utilizarse pastos mejorados, hacer adecuada rotación de potreros y fertilizar los pastos; en cuanto a la agricultura es necesario utilizar semilla mejoradas, hacer fertilización con base en datos de análisis de suelos, incorporar los residuos de cosechas y sistemas de control que causen el mínimo daño al ambiente. Para suplir las deficiencias climáticas debe suministrarse riego.

#### ▲ Clase Ivs

Los suelos de este grupo se encuentran en zonas suavemente inclinadas de clima frío húmedo. A ella corresponden las unidades EMb y EMc.

Las limitantes más importantes son altos niveles de aluminio intercambiable, texturas finas, reacción muy ácida. El uso actual corresponde a ganadería extensiva, cultivos de hortalizas, mora, arveja y tomate de árbol; este uso corresponde con las posibilidades ofrecidas por los suelos pero debe tenerse en cuenta la necesidad de utilizar correctivos para neutralizar la excesiva acidez y facilitar el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas.

#### ▲ Clase IVsh

Corresponde a zonas planas con sectores suavemente cóncavos que se encharcan y sufren inundaciones regulares. En esta unidad se incluyen las fases S0a, S0ax y BRa.

Limitaciones importantes son encharcamientos, inundaciones periódicas, nivel freático alto, texturas finas y reacción extremadamente ácida.

El uso en pastos para ganadería extensiva es adecuado pero deben construirse canales de drenaje, diques para controlar el desborde del río, mejorar los pastos y abonarlos.

#### ▲ Clase IVse

El relieve es ondulado o inclinado con pendientes variables en grado, forma y longitud con procesos erosivos de tipo hídrico por escorrentía difusa y concentrada o con movimientos en masa lentos localizados. En esta unidad se encuentran las fases CAB, CAcd, CAc, CAAd, CAde1, CAe1, EMcd1, ABcd, ABde1, TOef1, TOde1, TOe1 y MOe1.

#### ▲ Clase IVse

El relieve es ondulado o inclinado con pendientes variables en grado, forma y longitud con procesos erosivos de tipo hídrico por escorrentía difusa y concentrada o con movimientos en masa lentos localizados.

En esta unidad se encuentran las fases CAB, CAcd, CAe, CAAd, CAde1, CAe1, EMcd1, ABcd, ABde1, TOef1, TOde1, TOe1 y MOe1.

Limitaciones importantes para el uso son pendiente fuerte, altos contenidos de aluminio intercambiable, erosividad, profundidad efectiva, reacción fuertemente ácida. El uso predominante es ganadería con pastos poa o yaraguá y cultivos como caña de azúcar, papa, maíz y frutales de hoja caduca (pero, manzano, ciruelo).

No se utilizan prácticas de conservación de suelos muy importantes para cultivos como el maíz y la papa que requieren frecuente limpieza y por ello propician la erosión de los suelos; se hace uso inadecuado de fertilizantes, no se hace rotación técnica de potreros y tampoco se hace fertilización en los partos por lo que el nivel nutricional es bajo.

En cuanto al suministro de fósforo a los suelos debe realizarse con roca fosfórica o fuentes de liberación lenta para evitar pérdidas por fijación. Es importante además utilizar semillas mejoradas para cultivos y pastos. Dadas las características de pendiente debe evitarse el sobrepastoreo.

#### ▲ Clase IVes

Comprende zonas onduladas o inclinadas con pendientes de 7 a 50%, susceptibles de erosionarse. En esta clase se encuentran las fases SUcd2, SUde1 y CVde2.

Limitaciones importantes son la erosividad, altos contenidos de aluminio, reacción muy ácida y pendientes fuertes. El uso más común es la ganadería con pastos yaraguá y poa, cultivos de papa, maíz, arveja, caña de azúcar, café, frutales. No se observan prácticas de conservación en los cultivos que padecen también de problemas sanitarios por plagas y enfermedades cuyo control se efectúa con químicos. El uso de correctivos y fertilizantes está más relacionado con las posibilidades económicas que con aspectos técnicos relacionados con las necesidades de la relación suelo – planta. En algunos casos debe aplicarse riego.

