

SUBSISTEMA BIOFISICO

**(LOS RECURSOS
NATURALES Y EL MEDIO
AMBIENTE)**

1. GEOLOGIA

El área del Municipio de Paipa se localiza en la Cordillera Oriental de Colombia, y se caracteriza por presentar rocas sedimentarias de origen marino y continental, y la presencia de algunos cuerpos ígneos intrusivos. La edad de las rocas estratificadas presentes varía entre el Triásico y el Terciario Superior; otros depósitos sedimentarios recientes pertenecen al período Cuaternario.

La Falla de Boyacá, accidente tectónico regional marca la división de dos conjuntos de facies sedimentarias y rasgos morfoestructurales característicos; la región al Norte de la falla, con presencia de depósitos Jura-Triásicos y Cretáceos marinos de amplios pliegues, y otra región hacia el Sur de la misma falla, caracterizada por la presencia de sedimentos Terciarios continentales, sedimentos marinos del Cretáceo superior y la presencia de cuerpos ígneos volcánicos andesíticos.

1.1 METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo un levantamiento de la cartografía geológica del Municipio de Paipa mediante la interpretación de fotografías aéreas, trabajo de campo y consulta de información disponible. La información interpretada ha sido transferida a planchas básicas a escala 1:25.000 disponibles del IGAC. Posteriormente se ha llevado a cabo un proceso de digitalización de la información.

La nomenclatura estratigráfica está conservada según las normas y de información disponible publicada por el Ingeominas.

1.2 ESTRATIGRAFIA

A continuación se describen de más antiguas a más jóvenes las unidades estratigráficas presentes en la región de Paipa y cuya cartografía se presenta adjunta al presente informe (ver Mapa Geológico).

1.2.1 Formación Palermo (TrJp).

La Formación Palermo está constituida por conglomerados, shales negros y areniscas de grano fino a medio de colores rojizos, verdes y violáceos. Según Langenheim. (en Renzoni, 1981), se correlaciona con la Formación Girón, y posiblemente pertenece a sedimentación del Mesozoico.

La Formación Palermo posee su columna tipo en el Corregimiento de Palermo, distribuyéndose ampliamente en una zona vecina al Río Chontales y

constituyendo el núcleo erosionado del Anticlinal de Arcabuco. Su espesor se estima en 530 metros.

1.2.2 Formación Montebel (Jim)

La Formación Montebel, de edad Jurásica, se distribuye ampliamente al Norte del Municipio de Paipa, y en la vecindad del Corregimiento de Palermo. Está constituida por shales negros, limolitas café a rojizas e intercalaciones de areniscas arcillosas y feldespáticas de colores grises, rojizo y verdosas. Su espesor en la región ha sido estimado en cerca de 400 metros.

1.2.3 Formación La Rusia (Jru)

La Formación La Rusia, está constituida por intercalaciones de areniscas rojizas y blancas finas, areniscas conglomeráticas, y limolitas rojizas a verdes. Se calcula un espesor de 344 metros en la sección aflorante entre Palermo y Paipa. Su edad según Langenheim es Jurásica, post Liásico Superior.

1.2.4 Formación Arcabuco (Jar)

La Formación Arcabuco, de ambiente de depositación continental, está constituida por areniscas cuarzosas blancas e intercalaciones de shales rojizos. Su espesor en la zona de estudio se estima en aproximadamente 520 metros. Se presentan buenos afloramientos en la carretera Paipa- Palermo. Su edad estimada es del Jurásico Superior.

1.2.5 Formación Ritoque (Kiri)

La Formación Ritoque posee su localidad tipo en la Quebrada Samacá, vecindad de Samacá (Boyacá). Está constituida por intercalaciones de limolitas amarillo-rojizas y calizas. Su espesor es de aproximadamente 80 a 110 metros. Esta unidad constituye el núcleo del Sinclinal de Los Medios presente parcialmente en el área del Municipio de Paipa. Su edad es estimada en el Cretáceo inferior con base en los estudios paleontológicos de Etayo, Julivert y Hubach.

1.2.6 Formación Los Medios

La Formación Los Medios está conformada por dos miembros cartografiables que se denominan Miembro conglomerático inferior (Kimi), y Miembro limolítico superior (Kims).

El *Miembro conglomerático inferior* está constituido por conglomerados, arenisca conglomerática y limolitas. Su espesor es de aproximadamente 120 metros.

El *Miembro limolítico superior* está compuesto esencialmente de limolitas, con algunas intercalaciones de areniscas y su espesor en el área es de aproximadamente 150 metros.

1.2.7 Formación Une (Kv2)

La Formación Une se presenta al Suroriente de la región de Paipa, y está compuesta por areniscas blancas a amarillas e intercalaciones de shales negros. La unidad se presenta en contactos discordantes con los sedimentos Terciarios (Tst) y un cuerpo ígneo intrusivo (Ta).

1.2.8 Formación Churuvita (Ksch)

La localidad tipo está definida en la región de Sáchica-Tunja. La Formación Churuvita está compuesta por areniscas, arcillolitas, calizas principalmente, shales grises y limolitas. Su espesor es de aproximadamente 470 metros.

1.2.9 Formación Conejo (Kscn)

Esta Formación propuesta por Renzoni G. (1981), está compuesta por areniscas principalmente intercaladas por shales negros, limolitas y esporádicamente estratos de calizas. La localidad tipo se localiza entre Oicatá y Chivatá (Boyacá); en ésta sección se observan cerca de 280 metros de espesor.

1.2.10 Formación Plaeners (Kg2)

La Formación Plaeners, en el sector de Paipa, está compuesta de chert y arcillolitas principalmente. Se observan afloramientos bien expuestos al Suroriente del área, investigada principalmente en exposiciones correspondientes a canteras de explotación para materiales de construcción. Su espesor en el área se calcula en 100 a 120 metros. En otras secciones fuera del área la formación incluye niveles de porcelanitas, shales y fosforitas. Esta unidad se correlaciona con parte del Grupo Guadalupe de la Sabana de Bogotá.

1.2.11 Formación Labor y Tierna (Kg1)

La Formación Labor y Tierna está compuesta principalmente por shales gris-oscuros y areniscas de grano medio a fino; la denominada arenisca de labor presenta dureza intermedia, mientras la arenisca tierna se caracteriza por conformar horizontes friables característicos. Buenas exposiciones se observaron

en la carretera Paipa-Pantano de Vargas, y en el carretable hacia la Vereda el Tunal. Su espesor estimado en el área es de 170 metros aproximadamente. Se correlaciona con el Grupo Guadalupe de la Sabana de Bogotá, y toma su nombre de las Formaciones Labor y Tierna, no diferenciadas en el área investigada.

1.2.12 Formación Guaduas (KTg)

La Formación Guaduas constituye la transición del Cretáceo superior al Terciario, y está constituida por una secuencia de arcillolitas grises principalmente, areniscas friables y horizontes de carbón interstratificados. El espesor estimado es de 570 metros. Las exposiciones de la Formación Guaduas, al Norte de Paipa están perturbadas por efectos de la Falla de Boyacá.

1.2.13 Formación Bogotá (Tb)

Al Suroccidente de Paipa se exponen areniscas friables, arcillas rojizas a amarillentas correspondientes a la Formación Bogotá, de edad Paleoceno (Van der Hammen). Su espesor se estima en cerca de 250 metros.

1.2.14 Formación Tilatá (Tst)

La Formación Tilatá, de edad Plioceno a Pleistoceno, está compuesta por capas de gravas, conglomerados, arenas y arcillas. El espesor estimado es de cerca de 150 metros. Esta Formación yace discordantemente sobre unidades preexistentes.

1.2.15 Depósitos aluviales (Qa)

Una amplia exposición de depósitos aluviales compuestos de limos, arcillas y arenas, caracteriza las planicies en la vecindad del Río Chicamocha y parte del sitio del casco urbano de Paipa.

1.2.16 Abanicos aluviales (Qal)

Depósitos de abanico compuestos de gravas, arenas y arcillas.

1.2.17 Cuaternario sin diferenciar (Qt).

Depósitos de talus y otros derivados de movimientos en masa recientes, compuestos de arenas, arcillas y limos.

1.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La región de Paipa está caracterizada por dos provincias morfoestructurales contrastantes. Hacia el Norte de la Falla de Boyacá se destaca un bloque tectónico levantado en el cual se identifica el Sinclinal de Los Medios, y el Anticlinal de Arcabuco. Hacia el Sur de la Falla de Boyacá se observa un bloque tectónico deprimido de paisaje ondulado, correspondiente al llamado Bajo Estructural ó Depresión del Río Chicamocha. Mientras en el bloque norte se presentan estructuras plegadas amplias y básicamente constituídas por rocas del Jurásico y Triásico, en el bloque sur, es decir la Depresión del Chicamocha, son notorios los plegamientos cortos y estrechos, y estructuras plegadas volcadas por acción de gravedad (ver figura I.3.)

1.3.1 Falla de Boyacá

La Falla de Boyacá es una falla fundamental de carácter regional, de tipo inverso, convergencia al NW y sobresale como un lineamiento de tendencia N45E. La falla afecta sedimentos antiguos Juratriásicos y rocas Cretácicas, y constituye una barrera natural que delimitó la sedimentación del Terciario en la Depresión del Río Chicamocha.

La Falla de Boyacá posee un trazo nítido en las fotografías aéreas, y presenta numerosas expresiones geomórficas y evidencias geológicas que confirman este accidente tectónico. Escarpes degradados de falla y un intenso brechamiento son comunes. En el sector de Paipa no se hallaron evidencias claras de actividad neotectónica, pero algunos indicios geomórficos (figura I.4) sugieren actividad durante el Cuaternario.

1.3.2 Falla El Curial.

La falla El Curial se localiza al Sur del Corregimiento de Palermo, y presenta una tendencia N100 E. Brechas, escarpes de falla y dislocaciones en estratos constituyen evidencias de la falla, la cual está asociada a otros lineamientos de similar tendencia que podrían constituir la extensión de la misma. Toda esta zona asociando la falla y otros lineamientos se ha denominado como la Zona de Fracturamiento de Palermo. Reviste gran importancia desde el punto de vista de la presencia de alta densidad de inestabilidad y movimientos de masa asociados, punto sobre el cual nos referiremos en el ítem Análisis de Amenazas Naturales.

1.3.3 Anticlinal de Arcabuco

El anticlinal de Arcabuco constituye un pliegue cuyo eje se orienta según tendencia N78E y afecta rocas Triásico-Jurásicas y Cretácicas. Su origen se asocia al levantamiento final Andino que dio lugar a la Cordillera Oriental en el Terciario. El pliegue es amplio y se extiende más hacia el Occidente, fuera del

área; generalizando, el flanco Sur presenta aproximadamente 20 grados de buzamiento, mientras su flanco Norte presenta 15 grados de buzamiento. Su núcleo erosionado descubre rocas del Triásico y está caracterizado por valles fluviales relativamente profundos de los ríos Cuestanó y Chontal.



Figura I.3. Afloramiento al Sur de Paipa, carretera hacia la Vereda Qda Honda, donde se reconocen pliegues volcados por gravedad en el nivel de plaeners que conforma la Formación Guadalupe.



Figura I.4. Depresión de forma alargada y con depósitos Cuaternarios localizada a lo largo de la Falla de Boyacá, que podría indicar actividad neotectónica.

1.3.4 Sinclinal de Los Medios

El Sinclinal de Los Medios es una estructura amplia de tendencia NE que parcialmente se identifica en el área. Es una estructura amplia con cabeceo al Oriente y que afecta unidades JuraTriásicas y Cretácicas.

2. RECURSOS MINEROS

Para obtener información acerca de los recursos mineros del Municipio de Paipa se ha consultado básicamente como fuentes principales el Ministerio de Minas y Energía, Carbocol, Ecocarbón, Ingeominas, y el DANE. Para complementar el trabajo se ha realizado una verificación de campo (6 días), obteniendo información complementaria de interés.

2.1 MINERALES

En el Municipio de Paipa se identifican como minerales principales de explotación: carbón, puzolana, arenas y arcillas. También se explotan materiales mixtos para construcción. En general la minería es de pequeña escala.

Las explotaciones de carbón, principal recurso mineral del Municipio, tienen una tradición desde la época de la Colonia. Se trata de una pequeña minería de subsistencia explotada artesanalmente en la mayoría de los casos.

Según datos obtenidos del Ministerio de Minas se identifican 9 licencias mineras y 22 subcontratos para explotación los cuales se encuentran otorgados, en trámite ó no se conoce su estado actual. En la Tabla I.4 se presenta una base de datos de las licencias mineras y subcontratos mencionados donde se indica además del mineral ó minerales, el nombre del solicitante, ubicación por coordenadas geográficas, área, código de registro minero, etapa, y estado jurídico. En la Tabla I.5 se presenta un listado de 49 minas de carbón, indicando nombre de las minas, empresarios trámite y producción, datos obtenidos de ECOCARBON, regional de Nobsa (1999).

2.1.1 Carbón

En el Municipio de Paipa se tiene conocimiento de 1 licencias mineras y de 22 subcontratos registrados por el Ministerio de Minas. Se identificaron 40 puntos de explotación ó bocas de mina. El área total abarcada por las licencias mineras es de 30 km², que representa aproximadamente un 10% del área total del Municipio. La minería es de subsistencia y ésta es ejercida por personas naturales en la mayor parte de casos.

No se conocen datos sobre el volumen de reservas y explotación mensual ó anual para cada mina ó licencia. Los datos de censos realizados han sido muy limitados, y el último censo minero ejecutado por el Ministerio de Minas hace cerca de 5 años no se ha publicado por la detección de errores del mismo. Sin embargo considerando información de censos mineros de 1974 y 1983 donde se calcula una producción mensual de 170 toneladas-mes y estimando un 11 % como producción en el municipio de Paipa se calcula la explotación de 14 a 16 toneladas mes.

En cuanto a las características técnicas se mencionan las observadas en visita de campo.



Figura I.5. Minería de carbón típica en la Vereda El Salitre.



Figura I.6. Minas de carbón localizadas en la Vereda Canocas

En las figuras I.5 y I.6 se ilustra la minería de carbón en la zona. Las explotaciones se realizan en forma rudimentaria sin condiciones de seguridad. El mineral se presenta en capas y se explota subterráneamente utilizando el sistema de tambores, siguiendo veta, y arrancando el mineral con pico manual y perforación semimecanizada. Otras máquinas y equipos usados son los malacates, vagonetas, motobombas y volquetas. La fortificación de las minas generalmente es en madera. Se utiliza la ventilación natural. Usualmente no se dispone de equipos de medición de gases.

Siendo una pequeña minería de subsistencia, las explotaciones no presentan una regularidad y están sujetas a la ley de oferta y demanda. Los principales compradores del mineral son Acerías Paz de Río (hasta 1997), y Termopaipa.

El precio por tonelada de carbón vendida en boca de mina es de \$18.000. De acuerdo a información obtenida oralmente de los mineros, la rentabilidad es baja, y los más beneficiados son los intermediarios, quienes incrementan un 50 % el valor-tonelada.

Como conclusión se observa que la minería de carbón tiene una larga tradición y beneficia a un grupo importante de familias. Sin embargo se detecta la labor artesanal en la mayor parte de los casos, la escasez de medidas de seguridad y el conflicto en sectores donde se acentúan los procesos de erosión y deterioro del paisaje. De esta minería se posee alguna información de interés en ECOCARBON pero la misma está desactualizada y adolece de ausencias en el seguimiento de su desarrollo.

2.1.2 Minerales no energéticos

Se identifican 26 explotaciones a cielo abierto mediante el sistema de canteras. Las explotaciones se clasifican en canteras de puzolana, arena, materiales mixtos y arcillas.

La puzolana constituye un material sílico-aluminoso que finamente dividido y en presencia de agua se combina con el hidróxido de calcio, a temperaturas ordinarias, para formar compuestos que poseen propiedades cementicias (Industrial Mineral Rocks, 1975). Este material se localiza adyacente a los cuerpos de roca ígnea andesítica presente al Sur y Suroriente del Municipio de Paipa. La puzolana se presenta en forma masiva y un color claro blanco a blanco-grisáceo, y se explota a tajo abierto extrayéndose manualmente y con ayuda de maquinaria.

En contacto con el material de puzolana se observa una secuencia sedimentaria finamente estratificada y casi horizontal (ver figura I.7), interpretándose su depositación en una subcuenca con un régimen de sedimentación lacustre

especial compuesta de limolitas, arenas finas y material volcánico, y que pudo dar origen a la puzolana en explotación.

Los depósitos de puzolana son explotados por Cementos Diamante y Cementos Paz de Río, siendo utilizados para optimizar las propiedades de los cementos producidos.

No se conocen datos sobre el volumen de reservas del material, ni de la calidad del mismo. En la mina localizada en la vereda Rincón de Vargas trabajan un promedio de 8 personas.

En cuanto a los factores ambientales siendo un material muy fino se observa la polución del aire, y por otro lado el deterioro del paisaje acelerando el proceso de erosión superficial.



Figura I.7. Depósito sedimentario cuaternario en capas finas, con baja consolidación y compuesto de caolín, arenisca blanca fina, limos y posiblemente cenizas.

2.1.3 Materiales de construcción

Los materiales de construcción se clasifican en materiales mixtos (gravas, arenas y arcillas), arenas y arcillas (tabla I.6). Los materiales mixtos están constituidos por bloques y gravas de líticos sedimentarios, y por arenas. Se conocen 8 licencias mineras y se identificaron en el campo 26 minas, de estas 14 explotan materiales mixtos, 9 arenas (7 activas) y 1 de arcillas.

La minería se clasifica como minería de subsistencia siendo explotadas como canteras a tajo abierto, artesanalmente y con ayuda de explosivos. Se utilizan entre otros elementos taladros, palas mecánicas, excavadoras y volquetas. En las figuras I.8 y I.9 se ilustra la minería de materiales de construcción.

La mayor parte de las minas corresponden a rocas pertenecientes a las formaciones Cretáceo-Terciarias donde se encuentran capas de areniscas, lutitas, plaeners y arcillas.

En cuanto al personal empleado se calcula en 50 personas que trabajan temporalmente de acuerdo a las leyes de oferta y demanda. En la mayoría de los casos el personal no utiliza casco u otros medios de seguridad.

Ambientalmente la explotación de las minas contribuye a la degradación del paisaje acelerando la erosión y produciendo además material desechable redepositado sin seguir normas ambientales de protección del ambiente. Es notoria la presencia de minas en áreas de atracción turística como el sector Sur de Paipa y el sector aledaño a la vía Paipa - Pantano de Vargas.

Tabla I. 6. Distribución de minas por sectores

Sector	Minería	Minas	Activas-Abandonadas
Vereda El Salitre	Materiales mixtos	4	4 - 0
Vereda Cruz de Murcia	Arena	2	2 - 0
	Materiales mixtos	2	2 - 0
Vereda La Playa	Materiales mixtos	3	3 - 0
Vereda Rincon de Vargas	Puzolana	1	1 - 0
	Arena	1	0 - 0
Vereda la Esperanza	Arena	1	0 - 1
Vereda Caños	Materiales mixtos	1	1 - 0
Vereda El Rosal	Arcilla	1	1 - 0
Vereda Cruz de Bonza	Arena	3	3 - 0
	Materiales mixtos	1	1 - 0
Vereda La Bolsa	Materiales mixtos	4	4 - 0
Vereda Rincón de Españoles	Materiales mixtos	1	1 - 0

Como conclusión se destaca que la minería de los minerales no energéticos no es fundamental en la economía del municipio, se desarrolla sin normas técnicas de explotación y ha acelerado los procesos de erosión y deterioro del paisaje. Adicionalmente se encuentra cómo las autoridades no cuentan con un censo minero que permita monitorear el desarrollo de la misma y por ende tomar medidas especialmente concernientes a la seguridad, a la prohibición de explosivos, y seguimiento de normas mínimas para la preservación del ambiente.



Figura I.8. Cantera de materiales de construcción localizada en la Vereda Cruz de Murcia



Figura I.9. Mina de materiales mixtos ubicada en la Vereda Caños.

2.2 CONCLUSIONES

Recursos Minerales

- Los principales recursos minerales en explotación en la región de Paipa son: carbón, pudzolana, y en general materiales de construcción.
- La minería es estimada de pequeña escala, explotada mediante métodos artesanales y se califica como minería de subsistencia.
- No se conocen datos sobre volumen de reservas de minerales ni información contabilizada actualizada sobre explotaciones.
- La baja calidad técnica en las explotaciones puede mejorarse mediante acciones tendientes a obtener asesoría técnica por parte de entidades como MINERCOL e INGEOMINAS.
- La minería de materiales no energéticos no es fundamental en la economía municipal y su explotación está conduciendo a la degradación del paisaje constituyendo un conflicto con respecto a problemas ambientales y de explotación turística.

3. GEOMORFOLOGIA

La zona de estudio tiene su asiento en la provincia morfológica de la Cordillera Oriental, una cadena de montañas en estructuras plegadas, limitada en ambos flancos por fallas inversas de rumbo opuesto, las que le han comunicado una estructura original en flor, vista en sección transversal.

Dentro de los numerosos rasgos morfoestructurales que caracterizan a esta cordillera, se destacan al norte de Bogotá, varios anticlinorios bordeados al este y oeste por numerosas fallas, los cuales están constituidos por el Jurásico y Cretáceo sedimentario que cubre el zócalo premesozoico. Justamente cerca de la ciudad de Paipa, la falla de Boyacá separa al norte los sedimentos del Jurásico y al sur, los del cretáceo; en estos últimos adquieren individualidad unos pliegues grandes que se extienden entre Bogotá y Duitama, configurando amplios sinclinorios rellenos por sedimentos neógenos continentales y cuaternarios lacustres, glaciafluviales y fluviales, depositados gracias a una subsidencia reciente y continua (Thouret, 1981).

Paralelamente a la definición estructural de la región, los procesos exógenos morfodinámicos han venido trabajando en la remodelación de las geoformas iniciales, ya disectándolas profundamente, ya recubriéndolas parcialmente con materiales alóctonos, especialmente ceniza volcánica, o bien originando nuevos paisajes de carácter agradacional.

En consecuencia, dentro del municipio de Paipa se reconocen hoy en día cuatro unidades genéticas de relieve, cada una conformada por dos o más paisajes geomorfológicos que guardan entre sí relaciones de parentesco de carácter genético (mismo origen), morfológico y litológico generales.

A continuación se describen entonces las diferentes **unidades genéticas de relieve**, con sus correspondientes paisajes:

3.1 UNIDAD DE ORIGEN EROSIONAL-ESTRUCTURAL

Es la unidad genética de terreno más extensa del municipio, integrada por la totalidad de las montañas altas del sector septentrional así como por la mayoría de las montañas bajas y lomas altas localizadas al sur de la cabecera municipal. Estas deben su morfología presente al plegamiento y fallamiento de las rocas sedimentarias del Jura-triásico, Jurásico, Cretáceo y Terciario, seguido de prolongados procesos de meteorización de esas rocas y de la denudación fluvio-erosional y gravitacional de las alteritas resultantes, esculpiendo densas y profundas redes de drenaje, al punto de modificar y en muchos casos borrar, los rasgos estructurales originales.

Es así como cada paisaje definido en esta unidad genética exhibe hoy en día una morfología determinada, resultante del trabajo diferencial realizado por los agentes geomorfológicos sobre sus alteritas y suelos o, directamente sobre las rocas duras.

3.1.1 Cresta homoclinal degradada en arenisca cuarzosa:

Este paisaje comprende las montañas más elevadas del extremo septentrional de Paipa (norte y noroeste de el Venado) e igualmente aquellas de la cuchillas las Cruces, en el paso más alto de la carretera Paipa-Palermo. Sus rasgos estructurales han sido parcialmente modificados por una disección subdendrítica profunda y algo densa en su ladera estructural, y por una disección paralela moderadamente densa y poco profunda en la contrapendiente. Las laderas son largas y con pendientes abruptas; las cimas son subredondeadas a redondeadas, al igual que algunos interfluvios y pequeños rellanos. En general, los mantos de meteorización son muy delgados, debido ello a la dureza de la roca y a las fuertes pendientes que favorecen el desgaste paulatino de los suelos. Este paisaje cubre 3010,68 ha.

3.1.2 Montañas ramificadas en grauwaca.

El paisaje está circunscrito exclusivamente a las montañas masivas y abruptas del sector de Palermo, recortadas profundamente por los valles del río Chontales y sus afluentes las quebradas Cúestano, El Cedro, La Venta y Hortigal. Su esqueleto está constituido por unas areniscas rojizas muy antiguas, probablemente del tipo grauwaca, las cuales forman el núcleo de un gran anticlinal, hoy en día fuertemente socavado por la escorrentía. Externamente las montañas muestran cimas estrechas y laderas fuertemente empinadas, incluyendo algunos escarpes verticales a subverticales, todos entallados por sistemas de drenaje paralelos, superficiales y bastante espaciados entre sí. Debido al efecto de anteriores deslizamientos rotacionales, en sectores puntuales se encuentra un par de superficies abancaladas y rellanos cuyas pendientes más suaves parecen sustentar alteritas más espesas que en el resto de la geoforma, donde sólo son superficiales. La extensión del paisaje es de alrededor de 2738.2 has.

