



Subdirección Geología Básica

# Proyecto Compilación y Levantamiento de la información Geomecánica.

## ZONIFICACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA SABANA DE BOGOTÁ

**Volumen I**

### **“CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS DE LA SABANA DE BOGOTÁ”**

Por: José Henry Carvajal  
Geólogo

Bogotá, marzo 2005

República de Colombia  
MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA  
INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
SERVICIO GEOLÓGICO

## TABLA DE CONTENIDO

<b>RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCION.....</b>	<b>2</b>
1.1 OBJETIVOS DE LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA .....	2
1.2 AREAS DE ESTUDIO .....	2
1.3 METODOLOGIA APLICADA.....	3
1.3.1 proceso metodológico .....	8
<b>2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SABANA.....</b>	<b>10</b>
2.1 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS GENERALES DE LA SABANA .....	10
2.2. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS GENERALES DE LA SABANA DE BOGOTA....	12
2.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ .....	13
<b>3 GEOMORFOLOGIA DE LA SABANA DE BOGOTA.....</b>	<b>15</b>
3.1 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS REGIONALES.....	15
3.2 UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA SABANA .....	15
3.2.1 Geoformas de Origen Morfoestructural Denudativo: .....	16
3.2.1.1 Sierra homoclinal denudada (Ssh): .....	16
3.2.1.2. Sierra anticlinal denudada y residual (Ssan) .....	18
3.2.1.3 Valle estructural anticlinal (Sva) .....	21
3.2.1.4 Sierra Sinclinal denudada y residual (Ss).....	21
3.2.1.5 Espinazo estructural denudado (Se) .....	22
3.2.1.6 Cuestas estructurales denudadas y residuales (Sc).....	23
3.2.1.7 Mesetas estructurales (Sm) .....	24
3.2.1.8 Planchas estructurales .....	25
3.2.1.9 Domo estructural denudado (Sd) .....	26
3.2.1.10 Valle ciego (Svc) - Blind valley .....	26
3.2.1.11 Cornisa estructural (Scor) .....	26
3.2.1.12 Terraza o berma de falla (Sbf) .....	27
3.2.1.13 Escarpe de línea de falla (Slfp) .....	27
3.2.1.14 Faceta triangular (Sft) .....	27
3.2.1.15 Cerros estructurales (Sce) .....	27
3.2.1.16 Valle estructural fallado (Svf) .....	27
3.2.2 Geoformas de Origen Denudativo: .....	29
3.2.2.1 Laderas estructurales denudadas y residuales (Dle).....	30
3.2.2.2 Laderas de contrapendiente estructural Denudada (Dlcp) .....	30
3.2.2.3 Planchas estructurales denudadas – Espolones estructurales (Dlpd).....	31
3.2.2.4 Cerros residuales (Dcr) .....	32
3.2.2.5 Cerros remanentes o relictos (Dcrm) .....	32
3.2.2.6 Escarpes erosivos mayores (Deem) .....	33
3.2.2.7 GLacis:.....	33
3.2.2.8 Deslizamientos (Ddl) .....	36
3.2.2.9 Conos y lóbulos coluviales y de solifluxión (Dco) .....	38
3.2.2.10 Conos de Talus (Dct): .....	39
3.2.2.11 Flujos torrentiales (Dlfb) .....	41
3.2.2.12 Flujos terrosos (Dlft).....	42
3.2.2.13 Flujos de lodo (Dlfl) .....	42
3.3.3. Geoformas de origen fluvial y lagunar: .....	43
3.2.3.1 Planicies y deltas lacustrinos (Fpla) .....	43
3.2.3.2 Terrazas fluviales de acumulación (Ftar Ftas– Fta).....	44
3.2.3.3 Terrazas fluviales por erosión (Fte).....	46
3.2.3.4 Planicie o llanuras de inundación (Fpi):.....	46
3.2.3.5 Cuencas de decantación o basines (Fcd): .....	47

3.2.3.6 Diques naturales o albardones (Fa) .....	48
3.2.3.7 Deltas de desborde lateral (Fdd).....	48
3.2.3.8 Meandros abandonados (fmc) .....	48
3.2.3.9 Barras puntuales (Fbp) .....	49
3.2.3.10 Abanicos aluviales (Fa) .....	50
3.2.3.11 Cono de deyección (Fcdy) .....	50
3.2.3.12 Planos y planicies aluviales intramontanos (Fpp).....	51
3.2.3.13 Planos y artesas lagunares (Fpl).....	51
3.2.3.14 Planos anegadizos (Fpa) .....	52
3.2.4 Geoformas de origen glaciar y periglaciar .....	53
.3.2.4.1 Sierras homoclinales glaciadas (Gsh) .....	53
3.2.4.2 Valles o artesas glaciares (Gvfg) .....	55
3.2.4.3.Circos glaciares y de nivación (Gc) .....	55
3.2.4.4 Lagos Glaciares (Gl) .....	56
3.2.4.5 Los Espinazos estructurales glaciados (Geg) .....	56
3.2.4.6 Cuesta estructural glaciada (Gcg) .....	57
3.2.4.7 Sierras anticlinales glaciadas (Gsan) .....	58
3.2.4.8 Valle estructural anticlinal alaciado .....	59
3.2.4.9 Planchas y espolones estructurales glaciados (Gpeg) .....	59
3.2.4.10 Laderas estructurales glaciadas (Gle).....	59
3.2.4.11 Ladera de contrapendiente estructural glaciada (Glcp) .....	59
3.2.4.12 Horn o agujas glaciares (Gh) .....	61
3.2.4.13 Morrenas terminales (Gmt) .....	61
3.2.4.14 Morrenas de Ablación (Gma) .....	61
3.2.4.15 Morrena lateral (Gml) .....	63
3.2.4.16 Morrena de fondo .....	63
3.2.4.17 Abanicos fluvio glaciares (Gafg) .....	64
3.2.4.18 Conos y lóbulos de gelifracción (Glb).....	64
3.2.4.19 Kames y Terrazas de gelifracción (Gts) .....	65
3.2.4.20 Planicies y abanicos de sobrelavado glaciar? (Gpl) .....	66
3.2.4.21 Planicies glaciolacustrinas (Gsg).....	67
3.2.5 Geoformas de origen antrópico: .....	67
3.2.5.1 Canteras (Acn) .....	67
3.2.5.2 Promontorios de desecho de cantera (Acl) .....	68
3.2.5.3 Planos y campos de rellenos (Ar).....	69
3.2.5.4 Promontorios de basura – Basureros (Ab) .....	70
3.2.5.5 Excavación (Ase) .....	70
3.2.5.6 Superficies de explanación (Asp) .....	70
3.2.5.7 Represas (Arp).....	71
3.2.5.8 Embalses y humedales (Apir) .....	71
3.2.5.9 Presas (Ap) .....	72
<b>4 CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>73</b>
<b>7 REFERENCIAS CONSULTADAS.....</b>	<b>75</b>



## RESUMEN

El presente documento define las características geomorfológicas de la Sabana de Bogotá, con el fin de contribuir en el proceso de zonificación de las propiedades geomecánicas de los materiales presentes en la Sabana.

La Geomorfología aplicada está enfocada hacia la clasificación de los terrenos para lograr la agrupación de los materiales naturales (rocas y suelos), dentro de una variedad de categorías con base en características tales como: composición mineralógica y litológica, disposición estructural, procesos activos, y la distribución geométrica de los cuerpos rocosos o de los depósitos de suelo. En ese sentido la información geomorfológica básica y temática, se constituye en el documento de integración de las variables mencionadas, además de la información particularmente morfométrica, que dan la posibilidad de definir zonas con características geomecánicas homogéneas.

La cartografía geomorfológica elaborada se fundamenta en la metodología presentada en el documento “Propuesta metodológica para la cartografía geomorfológica aplicada a geomecánica” desarrollada dentro de este mismo trabajo. Dada la escala de trabajo del presente trabajo (1: 25.000 para reducir a escala 1: 50.000), se trabaja al nivel de Unidades y Subunidades geomorfológicas, definidas éstas por la expresión morfológica y morfométrica del terreno y su relación con los cambios litológicos o sedimentológicos de los materiales.

En la Sabana de Bogotá se han diferenciado unidades de cuatro principales ambientes morfogenéticos a saber: Ambiente morfoestructural denudativo, Ambiente denudativo, Ambiente fluvial y lagunar, y ambiente glaciar y periglaciar. Además se diferencian unidades de origen antrópico.

## 1 INTRODUCCION

La Geomorfología es la ciencia de la tierra que estudia la relación entre las formas de la superficie terrestre, los materiales naturales y su disposición estructural, y los procesos que las originaron. De esta manera se constituye en una herramienta fundamental para poder evaluar y proyectar el comportamiento de los terrenos, y su interrelación con obras de infraestructura, enfocado entre otros al análisis de las amenazas naturales y Planes de Ordenamiento Territorial.

La ciencia geomorfológica involucra y relaciona al paisaje con los procesos que le dieron origen y sus condiciones ambientales. Por lo tanto para lograr una descripción y caracterización adecuada es necesario representarla y transmitirla en forma gráfica o de mapas.

Para lograr una adecuada cartografía geomorfológica se incluyen aspectos como Morfología y morfometría, morfogénesis, Morfodinámica y morfocronología.

### 1.1 OBJETIVOS DE LA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA

El objetivo general de llevar a cabo una cartografía geomorfológica sistemática y sistemática, está enfocado hacia la definición de zonas con propiedades geomecánicas homogéneas, mediante la utilización e interpretación de imágenes aerospaciales (imágenes de satélites y fotografías aéreas). Igualmente la cartografía geomorfológica se constituye en el documento integrador y estructurante de información tanto primaria como secundaria, útil para la definición de las zonas homogéneas mencionadas.

Como objetivos específicos se han considerado las siguientes actividades:

- Establecer desarrollar y aplicar la metodología para la compilación, levantamiento y elaboración de la cartografía geomorfológica aplicada a Ingeniería.
- Definición y determinación de los diferentes ambientes morfogenéticos existentes en las áreas de estudio en función de sus rasgos y características morfológicas.
- Identificación y diferenciación de los diferentes procesos dominantes recientes y antiguos, que han modelado y definido la evolución de la zona de estudio.
- Caracterización morfológica y morfométrica de las unidades de terreno y su ubicación en una base de datos estructurada para ser manejada en un S.I.G.

El presente documento recopila las características generales de la sabana de Bogotá y se constituye en una memoria explicativa de los mapas escala 1: 25.000 que cubren la zona de estudio. Igualmente se constituye en el documento base de información cartográfica para la evaluación de las propiedades geomecánicas de los materiales presentes en la Sabana.

### 1.2 AREAS DE ESTUDIO

La región de la Sabana de Bogotá cubre una extensión de 4780 km<sup>2</sup> y está limitada por las siguientes coordenadas planas con origen en Bogotá:

NW: X: 1.080.000 - Y: 955.000  
SW: X: 960.000 – Y: 955.000

NE: X: 1.080.000 – Y: 1.075000  
SE: X: 960.000 – Y: 1.075.000

La región en estudio está cubierta por 46 planchas, algunas no completas, en escala 1: 25.000 del IGAC. Ver **Figura 1**.

### 1.3 METODOLOGIA APLICADA

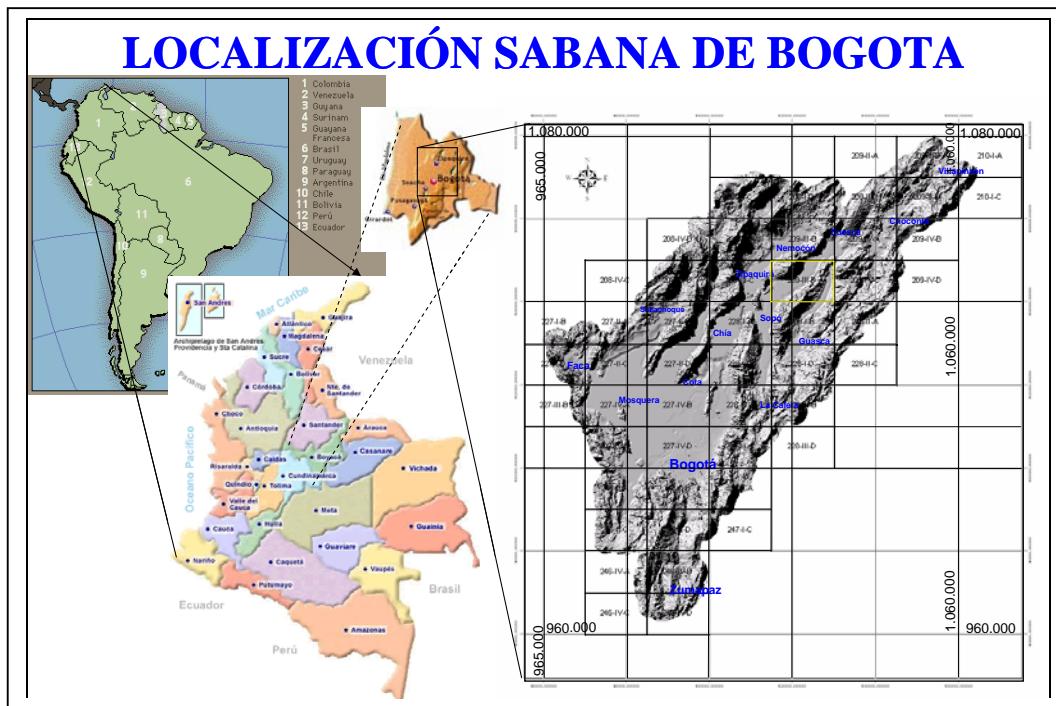
El propósito de la cartografía geomorfológica es proporcionar información concisa, sistemática y sistemática sobre las formas del terreno; su origen, los tipos de materiales involucrados y los procesos naturales tanto antiguos como activos que los afectan. Además de proporcionar información básica del terreno, los mapas geomorfológicos se constituyen en documentos integradores de otros tipos de información, lo cual permite analizar y evaluar el comportamiento de los terrenos y facilitan actividades variadas como la realización de zonificaciones de propiedades geomecánicas, la evaluación de amenazas naturales, Planes de Ordenamiento Territorial y minero, y planeamiento del desarrollo de obras de infraestructura.

Para cumplir con el propósito del proyecto, la información geomorfológica de la Sabana de Bogotá se representa en mapas ó planos escala 1: 25.000, los cuales están relacionados con una base de datos planteada para ser manejada con un sistema de información geográfica (SIG). Para tal efecto se siguen los lineamientos generales establecidos en la metodología I.T.C (VERSTAPPEN Y VAN ZUIDAM, 1992, DAMEN, 1990). Las formas del terreno se especifican y clasifican desde un punto de vista morfogenético.

Los mapas geomorfológicos están definidos por unidades y subunidades cada una de las cuales presentan, además de la información de localización, características definidas y consignadas en la base de datos, tales como:

- a) Morfología y morfometría:
  - Contraste de relieve ó Relieve relativo.
  - Característica de la ladera (inclinación, longitud y forma).
  - Formas de crestas y valles.
- b) Procesos morfodinámicos:
  - Procesos erosivos
  - fenómenos de remoción en masa).
- c) Características litosedimentológicas y disposición estructural:
  - Tipos de roca o sedimento
  - Disposición estructural
  - Tipos de Suelo
  - Cobertura vegetal
- d) Condiciones hidrológicas y de drenaje
  - Patrón de drenaje
  - Densidad de drenaje
  - Frecuencia de drenaje
  - Textura de drenaje

- e) Clasificación del clima
  - Región climática Caldas Modificado
  - Provincia climática Lang
  - Unidad climática Thornwaite
- f) Unidad climática dentro de la zona intertropical
  - Piso térmico
  - Altitud
  - Índice hídrico
- g) Edad de las geoformas
  - Absoluta
  - Relativa



**Figura 1:** Mapa de localización de la sabana de Bogotá en Colombia y Suramérica.

Cada elemento cartográfico está representado, por símbolos; convenciones y colores usados en estándares de uso internacional (Metodología I.T.C – Verstappen y Van Zuidam 1992) con modificaciones establecidas por Carvajal (2002) de acuerdo con la experiencia de Ingeominas. En ese sentido en la sabana de Bogotá, para las geoformas de origen estructural se utilizan tonos púrpuras, para geoformas de origen denudativo marrón, geoformas de origen fluvial y lagunar azul y para geoformas de origen glaciar y periglaciar tonalidades grises. Referente a las formas del terreno cuyo origen esta relacionado con actividad antrópica se cartografián mediante achurados con fondo blanco.

La expresión morfológica o de relieve y la morfometría de las geoformas esta descrita con base en estándares y rangos de uso común a nivel internacional, ver tabla 1. Sin embargo parece necesario definir algunos de los términos de relieve más comunes para el entendimiento del documento, ver Acosta (1976) y Villota (1991):

**Colina:** Elevación del terreno de menor altura que una montaña entre 200 y 399 m de elevación. Según FAO 1968, en Villota (1991), las laderas presentan inclinaciones superiores a 10 grados, y divergen en todas las direcciones a partir de cimas estrechas, siendo su base aproximadamente circular.

**Lomas:** Elevaciones del terreno menores de 200 m con cimas muy amplias y de formas redondeadas y alargadas, y de laderas convexas con inclinaciones entre 4 y 10 grados.

**Montaña:** Elevación del terreno con más de 400 m de altura, cuya cima puede ser aguda, redondeada o tabular y cuyas laderas (regulares, irregulares o complejas) presentan inclinaciones mayores de 30 grados. Se clasifican de acuerdo a su disposición geográfica en:

**Montes, cerros, picos** que son unidades individuales aisladas que sobresalen de una morfología homogénea

**Sierra:** Son elevaciones estrechas y elongadas de la superficie terrestre con cresta abrupta y flancos o laderas de inclinación pronunciada.

**Serranía:** corresponde a una masa montañosa amplia constituida de una sucesión de montañas o sierras poco separadas con o sin picos, que están en conjunto relacionadas geográficamente, en dirección, formación y edad.

**Sistema montañoso:** Es un conjunto de serranías y grupo de montañas relacionados genética y cronológicamente.

**Cadena Montañosa:** Serie de sistemas montañosos agrupados por su disposición longitudinal en una misma dirección.

**Cordillera:** Conjunto amplio de serranías, sistemas, cadenas montañosas, valles asociados, altiplanicies, ríos y lagos que en conjunto presentan una misma dirección general.

Dado que en los estudios de cartografía geomorfológica aplicada, es fundamental determinar tanto la evolución del territorio como la diferenciación de unidades geomorfológicas de acuerdo al objetivo de los estudios, los métodos de zonificación y la escala de trabajo están ligados sistemática y sistemáticamente mediante algoritmos de generalización de polígonos de uso común en un SIG. Así mismo las geoformas están relacionadas con las escalas de trabajo y la génesis de las mismas por lo cual se hace necesaria la definición de jerarquías geomorfológicas.

Particularmente para la aplicación geomecánica la definición de áreas homogéneas según Cortes (1989), se basa en el término “terreno”, el cual se determina originalmente desde el punto de vista geomorfológico y es definido como una unidad del paisaje que tiene una misma composición y presenta además una cierta amplitud de variaciones en sus características a escalas constantes.



**Tabla 1** Tablas de atributos de las geoformas y algunos rangos utilizados con propósitos de análisis edafológicos y de ingeniería. Fuentes: Van Zuidam (1985), Damen (1990), Vargas (2002), Carvajal y otros (2002)

TIPO RELIEVE		
ID	TIPO	ELEVACION
	Montañoso	> 400 m
	Colina	201 - 399 m
	loma	50 - 200 m
	Montículos	0 - 49 m

INDICE DE CONTRASTE DE RELIEVE		
ID	ELEVACIONES	DESCRIPCION
	< 29 m	Muy bajo
	30 - 74 m	Bajo
	75 - 149 m	Moderado
	150 - 249 m	Alto
	250 - 499 m	Muy Alto
	> 500 m	Extremadamente Alto

INDICES DE INCLINACION DE LADERA		
ID	INCLINACION	DESCRIPCION
	< 5°	Plana o suavemente inclinada
	6° - 10°	Inclinada
	11° - 15°	Muy Inclinada
	16° - 20°	Abrupta
	21° - 30°	Muy Abrupta
	31° - 45°	Escarpada
	> 45°	Muy escarpada

FORMAS DE LADERA		
ID	CLASE	CALIFICACION
	Recta	
	Cóncava *	
	Convexa *	
	Irregular	
	Compleja	

*TIPOS DE FORMA DE LADERA		
ID	FORMA LADERA	CUALIFICACION
	Concava - Divergente	
	Concava - Convergente	
	Convexa - Divergente	
	Convexa - Convergente	

LONGITUD DE LADERA		
ID	LONGITUD	DESCRIPCION
	< 50 m	Muy Corta
	51 - 250 m	Corta
	251 - 500 m	Moderada
	501 - 1000 m	Larga
	1001 - 2500 m	Muy Larga
	> 2500 m	Extremadamente Larga

FORMA DE CRESTA		
ID	TIPO	CALIFICACION
	Aguda	
	Redondeada	
	Convexa amplia	
	Convexa Plana	
	Plana	
	Plana Disectada	

FORMAS DE VALLE		
ID	TIPO	CALIFICACION
	Artesa	
	Forma de V	
	Forma de U	

PATRON DRENAJE		
ID	CLASE	CALIFICACION
	paralelo	
	subparalelo	
	Dendrítico	
	Subdendrítico	
	Pinado	
	Rectangular	
	Radial	
	Anular	
	Multicuenca	
	Contorsionado	

DENSIDAD DRENAJE		
ID	RANGOS	CUALIFICACION
	< 0.5 km/km <sup>2</sup>	Baja
	0.51 - 1 km/km <sup>2</sup>	Moderada
	>1 km/km <sup>2</sup>	Alta

INDICE DE FRECUENCIA DE DRENAJE		
ID	NºF/km <sup>2</sup>	CUALIFICACION
	>40	Muy Alta
	21 - 40	Alta
	11 - 20	Media
	5 - 10	Baja
	<5	Muy Baja

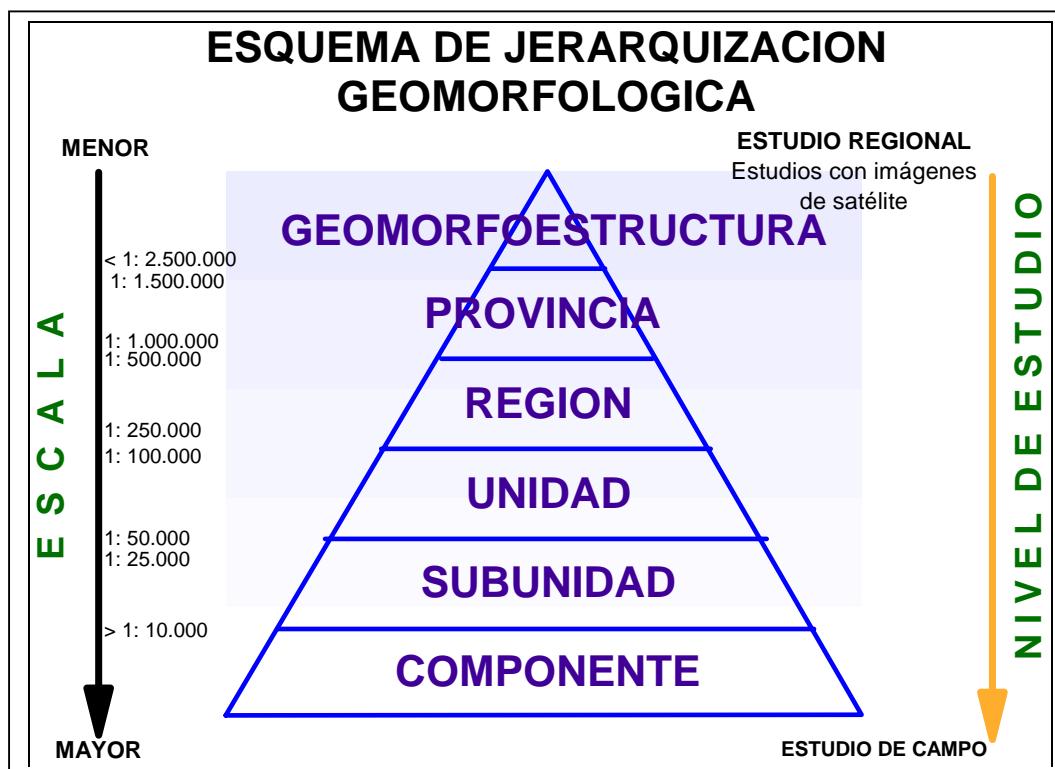
TEXTURA DE DRENAJE			
ID	DENSIDAD	FRECUENCIA DE DRENAJE	TEXTURA DRENAJE
	Baja	Baja a muy baja	Gruesa
	Moderada	Media	Mediana
	Alta	Alta	Fina
	Muy Alta	Muy alta	Muy fina

Un terreno es considerado como el resultado de la interacción entre las características geológicas del territorio y los procesos naturales que lo han afectado través del tiempo, lo cual produce una identidad característica, de acuerdo con su composición, forma, área, relieve, drenaje, vegetación, que en conjunto definen un comportamiento similar en términos de su estabilidad y por ende de propiedades geomecánicas similares.

En este trabajo se sigue la jerarquización geomorfológica adoptada por Ingeominas (2002) con base en la propuesta hecha por Velásquez, (1999), ajustada por Carvajal (2002), Carvajal y otros (2003) y Carvajal (2004), la cual relaciona las escalas de trabajo con la génesis de las geoformas asociadas a los diferentes ambientes morfogenéticos y cuya aplicación es variada de acuerdo a los objetivos de trabajo.

Las categorías definidas de escala menor a mayor son: Morfogeoestructuras, provincia geomorfológica, región geomorfológica, unidades y subunidades geomorfológicas y componente geomorfológico, ver esquema (**Figura 2**).

