

### Libro 1. Contenidos Estratégicos

Título 2. Estrategia de ordenamiento para el territorio distrital

### Anexo 04 del Documento Técnico 04.

Amenaza por Movimientos en Masa en Perspectiva de Cambio Climático Zona Rural – Escala 1:25000





### INSTITUTO DISTRITAL DE GESTIÓN DE RIESGOS Y CAMBIO CLIMÁTICO IDIGER

# SUBDIRECCIÓN DE ANÁLISIS DE RIESGOS Y EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO GRUPO DE TRABAJO TEMÁTICO MOVIMIENTOS EN MASA BOGOTÁ, COLOMBIA

## PROYECTO ACTUALIZACIÓN COMPONENTE DE GESTIÓN DEL RIESGO PARA LA REVISIÓN ORDINARIA Y ACTUALIZACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL

## DOCUMENTO TÉCNICO DE SOPORTE ESTUDIOS BÁSICOS

"AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO"

**VOLUMEN 1.** 

**ORIGINAL** 

Bogotá D. C., 27 de enero de 2017



### Proyecto actualización de componente de gestión del riesgo para la revisión ordinaria y actualización del Plan de Ordenamiento Territorial

### **Documento Técnico de Soporte**

# PARTE II MAPA DE AMENAZA POR MOVIMIENTOS EN MASA EN PERSPECTIVA DE CAMBIO CLIMÁTICO ZONA RURAL ESCALA 1:25000

Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático IDIGER
Diagonal 47 No. 77B-09 Interior 11

www.idiger.gov.co

Bogotá - Colombia

Director: Ing. Richard Vargas.

Responsable Área: Ing. Diana Arévalo S. Subdirección de

Análisis de Riesgos y Efectos de Cambio Climático

Coordinación: María Alexandra Bejarano.

Responsable Grupo: Oscar Iván Chaparro Fajardo -

César Fernando Peña Pinzón

Elaborado por: Grupo de Trabajo Temático Movimientos en Masa

ORIGINAL

27 de enero de 2017



#### **RESUMEN**

En el marco del proyecto de actualización del componente de gestión del riesgo para la revisión ordinaria del plan de ordenamiento territorial de Bogotá D.C. – POT, se presenta el documento técnico de soporte – DTS donde se muestra la metodología usada por el Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático - IDIGER para la elaboración del mapa de amenaza por movimientos en masa para la zona rural del Distrito Capital, en cumplimiento de lo establecido para los estudios básicos del Decreto Nacional 1807 de 2014 (compilado por el Decreto Nacional 1077 de 2015). El proceso de elaboración consistió en la implementación de una metodología estadística con base en la cual se obtiene un mapa de susceptibilidad el cual es combinado con un mapa de detonantes con el que finalmente se obtiene un Índice de Amenaza.

i



### **TABLA DE CONTENIDO**

0	INTRO	ODUC	CIÓN	1
1	OBJE	TIVOS	3	2
	1.1 (	OBJET	TVO GENERAL	2
			TIVOS ESPECÍFICOS	
2	ALCA	NCE Y	LIMITACIONES	2
3	ÁREA	DEE	STUDIO	3
4	RECO	PILAC	CIÓN DE INFORMACIÓN DISPÓNIBLE	3
	4.1	ORIGE	N Y USO DE LA INFORMACIÓN	5
	4.2 I	LIMITA	ACIONES EN LA CONSECUCIÓN DE LA INFORMACIÓN	7
	4.3 I	ESTU	DIOS BASICOS DE REFERENCIA	8
5	METO	DOLC	)GÍA	9
	5.1 I	MARC	O METODOLÓGICO	9
	5.2	ZONIF	ICACIONES DE ESTUDIOS ANTERIORES	14
	5.3 I	МЕТО	DOLOGÍA A IMPLEMENTAR: ESTADÍSTICA BIVARIADA	16
	5.3.1	Sus	ceptibilidad	17
	5.3.2	Deto	onantes	21
	5.3.3	Ame	enaza	23
6	INSUI	MOS		24
	6.1	CART	OGRAFÍA BASE	24
	6.2	GEOL	OGÍA	25
	6.2.1	Мар	pas e Insumos Temáticos	25
	6.2.2	Evo	lución Geológica y Tectónico - Estructural	26
	6.2.3	Estr	atigrafía	26
	6.2	.3.1	Paleozoico	29
	6.2	.3.2	Cretácico	29
	6.2	.3.3	Paleógeno	34
	6.2	.3.4	Neógeno	39
	6.2	.3.5	Cuaternario	40
	6.2.4	Mar	co Estructural	46
	6.2.4.1		Sistemas de Fallas	46
	6.2	.4.2	Sistemas de Plegamientos	47



	6.2.4	1.3	Discontinuidades	48
6.	2.5	Cara	acterización de Unidades Geológicas con Fines Ingenieriles	57
6.3	G	EOM	ORFOLOGÍA	60
6.	3.1	Мар	as e Insumos Temáticos	61
6.	3.2	Insu	mos Básicos	61
6.	3.3	Alca	nce y Metodología	62
	6.3.3	3.1	Elaboración de Cartografía Temática Preliminar	63
	6.3.3	3.2	Validación Cartográfica en Campo	64
	6.3.3	3.3	Elaboración de Cartografía Temática Definitiva	64
6.	3.4	Mar	co Geomorfológico	65
	6.3.4	l.1	Morfogénesis	69
	6.3.4	1.2	Morfología	101
	6.3.4	1.3	Morfometría	116
6.	3.5	Morf	odinámica	118
	6.3.5	5.1	Glosario de Términos	122
	6.3.5	5.2	Área de Estudio y Metodología	133
	6.3.5	5.3	Procesos Morfodinámicos	133
6.4	IN	IFOR	MACIÓN TEMÁTICA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO .	170
6.5			MACIÓN TEMÁTICA PRECIPITACIÓN	
6.6	IN	IFOR	MACIÓN TEMÁTICA SISMO	182
6.7	IN	IFOR	MACIÓN DE INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO	185
6.	7.1	Bitád	cora del SIRE	185
6.	7.2	Diag	nósticos técnicos	186
6.	7.3		dios de evaluación de amenaza y Riesgo	
6.	7.4	Con	ceptos técnicos	189
6.	7.5	Sitio	s de intervención y obras	190
ΙN	1PLEI	MENT	FACIÓN METODOLÓGICA: SUSCEPTIBILIDAD	192
7.1	LI	TOLO	DGÍA	193
7.2	D	ENSI	DAD DE FRACTURAMIENTO	195
7.3	М	ORF	OGÉNESIS: UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	197
7.4	PI	ENDI	ENTE	200
7.5	С	URVA	ATURA - CONVEXIDAD	202
7.6	R	UGO:	SIDAD	204
7.7	D	ENSI	DAD DE DRENAJE	206
7.8	C	OBEF	RTURA DEL SUELO	208

7



	7.9	ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD	209
8	I	MPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA: DETONANTES	211
	8.1	LLUVIA	211
	8.2		
	8.3	FACTOR ANTRÓPICO	214
	8.4	RESULTADOS FACTORES DETONANTES	218
9	2	ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA	220
1(	) I	BIBLIOGRAFÍA	224
1.	1 ,	ANEXOS	226



### **LISTA DE FIGURAS**

FIGURA 4.1. PROPORCIÓN INFORMACIÓN INCLUIDA Y DESCARTADA.	5
FIGURA 4.2. ESTUDIOS POR PARÁMETRO.	7
FIGURA 5-1 MAPAS DE SUSCEPTIBILIDAD CON EL USO DE TRES DIFERENTES METODOLOGÍAS	15
FIGURA 5-2 MAPAS DE AMENAZA POR DIFERENTES METODOLOGÍAS	16
FIGURA 5-3 DIAGRAMA GENERAL IMPLEMENTACIÓN MAPA DE AMENAZA POR MM ZONA RURAL	17
FIGURA 5-4 PROCESAMIENTO RESUMIDO DE CADA VARIABLE DE SUSCEPTIBILIDAD	19
FIGURA 5-5 FLUJOGRAMA SUSCEPTIBILIDAD	20
FIGURA 6-1 SECTORES EN LOS QUE AFLORA LA FORMACIÓN FÓMEQUE (K1F) PARTE NORTE DE L	_A
LOCALIDAD DE SUMAPAZ	30
FIGURA 6-2 SECTORES EN LOS QUE AFLORA LA FORMACIÓN UNE (K1u). PARTE NORTE DE LA LO	CALIDAD
DE SUMAPAZ	31
FIGURA 6-3 CERROS FORJADOS EN LITOLOGÍAS ASOCIADAS AL GRUPO GUADALUPE (K2G) EN LA	ZONA
ORIENTAL EN LA LOCALIDAD DE USAQUÉN (SECTOR NORORIENTAL DE BOGOTÁ D.C)	32
FIGURA 6-4 ALGUNOS SECTORES EN LOS QUE SE IDENTIFICA LA FORMACIÓN GUADUAS (ORIENTAI	DOS EN
SENTIDO NE-SW) ESTOS SE EXTIENDEN ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUMAPAZ, USME Y CIL	UDAD
BOLÍVAR (SECTOR SUR DE BOGOTÁ D.C).	34
FIGURA 6-5 ALGUNOS SECTORES EN LOS QUE SE IDENTIFICA LA FORMACIÓN CACHO, LA CUAL EN	TÉRMINOS
GENERALES DEMARCA FRANJAS ANGOSTAS Y ALARGADAS ORIENTADAS EN SENTIDO NE-SW	, LOS
MISMOS SE RECONOCEN EN LAS FRANJAS RURALES DE LAS LOCALIDADES DE USME, CIUDAD	BOLÍVAR,
SAN CRISTÓBAL, SANTA FÉ Y CHAPINERO	35
FIGURA 6-6 LA FORMACIÓN BOGOTÁ AFLORA EN LAS LOCALIDADES DE USME, CIUDAD BOLÍVAR Y	SAN
Cristóbal	36
FIGURA 6-7 LA MAYOR PARTE DE LA LOCALIDAD DE SUMAPAZ ESTÁ ASENTADA SOBRE LITOLOGÍAS	8
PERTENECIENTES A LA FORMACIÓN FUSAGASUGÁ	37
FIGURA 6-8 PRINCIPALES EXPOSICIONES DE LA FORMACIÓN REGADERA	38
FIGURA 6-9 LA ZONA CENTRAL DE LA LOCALIDAD DE USME DESCANSA SOBRE EL NÚCLEO DEL SIN	CLINAL DE
USME, EL CUAL ESTA FORJADO EN MATERIALES ASOCIADOS A ESTA FORMACIÓN	39
FIGURA 6-10 COMPLEJO DE CONOS DENOMINADOS COMO FORMACIÓN MARICHUELA, SE LOCALIZ	ZAN A
MANERA DE PEQUEÑOS SECTORES Y DE MANERA PUNTUAL EN LAS LOCALIDADES DE CIUDAD	Bolívar
Y USME	40