3.1.3 Montaña ramificada en rocas limoarcillosas con manto de ceniza volcánica

Se trata del paisaje geomorfológico que cubre la mayor superficie en el sector norte de Palermo-El Venado (7264,2 ha), enmarcado por los paisajes antes descritos. Su relieve es típicamente montañoso, con ramales primarios y secundarios y una gran variedad topográfica determinada por la erosión fluvial natural y por antiguos y recientes fenómenos hidrogravitacionales, principalmente

deslizamientos rotacionales, los cuales han afectado a los mantos de meteorización de los shales, limolitas y arcosas interestratificadas que forman el sustrato, determinando cañadas y escarpes de erosión, rellanos inclinados, ondulados y aplanados a los cuales se suman algunos remanentes de las laderas de buzamiento.

Probablemente a finales del Pleistoceno y durante el Holoceno cayeron en la región numerosas lluvias de ceniza volcánica acarreada por el viento desde el complejo volcánico Ruiz-Tolima en la cordillera Central, piroclásticos que se han sostenido en las laderas con pendientes inferiores al 50%, ya completamente meteorizadas.

3.1.4 Sinclinal colgante en arenisca y limolita conglomeráticas.-

El cuarto paisaje montañoso está localizado en territorio de las veredas Medios, Marcura y La Balsa, a los cuales corresponde en realidad el subpaisaje de contrapendiente. Una mejor identidad del paisaje se encuentra más allá de los límites del área de estudio, hacia el municipio de Sotaquirá, en donde se distinguen claramente las laderas estructurales buzando hacia en interior de la geoforma. Los materiales litológicos subsuperficiales están representados, de la base hacia arriba, por estratos de arenisca, limolita conglomerática, limolita, arcillolita, arenisca y limolita micácea, todas de edad cretácea.

Dentro del área de estudio, la contrapendiente ha sido afectada por la falla de Boyacá, mediante trituración de las rocas y la formación de brecha de falla, material sumamente inestable y altamente susceptible a la erosión fluvial y a la remoción en masa.

Justamente debido a los procesos de denudación, hoy en día predomina un relieve fuertemente socavado, con pendientes moderada y fuertemente escarpadas, con una red de drenaje subdendrítica a subparalela y con alteritas superficiales a moderadamente profundas. Su area alcanza las 2184.5 ha.

3.1.5 Lomas anticlinal y homoclinal degradadas en arenisca.

Geoformas determinadas por plegamiento de estratos de arenisca cuarzosa de edad cretaceo y terciario, afectadas posteriormente por denudación parcial ya que aún es posible reconocer ciertos rasgos estructurales. Comprende tres unidades alargadas extendiéndose con rumbo aproximado norte-sur, una por el sector occidental, arrancando desde la orilla oeste del lago Sochagota hasta el límite con el municipio de Tuta; la segunda, corriendo por el centro de la región y la tercera, siguiendo por el borde oriental, en jurisdicción de la vereda El Chital.

El relieve apenas alcanza los 300 m de desnivel y se caracteriza por su topografía alomada con cimas amplias y redondeadas de variada pendiente, además de unas laderas regulares, moderada a fuertemente escarpadas, afectadas en varios sectores por erosión laminar y en surcos en gradi moderado. La escorrentía ha esculpido un patrón de drenaje subdendrítico a subparalelo de baja densidad y poca profundidad. Las alteritas varían de superficiales a moderadamente profundas, en función a la inclinación de las laderas. El cubrimiento de la unidad alcanza las 2920,35 has.

3.1.6 Lomas homoclinales muy degradadas en arcillolitas limosas:

Este paisaje comprende cuatro pequeñas unidades dispersas, dos de ellas situadas al pie del escarpe de falla Boyaca y las dos restantes, localizadas en la vereda Rio Arriba y al sur de la vereda Canoas, respectivamente.

Morfológicamente el paisaje se caracteriza por su topografía originalmente alomada, desarrollada en arcillolitas plegadas, posteriormente disectada por la escorrentía, proceso que generó luego colinas de cimas estrechas, entalladas por una red de drenaje dendrítica a subdendrítica. Los mantos de meteorización varían entre moderadamente profundos y profundos. La extensión de la unidades se estima en 949,87 has.

3.1.7 Loma anticlinal-sinclinal degradada en arcosa/limolita/lutita:

Es el último de los paisajes de naturaleza estructural-erosional, correspondiente a una estrecha secuencia de pliegues anticlinal-sinclinal, disectados y afectados en sus laderas más empinadas por erosión acelerada. Espacialmente, la geoforma está restringida a una sola unidad correspondiente a la loma alargada que bordea el Pantano de Vargas por el costado occidental, con un cubrimiento de 576 ha.

Las cimas son amplias, convexas, suavemente inclinadas, al igual que un pequeño rellano sobre la ladera moderadamente escarpada. La red de drenaje es un tanto difusa, debido al escaso entalle de las corrientes y al efecto de la erosión laminar presente. A pesar de las suaves pendientes de las cimas y rellano, las alteritas son poco profundas y, mas aun en las laderas.

3.2 UNIDAD DE ORIGEN FLUVIO-EROSIONAL

En esta unidad genética de relieve se incluyen aquellos paisajes cuya morfología actual se debe exclusivamente a los procesos de denudación fluvio-erosional, como son un par de antiguos domos volcánicos localizados al sur del municipio y

unas lomas bajas situadas al pie del escarpe de la falla Boyacá y en las márgenes de la quebrada Honda.

3.2.1 Domo (o cuello) volcánico antiguo en andesita

Se trata de pequeñas y excepcionales geoformas de naturaleza volcánica en la Cordillera oriental, con aspecto de domo, cuyo esqueleto corresponde a una andesita muy alterada, sobre la cual se ha desarrollado un manto de meteorización relativamente espeso, el cual conserva tal característica en sus cimas amplias, con pendientes suavemente onduladas; no obstante, en los hombros y laderas esta ocurriendo un proceso de erosión acelerada, laminar y en cárcavas, con lo cual los suelos se han tornado superficiales, a pesar de los intentos de controlar esa erosión mediante reforestación con coníferas. La disección geológica tiende a ser radial, moderadamente densa y medianamente profunda, afectando un relieve de colinas con desniveles de 200 a 300 m y laderas moderadamente escarpadas. El paisaje abarca alrededor de 1032,01 has.

3.2.2 Lomas y pedimentos en arenisca conglomerática/ conglomerado/ arcillolita.

Los sedimentos sobre los cuales se ha desarrollado este paisaje fueron depositados hacia finales del Terciario y comienzos del Cuaternario, primero por un sistema fluvial que dejó arena, gravilla, arcilla y turba en extensos pantanos y lagunas del futuro altiplano cundiboyacense; posteriormente se forma el gran lago de la sabana de Bogotá y el de las depresiones de Boyacá (Ubate-Chiquinquirá, alto Chicamocha), en donde se depositan sedimentos lagunares. En los sectores marginales y más elevados de estos lagos continúa la sedimentación de arenas y gravillas, algunas de origen glacifluvial, las cuales alcanzan a endurecerse, sufriendo pequeños fallamientos y a veces una ligera inclinación.

En su mayoría, los sedimentos de la denominada Formación Tilatá están dispuestos en capas horizontales, algunas con estratificación cruzada; sobre éstos han trabajado los procesos de denudación determinando un modelado de suaves lomas, con desniveles de menos de 100 m, así como de pedimentos inclinados.

Quizás por ocupar la parte inferior de las vertientes locales, y bajo unas condiciones climáticas relativamente secas, varias unidades se hallan afectadas por erosión fluvial acelerada, tanto en cárcavas y surcos como en láminas. No obstante, una comparación de fotografías aéreas del área, tomadas con 30 años de diferencia permiten deducir que el proceso no ha avanzado significativamente en los últimos tiempos. Su extensión es considerable ya que alcanza las 4075,84 has.

3.3 UNIDADES DE ORIGEN AGRADACIONAL DE PIEDEMONTE.

La tercera Unidad genética de relieve definida en el municipio ha sido determinada por procesos de sedimentación coluvial y aluvial, de los cuales han resultado unidades dispersas piedemontanas de pequeña extensión, cuyas características geomorfológicas se describen a continuación:

3.3.1 Cono (de deslizamiento) coluvial.

Como parte de este paisaje se han incluido unos conos coluviales bastante extensos de la región de El Venado; otros menores de la zona de Palermo, así como coluvios menores diseminados en las veredas Peña Blanca, El Curial y Peña Amarilla.

Todos se han originado por la acumulación caótica, al pie de las laderas, de materiales de deslizamientos, derrumbes, desplomes y reptación de suelo y rocas. Por ello, el común denominador de todos es su elevada pedregosidad, tanto en la superficie del terreno como en el perfil de suelo, así como su típica topografía inclinado-ondulada.

Los coluviones comprenden fragmentos heterométricos de arenisca, limolita y material de suelo revuelto con alterados de ceniza volcánica. Algunos, cuyas pendientes son suaves y cóncavas, con matriz arcillosa, suelen presentar problemas de hidromorfismo moderado.

El área calculada para este paisaje es de 590,98 ha.

3.3.2 Abanico aluvial subreciente.

Geoforma determinada exclusivamente por el río Surba, corriente que ha diseminado sus cargas de aluviones en territorio de los municipios de Paipa y Duitama, probablemente en el periodo Holoceno medio a superior. La fuente de los sedimentos son areniscas de grano fino y arcillolitas limosas, además de cenizas volcánicas, a partir de los cuales se han generado unos suelos maduros cuya pedogénesis se ha tomado como indicadora de la probable edad del paisaje.

La topografía es regular, ligeramente inclinada, recortada superficialmente por pequeñas corrientes intermitentes que han configurado un patrón de drenaje distributivo. La base del abanico se confunde gradualmente con el plano de inundación del río Chicamocha.

La extensión del paisaje es de alrededor de 177,87 has.

3.3.3 Abanico aluvial reciente.

El paisaje está constituido por varios abanicos originados por la sedimentación de las quebradas Toibita, El Rosal, Chuscal, Pan de Azúcar, Dispensas y Agua Blanca, las cuales emergen desde las montañas y colinas hacia la llanura del río Chicamocha, explayando sobre ésta sus aluviones predominantemente arcillosos y determinando superficies regulares, suavemente inclinadas a casi planas, con sección transversal convexa.

El escaso desarrollo pedogenético que exhiben los aluviones ha permitido deducir una menor edad de estas geoformas en comparación con el paisaje anterior; a ello puede haber contribuido también la condición de drenaje restringida que se advierte en todas las unidades. El paisaje cubre unas 961,4 has.

3.3.4 Glacis coluvio-aluvial.

La unidad genética de piedemonte se completa con unos pequeños glacis de acumulación gravitacional, determinados por reptación y escurrimiento difuso, localizados en las márgenes de las quebradas Honda Grande, El Gerón, Palacio y Canoas, así como en la base de la loma occidental del Pantano de Vargas y en la margen oeste del lago Sochagota.

Los sedimentos son predominantemente arcillosos y su distribución ha determinado superficies muy regulares, casi planas a moderadamente inclinadas. Por la incipiente pedogénesis que se advierte en los suelos, el paisaje también parece ser de edad reciente a subactual. La extensión de la unidad es de unas 354,44 has.

3.4 UNIDADES DE ORIGEN AGRADACIONAL DE VALLE

La última de las unidades genéticas de terreno reconocidas en el municipio de Paipa abarca los paisajes de los sectores más bajos y planos, tanto de la zona de El Venado y Palermo, como de los alrededores de la cabecera municipal. Las características morfológicas de tales paisajes se describen a continuación:

3.4.1 Vallecito aluvio-coluvial.

Paisaje originado en los valles de los ríos Tolota-Venado y Chontales-Palermo por un relleno mixto de aluviones y coluviones gruesos, con fragmentos de roca heterométricos y heterogéneos procedentes de las formaciones litológicas circundantes, esto es de arenisca, limolita, shale y lutita. Lo anterior ha determinado geoformas alargadas y estrechas, plano cóncavas en sección transversal, con pendientes de 1 a 7%, sujetas de manera esporádica a inundaciones torrenciales, de las cuales quedan evidencias en la superficie del

terreno, como concentraciones de bloques y cantos rodados. Su área total alcanza las 594,6 has.

3.4.2 Plano de inundación de río meándrico.

El río Chicamocha baña el sector centro-meridional del municipio, en dirección oeste- este, constituyéndose en el nivel de base de erosión local, o sea en el punto más bajo y de recepción de las aguas de las cuencas tributarias.

Como consecuencia de la sedimentación de la corriente durante el cuaternario superior, se ha originado un valle amplio, casi a nivel, con aluviones predominantemente arcillosos y localmente orgánicos, caso del Pantano de Vargas, característica que insinúa la ocurrencia de inundaciones tranquilas, con estancamiento temporal de las aguas.

Las investigaciones de campo han permitido determinar que en el presente prácticamente ya no ocurren inundaciones en la zona, seguramente debido a la captación de parte de su caudal para irrigación de cultivos y pastizales, para usos industriales y para las piscinas de enfriamiento de la termoeléctrica. No obstante, queda la posibilidad de encharcamiento por lluvias debido a la topografía plano-cóncava y a la baja permeabilidad de los sedimentos.

Respecto al pantano de Vargas, éste parece que se originó como consecuencia del represamiento de las aguas de las quebradas que lo cruzan, por la más rápida y potente sedimentación del río Chicamocha que condujo a una cierta elevación de su nivel con respecto a la de aquel. Bajo las condiciones de pantano se desarrolló y acumuló gran cantidad de residuos vegetales, los que posteriormente originaron verdaderas turberas.

No sobra aclarar que en todo el plano de inundación prevalecen condiciones de hidromorfismo marcado, a pesar de la red de canales de drenaje que se ha construido, pues como se señaló antes, esta es la zona de recepción de todas las aguas lluvias y corrientes del sector.

El área cubierta por el paisaje es de 1460,35 has aproximadamente.

3.4.3 Terraza aluvial.

El paisaje tiene una extensión de 253,61 has correspondientes a una pocas unidades dispersas a lo largo del curso de la quebrada Honda Grande. Se trata de anteriores niveles de sedimentación que han quedado elevados respecto a la corriente que los originó debido a su incisión determinada por un descenso en el nivel de base de erosión, ya por factores climáticos globales o bien por ascensos regionales. En el caso presente, es probable que la quebrada Honda grande

hubiese estado sedimentando en un nivel superior al del río Chicamocha, antes de alcanzar su perfil de equilibrio con relación a esa corriente.

La topografía de las terrazas es a nivel y están separadas del plano de inundación por un pequeño talud fuertemente inclinado; sus aluviones son heterogéneos, medianos a finos, claramente estratificados en el subsuelo pero afectados por pedoturbación en superficie.

4. RECURSOS HÍDRICOS

4.1 CUENCAS HIDROGRAFICAS

Las cuencas hidrográficas son un conjunto de aspectos, recursos, y desarrollos, que actúan sincronizadamente. Dos grandes componentes se fusionan en una cuenca hidrográfica: el fisió biótico y el socio económico. Su interacción rompe en ocasiones numerosos equilibrios logrados a través de siglos por la naturaleza, pero, puede conformar una nueva estabilidad transitoria o permanente, si se somete la cuenca a planes de ordenamiento y manejo adecuados.

Para ordenar una cuenca hidrográfica es indispensable distinguir sus características físicas y bióticas, entender los grupos humanos que usufructúan los recursos del área, conocer la infraestructura que ha instalado el Estado y consultar los planes que rigen la región donde se ubica la cuenca (Araque, 1999).

Las cuencas hidrográficas que componen el municipio son: Cuenca del río Chicamocha, Cuenca del río Palermo y Cuenca de río Tolotá.

La superficie de cada uno de estos sistemas es:

Río Chicamocha	17.825 has
Río Palermo	9.560 has
Río Tolotá	4.445 has
Total área	31.830 has

4.1.1 Componentes de las cuencas

Río Chicamocha: quebrada Los Frailes, quebrada Rejalgar, quebrada La Despensa, quebrada La Honda, quebrada Pan de Azúcar y quebrada Aguablanca, Toibita.

Quebrada Honda o río Salitre: quebrada El Cerón, quebrada Del Palacio, quebrada La Culebra, quebrada Olitas, quebrada Aguatibia, quebrada Calderitas, quebrada El Cedro, quebrada El Tunal o Lagunitas, quebrada Canocas, quebrada El Hospital.

Quebrada el Chuscal: quebrada El Chorro, quebrada El Totumo.

Quebrada El Matico.

Quebrada el Manzano.

Quebrada Toibita: quebrada Chorro Blanco, quebrada El Hortigal, quebrada El Coconuco, quebrada Electoral, quebrada Los Arrayanes y quebrada El Olvido.

Quebrada Valenci.

Quebrada Rosales: quebrada La Cortadera.

Río Surba: quebrada Barro Negro, quebrada La Zarza, quebrada Almofrejes, quebrada Jote, Za. La Carbonera, quebrada Los Vargas, quebrada El Cucubo, quebrada El Chuscal, Za. Iguanitos y quebrada El Colorado.

Río Palermo: quebrada Los Pinos, quebrada Los Arrayanes, quebrada Las Veras, R. Cuesta, q, Chuscal, R. Cuestano (quebrada El Cardonal y quebrada La Paila) q, El Cedro, quebrada La Venta, quebrada El Guantivo, quebrada Los Sauces, quebrada El Fical, quebrada Las Piedras, quebrada El Hortigal, quebrada El coso y quebrada Peña Blanca.

Río Tolotá: quebrada El Volcán, quebrada El Frailejón, quebrada Patiobonito, quebrada El renacuajal, quebrada El Venado I, quebrada El Venado II., quebrada El Jupal.

Todas las cuencas del municipio son componentes de la cuenca del río Sogamoso y por consiguiente del río Magdalena, y tienen su nacimiento y desarrollo en el flanco occidental de la cordillera oriental.

Las Subcuencas de la zona sur del municipio, por corresponder a un área seca, no tienen caudal abundante ni pendientes fuertes. La quebrada Honda o río Salitre transporta una buena cantidad de sales, suministradas por las fuentes termales que aparecen en el área media y baja de la subcuenca. Los patrones de drenaje que predominan en esta zona son el dendrítico, subdendrítico (poco densos) y algo meándrico en el Valle del Chicamocha (Ver mapa de hidrología)

Las subcuencas de la zona norte, por pertenecer a un área húmeda y quebrada, son mucho más pendientes, mantienen caudal permanente y abundante, pueden presentar fenómenos de torrencialidad y arrastran buena cantidad de sedimentos en las épocas de lluvias. La red de drenaje es densa y presenta patrones de drenaje tipos subdendrítico y paralelo.

Con datos de precipitación certificados y mejor distribuidos, puede hacerse un cálculo aproximado de los aportes de las corrientes de agua, utilizando cálculos de evapotranspiración. Tan solo existen aforos del río Chicamocha, con un caudal medio anual de 33.65 m³/seg en la estación La Siberia (Lat, 5° 47', long. 73°07' y elevación de 2.539 metros sobre el nivel del mar).

Finalmente, con base en la influencia de las quebradas y ríos principales se han definido 14 subcuencas, espacializadas en el mapa correspondiente.

4.2 HIDROGEOLOGIA

4.2.1 Introducción

La hidrogeología contempla el estudio de aguas subterráneas cuyas reservas suelen ser útiles para fines diversos y por tanto sus condiciones de explotabilidad y calidad de las mismas involucra el análisis de varios factores. La hidrogeología es una rama de la geología que involucra además otras disciplinas tales como geología, geomorfología, hidrología, climatología, hidráulica, hidrogeoquímica y geofísica.

A pesar de la insuficiente información multitemática necesaria para realizar un análisis hidrogeológico regional y adecuado alcance para determinar conclusiones específicas, sobre la base de la información geológica disponible y datos sobre hidrografía, climatología y geofísica relativa a la región del Municipio de Paipa, se presenta un análisis de las características hidrogeológicas. Los datos geofísicos y de registros de pozos solo están disponibles para la parte Sur del Municipio donde reviste particular importancia la presencia de aguas termales. En el resto de la región dichos datos son escasos ó ausentes y por tanto el alcance de las apreciaciones es limitado y puede considerarse como una aproximación a la caracterización de la región de Paipa.

Por considerar que la información proporcionada por la hidrología, permite visualizar el potencial de reservas de agua que tiene el municipio, este acápite se incluyó en lo correspondiente a recursos hídricos y no en la parte de geología.

4.2.2 Conceptualización

La detección de aguas subterráneas y su potencial explotabilidad concierne al conocimiento de varios parámetros específicos cuantificables y que pueden determinarse solo mediante perforaciones de pozos, sondeos gravimétricos, sondeos electromagnéticos, pruebas especiales de bombeo, lo cual implica detalles no conocidos para la mayor parte del área y por tanto está fuera del alcance del presente proyecto.

En términos hidrogeológicos el almacenamiento y movimiento del agua subterránea depende de la porosidad, la permeabilidad, la transmisividad y el coeficiente de almacenamiento. La porosidad es la relación entre el volumen de espacios vacíos y el volumen total de la roca ó unidad. La permeabilidad es la capacidad del material para transmitir agua. La transmisividad se refiere al caudal

de agua que fluye a través de una franja vertical del acuífero. Finalmente el coeficiente de almacenamiento se refiere al volumen de agua que puede ser liberado de un acuífero.

Acuífero: es la unidad geológica capaz de almacenar y transmitir agua subterránea.

Acuicludo: es una unidad geológica que contiene agua pero no la transmite

Acuitardo: es una unidad geológica que contiene agua pero que la transmite lentamente.

Acuifugo: es una unidad geológica que no contiene agua, ni la puede transmitir.

4.3 POTENCIAL DE FORMACIONES GEOLÓGICAS

En el capítulo correspondiente se detallaron las características estratigráficas, litológicas y estructurales de la región de Paipa. A continuación se presenta una caracterización hidrogeológica cualitativa para cada una de las unidades geológicas (ver mapa geológico anexo) cartografiadas. Se analizan las unidades desde el punto de vista de condiciones de porosidad, permeabilidad, disposición y potencialidad probable como reservorios de agua subterránea.

4.3.1 Formación Palermo

Caracterizada por conglomerados, shales y areniscas interestratificadas. Su disposición estructural conformando el núcleo del anticlinal de Palermo no es favorable para la acumulación de aguas subterráneas de potencial explotación.

4.3.2 Formación Montebel

Está compuesta de shales, limolitas y areniscas arcillosas. Capas dispuestas en los flancos del anticlinal de Palermo. Limolitas y areniscas de alta compactación y baja porosidad y moderada permeabilidad. Unidad de baja retención de aguas subterráneas.

4.3.3 Formación La Rusia

Compuesta de areniscas finas, areniscas conglomeráticas y limolitas. Conforman capas superiores del anticlinal de Palermo. La litología arenosa presenta alta litificación, baja permeabilidad y está dispuesta en capas alternantes. Favorabilidad muy baja.

4.3.4 Formación Arcabuco

La Formación Arcabuco está compuesta por areniscas cuarzosas e intercalaciones de shales. Las areniscas presentan porosidad buena. Disposición favorable en el Sinclinal de los Medios. Unidad de potencialidad baja puesto que no presenta disposición de capas infra y suprayacentes impermeables.

4.3.5 Formación Ritoque

Unidad constituida por limolitas y calizas. Dispuesta en el núcleo del Sinclinal de los Medios. La baja porosidad de calizas y limolitas no son favorables. Unidad de bajo potencial.

4.3.6 Formación Los Medios

Unidad compuesta en su miembro superior por conglomerados, areniscas conglomeráticas y limolitas. El miembro inferior está compuesto por limolitas principalmente. Características físicas desfavorable de porosidad y permeabilidad.

4.3.7 Formación Une

Está compuesta por areniscas e intercalaciones de shales. Litología favorable pero ausencia de capas impermeables. Potencial hidrogeológico muy bajo.

4.3.8 Formación Churuvita

Unidad compuesta por areniscas, arcillolitas, calizas intercaladas, shales y limolitas. Areniscas favorables para aguas subterráneas. Algunos niveles de areniscas porosas y permeables entre capas de arcillolitas podrían potencialmente contener aguas subterráneas. Potencial general de la unidad bajo.

4.3.9 Formación Conejo

La Formación Conejo conformada principalmente por areniscas con algunas intercalaciones de shales, limolitas y algunas calizas. Potencial hidrogeológico moderado a alto.