Caña, café, frutales y pastos con rotación, encalado y fertilización de potreros corresponden con la potencialidad de los suelos. Como en las clases anteriores, debe mejorarse la técnica mediante la educación, asesorías de la UMATA o particular.

#### ▲ Clase VIes

Esta unidad se encuentra en relieve fuertemente inclinado y en parte escarpado en clima frío seco. A esta clase corresponde la fase CVef2. Las principales limitaciones se relacionan con texturas finas, lluvias agresivas y mal distribuidas, reacción del suelo fuertemente ácida, pendientes fuertes y erosividad del suelo.

El uso predominante es el pasto para ganadería extensiva y pequeñas parcelas con caña, maíz, papa, arveja. Los pastos alternan con rastrojos y en muchos casos están mal mantenidos. Los pastos para ganadería extensiva corresponden con la potencialidad del suelo pero requieren encalado y fertilizaciones con nitrógeno así como rotaciones y control del sobrepastoreo.

Conviene utilizar acequias o canales de sedimentación para controlar las aguas de escorrentía y las posibilidades erosivas. La caña por ser cultivo denso se adapta a las posibilidades en pendientes inferiores a 50% y alturas máximas de 2.300 m.s.n.m. a condición de encalar y fertilizar adecuadamente los suelos, controlar el agua de escorrentía y suministrar el riego necesario en las estaciones secas. La siembra debe hacerse en líneas en contorno o siguiendo las curvas de nivel.

Las pendientes superiores a 50% deben dejarse pararastrojos o inducir el desarrollo de bosques con especies nativas.

#### ▲ Clase VIse

Corresponde a relieves fuertemente ondulados o quebrados con algunas áreas escarpadas de clima frío húmedo. Los suelos son erosionables pero la cobertura de

pastos, rastrojos o bosques le dan buena protección. En esta clase se ubican las fases ABef1, CAef1, MOef1, MSde1, SUef2.

Limitaciones importantes son los altos contenidos de aluminio intercambiable, las texturas finas, la reacción fuertemente ácida, la profundidad efectiva, movimientos en masa y el clima. El uso actual está representado por pastos naturales para ganadería extensiva, cultivos de caña, café, yuca, maíz y frutales (mora – cítricos).

En esta zona existe mucho problema para los cultivos por ataque de enfermedades cuyo control se dificulta en los sectores más lluviosos (Vereda Tres Llanos y Portales). El control de plagas y enfermedades es típicamente químico y muy costoso ya que los niveles altos de humedad propician las fungosis. En el caso de cultivos limpios (yuca, maíz) no se utilizan prácticas de conservación de suelos que ayuden al control de la erosión.

#### ▲ Clase VIIes

Se ubica en zonas fuertemente quebradas y escarpadas con pendientes frecuentemente mayores de 50% y erodables, generalmente húmedas o muy húmedas. En esta unidad se incluyen las fases SUf2, MSef1, CAf1, CAf2, CVef3, ABf1, MSf1.

Las limitaciones más importantes son pendientes fuertes, texturas finas o poca profundidad efectiva, erosividad, altos contenidos de aluminio, alta precipitación, reacción extremadamente ácida. El uso actual está representado por bosques y ganadería extensiva.

Dadas las condiciones de pendientes fuertes de los terrenos, la ganadería no está en la potencialidad de los suelos pero sí los bosques que por estar en los sectores altos de las vertientes ejercen acción reguladora de caudales de quebradas de las cuales se sirve la población.

#### ▲ Clase VIIesc

Se encuentra al sur del municipio, en relieves inclinados y severamente erosionados del clima frío seco, donde las lluvias son agresivas y mal distribuidas. Corresponden a esta clase las fases SUde3, SUE2, SUde2, SUEd2.