FIGURA 6-11 SECTORES DONDE SE EMPLAZAN LOS DEPÓSITOS DE ORIGEN ALUVIAL NOMENCLADOS COMO
LA FORMACIÓN RÍO TUNJUELITO, ESTOS DEMARCAN PEQUEÑOS SECTORES EN LAS LOCALIDADES DE
CIUDAD BOLÍVAR Y USME
FIGURA 6-12 DEPÓSITOS ASOCIADOS A LES EVENTOS GLACIARES, LOS CUALES ENMASCARAN UNIDADES DE
DATA MÁS ANTIGUA, SE EXTIENDEN EN SECTORES RURALES QUE HACEN PARTE DE LAS LOCALIDADES
DE CIUDAD BOLÍVAR; USME, SAN CRISTÓBAL, SANTA FÉ Y CHAPINERO42
FIGURA 6-13 SECTORES DONDE SE IDENTIFICAN DEPÓSITOS PERTENECIENTES A LA FORMACIÓN SABANA,
LOCALIZADOS SOBRE EL LÍMITE NORTE DE BOGOTÁ D.C
FIGURA 6-14 SECTORES DONDE SE EMPLAZAN DEPÓSITOS MORRÉNICOS IDENTIFICADOS COMO FORMACIÓN
CHISACÁ, SI BIEN PRESENTAN ÁREAS GRANDES, SE RESTRINGEN A UN PEQUEÑO SECTOR QUE CUBRE
LOS LÍMITES ENTRE LAS LOCALIDADES DE SUMAPAZ, USME Y CIUDAD BOLÍVAR44
FIGURA 6-15 LAS MAYORES MANIFESTACIONES DE LA FORMACIÓN CHÍA SE PRESENTAN EN EL LÍMITE
SURORIENTAL DE LA LOCALIDAD DE CIUDAD BOLÍVAR CON LA LOCALIDAD DE USME45
FIGURA 6-16 DE LOS 285 DEPÓSITOS COLUVIALES IDENTIFICADOS EN EL ESTUDIO, LA MAYOR
CONCENTRACIÓN SE PRESENTA EN LA LOCALIDAD DEL SUMAPAZ
FIGURA 6-17 PRINCIPALES LINEAMIENTOS GEOLÓGICOS EN LA ZONA URBANA Y RURAL DE BOGOTÁ D.C 49
FIGURA 6-18 PRINCIPALES ESTRUCTURAS LOCALIZADAS EN LA ZONA NORTE DE BOGOTÁ D.C, NÓTESE EL
CAMBIO FUERTE EN LA PENDIENTE, DE MANERA TAL QUE LA MAYOR PARTE DEL ÁREA URBANA SE
EMPLAZA EN LA FRANJA DE MENOR PENDIENTE MIENTRAS LA PARTE RURAL COBIJA SECTORES DE LAS
MAYORES PENDIENTES Y DE MAYOR PRESENCIA DE ESTRUCTURAS (PLIEGUES Y FALLAS)53
FIGURA 6-19. PRINCIPALES ESTRUCTURAS LOCALIZADAS EN LA ZONA CENTRAL DE BOGOTÁ D.C, LAS
ZONAS RURALES AL OCCIDENTE Y ORIENTE CORRESPONDEN A LOS SECTORES DE MAYOR PENDIENTE,
MIENTRAS QUE EN LA FRANJA INTERMEDIA SE ASIENTA PARTE DEL CASCO URBANO55
FIGURA 6-20. PRINCIPALES ESTRUCTURAS LOCALIZADAS EN LA ZONA SUR DE BOGOTÁ D.C, LA SECCIÓN
DISCURRE A LO LARGO DE LA ZONA RURAL, EN ESTA SE EVIDENCIA QUE LAS MAYORES ALTURAS
TOPOGRÁFICAS SE LOCALIZAN AL OCCIDENTE
FIGURA 6-21. METODOLOGÍA GENERAL PARA LA ACTUALIZACIÓN DE LA CARTOGRAFÍA GEOMORFOLÓGICA
CON FINES INGENIERILES63
FIGURA 6-22. ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA
FIGURA 6-23. UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DIFERENCIADAS EN EL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL 66
FIGURA 6-24 VISTA PANORÁMICA DEL RELLENO SANITARIO DOÑA JUANA, TOMADA DESDE EL SECTOR DE
Mochuelo Alto71



FIGURA 6-25 LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE CANTERA PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE
Construcción (Acn)71
FIGURA 6-26 LOCALIZACIÓN DE LAS ÁREAS DE CANTERA PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIAL DE
CONSTRUCCIÓN ACTIVAS (ACNA)
FIGURA 6-27 LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD DENOMINADA REPRESA (ARP)72
FIGURA 6-28 LOCALIZACIÓN DE LOS RELLENOS ANTRÓPICOS (ARE)
FIGURA 6-29 LOCALIZACIÓN DE LAS SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA ESTRUCTURAL
DE CUESTAS DENUDADA Y RESIDUAL (SCLE)
FIGURA 6-30. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA DE
CONTRAPENDIENTE DE ESPINAZO DENUDADO (SELP)
FIGURA 6-31. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA CONOS Y LÓBULOS
Coluviales De Solifluxión (Dco)
FIGURA 6-32. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA FLUJO TORRENCIAL
(DLFB)81
FIGURA 6-33. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA ESTRUCTURAL
DENUDADA Y RESIDUAL (DLPD)82
FIGURA 6-34. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA CORNISAS
ESTRUCTURALES (SCOR)85
FIGURA 6-35. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA TERRAZA O BERMA DE
FALLAMIENTO (SBF)85
FIGURA 6-36. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA DE
CONTRAPENDIENTE DE SIERRA HOMOCLINAL DENUDADA/ PENDIENTES ESTRUCTURALES (SSHCP). 87
FIGURA 6-37. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA CONOS DE DEYECCIÓN
(FCDY)90
FIGURA 6-38. LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA PLANICIE O LLANURAS
DE INUNDACIÓN (FPI)90
FIGURA 6-39 LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA CONOS Y LÓBULOS DE
GELIFRACCIÓN (GLB)96
FIGURA 6-40 LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA MORRENA LATERAL
(GMF/GML)
FIGURA 6-41 LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA CIRCOS GLACIARES Y DE
NIVACIÓN (GC)



FIGURA 6-42 LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA ANTICLINAL	
GLACIADA (GSANL)	99
FIGURA 6-43 LOCALIZACIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA ESTRUCTUR	.AL
DE ESPINAZO GLACIADO (GCLEG)	. 101
FIGURA 6-44. RUGOSIDAD DEL TERRENO	. 108
FIGURA 6-45 ÍNDICE DE CONTRASTE O RELIEVE RELATIVO	. 110
FIGURA 6-46 ÍNDICES DE LONGITUD DE LA LADERA	. 111
FIGURA 6-47 DENSIDAD DEL DRENAJE	. 113
FIGURA 6-48 IDENTIFICACIÓN DE LAS FORMAS DEL TERRENO (CÓNCAVA, CONVEXA, RECTA)	. 115
FIGURA 6-49 INTERVALO DE PENDIENTE EN PORCENTAJE (%) EN EL DISTRITO CAPITAL	. 117
FIGURA 6-50 MOVIMIENTOS EN MASA (TOMADA DEL SERVICIO GEOLÓGICO BRITÁNICO BASADA EN	
(VARNES, 1978)	. 124
FIGURA 6-51 LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS DE ESTUDIO	. 134
FIGURA 6-52 LOCALIZACIÓN DE LOS PROCESOS MORFODINÁMICOS IDENTIFICADOS EN EL ÁREA RURAL	
DISTRITO CAPITAL	. 135
FIGURA 6-53 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS IDENTIFICADO	oos
EN EL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	. 136
FIGURA 6-54 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS IDENTIFICADO	DOS
EN LA ZONA SUR DEL SUELO RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	. 138
FIGURA 6-55 IDENTIFICACIÓN REGIONAL DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA ZONA SUR DEL ÁREA RU	JRAL
DEL DISTRITO CAPITAL	. 139
FIGURA 6-56 IDENTIFICACIÓN DE UN MOVIMIENTO EN MASA TIPO FLUJO DE TIERRAS (DFT) EN LA ZONA	١.
Sur Del Área Rural Del Distrito Capital	. 140
FIGURA 6-57 DETALLE DEL MOVIMIENTO EN MASA (DDRA) EN LA ZONA SUR DEL ÁREA RURAL DEL	
DISTRITO CAPITAL	. 141
FIGURA 6-58 LADERA AFECTADA POR FLUJO DE TIERRA (DDRA), PRESENTA UNA FORMA ELONGADA	
ASOCIADA A UNA ZONA MORFOLÓGICAMENTE DEPRIMIDA Y SATURADA. COORDENADAS MAGNA	
SIRGAS: E: 72879,12 Y N: 28857,7.	. 141
FIGURA 6-59 IDENTIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO CAÍDA Y VOLCAMIENTO (DCVA) EN LA ZO	ANC
Sur del Área Rural del Distrito Capital	. 142
FIGURA 6-60 DETALLE DEL MOVIMIENTO EN MASA (DCVO) LOCALIZADO EN LA ZONA SUR DEL ÁREA RU	JRAL
DEL DISTRITO CAPITAL	. 143
FIGURA 6-61 DETALLE DEL MOVIMIENTO EN MASA (TIPO CAÍDA Y VOLCAMIENTO - DCVA)	. 144