- a) **Morfogeoestructuras (Escalas < 1:2.500.000):** Está referida a grandes áreas o amplios espacios continentales o intercontinentales caracterizados por estructuras geológicas y topográficas regionales tales como: Cratones, Escudos, Plataformas, Grandes cuencas, Cinturones ORGÉNICOS Y Valles en Rift.



**Figura 2:** Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2003) con base en Velásquez (1999), Ingeominas (2000)

- b) **Provincia geomorfológica (Escala. 1:1'000.000 a 1:500.000).** Corresponde a conjuntos de regiones con geoformas similares definidas por un mismo origen geológico y geomorfológico. En general están determinadas por mega geoformas que puede asimilarse a regiones naturales o terrenos geológicos, demarcados por fallas regionales y continentales bien definidas. Dentro de esta clasificación de acuerdo con Carvajal y otros (2003) y Carvajal (2003), e Ingeominas 2002 en Colombia se pueden definir como provincias entre otras: Peneplanicies y Llanuras de la Orinoquía, Peneplanicies de la Amazonía, Cordilleras (Oriental, central, Occidental), Valles Interandinos (Magdalena, Cauca – Patía, Cesar).
- c) **Región geomorfológica (Escala 1:250.000 a 1:500.000).** Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomorfológicos parecidos (VELÁZQUEZ 1999, INGEOMINAS 1999, VERSTAPPEN Y VAN ZUIDAM 1992, CARVAJAL 2003). Aquí se pueden agrupar áreas equivalentes a vertientes que estén contenidas dentro de una provincia geomorfológica y que representen un ambiente morfogenético particular con condiciones climáticas homogéneas. Entre los ambientes morfogenéticos se encuentran: Ambiente morfoestructural, ambiente eólico, ambiente fluvial y lagunar, ambiente volcánico, ambiente glaciar y periglaciar, ambiente denudativo, ambiente marino y costero, ambiente kárstico, ambiente estructural y ambiente antropogénico.
- d) **Unidad geomorfológica (Escala 1:50000 a 1:100.000).** Corresponde a los elementos básicos componentes de un paisaje o modelo geomorfológico, las cuales están definidos con criterio genético, morfológico, y geométrico en función de la escala del proceso natural que las conformó. Los ambientes naturales, de acuerdo a su magnitud y estado de desarrollo, pueden reconocerse desde la etapa de erosión, en vía de transporte, y de acumulación. En cada área incide un proceso y una geoforma característica, la cual podrá traducirse en la condición requerida de su aplicación a la ingeniería. Cada área con materiales sometidos a condiciones similares representa una zona homogénea característica y fundamental dentro del paisaje o modelo natural.
- e) **Subunidad geomorfológica (Escala 1:10.000 a 1: 1:25.000)**  
Esta categoría está definida fundamentalmente por contrastes morfométricos que relacionan el tipo de roca o sedimento con la correspondiente topografía del terreno, y los procesos dinámicos activos.
- f) **Componente geomorfológico (Escala 1:2000 a 1:10.000)** Esta subdivisión corresponde a los rasgos del relieve determinados por la morfometría del terreno en sitios particulares (formas de laderas, pendientes anómalas) escarpes estructurales, perfiles de suelos residuales o remanentes.

### 1.3.1 proceso metodológico

En la elaboración de la cartografía geomorfológica aplicada a ingeniería se llevó a cabo el proceso propuesto por INGEOMINAS (2004), el cual involucra básicamente la definición de la escala de trabajo de acuerdo al detalle y propósito buscado. Para estudios a detalle – gran escala ( $> 1: 10.000$ ) se toma la categoría al nivel de subunidad o elemento geomorfológico, a mediana escala ( $1: 10.000 - 100.000$ ), se toma la categoría al nivel de unidad y subunidad geomorfológica como la “unidad” de terreno cartografiable. Para

cartografía en escalas pequeñas (< 1: 100.000) se toma tanto la categoría de región, con las unidades geomorfológicas que se puedan diferenciar.

Dada la escala de trabajo a 1: 25.000 para luego reducir a escala 1: 50.000, el análisis geomorfológico llevado a cabo en la Sabana de Bogotá corresponde al nivel de Unidades y Subunidades geomorfológicas. Para tal efecto se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Inicialmente la recopilación y análisis de información temática del área de estudio, interpretación de fotos aéreas multitemporales y de diferentes escalas entre 1: 42.000 y 1: 20.000 con el control de la interpretación de mapas imagen Lansat -TM de las zonas en estudio. Se utilizaron aproximadamente 420 fotografías aéreas de la Sabana de Bogotá.
- Una vez realizada la fotointerpretación se llevó a cabo el traspaso a los mapas o planchas topográficas escala 1: 25.000, utilizando para tal efecto la georeferenciación de las fotos en el programa ILWIS y luego producir impresiones en escala 1: 25.000 que facilitaron el proceso de traspaso de la información.
- Realizada esta labor, durante 45 días se procedió a realizar un control puntual de campo de la fotointerpretación inicial, utilizando un formato como guía de captura de información, ver anexo 1.
- Despues regresar a la oficina se realizó la reinterpretación y ajuste necesario con el fin de obtener los mapas geomorfológicos definitivos, digitalizados luego en AUTOCAD Map 2000i y luego editados en ARC-GIS 8.3 para su manejados en formato SIG.
- Durante las actividades de campo se tomaron datos de tipos de geoformas, formas de relieve, inclinaciones de ladera, determinación de tipos de material, procesos y comportamiento entre otros.

## 2 CARACTERISTICAS GENERALES DE LA SABANA

La expresión morfológica de La sabana de Bogotá esta definida fundamentalmente por la disposición estructural de los diferentes tipos de roca presentes en el área. Así mismo esta expresión morfológica ha sido modificada por los agentes climáticos a los que fueron o están siendo sometidas durante su evolución geológica, determinando la generación depósitos de diferentes orígenes en asocio de suelos con propiedades específicas químicas y físicas un tanto diferentes de una región a otra.

### 2.1 CARACTERISTICAS GEOLOGICAS GENERALES DE LA SABANA

La Sabana de Bogotá hace parte de una cuenca sedimentaria antigua afectada por plegamiento y fallamiento intenso, manifiesto en la actualidad por pliegues anticlinales erosionados y localmente tumbados y fallados conformando sierras homoclinales dispuestos en dirección predominante NNE y que constituyen las zonas más prominentes de la sabana con relieve montañoso y colinado.

En estas zonas afloran localmente en los núcleos anticlinales, shales con intercalaciones de areniscas y limolitas y localmente calizas de origen marino de las Formaciones Chipaque – Conejo, y areniscas, limolitas y arcillolitas de origen marino costero de Grupo Guadalupe de edad Cretáceo. El Grupo Guadalupe esta conformado de base a tope por la formación arenisca Dura (areniscas cuarzosas con niveles delgados de arcillolitas y limolitas), la formación Pleaners (Intercalaciones delgadas de limolitas silíceas, arcillolitas y areniscas localmente muy replegadas). En general hacia los flancos de las estructuras mayores sobre las secuencias anteriores se presentan planchas estructurales denudadas constituidas de rocas de las formaciones Labor y Tierna, igualmente del Grupo Guadalupe, las cuales están constituidas de areniscas friables con intercalaciones en la parte intermedia de arcillolitas.

Sobre las anteriores rocas en las zonas de piedemonte, en valles y localmente en contacto fallado, se encuentran rocas del Neógeno Terciario de origen transicional marino – continental y continental. De más antiguo a reciente se encuentran rocas de la formación Guaduas (Intercalaciones de arcillolitas y areniscas, predominando estas ultimas en la parte intermedia, siendo común en esta formación los mantos de carbón), encima y formando espinazos denudados se encuentra la formación Cacho (areniscas de grano medio grueso a conglomeráticas), formación Bogotá (Arcillolitas grises verdosas con intercalaciones areníticas hacia la base), formación Regadera (areniscas cuarzosas de grano fino a conglomerático, con intercalaciones arcillolíticas particularmente hacia la parte superior), formación Usme (arcillolitas grises claras intercaladas con areniscas de grano grueso que se hacen muy gruesas hacia la parte superior mientras las arcillolitas disminuyen en espesor en la misma dirección).

Según Gaviria y otros (2004), los materiales descritos anteriormente, se plegaron y erodaron durante y después del levantamiento de la cordillera Oriental a partir del Mioceno. Posteriormente estos materiales se redepositaron por la acción de procesos fluviales y gravitacionales en las cuencas y pliegues formados, siendo sometidos inicialmente según los mismos autores, a la acción de los procesos de meteorización bajo climas tropicales que se hicieron mas fríos durante el ascenso de la cordillera Oriental, iniciado y desarrollado en el Mio - Plioceno y el Plioceno respectivamente.

Producto de estos eventos orogénicos estos autores encuentran y clasifican depósitos de acuerdo a su ubicación actual y a su origen. De más antiguo a reciente estos depósitos son:

Depósitos no relacionados con la topografía actual, depósitos en cuencas y depósitos de ladera (VANDER HAMMEN Y GAVIRIA, 2004 Y VANDER HAMMEN Y HELMENS 1989). Entre los primeros se encuentra la formación Marichuela (Abanicos de arcillas, gravas y grandes bloques de arenisca) interdigitada se presentan rocas de la formación Tilatá (arenas y gravas con intercalaciones de arcillas y localmente turbas) y la formación Balsillas (depósitos coluviales arcillosos rojizos, blancos y grises con locales niveles de ceniza volcánica) dispuesta sobre los cerros y y parcialmente en valles formados en rocas más antiguas.

Entre los depósitos de cuencas se presentan la Formación Tilatá Superior (arcillas arenosas grises y verdes, limos y arenas arcillosas de ambiente fluvial lacustre). Sobre estos materiales y evidente en las zonas marginales de la Sabana de Bogotá se encuentran depósitos fluviales y lagunares con influencia glaciar de la formación Subachoque (Arcillas arenosas y orgánicas, intercaladas con arenas y gravas), y sobre estos cubriendo la mayor parte de la Sabana se encuentran los depósitos fluviolacustres de la formación Sabana (Arcillas y arena de grano muy fino que hacia los bordes de la Sabana presenta intercalaciones frecuentes de arcilla orgánica, turbas y arenas arcillosas, ver Vander Hammen y Gaviria (2004).

Las planicies lagunares antiguas formadas por la formación Sabana se presentan disectadas y encajando terrazas fluviales y planicies aluviales de las formaciones río Tunjuelito y Chía respectivamente. Mientras la primera se constituye de arenas y gravas con coberturas arcillosas delgadas, las segundas están asociadas con sedimentos finos (arcillas y limos) con locales niveles de arenas muy finas y arcillas orgánicas.

Los depósitos de ladera de diferente origen, composición y edad, han sido definidos por Vander Hammen y Gaviria (2004) como la formación Chorrera que corresponden a abanicos y lóbulos de gelificación constituidos de fragmentos de roca con bloques de arenisca e intercalaciones de arcillas, arenas, gravas y suelos negros. Localmente estos materiales están cubiertos de gravas y cantos con intercalaciones de arcilla orgánica y paleosuelos negros de la formación Siecha.

En las partes más elevadas y montañosas según los mismos autores se encuentran depósitos morrénicos de la formación Chisacá (Bloques decimétricos subangulares a subredondeados, arenas y arcillas con bloques locales de areniscas). Mientras en las zonas más áridas de la Sabana, cubriendo rocas y depósitos más antiguos se presentan depósitos coluviales (limos y arenas con bloques pequeños subangulares diseminados. e intercalaciones de paleosuelos) de la formación Mondoñedo.

Estructuralmente La sabana de Bogotá como se indicó anteriormente está asociada a una cuenca sedimentaria antigua sometida a procesos de plegamiento y fallamiento complejos que están relacionados con el levantamiento y la evolución de la cordillera oriental de Colombia. Se presentan en general pliegues anticlinales estrechos orientados hacia el NE (Anticlinales de Mansilla, Usaquén – Sopó, Laguna de Guatavita, Suesca, sur de Nemocón), localmente asociados con fallamiento inverso que determina la inversión local de los flancos y la definición de sierras homoclinales montañosas y colinadas (Cota, Tabio, W de Suesca, Neusa – Tausa, Suba, Bogotá y páramo del Guerrero entre otros), con vergencia variada hacia el oeste o al oriente.

Las estructuras anticlinales mencionadas definen entre si cuencas sinclinales amplias tales como los valles del río Tunjuelito, Sisga, Soacha, río Frío, Teusacá y Nemocón. Están orientadas igualmente en dirección NNE y localmente definen tanto valles estructurales fallados como en el sector de Suesca o se presentan como sierras sinclinales denudadas al sur de la represa del Sisga.

Los pliegues anticlinales se presentan asociados con un fallamiento longitudinal de tipo inverso de tipo cabalgamiento y retrocabalgamiento como lo indica Velandia y Bermoudes (2002). Se destacan entre estas las fallas Bogotá, Río Tunjuelito, Porvenir, Madrid, Mosquera y el Dorado.

Atravesando transversalmente la Sabana e interrumpiendo localmente el fallamiento longitudinal se presenta un fallamiento en dirección noroeste (VELANDIA Y BERMOUDES, 2002). Tal comportamiento indica la tectónica de bloques asociada con el basamento que ha determinado cambios en intensidad de plegamiento a lo largo de los ejes anticlinales, y la generación de cuencas de diferentes profundidades bajo la cobertura arcillosa de la planicie lagunar de la Sabana.

Las mencionadas fallas son consideradas de rumbo de movimiento sinestral y localmente como rampas de cabalgamiento relacionadas en parte con domos estructurales de origen salino particularmente en el cruce de los dos sistemas de fallamiento. Tal situación parece indicar la presencia de un diapirismo pre – plegamiento que eventualmente pudo haber gobernado en sus inicios la disposición estructural actual de la sabana.

Entre las principales fallas transversales se destacan la falla salitre al norte de la Sabana, y las fallas de Bojacá, Soacha, Juan Amarillo y San Cristóbal en la parte meridional.

## 2.2. CARACTERISTICAS CLIMATOLOGICAS GENERALES DE LA SABANA DE BOGOTA

La zonificación de las condiciones climáticas de la sabana de Bogotá actuales han sido establecidas para el proyecto por Ruiz (2003), usando la propuesta de Villota (1997) volumen 3 de este documento. En esta clasificación se combina los pisos térmicos altitudinales de Caldas modificado con las clases de humedad disponible establecida mediante balances hídricos y determinación de índices de humedad mediante las formulas de Thornwaite y Lang.

Según la zonificación climática de Caldas en la zona de estudio predomina el clima frío seco en los valles amplios y planos de la sabana, mientras en las partes prominentes aledañas a la misma, prevalece el clima muy frío húmedo con variaciones locales a frío húmedo en algunos sectores de piedemonte de los cerros orientales de Bogotá, sector de Facatativa, norte de Zipaquirá y sur de Cogua y este y sur de Chocontá, ver Ruiz (2003).

Las zonas más frías con climas extremadamente fríos húmedos y muy húmedos, se presentan en las zonas más prominentes, en las cabeceras del valle de Usme, este y sur este de la población de Guasca, Oeste, y suroeste de Cogua, en los páramos de Guerrero y Laguna Verde.

Según la zonificación climática hecha a nivel de provincia mediante el uso del índice de Lang (involucra factores como precipitación y temperaturas promedios, y al nivel de unidad climática establecida mediante el índice de humedad de Thornwaite (involucra

factores climáticos como precipitación y evapotranspiración); en la sabana de Bogotá, se presentan unas fajas climáticas de dirección NE – SO asociadas con la disposición estructural de las serranías que bordean las planicies lagunares antiguas. Hacia el centro de la sabana e incluyendo la parte sur occidental de Bojacá y las planicies aluviales del río Bogotá el clima es frío semiárido con temperaturas entre 12° - 17°y pluviosidades menores de 800 mm/año y que disminuyen hacia la localidad de Bojacá y Mondoñedo (500 – 600 mm/año). Hacia la zona de piedemonte y zonas prominentes elevadas (las serranías de Bogotá al oriente, y Tenjo, Subachoque, Facatativá y Cogua hacia el occidente), el clima es frío semihúmedo con temperaturas de 10° - 12° y pluviosidades entre 800 y 1000 mm/año.

Los climas más fríos se presentan hacia las cabeceras de la región en estudio y corresponden a los climas páramo bajo semihúmedo y semihúmedo con temperaturas menores de 10° y pluviometría superior a 1000 mm/año. Corresponden a las cabeceras orientales del valle de Usme, sur y oriente de Guasca, Este de Chocontá y Villapinzón, y la zona de cabeceras al norte de la Pradera, noroeste de Zipaquirá y Cogua en el llamado páramo del Guerrero y laguna Verde.

### **2.3 CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SUELOS DE LA SABANA DE BOGOTÁ**

Las geoformas preexistentes de carácter morfoestructural definidas por el tipo de material y principalmente por la disposición de los mismos a través de la evolución han sufrido cambios en superficie (meteorización, mineralización o desmineralización y finalmente humificación), debido fundamentalmente a la acción de los agentes climáticos (T°, humedad, clima) prevalecientes. Otro tanto sucede con los depósitos generados por procesos erosivos o de remoción en masa antiguos que presentan suelos de diferentes espesores de acuerdo a la provincia y unidad climática donde se desarrollaron.

La evolución geológica y geomorfológica de la Sabana de Bogotá, está asociada con los levantamientos de la cordillera oriental iniciados desde el Mioceno. Este proceso evolutivo ha generado suelos de carácter policíclico que evidencian climas diferentes a los prevalecientes actualmente y los cuales se presentan tanto en superposición como en paleosuelos enterrados bajo depósitos mas recientes. (HELMENS, 1990 - GAVIRIA Y OTROS, 2004). Según estos mismos autores es adicionalmente notable la presencia local de cenizas volcánicas provenientes de la cordillera central, las cuales han desarrollado suelos tanto aisladamente como mezclados con suelos derivados de las rocas parentales típicas de la Sabana, conformando mosaicos edáficos con propiedades geoquímicas y geotécnicas diferentes.

Según Gaviria y otros (2004), con base en el conocimiento que se tiene hasta el momento en la sabana de Bogotá, se han podido establecer tres clima-secuencias y topo-secuencias de suelos relacionadas genéticamente. Según estos autores el clima secuencias son:

- Una secuencia de suelos sobre cenizas volcánicas que protege las rocas subyacentes y que de la parte más alta hasta la planicie involucra suelos: entisoles ándicos, andisoles, inceptisoles ándicos, suelos orgánicos lixiviados – álnicos y alfisoles. Mientras en las zonas elevadas los suelos son poco desarrollados hacia las partes bajas y asociado con el aumento de temperatura y humedad los suelos se desarrollan más y los procesos de lixiviación son acentuados.



- Los suelos desarrollados tanto sobre las areniscas de la formación Guadalupe, formación Cacho, formación Regadera, como los depósitos derivados de ellas son delgados y poco desarrollados y muestran una secuencia desde la zona de páramo hasta los valles así: entisoles líticos, entisoles humíferos e inceptisoles líticos (GAVIRIA Y OTROS, 2004).
- Para el caso de los suelos desarrollados sobre material arcillollíticos de las formaciones Guaduas, Bogotá y parte del Grupo Guadalupe, la secuencia difiere desde las zonas elevadas de páramo hasta la altiplanicie de la siguiente manera: en la parte alta se presentan entisoles orgánicos y líticos, suelos orgánicos lixiviados, e inceptisoles lixiviados, inceptisoles, mientras en la parte baja y plana según los mismos autores son: suelos lixiviados, vérticos, inceptisoles vérticos, inceptisoles y entisoles hidromórfos.

### 3 GEOMORFOLOGIA DE LA SABANA DE BOGOTA

#### 3.1 CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS REGIONALES

La Sabana de Bogotá se encuentra ubicada geomorfológicamente en la morfogeoestructura correspondiente al Sistema montañoso orogénico Andino que bordea el cratón Guayanés por su parte noroccidental. A través de su historia geológica el sistema montañoso orogénico andino a sufrido y debe su conformación a procesos de acumulación y levantamientos orogénicos y epirogénicos, con plegamientos asociados localmente con fuerte metamorfismo e intrusiones graníticas que han determinado a través de su historia desde el Paleozoico la forma tridente del relieve actual.

El sistema orogénico Andino está conformado a su vez por las provincias geomorfológicas de la cordillera occidental, la cordillera central y la cordillera oriental separados geomorfológicamente por las provincias de los valles interandino Cauca – Patía y Magdalena respectivamente (CARVAJAL Y OTROS (2003). De acuerdo con Irving (1971) las tres cordilleras son de características distintas y se formaron en tiempos diferentes: La cordillera central se formó durante el paleozoico tardío, la cordillera occidental en el Mesozoico y la cordillera oriental en el Terciario medio, sufriendo las tres levantamientos en bloques acompañados de intrusiones en el Terciario tardío y Holoceno.

La Sabana de Bogotá hace parte de la provincia geomorfológica de la cordillera oriental que como se indicó previamente tiene su propia historia asociada con eventos de acumulación de sedimentos en cuencas inicialmente distensivas y subsidentes, afectadas luego por eventos compresivos que invirtieron el movimiento de las fallas ancestrales controlados al menos en parte en sus inicios por procesos diapíricos.

El proceso en general ocasionó el levantamiento de la cordillera, la generación de pliegues anticlinales en dirección noreste, apretados y localmente tumbados en asocio de fallas inversas longitudinales y fallas de desgarre y rumbo en dirección noroeste – sureste que definen a lo largo de las estructuras mayores anticlinales y sierras homoclinales con diferentes grados de plegamiento. El mencionado proceso de plegamiento ha generado un acortamiento de la corteza superior calculado en mínimo 63 Km equivalentes al 59% de acortamiento en la sección transversal que pasa por la Sabana de Bogotá (MANTILLA 1998 EN VELANDIA Y BERMOUDES, 2002).

Al nivel de regiones definidas éstas por los ambientes morfogenéticos, la sabana de Bogotá está enmarcada por una serie de serranías morfoestructurales que hacen parte de las vertientes tanto occidental como oriental de la cordillera oriental, afectadas localmente tanto por procesos denudativos pluviales y glaciares..

Hacia la parte central se presenta la región geomorfológica del altiplano lagunar Cundiboyacense, disectado por planicies aluviales actuales y recientes pertenecientes a los ríos Bogotá, Subachoque, Balsillas y Teusacá principalmente.

#### 3.2 UNIDADES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA SABANA

En la sabana de Bogotá con base en los criterios mencionados se identificaron Unidades y Subunidades de los ambientes morfogenéticos, morfoestructural, denudativo, fluvial – lagunar, glaciar – periglaciar y antropogénico (**Figura 3**). **Mientras las unidades geomorfológicas** están definidas con criterio genético, morfológico y geométrico en

función de los procesos geomorfológicos específicos que las conforman, ya sea de carácter erosivo o de acumulación; las **subunidades** están definidas fundamentalmente por los contrastes morfométricos que relacionan el tipo de roca o sedimento, tanto con la correspondiente topografía del terreno como con los procesos dinámicos activos prevalecientes.

### 3.2.1 Geoformas de Origen Morfoestructural Denudativo:

Corresponde a las geoformas cuya expresión morfológica esta definida por la litología y la disposición estructural de las rocas aflorantes en la sabana de Bogotá. Se presentan afectadas por procesos erosivos de maderada a baja intensidad y se caracterizan por su relieve montañoso a colinado de pendientes abruptas y escarpadas localmente. Conforman el armazón estructural en dirección NNE de la sabana de Bogotá, dejando valles amplios colmatados posteriormente por sedimentos fluviales y lagunares que constituyen en la actualidad las amplias planicies, hoy localmente colonizadas. Entre las Unidades y Subunidades geomorfológicas se presentan:

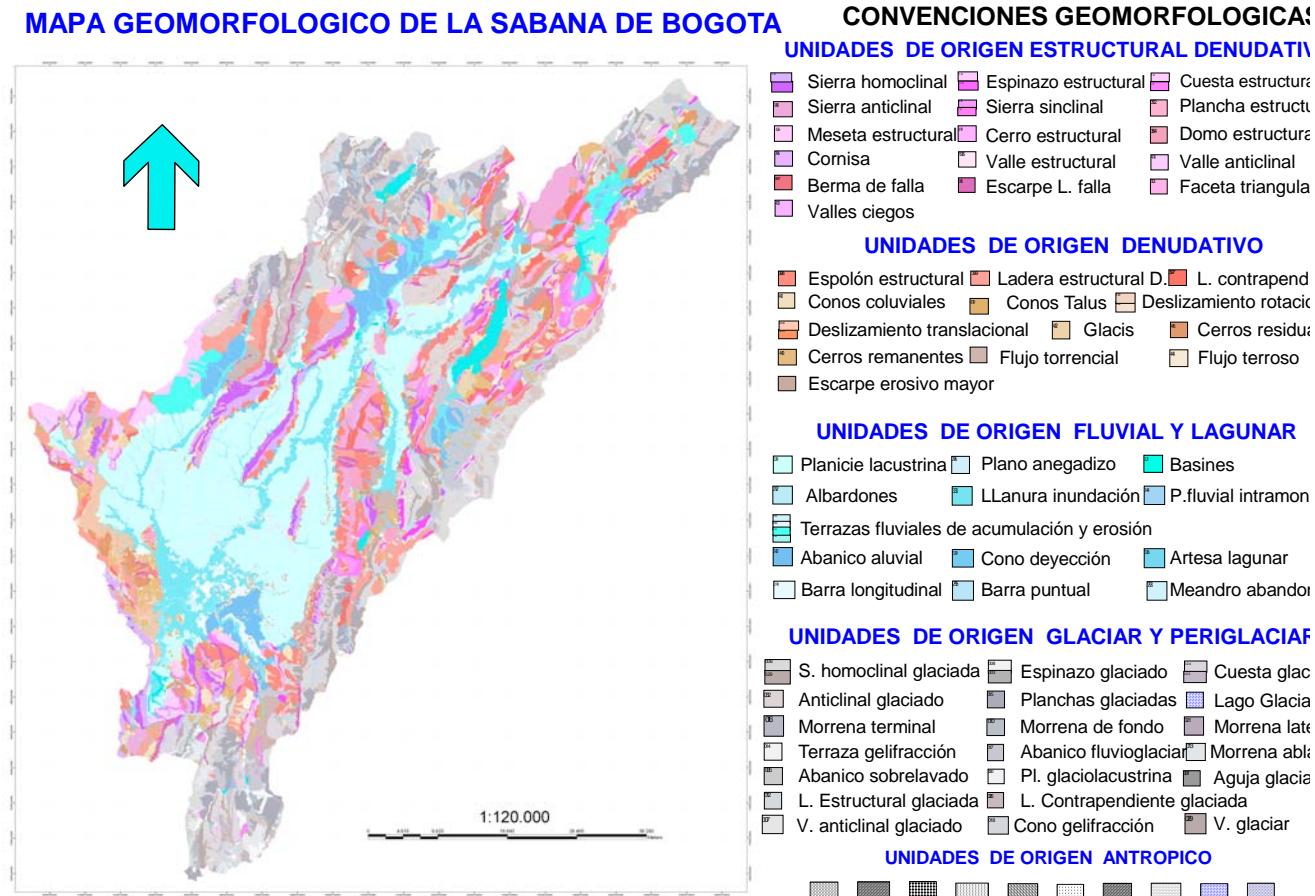
#### 3.2.1.1 Sierra homoclinal denudada (Ssh):

Sierra simétrica o ligeramente simétrica elongada de morfología generalmente montañosa de cimas agudas y definida por una secuencia estratos o capas apilados e inclinados ( $> 35^\circ$ ) en una misma dirección por efecto de plegamiento intenso asociado localmente con fallamiento inverso. Se conforman de laderas estructurales denudadas (**Sshle**), definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente ( $> 35^\circ$ ), de longitud corta a moderada larga de formas rectas a convexas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas. (**Sshcp**) laderas de contrapendiente denudadas definida por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente, de longitud moderada a larga, de formas cóncavas a irregulares escalonadas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas.

