

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 carreteable 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 interestratificados. 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 arcillas 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 plañers 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 geofoma. 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 (Ubaté-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 las 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.