FIGURA 6-62 MOVIMIENTO EN MASA (TIPO CAÍDA Y VOLCAMIENTO - DCVA) GENERADO POR EROSIÓN	
DIFERENCIAL1	44
FIGURA 6-63 MOVIMIENTO EN MASA TIPO FLUJO DE TIERRAS (DFT) Y REPTACIÓN (DR) EN CERCANÍAS A	
LA CABECERA DE LA UNIÓN EN LA ZONA SUR DEL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL14	45
FIGURA 6-64 PARTE BAJA DEL CENTRO URBANO DE LA UNIÓN, DONDE SE OBSERVA UNA LADERA EN	
CONTRAPENDIENTE ESTRUCTURAL AFECTADA A NIVEL GENERALIZADO POR MOVIMIENTOS EN MASA	
TIPO REPTACIÓN (DR) Y FLUJOS DE TIERRA (DFT)	46
FIGURA 6-65 DETALLE DEL MOVIMIENTO DE REPTACIÓN (DR). OBSÉRVESE LA RUGOSIDAD DEL TERRENO	Y
HACIA LA PARTE ALTA LA EVOLUCIÓN DE ESTE MOVIMIENTO EN MASA A UN DESLIZAMIENTO	
ROTACIONAL	46
FIGURA 6-66 FLUJO DE TIERRAS (DFT) Y REPTACIÓN (DR) EN CERCANÍAS A LA CABECERA DE LA UNIÓN E	ΞN
LA ZONA CENTRAL DEL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	47
FIGURA 6-67 FLUJO DE TIERRAS (DFT) Y REPTACIÓN (DR) EN CERCANÍAS A LA CABECERA DE LA UNIÓN	
1	48
FIGURA 6-68 CERCANÍAS DEL CENTRO URBANO DE LA UNIÓN. SE PRESENTA INESTABILIDAD DE LA LADEF	R۶
DEBIDO A UN PROCESO DE REPTACIÓN (DR) Y FLUJO DE TIERRAS (DFT)	48
FIGURA 6-69 LOCALIZACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN	49
FIGURA 6-70 FLUJO DE TIERRAS (DFT) Y REPTACIÓN (DR) EN CERCANÍAS A LA CABECERA DE LA UNIÓN	
1	50
FIGURA 6-71 LOCALIZACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN. COORDENADAS E= 68132,5 Y	
N= 33204,7.	50
FIGURA 6-72 REPTACIÓN (DR) QUE HA AFECTADO LAS CERCAS Y LA INFRAESTRUCTURA INSTALADA A LO	
LARGO DE ESTE TRAMO DE CARRETERA	51
FIGURA 6-73 MOVIMIENTO EN MASA TIPO CAÍDA DE BLOQUES (DCVA) Y REPTACIÓN (DR)1	52
FIGURA 6-74 DETALLE INTERESTRATIFICACIÓN DE ROCAS DURAS Y BLANDAS CON PROCESOS DE	
EROSIÓN DIFERENCIAL QUE GENERAN CAÍDA DE BLOQUES	52
FIGURA 6-75 MOVIMIENTO EN MASA TIPO CAÍDA DE BLOQUES (DCVA) Y REPTACIÓN (DR) EN LA VÍA SAN	
JUAN - CORREGIMIENTO DE CHORRERAS	53
FIGURA 6-76 DETALLE INTERESTRATIFICACIÓN DE ROCAS DURAS Y BLANDAS CON PROCESOS DE	
EROSIÓN DIFERENCIAL QUE GENERAN CAÍDA DE BLOQUES SOBRE LA VÍA QUE CONDUCE AL CASER	ĺΟ
DE CHORRERAS	54
FIGURA 6-77 MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN (DR) EN LA VÍA QUE CONDUCE AL CASERÍO	
CHORRERAS1	55



FIGURA 6-78 DETALLE DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN (DR) EN LA VÍA QUE CONDUCE AL	
Caserío Chorreras	155
FIGURA 6-79 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS IDENTIFICADO	os
EN LA ZONA CENTRO DEL SUELO RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	157
FIGURA 6-80 IDENTIFICACIÓN REGIONAL DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA ZONA CENTRO DEL ÁREA	
Rural Del Distrito Capital	158
FIGURA 6-81 PROCESO DE EROSIÓN EN SURCOS Y CÁRCAVAS (DERL) EN EL SECTOR OCCIDENTAL DE	
CIUDAD BOLÍVAR EN LA ZONA CENTRAL DEL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	159
FIGURA 6-82 DETALLE DEL PROCESO DE EROSIÓN EN SURCOS Y CÁRCAVAS DE GRADO SEVERO EN EL	
SECTOR OCCIDENTAL DE CIUDAD BOLÍVAR. COORDENADAS E=90011,5 Y E=95019,3	160
FIGURA 6-83 MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN (DR) EN LA ZONA CENTRAL DEL ÁREA RURAL DE	ΞL
DISTRITO CAPITAL	161
FIGURA 6-84 DETALLE DEL PROCESO DE REPTACIÓN (DR) QUE AFECTA LA BANCA DE LA VÍA PRODUCIEN	DO
DEFORMACIÓN DE LA MISMA. COORDENADAS E=91760,7 Y E=84467,5	161
FIGURA 6-85 IDENTIFICACIÓN DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN EN LA ZONA CENTRAL DEL	
ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	162
FIGURA 6-86 DETALLE DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN (DR), EL CUAL SE MANIFIESTA POR	R LA
PÉRDIDA DE VERTICALIDAD DE LOS ÁRBOLES Y DE LA INFRAESTRUCTURA ALLÍ LOCALIZADA.	
COORDENADAS E=91898,1 Y E=79107,4.	163
FIGURA 6-87 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS IDENTIFICADO	os
EN LA ZONA NORTE DEL SUELO RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	164
FIGURA 6-88 IDENTIFICACIÓN REGIONAL DE LOS PROCESOS EROSIVOS EN LA ZONA NORTE DEL ÁREA	
RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	165
FIGURA 6-89 REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS IDENTIFICAD	OS
EN LA ZONA NORTE DEL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	166
FIGURA 6-90 DETALLE DEL MOVIMIENTO EN MASA TIPO DESLIZAMIENTO ROTACIONAL ACTIVO,	167
FIGURA 6-91 CAÍDA Y VOLCAMIENTO (DCVA) EN LA PARTE RURAL DE LA LOCALIDAD DE CHAPINERO	168
FIGURA 6-92 ANTIGUO ESCARPE DE UNA CANTERA ABANDONADA, SUSCEPTIBLE A PRESENTAR CAÍDA Y	Y
VOLCAMIENTO DE BLOQUES. COORDENADAS E= 103409,0 Y N= 105933,9.	168
FIGURA 6-93 CAÍDA Y VOLCAMIENTO (DCVA) EN LA LOCALIDAD DE USAQUÉN DEL ÁREA RURAL DEL	
DISTRITO CAPITAL	169
FIGURA 6-94 CANTERA ABANDONADA EN EL SECTOR SAN LUIS EN LA VÍA LA CALERA	169
FIGURA 6-95 COBERTURA VEGETAL ZONA RURAL	173



FIGURA 6-96 USO DEL SUELO ASOCIADO A COBERTURAS VEGETALES - COMPARADO POR FUENTES DE	
INFORMACIÓN	. 175
FIGURA 6-97 USO DEL SUELO ZONA RURAL Y SU RELACIÓN CON LA INTERVENCIÓN ANTRÓPICA	. 177
FIGURA 6-98 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL	. 179
FIGURA 6-99 DETALLE ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA POR PRECIPITACIÓN SIG-OT (CONSULTA 2016)	. 180
FIGURA 6-100 PARÁMETROS PARA ESTIMAR LA AMPLIFICACIÓN TOPOGRÁFICA Y ZONA DE INFLUENCIA	
(AFPS, 1995)	. 183
FIGURA 6-101 DISTRIBUCIÓN ACELERACIÓN SÍSMICA EN ZONA DE ESTUDIO	. 184
FIGURA 6-102 DISTRIBUCIÓN TEMPORAL EVENTOS RURALES BITÁCORA SIRE	. 185
FIGURA 6-103 DIAGNÓSTICOS EN LA ZONA RURAL.	. 187
FIGURA 6-104 DIAGNÓSTICOS ZONA RURAL POR AÑO	. 188
FIGURA 7-1 DISTRIBUCIÓN DE UNIDADES LITOLÓGICAS	. 194
FIGURA 7-2 FRANJAS DE INFLUENCIA ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS.	. 196
FIGURA 7-3 DISTRIBUCIÓN DE SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS	. 199
FIGURA 7-4 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABLE PENDIENTE	. 201
FIGURA 7-5 DISTRIBUCIÓN DE LA VARIABLE CURVATURA - CONVEXIDAD.	. 203
FIGURA 7-6 DISTRIBUCIÓN DE LA RUGOSIDAD.	. 205
FIGURA 7-7 DISTRIBUCIÓN DE LA DENSIDAD DE DRENAJE	. 207
FIGURA 7-8 SUSCEPTIBILIDAD A LOS MOVIMIENTOS EN MASA – ZONA RURAL BOGOTÁ D.C	. 210
FIGURA 7-9 AJUSTE DE SUSCEPTIBILIDAD	. 211
FIGURA 8-1 EFECTOS VIALES Y FRANJAS DE AFECTACIÓN	. 215
FIGURA 8-2 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PUNTAJES FACTORES DETONANTES	. 218
FIGURA 8-3 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL ÍNDICE DETONANTES IDET	. 219
FIGURA 9-1 DISTRIBUCIÓN DATOS ZONIFICACIÓN DE AMENAZA	. 220
FIGURA 9-2 ZONIFICACIÓN DE AMENAZA ÁREA RURAL DE BOGOTÁ, D.C	. 221