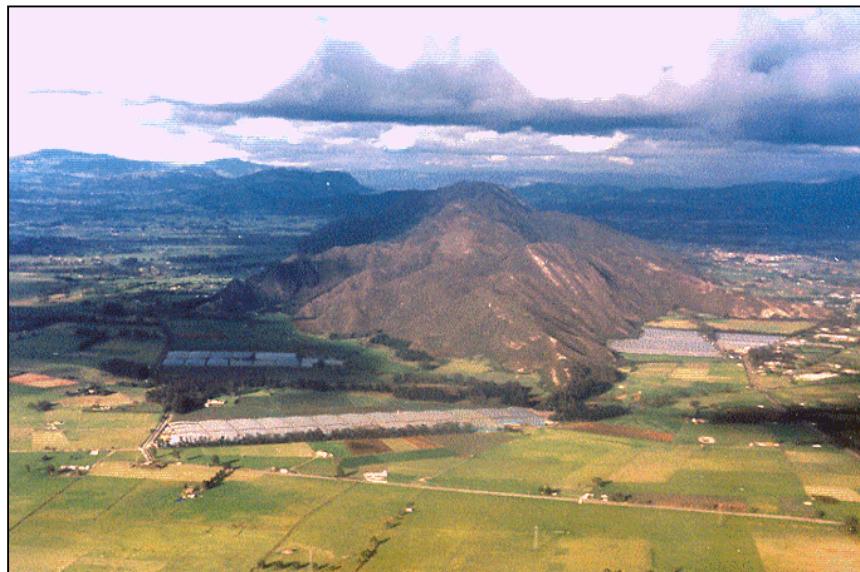
Geoformas de estas características se presentan al occidente de Cota – Zipaquirá (Figura 4), al occidente de Tabio y Tenjo, en los cerros de Suba y en los cerros orientales de Bogotá, en sectores aledaños al cerro de monserrate. Igualmente se encuentran en el sector suroccidental de Bogotá (sector Sibaté) y a manera de parches al occidente de Guasca y occidente de la represa de Tominé.

En general se caracterizan por su morfología montañosa y colinada de crestas agudas asociadas con laderas estructurales rectas y localmente convexas con buzamientos de  $30^\circ - 45^\circ$  y pendientes variables de  $25^\circ - 45^\circ$  que facilitan localmente la generación de procesos de deslizamientos translacionales en general de suelos rocas de la formación Pleaners sobre las areniscas de grano fino y consistentes de la formación Arenisca Dura. Estos procesos gravitatorios fueron estudiados y explicados en detalle por Julivert (1961a – 1962 - 1963). Hacia la parte baja de los flancos se presentan planchas estructurales denudadas en areniscas de las formaciones Labor y Tierna, igualmente del Grupo Guadalupe.

Las laderas de contrapendiente de las sierras homoclinales mencionadas son moderadas a largas de formas irregulares que en general son escarpadas y presentan forma festoneada asociada con la formación de espolones estructurales por efecto de procesos erosivos diferenciales intensos, definidos por un drenaje subparalelo profundo que disecta las laderas, afectadas por su base por fallamiento inverso y cuyo rumbo es paralelo a la estructura (**Figuras 3 y 4**).



**Figura 3:** Mapa geomorfológico de la sabana de Bogotá. Nótese el control estructural de las geoformas



**Figura 4:** Vista desde el sur de la sierra homoclinal de Cota. Nótese las laderas estructurales rectas, mientras las laderas de contrapendiente son festoneadas y asociadas a procesos denudativos más intensos. En primer plano aspecto de la planicie lagunar y deltaica de la sabana de Bogotá y en la parte media derecha espolones estructurales denudados en rocas de la formaciones arenisca de Labor y Tierna.

Se presentan en la ladera rocas de la formación Arenisca Dura suprayaciendo rocas arcillolíticas y limolíticas de la formación Conejo. Localmente por diferencia en la dureza de las capas, se presentan en la ladera cornisas estructurales que dejan unas planicies colgadas de 100 – 200 m de amplitud particularmente en el sector SE de Tenjo, ver **Figura 5**.

### 3.2.1.2. Sierra anticlinal denudada y residual (Ssan)

Sierra elongada de morfología montañosa o colinada de cimas o crestas agudas o redondeadas, definidas por el eje anticlinal formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Conforman laderas estructurales (**Scanl**) con estratos inclinados en favor de la pendiente, de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes inclinadas a muy abruptas. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno. Se desarrollan en rocas areníticas intermedias a duras que en algunos sectores de la Sabana de Bogotá se presentan denudadas intensamente con un suelo delgado de pocos centímetros, mientras en otros lugares desarrollan un suelo residual grueso mayor de 3 m, asociado a un drenaje subparalelo en baja densidad.

En la Sabana de Bogotá se presentan sierras anticlinales denudadas en la región oriental de Usaquén donde se presenta una sierra anticlinal de morfología colinada a montañosa de dirección norte – sur, con elevaciones sobre la sabana de Bogotá de 250 – 400 m. Se caracteriza por presentar una cresta redondeada amplia con pendientes de 5° - 15° que corresponden localmente a las inclinaciones estructurales, sin embargo hacia los flancos la pendiente del terreno se empina a 25° - 30° dejando por procesos erosivos, los estratos visibles a favor de la pendiente (**Figuras 6 y 7**).



**Figura 5:** detalle de la ladera de contrapendiente de la sierra homoclinal de Cota. Obsérvese el carácter escarpado de la Subunidad asociada con una cornisa estructural en la parte media de la ladera. En primer plano planicie lacustrina de Bogotá y en la parte media derecha cono de deyección.



**Figura 6:** Vista hacia el oriente de la sierra anticlinal de Usaquén a la altura de la calle 155 con carrera 7<sup>a</sup>. Es notable en este sector la cresta redondeada de la geoforma asociada con buzamientos suaves de los estratos y con inclinaciones de ladera abruptas, tal situación determina alta susceptibilidad al deslizamiento, acentuada por la excavación de las canteras. Al fondo la represa de San Rafael



**Figura 7:** Panorámica de la sierra anticlinal de Bogotá en el sector de Usaquén. Es notable en el flanco occidental los procesos de disección acentuada en rocas de las formaciones Labor y Tierna y l formación de planchas estructurales

El eje de la estructura es de dirección N – S en las zonas aledañas a Usaquén, sin embargo hacia el norte la estructura se encuentra afectada por fallamiento E – W y NW – SE que determinan cambios geomorfológicos evidentes en la conformación de la estructura. Al este de Chía se evidencian cambios en la disposición estructural y la definición de laderas estructurales más largas (1500 – 2000 m) y de 10° - 15° de inclinación, limitadas por laderas de contrapendiente cortas, determinadas por la ruptura de la estructura a lo largo de la cresta estructural que determina localmente la definición de cornisas estructurales.

La afectación tectónica se hace más notoria hacia el norte, en la en la región de Tibitó, donde la estructura se encuentra fraccionada, conformando cerros anticlinales afectados localmente por fallamiento intenso de dirección NW - SE. Y cuyo origen se puede asociar igualmente a procesos diapíricos pre-plegamiento. La estructura esta definida por rocas de las formaciones Pleaners y Labor - Tierna donde se desarrollan suelos oscuros residuales de 0.5 – 1m. Esta misma estructura hacia el norte se presenta afectada por procesos denudativos periglaciales y a la altura de Suesca, sector oriental la sierra anticlinal se encuentra afectada por fallamiento, dejando una ladera estructural recta, extremadamente larga e inclinada con desarrollo de suelos residuales gruesos afectados localmente, por cárcavamiento.

En el sector norte de los cerros de Suba se presenta una sierra anticlinal de morfología alomada y crestas redondeadas de dirección NNE, con pendientes estructurales de 10° - 15° en la cima y 30° - 45° en los flancos. Afloran areniscas y arcillolitas de la parte media de la formación Guaduas con desarrollo de suelos residuales espesos. Las laderas son convexas a rectas y se asocian con depósitos coluviales en su base.

Al SW de la localidad de Sibaté igualmente se presenta una sierra anticlinal de dirección NNE de laderas cortas a moderadas con estratos inclinados a favor de las pendientes de 15° - 45° y pendientes del terreno de 10° -15°. Los procesos denudativos son intensos asociados con procesos de coluvión en sus piedemontes.

### 3.2.1.3 Valle estructural anticlinal (Sva)

Depresión elongada de fondo plano y paralela a un eje anticlinal formada por procesos erosivos intensos que desmantelan el núcleo de la estructura anticlinal, quedando el valle limitado por laderas de contrapendiente de sierras homoclinales o espinazos estructurales

Valles con estas características se encuentran en la región occidental de la Sabana de Bogotá, al norte de Punta Piedra donde se encuentra un valle cerrado elongado y en forma de artesa bordeado de coluviones que cubren la base de laderas de contrapendiente de sierras homoclinales de formas cóncavas y con pendientes del terreno de 15° - 45°, de longitudes moderadas a largas y que se elevan aproximadamente 200 m del piso- del valle (**Figura 8**). El valle en forma de artesa de 50 – 150 m de ancho presenta pendientes de 3° - 5° y está delimitado por rocas de la Formación Arenisca Dura con inclinaciones estructurales de 15° - 30° en contra de la pendiente del terreno.



**Figura 8:** Vista hacia el noroeste del valle anticlinal fallado del sector de La Punta al sur de Subachoque. Nótese el carácter encerrado del mismo y las laderas estructurales rectas asociadas localmente con procesos coluvión.

### 3.2.1.4 Sierra Sinclinal denudada y residual (Ss)

Sierra de morfología colinada, amplia en forma de artesa elevada formada en el eje de un sinclinal. La disposición actual obedece a procesos denudativos diferenciales que han desmantelado los flancos de la estructura, dejando la artesa como una prominencia

topográfica limitada por laderas de contrapendiente. Presenta laderas estructurales (**Ssie**) definidas por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno, son de longitud corta a moderadamente larga, de formas cóncavas y pendientes muy inclinadas a abruptas. Las laderas de contrapendiente (**Sscp**) están definidas por estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadamente largas, de formas convexas a irregulares escalonadas con pendientes abruptas a escarpadas.

Están constituidas de Intercalaciones de rocas blandas a intermedias que definen un drenaje subparalelo denso de formas convexas o rectas y escarpadas. En las laderas estructurales se presentan rocas blandas a intermedias con suelos residuales gruesos, donde se desarrolla un drenaje dendrítico subparalelo poco denso y procesos de carcavamiento y reptación local.

.Este tipo de geoforma se presenta bien desarrollada en el sector sur de la represa del Sisga, donde alcanza alturas de 150 – 200 m de altura y se encuentra basculada hacia el norte. En este sector las laderas de contrapendiente son moderadas, irregulares convexas y escalonadas, y están asociadas con rocas gravosas y areníticas de las formaciones Tilatá y Regadera.

Geoformas de las mismas características pero muy denudadas, se presentan al NW de la represa del Sisga, NW y NE de Guasca, En el sector sureste de Usaquén y en la parte alta de la cuenca del río Tunjuelito. En general se presentan como remanentes elongados en dirección NNE, de artesas sinclinales de laderas muy cortas y suavemente inclinadas, definidas por rocas arcillolíticas de la formación Bogotá asociadas con suelos residuales gruesos. Las laderas de contrapendiente igualmente son muy cortas y abruptas, definidas por la inclinación de los estratos areníticos de la formación Cacho en contra de la pendiente (20° a 30°).

Llama la atención por su disposición estructural transversal al rumbo de las estructuras geológicas mayores, el sinclinal de Usaquén. Presenta laderas cóncavas, moderadas a largas, definidas en rocas de las formaciones Pleaners y Labor – Tierna asociadas a suelos residuales granulares.

### 3.2.1.5 Espinazo estructural denudado (**Se**)

Sierras simétricas elongadas de crestas agudas a redondeadas y morfología colinada o alomada definida por estratos de roca dura e intermedias basculadas abruptamente con inclinaciones mayores de 35° y afectados por erosión diferencial. Localmente por disección acentuada se presentan como cerros alineados y elongados. Esta conformada de laderas estructurales (**Sele**) con estratos inclinados en favor de la pendiente (> 35°), de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Las laderas de contrapendiente (**Selp**) definida por estratos inclinados en contra de la pendiente, son de longitud corta a moderadamente larga, de formas cóncavas o irregulares escalonadas, con pendientes muy abruptas a escarpadas.

Las laderas de contrapendiente de los espinazos están definidas por la Interestratificación de rocas blandas e intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico subparalelo denso. En llas laderas estructurales predominan las rocas areníticas duras a intermedias con desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de coluvión.

Estas geoformas tienen gran expresión particularmente al oriente del río Bogotá, en los valles del río Tunjuelito, Siecha – Sisga – Chocontá, y Checua. Se presentan como

sierras alomadas dispuestas predominantemente en dirección NNE, en los flancos sinclinales que definen los valles mencionados.

Presentan laderas estructurales muy cortas y rectas escarpadas, definidas localmente por la inclinación de los estratos a favor de la pendiente con buzamientos de  $35^{\circ}$  -  $75^{\circ}$ . Las laderas de contrapendiente son igualmente muy cortas de formas cóncavas y escarpadas y deben su expresión a la intercalación de areniscas y conglomerados friables de las areniscas del Cacho y Regadera, dispuestas en contra de la pendiente del terreno y que desarrollan localmente suelos residuales arenosos.

Debido a procesos erosivos diferenciales, los espinazos estructurales se encuentran disectados por drenajes que los atraviesan perpendicularmente, dejando las sierras como cerros aislados, tal y como se aprecia en la **Figura 9**.



**Figura 9:** Panorámica de los espinazos del sureste de Bogotá en los barrios La Victoria – Las Guacamayas. Nótese el carácter irregular de las laderas de contrapendiente de la estructura y la disección transversal de la geoforma atravesada por un abanico de origen fluvioglaciar limitado en sus flancos por planchas estructurales denudadas.

### 3.2.1.6 Cuestas estructurales denudadas y residuales (Sc)

Sierras asimétricas elongadas y amplias de morfología colinada o alomada definida por el basculamiento suave de capas intercaladas de rocas resistentes y blandas. Se constituye de una ladera estructural (**Scle**) con estratos dispuestos en favor de la pendiente del terreno ( $10^{\circ}$  -  $20^{\circ}$ ), de longitud larga a extremadamente larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Esta constituida de rocas blandas a intermedias con desarrollo local

de suelos residuales gruesos que presentan procesos locales de reptación y desarrollo de drenajes subparalelo espaciado; y una ladera de contrapendiente (**Sclp**) con estratos dispuestos en contra de la pendiente del terreno ( $20^{\circ}$  -  $25^{\circ}$ ), de longitud muy corta a

corta, de formas cóncava o convexa y con pendientes escarpadas. Se constituye de intercalaciones de rocas duras a intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico subparalelo localmente denso, asociado con procesos de coluvión.

Geoformas con estas características se presentan en el sector occidental de la Sabana de Bogotá, al suroccidente de las localidades de Subachoque y Facatativá y al sur al noreste de la población de Sibaté (**Figura 10**). Presentan laderas estructurales suavemente inclinadas de 500 – 1500 m de larga y relacionada con la inclinación de los estratos (5° - 20°) a favor de la pendiente del terreno, presentan laderas de contrapendiente muy cortas y localmente en los valles homoclinales se presentan planos aluviales intramontanos.



**Figura 10:** Cuestas estructurales presentes al noreste de la población de Sibaté. Obsérvese las laderas rectas – convexas con fuerte disección asociada localmente con depósitos de coluvión en la parte media de la fotografía.

Mientras al occidente de Facatativá se desarrollan suelos arcillosos delgados con locales procesos de reptación, al noreste de Sibaté los procesos denudativos son intensos, presentando las laderas fuerte disección asociado a un drenaje subparalelo en algunos sectores denso (**Figura 10**). Una situación similar se presenta al sur del río Tunjuelito, en el sector de ciudad Bolívar, donde se presenta una cuesta de longitud larga, inclinada de 15° - 25° y afectada por procesos intensos de carcavamiento sobre rocas areníticas de la formación Guaduas.

### 3.2.1.7 Mesetas estructurales (Sm)

Colinas o lomas de cima plana limitada por escarpes abruptos a muy abruptos, de longitud muy corta y de formas convexas, originadas por procesos de erosión diferencial de rocas estratificadas con inclinaciones menores de cinco grados. Esta geoforma se

presenta en el sector sur de la ciudad de Bogotá, haciendo parte del cierre norte del sinclinal de Usme, ver **Figura 11**.

La meseta es reducida del orden de 10000 a 20000 m<sup>2</sup>, muy disectada e inclinada suavemente hacia el sur. Se encuentra limitada por escarpes de 40 - 50 m, muy disectados, y con procesos avanzados de carcavamiento desarrollado en areniscas intercaladas con arcillolitas de la formación Regadera,



**Figura 11:** Aspecto de las mesetas disectadas presentes en el sector de las colinas al sureste de Bogotá. Es notable el fuerte grado de disección y de urbanización del terreno. Al fondo laderas de contrapendiente de los espinazos de La Victoria.

### 3.2.1.8 Planchas estructurales

Ladera de capas o estratos de formas triangulares inclinados en favor de la pendiente del terreno, de longitudes muy cortas a cortas, de formas rectas que definen laderas festoneadas o dentadas hacia arriba con pendientes muy abruptas a escarpadas.

Su origen obedece a procesos de plegamiento y erosión diferenciales en una secuencia de estratos delgados duros y blandos.

Se presentan bordeando las grandes estructuras homoclinales y anticlinales en el sector oriental de Bogotá, al SW de Guadalupe y localmente al oriente de Usaquén, ver Figura 7. Son de longitudes cortas a moderadamente largas con inclinaciones del orden de los 50°. Se desarrollan en rocas limolíticas y areníticas de las formaciones Pleaners y Labor –Tierna, aunque en estas últimas se presentan comúnmente en otros sectores de la Sabana, pero con procesos acentuados de erosión, permitiendo la formación de espolones estructurales como se vera más adelante.

### 3.2.1.9 Domo estructural denudado (Sd)

Prominencia topográfica en forma de cúpula rugosamente simétrica y de morfología colinada o alomada, afectada localmente por procesos denudativos intensos que han desmantelado la cresta de la estructura, dejando un patrón circular de cerros y planchas estructurales rectas de longitud corta y pendientes muy inclinadas a abruptas. Su origen se asocia a movimientos verticales del terreno, probablemente por diapirismo salino antiguo.

Estas geoformas se han evidenciado al oriente de la Calera, NW de la misma población, en la región de Márquez, en Zipaquirá, Nemocón y sur de la población de Madrid y tentativamente en la región de Mondoñedo. Se presentan como lomas y colinas muy denudadas y asociadas con drenaje radial que ha dejado cerros y planchas estructurales denudadas dispuestas en un arreglo semicircular.

Particularmente en Nemocón el origen de estas geoformas esta asociado a procesos diapíricos de sal, probablemente acaecidos antes del plegamiento general de la cordillera oriental. Acorde con su localización los cuerpos de sal han facilitado la generación del fallamiento presente en el área y determinado la configuración en forma de rosario de las sierras anticlinales evidentes en el sector centro norte de la Sabana. Además de los sitios mencionados se han reportado manifestaciones salinas en Sesquilé, Suesca, y SW del Sisga.

### 3.2.1.10 Valle ciego (Svc) - Blind valley

Valle transversal a las estructuras geológicas cuyo fondo es plano y encerrado en su lado corriente abajo por una pared rocosa cuyo origen puede estar asociado con desplazamientos de falla probablemente de rumbo. Se presenta relleno de sedimentos lagunares o fluviales finos.

Este tipo de valles aislados se presentan al suroccidente de la población de Villapinzón, son de configuración irregular elongadas en dirección E – W, fondo plano suavemente ondulado y constituidos de material arcilloso limoso de origen probablemente lagunar. Se encuentran limitados por todos sus flancos por sierras homoclinales y espinazos estructurales de morfología alomada y asociada con coluviones y depósitos de gelificación.

### 3.2.1.11 Cornisa estructural (Scor)

Salientes estructurales rocosas que se presentan colgadas a manera de repisas en las laderas generalmente irregulares ó escalonadas. Son tabulares de morfología alomada suavemente inclinada, cuyo origen se debe a erosión diferencial en rocas duras y blandas.

Geoformas con estas características se encuentran asociadas principalmente con laderas escalonadas de contrapendiente homoclinal al occidente de Cota – Tabio, ver Figura 5, al oriente de Chía y Sopo, occidente de La Pradera. Se presentan como franjas de 150 – 250 m de amplitud, elongadas en dirección de las grandes estructuras y son de geomorfología ondulada y suavemente inclinada en contra de la pendiente natural del terreno. Acorde con el tipo de material dominante presentan suelos residuales gruesos.

### 3.2.1.12 Terraza o berma de falla (Sbf)

Escalón aterrazado de morfología alomada o colinada, limitada por escarpes erosivos de longitud muy corta de formas convexas e inclinación abrupta, cuyo origen se debe a escalonamiento diferencial en zonas de falla.

Geoformas de estas características se evidencian al SW de Facatativá, y al sur de Bogotá y se encuentran asociadas al sistema de fallas de Facatativá y Soacha respectivamente. Se encuentran como terrazas alomadas y limitadas por escarpes denudativos de 20° - 30°.

### 3.2.1.13 Escarpe de línea de falla (Slfp)

Escarpe muy corto, abrupto, cóncavo o convexo, originado por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla definida por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas.

Se presentan localmente distribuidos tanto en dirección NNE como NW – SE. Se destacan por su expresión geomorfológica al norte de la localidad de Tabio, al sur de Zipaquirá, Al noreste de Suesca, al sureste y sur de Bogotá, sur de Facatativá y oeste de La Pradera. Son escarpes abruptos de 10 – 50 m de altura, ver **Figura 12**, localmente con evidencia de drenajes descabezados

### 3.2.1.14 Faceta triangular (Sft)

Superficie abrupta, recta con una base amplia y angosta hacia arriba, cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento de espolones estructurales por procesos de fallamiento. Se encuentran en la ladera de contrapendiente de las sierras de Cota y esporádicamente al sureste de La Pradera y Subachoque. Son rectas y abruptas y su origen se asocia al truncamiento de las laderas festoneadas y espolones estructurales, ver **Figura 13**.

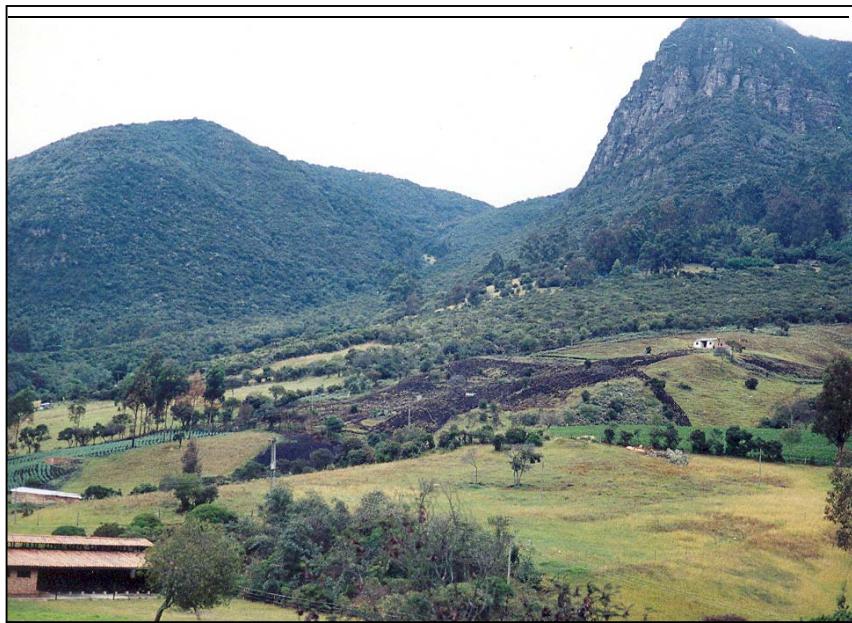
### 3.2.1.15 Cerros estructurales (Sce)

Prominencias topográficas de morfología montañosa ó colinada con laderas de longitud corta y formas cóncavas o irregulares muy abruptas a escarpadas y limitadas mínimo en dos de sus flancos por escarpes de falla ó de línea de falla. Se presenta en rocas duras e intermedias con procesos denudativos y de remoción en masa locales.