Las limitaciones más importantes son: escasa profundidad efectiva, clima seco, erosividad de los suelos, reacción extremadamente ácida de los suelos, lluvias de alta intensidad que propician altos volúmenes de escorrentía y superficial generadores de erosión sobre suelos superficiales de texturas finas y poco permeables.

El uso actual corresponde a pastos naturales, matorrales poco densos y huertas caseras (pancoger). En las condiciones actuales estos suelos ni tiene opción productiva sostenible y deben someterse a procesos de recuperación ya que la pendiente permite el uso agrícola o pecuario.

### **Clase VIII**

Corresponde a zonas erosionadas aflorantes o a escarpes verticales o casi verticales dominados por afloramientos rocosos, así como cárcavas profundas de taludes casi verticales. En este grupo se encuentran las fases MOF3, TOF3, CAF2, CVf3, CUf3, DUef3 y Me.

En las tierras de esta clase sólo se observan matorrales o rastrojos herbáceos donde después de los inviernos dejan el ganado para aprovechar la poca vegetación que se ha desarrollado.

#### **2.2.2 Uso Actual del Suelo**

Para un municipio es muy importante poder establecer qué cultivos generan los mayores ingresos a los habitantes y en qué zonas se encuentran. Con este mapa se pretende obtener la distribución de los usos del suelo en el área rural del municipio. Lo que se cultive y la forma como se haga, así como las prácticas utilizadas están relacionadas con los gustos y tradiciones de los pobladores más que con la oferta ambiental.

En el municipio de Gachantivá es muy poco utilizada la maquinaria en los procesos agrícolas, dadas las condiciones topográficas de fuertes pendientes predominantes y se prefieren las técnicas tradicionales de arar utilizando la tracción animal y complementando la preparación del terreno con el azadón.

Durante el reconocimiento de campo para delimitar los diferentes usos se identificaron zonas donde predominaba un solo uso o cultivo (unidades puras) y sectores con mezclas (unidades compuestas) que se describen a continuación.

#### **≅ Bosques Naturales (Bn)**

Aproximadamente el 90% del área corresponde a relictos de bosques. Generalmente estas coberturas se encuentran en alturas superiores a los 2.400 metros sobre el nivel del mar, ocupando escarpes o relieves de fuertes pendientes, éstos ubicados en sectores aledaños a cursos de agua. Son más frecuentes en clima frío húmedo que en la región del clima medio. Dentro de esta unidad es posible encontrar parcelas de cultivos o de

pastos, muy pequeñas para separarlos en el mapa. Estos bosques se presentan las veredas de Tres Llanos, Roncancio, Jupal y el sector de Portales.

Dentro de la unidad de bosque se encuentran parcelas de eucalipto.

#### ≅ **Rastrojo (Ra)**

Aproximadamente el 90% del área corresponde a vegetación predominantemente arbustiva y el 10% restante comprende parcelas de pastos o cultivos o pequeños sectores totalmente erosionados. Son más frecuentes en el sector sur, cuencas de la quebrada Güitoke y el Río Cane pero se encuentran rastrojos distribuidos por casi todas las veredas del municipio.

En algunos casos se utilizan para mantener ganados, especialmente cuando no son muy densos y no tienen alturas superiores a los 2 ó 3 metros.

#### ≅ **Silvopastoril (Bn-Pn)**

Esta unidad se encuentra principalmente en la vereda de Jupal donde han crecido natural o artificialmente bosques ralos de alisos que permiten el desarrollo de pastos para el sostenimiento de ganado vacuno. Generalmente las pendientes donde se presenta este uso varían de 25 a 60% y no se observan signos de erosión significativa.

#### ≅ **Pastos Naturales (Pn)**

Es quizás el uso más extendido en el municipio y predomina en la parte alta fría y húmeda. El 80% del área así identificada corresponde a los pastos para ganadería extensiva y el 20% restante son pequeñas manchas de bosque o rastrojo y parcelas de cultivos como papa, mora, arveja, maíz y caña, papayuela, tomate de árbol.