### LISTA DE TABLAS

TABLA 3-1 CUBRIMIENTO ZONA RURAL BOGOTÁ D.C.	3
TABLA 4.1. ESTRUCTURA BASE DE DATOS- INFORMACIÓN RECOPILADA	
TABLA 4.2. DOCUMENTOS CONSULTADOS POR AUTOR	
TABLA 4-3 ESTUDIOS ANTERIORES ZONA RURAL BOGOTÁ D.C.	
TABLA 5-1 VARIABLES CONSIDERADAS EN PROPUESTAS METODOLÓGICAS Y ESTUDIOS	
TABLA 5-2 VARIABLES SELECCIONADAS PARA DETERMINAR SUSCEPTIBILIDAD	
TABLA 5-3 VARIABLES SELECCIONADAS COMO FACTORES DETONANTES	
TABLA 5-4 CAUSAS DE MOVIMIENTOS EN MASA Y SU RELACIÓN CON PESOS DE FACTORES DETONANTES 2	
TABLA 6-1 INFORMACIÓN DISPONIBLE CARTOGRAFÍA	
TABLA 6-2 UNIDADES GEOLÓGICAS PRESENTES EN LA ZONA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	27
TABLA 6-3 PRINCIPALES ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS IDENTIFICADAS EN EL DISTRITO CAPITAL	50
TABLA 6-4 RELACIÓN DE SISMOS CON EPICENTRO EN EL DISTRITO ESPECIAL DE BOGOTÁ Y SU	
LOCALIZACIÓN	57
TABLA 6-5 UNIDADES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS IDENTIFICADAS EN LA ZONA RURAL DEL DISTRITO	
Capital de Bogotá	58
Tabla 6-6 Insumos Básicos para la actualización del mapa geomorfológico del Área Rural de	EL
DISTRITO CAPITAL	62
TABLA 6-7 JERARQUIZACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DIFERENCIADAS EN EL ÁREA RURAL DE	EL
DISTRITO CAPITAL	67
Tabla 6-8 Jerarquización Geomorfológica para el Ambiente Morfo genético Antropogénico	)
EN EL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	70
Tabla 6-9 Jerarquización Geomorfológica para el Ambiente Morfo genético Estructural	
DENUDATIVO EN EL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	74
TABLA 6-10 DESCRIPCIÓN DE LA SUBUNIDAD GEOMORFOLÓGICA DENOMINADA LADERA ESTRUCTURAL D	ÞΕ
CUESTAS DENUDADA Y RESIDUAL	76
TABLA 6-11 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL ESPINAZO ESTRUCTURAL DENUDADO	77
Tabla 6-12 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades Y Componentes	
GEOMORFOLÓGICOS DE LA UNIDAD DENOMINADA PLANCHAS ESTRUCTURALES	79
Tabla 6-13 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades De La Unidad Geomorfológica	
SIERRA ANTICLINAL DENUDADA Y RESIDUAL	82
Tabla 6-14 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades De La Unidad Geomorfológica	
SIERRA SINCLINAL DENUDADA Y RESIDUAL	83



TABLA 6-15 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LAS SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DE LA UNID	AD
SIERRA HOMOCLINAL DENUDADA Y RESIDUAL	86
Tabla 6-16 Jerarquización Geomorfológica Para El Ambiente Morfo genético Fluvial y	
LAGUNAR EN EL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	88
TABLA 6-17 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LAS SUBUNIDADES Y COMPONENTES DE LA UNIDAD	
GEOMORFOLÓGICA VALLE/PLANICIE ALUVIAL/TERRAZAS FLUVIALES DE ACUMULACIÓN	89
Tabla 6-18 Jerarquización Geomorfológica Para El Ambiente Morfo genético Glacial y Pe	ERI
GLACIAL EN EL ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	92
Tabla 6-19 Descripción Geomorfológica De La Subunidad Y Componente De La Unidad	
GEOMORFOLÓGICA CUESTA ESTRUCTURAL GLACIADA	94
Tabla 6-20 Descripción Geomorfológica De La Subunidad y Componente De La Unidad	
GEOMORFOLÓGICA SIERRA HOMOCLINAL GLACIADA	97
Tabla 6-21 Descripción Geomorfológica De La Subunidad y Componente De La Unidad	
GEOMORFOLÓGICA SIERRA HOMOCLINAL GLACIADA	99
TABLA 6-22 DESCRIPCIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA SUBUNIDAD Y COMPONENTE DE LA UNIDAD	
GEOMORFOLÓGICA ESPINAZO ESTRUCTURAL GLACIADO	100
Tabla 6-23 Caracterización Morfológica de las Subunidades Geomorfológicas	102
Tabla 6-24 Índice de Contraste del Relieve o Relieve Relativo	109
Tabla 6-25 Índices de Longitud de La Ladera	109
Tabla 6-26 Área En Porcentaje (%) de la Densidad del Drenaje en el Área Rural	112
Tabla 6-27 Análisis Estadísticos Variable Curvatura - Convexidad	114
Tabla 6-28 Intervalo de Pendiente en el Distrito Capital	116
TABLA 6-29 RELACIÓN DE LAS LÍNEAS DE VUELO EXISTENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO	118
Tabla 6-30 Fotointerpretación de La Línea de Vuelo C2521	119
Tabla 6-31 Fotointerpretación de la Línea De Vuelo C2520	120
TABLA 6-32 TIPOS DE MOVIMIENTOS EN MASA (TOMADO DE (PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO:	
GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS, 2007))	122
Tabla 6-33 Escala de velocidades según (Cruden & Varnes, 1996). (Tomado de (Proyecto	
MULTINACIONAL ANDINO: GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS, 2007))	123
Tabla 6-34 Identificación de los Tipos de Procesos Morfodinámicos en el Área Rural del	
DISTRITO CAPITAL	136
Tabla 6-35 Identificación de los Tipos de Procesos Morfodinámicos en la Zona Sur del Ári	ΞΑ
RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	137



TABLA 6-36 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA ZONA CENTRO DEL	-
ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	. 156
TABLA 6-37 IDENTIFICACIÓN DE LOS TIPOS DE PROCESOS MORFODINÁMICOS EN LA ZONA NORTE DEL	
ÁREA RURAL DEL DISTRITO CAPITAL	. 164
TABLA 6-38 COMPARACIÓN CARACTERÍSTICAS MAPAS EXISTENTES COBERTURA VEGETAL	. 170
Tabla 6-39 Clasificación coberturas vegetales Mapa usado para zonificación rural	. 171
TABLA 6-40 USO DEL SUELO ASOCIADO AL MAPA DE COBERTURAS U. NACIONAL.	. 176
TABLA 6-41 FACTORES DE AMPLIFICACIÓN POR EFECTOS TOPOGRÁFICOS	. 183
TABLA 6-42 EVENTOS BITÁCORA SIRE - RURAL POR LOCALIDAD	. 186
TABLA 6-43 DISTRIBUCIÓN POR LOCALIDADES DE DIAGNÓSTICOS ZONA RURAL	. 188
Tabla 6-44 Causas de los Movimientos en Masa – Diagnósticos	. 189
TABLA 6-45 SITIOS DE INTERVENCIÓN ZONA RURAL COLINDANTES CON PERÍMETRO URBANO	. 190
TABLA 6-46 SITIOS DE INTERVENCIÓN ZONA RURAL, NO COLINDANTES AL PERÍMETRO URBANO	. 191
Tabla 7-1 Análisis variable litología	. 193
TABLA 7-2 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS VARIABLE DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO	. 195
TABLA 7-3 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS VARIABLE GEOMORFOLOGÍA	. 197
TABLA 7-4 CATEGORIZACIÓN VARIABLE PENDIENTE	. 200
TABLA 7-5 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS VARIABLE PENDIENTE	. 200
TABLA 7-6 CATEGORIZACIÓN VARIABLE CURVATURA — CONVEXIDAD	. 202
TABLA 7-7 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS VARIABLE CURVATURA - CONVEXIDAD	. 202
TABLA 7-8 CATEGORIZACIÓN VARIABLE RUGOSIDAD	. 204
TABLA 7-9 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS VARIABLE RUGOSIDAD	. 204
TABLA 7-10 CATEGORIZACIÓN DENSIDAD DE DRENAJE	. 206
TABLA 7-11 ANÁLISIS ESTADÍSTICOS VARIABLE DENSIDAD DE DRENAJE	. 208
Tabla 7-12 Análisis estadísticos variable cobertura vegetal.	. 208
TABLA 7-13 PESO DE CADA VARIABLE DE SUSCEPTIBILIDAD	. 209
TABLA 8-1 ANÁLISIS PUNTAJES FACTOR LLUVIA	. 212
TABLA 8-2 COMPARACIÓN INTERVALOS POR CUENCA E INTERVALOS DEFINIDOS	. 212
TABLA 8-3 ANÁLISIS PUNTAJES FACTOR SISMO	. 213
TABLA 8-4 ANÁLISIS PUNTAJES VARIABLE FACTOR ANTRÓPICO – EFECTOS VIALES.	. 216
TABLA 8-5 CAMBIOS EN LOS CUBRIMIENTOS DEL USO DEL SUELO CON BASE EN COMPARACIÓN DE	
COBERTURAS VEGETALES	. 216
TARLA 8-6 ANÁLISIS FUZZY DE LA VARIABLE ANTRÓDICA LISANDO LOS CAMBIOS EN EL LISO DEL SUELO	217



TABLA 8-7 ANÁLISIS DE DENSIDAD DE DESLIZAMIENTOS PARA LA VARIABLE ANTRÓPICA USO DEL SUELO	). 217
Tabla 8-8 Matriz cualitativa de relevancia — Cambio de Uso y densidad de deslizamientos	217
Tabla 8-9 Asignación de puntaje Variable antrópica – Uso del suelo	218
Tabla 9-1 Categorización de la amenaza	220
TABLA 9-2 DESCRIPCIÓN DE LAS CATEGORÍAS DE AMENAZA	222
TABLA 9-3 LEYENDA RESUMIDA DE LAS CATEGORÍAS DE AMENAZA	223



#### **GLOSARIO DE TÉRMINOS**

DI: Diagnóstico Técnico

FOPAE: Fondo de Prevención y Atención de Emergencias de Bogotá - DPAE (ahora

IDIGER y FONDIGER)

IDEAM Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

MM: Movimientos en Masa

SGC Servicio Geológico Colombiano

SIRE: Sistema de información que apoya la administración de la información relacionada

con el proceso de gestión de riesgo y atención de emergencias de Bogotá

#### **Definiciones:**

**Anticlinal:** Plegamiento de las capas del terreno que tiene forma de V invertida.

Áreas con condición de amenaza: son las zonas o áreas del territorio municipal zonificadas como de amenaza alta y media en las que se establezca en la revisión o expedición de un nuevo POT la necesidad de clasificarlas como suelo urbano, de expansión urbana, rural suburbano o centros poblados rurales para permitir su desarrollo.