Cerros con estas características se encuentran al NE de Facatativá, sur de ciudad Bolívar en Bogotá, norte de Cajicá, NE de Guasca y noroeste de la represa del Sisga. Se presentan con morfología de colina o loma de formas irregulares y limitados localmente por escarpes de línea de falla.

### 3.2.1.16 Valle estructural fallado (Svf)

Artesa amplia, elongada y de fondo alomado, definida en sustrato rocoso y limitado en sus flancos por escarpes abruptos de falla o línea de falla. Rocas blandas con procesos erosivos moderados a intensos. Este tipo de geoforma se encuentra al noreste de la localidad de Suesca. Corresponde a una depresión de dirección N – S de aproximadamente 500 m de amplitud. Su fondo de morfología alomada suavemente ondulada esta asociada con rocas arcillolíticas de la formación Guaduas.



**Figura 12:** Aspecto de los escarpes de línea de falla en el costado occidental del valle de río Frío. Obsérvese el valle formado por procesos de glaciaciación y en primer plano la ladera de contrapendiente glaciada cubierta localmente por conos coluviales o lóbulos de ¿gelifracción?



**Figura13:** Facetas triangulares al noreste de Subachoque. Note la disposición alineada de la geoforma y la dislocación de los espolones estructurales asociados con abanicos torrenciales de morfología alomada. En primer plano abanicos aluviales aterrazados antiguos.



**Figura 14:** Panorámica desde el sureste del cerro del Tablazo considerado como de origen estructural. En primer plano planicie de inundación del río Subachoque con cuencas de decantación.

### 3.2.2 Geoformas de Origen Denudativo:

Se incluyen las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas morfoestructurales preexistentes y además crean nuevas geoformas por acumulación de sedimentos. En la Sabana de Bogotá son de amplia distribución particularmente en la región de Mondoñedo, norte de Guasca y sector norte de Nemocón, aunque igualmente se presentan bordeando como piedemontes las sierras de carácter estructural denudativo indicadas previamente.

Entre las geoformas de origen denudativo se presentan en Bogotá:

En las zonas de piedemonte de las grandes estructuras homoclinales y particularmente en las laderas de contrapendiente se presentan laderas estructurales y de contrapendiente muy denudadas y localmente asociadas con suelos residuales gruesos. Se diferencian por el cambio de pendiente menor con respecto a las inclinaciones escarpadas de las sierras homoclinales asociadas y por la litología predominantemente arcillosa de las formaciones Guaduas y Bogotá donde se desarrolla un drenaje subparalelo localmente denso.

Su origen obedece a los procesos de plegamiento y deformación intensa, durante la formación de las sierras homoclinales y la afectación posterior por procesos de meteorización y de denudación diferenciales intensos que generaron la formación local de suelos residuales y conos coluviales con los que generalmente se asocian. Morfológicamente presentan estas características generales:

### 3.2.2.1 Laderas estructurales denudadas y residuales (Dle)

Superficie en declive localizadas en zonas de piedemonte, de morfología alomada con la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, son de longitud corta a larga, de forma cóncava y con pendientes abruptas. El origen está asociado con procesos erosivos y de disección intensa en rocas blandas con desarrollo de suelos residuales y coluviales gruesos.

Se encuentran en toda la sabana de Bogotá en franjas de 1– 3 km de amplitud en sectores como alto de San Miguel, oeste de Mondoñedo, norte de Subachoque, sureste de Zipaquirá y localmente en sectores al este de la laguna de Guatavita y en el valle de Tunjuelito, ver **Figura 15**, donde están en general asociadas con rocas de composición predominantemente arcillolítica de las formaciones Bogotá y localmente Guaduas.

Se presentan con inclinaciones entre 10° y 30°, localmente menores que la disposición estructural de las rocas donde se encuentran. Es igualmente característico el alto grado de disección relacionado con la formación de surcos y la cobertura de conos y lenguas coluviales.

### 3.2.2.2 Laderas de contrapendiente estructural Denudada (Dlcp)

Superficies en declive localizadas en zonas de piedemonte, con la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno. Son de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y de pendientes abruptas, cuyo origen está relacionado con rocas blandas erosionadas intensamente y asociadas con depósitos de coluvión gruesos.



**Figura 15:** Panorámica del flanco oeste del valle del río Tunjuelito donde se evidencia una ladera estructural denudada, enmarcada por sierras homoclinales y un espinazo estructural denudado. Nótese la ubicación del relleno sanitario de Doña Juana en la ladera estructural y los flujos generados en noviembre de 1997. En primer plano y totalmente urbanizado el flujo gravitacional.

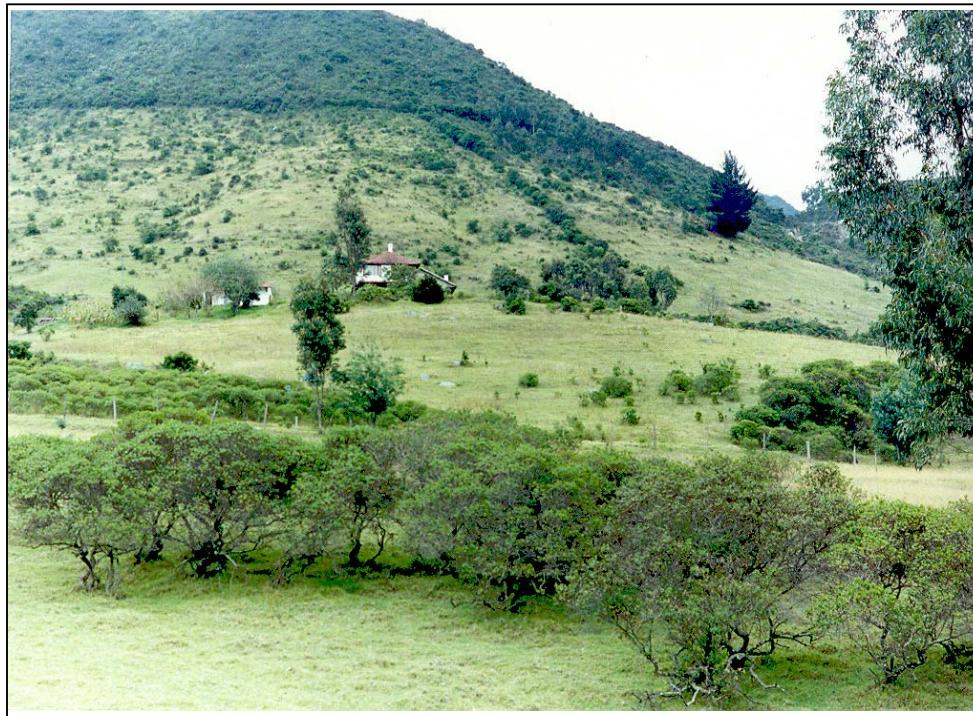
Este tipo de ladera de morfología alomada se presenta localmente como franjas de 1 – 2 km en la zona de piedemonte asociada a laderas de contrapendientes de sierra homoclinal. Presentan laderas cóncavas muy erosionadas y asociadas a conos y lóbulos coluviales.

Se encuentran al occidente de Tabio, ver **Figura 16**, al sureste de Zipaquirá, en el piedemonte oriental de Bogotá y en el valle de Chocontá – Villapinzón, relacionadas con rocas de litología arcillosa de la formación Guaduas.

Cuando las características litológicas se caracterizan por presentar intercalaciones de rocas duras y blandas por procesos de erosión diferencial se presentan:

### 3.2.2.3 Planchas estructurales denudadas – Espolones estructurales (Dlpd)

Laderas y crestas simétricas de cimas agudas de morfología alomada y dispuestas transversales a las estructuras geológicas. Están constituidas por estratos delgados duros y blandos disectados profundamente en dirección perpendicular al rumbo de las capas, y que localmente definen salientes o crestas a manera de puentes entre espinazos estructurales.



**Figura 16:** Primer plano de la ladera de contrapendiente estructural denudada al suroeste de Tabio. Note la suave pendiente de morfología suavemente ondulada relacionada con rocas arcillolíticas de la formación Guaduas inclinadas en contra de la pendiente del terreno y con desarrollo de suelos residuales arcillosos.

Geoformas de estas características tiene una amplia distribución en la Sabana de Bogotá y se encuentran principalmente en los flancos de las grandes estructuras tales como sierras homoclinales y anticlinales que se disponen por lo general en dirección NNE a lo largo de la sabana. Las planchas estructurales denudadas se presentan tanto como espolones estructurales y como crestas perpendiculares entre espinazos estructurales.

Los espolones estructurales se presentan como salientes de morfología alomada, dispuestas perpendiculares a las laderas estructurales de sierra homoclinal o anticlinal. Las crestas son irregulares de formas agudas a redondeadas, y asociadas a un drenaje subparalelo denso definido por la estratificación de capas areníticas y arcillolíticas, delgadas a gruesas principalmente de las formaciones Labor y Tierna del Grupo Guadalupe.

Son de común ocurrencia al oriente del casco urbano de Bogotá, en el sector de Usaquén, en los flancos del valle de Teusacá, y al occidente en las regiones de Cota, Tenjo y Tabio, y localmente al noreste de Subachoque (Figuras 4 y 13). Su conformación esta definida por la disección acentuada de los drenajes naturales y están asociados con conos de deyección, coluviones y localmente conos de deslizamiento.

Las planchas estructurales cuando se encuentran confinadas entre espinazos se presentan como crestas de morfología alomada con fuerte disección y dispuestos a manera de puentes entre los espinazos estructurales. Geoformas de estas características se encuentran al oriente de la laguna de Guatavita y localmente al norte de Cogua y SE de Bogotá en los barrios 20 de Julio y Juan Rey (Figura 9). Litológicamente están constituidas por intercalaciones de arcillolitas y areniscas de las formaciones Guaduas y Bogotá.

En zonas donde las condiciones climáticas fueron diferentes a las actuales se encuentran en la sabana de Bogotá geoformas con las siguientes características:

#### **3.2.2.4 Cerros residuales (Dcr)**

Cerros de morfología alomada o colinada de cimas redondeadas de laderas cortas convexas muy inclinadas asociadas con suelos residuales gruesos. Su origen se debe posiblemente a procesos de meteorización diferencial intensa en climas húmedos tropicales diferentes a los actuales.

Este tipo de geoformas se presenta principalmente en el sector suroccidental de la Sabana, en la región de Mondoñedo, y al norte de Cogua. En Mondoñedo son de formas ovaladas e irregulares en planta, 2 – 9 Km<sup>2</sup> de extensión y de 100 – 200 m de elevación. Se encuentran asociados a rocas de las formaciones Labor y Tierna, localmente con suelos residuales y con desarrollo de drenaje radial poco denso.

En el sector norte de Cogua son cerros irregulares de 2 – 4 Km<sup>2</sup> de extensión y 50 100 m de elevación, desarrollado en rocas arcillolíticas blandas de la formación Guaduas con suelos residuales arcillosos y localmente arenosos. Presentan drenaje radial denso y localmente con procesos de carcavamiento.

#### **3.2.2.5 Cerros remanentes o relictos (Dcrm)**

Cerros localmente elongados de morfología alomada de laderas cortas, de forma convexas e inclinados abruptamente. Su origen esta relacionado con procesos de erosión diferencial que han operado en tiempos anteriores bajo condiciones climáticas diferentes

a las actuales. Se incluyen aquí los cerros exhumados entre geoformas de acumulación mas recientes.

En la sabana de Bogotá son de común ocurrencia al sur Oeste de Bogotá, en la región de Mondoñedo y Soacha, ver **Figura 17a**. Igualmente se encuentran al sureste del embalse de Tominé.

Se presentan como cerros aislados de 0.2 – 4 km<sup>2</sup> de extensión de laderas muy cortas y convexas, y con alturas del orden de 20 – 100 m de elevación (**Figura 17b**). Evidencian procesos acentuados de erosión asociados con surcos y carcavamiento y localmente se encuentran muy fracturados asemejando Tors.

En el noreste de la sabana, principalmente en el sector de Tominé se encuentran como remanentes de un anticlinal desmantelado y cabeceante hacia el sur. Del mismo modo representan espinazos estructurales muy denudados y de formas elongadas, algunos como ventanas entre depósitos de origen fluvio glaciar.

Este tipo de geoformas se desarrolla en los sectores mencionados, en rocas de las formaciones Pleaners, Labor y Tierna y Cacho. Tal situación indica que el proceso acentuado de erosión se debe no solamente por las condiciones climáticas prevalecientes durante su generación, sino por el carácter erosivo y friable de las rocas donde se presentan.

### 3.2.2.6 Escarpes erosivos mayores (Deem)

Escarpe de longitud muy corta de formas cóncavo convexas y abruptos a muy abruptos, cuyo origen se asocia a procesos de erosión lateral diferencial o a retroceso por fenómenos de remoción en masa a lo largo de corrientes fluviales. Se presentan muy esporádicamente en la sabana de Bogotá en el sector nororiental, en cercanías de la represa del Sisga. Son de longitudes cortas y pendientes de 15° – 20° y están asociadas localmente a la ladera de contrapendiente de la sierra sinclinal del Sisga.

### 3.2.2.7 GLacis:

Son superficies de erosión de longitud moderadamente larga a muy larga, de formas cóncavas y suavemente inclinadas, esculpidas en roca por procesos de escorrentía superficial en el pie de una montaña en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Los procesos denudativos acentuados en estas condiciones formaron:

- **Glacis de erosión (Dge):** Superficie de erosión larga a muy larga, de forma cóncava y suavemente inclinadas, esculpida en roca en zonas de piedemonte por procesos de escorrentía superficial en condiciones climáticas áridas a semiáridas. Es característico el desarrollo de fuerte carcavamiento y tierras malas.

Se encuentran ampliamente desarrolladas en la región de Mondoñedo (**Figura 17a**), Facatativa, en el sector suroccidental de la sabana de Bogotá. De igual manera se presentan al sureste del embalse de Tominé y al norte de la localidad de Nemocón.

En general se presentan como laderas a manera de franjas de 0.5 – 2 km de amplitud e inclinaciones de 5° - 10° de inclinación. Se encuentran por procesos acentuados de erosión asociados con desarrollo de surcos, carcavamiento y localmente badlands con barrancas 2 – 3 m de altura. (**Figura 18**).



a)



b)

**Figura 17:** a) Panorámica del sector de Mondoñedo con cerros remanentes que sobresalen limitadas por hondonadas asociadas a glacis de acumulación y coluviones. b) Detalle de un cerro remanente de morfología alomada y bordeada por glacis de acumulación



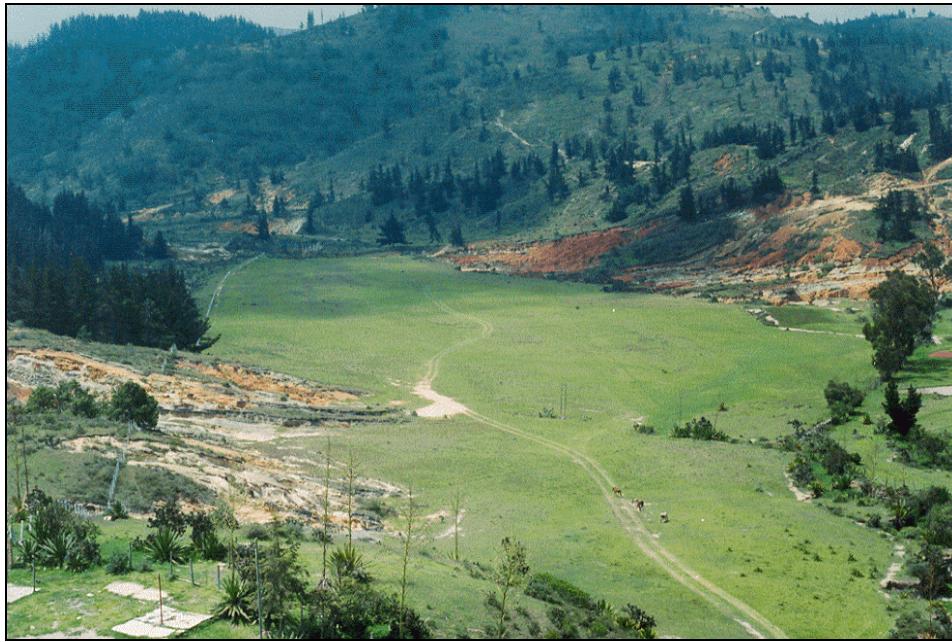
**Figura 18:** aspecto de los procesos erosivos intensos asociados con bad lands en la vía que conduce de Mondoñedo a Soacha. Obsérvese el cerro remanente en rocas la formación arenísca Labor – Tierna asociado con bloques in – situ y la acumulación de sedimentos coluviales finos (glacis de acumulación) en los valles afectados posteriormente por erosión acentuada

Se desarrollan en terrenos semiáridos de constitución arcillosa y arenítica friable de las formaciones Guaduas, Pleaners y Labor – Tierna, localmente cubiertas con suelos coluviales antiguos de las llamadas formaciones Mondoñedo y Balsillas. El terreno evidencia procesos denudativos y de acumulación antiguos, asociados con los procesos de levantamientos de la cordillera oriental, cuyo determinó un rejuvenecimiento del paisaje.

Asociados con las anteriores geoformas y relacionadas genéticamente se encuentran geoformas agradacionales denominadas:

- **Glacis de acumulación (Dga):** Superficie de acumulación de longitudes moderadamente largas de formas cóncavas y suavemente inclinadas. Su génesis se asocia a la acumulación del material fino en zonas bajas por procesos de erosión laminar. Se incluyen igualmente los planos adyacentes, formados por rellenos de material coluvial fino con bloques, producto de la erosión laminar de las laderas circundantes y presentan espesores de 3 - 10 m.

Presentan su máxima expresión en la región de Mondoñedo, ver **Figuras 17a y 18**, Bojacá, en Facatativá, localmente al noreste de Suesca y norte de Nemocón. Se constituyen de material arenoso y arcilloso y no se descarta la interdigitación con sedimentos de origen lagunar en los bordes de la sabana como se puede apreciar en la **Figura 19**.



**Figura 19:** Vista hacia el noreste del valle al sureste de Bojacá en la región de Mondoñedo. Nótese el proceso erosivo acentuado relacionado con fuerte carcavamiento en las laderas y la acumulación de sedimento en la parte baja por procesos de escorrentía superficial subreciente.

Los procesos gravitacionales y denudativos intensos a los cuales han sido sometidas durante su evolución las rocas y aún sedimentos antiguos, han generado otro tipo de acumulaciones de sedimento de diferentes formas y orígenes. En la sabana de Bogotá se presentan igualmente:

### 3.2.2.8 Deslizamientos (Ddl)

Movimiento perceptible ladera abajo de material rocoso, suelo o relleno artificial por efecto de la gravedad terrestre. Se asocia con superficies de ruptura, falla o una zona delgada de intensa cizalla. Se presentan dos tipos principales en la Sabana de Bogotá:

- **Deslizamiento rotacional:** Deslizamiento caracterizado por movimientos gravitacionales a lo largo de una superficie de ruptura curva y cóncava hacia arriba, en asocio de un cono de deslizamiento hundido en la parte alta o cabecera y levantado hacia el pie o pata del mismo. De acuerdo a la edad relativa del fenómeno puede ser reciente (**Drr**) o antiguo (**Dcda**). Se compone de un escarpe de deslizamiento y la masa deslizada ó **Cono de deslizamiento rotacional (Dcdr – Dcdra)**, que es una acumulación de tierra y bloques en forma de cono o lóbulo de morfología alomada baja, de longitud muy corta a corta y de formas irregulares localmente escalonadas muy inclinadas a abruptas. La forma es lobulada en su parte distal y basculada en asocio de empozamientos de agua en su parte alta y media. según su edad relativa puede ser reciente (**Cddr**) o antiguo (**Dcda**) y presentan espesores de 5 - 20 m.

Se encuentran particularmente en el sector este y sur de la ciudad de Bogotá y su origen esta asociado con la actividad antrópica que ha inicialmente a sustraído materiales para la construcción y posteriormente ha colonizado las laderas de manera no técnica, acelerando los procesos denudativos naturales y disparando los deslizamientos. Esta actividad se inició a mediados del siglo XX al oriente de la ciudad y ha migrando hacia el norte en el sector de Usaquén y hacia el sur en inmediaciones de ciudad Bolívar (**Figura 20**).



**Figura 20:** Aspectos de los deslizamientos en el sector de El Espino en ciudad Bolívar. Note los desprendimientos de material cuyo proceso se atribuye en gran parte a la actividad antrópica sin planificación alguna.

Se caracterizan por ser deslizamientos de 100 – 200 m de corona con escarpes principales de 1 10 m y asociado con agrietamiento transversal.

Los conos de deslizamiento en forma de abanico y con inclinaciones de 15° - 20°, se constituyen de material arenítico y arcillolítico con coberturas locales de escombros de construcción.

- **Deslizamiento translacional (Ddtr – Ddta):** Deslizamiento de rocas o tierra que involucra movimiento a lo largo de una superficie de falla más o menos planar. El movimiento es controlado por planos someros de debilidad (Planos de estratificación o el contacto entre un plano rocoso y los detritos suprayacentes). De acuerdo a su edad relativa pueden ser recientes (Ddtr) o antiguo (Ddta). La masa deslizada o **Cono de deslizamiento translacional (Dcdtr – Dcdta)** es alomado de aspecto planar y lobular hacia la base, de longitud corta, de forma irregular a compleja y abrupta a muy abrupta de aspecto caótico y asociado con bloques rocosos separados por grietas donde el drenaje es ausente o desordenado y localmente deflectado por el lóbulo frontal de tierra. De acuerdo con su edad relativa puede ser reciente (Dcdtr) o antiguo (Dcdta), y tiene espesores de 3 - 15 m.

Se encuentran localmente sobre laderas estructurales de sierras homoclinales en la región de Tenjo, Cota y W de la represa del Sisga y en el flanco occidental de la sierra anticinal de Usaquén, ver **Figuras 21 y 22**. En general los reciente son de tamaño reducido y localmente no cartografiados, y su origen se asocia a actividad antrópica.



**Figura 21:** deslizamiento de tierra de tipo translacional en la carretera del norte al sur de la represa del Sisga. Nótese la disposición estructural de las rocas con inclinaciones del orden de los 45° a favor de la pendiente.

Se evidenciaron deslizamientos de carácter regional en este mismo tipo de ladera, generalmente asociado con pliegues de gravedad que involucra como zonas de despegue rocas muy fracturadas de la formación Pleaners e involucrando, bloques de 100 a 200 m de areniscas de la formación areniscas de Labor y Tierna. Esta tectónica de gravedad fue estudiada anteriormente por Julivert particularmente en la sierra homoclinal de Cota y al oriente del casco urbano de Bogotá (JULIVERT 1961a, 1962 y 1963).

### 3.2.2.9 Conos y lóbulos coluviales y de solifluxión (Dco)

Geoforma en forma de cono o lóbulos de longitudes cortas a largas, de formas convexas e inclinaciones suaves a abruptas. Se originan respectivamente por acumulación de materiales sobre las laderas tanto por procesos de escorrentía superficial como por flujo lento y viscoso de suelo saturado y no saturado. Se constituyen de bloques angulares a subangulares de diferentes tamaños embebidos en material arcilloso en espesores del orden de 5 - 35 m.



**Figura 22:** Deslizamiento translacional en la región de Usaquén a la altura de la calle 156 con séptima. Los mecanismos de generación están asociados con la disposición estructural de las rocas a favor de la pendiente y la explotación de materiales de construcción de manera antitécnica.

Este tipo de geoforma son de amplia distribución en la base de las laderas de las sierras homoclinales que atraviesan de sur a norte la sabana de Bogotá. Presentan forma de cono en general de 3 – 5 ha y 5° - 15° de inclinación, ver **Figura 23**, que se interdigitan conformando franjas de 100 - 500 m en la base de las laderas. Hacia las zonas más elevadas, en los bordes de la sabana donde la humedad es muy alta desarrollan tamaños kilométricos y se asocian con procesos de solifluxión de suelos. Los conos coluviales se constituyen de bloques de variado tamaño (areniscas, arcillolitas) embebidos en una matriz arcillosa o arcilloarenosa que cubre parcialmente la base de las laderas.

Se importante notar la existencia de acumulaciones de estas mismas características, localmente sobre las laderas de cerros residuales y remanentes, sin embargo su morfología ha sido modificada por levantamientos del terreno y procesos denudativos posteriores. Este rejuvenecimiento del paisaje se evidencia claramente en la región de Mondoñedo y Soacha, ver **Figura 24** e indica los cambios sucedidos durante el levantamiento de la cordillera oriental, lo cual se ha comprobado igualmente con la presencia de suelos rojos típicos de climas tropicales diferentes a los actuales.