4.3.10 Formación Plaeners

Unidad compuesta por chert, lutitas muy fracturadas e intercalaciones de arcillolitas. Presenta características físicas de porosidad y permeabilidad de alta potencialidad especialmente en áreas de alta densidad de fracturas y/o zonas de falla.

4.3.11 Formación Labor y Tierna

Esta Formación esta caracterizada por presencia de gran volumen de areniscas puras de alta porosidad y permeabilidad, con algunas intercalaciones de shales. Se califica esta unidad como de alto potencial hidrogeológico.

4.3.12 Formación Guaduas

Unidad con predominancia de arcillolitas con intercalación de areniscas y mantos de carbón. Las areniscas entre capas impermeables de carbón y arcillolitas sugieren posibilidad de acuíferos confinados. Esta Formación presenta aguas subterráneas detectadas en las explotaciones actuales de carbón. Potencial bajo a medio como reservorio de aguas subterráneas.

4.3.13 Formación Bogotá

La Formación Bogotá presenta importantes niveles de areniscas porosas, baja a moderada permeabilidad y baja transmisividad, constituyendo una unidad de potencial alto como acumulador de aguas pero con bajas posibilidades de explotación. Potencial general de la unidad bajo.

4.3.14 Formación Tilatá

Unidad con alternancia de gravas, arcillas, conglomerados y areniscas. Predominan las arcillas lo cual descarta la unidad como reservorio de buena potencialidad.

4.3.15 Depósitos aluviales (Cuaternario)

Estos depósitos constituidos por arcillas, limos y arenas constituyen depósitos heterométricos donde la predominancia de materiales determina una unidad no favorable para la acumulación de aguas subterráneas. Potencial general bajo.

4.3.16 Abanicos aluviales (cuaternario)

Unidad constituida por depósitos de baja consolidación incluyendo gravas, arenas y arcillas. La predominancia de gravas y arenas cuando se encuentran suprayaciendo arcillas sugieren buenas posibilidades de aguas subterráneas como acuíferos inconfiados.

4.3.17 Cuaternario sin diferenciar

Esta unidad está compuesta principalmente por depósitos de talud con mezcla de materiales heterométricos de arenas, gravas, bloques y arcillas. Calificación general baja como reservorios de agua subterránea.

En el Mapa de Potencial Hidrogeológico anexo se presenta una reclasificación de las Formaciones geológicas y se localizan los sondeos geofísicos realizados por Hidrocerón (1998).

4.4 SONDEOS

La firma HIDROCERON LTDA ejecutó en 1998 12 sondeos geoelectrónicos verticales y más de 2000 sondeos de inducción electromagnética en un área restringida del Sur de Paipa donde afloran las aguas termales. El fin de estos trabajos fue la exploración y caracterización de los recursos termominerales del Municipio de Paipa.

Como resultado de tales sondeos y estudios físico-químicos de las muestras de aguas recolectadas para la zona específica se concluyó sobre un modelo hidrogeológico y sobre la caracterización hidrogeológica del sector.

En cuanto al modelo hidrogeológico presentado, tal como sus autores lo mencionan este modelo es una hipótesis según la cual se efectúa una infiltración del agua lluvia controlada por la estructura geológica que denominaron Falla de Sochagota, y donde el agua luego de penetrar y calentarse aflora posteriormente aprovechando algunos niveles permeables en los depósitos Cuaternarios.

Los sondeos geofísicos evidentemente parecen confirmar un Fallamiento a lo largo del Río Salitre, ya sugerido en el estudio geológico del IGAC donde evidencias geológicas y geomórficas permiten detectar una zona alineada con gran perturbación de los estratos de la unidad Kg2 observados a lo largo de la vía que conduce de las piscinas municipales hacia la Vereda la Playa y justamente en el sector paralelo a la Qda Salitre. Sin embargo es de anotar que la perturbación se presenta en el contacto entre Kg1 y Kg2 por lo cual de acuerdo a nuestro criterio la Falla estaría localizada justo a lo largo de la Qda El Salitre.

En algunos afloramientos a lo largo de la vía referida es clara la presencia de residuos verde-amarillentos sulfatados y presencia de ascenso de aguas a través de fracturas y/o límites de capas las cuales se presentan con altos ángulos hasta casi verticales.

En cuanto a la infiltración de aguas hacia la profundidad es claro que además de la presencia de litologías arenosas favorables existe un alto grado de fracturamiento tanto en las rocas sedimentarias de las unidades Kg1 y Kg2

creando un ambiente altamente favorable para este fenómeno. Se comparte la idea del control estructural general a lo largo de la franja de la Qda El Salitre, que denominamos Lineamiento de El Salitre. La Falla Sochagota tal como es trazada por HIDROCERON es probablemente cierta pero no posee quizás la extensión planteada.

Tal como plantea HIDROCERON obtener una mejor aproximación al esquema estructural requiere un plan nuevo de sondeos que permitan conocer el subsuelo especialmente en toda la unidad de depósitos recientes alrededor del área de influencia de la presencia de la manifestación de aguas termales.

4.4.1 Reservas de Aguas Termales

Evaluar las reservas de agua termal significa estimar las tasas de infiltración de aguas, calcular el balance hídrico, estimar el ritmo periódico de explotaciones y conocer el volumen de los acuíferos con las áreas potencialmente explotables. Esta información apenas se ha logrado conocer parcialmente estimándose relativamente que existe una disponibilidad de agua termal de 450000 metros cúbicos anuales mientras la demanda de la misma es del orden de 350000 metros cúbicos para el mismo período.

Esta primera aproximación hacia la potencialidad de aguas termales permite observar que para el tiempo actual no existe déficit, pero hacia el futuro con el incremento de la infraestructura hotelera y de recreación podría observarse escasez del recurso. Con un rango promedio de 950 a 1200 mm de precipitación anual se detecta un bajo rendimiento de la cuenca. A un ritmo de aumento moderado anual del 5 % en la demanda de agua la capacidad actual de la cuenca apenas podría ser sostenible cerca de 8 años más.

4.5 CONCLUSIONES

Acerca de la hidrogeología en la región de Paipa se concluye lo siguiente:

- El principal potencial de las reservas de aguas subterráneas de Paipa lo constituyen las aguas termales y termominerales existentes en un área concentrada al Sur de Paipa.
- Como unidades prospectivas para localización otros acuíferos no termales se detectan las formaciones Labor y Tierra, la formación Plaeners y los depósitos Aluviales Cuaternarios.

- Existen importantes deficiencias en la información básica requerida para realizar una verdadera caracterización hidrogeológica de la región del Municipio de Paipa y por tanto no se pueden realizar conclusiones específicas.
- A pesar de las limitaciones de información son importantes las estimaciones y cálculos realizados por HIDROCERON (1998) en referencia a las aguas termales y termominerales constituyendo una importante aproximación al modelo hidrogeológico local para el área de influencia de las explotaciones de dichas aguas.
- Para generar un modelo hidrogeológico del Municipio de Paipa se recomienda realizar un estudio especial que involucre suficiente número de sondeos y estimaciones mediante instrumentación de los caudales de los principales ríos y quebradas.

5. DESCRIPCION DE LA FISIOGRAFIA Y SUELOS

Los modernos levantamientos de suelos de nivel semidetallado y general se llevan a cabo hoy en día mediante una aproximación fisiográfico – morfométrica, por medio de la cual se establecen primero los probables límites entre las diferentes clases de suelos, recurriendo a un método de clasificación sistemática del relieve, para luego caracterizar, clasificar y correlacionar sus suelos por medio de un sistema taxonómico.

En el presente caso se han combinado el sistema CIAF de clasificación fisiográfica del terreno (Goosen, 1968; Benema y Gelens, 1972; Botero, 1977; Villota, 1992 y 1997) y la taxonomía de suelos de USDA (claves de 1996). El primero es un método de interpretación de fotografías aéreas e imágenes de sensores remotos basado en la relación PAISAJE – SUELO; según ésta, las geoformas se analizan dentro de un marco fisiográfico determinado por la integración del relieve, material litológico, clima, tiempo y organismos, los cuales son factores formadores de los suelos y de los paisajes que los contienen. Mediante este método es posible clasificar una zona cualquiera en forma jerárquica, de lo general a lo particular, en las siguientes categorías: provincia fisiográfica, unidad climática, gran paisaje, paisaje y subpaisaje.

En cuanto a la taxonomía de suelos, se trata de un sistema mundialmente aceptado que permite clasificar los pedones a diferentes niveles de abstracción, según el grado de detalle de los levantamientos, esto es: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. Adicionalmente suelen aplicarse unidades funcionales como el conjunto y la fase, con el objeto de facilitar la interpretación de los estudios de suelos.

Por consiguiente, para la actualización y ajuste del levantamiento de suelos del municipio de Paipa, el relieve se dividió hasta subpaisajes y los suelos se clasificaron hasta conjuntos de subgrupos por paisaje fisiográfico. De este modo se estructuró la leyenda que se consigna en la tabla 1 y en el mapa fisiográfico de suelos, cuyas unidades se describen a continuación de acuerdo al orden de la misma e incluyendo su contenido en suelos.

5.1 PROVINCIA FISIAGRÁFICA Y UNIDADES CLIMÁTICAS

La totalidad del municipio pertenece a la provincia fisiográfica de la Cordillera Orient al y su territorio se ha dividido en dos unidades climáticas, según el siguiente procedimiento:

Para llevar a cabo la zonificación climática del territorio municipal se examinó primero la base topográfica disponible, para determinar las cotas máximas y mínimas, así como los pisos térmicos altitudinales allí presentes.

La cota menor, correspondiente a los 2.200 m.s.n.m., se localizó en la Vereda El Venado y en los alrededores del corregimiento de Palermo: A su vez, la máxima cota de 3.500 m se ubicó en la cuchilla Cerro Las Cruces, jurisdicción de la Vereda Rincón de Españoles. Lo anterior significa que la mayor parte del municipio se sitúa entre 2.200 y 3.000 m, esto es, el piso térmico frío, según la denominada clasificación de Caldas. Sólo un pequeño sector, correspondiente a las veredas Rincón de Españoles y Medios, se eleva entre los 3000 y 3500 m.s.n.m determinando el piso altitudinal muy frío o subparamuno.

De otro lado, se allegó toda la información meteorológica disponible para determinar las condiciones de humedad imperantes en las diferentes regiones del municipio. Desafortunadamente ésta resultó escasa y apenas representativa para el sector meridional que incluye la cabecera municipal y sus alrededores. Se trata de los registros de precipitación y temperatura de la estación Tinguavita (IDEAM) correspondientes al período 1980 a 1997 (ver tablas adjuntas I.7 y I.8), a partir de los cuales se llevó a cabo el balance hídrico gráfico y numérico (figura I.10), que también se anexan aquí, y finalmente, el cálculo del índice de humedad según fórmula de Thorntwaite. Se obtuvo un índice de 20.3, prácticamente en el límite entre las condiciones subhúmeda y semihúmeda.

Del sector septentrional no se encontraron registros disponibles, ni siquiera de estaciones cercanas que pudieran considerarse como representativas de las regiones de Palermo y El Venado. Por lo tanto, la condición de humedad se estimó a partir del análisis de los siguientes aspectos:

- a) Mapa de zonas de vida de Boyacá realizado por Espinal L.S. (1965) según el sistema de Holdridge, en el cual se califica la zona 5 como un bosque húmedo montano bajo (bh-MB).
- b) Vegetación natural predominante, característica de zonas húmedas en el subpáramo y de condiciones algo menos húmedas en el descenso a Palermo y El Venado.

Zonas de vidad

- 1 bs-MB: Bosque seco montaña bajo 2200-2800
- 2 bh-MB: bosque húmedo montaña bajo 2400 – 2900
- 3 bh-M. Bosque húmedo montaña. Subparamo 2900-3200
- 4 P. A. Páramo Andino. 3200 –3500
- 5 Bmb – MB: bosque húmedo montañoso bajo (Palermo) 2000 – 2800.

TABLA I.7 VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

Fecha de proceso: 970318

Estación: 2403517 Tanguavita

LATITUD 0545 N TIPO EST C0 DPTOBOYACA FEC-INSTAL.01-1968.
 LONGITUD 7308 W ENTIDAD 01 IDEAM MUN. PAIPA FEC-SUSPENSION
 ELEV. 2470 msnm REGIONAL 06 BOY-CASAN CORRIENTE SALITRE

AÑO	EST	ENT	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	VR.A
1980	2	01	23.2	49.8	25.9	82.4	115.7	113.2	33.6	63.0	73.7	167.7	60.6	48.9	857.7
1981	2	01	27.4	34.0	22.9	223.2	281.9	116.9	49.8	81.3	50.6	121.7	63.4	59.9	1133.0
1982	1	01	39.3	102.9	151.5	173.7	181.5	67.9	34.8	45.83	75.8	163.5	113.9	44.6	1195.2
1983	1	01	5.7	21.0	71.0	159.1	119.5	73.9	22.3	45.0	21.6	100.5	34.6	38.1	712.3
1984	2	01	40.5	70.4	40.5	53.9	86.6	84.5	67.1	135.1	89.5	49.3	97.93	11.7	827.0
1985	1	01	7.4	6.9	64.8	101.2	95.1	68.5	58.5	68.8	179.7	92.6	92.5	58.3	894.3
1986	1	01	35.2	70.4	92.9	117.9	60.1	89.9	20.3	37.7	75.9	246.0	99.5	1.3	943.1
1987	1	01	16.4	28.9	58.9	73.4	145.0	38.9	80.0	43.7	50.7	235.6	62.2	29.7	863.4
1988	1	01	35.4	84.1	31.2	116.7	97.9	144.1	55.9	128.2	185.2	121.4	199.6	90.0	1289.7
1989	1	01	17.7	53.1	58.4	29.7	139.8	36.0	61.5	44.2	66.8	127.3	83.8	35.7	754.0
1990	1	01	36.3	45.2	75.1	214.2	80.5	25.2	40.3	23.9	17.2	163.1	77.0	43.9	841.9
1991	1	01	16.2	28.7	104.2	104.3	146.8	49.3	29.8	15.4	86.4	80.2	172.5	61.3	895.1
1992	1	01	13.1	17.3	42.1	108.1	89.8	38.9	15.2	34.0	67.1	14.0	115.6	66.9	622.1
1993	1	01	25.0	19.7	81.0	188.1	174.8	31.4	70.7	31.5	56.5	78.0	166.4	58.6	981.7
1994	1	01	18.9	124.5	88.4	179.9	91.5	72.1	27.4	41.1	44.5	199.2	163.9	3.0	1054.4
1995	1	01	10.8	29.7	102.8	110.2	65.9	151.8	102.0	128.7	60.1	145.0	113.8	106.1	1126.9
1996	1	01	22.8	37.4	81.2	124.8	178.0	95.3	102.1	84.9	53.1	172.7	92.5	68.8	1113.6
1997	1	01	58.2	42.0	33.7	88.7	69.1	56.7	32.6	12.4	69.0	70.0	89.3	26.5	648.2
MED.			23.0	48.5	70.2	127.1	126.5	76.3	51.3	61.7	73.8	134.0	106.5	48.6	947.4
MAX.			58.2	124.5	151.5	223.2	281.9	151.8	102.1	135.1	185.2	246.0	199.6	106.1	281.9
MINIM.			5.7	6.9	22.9	29.7	60.1	25.2	15.2	15.4	17.2	14.0	34.6	1.3	1.3

TABLA I. 8. VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

Fecha de proceso: 980806

Estación: 2403517 Tanguavita

LATITUD 0545 N TIPO EST C0 DPTO. BOYACA FEC-INSTAL.01-1968.
 LONGITUD 7308 W ENTIDAD 01 IDEAM MUN. PAIPA FEC-SUSPENSION
 ELEV. 2470 msnm REGIONAL 06 BOY-CASAN CORRIENTE SALITRE

AÑO	EST	ENT	ENE	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	VR.A
1980	2	01	14.2	15.0	15.3	15.2	14.7	14.2	13.9	13.3	14.4	14.2	14.3	14.7	14.5
1981	2	01	14.5 3	15.2	15.2 3	15.1	14.8	14.3	13.2 3	13.7	13.5 3	14.0 3	14.9	14.1	14.4 3
1982	2	01	14.5	14.6	14.9	14.8	14.6	13.8	13.9	13.6	14.0	14.3	14.1	14.7	14.3
1983	2	01	15.1	15.6	15.9	15.5	15.0 3	14.1 3	14.0	13.9	13.8 3	14.0	14.5	13.9 3	14.6 3
1984	2	01	14.2 3	14.8	15.6	15.4	15.2	14.6	13.7	14.1	13.7	14.6 3	14.4 3	14.3	14.6 3
1985	2	01	14.4	14.1	15.0	15.1 3	14.9	14.2	13.7	13.8	14.0	14.5	14.3 3	14.0	14.3 3
1986	2	01	15.0	14.2	14.8 3	14.9	14.8	13.8	13.1	14.1	14.0	14.4	14.8	14.0	14.3 3
1987	2	01	14.9 3	14.8	15.6	15.6	15.2	14.5	15.0	14.5	14.5	14.9 3	15.5 3	14.5	15.0 3
1988	2	01	14.9 3	15.3 3	15.0	15.4	14.7	14.2	13.8	14.4 3	14.3 3	14.6	15.1	14.2	14.7 3
1989	2	01	13.9	14.2	14.1 3	15.1	14.1	13.9	13.7	13.7	13.7	14.4	14.8	14.0	14.1 3
1990	2	01	14.2	14.9	15.1	15.0	14.7 3	14.2	14.0	13.9	14.2	14.6	14.5 3	14.1	14.5 3
1991	2	01	14.4	15.1	15.0 3	14.5	15.3	14.8	14.1	14.0	14.6	13.6	14.3	14.7	14.5 3
1992	2	01	14.7	15.7	15.6 3	15.8	15.3	14.3	14.1	14.2 3	13.8	14.1	14.7 3	14.6	14.7 3
1993	2	01	14.5	15.0	15.3 3	15.2	15.1 3	14.5 3	13.5 3	13.9 3	13.9	14.3	14.8	14.4	14.5 3
1994	2	01	14.5	14.3	15.0	14.7	14.8	13.9 3	13.9	14.0	14.4	14.5 3	14.6	15.2 3	14.5 3
1995	2	01	14.1	14.8 3	15.1 3	15.7	14.9	14.4	13.7	14.2	14.3	14.3	14.7	14.2	14.5 3
1996	2	01	14.2 3	14.3	14.8	15.0	14.3	14.1	13.6	13.2	13.6	14.1	14.0	13.7	14.1 3
1997	1	01					14.6	14.5	14.1	14.3	14.6	14.4	14.7 3	14.1	14.4 3
MEDIO			14.5	14.8	15.1	15.2	14.8	14.2	13.8	13.9	14.1	14.3	14.6	14.3	14.5

TABLA I.9 BALANCE HIDRICO CLIMATICO

Paipa	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Precipitac.	23.0	39.7	67.9	113.5	106.9	70.3	45.1	44.6	67.0	124.5	95.2	46.8	844.5
ETP	58.9	55.3	63.0	62.9	63.0	58.4	57.2	57.2	56.1	58.4	57.9	57.2	705.5
Pérdida Almac.	32.8	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.1	11.3	0.0	0.0	0.0	10.4	
Almacen	76.8	66.8	71.7	120.0	120.0	120.0	107.9	96.6	107.5	120.0	120.0	109.6	
ETR	55.8	49.7	63.0	62.9	63.0	58.4	57.2	55.9	56.1	58.4	57.9	57.2	
Déficit	3.1	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
Exceso	0.0	0.0	0.0	2.3	43.9	11.9	0.0	0.0	0.0	53.6	37.3	0.0	149.0

P.S. =60 cm

f.v.a.a. = 2mm/cm

F.V.A.A. = 120 mm

P + D = ETP + E

P+D = 854.5

ETP + E = 854.5

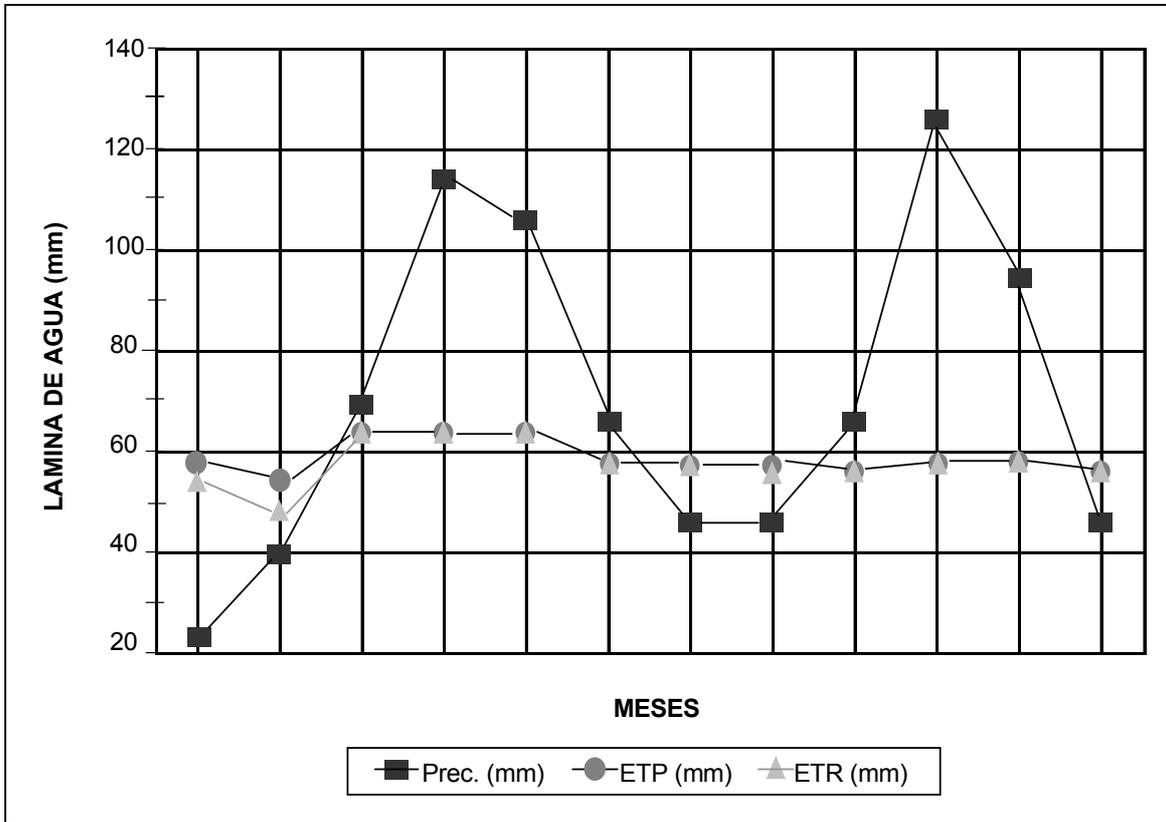
Indice de humedad -> $IH = (Exceso/ETP)*100$ -> 21.1

Indice de aridez -> $la = (Déficit/ETP)*100$ -> 1.4

Factor humedad -> $Fh = Ih - 0.6la$ -> 20.3



Indice de Thorntwaite = Subhúmedo a Semihúmedo



**Figura I. 10. Balance Hídrico – Climático
Municipio de Paipa**

- c) Condiciones edáficas, reflejadas en unos suelos derivados de ceniza volcánica, los cuales únicamente manifiestan y conservan sus características andosólicas bajo condiciones climáticas semihúmedas a húmedas.

En consecuencia, la zona norte de Palermo – El Venado se calificó con un clima frío semihúmedo; el tramo más elevado en la vía a Paipa corresponde a un clima subparamuno húmedo y finalmente, el sector sur ubicado entre las veredas El Tejar y Pastoreros se ubicó en la unidad climática fría semihúmeda a subhúmeda.

Ahora bien, desde el punto de vista fisiográfico – pedológico y de zonificación ecológica, y con el objeto de no complicar la leyenda síntesis del mapa correspondiente, las dos primeras unidades climáticas se reunieron en una sola,

denominándose entonces como: Tierras frías y muy frías húmedas a semihúmedas. No obstante, en la descripción de los suelos representativos de cada sector se precisan las condiciones climáticas locales.

5.2 GRANDES PAISAJES

El gran paisaje es una división de la unidad climática, correspondiente en términos geomorfológicos a una unidad genética de relieve, conformado por asociación o complejo de paisajes con relaciones de parentesco de carácter espacial, genético y topográfico.