Áreas con condición de riesgo: corresponden a las zonas o áreas del territorio municipal clasificadas como de amenaza alta que estén urbanizadas, ocupadas o edificadas así como en las que se encuentren elementos del sistema vial, equipamientos (salud, educación, otros) e infraestructura de servicios públicos.

**Azimut:** Ángulo que forma el plano vertical que contiene una dirección dada con el meridiano local, contado en el plano del horizonte en sentido de las agujas del reloj. Como origen se toma, en unos casos, la dirección sur y en otros, la norte.

**Buzamiento**: Ángulo que forma la línea de máxima pendiente de una superficie (estrato, capa, filón o falla) con su proyección sobre el plano horizontal.

**Componente geomorfológico:** Corresponde al máximo nivel de detalle de jerarquía geomorfológica. Esta categoría está determinada por los rasgos del relieve (escarpes naturales o antrópicos, relieves internos de laderas o flancos, crestas, formas de valles y microrelieves asociados con una característica litológica), definidos en sitios puntuales y determinados por la morfometría detallada del terreno en la subunidad geomorfológica. La escala de trabajo es mayor a 1:10000.

**Delimitación:** consiste en la identificación del límite de un área determinada, mediante un polígono. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

**Densidad del Drenaje:** es la relación entre la longitud de los segmentos de canal (acumulada para todos los órdenes dentro de la cuenca) y el área de la cuenca drenada.

Falla: Fractura o zona de fracturas a lo largo de cuya superficie se produce un desplazamiento relativo de los dos bloques (labios) en que quedan divididas las rocas afectadas.

**Geomorfoestructura:** Hace referencia a grandes áreas geográficas caracterizadas y definidas por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea.



**Intervalo de Pendiente:** Es el ángulo que forma la ladera o terreno con respecto a un plano horizontal. La selección de los intervalos de pendiente se puede realizar teniendo en cuenta la distribución espacial de las pendientes que mejor representen las formas del terreno.

Lineamiento Fotogeológico: Rasgo rectilíneo o ligeramente curvado de la superficie terrestre, visible fundamentalmente en las imágenes de satélite. Su significación es, en general, de tipo morfológico. Sus dimensiones son regionales y probablemente refleja un fenómeno o anomalía profundos. Pueden ser simples o compuestos (constituidos por segmentos alineados)

**Morfodinámica:** Trata de los procesos denudativos ocurridos tanto en el pasado como en el presente o aquellos que se puedan activar en el futuro, entendiendo su grado de movilidad o de actividad con el paisaje

**Morfogénesis:** Implica la definición del origen de las formas del terreno. Es decir, las causas y procesos que dieron origen a las formas del terreno o paisajes. En ese sentido el origen depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades, y durante intervalos de tiempo geológico variables. **Morfografía:** Corresponde a los aspectos relacionados a la geometría y descritos según adjetivos descriptivos y representativos.

**Morfometría:** Trata acerca de los aspectos cuantitativos en términos de medidas de longitud. Área, forma y pendiente.

**Movimiento en Masa**: Equivale a definiciones como procesos de remoción en masa, fenómenos de remoción en masa, deslizamientos o fallas de taludes y laderas. Movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efecto de la gravedad.

**Pliegue:** Estructura de una roca o conjunto pétreo cuando una superficie de referencia, definida como plana antes de la deformación, se transforma en una superficie curvada o doblada.

**Provincia Geomorfológica**: Representa a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un marco relieve y una génesis geológica similar. Se definen en términos tales como Cinturones Montañosos, Llanuras, Peneplanicies, Cordilleras, Serranías, están establecidas para escalas entre 1:1000000 – 1:500000

**Proyecto POT:** Proyecto de Actualización del Componente de Gestión del Riesgo para la Revisión Ordinaria del Plan de Ordenamiento Territorial de Bogotá D.C.

**Región Geomorfológica:** Es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Estas están definidas por ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos similares. Entre los ambientes morfogenéticos se pueden mencionar el ambiente morfoestructural (S), denudativo (D), fluvial (F), entre otros. La escala de trabajo está definida entre 1:250000 y 1:500000.

**Subunidad Geomorfológica:** Corresponde a una subdivisión de las unidades geomorfológicas y está determinada fundamentalmente por: los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno, por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a los procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación. La escala de trabajo está definida entre 1:10000 y 1:25000.



**Unidad Geológica para Ingeniería:** Unidad geológica que muestra información sobre la distribución y propiedades físicas y mecánicas de las rocas y los suelos, el agua subterránea, las características del relieve y los procesos geodinámicos actuales.

**Unidad Geomorfológica**: Se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomórfico construccional o destruccional (de acumulación o erosión), típico de un ambiente genético dado (está determinada con términos genéticos, morfológicos y geométricos). La escala de trabajo está entre 1:50000 y 1:100000.

**Unidad Litoestratigráfica:** Unidad estratigráfica establecida a partir de la litología de las rocas estratificadas. La unidad fundamental es la formación, que es la que se representa en los mapas geológicos usuales. Unidades de rango menor son el miembro y la capa; de rango superior, el grupo.

Sinclinal: Plegamiento de las capas de un terreno en forma de V.

**Vergencia:** Dirección de transporte de los sedimentos asociados al movimiento relativo de una falla.

**Zonificación:** es la representación cartográfica de áreas con características homogéneas. Debe realizarse bajo el sistema de coordenadas oficial definido por la autoridad cartográfica nacional y su precisión estará dada en función de la escala de trabajo.

#### Unidades:

Término	Unidad					
Longitud	m	Metro				
Área	ha	Hectárea				
Alea	m <sup>2</sup>	Metro cuadrado				
Porcentaje	%					
Grados	0					
Peso unitario total del suelo (γ)	kN/m3	Kilo newton por metro cúbico				
Peso unitario seco (γ <sub>d</sub> )	kN/m3	Kilo newton por metro cúbico				
Peso unitario efectivo (γ')	kN/m3	Kilo newton por metro cúbico				
Gravedad especifica del suelo (Gs)		Adimensional				
	MPa	Mega páscales				
Resistencia a la compresión	Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramo por centímetro cuadrado				
Resistencia al corte del suelo no drenado						
(Cu)						
Velocidad de ondas de corte (Vs)	m/s	Metros por segundo				
Número de Golpes del SPT	N					
Densidad de Drenaje	m/ha	Metro por Hectárea				



#### INTRODUCCIÓN

El presente informe corresponde al Documento Técnico de Soporte – DTS de la elaboración del mapa normativo de amenaza por movimientos en masa para la zona rural escala 1:25000, elaborado por el Instituto Distrital para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático - IDIGER en el marco del proyecto de actualización del componente de gestión del riesgo para la revisión ordinaria del plan de ordenamiento territorial de Bogotá D.C.

Para la elaboración del mapa se tienen en cuenta las consideraciones del Decreto Nacional 1807 de 2014 (compilado por el Decreto Nacional 1077 de 2015), por lo que el documento se desarrolla en una secuencia que evidencia el cumplimiento de dicha normatividad. Se resalta la consulta, análisis y evaluación de la información existente en el IDIGER especialmente la relacionada con instrumentos de gestión del riesgo como Conceptos y Diagnósticos Técnicos, Estudios de amenaza y riesgo, Medidas Estructurales y No Estructurales de Mitigación de Riesgos, etc., la consulta a otras entidades del Distrito como la Secretaría Distrital de Planeación (SDP), la Secretaria Distrital de Ambiente (SDA), Jardín Botánico, el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU), la empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB), UAECD: Unidad Administrativa Especial de Catastro Distrital entre otras, entidades nacionales como el Servicio Geológico Colombiano y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), así como el reconocimiento de campo que permitieron incorporar información conforme al esquema metodológico planteado.

El DTS se divide en capítulos dentro de los que se encuentra un contexto que enmarca los objetivos, la definición del área de estudio, la recopilación y análisis de la información disponible. Se describe de manera pormenorizada la implementación del modelo de análisis de amenaza, que consistió en una metodología estadística bivariada a partir de la cual se obtiene un índice de amenaza relativa; se presentan los insumos utilizados incluyendo la revisión de información temática de cobertura vegetal y uso del suelo, precipitación, sismo e instrumentos de gestión de riesgo, el ajuste de la geología y geomorfología (incluyendo inventario de procesos morfodinámicos) para la zona rural conforme a la escala de trabajo y en función de la información disponible.

Finalmente, se muestran los resultados de la implementación de la metodología a partir de los distintos cruces cartográficos con base en las cuales se obtiene el mapa definitivo de zonificación de las áreas en amenaza baja, media y alta por movimientos en masa para el suelo rural del Distrito Capital a escala 1:25000.











#### 1 OBJETIVOS

#### 1.1 OBJETIVO GENERAL

Generar un mapa actualizado de amenaza por movimientos en masa para la zona rural de Bogotá Distrito Capital en cumplimiento del Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto 1077 de 2015 o Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio), cuya delimitación y zonificación obtenida servirá como una herramienta para la identificación de condiciones de amenaza y riesgo existentes y potenciales, y en segundo lugar para definir medidas de intervención que orienten a establecer los condicionamientos y/o restricciones del uso y la ocupación del territorio que debe tenerse en cuenta en la revisión y actualización del instrumento de planificación territorial Plan de Ordenamiento Territorial – POT.