#### ≅ **Pasto Natural Enmalezado (PnE)**

Esta cobertura corresponde al 80% del área y el 20% restante está representado por manchas de bosques, rastrojos, parcelas de cultivos y zonas erosionadas. Esta unidad es más frecuente en las veredas de Tres Llanos y Jupal. En algunos casos parece no estar explotadas desde algún tiempo.

#### ≅ **Sin Uso (S.U)**

Son los sectores erosionados e improductivos frecuentes en la zona sur del municipio (Gachantivá Viejo).

### ≡ **Misceláneo de Cultivos (M1)**

Donde hay 40% de moras, 25% de papa y 25% de maíz y el 10% restante son parcelas pequeñas de pasto. Hay diferentes variedades de mora. Esta unidad se presenta en el sector frío húmedo, principalmente en las veredas Jupal y Saavedras.

### ≡ **Complejo Maíz - Papa (Mz-Pa)**

El 80% de esta unidad corresponde a cultivos de maíz y papa, el 20% restante son parcelas de arveja, nabos y pastos que se ubican en la zona centro oriental del municipio. No se observan prácticas de manejo conservacionista en los cultivos, salvo que en algunos casos las melgas a las líneas de siembra parecen seguir las curvas de nivel. En cuanto al uso de fertilizantes, se utilizan las fórmulas comerciales sin tener en cuenta las necesidades del cultivo. Igualmente el control de plagas y enfermedades se realiza con químicos.

### ≡ **Misceláneo de Cultivos (M2)**

Esta unidad está representada por cultivos de papa, maíz, arveja y caña panelera en parcelas mezcladas y el 15% restante son parcelas de pasto, frutales y rastrojos.

Esta unidad es característica de alturas de 2300 a 2.500 metros aproximadamente, sobre pendientes de grado variado. Entre los frutales sobresalen duraznos y tomate de árbol como huertas caseras y árboles de cerezo.

### ≡ **Complejo Caña Panelera - Maíz (Cñ-Mz)**

En esta unidad el 45% es caña y el 30% maíz como usos predominantes y mezclados. Dentro de esta unidad hay 25% representado por pequeñas parcelas de rastrojos, pastos (principalmente yaraguá) y durazno. Esta unidad predomina en la zona sur donde predominan los climas medio seco y frío moderado seco.

### ≡ **Complejo Maíz - Hortalizas (Mz-Ho)**

Se encuentra en los valles de los ríos Cane y Sutamarchán y en la vereda Jupal. Entre las hortalizas se incluyen habichuela, cebolla de bulbo (cabezona), tomate y arveja. Esta unidad no ocupa una superficie significativa en el municipio.

### ≈ **Complejo Pastos Naturales - Rastrojos (Pn-Ra)**

El 50% es área de pastos para ganadería extensiva, el 30% corresponde a rastrojos bajos, el 10% restante son pequeñas parcelas de maíz y caña panelera. Esta unidad se encuentra hacia el sur y sur occidente del municipio.

### ≈ **Café (CA)**

Utilizan sombrío de guamo o plátano pero no presentan buen aspecto por falta de cuidado. Este cultivo parece deberse más al placer del campesino que a fines comerciales. Las parcelas de este cultivo semejan huertas caseras y sólo se observan en la vereda de Igua.

### ≈ **Maíz (Mz)**

A pesar de que no se cultivan parcelas muy grandes con maíz, se pudieron deslindar individualmente algunas parcelas. La mayor parte del maíz se cultiva para consumo en pequeñas parcelas que se mezclan con parcelas de papa, hortalizas, pastos, frutales y caña.

### ≈ **Papa (Pa)**

En forma individual sólo fue posible separar cartográficamente un área en la vereda de Jupal. En las demás áreas aparece como misceláneo M1 ó M2 y en forma conjunto con el maíz.