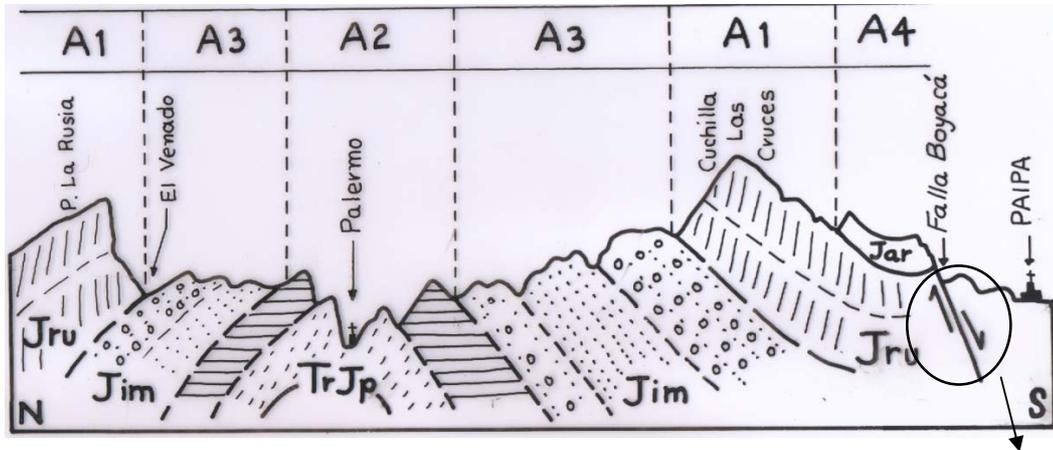
En el área de estudio, la primera de las unidades climáticas descritas se dividió en dos grandes paisajes: un relieve montañoso erosional – estructural (A)¹ y un piedemonte coluvial (B). La segunda unidad climática se dividió a su vez en tres grandes paisajes, a saber: relieve montañoso y colinado estructural – erosional (C); relieve colinado fluvio – erosional (D) y llanura aluvial compleja (E).

5.2.1 Relieve montañoso erosional – estructural (A)

Comprende la totalidad de las montañas localizadas al norte de la llamada falla de Boyacá, con un cubrimiento de alrededor del 60% del área municipal, cuya morfología ha sido el resultado del plegamiento de sedimentos de edad juratriásico y jurásico, seguido de un prolongado proceso de denudación fluvio – erosional, que ha modificado la mayor parte de los rasgos estructurales originales.

La unidad se ha dividido en cuatro paisajes fisiográficos, cuya localización espacial puede apreciarse en la figura I.11. o sea: Cresta homoclinal disectada en arenisca cuarzosa (A1); montaña ramificada en arenisca grauwaca ferruginosa (A2), montañas ramificadas en shale / limolita con manto de ceniza volcánica (A3) y montaña sinclinal colgante en arenisca y limolita conglomeráticas (A4).

¹ La letra entre paréntesis corresponde a la representación cartográfica de la unidad fisiográfica.



Buza hacia el norte
debido a que es
una falla inversa

- A1 = Cresta Homoclinal en arenisca cuarzosa
- A2 = Montañas ramificadas en Grauwaca
- A3 = Montañas ramificadas en shale / limolita
- A4 = Sinclinal colgante fallado en limolita conglomerática

Figura I.11. Sección transversal esquemática del sector Norte del Municipio de Paipa

5.2.2 Piedemonte coluvial (B)

Gran paisaje de carácter agradacional hidrogravitacional, constituido por unidades dispersas a lo largo y ancho de los anteriores paisajes, pero con una cierta concentración en los valles de los ríos chontales y Tolotá.

En esta unidad genética se incluyen dos paisajes fisiográficos:

a) Conos de deslizamiento (B1) y b) vallecito aluvio – coluvial (B2).

5.2.3 Relieve montañoso - colinado estructural – erosional (C)

Comprende este gran paisaje unas montañas bajas y lomas localizadas al sur y este del lago Sochagota, originadas por plegamiento y denudación parcial de formaciones sedimentarias del cretáceo y terciario inferior, de las cuales aún quedan rasgos estructurales reconocibles en las fotografías aéreas.

La unidad se ha dividido en tres paisajes, teniendo en cuenta su morfología y su composición litológica; a) loma anticlinal – cresta homoclinal en arenisca cuarzosa (C1); lomas homoclinales degradadas en arcillolita limosa (C2); y lomas homoclinales degradadas en arcosa / lutita.

5.2.4 Relieve colinado fluvio – erosional (D)

Este gran paisaje se halla ampliamente extendido en el sector meridional del municipio, asociado con la unidad anterior y configurando amplias lomas y glacis de bajo relieve local, modeladas totalmente por procesos de erosión pluvial-fluvial. Los materiales geológicos afectados corresponden a sedimentos del Terciario superior y a un par de cuerpos de naturaleza volcánica.

Justamente, con base en la morfología y litología se dividió la unidad en dos paisajes fisiográficos: D1 – Cuello volcánico o neck en rocas extrusivas félsicas (pórfido) y D2 – Lomas y pedimentos en gravas, arenas y arcillas semiconsolidadas.

5.2.5 Llanura aluvial compleja (E)

El último gran paisaje que aquí se discute corresponden a los sectores planos y suavemente inclinados de los alrededores de la población de Paipa, originados por la sedimentación aluvial y pantano-lacustre del río Chicamocha y sus tributarios de la dos márgenes.

Los paisajes definidos en esta unidad genética corresponden a: abanico aluvial reciente (E0), abanico subreciente (E1), terraza (E2) y plano inundable (E3).

5.3 PAISAJES, SUBPAISAJES Y SUELOS REPRESENTATIVOS DE LAS TIERRAS FRÍAS Y MUY FRÍAS HÚMEDAS.

El paisaje fisiográfico abarca porciones tridimensionales de la superficie terrestre resultantes de una misma geogénesis, que pueden describirse en términos de similares características climáticas, morfológicas, litológicas y morfocronológicas, dentro de las cuales se espera una alta homogeneidad pedológica y una cobertura vegetal o un uso de la tierra similares.

El paisaje fisiográfico es la categoría fundamental del sistema de clasificación del terreno, respecto a los levantamientos de suelos, porque dentro de ella se definen la clases de suelos con características específicas al nivel de generalización taxonómica utilizado.

Por su parte, el subpaisaje es una división de los paisajes hecha con propósitos prácticos relacionados con el uso y manejo de las tierras. Comúnmente se establecen con base en su posición específica dentro del paisaje a la que se agregan atributos relativos a la clase de pendiente, tipo y grado de erosión, etc.

Con los conceptos anteriores, a continuación se describe cada uno de los paisajes definidos en el municipio, junto con sus subpaisajes y las características y distribución de sus suelos.

5.3.1 Paisaje A1: Cresta homoclinal disectada en arenisca cuarzosa

Este paisaje comprende las montañas más elevadas del extremo septentrional del municipio (norte y noroeste de El Venado) e igualmente aquellas de la cuchilla Las Cruces en el paso mas alto de la carretera Paipa – Palermo.

Los rasgos morfológicos originales han sido remodelados por la esorrentía, actuando sobre la roca y sus delgadas alteritas de arenisca cuarzosa y conglomerática; de ello ha resultado una topografía predominantemente abrupta, surcada por una red de drenaje subdendrítica a subparalela, poco densa y moderadamente entallada. Completan el panorama unas pocas cimas amplias y pequeños rellanos de aspecto tabular.

Por consiguiente, la unidad se dividió en cinco subpaisajes tomando en consideración la posición e inclinación de sus laderas, o sea:

- Laderas erosionales fuertemente empinadas y escarpes – A 1.1g
- Laderas erosionales, moderadamente empinadas – A1.2f
- Ladera estructural ligeramente empinada - A1.3e
- Cima convexa moderada a fuertemente inclinada – A1.4cd
- Cimas y rellanos moderadamente inclinados – A1.5c

Los dos primeros subpaisajes cubren la mayor extensión y sus suelos litosólicos aparecen asociados con afloramientos rocosos; en cambio, en los tres últimos hay cierta variación en el contenido pedológico, con suelos algo más profundos, dispuestos también en una asociación.

5.3.1.1 Asociación Guadalupe – La Rusia (A1.1g, A1.2f)

Unidad cartográfica politóxica que agrupa los suelos de los terrenos más accidentados del paisaje, en el presente cubiertos en su mayor parte con vegetación arbórea densa, de la cual hace parte la llamada “reserva La Ranchería”; además, hay pequeños lotes dispersos con cobertura herbácea y arbustiva, ubicados principalmente en las cimas e interfluvios. El área de la unidad cartográfica es de 3.184,75 ha.

Los suelos están entonces representados por los conjuntos Guadalupe – Lithic Troprothents y La Rusia – Lithic Humitropepts, cuyo porcentaje de ocurrencia en la unidad es de 50% y 35%, respectivamente, más un 10 al 15% de afloramientos rocosos.

Para fines prácticos, los taxones se han dividido en dos fases por pendiente:

- Fase mayor de 75% y
- Fase 50 – 75%

5.3.1.1.1 Conjunto Guadalupe – Lithic Troprothents. En el suelo dominante, localizado en las laderas superiores (hombro) y medias, con inclinación mayor de 75%, destacado por sus perfiles de tipo AR y ACR, muy superficiales, limitados a menos de 25 cm por roca fresca y continua; algo excesivamente drenados, con texturas gruesas y francoso gruesas, color negro en el horizonte A y gris pardusco en el C, cuando está presente.

En cuanto a las características químicas, se destaca el alto contenido de materia orgánica del horizonte superior, el cual contrasta con el pobre contenido de bases de cambio y la altísima proporción de aluminio intercambiable que repercute en una reacción muy fuertemente ácida. La alta a regular capacidad de intercambio catiónico debe estar más relacionada con la fracción orgánica que con la mineral. Par mayores detalles sobre las propiedades químicas de éste y los siguientes suelos, ver Tabla I.10. Consultar además el perfil modal PB-3 del Anexo 1.

5.3.1.1.2 Conjunto La Rusia – Lithic Humitropepts. La segunda clase de suelo de la unidad cartográfica en discusión se localiza en las laderas inferiores de las montañas y en rellanos no cartografiados a la escala del levantamiento. Morfológicamente es muy parecido al conjunto Guadalupe, con un perfil de Tipo A, AC, R, en el cual las diferencias más notables corresponden a un horizonte A más

espeso, a un contenido de carbón orgánico que alcanza los 12 kgs. por metro cuadrado y hasta el contacto con la roca, a los 40 cm de profundidad. Además, su profundidad efectiva se califica como superficial, el drenaje natural como bueno y la granulometría como francosa gruesa.

Por tratarse de suelos desarrollados a partir del mismo material parental (arenisca cuarzosa), es claro el porqué de sus similares características químicas, entre las que se destaca su pobreza en bases intercambiables y en fósforo, la elevada saturación de aluminio, su reacción muy fuertemente ácida y en general, su infertilidad. Ver perfil modal p-14 del Anexo 1.

5.3.1.2 Asociación La Rusia – Medios (A1.3e, A1.4cd, A1.5c)

En una ladera estructural del Alto del Venado y en la cima e interfluvios plano – convexos de la Cuchilla las Cruces (vereda Rincón de españoles) se reconocieron dos suelos asociados en una unidad cartográfica de escasa extensión (632,82 has), cubierta con relictos de bosque, arbustales y herbazales y puntualmente bajo cultivos transitorios.

Esos suelos corresponden a los conjuntos La Rusia – Lithic Humitropepts y Medios - Alic Melanudands con cubrimiento aproximado de 60% y un 38%, respectivamente, más inclusiones de un suelo orgánico típico de las pequeñas depresiones, clasificado como Typic Troposaprist.

5.3.1.2.1 Conjunto La Rusia – Lithic Humitropepts. Se trata del mismo suelo descrito en la unidad cartográfica anterior, siendo entonces el de más amplia distribución en el paisaje total de cresta homoclinal disectada.

5.3.1.2.2 Conjunto Medios – Alic Melanudands. Comprende suelos desarrollados a partir de cenizas volcánicas transportadas por el viento desde el complejo volcánico del parque natural los nevados, en la Cordillera Central, el cual ha conservado sus características ándicas gracias a la topografía más suave de los rellanos e interfluvios y al clima húmedo imperante en la región.

Morfológicamente, el perfil muestra una secuencia de horizontes A, Bw, 2C en el que se destaca una discontinuidad litológica representada por unos 60 a 80 cm de material volcánico suprayaciendo a unas alteritas de arenisca. Suelo profundo, bien drenado, de colores negros en los horizontes superiores y pardo amarillentos en los inferiores; con texturas francosa fina sobre francosa gruesa; moderado desarrollo de estructura y buen desarrollo radicular. Como la mayoría de andisoles, este suelo presenta altos contenidos de carbón orgánico y una alta capacidad de intercambio catiónico, pero su contenido en bases intercambiables es muy pobre, en contraste con la elevada acidez intercambiable.

El perfil representativo corresponde a la observación 0-13 del anexo 1, pero los datos de laboratorio se asimilan al perfil P-15.

5.3.2 Paisaje A2: Montañas ramificadas en arenisca tipo grauwaca

El paisaje está circunscrito exclusivamente a las montañas masivas y abruptas del sector de Palermo que bordean los valles del río Chontales y de sus afluentes las quebradas Cuestano, El Cedro, La Venta y Hortigal. Su esqueleto está constituido por unas areniscas rojizas muy antiguas (del Jura – triásico), aparentemente del tipo grauwaca, las cuales forman el núcleo de un gran anticlinal, hoy en día fuertemente socavado por las corrientes fluviales. Externamente, las montañas presentan cimas estrechas y una mayoría de laderas fuertemente empinadas, incluidos algunos escarpes de erosión verticales a subverticales, todos disectados por corrientes paralelas, superficiales y bastante espaciadas (subpaisaje A2.1g). Varios sectores presentan cobertura arbórea y arbustiva, como manchas de bosque; en cambio otros tienen cobertura de gramíneas y herbáceas asociadas.

Un subpaisaje menor identificado con el símbolo A2.2.f, fue delineado al entrar en jurisdicción del municipio por la vía que desciende desde la vereda El Carmen (municipio de Duitama) hacia el corregimiento de Palermo y también, a lo largo de la quebrada el Hortigal. En estos también quedan manchas de bosque y potreros. Completan el panorama dos subpaisajes definidos por sus pendientes fuertemente inclinadas a ligeramente empinadas (A2.3de), y moderadamente inclinadas (A2.4c), los cuales corresponden a superficies abancaladas y rellanos determinados por antiguos deslizamientos rotacionales. Debido a la menor pendiente, aquí se advierte el parcelamiento de la tierra, relacionado con un mayor uso agropecuario. Respecto al contenido pedológico, se encontró una marcada diferencia entre los suelos de los dos primeros subpaisajes, en comparación con aquellos de los dos últimos. En el primer caso determinan la asociación Chontales – Palermo; en el segundo, la consociación Guacamayas.

Tabla I.10. Granulometría

5.3.2.1 Asociación Chontales – Palermo (A21g, A22f).

Es la unidad cartográfica más extensa dentro del paisaje en discusión (2309,62 has), de carácter politáxico, es decir constituida por dos o más clases de suelos, en el presente caso con las mayores limitaciones para uso y manejo, representadas por su topografía, su susceptibilidad a la erosión – remoción en masa y su escasa profundidad efectiva. Son para destacar las terracetas y algunas cicatrices de deslizamientos. Los taxones descritos corresponden a los conjuntos chontales – Lithic Dystropepts y Palermo – Oxic Dystropepts, con ocurrencia del 50% y 45%, respectivamente. Los afloramientos rocosos ocupan alrededor de un 5% de la unidad.- Para propósitos prácticos, estos taxones se subdividieron en dos fases por pendiente: fuertemente escarpada (>75%) y moderadamente escarpada (50-75%).

5.3.2.1.1 Conjunto Chontales – Lithic Dystropepts. Suelo representativo de los sectores más empinados, excepto las antiguas cicatrices de deslizamiento, donde aflora la roca. Son suelos superficiales con la roca a menos de 50 cm de profundidad, con incipiente desarrollo pedogenético determinado por un constante rejuvenecimiento ligado a procesos de erosión interfluvial; con una secuencia de horizontes ABwR en los cuales aún hay fragmentos de roca semialterados, imbuidos en una matriz franca y arcillosa. El drenaje natural es algo excesivo; el color, pardo grisáceo oscuro en el horizonte A y rojo amarillento en el Bw, probablemente de carácter litocrómico.

Como este suelo guarda gran semejanza con el Conjunto Palermo en sus dos primeros horizontes, lógicamente por provenir del mismo material parental, entonces su morfología y propiedades químicas se discuten en más detalle en la descripción de ese conjunto.

5.3.2.1.2 Conjunto Palermo – Oxic Dystropepts. Ocurre en las laderas menos empinadas de la unidad cartográfica donde el desgaste laminar del suelo por erosión es un tanto menor, determinando con ello ciertas diferencias morfológicas respecto al otro suelo asociado.

En el presente caso el perfil también es de tipo ABwR, pero la toca fresca aparece a 70 u 80 cm., con lo cual el suelo se califica como moderadamente profundo; su horizonte B de alteración es más espeso pero igualmente arcilloso y con presencia de fragmentos de la roca parental. El drenaje natural también es algo excesivo y los colores del subsuelo mantienen su carácter litocrómico.

De las propiedades químicas se destaca su mediano porcentaje de carbón orgánico en el horizonte A y su abrupto decrecimiento hacia los estratos inferiores; la baja capacidad catiónica de cambio efectiva (menor de 24 meg/100 gr), probablemente relacionada con un ciclo preorogénico de meteorización tropical

sufrido por las areniscas rojizas antes de depositarse y consolidarse. Las bases de calcio magnesio, potasio y sodio son muy escasas, al igual que los contenidos de fósforo, pero el aluminio de cambio es muy alto, al punto que su saturación alcanza niveles tóxicos para la mayoría de cultivos. Por consiguiente, el nivel de fertilidad de los dos suelos asociados es muy bajo. Para mayores detalles físicos y químicos, consultar el perfil modal p-7.

5.3.2.2 Consociación Guacamayas (A2.3de, A2.4c)

Unidad cartográfica monotóxica, integrada por varias delineaciones pequeñas y discontinuas, representativas de rellanos y superficies escalonadas, como la ubicada justo en el frente norte del poblado de Palermo, cuyas pendientes menos empinadas han permitido la construcción de viviendas y la explotación agropecuaria extensiva. El suelo dominante cubre alrededor del 85% de la unidad y esta representado por el conjunto de Guacamayas – Andic Humitropepts, mas un 15% de inclusiones limitativas de Oxic Dystropepts. El área total de la consociación es de 422,65 ha.

5.3.2.2.1 Conjunto Guacamayas – Andic Humitropepts. Suelo desarrollado a partir de delgados mantos de coluviones derivados de arenisca arcillosa, contaminados con ceniza volcánica, materiales que reposan sobre el substrato de arenisca grauwaca, presente a más de 120 cm de profundidad. Se trata de un suelo joven, producto de incipiente meteorización pedoquímica, generadora de un horizonte A oscuro, con regular contenido de materia orgánica y ciertas características ándicas, además de un horizonte Bw de considerable espesor, colores pardo amarillentos y buen desarrollo de estructura. La textura cambia de arriba – abajo de francosa fina a arcillosa, siempre con un bajo porcentaje de fragmentos gravillosos en la mayor parte del perfil, pero con tendencia a aumentar en tamaño y cantidad con el incremento de la profundidad. Por lo demás, es un suelo profundo, bien drenado, de moderada permeabilidad, con una alta a mediana capacidad de intercambio catiónico, probablemente atribuible a los elementos volcánicos presentes. Sin embargo, al igual que los restantes suelos del paisaje fisiográfico, el contenido de bases es muy bajo pero la acidez intercambiable es alta y la reacción se califica como fuertemente ácida.

Para fines de la clasificación taxonómica del polipedón, debe destacarse el contenido de carbón orgánico, que alcanza a los 13.8 kgs por metro cúbico. Perfil representativo: P-6.

5.3.3 PAISAJE A3: Montañas ramificadas en shale /limolita, con manto discontinuo de ceniza volcánica.

Se trata del paisaje fisiográfico que cubre la mayor superficie en las tierras frío – húmedas del sector norte del municipio, entre las cotas de 2.400 y 3.200 m.

aproximadamente, abarcando gran parte de las veredas: Venado, Guacamayas, Peña Blanca, Peña Amarilla, San Pedro, El Curial y el Retiro. El relieve es típicamente montañoso ramificado, con gran variedad topográfica determinada por la erosión fluvial y por antiguos y recientes fenómenos hidrogravitacionales, principalmente deslizamientos rotacionales, los cuales han afectado los shales, limolitas y arcosas interestratificadas de edad jurásico inferior, así como a sus alteritas superficiales, dando lugar a cañadas y escarpes de erosión, rellanos inclinados, ondulados y aplanados, a los cuales se suman algunos remanentes de las laderas estructurales iniciales.

Probablemente a finales del Pleistoceno y durante el Holoceno cayeron en la región numerosas lluvias de ceniza volcánica acarreada por el viento desde el complejo volcánico del Parque Natural los Nevados, en la Cordillera Central, piroclásticos que han permanecido en las laderas más suaves comunicando a los suelos unas característica especiales.

Para los propósitos del levantamiento de suelos, el paisaje se dividió en los siguientes subpaisajes, usando como criterio la posición y la clase de pendientes predominantes:

A3.1g - Escarpe de erosión

A3.2fg- Laderas irregulares, moderada a fuertemente escarpadas

En éstos se determinó una asociación de suelo y afloramientos rocosos.

A3.3ef - Ladeas irregulares, fuertemente quebradas a moderadamente escarpadas.

A3.4e - Ladera de buzamiento ligeramente empinada

A3.5d - Laderas regulares muy inclinadas

A3.6c - Laderas superiores y rellanos, moderadamente inclinadas con recubrimiento coluvial.

A3.7b - Cimas e interfluvios convexos, ligeramente inclinados

En el segundo grupo de subpaisajes el contenido pedológico corresponde a un complejo de suelos.

5.3.3.1 Asociación retiro (A3.1g, A3.2fg)

La unidad cartográfica cobija las delineaciones del mapa fisiográfico – pedológico identificadas con los símbolos entre paréntesis, los cuales corresponden a los sectores más abruptos del paisaje y por consiguiente, con los suelos más

superficiales o sin suelo y con las mayores limitaciones para usos diferentes al conservacionista.

Aquí se encontró una asociación de afloramientos rocosos presentes en un 30 a 40%, y el conjunto Retiro – Lithic Hapludands, en un 60 a 70%, quizás con inclusiones no limitantes de suelos más profundos (vgr. Alic fulvudands), propios de interfluvios y rellanos no cartografiados a la escala del estudio.

El área cubierta por la asociación es de unas 3858,34 Has.

5.3.3.1.1 Conjunto Retiro – Lithic Hapludands. Litosuelo superficial a muy superficial, algo excesivamente drenado, con secuencia de horizontes AC2R y A2R, desarrollado a partir de delgados remanentes de ceniza volcánica que reposan directamente sobre los substratos rocosos de limolita y arenisca.

Las características físicas y químicas son comparables a las correspondientes al horizonte A del conjunto Aguaco – Alic Fulvudands que se describe en la siguiente unidad cartográfica.

5.3.3.1.2 Misceláneo rocoso. Ocurre en los escarpes de erosión, donde afloran limolitas y areniscas recubiertas por arbustos que enraizan en las grietas.

5.3.3.2 Complejo Peñamarilla – Aguaco (A3.3.ef, A3.4e, A3.5d, A3.6c, A3.7b).

Los subpaisajes cuyas pendientes son inferiores al 50% se caracterizan por el predominio de suelos derivados de ceniza volcánica (andosoles), los cuales no obstante, presentan ciertas diferencias morfológicas y taxonómicas dentro de límites estrechos, determinados por la irregularidad del relieve y los llamados procesos de pendiente, como son la erosión pluvial – fluvial, la deformación hidrogravitacional, la coluviación y la mayor o menor incorporación de material orgánico al suelo.

Lo anterior ha dificultado además la determinación de la clase de suelo predominante y su proporción dentro de la unidad cartográfica; por ello, ésta se ha definido como un complejo integrado por los conjuntos Peñamarilla – Alic Pachic Melanudands, Aguaco – Alic Fulvudands, San Pedro – Fluventic Hapludands y Peñablanca – Andic Dystropepts, con inclusión del suelo Oxic Humitropepts. En conjunto cubren una superficie de 3405,84 ha.

5.3.3.2.1 Conjunto Peñamarilla – Alic Pachic Melanudands. Este suelo es característico de las porciones inferiores de las laderas, en donde el horizonte A de color negro y con alta proporción de carbón orgánico ha alcanzado un considerable espesor gracias a la acumulación de coluviones finos translocados desde sitios más altos por escurrimiento difuso, reptación y saltación pluvial.