#### 1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1. Generar el inventario de información e insumos disponibles, donde se definan sus características y se evalúe su pertinencia en la generación del mapa actualizado por movimientos en masa en la zona rural del Distrito Capital.
- 2. Revisar metodologías de uso común incluyendo las usadas en la construcción en los planos normativos vigentes y selección de una metodología o combinación de varias que sea aplicable a las zonas rurales, a partir de la información disponible.
- 3. A partir de los insumos disponibles y la metodología establecida se formulará el modelo de análisis de amenaza por movimientos en masa que conlleve a la delimitación y zonificación de las áreas en condición de amenaza baja, media y alta para el suelo rural.
- 4. Construir el Documento Técnico de Soporte y memoria justificativa en la temática de movimientos en masa.
- 5. Apoyar en la definición de programas y proyectos para ejecutar en la planificación en la propuesta de IDIGER a SDP para el POT

#### 2 ALCANCE Y LIMITACIONES

La información plasmada en este documento, tiene como alcance dar un soporte técnico a las distintas actividades ejecutadas para la realización del mapa de Amenaza por Movimientos en Masa para el suelo rural de Bogotá D.C.; el esquema metodológico planteado para lograr los objetivos se enmarca y se limita al cumplimiento de lo establecido en el Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto Nacional 1077 de 2015) y aunque describe de manera clara cómo se llegó a la zonificación de amenaza por movimientos en masa, su uso o réplica en otros municipios o distritos debe verse con especial cuidado, toda vez que su estructuración tuvo en cuenta información e insumos específicos disponibles, especialmente de los instrumentos de gestión del riesgo, así como el estudio escala 1:25000 contratado por el IDIGER en el año 2013.

Página 2 de 224















#### 3 ÁREA DE ESTUDIO

El área rural de Bogotá actualmente está ubicada hacia el oriente, sur y norte de la zona urbana de Bogotá D.C y la conforman parte de las localidades de Usme, Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Santafé, Chapinero, Usaquén y Suba y la totalidad de la Localidad de Sumapaz, no obstante en la revisión del Plan de Ordenamiento Territorial – POT la Localidad de Suba deja de ser rural.

En términos generales, el área tiene relieve ondulado a montañoso donde pueden presentarse movimientos en masa y en algunas localidades se presentan terrenos topográficamente planos, sujetos a amenaza por inundación. En la Tabla 3-1 se presenta el cubrimiento en área y porcentaje.

En la nueva propuesta del POT, la zona rural se ubica en los cerros orientales y hacia el sur de la ciudad, por lo que el sector de Suba que dejará de ser rural y por lo tanto se analizó dentro de toda la localidad de Suba (en conjunto con la zona urbana y expansión) a escala 1:5000 y los bordes de la zona rural en contacto a la zona Urbana, cubriendo 5.36% del área rural; las demás zonas oriental y sur se analizarán a escala 1:25.000, lo que resulta en un polígono de 115494.29 ha como área de estudio.

Tabla 3-1 Cubrimiento zona rural Bogotá D.C.

Localidad	Área Localidad (ha)	Área de trabajo 1:25.000 (ha)	Área a normalizar 1:25.000	% Localidad	% Área Rural
Sumapaz	78098,52	78098,52		100,00%	63,99%
Usme	18307,00	18500,75		96,81%	15,00%
Ciudad Bolívar	10210,00	9608.37		84,45%	8,37%
San Cristóbal	3187,13	3304.95		91,56%	2,61%
Santafé	3865,63	3865.63		96,36%	3,13%
Chapinero	2549,00	2707.71		82,58%	2,09%
Usaquén	2724,00	2869.69		85,96%	2,23%
Suba	3141,31	0,00	0,00	0,00%	2,57%
TOTAL RURAL	122039,13	118958.4	115494,29	94,64%	100%

(Adaptada a partir de Información de SDP)

#### 4 RECOPILACIÓN DE INFORMACIÓN DISPONIBLE

La recopilación de información disponible se ha realizado, de acuerdo con lo establecido en artículo 6 del Decreto 1807 de 2014 (compilado por el Decreto 1077 de 2015), correspondiente a las condiciones técnicas para la elaboración de estudios básicos y detallados, en donde se especifica los parámetros a seguir para el análisis de la información disponible. Para el presente estudio se ha procedido a consultar información técnica relacionada con los estudios de soporte del plano normativo de remoción en masa del Plan de Ordenamiento Territorial (Decreto 190 de 2004), estudios de amenaza y riesgo, cartografía básica y temática y demás información pertinente que haya sido aprobada y

Página 3 de 224















elaborada por autoridades y sectores competentes, además que correspondan al análisis de las áreas de interés ya sea de manera total o parcial, y que cumpla las condiciones técnicas y de detalle establecidas en el mencionado decreto para este tipo de estudio.

Una vez se ha realizado el análisis e inventario de la información técnica disponible de acuerdo al alcance y pertinencia para el proyecto y teniendo en cuenta lo estipulado en el citado decreto en lo relacionado a insumos mínimos, área de estudio, alcance, zonificación y productos, se han establecido las acciones técnicas y metodologías a emplear para dar cumplimiento al objeto del estudio.

La información utilizada para el desarrollo del proyecto se ha clasificado según el área de pertinencia dentro del estudio, tipo y características propias de la información, además de una evaluación cualitativa según su utilidad, pertinencia, calidad, resolución espacial entre otros aspectos relevantes, en el Anexo A se presenta el inventario completo de la información consultada.

En la Tabla 4.1 se presenta un cuadro explicativo de la estructura implementada para consolidar la base de datos de la información consultada.

Tabla 4.1. Estructura base de datos- Información recopilada

ESTRIICTIIRA T	TABLA INFORMACIÓN	OBSERVACIONES				
Documento (título documento)/ estudio						
	Autor	Persona Natural, empresa o institución quien elabora el estudio.				
	Componente	Se refiere al parámetro o componente dentro de la metodología o estudio para el cual ha sido utilizada la información.				
	Cubrimiento espacial	Se refiere a la zona geográfica que cubre la información.				
Detalle de la información del	Escala	Si aplica.				
	Año de elaboración	Año de elaboración de documento o estudio.				
documento	Tipo de información	Documento magnético, documento escrito, Fotografías aéreas, modelo digital del terreno.				
	Formato de información	PDF, Impreso, Digital etc.				
	Alcance del componente del estudio	Alcance o utilidad dentro de la metodología.				
	Metodología del componente del estudio	Se refiere al proceso que se lleva a cabo para obtener la informa citada.				
	Estudios anteriores que incorpora	Si aplica.				
	Calidad de la información	Información escasa, deficiente o suficiente.				
	Actualidad					
Evaluación de la información	Pertinencia					
IIIIOIIIIaCIOII	Completitud	Nivel de la información: 1 baja; 2 Media; 3 Alta.				
	Relevancia					

Página 4 de 224













ESTRUCTURA TABLA INFORMACIÓN		OBSERVACIONES		
Resolución espacial Resolución temporal				
Justificación de incluir en la temática		Fin de la utilización de la información.		
Necesidades para adecuar la información		Si aplica.		
Estado final de la información		Se refiere a si se incluye o no en el componente en estudio ya sea de manera total, parcial, ya sea como insumo o guía metodológica.		
Revisor		Responsable del procesamiento y utilización de la información.		

### 4.1 ORIGEN Y USO DE LA INFORMACIÓN

Se ha gestionado la consecución de la información en diferentes entidades entre estatales, privadas, mixtas y de educación superior que han adelantado estudios en las zonas de interés o que son pertinentes para los fines del proyecto, para ello se han emitido solicitudes y llevado a cabo mesas de trabajo explicando los alcances y uso de la misma.

Se tuvo acceso a un total de 17 estudios o documentos en los que se hicieron cuarenta (40) consultas que cubren distintos componentes, según parámetro y ubicación espacial de interés. Del total de las consultas realizadas, el 73% (29) ha sido utilizada como insumo ya sea de manera total o parcial y/o como guía metodológica, el 27%(11) restante ha sido descartada por ser información desactualizada, archivos dañados, no aplica o no cumple con el establecido en el Decreto 1807 en lo referente a la calidad de la información. (Ver Figura 4.1).



Figura 4.1. Proporción información incluida y descartada.











La información consultada hace parte de estudios generados por un total de 16 autores o Entidades, en la Tabla 4.2 se muestran el número de consultas por autor en el proceso de recolección de información.

Tabla 4.2. Documentos consultados por Autor.

	ENTIDAD O AUTOR EMISOR DE LA INFORMACIÓN	Cantidad de Documentos	No. CONSULTAS
1	UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA	1	10
2	GEOINGENIERIA LTDA	1	5
3	GIA CONSULTORES LTDA.	1	5
4	GEOCING S.A.S	1	4
5	EDSON ORLANDO HOYOS CERÓN. CONSULTORÍA EN INGENIERÍA GEOAMBIENTAL.	1	3
6	SDP - EAB	1	2
7	SDP - UAECD	2	2
8	ACUEDUCTO- DEM EAB	1	1
9	CATASTRO – DEM ALOS	1	1
10	CONVENIO FOPAE	1	1
11	IDIGER	1	1
12	INGEOCIM Ltda	1	1
13	INSTITUTO GEOFÍSICO UNIVERSIDAD JAVERIANA	1	1
14	OMAR DARÍO CARDONA PARA IDIGER	1	1
15	SDP	1	1
16	UNIVERSIDAD DISTRITAL	1	1
	TOTAL GENERAL	17	40

En el ANEXO A, se presenta mediante una matriz el listado completo de las entidades emisoras de la información, documento y/o Estudio y uso de la información por parámetro y cubrimiento espacial.

El cubrimiento espacial de los diferentes estudios cubre desde sitios puntuales, centros poblados hasta estudios de índole general para la ciudad de Bogotá y alrededores cubriendo parcial o totalmente los sitios de interés.

En la Figura 4.2 se presenta la distribución del número de referencias y/o consultas por parámetro.