### ≈ **Caña Panelera (Cñ)**

Es el cultivo principal en la zona de clima medio, especialmente en las veredas de Igua y Hatillo. El 70% del área así identificada corresponde a caña y el 30% restante a parcelas maíz, café y pastos. El nivel tecnológico del cultivo es bajo y por ello son bajas las ganancias. Es importante que el municipio propicie la construcción de distritos de riego para mejorar la productividad de la caña y otros cultivos de la zona seca.

### ≈ **Bosque Cultivado (Bc)**

Las parcelas así identificadas corresponden a reforestaciones con acacia en procesos de recuperación de suelos erosionados en la vereda Gachantivá Viejo. Es posible que tales procesos se demoren demasiado tiempo por falta de materia orgánica y la construcción de trampas de sedimentación para controlar las aguas de escorrentía principales causantes de la actual erosión de los suelos.



Según lo observado, el manejo del suelo adolece de cuidados adecuados para evitar su degradación y hacer su producción sostenible; esto es muy evidente en el sector sur del municipio.

A pesar de la actividad que, según lo escuchado, despliegan los funcionarios de la UMATA, la aplicación de fertilizantes es indiscriminada y sin tener en cuenta análisis de suelos, lo cual ocasiona pérdidas económicas puesto que parte de ellos se lavan de la capa arable por medio del agua que penetra al suelo sobrepasando lo 30 centímetros de profundidad, zona esta donde se encuentran las raíces de la mayoría de las plantas cultivadas.

Del mismo modo, por tradición no se fertilizan los pastos siendo así menor el valor nutritivo para el ganado. Un aspecto importante en el manejo del suelo para hacer su producción sostenible es hacer rotaciones adecuadas, lo cual no se hace en el municipio, pues, si bien algunos agricultores rotan usos, tal rotación no tiene los ingredientes técnicos que permitan esperar la recuperación cíclica de las propiedades productivas de los suelos.

Sobre los aspectos mencionados deben investigar los funcionarios de la UMATA así como sobre la educación a los agricultores para mejorar el nivel tecnológico utilizado en los procesos agrícolas.

### **2.2.3 Uso Potencial del Suelo**

Conocidas las características físico – químicas de los suelos, los paisajes donde se encuentran y los procesos que en ellos suceden e igualmente el uso o la forma como se explotan productivamente, se presenta a continuación una propuesta de uso enmarcada en el potencial productivo de los suelos, acompañada de algunas especificaciones o recomendaciones que deben tenerse en cuenta para que la producción pueda ser sostenible.

El mapa muestra espacialmente donde puede adelantarse cada actividad productiva. A continuación se describen los diferentes usos propuestos:

#### **☛ Tierras Cultivables**

Como indica el título, se hace referencia a aquellos terrenos donde se pueden adelantar actividades agrícolas libres o condicionadas.

**C2:** Comprende tierras cultivables localizadas en valles aluviales o coluvio aluviales planos con pendientes generalmente menores de 3%. Presentan deficiencias por

presencia de carbonatos en el suelo, mala distribución de las lluvias y alta intensidad de las mismas y baja a moderada fertilidad.

Estos suelos son aptos para maíz, arveja, frijón, hortalizas, caña. Requieren adición de materia orgánica, uso de fertilizantes completos con fuentes de fósforo de lenta liberación para evitar pérdidas por fijación, adición de los residuos de cosechas así como la aplicación de riego en época de verano principalmente. Conviene construir canales de drenaje para controlar niveles freáticos temporalmente altos e igualmente hacer rotación de cultivos y utilizar adecuadamente la maquinaria para evitar compactación. Para la fertilización debe tenerse en cuenta el cultivo, la rotación establecida y los resultados de análisis que deben realizarse por cada rotación.

**C4:** Tierras cultivables de relieve inclinado hasta fuertemente inclinado u ondulado con pendientes generalmente menores de 50%, susceptibles de erosionarse. No admiten el uso de maquinaria agrícola por lo que la labranza debe hacerse manualmente.