Morfológicamente el perfil es profundo, de tipo A-Bw2 C-2R, con una discontinuidad litológica entre 70 y 80 cm., representada por material ándico de textura francosa, reposando sobre material arcilloso gravilloso derivado de limolitas in situ. Con buen drenaje natural, alta capacidad de retención de humedad y un desarrollo de estructura adecuado.

De las características químicas únicamente se destaca su alta capacidad catiónica de cambio y su elevado contenido de materia orgánica. El complejo de cambio esta denominado por el catión aluminio, pues las bases probablemente han sido intensamente lixiviadas; por ello la reacción es fuertemente ácida. – Perfil modal P-8.

5.3.3.2 Conjunto Aguaco – Alic Fulvudands. Este andisol es tal vez el más representativo de los subpaisajes con pendientes entre 25 y 50%, con secuencias de horizontes A-Bw – 2Bw – 2C y también A – BA – Bw – 2R, en la que se mantiene la discontinuidad litológica a 70 u 80 cm de profundidad. La mayoría de características físicas y químicas son similares a las del conjunto Peñamarilla. – Difieren únicamente en el menor espesor y en el color algo más claro del horizonte A; en el menor porcentaje de carbón orgánico y ocasionalmente, en la presencia de pocos fragmentos rocosos pequeños (gravilla) en el subsuelo.

5.3.3.2.3 Conjunto San Pedro – Fluventic Hapludands. Suelo con características ándicas, típico de los rellanos con pendientes menores del 12%, a donde han llegado sucesivas capas de coluviones ricos en material de suelo volcánico mezclados con gravas y piedras pequeñas de arenisca y limolita, entre las cuales se distinguen horizontes A sepultados.

Ese carácter agradacional ha determinado un perfil edáfico atípico A-Bw – Ab-Bw – 2C, de incipiente desarrollo pedogenético, con colores parduscos de diferentes tonos y texturas francoso finas sobre arcillosas, con una capa de gravilla y piedras en medio. Por lo demás, son suelos profundos, bien drenados, con regular contenido de carbón orgánico y reacción fuertemente ácida. Las demás características químicas pueden asimilarse a las del conjunto Peñamarilla – Ver observación 0-9.

5.3.3.2.4 Conjunto Peñablanca - Andic Dystropepts. Los suelos de este conjunto ocurren con mayor frecuencia en los rellanos e interfluvios de la vereda El Venado, con pendientes menores del 25%, en donde los materiales volcánicos parece que han sufrido una más intensa meteorización, quizás determinada por una mayor humedad de la zona. Los colores en el horizonte A son pardo grisáceos, con regular contenido de materia orgánica; mientras que en el Bw son de colores amarillentos, manchados de gris; las texturas son en general más arcillosas que aquellas de los restantes suelos del complejo. Por lo demás, también son profundos, bien drenados, con sus propiedades ándicas menos marcadas. Aún cuando estos suelos tienen mediana a alta capacidad de intercambio catiónico, su

contenido en bases y en fósforo sigue siendo muy bajo y los valores de pH entre fuerte y moderadamente ácidos. Ver observación 0-5. En la misma vereda de El Venado es posible encontrar inclusiones del suelo Oxic Humitropepts desarrollado a partir de shales, el cual parece extenderse más ampliamente en el municipio de Duitama.

Debido a la relativa estabilidad de los andisoles, los suelos descritos pueden encontrarse en las siguientes fases por pendiente:

- Fase 25 a 75%
- Fase 25 a 50%
- Fase 12 a 25%
- Fase 7-12%
- Fase 3-7%

5.3.4 PAISAJE A4: Montaña Sinclinal colgante en arenisca y limolita conglomeráticas

El cuarto paisaje montañoso de la unidad climática frío-húmeda está localizado en territorio de las veredas Medios, Marcura y La Bolsa, aproximadamente entre las cotas de 2.700 y 3.200 m. De acuerdo con el mapa geológico (plancha J-12), el esqueleto del paisaje incluye de la base hacia arriba estratos de arenisca/limolita conglomerática, limolita, arcillolita, arenisca y limolita micácea, todas del período Cretáceo, materiales que afloran en la contrapendiente o ladera erosional del que en términos geomorfológicos se denomina un sinclinal colgante, cuyas laderas estructurales muestran su expresión topográfica característica en jurisdicción del municipio de Sotaquirá.

Dentro del área de estudio, la contrapendiente del paisaje ha sido afectada por la falla de Boyacá, determinando la trituración de las rocas y la formación de la llamada "*brecha de falla*", material muy inestable y altamente susceptible a la erosión fluvial y a la remoción en masa.

Justamente debido a los procesos de denudación, hoy en día predomina un relieve fuertemente socavado, con pendientes moderada y fuertemente escarpadas, criterios que se han tenido en cuenta para delinear los dos primeros subpaisajes fisiográficos:

A4.1fg - Laderas disectadas de contrapendiente, moderada a fuertemente escarpadas.

A4.2f - Laderas regulares moderadamente escarpadas.

En las anteriores se observan rasgos de erosión activa, hasta en un grado severo; sin embargo, éstos están enmascarados por arbustales y bosques de eucaliptos que se han plantado en un intento fallido por controlar esa erosión.

Respecto al patrón de suelos, éste está acorde con las características antes descritas; los hay muy incipientes, litosólicos y hasta afloramientos rocosos dispuestos en la asociación Jazminal-Guadalupe.

Los restantes subpaisajes corresponden a amplios interfluvios y rellanos, caracterizados por sus pendientes más suaves, factor que ha contribuido a la preservación de algunos remanentes de la ceniza volcánica procedente de la Cordillera Central. Esos subpaisajes son:

A4.3e - Laderas superiores ligeramente escarpadas

A4.4d - Interfluvio convexo fuertemente inclinado

A4.5cd - Rellano irregular, moderadamente a fuertemente ondulado, con manto coluvial

A4.6c - Interfluvio convexo, moderadamente inclinado.

Como es de esperarse, en este grupo de subpaisajes los suelos son más profundos y ofrecen mayores posibilidades de explotación agropecuaria. También conforman una asociación identificada como Medios-Marcura.

5.3.4.1 Asociación Jazminal-Guadalupe (A4.1fg, A4.2f)

Unidad cartográfica politóxica integrada por suelo y roca, representativa de los sectores más empinados del paisaje, con pendientes cuya inclinación sobrepasa el 50%, y con un cubrimiento total de 1.514,53 ha equivalentes a casi el 70% del área del paisaje. La mayor parte de la unidad está cubierta con arbustales y bosque mixto, natural y plantado; únicamente el subpaisaje identificado con el símbolo A4.2f tiene cobertura de pastos naturales.

Los suelos representativos de la asociación son los conjuntos Jazminal-Typic Troprothents y Guadalupe-Lithic Troprothents, cuya ocurrencia es de 60% y 35%, respectivamente, mas un 5% de afloramientos rocosos.

5.3.4.1.1 Conjunto Jazminal - Typic Troprothents. Comprende la clase más representativa de la unidad cartográfica, un suelo muy incipiente en su desarrollo pedogenético, de tipo A-C determinado por el desbalance entre los procesos de meteorización y de denudación, con saldo favorable a los segundos.

Son suelos superficiales a moderadamente profundos, limitados por roca fuertemente fracturada, especialmente en los sectores contiguos al lineamiento de la falla de Boyacá (borde sur de la unidad), y por roca continua en los sitios más distantes de ésta. Esa misma concentración de fragmentos en el perfil de suelo determinan el predominio de estructura de roca, una condición de drenaje algo excesiva, una alta permeabilidad, una baja capacidad de retención de humedad y de materia orgánica. Su reacción varía de moderada a ligeramente ácida. A

menudo suele presentarse en superficie un colchón de raíces y musgo de más de 10 cm de espesor (Ver observación 0-17).

5.3.4.1.2 Conjunto Guadalupe - Lithic Troprothents. Este suelo se localiza en los terrenos más empinados del tramo norte del paisaje en discusión, próximo al límite con el municipio de Sotaquirá. Su morfología es aún más incipiente que la del conjunto Jazminal, por cuanto está limitado por la roca inalterada que se halla a menos de 50 cm de profundidad. Su horizonte A, de color pardo oscuro, solo alcanza de 10 a 15 cm de espesor; luego sigue un delgado horizonte C, de color pardo a pardo amarillento, bastante pedregoso, hasta el contacto con el lecho rocoso.

Otras características físicas y sus propiedades químicas fueron discutidas en la Asociación Guadalupe - La Rusia del paisaje A1.

5.3.4.2 Asociación Medios - Marcura (A4.3e, A4.4d, A4.5cd, A4.6c)

Como se mencionó antes, esta unidad cartográfica representa el patrón de suelos de los interfluvios y rellanos del paisaje fisiográfico A4, caracterizados por sus pendientes mayores de 7% y menores de 50%, que los habilita para uso agropecuario, bajo ciertas condiciones de manejo.

Esta superficie, que suma cerca de 670 ha, precisamente cuenta con un alto porcentaje de predios dedicados a la agricultura, con cultivos transitorios como: cebada, papa, maíz, alverja y habas. El resto son lotes en descanso o bajo explotación ganadera extensiva, donde abundan los pastos kikuyo, falsa poa, tréboles y diente de león; árboles de eucalipto y acacias se usan como cercas vivas.

Aquí se identificaron dos clases de suelos principales: el conjunto Medios-Alic Melanudands y el Conjunto Marcura - Typic Humitropepts, los cuales parecen ocurrir en proporciones equilibradas (40% c/u), con inclusiones de los suelos Typic Dystropepts y Lithic Dystropepts.

Para propósitos prácticos, los taxones se dividieron en cuatro fases por pendiente: 25-50%, 12-25%, 7-25% y 7-12%.

5.3.4.2.1 Conjunto Medios - Alic Melanudands. Suelo desarrollado a partir de un delgado manto de ceniza volcánica y de alteritas derivadas de las limolitas subyacentes, representativo de los sectores más elevados y húmedos, con pendientes locales menores del 12%.

El perfil edáfico tiene una secuencia de horizontes A-2Bw-2C, en el cual se destacan dos subhorizontes A de 50 a 60 cm de espesor, con características ándicas, colores negro a gris muy oscuro, textura franca, alta a mediana

proporción de materia orgánica y alta capacidad de intercambio catiónico. Debajo se presenta un horizonte B de alteración de 20 a 30 cm de espesor, sin propiedades ándicas, color amarillento, textura arcillosa, muy bajo porcentaje de materia orgánica y mediana capacidad catiónica de cambio. En la base hay un horizonte Cr de limolitas muy intemperizadas pero con estructura de roca predominante.

Por lo demás, el suelo es moderadamente profundo, bien drenado de reacción fuertemente ácida en todo el perfil, deficiente en fósforo y en bases, pero con niveles tóxicos de aluminio.

Para mayores detalles consultar el perfil modal P-15 del anexo.

5.3.4.2.2 Conjunto Mercura - Typic Humitropepts. Este suelo ocurre con mayor frecuencia en los sectores más bajos de la Unidad Cartográfica, en transición hacia la zona frío semihúmeda, cuyas pendientes varían entre 12 y 50%. Bajo estas condiciones es probable que los productos de alteración de la ceniza volcánica hubiesen evolucionado hacia formas cristalinas como la hallorsita, perdiendo las características ándicas.

No obstante, el perfil edáfico es muy profundo, bien drenado, de tipo Ap-A2-AB-Bw, en donde se destacan los colores muy oscuros, las texturas francosas finas y un mediano contenido de materia orgánica de los subhorizontes A, características que contrastan ampliamente con el color rojizo, la textura arcillosa y el pobre contenido de carbón orgánico del horizonte Bw.

Formaciones especiales para destacar son uno nódulos de arcilla en el horizonte AB y unas concreciones blandas de óxidos de Fe en el horizonte Bw.

Las características químicas son, en términos generales, muy similares a las de los suelos precedentes, esto es, mediana capacidad de intercambio catiónico; muy pobre contenido de bases de calcio, magnesio y potasio, al igual que de fósforo; un complejo de cambio dominado por el catión aluminio que alcanza saturaciones superiores al 70%; y finalmente, un contenido de carbón orgánico mayor de 12 kg/m² y hasta 100 cm de profundidad. Otros datos sobre este suelo pueden consultarse en el perfil modal P-16 del Anexo 1.

5.3.5 Paisaje B1: Cono de deslizamiento

Este es el primero de los dos únicos paisajes agradacionales que se definieron en las tierras frías y muy frías húmedas del municipio, constituido tanto por los extensos conos coluviales de la región del Venado y de otros menores de Palermo (veredas El Fical y Palermo), como también por coluvios menores dispersos en las veredas Peña Blanca, El Curial y Peña Amarilla.

Todos se han originado por la acumulación caótica, al pie de las laderas, de materiales de deslizamientos, de flujos terrosos y de reptación-erosión pluvial; por ello el común denominador de todos es su alta pedregosidad en el perfil y en la superficie del terreno, así como su típica topografía inclinado-ondulada.

Los coluviones incluyen fragmentos heterométricos de areniscas, limolitas y material de suelo revuelto con alteritas de ceniza volcánica. De acuerdo con su grado de dispersión y los efectos de la disección fluvial, se han reconocido subpaisajes moderadamente inclinados (B1.3c), fuertemente inclinados (B1.2d) y ligeramente escarpados (B1.1e).

El contenido pedológico no es uniforme en las diferentes delineaciones que conforman el paisaje porque los distintos taxones reconocidos no están asociados geográficamente. Entonces, teniendo en cuenta la geogénesis similar y el limitante común para el uso y manejo, como lo es la alta pedregosidad, aquí se estableció como unidad cartográfica una disociación o grupo indiferenciado, cuyos límites con las unidades cartográficas circundantes son claros, excepto con los vallecitos asociados.

5.3.5.1 Disociación Venado y San Pedro

Unidad cartográfica politáctica constituida por delineaciones dispersas que en conjunto suman unas 632 ha y en las cuales hay una cobertura predominante de pastos naturales herbáceos y arbustivos y pequeñas manchas de bosque natural.

Los suelos más representativos corresponden a los conjuntos Venado-Fluentic Dystropepts, San Pedro - Fluentic Hapludands y Tolota - Andic Dystropepts; a ellos se suman inclusiones del suelo Fluentic Tropaquepts, propio de depresiones puntuales pobremente drenadas.

5.3.5.1.1 Conjunto Venado - Fluentic Dystropepts. Corresponde a los suelos de las partes media y distal de los conos coluviales de la vereda El Venado, caracterizados por su desarrollo pedogenético incipiente en el que se destaca la presencia de una banda doble de óxidos de hierro entre los subhorizontes A franco arenosos y el horizonte Bw franco arcilloso, a 30 ó 40 cm de profundidad, limitando parcialmente la penetración de las raíces y el movimiento de aire y agua en el subsuelo.

Los colores son oscuros arriba y amarillo rojizos o pardo amarillentos debajo; la granulometría dominante es francosa gruesa, con porcentaje variable de fragmentos rocosos de un lugar a otro, pero con pedregosidad superficial distribuida irregularmente en la unidad.

Químicamente presenta notables diferencias con relación a la mayoría de los suelos in situ antes descritos. El carbón orgánico decrece irregularmente con el

incremento de la profundidad; la capacidad de intercambios catiónico es mediana en el horizonte superior; baja en los horizontes intermedios y nuevamente mediana en profundidad, probablemente debido a la presencia de amorfos de naturaleza volcánica. Por su parte, los contenidos de fósforo son bajos en el horizonte A, pero aumentan gradualmente hasta valores altos en el subsuelo.

En cuanto a las bases y el aluminio intercambiable, éstos mantienen los tenores reportados para otros suelos. Más detalles en perfil representativo P-2 del anexo 1.

5.3.5.1.2 Conjunto San Pedro - Fluventic Hapludands. Andosol representativo de la parte superior apical de los conos coluviales de El Venado, e igualmente de los coluvios dispersos correspondientes al subpaisaje B1.3c.

Su material de partida comprende coluviones mezclados derivados de arenisca y shale, recubiertos con delgados mantos retransportados de ceniza volcánica.

La descripción de las características generales de este suelo se discutieron dentro del complejo Peñamarilla-Aguaco.

5.3.5.1.3 Conjunto Tolota - Andic Dystropets. Suelo típicamente coluvial, contaminado con materiales ándicos, localizado en la base de los conos del Venado y de Palermo, generalmente sobre pendientes fuertemente inclinadas.

El perfil edáfico es incipiente en su desarrollo, con una secuencia de horizontes A-Bw-C, bien drenados, francoso gruesos, con cantidades variadas de fragmentos rocosos pero con tendencia a incrementarse en el subsuelo, limitando parcialmente su profundidad efectiva.

El nivel de fertilidad se mantiene bajo, como el de la mayoría de los suelos de la región, con pH fuerte a moderadamente ácido, regular contenido de materia orgánica en el horizonte A, mediana capacidad de intercambio catiónico en el horizonte Bw, determinada por la presencia de arcilla alófana, y escasez total de bases intercambiables y de fósforo. Las características detalladas se pueden consultar en el perfil modal 01 del anexo.

5.3.6 PAISAJE B2: Vallecito aluvial-coluvial intramontano

Los ríos Tolota-Venado y Chontales-Palermo han originado en el área de estudio sendos valles estrechos agradacionales, con un relleno mixto de aluviones y coluviones gruesos y heterogéneos procedentes de las formaciones litológicas circundantes, esto es de areniscas, limolita y shales. Su topografía es plano-cóncava con pendientes de 1-3-7%.

Su área total apenas alcanza a 122,6 ha, dedicadas en su totalidad a un pastoreo extensivo, en potreros de pasto kikuyo y tréboles rojo y blanco. La alta pedregosidad y la susceptibilidad a las inundaciones torrenciales son razones suficientes para no utilizar estas tierras en actividades agrícolas.

Respecto al contenido pedológico, aquí se reconocieron dos taxones asociados muy estrechamente, por lo cual la unidad cartográfica corresponde a un complejo de suelos.

5.3.6.1 Complejo Venado - Pómeca (B2.1)

Esta conformada por el conjunto Venado-Fluventic Dystropepts, un suelo de naturaleza coluvial, localizado en los costados inclinados de los vallecitos, cubriendo aproximadamente un 60% de la unidad; y el conjunto Pomeca-Aquic Tropofluvents, de carácter aluvial y lógicamente, ocupando el sector central más plano, con una cobertura del 40% restante.

5.3.6.1.1 Conjunto Venado - Fluventic-Dystropepts. Se trata de un suelo similar al descrito en la unidad anterior, con la única diferencia de no presentar la banda de óxidos de hierro u horizonte plácico. Por lo demás, es igualmente pedregoso en superficie y dentro del perfil, con granulometría francosa gruesa, moderada profundidad efectiva y buen drenaje natural. También son similares las propiedades químicas.

5.3.6.1.2 Conjunto Pomeca - Aquic Tropofluvents. En los sectores más bajos y planos de los vallecitos en discusión se presenta una secuencia de capas aluviales en las cuales no se advierte desarrollo pedogenético alguno debido a su juventud. Estas capas conforman entonces un perfil de tipo A-C1-C2-C3, cuya granulometría es intercaladamente gruesa y francosa gruesa; sus colores, gris oliváceos manchados de pardo fuerte; sin desarrollo de estructura; con drenaje natural moderado a imperfecto, por ciertas huellas de hidromorfismo. Aproximadamente a 100 cm de profundidad se presenta un lecho de cantos rodados de pequeño y mediano tamaño.

Los contenidos de materia orgánica son bajo, aún en el horizonte A y la reacción del suelo varía de arriba-abajo de ligeramente ácida a neutra. Ver perfil modal 03 del Anexo 1.

5.4 PAISAJES, SUBPAISAJES Y SUELOS REPRESENTATIVOS DE LAS TIERRAS FRÍAS SEMIHÚMEDAS A SUBHÚMEDAS.

La zona localizada al sur de la falla de Boyacá y que en términos geológicos es conocida como el bajo estructural, comprende un relieve bastante complejo, no con los desniveles del sector septentrional, pero si con importantes diferencias geomorfológicas y litológicas donde se destacan montañas bajas, superficies

alomadas, abanicos y llanuras, algunas afectadas hoy en día por procesos de erosión acelerada.

A continuación se describen entonces los paisajes fisiográficos reconocidos en este sector del municipio, junto con su contenido pedológico:

5.4.1 PAISAJE C1: Loma anticlinal y cresta homoclinal en arenisca cuarzosa.

Paisaje de origen estructural-erosional, formado por plegamiento de areniscas cuarzosas de edad Cretáceo y Terciario, seguido por denudación parcial determinada por los procesos morfodinámicos antiguos y recientes. Comprende tres unidades alargadas que se extienden con rumbo aproximado norte-sur, una por el sector occidental, arrancando desde la orilla oeste del lago Sochagota hasta el límite con el municipio de Tuta, al sur de la vereda Río Arriba. La segunda, extendiéndose por el centro, donde cubre sectores de las veredas La Esperanza, La Playa y El Tunal. La tercera unidad se localiza en el borde oriental de la zona, en jurisdicción de la vereda El Chital. En conjunto cubren alrededor de 3.100 ha.

El relieve apenas alcanza unos 300 m de desnivel y se caracteriza por su topografía de lomas amplias, con laderas regulares moderadamente a fuertemente escarpadas (subpaisaje C1.1fg) y moderadamente escarpadas, afectadas por erosión moderada (subpaisaje C1.2f2); además de unas cimas extensas y redondeadas, con variada pendiente, criterio que permitió delinear otros subpaisajes.

- C1.3e - Ladera estructural disectada y ligeramente escarpada
- C1.4d - Cima y ladera subestructural fuertemente inclinada
- C1.5c - Rellano moderadamente inclinado
- C1.6bc - Cima y pedimento ligera a moderadamente ondulados
- C1.7b - Pedimento ligeramente inclinado

En los dos primeros subpaisajes se definió un contenido en suelos dispuesto en la Asociación Chital-Tunal, mientras que en los restantes, éstos conforman la disociación Tunal-Ventellano.

5.4.1.1 Asociación Chital-Tunal (C1.1fg, C1.2f2)

Unidad cartográfica politáctica integrada por los conjuntos de suelos Chital-Lithic Dystropepts y Tunal - Ustic Dystropepts, asociados geográficamente y divididos en dos fases por pendiente y erosión: 50-75% con erosión moderada y 50 a > 75% con erosión ligera.

La unidad cartográfica en conjunto está cubierta con arbustales y bosques plantados, además de algunos pastizales herbáceos y arbustivos. Las actividades agrícolas están restringidas por la topografía abrupta y la superficialidad de los suelos. Su área es de 1.519.6 hectáreas.

5.4.1.1.1 Conjuntos Tunal-Ustic Dystropepts y Chital-Lithic Dystropepts. Estos suelos se discuten simultáneamente por tener una relación de parentesco pedogenético muy estrecha; ambos se han desarrollado a partir de arenisca cuarzosa y presentan una secuencia de horizontes A-C-R; la principal diferencia radica en su profundidad efectiva, limitada en todos los casos por la roca parcialmente alterada. En el conjunto Tunal, ésta se presenta entre 80 y 100 cm de profundidad, en las laderas con pendiente inferior a 75% y no afectadas por erosión; en cambio, el conjunto Chital comprende suelos superficiales, con la roca semialterada a menos de 50 cm, en las laderas muy escarpadas y/o afectadas por erosión laminar.

Por lo demás, son suelos algo excesivamente drenados, con granulometría arenosa a francosa gruesa, colores oscuros sobre gris claros o amarillentos y una débil estructuración en el horizonte A. Su contenido de carbón orgánico es bajo, al igual que deben serlo las bases intercambiables y el fósforo aprovechable. La reacción, en condiciones de campo varía de moderada a ligeramente ácida.

El perfil modal 043 representa al Conjunto Tunal, familia arenosa.

5.4.1.2 Disociación Tunal y Ventellano (C1.3e, C14d, C1.5c, C16bc, C1.7b)

En los subpaisajes caracterizados por sus pendientes suaves a moderadas de los sectores más elevados del paisaje se reconocieron dos clases de suelos dominantes, los cuales empero no presentan asociación geográfica definida, pues cada uno ocurre en unidades diferentes; por ello, la unidad de mapeo correspondiente es una disociación, en la cual no ha sido posible establecer el porcentaje de ocurrencia de cada suelo, porque ello requeriría una mayor densidad de observaciones de campo.

Debido a las formas onduladas del relieve, esta es una de las unidades cartográficas más intensamente dedicadas a la agricultura, con cultivos transitorios como: trigo, cebada, papa, maíz y alverja, alternando con pequeñas explotaciones ganaderas. Solo unos cuantos rodales de eucaliptos y vegetación nativa se hallan dispersos en el sector. La extensión de la unidad es de 1590 ha.