Página 6 de 224

















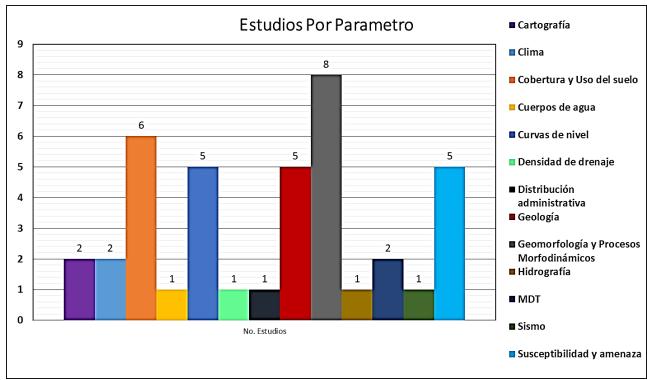


Figura 4.2. Estudios por parámetro.

Los parámetros técnicos para los cuales se ha hecho mayor número de consultas corresponden a Geomorfología y procesos Morfodinámicos (8), cobertura vegetal y uso de suelo (6) y susceptibilidad y amenaza (5) respectivamente.

#### 4.2 LIMITACIONES EN LA CONSECUCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Durante las actividades relacionadas con la recolección y análisis de la información disponible, se han presentado algunos inconvenientes, entre los principales se tienen:

- Archivos dañados que no permitían su lectura o manipulación, en algunos casos fue necesario repáralos.
- Tiempo de respuesta y reunión de la información solicitada en las diferentes entidades.
- Algunas entidades no suministraron información.
- Inexistencia en el inventario de entidades de información que se contaba en un inicio como disponible.
- Información incompleta.

La información digital suministrada no está totalmente organizada. En respuesta a esto se han establecido las acciones de orden técnico para subsanar las limitaciones, en cuanto a la calidad y detalle de la información utilizada, estos procedimientos son descritos en cada uno de los capítulos correspondientes

Página 7 de 224















#### 4.3 **ESTUDIOS BASICOS DE REFERENCIA**

Se realizó la búsqueda y consulta de estudios anteriores en el polígono de estudio que contengan información de movimientos en masa o con información de insumos, principalmente los elaborados por el IDIGER antes FOPAE. Producto de esta búsqueda, se reconoce la presencia de un estudio de amenaza por movimientos en masa y otros estudios que aportan información temática, tal como se presenta en la Tabla 4-3.

Tabla 4-3 Estudios anteriores zona rural Bogotá D.C.

Nombre	Año	Resumen
Estudio de amenaza por remoción en masa de la zona rural de Bogotá D.C. – Escala 1:25000 FOPAE - UNAL 2013	2013	Este estudio se realizó bajo el convenio interadministrativo 658 de 2012 entre el Fondo de Prevención y atención de emergencias FOPAE y la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, con el fin de generar el mapa de amenaza por remoción en masa del área rural de Bogotá D.C para incorporación al POT. El alcance del estudio, cubriendo 122258 Ha catalogadas como zona rural POT 2004, incluyó: la búsqueda, revisión y análisis de información existente en diferentes entidades distritales; la generación de cartografía base usando las bases recopiladas; la construcción de mapas en las temáticas de pendientes, geología para ingeniería, geomorfología y procesos, hidrología e hidráulica, hidrogeología, cobertura vegetal y uso del suelo, geotecnia, así como los relacionados con detonantes asociados a amenaza sísmica y precipitación, todo esto en base SIG; la generación del mapa de amenaza por movimientos en masa para lo cual se implementaron metodologías de tipo Heurístico y combinación de mapas (Mora - Vahrson, 1994), de tipo estadístico bivariado (Van Westen, 1997) y de tipo determinístico (Alate et al, 2000), siendo esta última la escogida para el mapa final. Finalmente se realizaron algunas recomendaciones sobre manejo de zonas de amenaza y ordenamiento del territorio.
Elaboración del mapa de amenazas por incendios forestales en el suelo rural del Distrito Capital.	2014	Este estudio presenta el proyecto de elaboración del mapa de amenaza por incendios forestales del suelo rural del Distrito Capital, con el siguiente alcance: descripción del área, los diferentes marcos necesarios para la compilación y análisis de la información bibliográfica, de antecedentes y secundaria, se describen los factores amenazantes que configuran el escenario para la generación y propagación de los incendios forestales, así como los recursos y métodos empleados tanto para los inventarios en campo como para la generación de la cartografía temática.  De este estudio se resalta la verificación del insumo temático cobertura vegetal, donde se compararan los mapas generados por Jardín Botánico y Secretaría de Ambiente y se validó su pertinencia con información primaria producto de trabajos de campo.
Diagnóstico de redes meteorológicas y climatología de la ciudad de Bogotá	2016	En este documento se realiza un diagnóstico de las diferentes redes con las que cuenta el distrito con el fin de integrarla al centro de Monitoreo de IDIGER y se analiza la información meteorológica local con el fin de tener un mayor conocimiento del comportamiento de los diferentes elementos del clima y patrones climatológicos para el Distrito Capital. Cubre toda la zona urbana y rural a excepción de la localidad de Sumapaz y es de especial interés los análisis espaciales y temporales de precipitación.

Página 8 de 224

















Nombre	Año	Resumen
Propuesta metodológica para el desarrollo de Umbral relacionado con Lluvia que genere procesos de remoción en masa en Bogotá D.C.	2014	En este documento se desarrolla una propuesta, implementada en un área piloto, para establecer la relación entre la intensidad y duración de la lluvia con los deslizamientos. En particular, es de interés la depuración de información de eventos de movimientos en masa que elaboraron para la zona urbana y algunos eventos de la zona rural.
Zonificación de la respuesta sísmica de Bogotá para el diseño de edificaciones - Microzonificación	2010	Este estudio es el documento soporte de la microzonificación sísmica de Bogotá, donde se definen zonas de respuesta sísmica con sus respectivos valores de aceleración. Cubre toda la zona urbana y parte de la zona oriental rural.
Sistema de modelación de amenazas y riesgo de Bogotá IDIGER - ODC 2016	2016	En este estudio se generó un software que permite realizar análisis de amenaza y riesgo de Bogotá, incluyendo modelos multiamenaza. En lo referente a movimientos en masa, el estudio incluyó un módulo de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa incluyendo 12 variables relacionadas con la susceptibilidad (análisis discriminante a partir de eventos depurados por Instituto Geofísico 2014) y detonantes lluvia y sismo.

#### 5 METODOLOGÍA

### 5.1 MARCO METODOLÓGICO

De acuerdo con lo estipulado en el Decreto 1807 de 2014, para las zonas rurales se realizan análisis de amenaza por movimientos en masa a escala 1:25.000 y se utilizará como mínimo alguno de los siguientes análisis: de inventarios, heurísticos o estadísticos. Se hace necesario entonces analizar los aspectos que contemplan las zonificaciones de escala regional y local, los avances en el conocimiento y las recomendaciones de entidades nacionales e internacionales al respecto.

Como lo menciona FOPAE – UNAL, 2013, las zonificaciones de áreas amplias a escalas regionales y locales tuvieron un primer avance en los años 1960 a 1990, donde se reconoce hay una gran cantidad de metodologías propuestas a nivel internacional, la mayoría de tipo Heurístico o de criterio de experto. Debido a la importancia del tema para la planificación del territorio, desde los años 90 se incorporaron mejoras en los métodos de zonificación y en las técnicas usadas especialmente por la posibilidad de sistematizar los procesos, de tal forma que se facilitó la implementación de técnicas estadísticas y así mismo se observan nuevas propuestas metodológicas. En particular para Colombia, se realiza la primera propuesta hacia el año 1989 con métodos semi cuantitativos y en la década de los 90´ y 2000 se realizaron varias propuestas usando técnicas Heurísticas y algunas de tipo estadístico.

Desde el año 2007 hacia adelante, las zonificaciones han tenido un avance significativo en el conocimiento debido a las experiencias adquiridas por entidades nacionales en su implementación por diferentes técnicas y en las publicaciones oficiales de dichas experiencias se realizan recomendaciones específicas hacia las áreas rurales como se resume a continuación.

Página 9 de 224















Hacia el año 2007, en el documento Movimientos en masa en la región andina: Una guía para la evaluación de Amenazas del proyecto Multinacional Andino, se hace una primera aproximación de los tipos de metodologías y técnicas que se pueden utilizar para zonificaciones con casos de uso exitoso en el contexto andino; en particular, incluye un aparte sobre zonificación de susceptibilidad a movimientos en masa (Casos tipo C) la cual aplica para áreas amplias y donde se describe: "conceptualmente la susceptibilidad se puede considerar como una función distribuida especialmente definida como la densidad de movimiento en masa esperada...Para cada tipo de movimiento en masa se debe preparar una mapa de susceptibilidad separada. Al finalizar de cada mapa, se podrán combinar los mapas de susceptibilidad y generar un solo mapa de amenazas".

En cuanto a la técnica para generación del mapa, el proyecto multinacional Andino reconoce la posibilidad de uso de:

- Método Geomorfológico Subjetivo,
- La ponderación de parámetros "donde se asignan valores de forma subjetiva... y requiere de un experto familiarizado con el área de estudio quien debe seleccionar los parámetros a ponderar y asignarles el peso",
- el método estadístico bivariado que "es el método más común para obtener una estimación cuantitativa y objetiva de la susceptibilidad a movimientos en masa, donde se asignan valores a las variables a partir de las densidades reales de cada clase a partir del mapa de inventario. Se obtiene una correlación divariada entre las variables de predicción y la densidad del movimiento en masa",
- el método estadístico multivariado donde "se establece una correlación entre un grupo de variables de predicción y la densidad de movimientos en masa en las unidades de terreno. Este método no es comúnmente utilizado en la práctica y es difícil de calibrar"
- Y por último el Método determinístico, "el cual se basa en la aplicación de la ecuación de talud infinito en el cual se determina el equilibrio de una sección superficial de ladera en la que se asumen unas propiedades uniformes....La puesta en práctica es difícil puesto que no siempre se conocen bien los parámetros de entrada".