Estas tierras son aptas para cultivos como caña, café, pastos de corte, mora, tomate de árbol y de manera restringida para maíz, yuca, arveja. Para los frutales mora y tomate de árbol, las siembras deben hacerse en curvas de nivel estableciendo barreras vivas en la parte baja decada parcela que no debe tener más de cien metros de ancho en el sentido de la pendiente. Para cultivos como maíz, arveja, yuca, se deben hacer fajas alternas máximo de 80 metros de ancho, sembrando en curvas de nivel, estableciendo sistemas de rotaciones con leguminosas y pastos.

De modo general debe encalarse para corregir la acidez del suelo, aplicar fertilizantes en función de los análisis de suelo teniendo en cuenta el cultivo y el sistema de rotación utilizado, construir acequias de ladera o canales de sedimentación (de 30 cm de profundidad) para controlar la erosión por el agua de escorrentía. Las fuentes de fósforo deben ser tipo roca fosfórica para evitar pérdidas por fijación o por formación de compuestos insolubles. La limpieza de mora, frutales, café o similares, debe realizarse por medio de plateos. Siempre deben integrarse al suelo los residuos de cosechas.

**C4-AF:** Tierras cultivables de relieve fuertemente inclinado, con suelos ácidos muy susceptibles a la erosión y algunas limitaciones climáticas por deficientes lluvias, mal distribuidas y a veces de alta densidad.

Estos suelos son aptos para cultivos densos como caña panelera y pastos de corte; con ligeras limitaciones para frutales de hoja caduca como pero, manzano, ciruelo, que deben sembrarse en curvas de nivel haciendo fajas en contorno. También pueden utilizarse para pastos.

El uso con cultivos limpios como maíz, arveja, no es recomendable por la pendiente y la erosividad del suelo; sin embargo, si se hacen debe hacerse en fajas alternas controlando el agua de escorrentía con acequias o canales construidos en la parte superior de las fajas de maíz, papa o arveja, que en la parte inferior tiene la faja de pasto o caña. Es necesario aplicar cal y fertilizantes completos, construir acequias de ladera para el control del agua de escorrentía, adiconar los residuos orgánicos de cosechas y agua de riego en épocas secas. Es fundamental para la sostenibilidad de los recursos y de los procesos investigar esquemas de rotaciones para lograr los mejores resultados.

### ☛ **Tierras para Pastos**

☞ **P:** Corresponden con zonas de relieve variado con pendientes desde 0 a 50% o un poco mayores localizadas en clima frío húmedo, bien o muy pobremente drenadas y, en algunos casos, ligeramente erosionadas o inundables, limitadas además por altos contenidos de aluminio intercambiable.

Es conveniente hacer limpieza frecuente de potreros y rotación de los mismos, mejorar los pastos, evitar el sobrepastoreo, encalarlos y fertilizarlos periódicamente en abonos ricos en nitrógeno. Para el fósforo es conveniente utilizar como fuente roca fosfórica. Debe evitarse la quema de residuos orgánicos. En las zonas mal drenadas e inundables construir diques para el control de inundaciones y canales para el control de los niveles freáticos altos.

### ☛ **Tierras Forestales**

☞ **F2: Bosque Protector Productor:** Son áreas de fuertes pendientes donde es necesario tener cobertura vegetal arbórea para el control de erosión. Algunas de estas áreas se encuentran en nacimientos de quebradas que surten acueductos veredales o regionales.

Estos bosques deben ser de especies nativas y pueden aprovecharse haciendo entresacas técnicamente aconsejadas de manera que no se desproteja el suelo y pueda mantenerse la regulación de caudales y el ciclo de la materia orgánica y elementos nutritivos en el suelo. Al hacer el aprovechamiento deben utilizarse sistemas y técnicas de explotación adecuadas para las condiciones de pendiente para no causar problemas erosivos.

☞ **F2-P: Uso Silvopastoril:** Zonas de pendientes complejas predominantemente mayores de 25% en el clima frío húmedo o muy húmedo, erosionables. La complejidad de pendientes permite tener pequeños sectores con pastos en una zona

prioritariamente de vocación forestal dando como resultado una explotación de tipo silvo-pastoril adecuada a las condiciones climáticas y topográfica.