### 3.2.2.10 Conos de Talus (Dct):

Geoforma localizados al pie de zonas escarpadas en forma de cono o lóbulos, de longitud muy corta a corta, de formas rectas a convexas, inclinadas a muy inclinadas. Se forman esencialmente por acumulación mecánica de bloques angulares desprendidos por meteorización acentuada del escarpe adyacente. Se incluyen igualmente las acumulaciones de bloques caídos por la acción de actividad sísmica y volcánico. Se constituye de bloques angulares a subangulares de variado tamaño (0.5 – 3 m), clastosportados y localmente con matriz arenosa o arcillosa. Presentan espesores de 5 - 35 m.

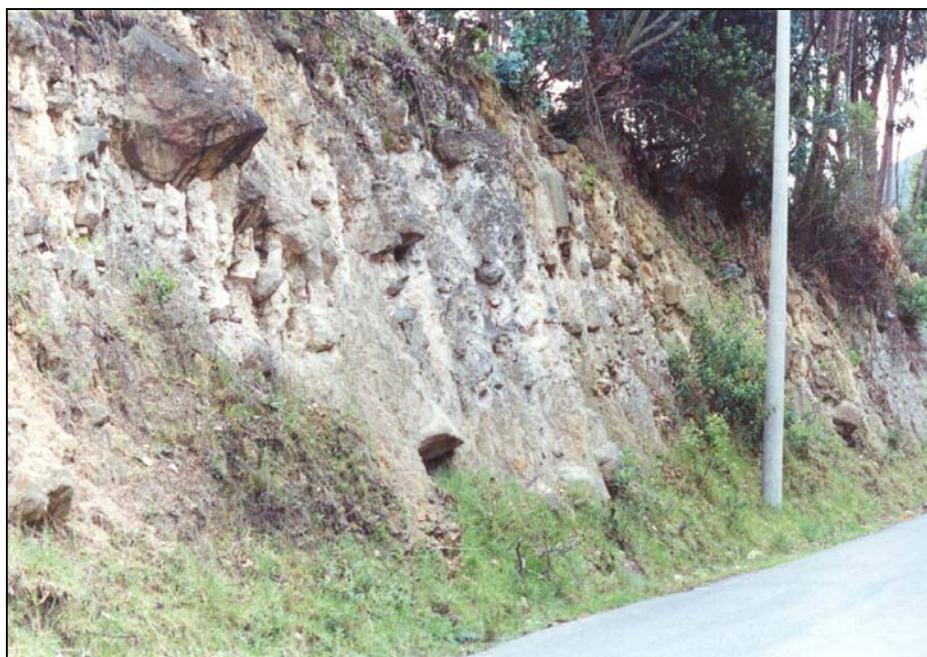


**Figura 23:** Aspecto de los coluviones en la base de las zonas escarpadas de la ladera de contrapendiente de la sierra homoclinal de Cota - Chía, flanco occidental.



**Figura 24:** Vista de coluviones antiguos sobre sustrato rocoso sometidos a procesos de levantamiento y erosión posterior. Nótese el carácter recto de la ladera actual

Se evidenciaron geoformas de estas características al NW de Tabio en la carretera que conduce de esta población a Subachoque. En este lugar presenta un área aproximada de 10000 m<sup>2</sup>, con laderas convexas y pendientes de 15° – 20° y se constituye de bloques de areniscas 0.5 - 1m clastosoportados y con matriz arcilloarenosa localmente (**Figura 25**). Estos depósitos son antiguos y están asociados a un escarpe de falla inversa que afecta el lugar. Igualmente se evidenciaron talus al sureste de Facatativá y el sur de Sibaté. En el primer sitio se caracterizan por estar cementados y con bloques de arenisca de 0,2 – 0.5 m lo cual puede estar indicando la antigüedad relativa de la geoforma asociada igualmente a una zona de fallamiento.



**Figura 25:** Detalle de los talus presentes en la carretera que conduce de Tabio a Subachoque. Nótese la presencia de bloques clastosoportados hasta de 1,5 m de arista

Hacia el sureste de Zipaquirá y en flanco oeste que limita el valle de Teusacá (Suroeste de Sopó) igualmente se encuentran conos de estas características con bloques de arenisca subredondeados y meteorizados de 1- 2 m clastosoportados y con matriz arenarcillosa. Presentan pendientes del orden de los 15° - 20° y se encuentran hacia la base de un escarpe de línea de falla de 150 m de altura y 25° - 30° de inclinación.

### 3.2.2.11 Flujos torrenciales (Dlfb)

Lóbulos y abanicos de morfología alomada de longitudes muy largas a extremadamente largas, de formas convexas abruptas a muy abruptas. Se constituyen de 20 - 40 m de bloques rocosos angulares a subredondeados de tamaño métricos flotantes en matriz arenosa con gravas y arcillas. Su origen se asocia a avalanchas torrenciales inducidas posiblemente por eventos sísmicos o cambios climáticos asociados a lluvias torrenciales.

Estas geoformas de origen fluvio gravitacional son de gran extensión ( $3 - 6 \text{ km}^2$ ) y tienen su máxima expresión en las localidades de Usme, La Calera y el sureste de Subachoque. En estos lugares presentan morfologías alomadas disectadas con local desarrollo de drenaje radial espaciado asociado con pendientes de  $3^\circ - 5^\circ$  en las cimas y  $10^\circ - 15^\circ$  en las laderas, ver **Figura 26**. Se constituyen de bloques de areniscas 2 – 3 m, localmente meteorizados y embebidos en matriz arenosa con esporádicas intercalaciones de arenas, arcillas y paleosuelos negros que en conjunto hacen parte de las llamadas formaciones Marichuela y Chorrera, con la diferencia de una menor deformación en la última (HELMENS 1990. VANDER HAMMEN Y HELMENS 1995). La edad de la formación Marichuela es Plioceno de acuerdo con las últimas dataciones hechas por Toro y otros (2003).



**Figura 26:** Vista hacia el suroeste de los flujos torrenciales presentes en el valle sinclinal del río Tunjuelito. Obsérvese el carácter lobulado de la geoforma s con pendientes mayores hacia los bordes de las mismas.

### 3.2.2.12 Flujos terrosos (Dift)

Lóbulos alomados de longitud corta de frente convexo e inclinaciones suaves con micromorfología asociada a estructuras y cicatrices de flujos de material fino arcilloso saturado de agua y localizados en valles y hondonadas de una ladera. Localmente se presentan limitados o bordeados por canales o drenajes menores y alcanzan espesores del orden de 3 - 5 m.

Estas geoformas se presentan en zonas elevadas donde el material se satura de agua y empieza a migrar por efecto de la gravedad terrestre, presentan forma lobulada y se evidencian en la región de la Calera asociados con procesos de reptación de suelos.

### 3.2.2.13 Flujos de lodo (Difl)

Lóbulos alomados de longitudes cortas, de formas cóncavas y suavemente inclinadas, constituidas de arcillas saturadas de agua con bloques de 5 - 20 cm, que se presentan

siguiendo localmente las hondonadas y valles fluviales y cuyo origen se asocia a lluvias torrenciales pico. Alcanzan espesores del orden de 3 -5 m. Se presentan esporádicamente en la región de la laguna de La Herrera como abanicos o conos de poca extensión.

### 3.3.3. Geoformas de origen fluvial y lagunar:

Las geoformas de origen fluvial y lagunar están originadas por el efecto erosivo y acumulativo de las corrientes de los ríos y la sedimentación de materiales en cuencas restringidas respectivamente. Estas geoformas están definidas principalmente en la parte central de la sabana de Bogotá, y particularmente asociadas a la acumulación de sedimentos de los cursos de los ríos Bogotá, Subachoque, Siecha, Teusacá, frío y Tunjuelito. Se presentan:

#### 3.2.3.1 Planicies y deltas lacustrinos (Fpla)

Planicies extensas de aspecto aterrazado y morfología ondulada suavemente inclinada y limitada hacia los cauces por escarpes de 2 – 20 m de altura.

Se constituye de arcillas grises con locales intercalaciones de arenas finas y delgados niveles de gravas y turbas en capas paralelas producto de la acumulación de materiales transportados por las corrientes locales hacia la cuenca ocupada por el antiguo lago de la Sabana de Bogotá. Espesores de 20 - 300 m.

Estas geoformas son las de mayor expresión en la sabana de Bogotá con una cobertura de aproximadamente 2700 km<sup>2</sup>, ver **Figura 27**. Son de morfología plana y de aspecto aterrazado, suavemente ondulada de 3° - 5° de inclinación y con forma lobulada o de abanico principalmente en la desembocadura de los grandes cursos de agua que entregaron sus aguas en la antigua laguna de la sabana de Bogotá.

Estas geoformas están limitadas por escarpes de 0.5 – 20 m de altura y 15° - 35° de inclinación, encontrándose las máximas alturas en los bordes de la cuenca y particularmente en la zona de la salida del río Bogotá en el sector suroeste de Soacha.

Las planicies lacustrinas de la sabana de Bogotá localizadas en la parte central de la cuenca están constituidas predominantemente de arcillas grises con delgadas intercalaciones de arcillas turbosas. Las arcillas son de características plásticas y localmente expansivas lo cual se evidencia en la deformación de las vías particularmente en la vía que conduce hacia Tenjo.

Hacia los bordes de la cuenca como se indicó previamente la con figuración es localmente en forma de abanico, definiendo los lóbulos de deltas lacustrinos constituidos de arcillas con intercalaciones frecuentes de arenas finas, arenas arcillosas y es igualmente evidente el incremento de arcillas turbosas y ligníticas (VANDER HAMMEN Y HELMENS, 1990).

Las planicies lagunares e igualmente planicies fluviales más antiguas han sido disectadas, dejando amplias planicies de inundación y terrazas fluviales, éstas últimas particularmente en las cuencas marginales de la sabana de Bogotá. Se pueden diferenciar:



**Figura 27:** Planicie Lagunar antigua en el valle del río Teusacá. Nótese la morfología plana solo disectada por las corrientes fluviales actuales.

### 3.2.3.2 Terrazas fluviales de acumulación (Ftar Ftas– Fta)

Superficies planas y suavemente inclinada ( $2^{\circ}$  -  $3^{\circ}$ ) paralela a los ríos a los cuales limitan con escarpes de diferente altura y espesor. Se han formado por la incisión de antiguas planicies de inundación como consecuencia de cambios en el nivel de base de los ríos, por cambios eustáticos ó climáticos, y movimientos tectónicos. Se constituye de material aluvial con gravas arenas y limos y de acuerdo a su edad relativa pueden ser recientes, subrecientes o antiguas.

- **Terrazas fluviales actuales o recientes (Ftar):** Superficie plana suavemente inclinada ( $2^{\circ}$  -  $3^{\circ}$ ) y paralela a los cauces de los ríos a los cuales limitan con escarpes de 1 - 3 m. Se constituyen de 3 - 5 m de arenas y limos con intercalaciones de arcilla y grava fina.

Se presentan en las planicies de inundación y bordeando principalmente el cauce de los ríos, Frío, Subachoque Tunjuelito, Teusacá, Siecha y Bojacá. Son de 100 – 200 m de amplitud de morfología plana suavemente ondulada y limitada por escarpes de 1 – 3m. Se constituyen de gravas finas con intercalaciones de arenas hacia la base y una cobertura de limos y arcillas de inundación hacia el tope. Sedimentológicamente hacen parte de las formaciones Miembro Sabana de la formación Río Tunjuelito y Chía (HELMENS Y VANDER HAMMEN, 1990).

- **Terrazas fluviales de acumulación subreciente (Ftas):** Franjas, plana y suavemente inclinada ( $2^{\circ}$  -  $3^{\circ}$ ) y de 250 - 500 m de amplitud, presentes como remanentes de terrazas de edad subreciente y con escarpes de 5 - 20 m. Se constituyen de arenas y arcillas, localmente con intercalaciones de arenas arcillosas y grava fina.

Se presentan principalmente al norte de Tabio, ver **Figura 28**, al sureste de Subachoque, en el margen derecho del río Tunjuelito y a manera de parches en el margen derecho del río Bogotá a la altura de la desembocadura del río Fucha al oeste de la ciudad. Alcanzan amplitudes de 1000 m en el sector del parque el Tunal, presentan morfología ondulada disectada, localmente basculadas con inclinaciones de pendiente del orden de 3° - 5° aunque localmente pueden alcanzar los 10°. Están limitadas por escarpes localmente abruptos de 5 – 20 m Se constituyen de gravas, arenas y arcillas localmente turbosas y arenosas de las llamadas formaciones Subachoque, miembro sabana de la formación Río Tunjuelito y con cobertura arcillosa de origen lacustre de la formación Chia. Estos conjuntos sedimentarios fluctúan en edad desde el Pleistoceno tardío a Holoceno(VANDER HAMMEN Y HELMENS, 1990).

Las terrazas de la zona occidental de Bogotá y en el margen derecho del río Tunjuelito, a la altura del parque el Tunal como se indicó son de gran amplitud y parecen estar indicando o marcando los niveles del proceso de desecación de la antigua laguna de la sabana de Bogotá.

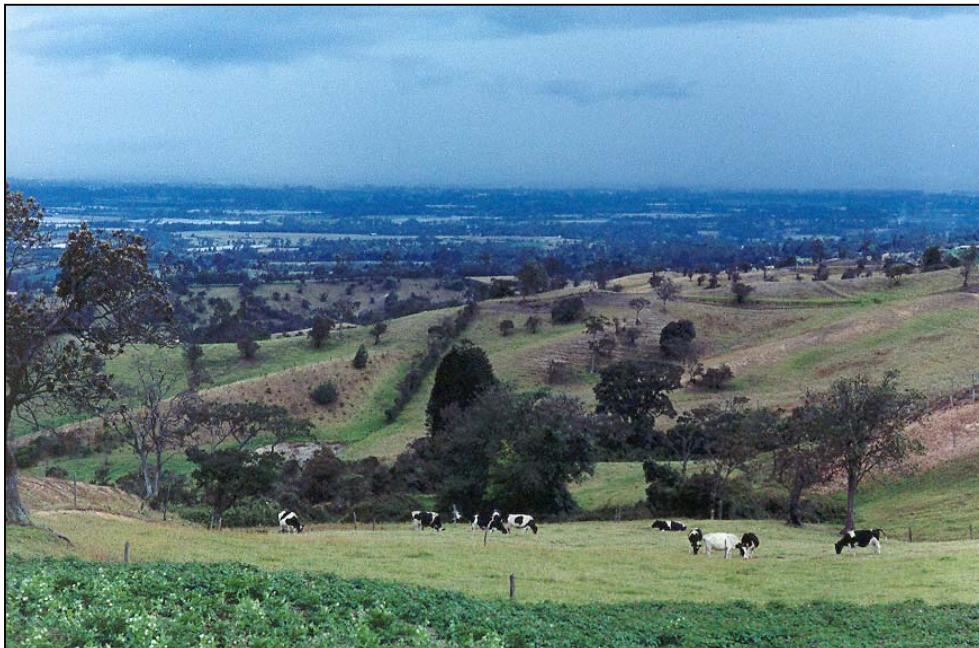


**Figura 28:** Terrazas de acumulación subciciente del río Frío al norte de Tabio. Nótese el carácter tabular de las mismas y la manera de explotación de sus materiales.

- **Terrazas fluviales de acumulación antiguas (Fta):** Terrazas alomadas de varios kilómetros de extensión en forma de abanico ampliamente explayado, de laderas moderadamente largas, de formas cóncavas y convexas con pendientes suaves a inclinadas. Su origen esta asociado con la existencia de abanicos y planicies aluviales antiguos muy disectados y localmente tectonizadas. Se constituyen de 20 - 300 m de gravas y arenas con interestratificaciones de arcillas y turbas.

Presentan una amplia distribución en la región del Sisga, Chocontá, Villapinzón y suroeste de Subachoque, ver **figura 29**. Hacen parte de antiguas llanuras de inundación y abanicos aluviales que fueron basculados y sometidos a procesos denudativos intensos que dejaron una morfología alomada, de formas lobuladas y localmente dómicas asociadas con drenaje radial particularmente en la región del Sisga.

Se caracterizan por presentar pendientes de 5° - 10° en las partes altas limitadas por escarpes de disección en forma de "V" amplia que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. Están constituidas de gravas y arenas y localmente arcillas y arenas con intercalaciones de turba de los miembros medio y superior de la formación Tilatá de edad Plioceno (HELMENS, 1990 – VANDER HAMMEN Y HELMENS, 1995 – VANDER HAMMEN, 2003).



**Figura 29:** Aspecto de los remanentes aterrazados antiguos localizados en la parte alta de la ladera al suroeste de Subachoque. Nótese el basculamiento local y el alto grado de disección de las mismas.

### 3.2.3.3 Terrazas fluviales por erosión (Fte)

Son terrazas de formas planas y suave pendiente, con escarpes de 1 - 5 m y excavadas o talladas en sustrato rocoso por la acción de las corrientes fluviales. La roca por lo general se presenta cubierta por una delgada cobertura de aluvión de grava y arcilla.

Terrazas de estas características se presentan en el sector norte de la represa del Muña, en el suroeste de la sabana de Bogotá. Presenta una morfología plana suavemente ondulada de aproximadamente 1 Km<sup>2</sup> de extensión y limitada por escarpes mayores de 15 m hacia la llanura de inundación del río Bogotá.

Se encuentra esculpida en rocas limolíticas de la formación Pleaners del grupo Guadalupe, dispuesta estructuralmente de manera horizontal en este sector y su morfología actual se generó durante los últimos eventos de secado del antigua laguna de la sabana de Bogotá.

### 3.2.3.4 Planicie o Llanuras de inundación (Fpi):

Franja de terreno plana baja de morfología ondulada de 0.05 – 5 km de extensión, eventualmente inundable. Se presenta bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Se constituye de 3 - 5 m de arcillas y limos producto

de la sedimentación durante eventos de inundación fluvial. Se incluyen los planos fluviales menores en formas de "U" o "V" y conos coluviales menores, localizados en los flancos de los valles intramontanos.

Las planicies o llanuras de inundación presentan un amplio desarrollo en la sabana de Bogotá y están asociadas evolutivamente a los últimos eventos de secado y los procesos de disección de las planicies lagunares por los principales ríos que la drenaron. Se destacan por su amplitud las llanuras de inundación del ríos Bogotá, Teusacá, Frío, Subachoque, Las Pavas, Bojacá y Tunjuelito, ver **Figuras 14 y 30**.



**Figura 30:** Detalles de la llanura de inundación del río Bogotá al suroeste del municipio de Soacha. Obsérvese al fondo el límite de la misma, definida por el escarpe de terraza de la planicie lagunar de la Sabana.

Se constituyen de arcillas grises de inundación, localmente con intercalaciones de arenas muy finas a limosas de colores claros, dispuestos en capas delgadas horizontales de la llamada formación Chía (FIGURA 15). Asociadas con las llanuras de inundación de los ríos en la sabana de Bogotá se encuentran:

### 3.2.3.5 Cuencas de decantación o basines (Fcd):

Artesas localmente llenas de agua, de bajorrelieve casi planas y pobemente drenadas, formadas por desborde de los canales o ríos adyacentes. Se constituyen de materiales finos arcillosos de 0.5 - 1 m de espesor con abundancia de materia orgánica.

Las cuencas de decantación se encuentran en estado natural como zonas pantanosas y parcialmente vegetadas principalmente a lo largo de los ríos Bogotá, Subachoque y Tunjuelito, ver **Figura 14**. En general alcanzan extensiones de 0.3 - 1 km<sup>2</sup>, sin embargo pueden alcanzar los 3km<sup>2</sup> en la llanura de inundación del río Bogotá localizada al oeste del casco urbano de la ciudad, donde localmente al igual que la cuenca alta han sido total o parcialmente rellenadas.

### 3.2.3.6 Diques naturales o albardones (Fa)

Son crestas de 1 – 2 m de alto y 3 – 4 m de ancho que bordean las riberas de las corrientes fluviales mayores, particularmente en las partes cóncavas de las curvas de los ríos, ver Figura 23. Se constituyen de arenas finas y limos. Se presentan principalmente en las riberas del río Bogotá y están asociados localmente a:

### 3.2.3.7 Deltas de desborde lateral (Fdd)

Cuerpos en forma de lengua o cono formados por la acumulación de 2 – 3 m de espesor de sedimentos en general arenosos finos, cuyo origen se asocia a la ruptura de los diques naturales del río, en eventos de alta energía.

Estas geoformas de morfología suavemente ondulada y configuración festoneada se evidencian particularmente en las partes convexas del río Bogotá, al occidente de la ciudad, donde se extienden hacia las cuencas de decantación presentes en la zona. Su presencia evidencia eventos de alta energía fluvial en el pasado cercano y que ya no se presentan debido al control del caudal del río ejercido aguas arriba, donde el agua es aprovechada para el regadío principalmente.

### 3.2.3.8 Meandros abandonados (fmc)

Tramo curvo abandonado en el curso de un río tanto por la migración lateral de la corriente hacia la parte contraria de la concavidad, o por el corte de la zona más angosta entre dos curvas consecutivas. Se constituyen de 2 - 3 m de sedimentos finos arcillosos con intercalaciones de turba producto del estancamiento de aguas.

Se presentan asociados principalmente a los cursos de los ríos Bogotá, Tunjuelito y Subachoque que son de características sinuosas a meandríticas, con variaciones locales a tramos rectos que indican control estructural y en algunos sectores debido a actividad antrópica como al sureste de Bogotá, en el barrio Tunjuelito. Se evidencian en campo por la presencia de la artesa o cauce parcialmente colmatado y con abundancia de vegetación acuática (**Figura 31**)

En general los meandros abandonados presentan una longitud de 500 – 1000 m, en la parte alta y particularmente en la parte media de la sabana de Bogotá, sin embargo al ampliarse la llanura de inundación en la parte final de su curso (W de Bogotá y Soacha), los meandros alcanzan longitudes de 2 – 3 km y se restringen en general hacia el margen izquierdo del curso actual. Llama igualmente mucho la atención en el río Tunjuelito, la presencia de meandros abandonados en particular en el margen derecho, del mismo modo la presencia de una amplia terraza en el mismo sector (sector del Tunal), lo cual permite evidenciar en el pasado reciente una migración progresiva del río hacia el suroeste, lo cual puede deberse a basculamientos neotectónicos o disminución del caudal del río, sin desconocer la influencia de la alta actividad antrópica de los últimos 40 años.

En relación directa con lo anteriormente evidenciado se puede indicar igualmente que el río Tunjuelito desembocaba anteriormente 4.5 km al oriente de la actual desembocadura. Tal situación se evidencia por la presencia de antiguos canales muy meandríticos detectados en fotografías antiguas de la década del 50, lo cual confirma una migración del río hacia suroeste y cuyas causas están aún por establecer.



**Figura 31:** Detalle de un meandro abandonado del río Bogotá al suroeste de la localidad de Soacha. Nótese la abundancia de materia orgánica y vegetación acuática.

El río Subachoque presenta variaciones por tramos en el grado de sinuosidad. Mientras en la parte alta de la cuenca la sinuosidad es alta, hacia la parte intermedia el río disminuye. En el último tramo al sureste de la localidad del Rosal y hasta su confluencia con el río Botello – Bojacá, el cauce es muy sinuoso y meandríco, y asociado a niveles de terraza de 1 m de altura. Esta situación es indicadora de actividad neotectónica relacionada con el fallamiento de rumbo de dirección NW – SE que debe ser motivo de estudio en los próximos años.

Asociado con el cauce de los ríos principalmente el río Bogotá se encuentran barras puntuales y barras longitudinales que presentan las siguientes características:

### 3.2.3.9 Barras puntuales (Fbp)

Cuerpos en forma de medialuna y morfología suavemente ondulada compuestas de crestas y artesas curvas de poca altura. Se localizan en la parte cóncava de las curvaturas de los ríos y se forman por el acrecimiento lateral de 3 – 5 m de sedimentos particularmente arenosos finos con material fino arcilloso en las artesas.

Son en general de poca extensión 4 – 5 ha y localmente no cartografiables a la escala de trabajo, sin embargo presentan su mayor extensión en los ríos Bogotá y Tunjuelito, alcanzando tamaños de 25 – 30 ha en el tramo final (W de Soacha) del río Bogotá en la sabana. Se caracterizan por la presencia de orillares actualmente no muy bien definidos por la acción de la actividad antrópica asociada a la agricultura y la ganadería.

Hacia la parte de piedemonte y en zonas intramontanas se presentan geoformas de origen fluvial que están controladas topográfica y estructuralmente. Entre estas geoformas se encuentran:

### 3.2.3.10 Abanicos aluviales (Fa)

Geoforma en forma de abanico ampliamente explayado y aterrazado de varios kilómetros de extensión, de laderas rectas o cóncavas y con suaves pendientes. Su origen esta asociado con acumulación de material aluvial en una zona plana o un valle amplio, a la salida de un valle tributario. Se constituyen de 50 - 80 m de gravas y arenas con interestratificaciones de arcillas y limos en su parte distal.

Se consideran como abanicos aluviales por su configuración y constitución y textura sedimentológica los lóbulos localizados en los alrededores de Subachoque, los lóbulos en forma de abanico el sur de Bogotá y asociados al río Tunjuelito y los lóbulos localizados al sur de la localidad de Guasca. Presentan extensiones del orden de los 2 – 45 km<sup>2</sup> son de morfología plana aterrazada suavemente ondulada y con pendientes entre 2° - 10° y localmente disectadas con escarpes de 3 – 15 m (Figuras 12). Se constituyen de gravas gruesas con intercalaciones de arenas y arcillas de las formaciones Subachoque y llamado miembro Sabana de la formación río Tunjuelito, ver **Figura 32** (HELMENS, 1990).

Hacia Zipaquirá y en el piedemonte del flanco occidental del valle de Nemocón, igualmente se presentan unos lóbulos en forma de abanico de 5° - 10° de inclinación hacia el valle formando escarpes locales de 1- 2 m. Estas geoformas se consideran abanicos aluviales y se constituyen de gravas de la formación río Tunjuelito cubiertas por arcillas de la formación Chia.