5.4.1.2.1 Conjunto Tunal - Ustic Dystropepts. Estos suelos son representativos del sector central, vereda Tunal; presentan características similares a las del conjunto homólogo descrito en la Asociación Tunal-Chital, y únicamente difieren en la granulometría algo más fina y en la profundidad efectiva que alcanza los 80 a 100 cm, cuando aparece la arenisca meteorizada pero conservando su estructura de roca. Ver observación 044.

5.4.1.2.2 Conjunto Ventellano - Typic Haplustults. En el sector oriental del paisaje en discusión, compartido por las veredas Venta del Llano y El Chital, parece dominar un suelo maduro, desarrollado bajo un clima subhúmedo y quizás más seco en el pasado, de tipo A1-A2-Bt1-Bt2, en el cual se destaca un horizonte A espeso, muy oscuro, franco a franco arcilloso y fuertemente estructurado; bajo éste yace un horizonte Bt, formado por alteración y acumulación de arcilla silicatada, translocada desde los horizontes superiores por el agua de percolación, proceso que le ha comunicado una textura francosa fina a arcillosa gravilosa; sus colores van del pardo oscuro al pardo amarillento y su estructura continúa mostrando un buen desarrollo.

Por lo demás, el suelo es profundo, bien drenado, con reacción fuertemente ácida, bajo contenido de carbón orgánico, mediana a alta capacidad de intercambio catiónico, regular saturación de bases y un alto a mediano contenido de fósforo aprovechable. Ver observación 32 del Anexo 1.

5.4.2 PAISAJE C2: Lomas homoclinales degradadas en arcillolitas

Bajo esta denominación se cobijan cuatro pequeñas unidades dispersas, dos de ellas situadas al pie del escarpe de la falla Boyacá, en alrededores de las veredas Jazminal y Volcán alto, y las dos restantes, localizadas en la vereda Río Arriba y al sur de la Vereda Canocas.

Morfológicamente, el paisaje se caracteriza por su topografía alomada, desarrollada sobre rocas arcillosas plegadas y posteriormente degradadas por los procesos morfodinámicos exógenos. Como consecuencia de ello, las lomas presentan sus cimas y laderas con distinta clase de pendiente, determinando los siguientes subpaisajes:

- C2.1f2 - Laderas disectadas y moderadamente escarpadas
- C2.2ef - Cimas y laderas convexas ligera a moderadamente escarpadas
- C2.3e - Laderas irregulares fuertemente quebradas
- C2.4d - Laderas pedimentadas, fuertemente inclinadas

A pesar de la anterior variabilidad topográfica parece que el contenido en suelos es homogéneo, con una clase taxonómica dominante y algunas inclusiones limitativas. Por consiguiente, la unidad cartográfica corresponde a una Consociación integrada por el Conjunto Rioarriba - Ustic Dystropepts, dividido en cuatro fases por pendiente, esto es: fase 50-75%, fase 25-75%, fase 25-50%, fase 12-25%.

5.4.2.1 Conjunto Rioarriba - Ustic Dystropepts

Se trata de un suelo incipiente en su desarrollo, con horizontes A-C-R en los que la roca se presenta a 60, 80 o más de 100 cm de profundidad, determinando pedones moderadamente profundos y profundos, bien drenados, de familia textural francosa fina sobre fina, en ocasiones con una delgada capita de coluviones gravillosos en superficie. Mientras el horizonte A es de color oscuro, el horizonte C presenta colores amarillentos, manchados o variegados por incidencia de la meteorización geoquímica inicial. Los pH de campo son moderada a ligeramente ácidos y los contenidos de materia orgánica, escasos - Perfil modal 047 del Anexo 1.

En el subpaisaje C2.1f2 se presentan inclusiones del suelo Lithic Ustorthents, determinado por el desgaste laminar que tiene lugar allí en grado moderado.

5.4.3 PAISAJE C3: Loma anti-sinclinal degradada en arcosa/lutita

Este paisaje de tipo estructural-erosional corresponde a una estrecha secuencia de pequeños pliegues anticlinal-sinclinal, disectados y erosionados en sus laderas más empinadas, desarrollados en rocas sedimentarias interestratificadas de arcosa, lutita y limolita del período Cretáceo.

Espacialmente el paisaje fisiográfico está restringido a una sola unidad, correspondiente a la loma alargada que bordea al Pantano de Vargas por el costado occidental (veredas Caños y Rincón de Vargas).

Este se ha subdividido en cuatro subpaisajes, teniendo en cuenta la posición dentro del paisaje, la clase de pendiente predominante y el grado de erosión acelerada que la afecta:

- C3.1f2 - Laderas estructurales moderadamente escarpadas y erosionadas
- C3.2d - Rellano, fuertemente inclinado
- C3.3c - Cima convexa, moderadamente ondulada
- C3.4b - Cima convexa, ligeramente inclinada

Del área total del paisaje, equivalente a unas 576 ha, el 76,8% correspondiente al subpaisaje C3.1f2, presenta un suelo muy superficial asociado con afloramientos rocosos. En el 23,2% restante se reconoció una asociación de tres clases de suelos.

5.4.3.1 Asociación Pajablanca (C3.1f2)

La unidad cartográfica representa los sectores más escarpados y erosionados del paisaje, cubiertos con arbustales y reforestaciones con eucaliptos, probablemente

plantados en un intento poco efectivo para controlar la erosión. Allí se describió el conjunto Pajablanca - Lithic Ustorthents asociado con un 20 a 30% de misceláneo rocoso.

Como el suelo en cuestión guarda una estrecha relación pedogenética con el conjunto Caños - Fluventic Dystropepts, entonces su análisis se lleva a cabo en la siguiente unidad cartográfica.

5.4.3.2 Asociación Santa Sofía - Caños (C3.2d, C3.3c, C3.4b)

Como se señaló antes, esta unidad cartográfica politóxica agrupa los suelos de las cimas y rellanos del paisaje en discusión, en su mayor parte dedicados al pastoreo extensivo y a la agricultura, con cultivos transitorios como cebada y maíz. Esos suelos están representados por los conjuntos Santa Sofía - Ustic Dystropepts, Caños - Fluventic Dystropepts y Pajablanca - Lithic Ustorthents cuyo cubrimiento es del 50%, 30% y 20%, respectivamente.

5.4.3.2.1 Conjunto Santa Sofía - Ustic Dystropepts. Suelo representativo de las cimas amplias y convexas, caracterizado por un perfil A-Bw-C joven, profundo y bien drenado, de familia arcillosa muy fina, con colores oscuros sobre pardos y amarillentos. De las características químicas se destacan el pH fuertemente ácido en todos los horizontes, la mediana capacidad de intercambio catiónico, el bajo contenido de bases y una saturación de aluminio que fluctúa entre 10 y 30%, proporción que se considera limitante solo para cultivos susceptibles.

El perfil representativo y los datos de laboratorio se identifican con el código PB-81.

5.4.3.2.2 Conjunto Caños - Fluventic Dystropepts y Pajablanca - Lithic Ustorthents. El primero se localiza en los rellanos y sectores cóncavos de los interfluvios, en donde hay posibilidades de cierta agradación coluvial, proceso responsable tanto de la acumulación de capas intermedias de gravilla y cascajo, como también del decrecimiento irregular del carbón orgánico con el incremento de la profundidad.

En general, son suelos moderadamente profundos, limitados por un sustrato de limolitas parcialmente meteorizadas; con drenaje natural bueno a algo excesivo; apreciación textural francosa fina gravillosa, colores parduscos a amarillentos y una estructura moderadamente desarrollada. En la secuencia de horizontes A-Bw1-C-Bw2-R, los tres primeros son de naturaleza coluvial, mientras que los restantes se han desarrollado in situ. Perfil modal 026.

El conjunto Pajablanca - Lithic Ustorthents está asociado al anterior, ocupando los hombros y sectores más empinados de las cimas. Morfológicamente comprende horizontes A-R, los cuales guardan estrecha correspondencia con los dos últimos del conjunto Caños o sea, omitiendo las capas superiores coluviales de aquel.

Es un suelo muy superficial, algo excesivamente drenado, con un horizonte A de color pardo amarillento oscuro, textura franco arcillosa y estructura blocosa moderadamente desarrollada.

En los dos conjuntos, la reacción es muy fuertemente ácida, pero con tendencia a disminuir esa acidez en el subsuelo; y los contenidos de materia orgánica son bajos.

5.4.4 PAISAJE D1: Cuello volcánico en pórfido río-dacítico

El último grupo de paisajes fisiográficos con topografía colinado-alomada que se describe en este contexto, debe su morfología actual a la acción de los procesos de denudación fluvio-erosional actuando sobre las alteritas derivadas de diferentes rocas parentales.

En el caso presente, el paisaje se ha originado a partir de dos pequeñas y excepcionales formaciones volcánicas de la Cordillera Oriental, tipo neck o cuello, cuyo esqueleto parece corresponder a un pórfido río-dacítico afectado por profunda disección y erosión acelerada. Este se localiza en la zona meridional del municipio, en jurisdicción de las veredas Venta del Llano y Quebrada Honda, cubriendo una superficie de 1034 ha.

El relieve es colinado, con desniveles de 200 a 300 m, laderas escarpadas y erosionadas y cimas onduladas; la red de drenaje tiende a configurar un patrón radial de mediana densidad. Para fines prácticos relacionados con el uso y manejo de las tierras y con el patrón de los suelos, la unidad se dividió en los siguientes subpaisajes:

- D1.1f2 - Laderas disectadas, medias e inferiores, moderadamente escarpadas y afectadas por erosión moderada
- D1.2e3 - Laderas inferiores ligeramente escarpadas, con erosión severa

En éstos se reconoció un complejo de suelo y no suelo.

- D1.3d - Cimas y laderas superiores fuertemente onduladas
- D1.4c - Interfluvios convexos, moderadamente inclinados
- D1.5b - Cimas ligeramente onduladas

En los tres últimos subpaisajes se definió una asociación de dos clases de suelo.

Leyenda Fisiográfica I.10

5.4.4.1 Complejo Cuesta (D1.1f2, D1.2e3)

Esta unidad cartográfica politóxica cubre alrededor del 72% del paisaje y representa los sectores más empinados y erosionados, en donde ocurre el conjunto Cuesta - Lithic Ustorthents asociado, en un patrón muy estrecho, con afloramientos rocosos discontinuos.

La unidad está cubierta con vegetación arbustiva y herbácea, además de reforestación con pinos, árboles que prácticamente se arraigan en las grietas de la roca.

5.4.4.1.1 Conjunto Cuesta - Lithic Ustorthents y misceláneo rocoso. En términos pedogenéticos no hay un verdadero suelo ya que se observa muy poca o ninguna evidencia de desarrollo de horizontes, pues ésta la ha perdido por los procesos de erosión pluvial-fluvial. En consecuencia, solo se destaca una capa superior de 10 a 15 cm de espesor, color pardo, textura franco arcillosa arenosa y una débil estructuración, la cual yace directamente sobre la roca, material que como se ha señalado antes, aflora de trecho en trecho debido a remoción laminar del delgado manto de meteorización.

5.4.4.2 Asociación Jarillal - Tapón (D1.3d, D1.4c, D1.5b)

Por la topografía y los suelos, esta unidad cartográfica es más valiosa desde un punto de vista agropecuario; no obstante, su extensión apenas alcanza al 28% del paisaje total.

El relieve es ondulado, con pendientes que varían entre 5 y 25% aproximadamente, factor que ha favorecido el desarrollo de suelos más profundos y menos afectados por la denudación. Su cobertura incluye pastizales herbáceos y arbustivos y pequeñas parcelas con cultivos de maíz y trigo.

Respecto al contenido pedológico, aquí parecen dominar dos suelos correspondientes a los conjuntos Jarillal - Lithic Dystropepts y Tapón - Ustic Haplohumults, presentes en proporciones equilibradas. Ambos se han subdividido en tres fases por pendiente: 12-25%, 7-12% y 3-7%.

5.4.4.2.1 Conjunto Jarillal - Lithic Dystropepts. Suelo representativo de las áreas convexas, de tipo A - AC - Cr - R, incipiente en su desarrollo pedogenético, superficial, limitado por la roca semialterada; con buen drenaje natural, colores oscuros y granulometría arcillosa, con presencia de pocos fragmentos rocosos. El horizonte A exhibe una mediana capacidad de intercambio catiónico, una gran pobreza en bases de cambio, en fósforo y en materia orgánica, no hay problemas con el aluminio intercambiable y la reacción es fuertemente ácida - Perfil representativo: P-35.

5.4.4.2.2 Conjunto Tapón - Ustic Haplhumults. Corresponde a los suelos más desarrollados de los sectores planos y cóncavos caracterizados por su perfil A -Bt - BC, profundo, bien drenado, de familia textural arcillosa, en el cual se ha dado un proceso de translocación de arcilla silicatada desde el horizonte A hacia el Bt. Los colores son parduscos encima y rojizos debajo; la estructura blocosa subangular esta fuertemente desarrollada.

Los análisis químicos permiten destacar una mediana capacidad de intercambio catiónico, un bajo contenido de bases, de fósforo aprovechable y de carbón orgánico; este último no obstante, alcanza valores de más de 12 kg por metro cúbico. La saturación de aluminio intercambiable alcanza niveles tóxicos para la mayoría de los cultivos de la región y el pH es muy fuertemente ácido. Perfil modal No. P-34.

5.4.5 PAISAJE D2: Lomas y pedimentos en arenisca, conglomerado y arcillolitas.

Paisaje fisiográfico modelado principalmente por procesos de erosión pluvial-fluvial, los cuales han actuado sobre las alteritas de areniscas, conglomerados y arcillolitas del Plio-pleistoceno, dispuestas en capas horizontales, algunas con estratificación cruzada y otras moderadamente falladas y basculadas, determinando un relieve alomado de escaso desnivel (100 a 200 m), ampliamente distribuido en las tierras frías semihúmedas-subhúmedas, tanto hacia la base de las montañas que miran a Paipa desde el norte, como también a los lados de las Quebradas Honda Grande y Canocas.

Quizás por ocupar la parte inferior de las vertientes y bajo unas condiciones climáticas relativamente secas, varias unidades del paisaje en discusión se hallan afectadas por erosión fluvial acelerada, tanto en cárcavas como en surcos y laminar. Sin embargo, una comparación de fotografías aéreas de la zona, tomadas con 30 años de diferencia, permiten deducir que el proceso no ha avanzado significativamente, tal vez debido en parte a programas de reforestación emprendidos por CORPOBOYACÁ. De otra parte, en varios sitios de la unidad se detectaron minas artesanales de carbón, las cuales están contribuyendo a la degradación del paisaje.

Considerando entonces la gran variabilidad topográfica, los rasgos determinados por la erosión acelerada y el patrón de suelos, el paisaje se subdividió en diez subpaisajes, los cuales se reunieron en tres grupos:

- D2.0f4 - Laderas muy fuertemente erosionadas, en donde la unidad taxonómica, esta representada por un misceláneo de cárcavas.
- D2.1f2 - Laderas moderadamente escarpadas con erosión moderada en cárcavas

- D2.2e3 - Laderas ligeramente escarpadas con erosión severa en cárcavas y laminar
- D2.3e2 - Laderas ligeramente escarpadas con erosión moderada

En estos tres subpaisajes los suelos y cárcavas están dispuestos en la asociación San Francisco.

- D2.4e - Laderas regulares ligeramente escarpadas
- D2.5de - Laderas irregulares moderada a fuertemente quebradas
- D2.6d - Glacis de erosión fuertemente inclinado
- D2.7c - Glacis de erosión moderadamente inclinado
- D2.8bc - Cimas y pedimentos ligera a moderadamente inclinado-ondulados
- D2.9b - Cimas y pedimentos ligeramente inclinados

En este grupo de subpaisajes los suelos se han reunido en la disociación Hacienda & Murcia.

5.4.5.1 Consociación - Misceláneo de cárcavas (D2.0f4)

En esta unidad cartográfica se han agrupado cuatro pequeñas delineaciones que encierran cárcavas activas, con truncamiento total de los suelos, las cuales se localizan en las goteras de la cabecera municipal, costados este y oeste, pero también en la vereda Cruz de Bonza. Se ha intentado repoblarlas con árboles de eucalipto, pero debe quedar claro que su recuperación con fines agropecuarios es irreversible.

5.4.5.2. Asociación San Francisco (D2.1f2, D2.2e3, D2.3e2).

Comprende los suelos de los subpaisajes identificados con los símbolos del encabezamiento, los cuales tienen como común denominador el estar afectados por cárcavas y calvas de erosión en grado moderado a severo.

La unidad cartográfica está conformada por numerosos delineaciones dispersas, pero con una mayor concentración en las veredas Cruz de Bonza, El Rosal y Volcán; otras se localizan en la vereda El Salitre y en la margen derecha de la quebrada Honda Grande, al sur del municipio. Su área aproximada es de 1.448 ha.

La cobertura vegetal predominante incluye arbustales, pequeños potreros y reforestaciones con eucaliptos; estas últimas apenas disimulan la erosión pero no parecen ejercer un claro control de la misma.

Los suelos están dispuestos en una asociación y ocupan posiciones definidas, alternándose con cárcavas aisladas. Corresponden a los conjuntos San Francisco

- Lithic Ustorthents, Misceláneo erosionado y Hacienda - Ustic Dystropepts, cuyo cubrimiento es de 45%, 30% y 25% respectivamente.

5.4.5.2.1 Conjunto San Francisco - Lithic Ustorthents. Suelos extremadamente incipientes, de tipo AC-R, rejuvenecidos por procesos de erosión laminar moderada a severa, lo cual a su vez ha incidido en su superficialidad, con presencia de la roca fresca (estratos delgados e intercalados de arenisca y arcillolita), entre 30 y 50 cm de profundidad, e igualmente en su condición de drenaje algo excesiva.

De las propiedades físicas se destacan los colores parduscos del horizonte A y los gris pardusco claros o variegados del material parental; la textura francosa fina gravilosa y pedregosa en aquellos sitios con sustrato de arenisca; una estructura blocosa moderada a débilmente desarrollada en los horizontes superiores.

En cuanto a las características químicas, éstas mantienen los bajos tenores de la mayoría de los suelos del municipio en cuanto a bases intercambiables, fósforo y materia orgánica; pH muy fuertemente ácido y con aluminio de cambio en cantidades limitantes solo para cultivos susceptibles. Por la mediana capacidad de intercambio catiónico puede asumirse que estos suelos responden bien a la fertilización. Perfil modal y datos analíticos No. PB-25.

5.4.5.2.2 Misceláneo erosionado. Corresponde a las cárcavas y calvas de erosión que se presentan en forma alterna con los suelos San Francisco y Hacienda, aún cuando con menor espaciamiento en el subpaisajes identificado como D2.2e3.

5.4.5.2.3 Conjunto Hacienda - Ustic Dystropepts. Suelo de los interfluvios y sectores menos erosionados, caracterizado por su profundidad moderada, limitada por la roca continua que se halla a 70 u 80 cm; con buen drenaje natural, granulometría francosa fina en todo el perfil y colores pardo oscuro a pardo amarillentos.

Como este suelo aparece mejor definido en los subpaisajes con menor pendiente, su presentación más completa se hará en la siguiente unidad cartográfica.

5.4.5.3 Disociación Hacienda & Murcia (D2.4e, D2.5de, D2.6d, D2.7c, D2.8bc, D2.9b)

En los subpaisajes calificados con pendientes menores del 50% y no erosionados o solo afectados por erosión ligera, se reconoció un patrón irregular de suelos sin asociación geográfica, sino distribuidos un tanto al azar, razón por la cual se agruparon en una disociación, unidad cartográfica politáxica integrada por los conjuntos Hacienda - Ustic Dystropepts, Murcia - Ustic Humitropepts, Toca - Udertic Haplustalfs y Quebradahonda - Fluventic Dystropepts, cuyo porcentaje de

ocurrencia no fue posible establecer durante el rápido recorrido de campo de la presente revisión y actualización.

La cobertura predominante en esta unidad cartográfica es la de pastizales herbáceos y arbustivos, con árboles de eucalipto, pinos y alisos, como cercas vivas. Además, se encuentran cultivos anuales de maíz, trigo, cebada y papa.

La distribución de la unidad en las tierras frío-semihúmedas del municipio es amplia ya que se encuentran delineaciones en las veredas El Rosal, Volcán, Río Arriba, Canocas, Cruz de Murcia, Quebrada Honda, Pastoreros y en el sector Carbonera de la vereda Cruz de Bonza.

5.4.5.3.1 Conjunto Hacienda - Ustic Dystropepts. Esta clase de suelo parece ser la dominante en la unidad, localizándose principalmente en las cimas onduladas de las lomas, sobretodo en las pendientes convexas con inclinación entre 7 y 25%. El material parental se ha derivado de areniscas poco consolidadas, de tipo arcósico, generando unos suelos de tipo A.BwC, moderadamente profundos a profundos, limitados por la roca fresca que aparece a más de 80 cm. El drenaje natural es bueno; la apreciación textural, francosa fina; los colores pardo oscuros arriba y pardo amarillentos o pardo rojizos en el subsuelo; la estructura blocosa, subangular, moderadamente desarrollada.

De sus propiedades químicas se destacan la moderada a baja capacidad de intercambio catiónico, el bajo contenido de bases de calcio, magnesio, potasio y sodio, así como de fósforo aprovechable; la saturación de aluminio alcanza valor promedio de 40%, considerado limitante aún para cultivos tolerantes; los pH varían entre muy fuertemente ácidos y fuertemente ácidos y la materia orgánica es escasa. De acuerdo con lo anterior, se mantiene en este conjunto de suelos la baja fertilidad predominante en la mayoría de suelos analizados. Perfiles modales P-42 y PB-21.

5.4.5.3.2 Conjunto Murcia - Ustic Humitropepts. Suelo representativo de los sectores bajos y cóncavos, en donde ha habido engrosamiento del horizonte A por aportes coluviales de partículas de suelo movidas por reptación y erosión pluvial, con el consiguiente incremento en los contenidos de carbón orgánico que seguramente sobrepasa los 12 kg por metro cuadrado y hasta un metro de profundidad.

Aún cuando el material parental parece derivarse de arcillolitas ácidas, la morfología A-Bw-C y demás características físicas y químicas son similares a las del conjunto Hacienda, excepto la apreciación textural, que para el caso presente es francosa fina sobre arcillosa, con presencia de nódulos de arcilla en el horizonte Bw. Perfil representativo: Observación 36.

5.4.5.3.3 Conjunto Toca - Udertic Haplustalfs. Suelos desarrollados a partir de arcillolitas, probablemente bajo microclimas más secos (subhúmedos) como el que parece darse en la vereda Pastoreros al sur del municipio, condición bajo la cual se ha desarrollado un proceso de translocación de arcilla desde los horizontes superiores hacia los inferiores, generando un horizonte B arcilloso pesado y de considerable espesor.

El perfil edáfico presenta una secuencia de horizontes Ap-Bt-BC cuyos colores cambian gradualmente desde pardo oscuro a pardo fuerte y rojo amarillento, en los dos últimos con sus agregados estructurales recubiertos con películas brillantes de color pardo grisáceo muy oscuro.

Por lo demás, es un suelo profundo, bien drenado, bien estructurado, con bajos contenidos de carbón orgánico y de fósforo aprovechable; mediana capacidad de intercambio catiónico; un contenido medio a bajo en bases; un pH fuerte a moderadamente ácido y sin problemas con el aluminio intercambiable. Perfil modal PB-35.

5.4.5.3.4 Conjunto Quebradahonda - Fluventic Dystropepts. En la base de las laderas de las lomas y pedimentos y en algunos rellanos plano-cóncavos se reconocieron delgadas acumulaciones coluviales principalmente sobre los sustratos de arcillolitas, determinando entonces unos suelos en cuya morfología participan los dos materiales. Como resultado de ello el perfil tiene una secuencia A-C.2Bw-2C, en los dos primeros horizontes con presencia de fragmentos rocosos tipo gravilla y texturas franco arcillosas, colores pardo a pardo amarillentos, escaso contenido de materia orgánica y pH de campo ligeramente ácido. En los horizontes inferiores a su vez, la granulometría es arcillosa, sin fragmentos rocosos, con colores amarillo pardusco y gris claro manchado de pardo amarillento (litocrómico), una moderada estructuración del horizonte 2Bw y pH de campo ligeramente ácidos.

Por lo demás, el suelo es moderadamente profundo, limitado parcialmente por las gravas y un sustrato de arcilla masiva; el drenaje natural varía de algo excesivo a bien drenado.

Las características químicas pueden asimilarse a las del conjunto Hacienda. Perfil representativo: 0-37.

5.4.6 PAISAJE EO: Abanico aluvial reciente

Dentro del único gran paisaje agradacional definido en el municipio, como lo es la **llanura aluvial compleja**, que ocupa los sectores más bajos y planos, se delinearon varias geoformas piedemontanas dispersas, de edad reciente (Holoceno medio), las cuales se generalizaron con el nombre de abanicos, a pesar

de no mostrar algunas de ellas el patrón de sedimentación distributaria selectiva que les es característica.