Las zonas de bosque deben estar preferiblemente con especies nativas para que el equilibrio sea mejor. Con en F2 estos bosques pueden aprovecharse parcialmente y con la debida asesoría técnica para no propiciar procesos degradativos por erosión.

↪ **F3: Bosque Protector:** Esta unidad se propone para zonas escarpadas ubicadas en nacimientos de quebradas o sectores de pendientes muy fuertes que requieren cobertura boscosa permanente con el fin de evitar el desarrollo de procesos erosivos.

De este tipo de bosque solo puede hacerse aprovechamiento de leña (recursos energéticos) pues, además, cumplen una función reguladora de los recursos hídricos. Debe propiciarse el desarrollo de plantas nativas que propician estabilidad de los ecosistemas naturales y ejercen función protectora aún en taludes de cárcavas profundas.

#### ☛ **Tierras para Recuperación (RP)**

Corresponde a sectores muy erosionados con limitaciones climáticas por mala distribución y lluvias agresivas de alta intensidad. Los pocos suelos que puntualmente se observan son poco permeables y muy susceptibles de erosión.

La pendiente de estas tierras es menor de 50% lo cual da oportunidad de existir suelo con suficiente espesor, para hacer explotación agrícola ya que las deficiencias de agua pueden subsanarse con un minidistrito de riego aprovechando los recursos hídricos del río La Cebada.

Con base en lo anterior, se justifica recuperar la función productiva de estos suelos mediante un esquema de recuperación del suelo que contemple obras civiles de bajo costo y una fase de aplicación biológica cuya etapa final se puede realizar paralelamente con cultivos que tengan raíces poco profundas como hortalizas, una vez construido el minidistrito de riego. Este proyecto llevaría a la recuperación de la función productiva de aproximadamente 800 hectáreas que aportarían buenos recursos económicos al municipio de Gachantivá.

#### **2.2.4 Conflicto por Uso**

Este dato resultado se obtiene de comparar el uso actual y potencial. El conflicto por uso del suelo nace de situaciones en que el uso no corresponde con la potencialidad del

suelo o no se utilizan las prácticas de conservación adecuadas para que no se generen impactos negativos sobre el suelo, el agua o el ambiente en general.

Cuando el uso que se hace corresponde con las potencialidades del suelo se dice que hay equilibrio, cuando el uso actual exige más cualidades que las ofrecidas por el suelo y el ambiente se establece el conflicto por sobre uso y éste causa desmejoramiento del suelo.

En la medida que el cultivo exija más de lo que el suelo ofrece el conflicto será menor. Como la protección ideal para el suelo la da el bosque, aquellas áreas cubiertas por bosque o rastrojos se consideran en equilibrio, cualquiera sea la potencialidad del suelo. Si una zona por sus características edáficas, climáticas y de pendiente potencialmente es para bosque y está cultivada en maíz, arveja o yuca el conflicto es muy alto ya que estos cultivos llamados limpios no dan suficiente cobertura al suelo y adicionalmente requieren de frecuentes limpiezas que exponen el suelo a procesos de erosión; si el cultivo fuera caña de azúcar o pasto de corte, el nivel de conflicto es menor porque le dan más protección al suelo.

Para el municipio de Gachantivá aproximadamente el 50% del área está bien utilizada (equilibrio) y el 50% restante está en sobreuso (conflicto) predominando el conflicto por sobreuso muy alto y medio. La eliminación de los conflictos implica cambio de uso; en algunos casos utilizar prácticas de conservación disminuye o minimiza el nivel de conflicto. Ejemplo de esto es el cultivo de papa en la unidad C4 que sembrándola en curvas de nivel con fajas de 60 a 70 cms de ancho y estableciendo rotaciones con leguminosas y pastos se minimiza el conflicto.