Los abanicos aluviales se han considerado como de ambientes áridos a semiáridos, sin embargo recientes investigaciones han permitido establecer que estas geoformas se pueden encontrar en ambientes húmedos. Los abanicos aluviales y particularmente su tamaño depende de factores como el tamaño de la cuenca, disponibilidad de fuente de materiales, tectónica imperante, el clima y espacio para su emplazamiento (WESTERBROOK 1999).

En la sabana de Bogotá se formaron en climas diferentes a los actuales y sus sedimentos pueden haber estado asociados a tanto a climas tropicales y localmente interglaciares. Los sedimentos constituyentes son materiales retrabajados y acumulados de manera torrencial durante eventos de alta energía y posiblemente afectados posteriormente al menos en parte por procesos tectónicos, de margen lagunar e interglaciar. De hecho y particularmente los depósitos asociados en esta geoforma al río Tunjuelito son considerados por Helmens (1990) como de origen deltaico lagunar, sin embargo el carácter de textura gruesa indica un origen predominantemente fluvial con intercalaciones que como lo indica el mismo autor muestran condiciones climáticas interglaciares.

### 3.2.3.11 Cono de deyección (Fcdy)

Geoforma en forma de cono en planta y de 5° - 10° de inclinación de decenas de metros de extensión, ubicados en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios. Se constituyen de tierras, arena y grava, en espesores de 3 - 5 m.



**Figura 32:** Detalle de las gravas asociadas con el llamado abanico aluvial de Tunjuelito.

Se presentan localmente en el piedemonte de las sierras homoclinales que cruzan de norte a sur la sabana de Bogotá. Alcanzan extensiones de 0.5 – 2 km<sup>2</sup> e inclinaciones de 5° - 10°. Se Constituyen localmente de gravas de 2- 3 cm subredondeadas ver Figura 23.

### 3.2.3.12 Planos y planicies aluviales intramontanos (Fpp)

Planicies elongadas de morfología suavemente ondulada localizadas en valles homoclinales o sinclinales. Se constituyen de 3 - 5 m de sedimento aluvial o lacustre.

Se destacan por su tamaño cartografiable las ubicadas al oeste de Sibaté, en el valle de la vereda San Rafael, la planicie ubicada al este de la represa del Muña, ver Figura 33, el plano ubicado en la región de Santa Barbara, y la ubicada 7 km al noroeste de Facatativá. Son de morfología plana suavemente inclinada, siendo la más grande la primera nombrada con 4 km de largo por 450 m de ancho y limitada por laderas estructurales y de contrapendiente de sierra homoclinal. Se constituyen de sedimentos finos de origen aluvial y lacustre y asociados lateralmente por depósitos matriz soportados de origen coluvial.

### 3.2.3.13 Planos y artesas lagunares (Fpl)

Cuerpos naturales de agua localmente de aspecto pantanoso, de formas irregulares y de poca profundidad, acumulados en artesas de origen tectónico o estructural. El fondo está constituido de 3 - 5 m de arcillas, localmente con diatomitas. Se presentan particularmente en el sector suroccidental de la Sabana de Bogotá, en la región de Mondoñedo. Se pueden diferenciar dos tipos: Unas de origen estructural y tectónico y otras de origen predominantemente aluvial. Entre las primeras se distinguen las ubicadas en la parte alta de



**Figura 33:** Aspecto del plano aluvial intramontano al oriente de la represa del Muña. Nótese en primer plano el encerramiento asociado a un valle homoclinal.

Mondoñedo a 2700 msnm, de formas e irregulares y con extensiones entre 0.3 – 0.5 Km<sup>2</sup>. Se presentan en artesas controladas estructuralmente por fallamiento y se presentan como planos de material lacustrino fino, localmente colmatadas de agua de origen pluvial.

Asociadas con zonas inundables de origen aluvial se encuentran las lagunas de la Herrera y El Juncal entre las poblaciones de Bojacá y Mosquera, ver Figura 33. Se presentan en la llanura aluvial del río Bojacá y no se descarta un control estructural por fallamiento. Cubren áreas de 2 y 0.5 km<sup>2</sup> respectivamente y Según Vander Hammen y Gonzalez 1965 en Helmens (1990), se constituyen de una secuencia de diatomitas con delgadas intercalaciones de arcillas grises y turbas de colores oscuros en un espesor total del orden de los 5 m. Es típico el grado de colmatación de las lagunas y el desarrollo de vegetación acuática.

#### 3.2.3.14 Planos anegadizos (Fpa)

Artesas de bajo relieve casi planas y de formas irregulares, mal drenadas que se localizan en las planicies lagunares o de inundación de los ríos y cuyo origen se relaciona fundamentalmente a encharcamientos pluviales en zonas planas. Presentan suelos residuales finos de 0.1- 0.5 m de espesor, localmente con abundante materia orgánica vegetal.

Se presentan como artesas de formas irregulares de 0.5 a 2 km<sup>2</sup> de extensión, particularmente en la planicies lagunares subrecientes de la sabana de Bogotá. Se evidenciaron en fotografías aéreas y su origen obedece a encharcamientos generados

durante grandes eventos invernales. Llama la atención la alineación local de algunas de ellas lo cual puede deberse tentativamente a procesos neotectónicos.

### 3.2.4 Geoformas de origen glaciar y periglaciar

Corresponde a las geoformas cuya expresión morfológica esta o fue establecida por la erosión intensa ocasionada por el movimiento de grandes masas de hielo en zonas de alta montaña durante la épocas glaciares, o igualmente por la acción del enfriamiento intermitente y saturación de sedimentos en zonas periglaciares. Tales eventos esculpieron el sustrato rocoso de origen estructural preexistente y además generaron grandes cantidades de sedimento, acumulados en las laderas adyacentes.

Geoformas de estas características presentan un amplio desarrollo a elevaciones mayores de 3000 msnm, al sur de la localidad de Usme (páramo de Sumapaz), en el borde nororiental de la Sabana (páramo del Palacio) y en el sector norte, en zonas aledañas al páramo del Guerrero.

Se han diferenciado de acuerdo a su disposición estructural y morfología glaciada: sierras homoclinales, sierras anticlinales, espinazos estructurales, cuestas estructurales, planchas estructurales y laderas estructurales y de contrapendiente afectadas por procesos erosivos y de agradación glaciar y periglaciar. Las geoformas de mayor elevación corresponden a las sierras homoclinales glaciadas, tienen morfología montañosa a colinada y determinan el límite de la cuenca de la sabana de Bogotá, y se extienden particularmente por la parte oriental de la sabana y en el sector noroccidental de la misma.

Asociadas se presentan sierras anticlinales, planchas estructurales en general con morfología colinada a alomada y en general modeladas por procesos glaciares erosivos evidentes localmente por la presencia de circos, aristas y valles glaciares favorecidos por artesas sinclinales y valles homoclinales como en el páramo del guerrero y sur del valle del Tunjuelito respectivamente, estos últimos asociados con espolones faceteados.

Sus laderas estructurales en general se presentan afectadas por procesos de exaración evidente por la presencia de bloques dejados insitu probablemente por la extracción o arranque de partículas finas por efecto del hielo (Plucking), particularmente en zonas periglaciares, ver **Figura 34**, que localmente han dejado concavidades o circos de nivación. Las laderas de contrapendiente son festoneadas y relacionadas con la existencia de circos glaciares de paredes verticales y muy localmente valles glaciares, algunos colgantes no muy desarrollados al oriente del valle del páramo del Guerrero, al sureste de Guasca y al sur de la región de Usme. Las geoformas de origen estructural glaciado presentan las siguientes características en la sabana de Bogotá:

#### .3.2.4.1 Sierras homoclinales glaciadas (Gsh)

Son sierra simétrica o ligeramente simétrica elongada de morfología montañosa de cimas agudas y formada por una secuencia estratos o capas apilados e inclinados en una misma dirección por efecto de replegamiento intenso y afectadas posteriormente por procesos glaciares y periglaciares que dejaron laderas aborregadas con bloques, circos de nivación y glaciares y localmente valles en "U". Presentan laderas estructurales (**Gshle**) definidas por la inclinación de los estratos areníticos duras a intermedias dispuestas en favor de la pendiente ( $> 35^\circ$ ), son de longitud moderada a larga de formas rectas a irregulares y con pendientes escarpadas a muy escarpadas por desarrollo de

círcos glaciares. Presentan localmente suelos residuales delgados y negros, y cobertura parcial de depósitos morrenicos y de gelifracción.



**Figura 34:** Aspecto de los procesos de extracción de partículas finas de las laderas por acción de enfriamientos extremos en las laderas estructurales de la sierra homoclinal glaciada presente al NNE de la Pradera en el páramo de Laguna Negra. Note la acumulación de material en la base escarpada asociada con lóbulos de gelifracción?.

Las laderas de contrapendiente (**Gshcp**) están definidas por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente, son de longitud moderada a larga, de formas cóncavas a irregulares escalonadas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas, asociadas localmente a depresiones de nivación y círcos glaciares. Es común la presencia de procesos extracción (Plucking), manifiesta por la presencia de bloques rocosos insitu de proporciones métricas en las laderas y relacionadas hacia la base con depósitos de gelifracción.

Se presentan principalmente en las zonas más elevadas (3400 – 3800 m.s.n.m) que constituyen el límite de la cuenca de la Sabana de Bogotá por el oriente y el sector noroccidental de la misma. Corresponden a los páramos del Sumapaz, ver **Figura 35**, Salitre, Palacio, y Guerrero, Peña Negra y Laguna verde respectivamente.

El modelado glaciar afecta rocas en general de las formaciones Chipaque, Arenisca Dura, Pleaners, Labor y tierna cuyo comportamiento difiere de acuerdo a su dureza y grado de erodabilidad. En ese sentido las zonas más prominentes están relacionadas con rocas de la formación arenisca Dura.

Las geoformas estructurales de expresiones prominentes y erosionadas por procesos de origen glaciar y periglaciar están localmente relacionadas con valles, y círcos glaciares y de nivación, los cuales presentan las siguientes características generales:



**Figura 35:** Aspecto de las laderas de contrapendiente de la sierra homoclinal glaciada localizada 10 km al suroeste de Usme. Nótese la configuración irregular de la cima, la irregularidad de la ladera y los procesos de exaración que la afectan.

#### 3.2.4.2 Valles o artesas glaciares (Gvfg)

Son valles rectos y anchos en forma de "U" de laderas cortas, cóncavas y pendientes abruptas, localmente con facetas truncadas, y fondo en artesa. Se originaron por la presión lateral ejercida por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial y su fondo se constituye de bloques angulares de 3- 5 cm en matriz arcillosa compacta. Localmente los valles tributarios (valles colgantes) muestran el piso o fondo más alto que el valle principal que lo trunca en la confluencia.

Se cartografiaron solamente algunos valles glaciares en forma de "U" producto de la socavación del hielo en valles homoclinales, particularmente en el flanco oeste del páramo del Palacio (sureste de Guasca y localmente en el sureste del páramo del Sumapaz. Sin embargo los valles sinclinales igualmente presentan influencia glaciar, diferenciándose en estos casos solamente la base del valle asociada con acumulación de morrenas de fondo y sedimento de planicie glaciolacustrina como en la parte alta del río Frío, ver **Figura 36**

#### 3.2.4.3. Círcos glaciares y de nivación (Gc)

Concavidades semicirculares de paredes de longitudes cortas, cóncavas y escarpadas ó depresiones someras formadas por socavación debida a la acción erosiva de escarcha o nieve en zonas de influencia glaciar y periglaciar respectivamente. Mientras los primeros se forman o se formaron por retroescavación rotacional de la masa de hielo, los segundos se originan por procesos de congelamiento y deshielo de la masa rocosa que produce depresiones por despegue y extracción de partículas (plucking), acumuladas luego ladera abajo por procesos de gelificación. Particularmente hacia la base de los círcos glaciares se encuentran:



**Figura 36:** Vista hacia el norte del valle sinclinal del río Frío modelado en forma de “U” por acción glaciar. En primer plano la planicie glaciolacustrina asociada localmente con material morrénico de fondo.

#### 3.2.4.4 Lagos Glaciares (Gl)

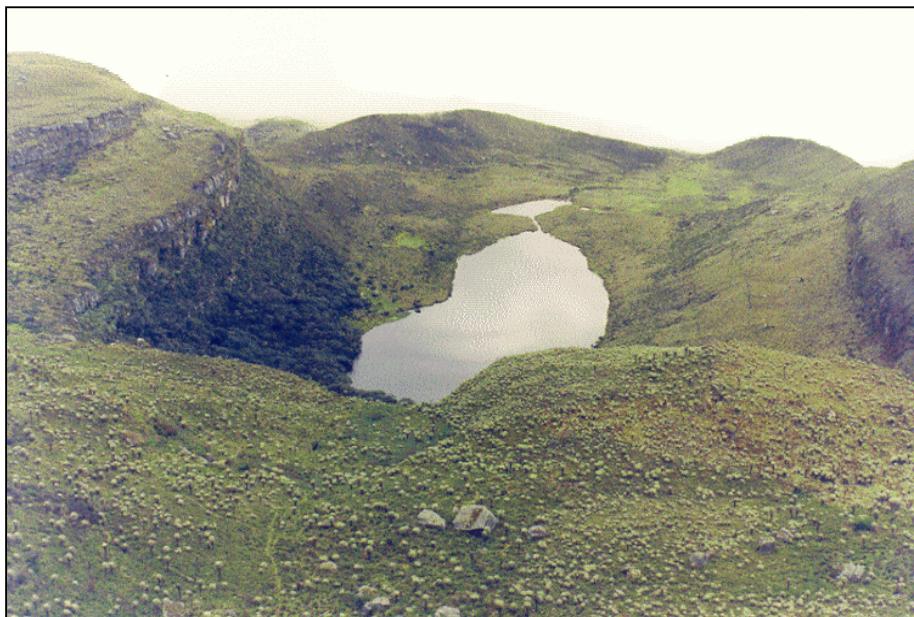
Acumulación de agua en zonas montañosa glaciada, principalmente en la base o piso de los círcos glaciares. Se incluyen los lagos formados en la parte trasera de morrenas terminales de recesión y localmente en planicies glaciolacustrinas.

Los Lagos glaciares se presentan a alturas de 3200 – 3800 m.s.n.m, son del orden de 0.2 –0.5 km<sup>2</sup> de extensión y están asociadas a material fino arcilloso. Se destacan al sureste de Guasca, la laguna de Siecha, al norte la laguna Verde, al noroeste la laguna Pantano Redondo y al sur en el páramo de Sumapaz las lagunas de Chisacá, Bocagrande y Seca. Mientras la mayoría son asociadas a círcos glaciares, ver **Figura 37**, las lagunas Verde y Bocagrande se presentan en planicies glaciolacustrinas y detrás de morrenas frontales respectivamente.

#### 3.2.4.5 Los Espinazos estructurales glaciados (Geg)

Sierras alomadas simétricas elongadas de crestas agudas a redondeadas y morfología colinada o alomada aborregada, afectada por erosión glaciar de capas de roca resistentes basculadas abruptamente con inclinaciones mayores de 35°. Presentan laderas estructurales (**Geleg**) con estratos en favor de la pendiente (> 35°), de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Se presentan rocas areníticas duras a intermedias con desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de gelificación. Las laderas de contrapendiente (**Gelpg**) Laderas con estratos inclinadas en contra de la pendiente, de longitud muy corta a corta, de formas cóncavas o irregulares escalonadas, con pendientes muy abruptas a escarpadas. Interestratificación de rocas blandas e intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico

subparalelo denso, localmente se presenta afectada por procesos de erosión glaciar manifiesta por depresiones de exaración.



**Figura 37:** Detalle del circo glaciar en el flanco oeste del valle del páramo de Sumapaz. Nótese la socavación ejercida por el hielo y la ocupación actual de la concavidad por el lago, limitada hacia la parte más distal por morenas terminales de ablación.

Se presentan predominantemente en el sector noreste de la zona de estudio, al suroeste de la represa del Sisga. Se presentan como cerros elongados en dirección NE, de morfología alomada que se constituyen en el límite de la zona glaciada por este sector.

#### 3.2.4.6 Cuesta estructural glaciada (Gcg)

Sierras asimétricas elongadas y amplias de morfología colinada o alomada definida por el basculamiento suave ( $10^{\circ} - 25^{\circ}$ ) de capas de rocas resistentes y blandas, afectadas localmente por procesos de extracción (Plucking) y gelifracción moderada a intensa. Presentan laderas estructurales (**Gcleg**) con estratos dispuestos en favor de la pendiente del terreno ( $10^{\circ} - 25^{\circ}$ ), de longitud larga a extremadamente larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy inclinadas a muy abruptas. Están por lo general asociadas a rocas blandas a intermedias con presencia local de suelos residuales delgados y negros que presentan procesos locales de gelifracción y desarrollo de drenajes subparalelo. Las laderas de contrapendiente (**Gclpg**) son de longitud muy corta, cóncava o convexa con inclinaciones mayores de  $35^{\circ}$  afectadas por glaciación manifiesta por la presencia de círcos glaciares y de nivación irregulares, y depósitos de origen fluvio glaciar hacia la base.

Las cuestas afectadas por glaciación se presentan localmente al norte y oeste del flanco occidental del valle Subachoque - La Pradera, ver **Figura 38**, al occidente del valle del río Frío y en el límite de la cuenca de la sabana de Bogotá al norte de la población de Nemocón. Son de laderas estructurales con pendientes del orden de los  $10^{\circ} - 15^{\circ}$  y están definidas por rocas de las formaciones Guaduas y cacho.



**Figura 38:** Vista hacia el suroccidente de las cuestas glaciadas que conforman el flanco occidental del sinclinal de la Pradera. Note la longitud larga de las laderas estructurales y en la parte superior izquierda planchas estructurales igualmente glaciadas

### 3.2.4.7 Sierras anticlinales glaciadas (Gsan)

Sierra elongada de morfología montañosa o colinada de cimas o crestas agudas o redondeadas, que siguen el eje anticlinal formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Su origen se asocia al desmantelamiento por erosión glaciar y periglaciar de los estratos blandos de la cima dejando localmente depresiones de exaración, circos glaciares y de nivación manifiesta como concavidades poco desarrolladas. Las Laderas anticlinales glaciadas (**Gsanl**) son de longitudes cortas a extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas. Se constituyen de rocas areníticas intermedias a duras con suelos residuales delgados, y afectadas por procesos de gelifracción y extracción (plucking). Son comunes las depresiones de exaración, localmente desarrollados a circos de nivación y glaciares.

Se destacan en el sector noroccidental los anticlinales localizados al norte de Subachoque y al oriente de Villapinzón. En este sector se encuentran afectados por erosión asociada con desarrollo de circos glaciares particularmente en el flanco occidental.

Igualmente se consideran glaciados los anticlinales de Nemocón, NW de Guasca y el anticlinal de Guatavita. En estos sectores se presentan con cimas redondeadas y con muestras de erosión periglaciar definida por la ocurrencia de cavidades de exaración y circos de nivación asociados con grandes lóbulos de gelifracción.

Localmente cuando el desmantelamiento de la cresta anticlinal es acentuado se encuentran valles con las siguientes características:

### 3.2.4.8 Valle estructural anticinal alaciado

Depresión elongada de fondo alomado y paralelo al eje anticinal, originado por procesos erosivos glaciares intensos que han desmantelado la cresta anticinal, quedando un valle limitado por paredes o laderas de contrapendiente escarpados y asociadas a circos glaciares. El piso alomado del valle se presenta localmente cubierto de geoformas de agradación glaciar (Lóbulos de gelifracción – morrenas).

Este tipo de geoforma se presenta en el páramo del Guerrero donde se encuentra un valle de aproximadamente 4 km de longitud, delimitado por laderas estructurales y de contrapendiente abruptas a escarpadas ( $>30^\circ$ ) donde se presentan circos glaciares de 50 - 80 m de corona. El piso del valle de morfología alomada con pendientes de  $5^\circ$  -  $20^\circ$  se encuentra cubierto de lóbulos de gelifracción y material morréxico indiferenciado.

### 3.2.4.9 Planchas y espolones estructurales glaciados (Gpeg)

Crestas simétricas agudas de morfología alomada y laderas cortas, de formas rectas y muy inclinadas a abruptas, formadas por planchas estructurales que limitan valles en forma de "U", cuyo origen obedece a procesos erosivos glaciares. Hacia la parte alta localmente se presentan aristas glaciarias y circos glaciares.

Se presentan principalmente al occidente del páramo del Guerrero y en el páramo de Sumapaz, al sur de la sabana de Bogotá. Están desarrolladas en rocas areníticas y arcillosas de las formaciones Guaduas y localmente Bogotá. Definen un drenaje subparalelo denso y valles en V y artesa amplios asociados a circos glaciares en las zonas de cabecera (**Figura 39**).

Igualmente se presentan laderas estructurales y de contrapendiente asociadas con lóbulos y lenguas de gelifracción. Se desarrollan en rocas de las formaciones Guaduas, Bogotá y localmente la regadera en los flancos occidentales de los sinclinales de Subachoque, Río Frío y Usme - Tunjuelito con las siguientes características respectivamente:

### 3.2.4.10 Laderas estructurales glaciadas (Gle)

Superficie en declive, de morfología alomada con la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, son de longitud corta a larga, de forma cóncava y con pendientes abruptas. El origen está asociado con procesos glaciares de extracción (plucking) y depositación glaciar o periglaciar sobre rocas blandas.

### 3.2.4.11 Ladera de contrapendiente estructural glaciada (Glcp)

Superficies en declive suavemente ondulada y aborregada con la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno. Son de longitud corta a larga, de forma cóncavo convexa y de pendientes muy inclinadas a abruptas en rocas blandas afectadas por procesos de extracción (plucking) y gelifracción.

Las laderas de contrapendiente se presentan entre otros sitios en el extremo sur del valle de Tunjuelito, ver **Figura 40**. En este lugar hacen parte de la ladera de contrapendiente de una sierra sinclinal con laderas largas de formas convexas irregulares y afectadas por procesos de exaración intensos

Localmente y por efecto de procesos de erosión acentuados se presentan:



**Figura 39:** Aspecto de los espolones estructurales glaciados al noroeste de la Pradera. Obsérvese la fuerte disección hacia la parte alta asociada con círculos de nivación. En primer plano lóbulos y conos de gelificación coalescentes.



**Figura 40:** Vista hacia el sureste de la ladera de contrapendiente de una sierra homoclinal glaciada. Nótese el carácter escalonado de la misma, la formación de lagos glaciares por la formación de morrenas frontales en el primer plano de la laguna de Chisacá.

### 3.2.4.12 Horn o agujas glaciares (Gh)

Cerro rocoso colinado o montañoso de forma piramidal con laderas moderadamente largas, de formas cóncavas y escarpadas, originadas por la intersección de las paredes de varios circos glaciares. Se incluyen los cerros estructurales alomados afectados localmente por procesos erosivos de origen glaciar.

Se encuentran muy localmente en el páramo del Palacio, al sur este de Guasca y en la parte montañosa glaciada al sureste de la laguna de Guatavita. Así mismo se consideran como horns el cerro Equiboco al sureste de la represa del Neusa y el cerro La cruz, 7 km al este de la Pradera. Se caracterizan por su morfología montañosa de laderas abruptas con procesos erosivos de origen glaciar intenso asociado con circos glaciares y conos de gelifracción y morrenas. Se encuentran principalmente en rocas areníticas y limolíticas de las formaciones Arenisca Dura y Pleaners.

Los procesos denudativos de origen glaciar generan una gran cantidad de sedimentos los cuales se distribuyen en las laderas. Esta disposición y el relativo poco desarrollo de valles glaciares no extensos al menos en la zona de estudio permiten indicar que el tipo de glaciar predominante en la zona de análisis es de piedemonte.

Según el agente predominante de transporte y de depósito se pueden establecer geoformas de acumulación glaciar y geoformas de acumulación fluvoglaciar. Entre las primeras cuya acumulación se debe directamente a la acción del hielo se encuentran:

### 3.2.4.13 Morrenas terminales (Gmt)

Geoformas curvilínea y alomadas ubicadas transversalmente en la parte final de los valles glaciares. Presentan formas cóncavas y convexas de longitud muy corta e inclinada. Se componen de una mezcla caótica de arcilla, arenas y gravas angulares con muestras del arrastre. Localmente se pueden presentar lentes de grava y arena, originada por el acarreo de material en la parte frontal de una lengua glaciar. Espesores del orden de 30 m.

Morrenas de estas características se encuentran principalmente en el sector meridional de la sabana, en el páramo de Sumapaz, ver Figuras 35 y 38. Se encuentran cerrando valles glaciares al norte de la laguna de Chisacá y en el valle de laguna Boca Grande, donde a lo largo del valle se evidencian al menos dos eventos, uno de recesión. En el noroeste, en el valle de río Frío se presenta un cierre del valle del mismo nombre que asemeja una morrena terminal, es posible que sea una morrena de este tipo cubierta posteriormente por geoformas de origen periglaciar.

Las morrenas de mayor expresión en las zonas glaciadas estudiadas son las morrenas de ablación cuyas características son:

### 3.2.4.14 Morrenas de Ablación (Gma)

Tipo de morrena terminal en forma de arcos irregulares y amplios de morfología alomada, de laderas muy cortas de formas rectas y cóncavas y muy inclinadas. Se constituyen de bloques y gravas angulares y subangulares distribuidas caóticamente en matriz arenosa localmente cementada. Se originaron por el estancamiento de una masa glaciar y el progresivo deshielo de la misma. Alcanza espesores del orden de 30 m.

Encuentran diseminadas en la parte y media de las laderas glaciadas encerrando localmente circos glaciares y permitiendo la formación de lagos en su parte trasera (Figura 35). Tal distribución y emplazamiento morrenico permite clasificar el tipo de glaciar desarrollado como de piedemonte.