Tales geoformas del paisaje en discusión han sido formadas por la sedimentación de las quebradas Toibita, El Rosal, El Chuscal, El Hospital, Pan de Azúcar, Dispensas y Agua Blanca, las cuales emergen desde las montañas y colinas hacia la llanura del río Chicamocha, explayando sobre ésta sus aluviones y determinando una topografía regular, ligeramente inclinada a casi plana.

A partir de los aluviones derivados principalmente de limolitas, lutitas, areniscas y arcillolitas se han originado unos suelos muy jóvenes, con escaso desarrollo pedogenético, los cuales están dispuestos en una asociación.

5.4.6.1 Asociación Llanogrande – Riogrande (E01)

La unidad cartográfica esta integrada por unidades dispersas, localizadas en las veredas Cruz de Bonza – Romita, El Rosal, Sativa, El Salitre, Rincón de Vargas y Pantano de Vargas, en donde abarcan alrededor de 853 hectáreas, cubiertas en su mayoría con pastos naturales y mejorados que sustentan ganaderías lecheras extensivas a semintensivas; sólo unas cuantas parcelas se dedican al cultivo de trigo y maíz.

De los suelos que componen la asociación, el conjunto Llanogrande Aeric Tropic Fluvaquents es el dominante con un cubrimiento del 60%; luego sigue el Conjunto Riogrande – Aeric Tropaquepts, con un 25%. Inclusiones no limitativas del suelo Fluventic Dystropepts, familia arenosa (15%) fueron reconocidas únicamente en la parte apical del abanico de la quebrada Agua Blanca, en la vereda Pantano de Vargas.

5.4.6.1.1 Conjunto Llanogrande – Aeric Tropic Fluvaquents. Corresponde a la clase de suelo dominante en el cuerpo (parte media) y base de los abanicos, en donde tiende a concentrarse la humedad procedente de los sectores contiguos más elevados, comunicándole al perfil rasgos de hidromorfismo propios de una condición de drenaje imperfecta, con colores grises y pardo grisáceos, manchados de pardo amarillento, pardo fuerte o rojo amarillento. A consecuencia de lo anterior, la profundidad efectiva varia entre moderada y superficial, limitada por un nivel freático fluctuante y por las arcillas masivas del subsuelo.

En la secuencia de horizontes se destaca el A, con 17 a 20 cm de espesor, colores claros y bajo porcentaje de materia orgánica; seguido por un horizonte B muy incipiente y un horizonte C gleyzado. La característica física que más varía de un sitio a otro es la textura; la mayoría de perfiles son arcillosos y arcillo arenosos, pero también los hay arcillosos sobre franco fino y franco grueso.

Los análisis de laboratorio muestran suelos muy fuertemente ácidos, con saturación de aluminio mayor del 60%, nivel considerado tóxico para la mayoría de los cultivos, razón por la cual serán necesarios fuertes enclavamientos para subir los valores de pH. La capacidad de intercambio catiónica es elevada pero las bases de Ca, Mg, K y Na sólo alcanzan valores inferiores a seis miliequivalentes por 100 gramos de suelo, valores estimados como bajos, al igual que lo son los contenidos de fósforo aprovechable y de materia orgánica; esta última decrece irregularmente con la profundidad del perfil, lo cual es indicativo del carácter agradacional del suelo y de su incipiente desarrollo pedogenético. Ver perfil modal 0-22 y análisis de laboratorio identificados con el código PB-27.

5.4.6.1.2 Conjunto Riogrande – Aeric Tropaquepts. Este suelo guarda gran similitud con el conjunto Llanogrande en la mayoría de sus propiedades físicas; las diferencias más notables están dadas por la presencia de un horizonte A más oscuro y con mayor proporción de carbón orgánico; por su horizonte Bw más desarrollado y por los colores pardos del subsuelo. La condición de gley del horizonte C no se da en este suelo.

Adicionalmente se advierten ciertas diferencias en algunas propiedades químicas, como p.e. en el pH algo menos ácido; en los contenidos de bases de cambio que alcanzan valores medios y en la saturación de aluminio que no alcanza a ser problemática para el desarrollo de cultivos.

Este suelo se describe con mayor detalle en el paisaje E2- vallecito coluvio-aluvial en donde aparece asociado con el suelo Río Bogotá.

5.4.7 Paisaje E1: Abanico aluvial subreciente.

Este paisaje fisiográfico ha sido formado exclusivamente por el río Surba, corriente que ha explayado su carga de aluviones en territorio de los municipios de Paipa y Duitama, probablemente en un período anterior al de los abanicos recientes del paisaje E0. La topografía es regular, ligeramente inclinada, recortada superficialmente por pequeños drenajes que configuran un patrón distributivo. La fuente de sedimentos son areniscas de grano fino y quizás unas arcillolitas limosas del Jurásico y Cretáceo, respectivamente, a partir de las cuales se han generado unos suelos homogéneos dispuestos cartográficamente en una consociación.

5.4.7.1 Consociación Surbatá (E1.1).

Corresponde a una de las pocas unidades cartográficas monotáficas definidas en el municipio, con localización puntual en la vereda Bonza, en donde ocupa unas 233,8 hectáreas dedicadas a la ganadería extensiva a semintensiva, alternando con cultivos de maíz, papa y cebada.

Los suelos dominantes están representados por el Conjunto Surbatá – Udic Haplustalfs, cuyo cubrimiento es superior al 85%.

5.4.7.2.1 Conjunto Surbatá – Udic Haplustalfs. Puede afirmarse que se trata de un suelo maduro, de tipo A-Bt-BC-C, en cuya pedogénesis ha ocurrido un proceso de translocación de un complejo arcillo – húmico desde el horizonte A hacia el B subyacente, gracias a la dispersión de arcillas que se produce bajo climas contrastantes, húmedo – seco y al trabajo del agua de percolación.

El perfil edáfico es moderadamente profundo, limitado parcialmente por arcilla dura, con drenaje natural moderado, textura arcillosa fina y muy fina; estructura blocosa gruesa y fuerte. Los colores del horizonte A son gris muy oscuros a pardo oscuros pero en el horizonte B se destaca una matriz parda a pardo fuerte recubierta o interpenetrada en sus poros por películas o revestimientos negros, gris oscuros o pardo grísaceo muy oscuros.

Las propiedades químicas mejoran notablemente con relación a las correspondientes a la mayoría de los suelos descritos. Así, por ejemplo, se destaca la mediana capacidad de intercambio catiónico; el regular contenido de bases, las que sin embargo, saturan el complejo de cambio; los pH, que varían de ligeramente ácidos a ligeramente alcalinos y la ausencia de problemas con el aluminio intercambiable. La materia orgánica y el fósforo aprovechable si muestran bajos tenores en el perfil. Ver perfil modal PB-18.

5.4.8 Paisaje E2: Vallecito y glacis coluvial – aluvial.

Los valles estrechos coluvio-aluviales de las quebradas Honda Grande, El Gerón, Palacio y Canocas, así como los pequeños glacis coluviales de la base de la loma situada al oeste del Pantano de Vargas y en la margen occidental del lago Sochagota, se han reunido en un solo paisaje fisiográfico por presentar rasgos morfológicos similares, como son: sus sedimentos predominantemente arcillosos y una topografía regular, casi plana a moderadamente inclinada. Justamente por este factor se establecieron tres subpaisajes:

- E2.1c – Superficie moderadamente inclinada
- E2.2b – Superficie ligeramente inclinada
- E2.3a - Vegas a nivel

El contenido pedológico está representado por un complejo de suelos.

5.4.8.1 Complejo Riogrande – Río Bogotá (E2.1c, E2.2b, E2.3a)

Comprende dos clases de suelos con su localización espacial bien definida, pero con límites estrechos en razón al tamaño reducido de las unidades. El uso actual

predominante es la ganadería, en potreros de pasto kikuyo, carretones y festucas. La vegetación arbórea sólo se utiliza como cercas vivas.

Los suelos reconocidos corresponden a los conjuntos Riogrande – Aeric Tropaquepts y Río Bogotá, Tropic Fluvaquents, los cuales parecen ocurrir en proporciones equilibradas.

5.4.8.1.1 Conjunto Riogrande – Aeric Tropaquepts. Ocupa los sectores más altos e intermedios de los glaciares y vallecitos, en donde se aprecian condiciones de hidromorfismo en los 25 a 30 cm superiores, marcadas por los colores grises de la matriz y sus moteados pardo rojizos. A mayor profundidad, el color de la matriz se torna pardo a pardo fuerte, manchada con abundantes moteados grises. Lo anterior es indicativo de una condición de drenaje imperfecta y una profundidad efectiva moderada, esta última limitada por un nivel freático fluctuante y las texturas arcillosas pasadas del subsuelo.

En su secuencia morfológica A-Bw-C, el horizonte superior es de color claro a pesar del mediano contenido de materia orgánica; el horizonte Bw es espeso, con estructura blocosa subangular y angular moderadamente desarrollada y con presencia de concreciones de hierro y manganeso.

De las características químicas se destaca su alta capacidad de intercambio catiónico, su regular contenido de bases y la muy baja saturación del aluminio intercambiable. Ver perfil modal No. PB-24.

5.4.8.1.2 Conjunto Río Bogotá – Tropic Fluvaquents. Está ubicado en los sectores más bajos y planos del paisaje, factor determinante de unas condiciones hidromórficas más acentuadas que las del suelo Riogrande, al punto de definir un drenaje natural pobre, una profundidad efectiva superficial, granulometría arcillosa y un débil desarrollo pedogenético.

Por ocupar este conjunto, una mayor superficie en el plano aluvial del río Chicamocha, remitimos al lector a la presentación del subpaisaje E4.2 en donde se describe el suelo con mayor detalle.

5.4.9 Paisaje E3: Terraza aluvial.

El paisaje tiene una extensión aproximada de 259 has., correspondiente a unas pocas unidades dispersas a lo largo del curso de la Quebrada Honda Grande, siendo las mayores aquellas localizadas en la vereda Salitre.

Las terrazas son anteriores niveles de sedimentación que han quedado elevadas con respecto a la corriente que las formó debido a su incisión determinada por factores climáticos o tectónicos. La topografía es a nivel o casi a nivel; los aluviones son heterogéneos, francos gruesos a gruesos en cercanías del Salitre

y más finos aguas arriba. De éstos se han desarrollado dos suelos principales dispuestos en una asociación.

5.4.9.1 Asociación Ita – Pastoreros (E3.1)

Unidad cartográfica bitáxica, cubierta en su totalidad con pasto kikuyo a veces mezclado con treboles y malezas como el diente de león; en éstos pastan unos pocos vacunos o aparentemente están sin uso en el presente.

Los suelos descritos corresponden a los conjuntos Ita-Aquic Ustifluvents y pastoreros –Aquic Dystropepts, con cubrimiento del 60% y 35% respectivamente, mas un 5% de la inclusión limitativa de Aeríc Halaquepts.

5.4.9.1.1 Conjunto Ita – Aquic Ustifluvents. Suelo aluvial de tipo A –C con muy débil desarrollo pedogenético, profundo, moderadamente drenado, con familia textural francosa gruesa sobre franca ó francosa gruesa sobre arenosa. Los colores en el horizonte A son gris oscuros o pardos, mientras en la parte superior del C aparecen colores rojo amarillentos o pardo amarillentos manchados con gris y rojo amarillento; sin embargo, en las capas más profundas el color se torna gris con moteados pardo fuertes debido a unas condiciones reductoras que allí se dan. En cuanto a la estructura, ésta es blocosa moderada en la capa arable y blocosa débil o masiva en el subsuelo.

Desde el punto de vista químico el suelo presenta serias limitaciones para uso agrícola, determinadas por la escasez de bases, materia orgánica y fósforo; por la baja capacidad de intercambio catiónico y el pH fuerte a moderadamente ácido. Únicamente el aluminio intercambiable aparece como elemento no limitante. Ver perfil modal P-45.

5.4.9.1.2 Conjunto Pastoreros – Aquic Dystropepts. Parece concentrarse mayormente en las pequeñas terrazas de la vereda Quebrada Honda, presentando un mayor desarrollo pedogenético en comparación con el suelo anterior, con un perfil A-Bw-C, moderadamente profundo, limitado por un horizonte C endurecido; imperfectamente drenado, arcilloso, moderadamente estructurado, con colores grises manchados de pardo fuerte en el horizonte A, probablemente determinados por aguas estancadas y de lenta percolación. En el horizonte Bw los colores se aclaran a pardo grisáceo y pardo fuerte, sin moteados.

El contenido de materia orgánica es bajo y los pH de campo aparecen ligeramente ácidos.

En la hacienda El Salitre, hacia el costado norte de la pista de aterrizaje, se describió un suelo que probablemente ha recibido por alguna vía aguas termales salitrosas, determinando su salinización y sodificación gracias a un drenaje restringido; taxonómicamente se clasificó como Aeríc Halaquepts y, debido a su

reducida extensión dentro de las terrazas, se catalogó como una inclusión limitativa.

5.4.10 Paisaje E4: Plano de inundación de río meándrico.

El río Chicamocha atraviesa el municipio de Paipa de oeste a este, constituyéndose en el nivel de base de erosión local dentro de la unidad climática frío semihúmeda a subhúmeda, es decir en el punto más bajo y de recepción de las aguas de los tributarios de la zona.

Como consecuencia de la sedimentación de la corriente durante el cuaternario superior (Holoceno) se ha originado una terraza baja ocasionalmente inundable, cuyos aluviones son predominantemente arcillosos y localmente orgánicos (Pantano de Vargas), característica que insinúa la ocurrencia reciente de inundaciones tranquilas con estancamiento temporal de las aguas.

Hoy en día parece que las inundaciones ya no ocurren o quizás, de manera esporádica, debido a la captación de aguas para riego, usos industriales y para las piscinas de enfriamiento de la termoeléctrica. Sin embargo queda la posibilidad de encharcamientos durante los períodos lluviosos. La topografía del paisaje es plana y regular, con pendientes casi a nivel; sin embargo, en algunos sitios ha sido disturbada y modificada, como es el caso de las piscinas de enfriamiento de la termoeléctrica.

Teniendo en cuenta la posición dentro el paisaje y el correspondiente patrón de los suelos, la unidad fisiográfica se subdividió en tres subpaisajes:

- E4.1 basin pantanoso
- E4.2 basin pobremente drenado
- E4.3 sobrevega imperfectamente drenada.

En cada uno de los anteriores se reconoció una sola clase de suelo predominante; por consiguiente, sus unidades cartográficas corresponden a sendas consociaciones.

5.4.10.1 Consociación Vargas (E4.1)

Cubre exclusivamente el área del famoso pantano de vargas (240.7 has), el cual ha sido desecado gracias a la construcción de canales de desagüe, con lo cual se ha habilitado para un pastoreo algo restringido. El suelo dominante es de naturaleza orgánica y esta representado por el conjunto Vargas – Hydric Trophemists, quizás asociado con algunos subgrupos terrenos.

5.4.10.1.1 Conjunto Vargas – Hydric Trophemists. Dentro de la taxonomía de suelos (USDA, 1996) corresponde a un histosol o suelo orgánico, típico de zonas pantanosas, caracterizado por un drenaje natural muy pobre, con el nivel freático a 20 cm en la época de descripción del perfil (transición lluvia – estiaje), y consecuentemente, con una profundidad efectiva superficial.

En su morfología se destaca un horizonte A franco-orgánico, de color negro, estructura granular muy fina y fuerte, seguido de tiers (capas) de material orgánico semidescompuesto, de color pardo muy oscuro y pardo grisáceo muy oscuro. El pH de campo es muy fuertemente ácido. Ver observación No. 0-31.

5.4.10.2 Consociación Río Bogotá (E4.2)

Esta unidad cartográfica abarca la mayor parte del plano inundable del río Chicamocha y el tramo inferior del río Surva, con una superficie de 1.090 has., cubiertas en su totalidad con pastos kikuyo, treboles y rye grass, los cuales sustentan ganaderías lecheras extensivas, semi-intensivas e intensivas. Los potreros y predios se hallan divididos en gran parte con cercas vivas de eucaliptos y sauces.

Según parece, ésta será la unidad que hará parte de un distrito de riego proyectado con aportes del gobierno nacional.

En cuanto al contenido pedológico, se encontró una clase de suelo dominante representada por el conjunto Río Bogotá – Tropic Fluvaquents, el cual ya había sido caracterizado en el plano aluvial del río del mismo nombre, en un levantamiento detallado de suelos realizado por la Subdirección de Agrología del IGAC en 1974.

5.4.10.3 Conjunto Río Bogotá – Tropic Fluvaquents

Suelo aluvial, arcilloso y gleyzado, como consecuencia de su drenaje natural restringido, con débil desarrollo pedogenético reflejado en su perfil A- (Bg)-Cg, en el que dominan los colores grises manchados de pardo amarillento, pardo fuerte o rojo amarillento, como resultado de las fluctuaciones del agua freática. Esta a su vez, limita la profundidad efectiva del suelo, que se califica como superficial. En todos los casos se encuentra en superficie un colchon de raíces y rizomas de 5 a 8 cm de espesor. En algunos sectores contiguos a la base de los abanicos aluviales se detectó un lecho de gravilla y arena a más de 100 cm de profundidad. Igualmente se reconoció una variante del perfil modal, con horizontes A enterrados, de colores oscuros pero igualmente arcillosos y con fuertes rasgos de hidromorfismo.

Los análisis de laboratorio muestran un suelo con alta capacidad de intercambio catiónico, mediano contenido de bases de Ca, Mg, K y Na y una relación Ca/Mg ideal. La materia orgánica esta presente en baja a mediana proporción, pero con decrecimiento irregular dentro del perfil, como manifestación de su carácter agradacional y de su incipiente desarrollo pedogenético. El fósforo continúa siendo el elemento mayor mas escaso y el aluminio intercambiable alcanza saturaciones en el complejo de cambio que pueden ser limitantes para cultivos susceptibles y aún para cultivos tolerantes. Los pH de campo dieron valores ligeramente ácidos, pero en condiciones de laboratorio estos descendieron a condición muy fuertemente ácida.

Ver perfil modal P-46 y análisis de laboratorio P-46 y P-47.

5.4.10.4 Consociación Troneras (E4.3)

La última unidad cartográfica del presente estudio apenas cubre unas 132 has en el extremo sur del Pantano de Vargas, en predios de las haciendas San Joaquin – Troneras. Allí parece haber recibido aluviones y coluviones finos procedentes de las laderas contiguas, los cuales recubrieron los materiales orgánicos del borde sur del pantano, elevando su nivel y reduciendo el riesgo de inundaciones.

La cobertura vegetal también es de pasto kikuyo con cercas vivas de eucaliptos. Allí se explotan las tierras en ganadería semi-intensiva.

El suelo representativo es el conjunto Troneras – Aquic Humitropepts cuyo cubrimiento parece ser superior al 85%.

5.4.10.4.1 Conjunto Troneras – Aquic Humitropepts. Suelos conformados por varios subhorizontes A que suman alrededor de 80 a 90 cm de espesor y estan subyacidos por tiers orgánicos en estado fibrico y saturados con agua. De ésto resulta un perfil moderadamente profundo, imperfectamente drenado, con una secuencia textural franca / arcillosa / orgánica y el predominio de colores negros a veces con pocos moteados pardo amarillentos. Se destaca el fuerte desarrollo de una estructura blocosa subangular fina a granular en los dos primeros horizontes.

Por los colores negros de los horizontes minerales se deduce un alto contenido de materia orgánica, que debe sobrepasar los 12 kgs por metro cuadrado y hasta 80 a 90 cm, de profundidad. El pH de campo alcanzó valores de 5.5. moderadamente ácidos.

El perfil representativo corresponde a la observación 0-28.

5.5 CONCLUSIONES

Del análisis de resultados del estudio fisiográfico – pedológico se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- a) El relieve predominante en el sector septentrional del municipio es montañoso, con desniveles máximos cercanos a los 1.500 m, mientras que en la zona meridional, éstos no sobrepasan los 350 m. Además, es ésta última se hallan los escasos terrenos llanos del área de estudio.
- b) Prácticamente todo el territorio municipal esta localizado en el piso térmico frío; no obstante, el sector norte muestra características edafológicas relacionadas con una mayor humedad ambiental, en comparación con la zona sur.
- c) La mayoría de los suelos se han desarrollado a partir de rocas sedimentarias como areniscas, shales – lutitas y limolitas; un porcentaje menor lo ha hecho a partir de ceniza volcánica y roca volcánica tipo andesita.
- d) En general los suelos son jóvenes, con desarrollo pedogenético incipiente; granulometría mediana a fina; condición de drenaje buena a algo excesiva en las montañas y lomas, y buena a pobre en la llanura; con profundidad efectiva superficial hasta profunda, según las pendientes predominantes y con un nivel de fertilidad bajo a regular.
- e) En términos taxonómicos y del mayor al menor, en el municipio predominan los siguientes órdenes de suelos: Inceptisoles (52%), Entisoles (22%), andisoles (16%), alfisoles (4%), ultisoles (4%) e histosoles (2%).
- f) Finalmente se destaca el hecho de que en los alrededores y hacia el sur de la cabecera municipal ocurren procesos de erosión acelerada, particularmente en las lomas de la llamada “Formación Titata”.

6. COBERTURA Y USO DE LA TIERRA

En el proceso de planificación del uso de la tierra y ordenación del territorio, una de las variables importantes a tener en cuenta es la cobertura vegetal y uso de la tierra, principalmente en lo que se refiere a su distribución espacial. En la cartografía de esta variable, y en su interpretación y análisis, un aspecto que debe tener presente, es su naturaleza dinámica.

Son varias las interrelaciones que existen entre la cobertura vegetal y el uso de la tierra con otras variables ambientales, tales como el clima, la distribución de los suelos, la distribución y características de los sistemas de producción. Particularmente, en la espacialización y definición de estos últimos, se constituye de por sí en un elemento importante. Finalmente, en la definición de las unidades ecológicas del paisaje como elemento integrador, así como en la evaluación de la potencialidad de uso que ofrecen las mismas, la cobertura vegetal juega un papel fundamental.

Es el objeto del presente informe dar una descripción de las unidades de cobertura y uso de la tierra del Municipio de Paipa, así como el enumerar las técnicas y procedimientos utilizados para la elaboración del mapa correspondiente.

6.1 MATERIALES Y METODOS

En el presente estudio se utilizaron los siguientes materiales y equipos:

- Fotografías aéreas del municipio a escala 1:30.000, correspondiente a los siguientes vuelos:

-

Faja	Fotografías	Vuelo	Año
1	139 a 147	C-2471	1992
2	122 a 130	C-2471	1992
3	223 a 226	C-2500	1992
4	183 a 194	C-2471	1992
5	234 a 235	C-2258	1987
6	121 a 127	C-2066	1987

- Imágenes Landsat-TM, en formato digital, años 1993 y 1994
- Programa ERDAS Imagine versión 8.3
- Estereoscopio de espejos
- Sketchmaster

6.2 METODOLOGIA

El mapa de cobertura vegetal y uso de la tierra del área de estudio se elaboró a partir de la interpretación visual de fotografías aéreas y del análisis visual y digital de dos imágenes Landsat - TM. Adicionalmente se utilizó la información consignada en un mapa de uso de la tierra elaborado por la Unidad Regional de Planificación (URPA) del Departamento de Boyacá. En la figura I.12 se muestra un diagrama de flujo del procedimiento utilizado. Para el área ubicada en el sector norte del municipio (corregimiento de Venado) donde no existía información de uso de la tierra, el análisis de las fotografías aéreas incluyó las siguientes etapas:

1. Preparación de áreas útiles.
2. Fotointerpretación, para lo cual se usó un estereoscopio de espejos marca Topcon.

Para el resto del área se hizo una reinterpretación de las fotografías aéreas con el fin de ajustar algunas coberturas.