Presentan una amplia distribución en el páramo de Sumapaz en las partes montañosas y elevadas de los flancos del sinclinal de Tunjuelito. Helmens, (1990) identifica en este sector cuatro complejos morrénicos principalmente en el sector de Laguna Boca grande donde se presenta un amplio desarrollo y traslape de estas geoformas que representan la evolución geomorfológica de esta región desde el Pleniglacial medio comprendido desde 22000 hasta 12500 años antes de Jesucristo.

En el páramo del Palacio, sureste de la población de Guasca, igualmente se presentan morrenas de ablación que se explayan de forma arcuada en la parte alta de la ladera glaciada. Se destaca el sector de la laguna de Siecha y remanentes al oriente de la población, en el límite de la cuenca donde se constituyen de bloques angulares de diferente tamaño 3 – 50 cm y bloques diseminados hasta de 2 m, ver **Figura 41**. Sedimentos de estas mismas características son reportadas por Helmens, (1990) en el páramo del Guerrero.



**Figura 41:** Detalle de los depósitos morrénicos asociados con morrenas terminales de ablación en la que de Guasca conduce a Machetá. Nótese el carácter caótico de los materiales.

### 3.2.4.15 Morrena lateral (Gml)

Crestas alomadas lineares y沿ongadas con laderas cóncavas y rectas muy cortas e inclinadas, constituidas de material glaciario acumulado, tanto por lenguas glaciares como material traído por las corrientes laterales al valle glaciar. Se constituyen de 20 - 30 m de fragmentos de roca subangulares a subredondeados con lentes de grava y localmente con bloques de tamaños métricos.

Solo se evidenciaron en el costado suroccidental de la cuenca del río Tunjuelito, al norte de la laguna Chisacá. Se presenta como continuación de la morrena terminal, y remonta la ladera del valle.

### 3.2.4.16 Morrena de fondo

Planicies alomadas bajas localizadas en los valles glaciares, constituidas de fragmentos de roca angulares de 3 - 5 cm en matriz arcillosa muy compacta con espesores de 2 - 5 m.

Se evidenciaron al sur de la cuenca del río Tunjuelito, al norte de la laguna de Chisacá y en el fondo del valle de la laguna Boca Grande. Del mismo modo se encuentran en el valle del río Frío, cubiertos de sedimentos glaciolacustrinos, ver **Figura 42**.



**Figura 42:** Detalle de los depósitos encontrados localmente en las planicies glaciolacustrinas del valle. Nótese el material morréxico de fondo (Lodgement till), cubierto con material morréxico probablemente de ablación

La mayor expresión de geoformas de origen glaciar en la sabana de Bogotá está asociada con la depositación de grandes masas de sedimento, producto de del transporte y acumulación por la masa de hielo y particularmente por la acción de corrientes fluviales producto de deshielos, ya sea durante la época de glaciación o una vez terminados los eventos estadiales. Entre estas geoformas se encuentran en la sabana de Bogotá:

### 3.2.4.17 Abanicos fluvio glaciares (Gafg)

Acumulación en forma de abanico de longitud larga a muy larga, de laderas rectas - convexas y muy inclinadas constituidas de bloques angulares de varios metros de arista, en matriz constituida de arcilla con bloques de tamaños decimétricos y localmente paleosuelos negros. Alcanza espesores de 20 - 30 m y su origen esta asociado a corrientes torrenciales producto de deshielo de la parte más distal de una masa glaciar.

Los abanicos fluvoglaciares son coalescentes y son las geoformas de origen glaciar de mayor extensión en el área de la sabana de Bogotá. Se extienden de 3 – 6 km desde la zona apical con amplitudes de 1 – 3 km e inclinaciones de 10°- 15° y disectadas longitudinalmente en asocio de escarpes en forma de “V” de 20° - 30° de inclinación.

Se presentan ampliamente desarrollados en la región de Guasca (**Figura 43**), y localmente al oriente de Chocontá – Villapinzón, al occidente de la represa del Neusa, al norte de la Pradera, norte de Cogua y al sur del valle del Tunjuelito en el páramo de Sumapaz. En la región de Guasca los abanicos fluvoglaciares se constituyen de bloques subángulares clastosportados de 0,5 – 2,5 m de areniscas localmente meteorizados con matriz de grava arenosoarcillosa de color amarillo rojizo que en conjunto corresponden a la formación río Siecha definida por Helmens (1990).



**Figura 43:** Panorámica de los abanicos fluvoglaciares de Guasca. Nótese la morfología alomada y disectada y su relación estrecha con las laderas estructurales de la sierra homoclinal glaciarizada y la presencia de cerros remanentes exhumado.

### 3.2.4.18 Conos y lóbulos de gelifracción (Glb)

Acumulaciones de 5 - 15 m de material sobre las laderas, en formas de cono o lóbulos elongados de longitudes moderadamente largas y formas cóncavas y convexas inclinadas. Se constituyen de material partícula soportados de bloques de 3- 5 cm con matriz arcillosa con bloques de gran tamaño diseminados en la masa, originado por flujos

lentos de depósitos fluidos formados durante el congelamiento y deshielo de material superficial en zonas periglaciares.

Geoformas de estas características tienen una amplia distribución en las zonas glaciadas definidas en la sabana de Bogotá. Se presentan como conos o lóbulos de 2 – 4 km de largo y 0,1 – 0.5 km de amplitud e inclinados 10° - 15° sobre las laderas en los valles de los ríos Subachoque y Frío (Figuras 34, 38 y **44**), al occidente de la represa del Neusa, 10 km al norte de Nemocón, y muy localmente en la región de Guasca y valle de Tunjuelito.



**Figura 44:** Aspecto de los llamados lóbulos de gelifracción presentes en la ladera oriental del valle del río Frío. Nótese la suave pendiente de la geoforma y la presencia de bloques diseminados en la misma.

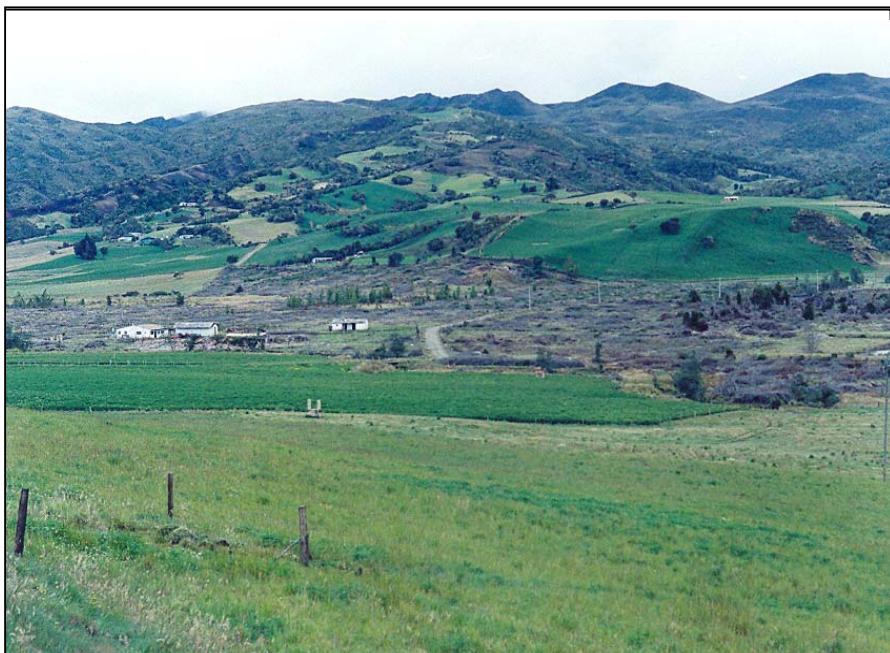
Textualmente se constituyen de bloques tamaño grava subángulares de arenas con bloques de mayor tamaño diseminados en la masa. Su origen está asociado con procesos de gelifracción en terrenos altamente saturados y sometidos a congelamiento y deshielo periódico. Localmente están asociados con abanicos fluvioglaciares y es recomendable su diferenciación con análisis sedimentológicos y texturales posteriores, en asociación de un buen análisis morfosecuencial.

#### 3.2.4.19 Kames y Terrazas de gelifracción (Gts)

Terraza de 15 - 20 m de altura de morfología alomada irregular y suavemente inclinadas, formadas por acumulación en las depresiones formadas entre una lengua glaciar y los costados del valle. Presentan laderas muy cortas, convexas y muy inclinadas, constituidas de gravas finas y bloques de 3 - 5 cm en matriz arcillosa, intercaladas localmente con gravas y bloques subredondeados en matriz arenosa.

Se encuentran muy localmente en el valle del río Frío, tanto al occidente del páramo del Guerrero (**Figura 45**) como en el cierre del valle sinclinal glaciado de la parte alta del río Frío. Igualmente se presentan al sur del valle del río Tunjuelito en el páramo de

Sumapaz, tanto al norte de la laguna Chisacá como en el sector quebrada Piedra Gorda. Se caracterizan por su aspecto tabular de 1 – 3 km de extensión con flancos alomados de 15° - 20° de inclinación y por su constitución de bloques de areniscas con intercalaciones de gravas y arenas de la llamada formación Río Siecha (HELMENS, 1990). Particularmente en el cierre del valle alto del río Frío, Suarez (1950) en perforaciones realizadas en estas geoformas evidenció la presencia de material de acarreo glaciar constituido de arcillas, arenas y bloques de arenisca hasta de tamaños métricos y en un espesor cercano a los 60 m, lo cual permitió desechar el lugar como zona de construcción de una presa por la alta permeabilidad de estos sedimentos.



**Figura 45:** Kames en el margen oriental del valle glaciar del río Frío. Nótese el carácter tabular de la geoforma y al fondo ladera estructural de sierra homoclinal glaciada afectada por procesos denudativos glaciares intensos, asociados localmente con valles glaciares colgantes. Los materiales mostrados en la Figura 42 se encuentran en el costado centro derecho.

### 3.2.4.20 Planicies y abanicos de sobrelavado glaciar? (Gpl)

Planicie de longitud corta y recta suavemente inclinada localizada más allá del margen glaciar definido por las morrenas terminales: Se constituyen de material glaciárico (arenas y gravas) depositado por corrientes fluviales generadas por deshielo glaciar.

Se definen como abanicos de sobrelavado glaciar una serie de mantos de sedimento en forma de abanico de 1 – 3 km<sup>2</sup> de extensión y suave inclinación, localizados sobre las laderas NW de las represas de Chisacá y La Regadera. Hacia la parte alta se limitan por una serie de morrenas de ablación, cuyos sedimentos han sido posiblemente retrabajados por las corrientes generadas durante el deshielo de los antiguos glaciares. Es importante definir las características de los sedimentos aunque su ubicación con respecto a las geoformas glaciares asociadas permite preliminarmente clasificar estas geoformas como planicies de sobrelavado glaciar.

### 3.2.4.21 Planicies glaciolacustrinas (Gsg)

Son planicies de suave pendiente formadas por deposición de sedimentos en lagos y zonas marginales a un glaciar. Se constituyen de materiales finos (limos, arcillas) y localmente arenas y gravas traídas por aguas descongeladas, con locales niveles de materia orgánica o turba.

Se presentan como planicies de 0.5 – 4 km<sup>2</sup> de extensión en zonas marginales de las zonas glaciadas y localmente en artesas elongadas de origen sinclinal y homoclinal, asociadas con lagunas y zonas pantanosas de origen glaciar.

En el extremo occidental de la sabana se encuentran en el páramo de Laguna verde y constituyendo el núcleo de la artesa sinclinal del río Frío, al occidente del páramo del Guerrero (Figura 36, 42 y 45). De igual manera al occidente de la población de la Pradera.

Igualmente presentan una gran extensión en el extremo suroriental del páramo del Sumapaz, en inmediaciones de la cuchilla Boca Grande, y en el sector norte de la sabana en los valles intramontanos localizados al noroccidente de Chocontá.

### 3.2.5 Geoformas de origen antrópico:

Son formas del terreno cuyo origen está ligado a las actividades humanas de explotación de recursos del subsuelo y al acondicionamiento del terreno tanto para la construcción de obras civiles como para la disposición de desechos tanto orgánicos como inorgánicos. En general se evidencian en la Sabana de Bogotá las siguientes formas:

#### 3.2.5.1 Canteras (Acn)

Excavación escarpada de 5 – 20 de altura de formas irregulares o en terrazas hechas en laderas para la extracción de materiales de construcción como piedra, arena y grava. Se incluyen en esta definición las excavaciones realizadas para la extracción de arcillas comúnmente llamadas chircales.

Las canteras se presentan en general a la ciudad de Bogotá y en cercanías de poblaciones principales de la sabana, donde se explotan arenas, recebo, gravas y arcillas (INGEOMINAS, 1995 - 1997). Las arcillas se obtienen de las formaciones Bogotá y Guaduas mientras los recebos y arenas se extraen de rocas de las formaciones Arenisca Dura, Pleaners, Labor y Tierna. Las gravas e igualmente arenas se obtienen de los sedimentos fluviales de las formaciones Tilatá y Tunjuelito.

Se presentan como escarpes localmente verticales de 15 – 20 m de altura, llevados a cabo con maquinaria y en algunos casos a pico y pala, ver Figuras 6, 7, 8, 10, 22 y 46.

Particularmente en Bogotá su desarrollo se inició con la expansión de la ciudad, empezando en el piedemonte oriental del centro de la misma con la proliferación de pequeñas canteras explotadas sin asesoría técnica lo cual generó reptación del terreno, deslizamientos y locales avalanchas de escombros que afectaron las avenidas séptima y décima desde el río San Cristóbal hasta la calle 81, por lo que en la década de los 1940, después de un estudio del estado de las canteras, se recomendó la suspensión de las explotaciones en estos lugares (PARRA Y ROYO, 1947).



**Figura 46:** Detalle de las canteras existentes en las laderas estructurales del flanco occidental de la sierra anticinal al norte de Usaquén. Nótese el carácter antitécnico de explotación que extrae material de la parte baja de la ladera, dejando el terreno susceptible de deslizamiento de tipo translacional, ver Figura 22.

La consecuencia inmediata fue el desplazamiento de las explotaciones hacia zonas despobladas en el aquél entonces, hacia Usaquén en el norte y hacia el sector del río Tunjuelito y Soacha en el sur. Sin embargo a pesar de la normatividad vigente y con el avance urbanístico de la ciudad hacia esos sectores, los procesos denudativos y de remoción en masa han ampliado el problema hacia estos lugares, en particular en los barrios Villa Progreso, Villa Diamante, Barranquillita y El Zuque donde los procesos de remoción en masa están asociados a socavación de escarpes y caída de bloques y deslizamiento de escombreras habitadas antitéCNicamente en los bordes de los arroyos (INGEOMINAS, 1995). En la actualidad se han llevado a cabo los estudios para la creación de un parque minero industrial y se avanza en su implementación hacia el sur, en el sector de ciudad Bolívar (VIANA Y VELASQUEZ, 2002).

Según Ingeominas (1997a) la zona con mayor número de explotaciones en la sabana de Bogotá corresponde a chircales de la región de Chocó, Soacha y Usme asociada principalmente con la extracción de arcillas de las formaciones Bogotá y Guaduas. Del mismo modo las zonas de cantera asociadas con la extracción de arena y piedra están relacionadas principalmente con material de las formaciones Labor y Tierna.

Asociada con las canteras se encuentran:

### 3.2.5.2 Promontorios de desecho de cantera (Acl)

Acumulaciones alomadas de 3 – 10 m de altura, formadas por la acumulación de materiales extraídos de una cantera por lo general bloques, arenas y gravas. Estas geoformas de poca extensión y en general no cartografiables a la escala de este trabajo

se presentan localmente como una serie de montículos de baja altura y constituidos tanto por materiales procesados y listos para su distribución como por materiales de desecho producto del descapote de las canteras. Como se indicó anteriormente localmente se han dispuesto en las zonas de drenaje que posteriormente por procesos denudativos y de socavación se deslizan como en el sector de la quebrada Chiguaza, al sureste de Bogotá.

### 3.2.5.3 Planos y campos de rellenos (Ar)

Planicies hechas artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción. Técnicamente son de balasto de gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo comúnmente son de escombros y desechos de construcción.

Se presentan como franjas irregulares a lado de los antiguos cauces y en el borde de las planicies lagunares antiguas particularmente en el borde occidental de la ciudad de Bogotá, ver **Figura 47** donde en sus comienzos constituían antiguos botaderos de escombros y basuras, posteriormente acondicionados como terrenos para la construcción de viviendas, siendo conocidos sectores como Patio Bonito y el Tintal, donde alcanzan amplitudes de 200 – 900 m y espesores de 2 – 5 m.



**Figura 47:** Aspecto de los rellenos realizados en Bogotá para acondicionar la llanura de inundación del río Bogotá para la construcción.

Igualmente se presentan a manera de parches de 5000 – 15000 m<sup>2</sup> hechos para acondicionar antiguas cuencas de decantación fluvial o planos anegadizos en la superficie de la sabana de Bogotá. Llama la atención con base en fotografías aéreas antiguas como las antiguas llanuras de inundación de los ríos San Cristóbal y otros que atraviesan la ciudad por el sur, han sido llenadas, dejando solo canales rectos por su parte central, estas características asociadas con la probablemente mala compactación de los rellenos determinan al menos en parte la alta humedad presente en los zócalos de las viviendas emplazadas en estos lugares.

### 3.2.5.4 Promontorios de basura – Basureros (Ab)

Montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos o industriales sin diferenciar. Localmente se presentan aterrazados técnicamente.

Se presentan localmente en antiguas zonas de cantera u ocupando localmente el canal de un cauce en la región de Mondoñedo. En Bogotá son de dimensiones no cartografiadas y generalmente se encuentran como montículos de 2 – 5 m de altura. Se destacan los basureros del Cortijo, Gibraltar y Santa Cecilia, los cuales han sido abandonados y localmente acondicionados para la vivienda.

Se destaca por su magnitud y tecnificación el basurero de Doña Juana al sur de Bogotá con aproximadamente 5 km<sup>2</sup> de extensión y de aspecto aterrazado por la técnica empleada. Este basurero se encuentra sobre unas laderas estructurales denudadas de suave inclinación y limitado y sustentado por espinazos estructurales denudados en la parte alta del margen izquierdo del río Tunjuelito (Figura 14). Aunque por condiciones de permeabilidad y de contaminación visual el sector se muestra como favorable, la inclinación de la ladera asociada con drenajes intermitentes torrenciales y la no homogeneidad de compactación de las basuras generó en septiembre 27 de 1997 el flujo de las basuras hacia el río Tunjuelito, ocasionando su taponamiento temporal (MORENO, 2002).

### 3.2.5.5 Excavación (Ase)

Huecos de gran extensión y de profundidad variada entre 2- 20 m, hechos de manera manual o con maquinaria pesada. Son de paredes verticales y son producto de la explotación de arenas y gravas de origen fluvial y fluvioglaciar. Localmente se encuentran llenos de agua.

Las excavaciones más conocidas y desarrolladas se presentan en el sector suroriental del casco urbano de Bogotá, en la localidad de Tunjuelito. Es una zona de aproximadamente 3 km<sup>2</sup> de extensión, surcada por excavaciones de 15 – 20 m de profundidad, hechas en las planicies aluviales del río Tunjuelito para la extracción de arenas y gravas utilizadas para la elaboración entre otros de concretos para la construcción. Otro sitio donde se encuentran explotaciones de grava corresponde a las terrazas del río Frío, al norte de Tabio y localmente en el cauce del río Subachoque.

Es tal el grado de explotación que el cauce del río Tunjuelito ha sido confinado a la parte alta de las paredes que limitan las excavaciones. Es posible que parte de la migración del río descrita en apartes anteriores se deba a la alta intervención antrópica del sector. En las últimas avenidas del río estas excavaciones han cumplido un papel de amortiguamiento de caudales, ver **Figura 48**, y han evitado inundaciones más catastróficas en las zonas aledañas.

### 3.2.5.6 Superficies de explanación (Asp)

Planicies de allanamiento hechas generalmente en laderas de sustrato rocoso para acondicionar el terreno para la construcción. Están asociadas a grandes obras de ingeniería, particularmente en las grandes presas donde se han ubicado casas para viviendas y oficinas. Se destacan las localizadas al sur de la represa de San Rafael y en Tibító.



**Figura 48:** Panorámica de las excavaciones inundadas por el río Tunjuelito, durante las avenidas del año 2001.

### 3.2.5.7 Represas (Arp)

Depósitos artificiales de agua de gran extensión hecha mediante una presa para almacenar agua para acueductos, generación de electricidad o para regular el caudal de los grandes ríos.

Se destacan por su magnitud las represas del Neusa, Tominé, El Sisga, San Rafael y El Muña (Figuras 6 y 49). Se localizan en amplios valles sinclinales en cuyo núcleo se encuentran rocas impermeables. En general cumplen doble función al almacenar agua para el acueducto de Bogotá y poblaciones vecinas y además localmente sirven para la generación de energía eléctrica. El represamiento de aguas se logra por medio de:

### 3.2.5.8 Embalses y humedales (Apír)

Acumulaciones de agua de poca profundidad hecha de manera artificial o natural a lo largo de ríos y canales menores. Por lo general son cubiertos de abundante vegetación acuática y es común la acumulación de abundante materia orgánica. Se encuentran en general en la parte centro – sur de la sabana de Bogotá, ver **Figura 50**, particularmente en los ríos Juan Amarillo, La Conejera, Chicú y Jaboque, tributarios del río Bogotá. Se encuentran actualmente colmatadas y rellenas de vegetación acuática, y uso se ha considerado para almacenamiento de agua para consumo local.

Recientes investigaciones han permitido establecer que se utilizaban en la época del paleo – indio como obras reguladores de inundación de los ríos que cruzaban la sabana de Bogotá, y además se ha identificado su connotación religiosa asociada con la construcción de camellones y monolitos alineados para observaciones astronómicas (MUÑOZ, 2004).

### 3.2.5.9 Presas (Ap)

Barrera artificial en forma de arco hecha en los ríos para represar agua y usarla para acueductos y generación de electricidad. Se construyen de hormigón, tierra o una combinación de ambos.



**Figura 49:** Panorámica de la represa del Muña al sur de la sabana de Bogotá. Se encuentra ubicada en el valle sinclinal de Sibaté y almacena agua del río Bogotá utilizada para la generación de energía eléctrica.



**Figura 50:** Aspecto de uno de los humedales presentes en el occidente de Bogotá. Nótese la progresiva colonización de estos lugares con los consabidos daños ecológicos por ser nichos de especies animales endémicas.

#### 4 CONCLUSIONES GENERALES Y RECOMENDACIONES

- Se ha planteado y aplicado en la sabana de Bogotá la metodología geomorfológica del ITC con algunas modificaciones asociadas a una estructuración de geoformas relacionadas con diferentes escalas desde lo más regional a detalle así: Geomorfoestructuras, provincias, regiones, unidades, subunidades y componentes geomorfológicos. Dada la escala de trabajo (1: 25.000) en la sabana de Bogotá se llevó a cabo una cartografía al nivel de unidades y subunidades geomorfológicas.
- La Sabana de Bogotá se encuentra en la geomorfoestructura del sistema montañoso orogénico Andino, en la provincia de la cordillera oriental y en las regiones geomorfológicas de serranías estructurales afectadas localmente por procesos denudativos pluviales, glaciares y la altiplanicie lagunar de Sabana.
- Se muestra la cartografía geomorfológica como un documento que además de proporcionar información básica, es estructurante e integrador de otro tipo de información temática, útil para la zonificación de propiedades geomecánicas en SIG, y potencialmente utilizable para evaluación de amenazas geológicas, evaluación ambiental y minera, y Planes de Ordenamiento Territorial.
- Se han identificado en la sabana de Bogotá geoformas de origen morfoestructural, denudativo, denudativo, fluvial y lagunar, glaciar y periglaciar, y de actividad antrópica. Se plantea que este documento pueda ser homogenizador de la información temática existente y contribuya tanto a ampliar el conocimiento que se tiene de la sabana como también a la formulación de Planes de Ordenamiento Ambiental y Territorial.
- El mapa está estructurado para manejo en SIG y planteado para que cada unidad y subunidad estén asociadas con una base de datos con sus respectivos atributos.
- La estructuración de la información planteada facilita la zonificación geomecánica y proporciona información básica para este propósito.
- Las unidades estructurales denudativas definen el armazón de la cuenca del sistema lagunar subciciente de la sabana de Bogotá y constituyen aproximadamente el 38% del área. Las unidades de origen fluvial y lagunar el 25%, las de origen glaciar el 20% y las de origen denudativo 15%. Las unidades de origen antrópico están concentradas en y en los alrededores del casco urbano de Bogotá y constituyen un 2% del área analizada.
- La caracterización geomorfológica de la sabana de Bogotá ha permitido enfocar el análisis del terreno desde un punto de vista tanto regional como local. Tal situación ha facilitado entender la evolución del territorio y las condiciones que controlan actualmente la estabilidad del terreno, facilitando la planeación del uso del territorio.
- La disposición actual de las geoformas de origen estructural, particularmente las laderas estructurales de sierras homoclinales y anticlinales, son terrenos

susceptibles a los fenómenos de remoción en masa, y cualquier intervención del terreno puede desencadenar deslizamientos de tipo translacional.

- Los procesos erosivos evidenciados durante el trabajo se favorecen debido al alto grado de erodabilidad de los materiales tanto rocosos como sedimentarios presentes en la sabana de Bogotá. Las areniscas de las formaciones Labor y Tierna, El cacho y Regadera se muestran como las más erodables.
- Las unidades roca con predominio de Arcillolitas presentan un alto grado de carcavamiento y la formación de hondonadas debido al grado de expansibilidad de las arcillas que las constituyen. El proceso se favorece por la presencia de intercalaciones arenosas o areníticas sueltas y la carencia de la cobertura vegetal asociada localmente con microclimas áridos a semiáridos.
- Se han evidenciado geoformas de acumulación variadas de origen glaciar y periglaciar, fluvial y lagunar, y denudativo cuyas características texturales de depósito permiten su uso en una gran variedad de uso (materiales de construcción y alfarería entre otros).
- El documento cartográfico se constituye en un inventario preliminar de canteras y zonas de extracción de materiales. Se evidencia una relación directa entre las explotaciones como agente disparador de los procesos de remoción en masa definidos particularmente en Bogotá.

## RECOMENDACIONES

- Se han evidenciado diferentes geoformas de acumulación cuyo origen y edad debe ser establecido con precisión mediante estudios sedimentológicos detallados (granulometría, composición, disposición), acompañado de un análisis juicioso de morfosecuencias.
- El mapa elaborado se constituye en el documento integrador de la información temática y de planificación de la región en estudio. En ese sentido es recomendable iniciar la evaluación de la información secundaria existente y estructurar su migración hacia una base de datos única de tal que facilite su uso en SIG.

## 7 REFERENCIAS CONSULTADAS

- ACOSTA, Carlos Eduardo., 1976.** El Dintel de Santa Rosa. Boletín de la Sociedad Geográfica de Colombia. Academia de Ciencias Geográficas. VOL. XXX, Nº 108, P 33 – 65. Bogotá.
- CARDENAS, JOHN FERNAN., 2004.** Explotación recurso minerales. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, Nº 27. Paginas 293 – 301. Ingeominas. Bogotá
- CARO Y OTROS., 2004.** Geología del Cretaceo y Paleógeno de la sabana de Bogotá. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, Nº 27. Paginas 45 – 86. Ingeominas. Bogotá
- CARVAJAL, JOSE HENRY., 2002.** Caracterización de la metodología geomorfológica adaptada por INGEOMINAS. Documento interno INGEOMINAS sometido a discusión y modificaciones. 13p. Bogotá.
- CARVAJAL, JOSE HENRY., 2002a.** Documentación detallada del modelo de datos para la faceta de geomorfología. Documento INGEOMINAS preliminar, sometido a discusión y modificaciones. 48p. Bogotá.
- CARVAJAL, JOSE HENRY., 2003.** Primeras aproximaciones a la estandarización de la geomorfología en Colombia. Documento inédito en preparación. 32 p.
- CARVAJAL Y CORTES., 2002.** Geomorfología de la región norte y noroccidental de la sabana de Bogotá. 29 p. Informe de progreso Ingeominas. Inédito.
- CARVAJAL Y OTROS., 2003.** Visión integral de la geomorfología Colombiana. Resumen poster. Memorias del IX Congreso Colombiano de Geología. Medellín. Colombia.
- CORTES, RICARDO.** 1989. Clasificación de zonas geotécnicamente homogéneas. I Simposio Suramericano de deslizamientos. P 56 – 75. Paipa, Colombia.
- CRISTANCHO, JULIO., 1996.** Modelo de evolución tectosedimentaria de la cordillera oriental de Colombia. Memorias del VII Congreso Colombiano de Geología. Tema Geología Regional. Conferencia Nº 8. Bogotá. Colombia.
- DAMEN, M. C. J.** 1990. Terrain clasification using aerospace imagery. Selected qualitative and semi quantitative methods. Revista ITC 90. P 1 – 17. Holanda.
- FABRE ANTOINE., 1983.** La subsidencia de la cuenca del Cocuy (Cordillera oriental de Colombia) durante el Cretaceo y el Terciario. Segunda parte: Esquema de evolución tectónica. Revista Norandina. Nº 8. P 21 – 27. Bogotá. Colombia.
- GAVIRIA S, FAIVRE, P Y VANDER HAMMEN TH.** 2004. Origen y evolución de los Suelos de la sabana de Bogotá. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, Nº 27. Paginas 139 – 168. Ingeominas. Bogotá.

**GAVIRIA SERGIO Y OTROS., 2004.** Procesos de erosión, transpoerte y depósito durante el cuaternario en la sabana de Bogotá. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, N° 27. Paginas 169 – 207. Ingeominas. Bogotá

**HELMENS, KARIN F., 1990.** Neogene - Quaternary geology of the high plain of Bogotá. Eastern cordillera, Colombia. Dissertaciones Botanicae. Volumen 163. 202 paginas. J. Cramer (Borntraeger), Berlin Stuttgart

**INGEOMINAS., 1995.** Evaluación preliminar de susceptibilidad y amenaza en las localidades de ciudad Bolívar, Rafael Uribe, Usme y San Cristóbal de Santafé de Bogotá D.C. – Fase 1. Informe para el departamento Administrativo de Planeación Distrital – Empresa de Energía Eléctrica de Bogotá. Convenio Interadministrativo 017 de diciembre de 1993. Anexos de SIG, Fotográfico y 18 mapas escala 1: 25.000. Bogotá

**INGEOMINAS., 1997.** Ordenamiento ambiental en zonas mineras de Bogotá. Conceptualización metodológica, recopilación, evaluación y análisis de información. Informe final. Fase 1. 212 p. INGEOMINAS – IDEAM. Bogotá

**INGEOMINAS., 1997<sup>a</sup>.** Inventario minero para materiales de la construcción en la sabana de Bogotá. Fase 1. Convenio Interadministrativo I-22 de 1996. Ingeominas – Gobernación de Cundinamarca. Informe Ingeominas I2254. 100 p, 2 mapas. Bogotá

**INGEOMINAS, 2002** Metodología de cartografía geomorfológica con aplicación a zonificación geomecánica. Fase 1. Documento inédito y en revisión. Ingeominas. Bogotá

**IRVING, EARL., 1971.** La evolución estructural de los andes más septentrionales de Colombia. Boletín geológico de Ingeominas. Volumen XIX N°2, 89 p. Bogotá.

**JULIVERT, M., 1961.** Observaciones sobre el Cuaternario de la Sabana de Bogotá. Boletín de geología. Universidad Industrial de Santander. N° 7, pp 5 – 36. Bucaramanga. Colombia.

**JULIVERT, M., 1961a.** El papel de la gravedad y erosión en las estructuras del borde oriental de la sabana de Bogotá. Boletín de geología. Universidad Industrial de Santander. N° 8, pp 5 – 20. Bucaramanga. Colombia.

**JULIVERT, M., 1962.** La estratigrafía de la formación Guadalupe y las estructuras por gravedad en la serranía de Chía (Sabana de Bogotá). Boletín de geología. Universidad Industrial de Santander. N° 11, pp 5 – 21. Bucaramanga. Colombia.

**JULIVERT, M., 1963.** Los rasgos tectónicos de la región de la sabana de Bogotá y los mecanismos de formación de las estructuras. Boletín de geología. Universidad Industrial de Santander. N° 13 – 14. 102 p. Bucaramanga. Colombia.

**LOPEZ, C, BRICEÑO A, Y BUITRAGO J., 1990.** Origen y edad de los diapiros de sal de la sabana de Bogotá. Documento Universidad Nacional y Texas Petroleum Company – Colombia. 20p. Bogotá, Colombia.

**MOJICA, J y KAMMER, A., 1996.** Un Rift Mesozoico como estructura ancestral determinante de la geometría y propiedades estructurales de la cordillera oriental Colombiana. Memorias del VII Congreso Colombiano de Geología. Tema estratigrafía. Conferencia N° 24. Bogotá. Colombia.

**MORENO JUAN MANUEL., 2002.** El flujo de basuras en el relleno de Doña Juana, ocurrido el 27 de septiembre de 1997. Bogotá - Colombia. Memorias del VIII Congreso Colombiano de Geología. Manizales. Colombia

**MUÑOZ, JHON MEYER., 2004.** Humedal Jaboque, evolución geomorfológica y geológica y su relación con las culturas prehispánicas (Bogotá – Colombia). Resumen de conferencia dictada en la Sociedad Colombiana de Geología el 5 de mayo de 2004. Tesis de grado. Universidad Nacional. Bogotá.

**PARRA HERNANDO Y ROYO JOSE., 1947.** Informe sobre las explotaciones rocosas del municipio de Bogotá. Compilación de los estudios geológicos oficiales de Colombia. Tomo VII. P 285 – 316. Servicio Geológico Nacional. Ingeominas. Bogotá.

**RUIZ, ANDRES., 2003.** Aplicación de la propuesta metodológica para la inclusión de los componentes hidrológico y climatológico en la zonificación geomecánica de la sabana de Bogotá. Proyecto Compilación y levantamiento de la información geomecánica. Propuesta metodológica y estandares para el desarrollo de una zonificación geomecánica Informe Ingeominas inédito. 80 páginas. Bogotá.

**TORO Y OTROS., 2003.** Dataciones por trazas de fisión de circones provenientes de las formaciones Tilatá y Marichuela – sabana de Bogotá, Colombia. En Análisis Geográficos 26. Neógeno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y alrededores. P 49 – 58. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Colombia.

**SUAREZ HOYOS, VICENTE., 1950.** Reconocimiento geológico del sitio para el proyecto del embalse del río Frío, municipio de Zipaquirá, departamento de Cundinamarca. Compilación de los estudios geológicos de Colombia. Tomo VIII. P 119 – 131. Servicio Geológico Nacional. Ingeominas, Bogotá.

**VAN ZUIDAM, ROBERT, 1985.** Aerial photo interpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. International Institute for Aerospace Survey and earth Science. I.T.C. Holanda.

**VARGAS CUERVO, GERMAN., 2004.** Geomorfología de la sabana de Bogotá. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, N° 27. Paginas 109 – 138. Ingeominas. Bogotá.

**VANDER HAMMEN TH Y HELMENS K., 1995.** Memoria explicativa para los Mapas del Neógeno - Cuaternario de la sabana de Bogotá – Cuenca alta del río Bogotá. Cordillera oriental de Colombia. Plioceno y Cuaternario del altiplano de Bogotá y alrededores. Análisis geográficos 24. 142 pg. IGAC. Bogotá.

**VANDER HAMMEN, THOMAS., 1998.** Plan ambiental de la cuenca alta del río Bogotá. Análisis y orientaciones para el ordenamiento territorial. Elaborado para la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR. 142 p. Bogotá.

**VANDER HAMMEN, THOMAS., 2003.** La estratigrafía e historia del Neógeno y Cuaternario de la cuenca alta del río Bogotá: Una evaluación después de completar el mapeo. Análisis Geográficos 26. Paginas 101 – 126. IGAC, Bogotá.

**VANDER HAMMEN, THOMAS Y GAVIRIA SERGIO., 2004.** Geología del Neógeno Cuaternario de la Sabana de Bogotá. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, N° 27. Paginas 87 – 107. Ingeominas. Bogotá.

**VANDER HAMMEN, THOMAS Y ANGEL, CARLOS., 2004.** El agua subterránea e impacto ambiental de su uso. Publicación Geológica Especial de Ingeominas, N° 27. Paginas 221 – 259. Ingeominas. Bogotá.

**VIANA R y VELASQUEZ E., 2002.** Estudio básico para la conformación de un parque minero industrial en el sur de Bogotá. . Bogotá.

**VILLOTA, HUGO., 1991.** Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras. Instituto geográfico Agustín Codazzi – Subdirección de docencia e Investigación. 211p. Bogotá

**VILLOTA, HUGO., 1997.** Villota, Hugo. 1997. “Una nueva aproximación a la clasificación fisiográfica del terreno”, Revista CIAF, volumen 15, N° 1. Pp 83 - 115. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá.

**VELANDIA Y BERMOUDES., 2002.** Fallas longitudinales y transversales en La Sabana de Bogotá, Colombia. Boletín de Geología de la Universidad Industrial de Santander. Volumen 24, N° 39. Paginas 37 – 48. Bucaramanga.

**VERSTAPPEN AND VAN ZUIDAM., 1992.** El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Publicación ITC No. 10. Villanueva de Huelva.

## **CARACTERISTICAS GEOMORFOLOGICAS DE LA SABANA DE BOGOTA**

### **ANEXO 1 Formato de toma de datos geomorfológicos en campo**

INGEOMINAS

## CARACTERIZACION MORFOMETRICA PARA CARTOGRAFIA GEOMORFOLOGICA APPLICADA A ZONIFICACION GEOMECHANICA

## FORMATO DE TOMA DE DATOS DE CAMPO Y OFICINA PARA CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA INFORMACION GENERAL

ESTACION FECHA	No. Plancha No. Fotografía No. Vuelo No. Sobre	Departamento Municipio Vereda	Localización Coor. Norte (X) Coor. Este (Y) Nombre Geográfico
-------------------	---	-------------------------------------	--

UBICACIÓN GEOMORFOLOGICA	CARACTERISTICAS CLIMATICAS	VEGETACION Y USO DEL TERRENO
ZONA GEOESTRUCTURAL PROVINCIA REGION UNIDAD SUBUNIDAD COMPONENTE	REGION CLIMATICA PROVINCIA CLIMATICA TEMPERATURA MEDIA (°C) PRECIPITACION MEDIA (mm) ALTITUD (m)	VEGETACION Primaria Matorral Descubierto  USO DEL TERRENO Pastos Cultivos Bosques Otras

*TIPO DE AMBIENTE	*CLASE DE GEOFORMA	*INCLINACION LADERA	*LONGITUD LADERA	*FORMA DE LA LADERA	*FORMA DE LOS CANALES	*FRECUENCIA DE DRENAJE	*TEXTURA DE DRENAGE	*PATRON DE DRENAJE	*TIPO DE ROCA	*TIPO DE SUELO
1 Monoestructural	(Define la forma o geiformas que conforman	1 Plana a Suave < 5°	1 Muy corta (<50 m)	1 En U abierto	1 Muy Alta (>40)	1 Gruesa	1 Dendritic	1 Ignea Acid	1 Aluvia	
2 Volcánico		2 Inclinada (6° - 10°)	2 Corta (50 - 250 m)	2 Rectilinea	2 En U cerrado	2 Alta (20 - 40)	2 Subdendritic	2 Ignea Intermedia	2 Lagunar	
3 Denudacional		3 Muy Inclinada (11° - 15°)	3 Moderadamente Larga (250 - 500 m)	2 Concava	3 En V abierto	3 Media (10 - 20)	3 Paralelo	3 Ignea Básica	3 Deltáico	
4 Fluvial - deltaico - lagur	*INDICE DE RELIEVE	4 Abrupta (16° - 20°)	4 Larga (500 - 1000 m)	3 Convexa	4 En V cerrado	4 Baja (5 - 10)	4 Subparalelo	4 Ignea Ultrábasica	4 Eólico	
5 Marino - Costero		5 Muy bajo (<50 m)	5 Muy Abrupta (21° - 30°)	4 Irregular	5 Muy Baja (< 5)	5 Muy Fina	5 Pinado	5 Volcánica Piroclástica	5 Glacial	
6 Glaciar		6 Bajo (50 - 250 m)	6 Escarpada (31° - 45°)	5 Compleja	*DENSIDAD DE DRENAJE			6 Rectangular	6 Sedimentaria Cementada	
7 Eólico		7 Moderado (250 - 500 m)	7 Muy Escarpada (>45°)	1 Baja (< 0.5 Km/Km2)			7 Radial	7 Sedimentaria Consolidada	7 Residual	
8 Karstico		8 Alto (500 - 1000m)		2 Moderada (0.5 - 1.0)			8 Anular	8 Sedimentaria Química	8 Coluvial	
9 Antropogénico / Biológico		9 Muy Alto (1000 - 2500 m)		3 Alta (> 1.0)			9 Multicuena	9 Metamorfica Masiva	9 Flujo de Lodo	
							10 Contorcionado	10 Metamorfica Bandeada	10 Talus	
							11 Otros	11 Metamorfica Bien Foliada	11 Bloques	
									12 Conos de Deyeccción	
									13 Otro (Indique)	

**ANEXO 2 RESEÑA DE LA EVOLUCION GEOMORFOLOGICA DE LA SABANA  
DE BOGOTA**

La evolución geomorfológica de la sabana de Bogotá esta asociada a la interrelación de procesos endogenéticos de plegamiento y fallamiento estructural con influencia de procesos exogenéticos relacionados con los cambios climáticos tanto de carácter mundial como locales, determinados por los levantamientos de la cordillera oriental durante su evolución geológica. Hablar de evolución del altiplano Cundiboyacense donde se encuentra Bogotá, implica un reconocimiento al profesor Thomas Vander Hammen quien por mas de cincuenta años de investigaciones ha contribuido con sus colaboradores al conocimiento de la geología Colombiana, particularmente del Neógeno y Cuaternario de la sabana de Bogotá.

El conocimiento evolutivo más reciente de la sabana de Bogotá está fundamentado en más de 100 artículos de este autor relacionados en Helmens, (1990), Vander Hammen y Helmens (1995), Vander Hammen (1988), Vander Hammen (2003) y Vander Hammen y Gaviria (2004) entre otros. Investigaciones que deben ser consultadas para mayor conocimiento del tema.

La Sabana de Bogotá como se ha indicado previamente, se encuentra ubicada geomorfológicamente en la morfogeoestructura correspondiente al Sistema montañoso orogénico Andino que bordea el cratón Guayanés por su parte noroccidental. Este sistema montañoso a sufrido y debe su conformación a procesos de acumulación y levantamientos orogénicos y epirogénicos, con plegamientos asociados localmente con fuerte metamorfismo e intrusiones graníticas que han determinado a través de su historia desde el Paleozoico la conformación del relieve actual.

La provincia geomorfológica de la cordillera oriental Inicialmente se comporta como una cuenca distensiva tipo rift considerado por Mojica y kammer (1996) como un auglacogeno desarrollado entre el Paleozoico y el Cretaceo, y donde se acumularon sedimentos de plataforma continental próxima y transicional marino continental, gobernada por cuencas con subsidencia diferencial limitadas por fallas normales.

Según Cristancho (1996) a finales del Jurásico y comienzos del Cretaceo se presenta un cambio en el estilo tectónico ocasionado por un proceso subducción que generan cuencas de retroarco (Back arc). Estas cuencas igualmente distensivas y subsidentes fueron invadidas por el mar acumulando sedimentitas de mar profundo a somero con locales retrocesos marinos que determinaron la formación de zonas restringidas donde hubo precipitación de depósitos salinos los cuales generaron probablemente durante las primeras fases, levantamientos diapíricos sinsedimentarios locales al ser cubiertos por sedimentos mas densos de zonas costeras litorales durante el Cretáceo medio y superior, ver Lopez y otros (1990)

Igualmente en esta época se presenta localmente el emplazamiento de intrusiones básicas, en particular en la base sedimentaria de las zonas más subsidentes como consecuencia de un flujo térmico elevado y gradiente geotérmico alto asociado a un adelgazamiento de la corteza continental en estos sectores (FABRE, 1983).

A finales del Maestrichtiano hace 65 millones de años se evidencia un proceso continuo de retiro del mar y la generación de zonas de lagunas costeras pantanosas asociadas con los actuales mantos de carbón de la formación

Guaduas. Al inicio del Terciario la sedimentación es predominantemente fluvial, el clima es tropical e igualmente se presentan procesos de compresión, plegamiento de los materiales preexistentes que definen la formación de zonas alomadas que empiezan a incomunicar la cuenca de los llanos orientales y el valle del río Magdalena (VANDER HAMMEN, 1998).

Al final del Mioceno las rocas formadas previamente se encuentran plegadas y es evidente la formación de cuencas en dirección N – S (HELMENS, 1990 – VANDER HAMMEN 1998 - 2003). Según estos autores el clima sigue siendo tropical con la generación de suelos típicos de este clima y debido al proceso de levantamiento son comunes los procesos erosivos y la formación de coluviones y probablemente glaciares de erosión y acumulación, e igualmente debido a la actividad tectónica predominante, se presentan flujos gravitacionales cuyos remanentes son los materiales de la llamada formación Marichuela.

En el Plioceno hace de 6 – 3 millones de años se presenta el levantamiento final de la cordillera oriental, desde alturas de 500 m.s.n.m a hasta la altura actual (VANDER HAMMEN, 1998), en este periodo prevalece en los valles generados la formación de abanicos y planicies aluviales asociados con materiales arcillosos y gravas de la formación Tilatá. Igualmente se presentan el rejuvenecimiento del paisaje con el proceso de grandes levantamientos, basculamientos y fallamiento de las sierras formadas, y probablemente la generación de las estructuras de colapso y deslizamientos de tipo translacional particularmente evidentes en las laderas orientales de Bogotá y en la sierra de Cota – Chía.

Dadas las características evidenciadas hasta el momento es claro indicar que las rocas presentes en la sabana de Bogotá y que conforman las sierras homoclinales, anticlinales y sinclinales han sido y están siendo sometidas a grandes presiones y las actividades que se lleven a cabo en ellas pueden desencadenar procesos de deslizamiento de grandes proporciones.

El levantamiento de la cordillera ocasiona la formación de una cuenca cerrada donde se empiezan a acumular sedimentos fluviales y lagunares los cuales se hunden paulatinamente particularmente en el suroeste de la sabana de Bogotá. El comienzo del Cuaternario hace 2.5 millones de años, se empieza a evidenciar con las fluctuaciones del nivel de agua de la antigua laguna asociado con periodos glaciares e interglaciares. En las zonas de alta montaña que bordean la sabana de Bogotá se presenta fuerte erosión con la formación de circos glaciares y morrenas terminales y de ablación, asociado con la formación de abanicos fluvioglaciares, conos de gelifracción y abanicos de sobrelavado glaciar en las zonas marginales y más bajas de las laderas.

Según Vander Hammen (1998), la antigua laguna que formó la sabana de Bogotá se fue secando periódicamente hace aproximadamente 30.000 años, quedando remanentes en la parte sureste de la sabana. Previamente se presentaron varios eventos volcánicos en la cordillera central, cuyas cenizas se acumularon tanto en las zonas de ladera como en la laguna, cuyo resultado es la formación de suelos con altas cantidades de humus y de diatomitas respectivamente.

Los ríos comenzaron a socavar el fondo de la laguna dejando amplias llanuras de inundación con locales humedales y ríos meandríticos que migraban lateralmente por variaciones en el caudal y localmente por ajustamientos y basculamientos del terreno. En el Holoceno hace 10.000 años, la configuración de la sabana es parecida a la actual, estaba habitada por mastodontes, caballos americanos y pequeños roedores, y ya se presentaba el hombre en grupos pequeños de recolectores y cazadores. Según Vander Hammen (1998), hace aproximadamente 2000 a.j.c, el hombre ya vive sedentariamente en la sabana de Bogotá y ya cultivan la tierra particularmente con maíz.

la llegada de los conquistadores españoles trae consigo un cambio de costumbres asociadas con el cultivo de otras plantas comestibles, el desarrollo de la ganadería y por ende los procesos de deforestación de las laderas. Con el proceso de colonización se empieza a utilizar los materiales de construcción extraídos del piedemonte de las sierras orientales de Bogotá, se empieza la explotación del carbón y se acelera la explotación de sal, e igualmente se inician procesos de secado de lagunas en busca de tesoros como el caso de la laguna de Guatavita, trayendo consigo un gran deterioro ambiental.

A mediados del siglo XX el deterioro de las canteras es grande y desencadenante de procesos de fenómenos de remoción en masa que aunque están bajo una reglamentación del siglo IXX, ésta es laxa y permisiva del deterioro ambiental. Fundamentados en estudios hechos del grado de deterioro ambiental del oriente del centro de Bogotá, se determina el cierre de estas canteras, pero el proceso se extiende inicialmente hacia el sector de Usaquén y el sur del río Tunjuelito, y luego hacia las localidades de Soacha, Mosquera, Tabio y zonas aledañas de Subachoque, donde los procesos de deterioro ambiental se han desarrollado de manera exponencial particularmente en ciudad Bolívar donde la posterior colonización ha desencadenado la ocurrencia de deslizamientos del terreno.

Cárdenas (2004) muestra una relación relativamente reciente de las zonas de explotación de materiales de construcción (811 canteras y chircales) y 200 minas de carbón en la sabana de Bogotá. Igualmente indica las unidades - roca aprovechadas para la extracción de materiales de construcción, lo cual indica el grado de desarrollo de estas actividades en los dos últimos siglos y que en la actualidad se han reducido por el carácter restrictivo de la legislación vigente.

Los procesos de colonización y expansión rápida de la ciudad de Bogotá en las últimas décadas ha determinado la transformación de las características geomorfológicas naturales del terreno. Es así como los principales arroyos que cruzan la ciudad han sido canalizados y las llanuras de inundación asociadas se han llenado con materiales de diferente característica y acumulados en la mayoría de los casos de manera antitécnica y localmente sin compactación. Una situación similar se presenta en los antiguos bordes del casco urbano de Bogotá, donde se localizaron basureros en los escarpes de terraza de la planicies lagunares subcuentes que posteriormente se urbanizaron y poblaron localmente, tal es el caso de los basureros del Cortijo, Gibraltar y Santa Cecilia que fueron remplazados por el actual basurero de Doña Juana que en septiembre de 1997 se deslizó generando una emergencia sanitaria sin precedentes en Bogotá .

De otro lado, la falta de agua hace que a mediados del siglo pasado se inicien una serie de estudios tendientes a buscar zonas de embalse para acumular aguas para el abastecimiento de aguas para el consumo humano y adicionalmente se acentúa la explotación de aguas subterráneas, ocasionando que en estos momentos se evidencie sobreexplotación de esta agua, con la consecuente compactación y subsidencia del terreno y en etapas previas el secamiento de los arroyos, principalmente en la zona de piedemonte (VANDER HAMMEN Y ANGEL, 2004). Todas estas condiciones exigen intervención inmediata y se hace necesaria la planeación de explotación del recurso de una manera sostenible y acorde con las condiciones naturales del terreno.