3. Control de campo: Se hizo un recorrido a través de todo el municipio el cual tenía como objetivo chequear la fotointerpretación en la zona norte y revisar la información consignada en el mapa de usos del suelo suministrado por la URPA.
4. Restitución
5. Digitalización

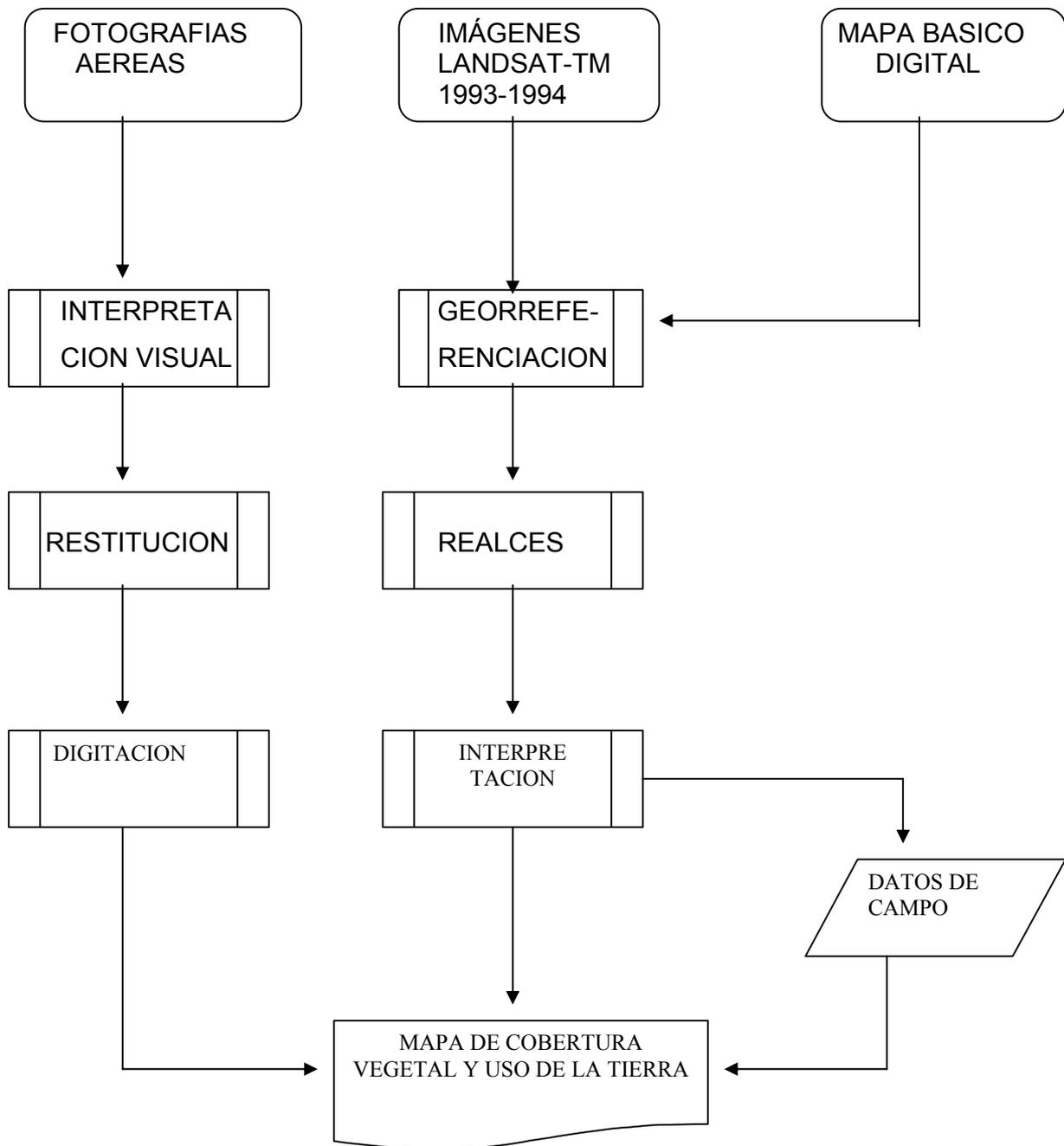


Figura I.12. Esquema metodológico para obtener el mapa de cobertura y uso de la tierra del municipio de Paipa.

El análisis de las imágenes de satélite incluyó las siguientes etapas:

6.2.1 Preprocesamiento

Esta fase tuvo como objetivo corregir algunas distorsiones radiométricas y geométricas que presentaban las imágenes. Incluyó las siguientes actividades:

a) Lectura de cintas

b) Corrección por bruma: A las imágenes que presentaban bruma, lo cual dificultaba la interpretación visual, se les aplicó un algoritmo denominado HAZE, del programa ERDAS Imagine

6.2.3 Georreferenciación

El objetivo fundamental de este proceso es facilitar que la información a extraer de las imágenes (en este caso de cobertura vegetal y uso de la tierra) sea compatible espacialmente y pueda ser analizada con otro tipo de información georreferenciada (tal como hidrografía, suelos, vías).

La georreferenciación de la imagen 756 del año 1993 se hizo utilizando el método mapa digital - Imagen e incluyó las siguientes actividades:

- Selección de puntos de control (25) comunes a la imagen y al mapa. (Se utilizó cartografía básica digital escala 1:25.000 del proyecto Paipa) Estos puntos de control corresponden a intersección de drenajes y vías con drenajes.
- Calculo de las matrices de transformación, mediante las cuales se hace una asignación de las coordenadas del mapa a los correspondientes puntos seleccionados en la imagen. En este calculo de coordenadas se trabajó con un error medio cuadrático de 0.5 pixel.
- Remuestreo de la imagen. Los parámetros de georreferenciación fueron los siguientes:
 - . Proyección : UTM
 - . Esferoide : Internacional 1909
 - . Datum : Observatorio de Bogotá

La georreferenciación de la imagen 756 de 1994 se hizo utilizando el método imagen - imagen. El procedimiento a seguir fue similar al descrito en los párrafos anteriores, con la diferencia que los puntos de control fueron seleccionados de la imagen ya georreferenciada.

6.2.3 Vectorización

Utilizando el módulo vector del programa ERDAS, se hizo una superposición, sobre las imágenes Landsat ya georreferenciadas, del mapa suministrado por la URPA y actualizado mediante la interpretación de las fotografías aéreas y trabajo de campo. Debido a que las imágenes utilizadas son de fecha más reciente que las fotografías aéreas se pudo establecer que había diferencias fundamentales en

las líneas definidas por fotointerpretación. A través del análisis e interpretación visual de las imágenes y haciendo una digitalización en pantalla fue posible ajustar los límites de dichas líneas. Para este análisis se utilizó una composición a color de las bandas 4, 5 y 3 de las imágenes mencionadas.

La clasificación de la cobertura vegetal y uso de la tierra se hizo con base en la metodología CIAF para Levantamientos de cobertura y uso de la tierra (Forero M.C. y otros, 1984) con algunas modificaciones propuestas por Romero (Romero J, 1999. Comunicación personal).

6.3 RESULTADOS

Mediante el análisis digital de las imágenes, la interpretación visual de las mismas, la interpretación de fotografías aéreas y visita de campo fue posible diferenciar en el área de estudio, de acuerdo con la metodología CIAF, 10 subgrupos de cobertura y uso de la tierra, organizados en consociaciones (Unidades que tienen más del 75% de una cobertura). Adicionalmente se han separado complejos de coberturas, los cuales incluyen dos tipos de coberturas que por presentarse en un patrón intrincado o en unidades muy pequeñas no es posible separarlas individualmente a la escala del levantamiento.

6.4 COBERTURAS EN CONSOCIACIÓN

6.4.1 Bosque denso bajo (Vb1)

Corresponde a relictos de bosques naturales en diferente grado de intervención. Están distribuidos en toda el área de estudio, siendo más importante su presencia en la zona norte del municipio. Gran parte de estos bosques están asociados a los drenajes naturales. Las especies dominantes son: roble, candelero, gaque, tuno, aji de paramo, cletra y encenillo. En menor proporción se encuentran especies tales como: clusia, cheflera, laurel, tibar, cucharo, manzano, punta de lanza y siete cueros. En la imagen de satélite, composición a color 453, aparece con tonalidades rojizas (ver figura I.13) Ocupan una extensión de 3210.1 Has.

6.4.2 Bosque denso alto (Vb2)

Corresponde esta unidad a bosques de pinos y eucaliptos de diferentes edades, plantados con fines de conservación y/o recuperación de suelos. Excepto las plantaciones que corresponden a la reserva forestal propiedad del municipio ubicada en la zona norte, el resto de áreas con bosques plantados se ubican en la zona sur. Ocupan una extensión de 949.5 Has.

6.4.3 Arbustales Densos(Va1)

Corresponden a áreas ocupadas por vegetación natural arbustiva. Como especies dominantes se encontraron: Hayuelo, uva camaron, laurel de cera, chilco, tuno,

- Bosque denso bajo
- Cultivos
- Hierbas y malezas
- Pastizales y cultivos
- Arbustales

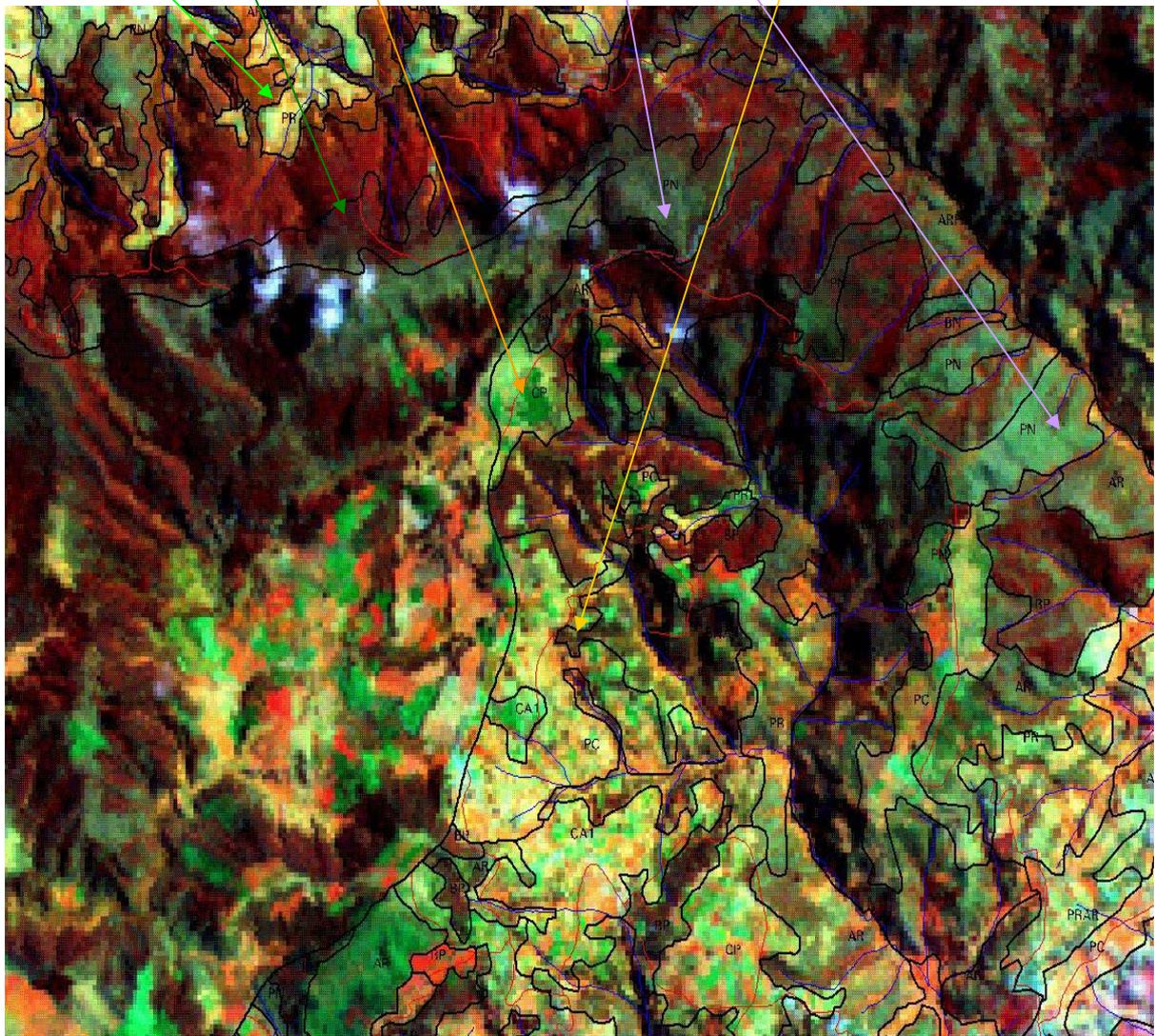


Figura I.13. Imagen Landsat TM 1994, composición a color 453. Vereda Los Medios

esmeraldo, esperomeles, encenillo, jarilla, y gaque. Se encuentra esta unidad distribuida en todo el municipio. En la zona sur se presenta en asocio con pequeñas áreas de pastos naturales. En la imagen de satélite se identifican con un color pardo amarillento (ver figuras I.13 y I.14). Ocupan una extensión de 3291.9 Has.

6.4.4 Hierbas y malezas (Vh4)

Corresponden a áreas cubiertas de vegetación herbácea, dedicados a pastoreo extensivo y muy extensivo o sin uso. Las principales especies son: Andropogon, calamagrostis, puya o cardón, helechos y orquídeas. En menor proporción se encuentran: Hierba de San Juan, lycopodium, cladonia, cicotria y asteracea. Se presentan con mayor frecuencia en la zona norte del municipio, generalmente localizados en relieves fuertemente inclinados con pendientes entre 50 y 75% y mayores. En las imágenes de satélite muestran un contraste tonal muy claro con los pastos naturalizados (praderas de kikuyo). La interpretación de dichas imágenes fue fundamental para su separación (ver figura I.14, I.15). Ocupan una extensión de 1872.1 Has.

6.4.5 Pastizales limpios (Vh1.1)

Corresponden a áreas con pastos naturalizados como especies dominantes están: kikuyo, paja de ratón, trébol rojo y blanco, gramas. Otras especies en menor proporción: totes, moradita, yaragua y diente de león. Están dedicados a la ganadería extensiva. Se localizan principalmente en la zona norte del municipio. Ocupan una extensión de 4964 Has.

6.4.6 Pastizales limpios Manejados (Vh1.2)

Corresponden a pastos naturalizados (kikuyo, ray gras) dedicados a la ganadería semi-intensiva e intensiva, con buenas practicas de manejo que incluyen fertilización, riego y rotación de potreros. Están localizados en el valle aluvial del Río Chicamocha y en algunos de sus afluentes como la quebrada Toibita y Quebrada Honda, así como en la zona del pantano de Vargas. Ocupan una extensión de 3553.4 Has.

6.4.7 Cultivos limpios (Vc1)

Corresponde esta unidad a áreas dedicadas en un gran pocentaje a actividades agricolas, presentado inclusiones de zonas con pastos. De acuerdo al tipo de cultivos presentes se ha cartografiado dos subunidades, así:

6.4.8 Cultivos anuales (Vc1.1):

Se localizan en la zona norte del municipio, e incluyen los siguientes cultivos en su orden de importancia: papa, maíz, trigo, cebada. En asocio con el maíz o la papa suelen cultivar arveja y habas. Ocupan una extensión de 112.1 Has.

6.4.9 Cultivos anuales (Vc12):

Se localizan en la zona sur del municipio e incluyen los siguientes cultivos en su orden de importancia: trigo, maíz, cebada. Ocupan una extensión de 84.81 Has.

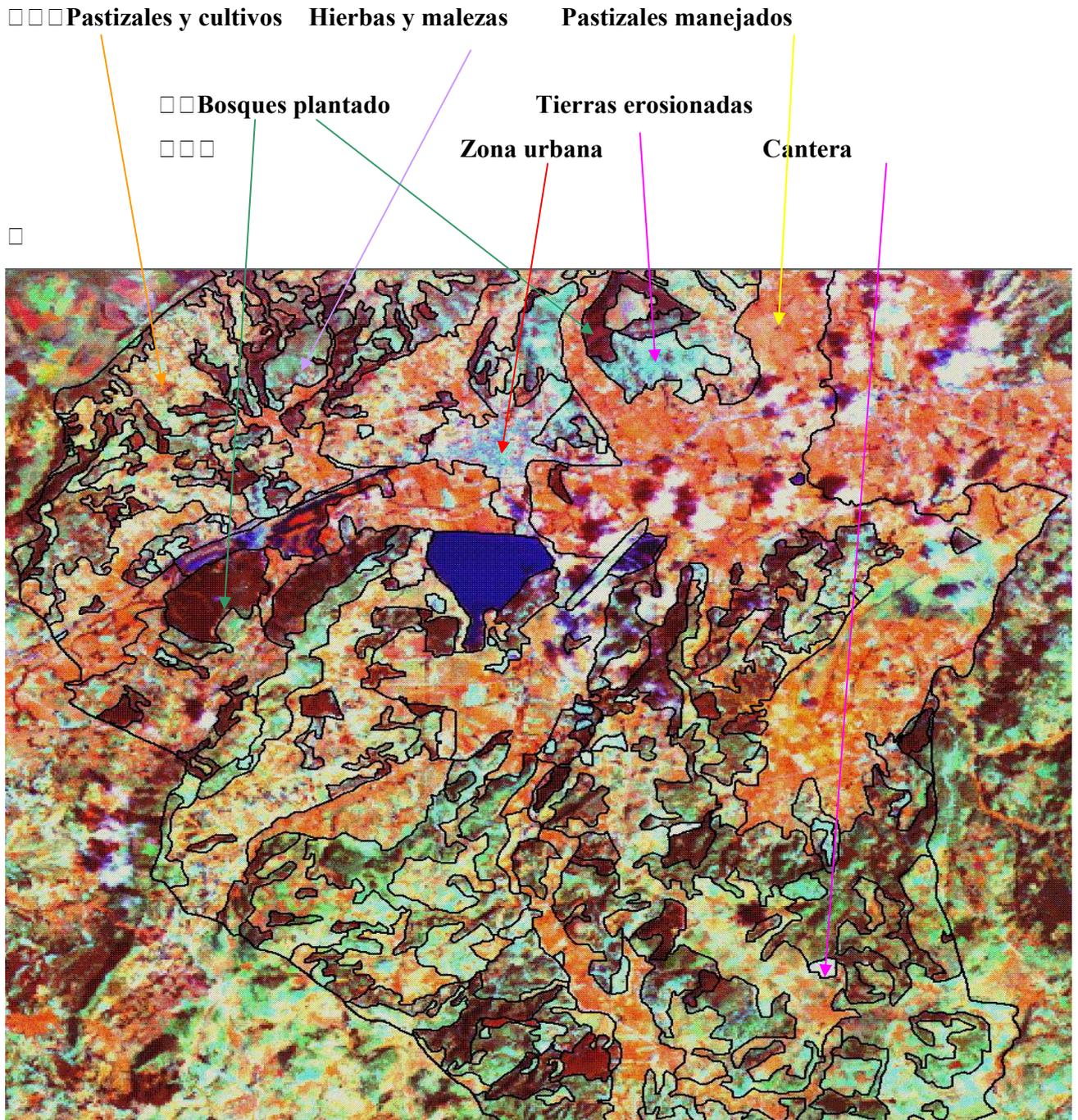


Figura I.15. Imagen Landsat TM 1994, composición a color 453. Municipio de Paipa, sector centro - sur.

6.4.10 Áreas de actividad antrópica con extracción (Ed2)

Se localizan en inmediaciones del área urbana del municipio. Corresponden a explotaciones de arcilla, materiales para construcción y carbón principalmente. En la imagen de satélite se identifican con una tonalidad blanca. Ocupan una extensión de 63.95 Has.

6.4.11 Tierras con erosión pluvial-fluvial (Ed1)

Corresponde esta unidad a áreas afectadas por erosión hídrica en grado moderado y severo. En algunas de estas áreas se han plantado pinos o eucaliptos. Adicionalmente pueden presentar vegetación herbácea y arbustiva en menor escala. Se identifican en la imagen con color azul claro (ver figura I.15) Ocupan una extensión de 199.92 Has.

6.4.12 Zona Urbana Construida (CU)

Corresponde a la zona urbana construida. Se identificaron usos residenciales, industriales y educacionales. Ocupa una extensión de 383.9 Has, se incluye el corregimiento de Palermo y algunas áreas construidas que se encuentran fuera del perímetro urbano.

6.4.13 Cuerpos de Agua (HA1)

Corresponde esta unidad al lago Sochagota. Ocupa una extensión de 257 Has.

6.5 COBERTURAS EN COMPLEJO

6.5.1 Arbustales densos y Bosque denso bajo (Va2)

Áreas cubiertas principalmente por arbustales en asocio con relictos de bosque natural, principalmente localizados a lo largo de los drenajes naturales. Se encuentran en el sector norte del municipio. Ocupan una extensión de 2832.43 Has.

6.5.2 Arbustales densos y Bosque denso alto (Va3)

Corresponden a áreas cubiertas principalmente por arbustales en asocio con pequeños sectores de bosques plantados. Se localizan hacia el sector sur del municipio. Ocupan una extensión de 1891.4 Has.

6.5.3 Arbustales abiertos hierbas y malezas (Va4)

Corresponden a áreas cubiertas principalmente con arbustales en asocio con hierbas y malezas en menor escala. Ocupan una extensión de 1118.5 Has.

6.5.4 Arbustales abiertos y Tierras erosionadas (Va5):

Corresponden a áreas ocupadas por arbustales en asocio con áreas presentan erosión hídrica severa. En algunas partes se ha reforestado con pinos y/o eucaliptos. Ocupan una extensión de 41.65 Has.

6.5.5 Pastizales limpios y arbustales (Vh2)

Corresponden a áreas ocupadas por praderas de kikuyo en asocio con arbustales. Igualmente se encuentran algunos árboles frutales y vegetación arbórea natural, principalmente robles. Se localiza esta unidad en el sector de Palermo. Ocupan una extensión de 279.4 Has.

6.5.6 Pastizales limpios y Cultivos (Vh3)

Corresponden a áreas ocupadas principalmente por pastos naturalizados (kikuyo) en asocio con cultivos en menor proporción y dispersos. En la zona norte del municipio las especies cultivadas son en su orden de importancia: papa, maíz, trigo y cebada. En la zona sur trigo, maíz, cebada. Ocupa una extensión de 4344.8 Has.

6.5.7 Cultivos limpios abiertos y Pastizales (Vc3)

Corresponden a áreas dedicadas principalmente a actividades agrícolas en asocio con pastos naturalizados (Kikuyo) en menor proporción. En la zona norte del municipio las especies cultivadas son en su orden de importancia: papa, maíz, trigo y cebada. En la zona sur trigo, maíz, cebada. Ocupan una extensión de 1105.4 Has.

LISTA DE PLANTAS COLECCIONADAS E IDENTIFICADAS

1. Vegetación arborea y arbustiva

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO
Roble	Quercus humboldtii
Candeleró	Croton cupreacus
Gaque	Tovomita sp.
Tuno	Miconia ligustrina
Tuno	Miconia pteropoda
Ají canelo de páramo	Drimys granadensis
Manzano	Cletra Fimbriata
Encenillo	Weinmannia balbisiana
Encenillo	Weinmannia tomentosa
Jarilla	Stevia lucida
Hayuelo	Dodonea viscosa
Uva camarón	Macleania rupestris
Laurel de cera	Myrica pubescens
Chilco	Baccharis aff. Guascensis
Chilco	Baccharis aff. Nítida
Tuno esmeraldo	Miconia squamulosa
Hesperomeles	Hesperomeles goudotiana
Tagua	Phytelepas sp
Pentacalia	Pentacalia sp.
Arrayán	Myrcianthes leucoxylla
Cucharo	Myrcine guianensis
Pernetia	Pernetia sp.
Palicourea	Palicourea sp.
Sauco de monte	Viburnum tinoides
Colorado	Geisantus sp.
Tibar	Escallonia paniculata - myrtilloides
Chagualo - gaque	Clusia multiflora
Siete cueros	Tibouchina urvilleana
Siete cueros	Tibouchina lepidota
Punta de lanza	Visnia Vaccifera
Espino	Duranta mutissi
Mortiño	Clidemia sp.
Helecho arbóreo	Dicsonia sellowiana avar. Aracneosa
Frailejón	Espeletia grandiflora
Frailejón	Espeletia congestiflora
Uva de anís	Cavendishia cordifolia
Pegamosco	Befaria resinosa

6.6 CONCLUSIONES

El uso de la tierra que ocupa una mayor extensión en el municipio es la ganadería con un área de 8.517 has. Adicionalmente hay una extensión considerable (4.344 has) cubierta con pastizales, que se encuentran asociados con actividades agrícolas, correspondiendo la mayor proporción a pastizales. Sobre esta base se estima que un del 40% del área del municipio está dedicada a la ganadería.

El área agrícola cartografiada comprende una extensión de 196.9 Has. Sin embargo, dado que existe agricultura asociada con pastizales, el área total dedicada a la agricultura es ostensiblemente mayor.

Los bosques naturales se encuentran localizados principalmente en la zona norte del municipio, ocupan una extensión de 3210.1 has, sin incluir algunas áreas de bosque natural que se encuentran asociados con arbustales. Entre las especies encontradas, se resaltan algunos reductos de roble, para los cuales se deben establecer políticas de conservación.

Existen en la actualidad 949. 5 has de bosques plantados. Esta extensión en un futuro cercano se incrementará, ya que muchas áreas afectadas por erosión hídrica se han reforestado con especies de eucalipto y pinos.

Dofa