Se menciona en dicho documento que no es posible recomendar ningún método específico de mapeo de susceptibilidad. Se recomienda el uso de múltiples métodos en paralelo y se debe enfatizar el uso de ambos tipos de métodos, los teóricos y los empíricos.

Por otra parte, en el marco regional, hacia el año 2012 el IDEAM desarrolló la Metodología para la zonificación de susceptibilidad general del terreno a los movimientos en masa a partir de experiencias para la actualización del Mapa Nacional de Susceptibilidad a los Movimientos en Masa, a escala 1:500.000 (IDEAM, INGEOMINAS, 2009). La metodología implementada fue de tipo Heurístico por panel de expertos. Las variables temáticas mínimas para la susceptibilidad son la geomorfología, geología, suelos y cobertura de la tierra.

Página 10 de 224



















También en escala regional, en el año 2013 se desarrolló por el SGC la guía metodológica para la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa, escala 1:100.000, donde se aplicaron métodos heurísticos (criterio de experto) denominado Análisis Jerárquico de Procesos (AHP) (Saaty, 1981); las variables de susceptibilidad utilizadas en dicha guía son la geología, suelos edáficos, cobertura de la tierra y geomorfología, siendo las variables con información disponible a la escala y para el caso de los factores detonantes se consideran la lluvia y el sismo.

En paralelo al anterior, en el documento del SGC Lineamientos técnicos para elaboración de mapas de amenaza por movimientos en masa a escala municipal y rural 1:25.000 (2013), se propone el uso del método estadístico Bivariado para zonas rurales, y describen el método como: "esta técnica consiste en el cruce de capas temáticas ponderadas con base en la densidad de procesos inestables, en función a su grado de influencia en la estabilidad general del área de trabajo". Las variables recomendadas para la susceptibilidad se presentan en la Tabla 5-1. Para el caso de los factores detonantes, se recomienda una metodología semicuantitativa a partir del análisis detallado de los agentes agua y sismo.

Hacia el mismo año, se desarrolló el Estudio de amenaza por remoción en masa de la zona rural de Bogotá D.C. - Escala 1:25000 entre el FOPAE y la facultad de ingeniería de la Universidad Nacional, donde se hizo una revisión de metodologías existentes a diferentes escalas resultando en 42 autores entre los años 1960 a 2012, sobre las cuales se hizo una selección de las aplicables a la escala con los insumos disponibles. A partir de dicha selección y de un análisis DOFA de las 12 metodologías preseleccionadas, se definió el uso e implementación de 3 metodologías:

- Tipo Heurístico y combinación de mapas (Mora Vahrson, 1994),
- De tipo estadístico bivariado (Van Westen, 1996)
- Y de tipo determinístico (Alate et al, 2000)

Los mapas por diferentes metodologías se trabajaron en paralelo a fin de realizar la comparación de resultados y escoger el mapa más representativo. En el Centro de Documentación e Información – CDI del IDIGER, se puede consultar una copia del estudio para mayor ilustración de la selección de metodologías y los paso a paso de la implementación. Los resultados de dicha implementación se presentan en el siguiente numeral.

En el ámbito del ordenamiento territorial, en el año 2013 se desarrolló el Piloto de Asistencia técnica para incorporar la gestión integral de riesgos hidroclimáticos en el ordenamiento territorial municipal en el marco de Plan Regional Integral de Cambio Climático del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD, done se establecen unos lineamientos técnicos que permitan el conocimiento de la amenaza y el riesgo y posteriormente la gestión de los mismos. En este documento, Cardona, O,D como principal asesor establece 3 posibles métodos de zonificación en función del nivel de la información disponible: Con bajos niveles de información se puede usar la observación directa y la zonificación heurística basada en criterio de experto, con medios niveles de información se

Página 11 de 224

















pueden usar métodos heurísticos basados en datos o métodos geotécnicos asociados a factores de seguridad, y con niveles altos de información se pueden usar análisis discriminantes de la estadística clásica y las redes neuronales Artificiales; en este último rango se recomienda el uso de variables primarias y secundarias como se presenta en la Tabla 5-1 para la susceptibilidad y así obtener una probabilidad espacial de ocurrencia, y los detonantes definirlos como probabilidades temporales de ocurrencia.

En el ámbito del ordenamiento de cuentas hidrográficas, en el año 2014 se generó el Protocolo para la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenación y manejo de Cuencas hidrográficas (POMCAS) como un proyecto entre el Ministerio de Ambiente, Ministerio de hacienda y el Fondo de Adaptación. En dicho documento, se establece la necesidad de evaluar y zonificar la susceptibilidad de toda la cuenca y la Amenaza de áreas críticas por movimientos en masa, utilizando análisis estadísticos de tipo discriminante y donde las variables o factores de propensividad se dividen en primarias (no dependientes del MDT) y secundarias (dependientes del MDT); en la Tabla 5-1 se presentan las variables que recomienda la metodología, las cuales fueron escogidas con base en las recomendaciones de PNUD (2013).

En este protocolo se recomienda para el caso de la susceptibilidad: "seleccionar las variables a usar en función del tipo de análisis, los mecanismos que se presentan y la disponibilidad de información", además reducir al máximo las variables secundarias (dependientes del MDT) y así lograr una mayor independencia de variables. En cuanto a la zonificación de amenaza, define realizar la zonificación únicamente para áreas críticas usando métodos determinísticos con base en el Factor de Seguridad.

Bajo otro enfoque de actuación orientado hacia sistemas de alerta pero bajo similitud de lineamientos de PNUD, en el año 2016 se realiza el estudio Sistema de modelación de amenazas y riesgo de Bogotá elaborado por el IDIGER y el consultor Omar Darío Cardona, donde la zonificación del módulo de deslizamientos se desarrolla con análisis estadísticos discriminantes y con incorporación de detonantes en forma de umbrales para establecer probabilidades de ocurrencia equivalente a la amenaza por movimientos en masa. Las variables consideradas para definir la susceptibilidad se presentan en la Tabla 5-1 la cuales se pueden incorporar a diferentes escalas en función de los insumos disponibles.

Por último y como una herramienta para conocer el territorio rural como base para su ordenamiento territorial, en el año 2016 el SGC presentó un avance de la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escala 1:25.000 donde proponen el uso de una metodología estadística bivariada que permita obtener una probabilidad espacial (susceptibilidad), una probabilidad relativa al tamaño de los movimientos y una probabilidad temporal (detonantes) y el producto de dichas probabilidades resultaría en un mapa de Amenaza. Dentro de las variables que recomienda, de forma preliminar, son índices hidrológicos asociados al DEM (Rugosidad, Área de la cuenca, índice topográfico de humedad, pendiente y curvatura), la geología, geomorfología, uso de suelo y los procesos morfodinámicos; para los factores detonantes plantea una evaluación por eventos para definir probabilidad e excedencia de valores umbrales.

Página 12 de 224















En la Tabla 5-1 se presenta un resumen del enfoque y las variables consideradas de los documentos más recientes que recogen los avances de años anteriores y que tienen un enfoque hacia zonas amplias.

Tabla 5-1 Variables consideradas en propuestas metodológicas y estudios

	Estudio	IDEAM 2012 1:500000	SGC 2013 1:100.000	LINEA MIENTOS SGC 1:25000	FOPAE- UNAL 2013 1:25.000	PNDU 2013 1:25000	PROTOC POMCAS 2014 1:25000	IDIGER - ODC 2016
Tipo	Variable / Enfoque	Ámbito nacional	Ámbito regional	Ámbito regional	Ámbito rural	Plan regional	Cuencas Hidrogr.	Ámbito urbano
	Geología - Litología	Н	Н	Н	E1	E2	E2	E1
	Geología – Roca Suelo y espesor					E2	E2	
Temática	Geología Distancia a fallas – Densidad de fracturamiento	Н	Н	Н		E2	E2	E0
Ter	Geología - Resistencia		Н		_			
	Geomorfología	Н		Н	E1			E0
	Cobertura vegetal	H		Н	E1	E2	E2	E1
	Mapa de procesos	Н	Н	Н	E1	E2	E2	E1
	Suelos Edáficos	Н	Н					
	Modelo digital de elevaciones					E2	E2	E0
	Pendiente	Н	Н	Н	E1	E2	E2	E1
	Pendiente transformada							E1
	Orientación de las laderas					E2	E2	E0
afía	Curvatura de la superficie	Н		Н				E0
Derivado de la topografía	Curvatura en el sentido perpendicular de la pendiente							E0
de lo	Curvatura en el sentido de la pendiente							E0
ivado	Forma del área de captación	Н						
Der	Área de cuenca vertiente		Н				E2	E0
	Longitud de flujo	Н					E2	E0
	Densidad de drenaje	Н		Н	E1		E2	
	Insolación incidente en el terreno					E2	E2	E0
	Rugosidad		Н					E0
	Índice de releve relativo	Н						
Otras	Distancia vías, redes de acueducto y/o alcantarillado, otra infraestructura					E2	E2	E1

Notas: H: Variable escogida por criterio Heurístico E1: Variable escogida por criterio Estadístico, 1 si es relevante, 0 no es relevante o 2 sin definir su relevancia

Página 13 de 224



















#### 5.2 **ZONIFICACIONES DE ESTUDIOS ANTERIORES**

Como se mencionó en el numeral anterior, en el año 2013 se realizó el estudio de amenaza por remoción en masa de la zona rural de Bogotá D.C. donde se implementaron tres metodologías de diferente tipo y se compararon los resultados, tanto a nivel de susceptibilidad como de Amenaza.

En la Figura 5-1 se presentan los mapas de susceptibilidad obtenidos a partir de la implementación de las metodologías heurísticas, estadísticas y determinísticas, en los cuales se observa que los mapas heurísticos generan contrastes marcados asociados a unidades geológicas de menor competencia y zonas de alta pendiente; en el caso estadísticos los contrastes son menos críticos y se observa mayor área en zona baja donde no se han observado procesos morfodinámicos y por último, el mapa asociado a factores de seguridad muestras predominancia de estabilidad para la mayoría del territorio con un mínimo de zonas de amenaza alta.

En términos de susceptibilidad, se observa que el mapa de metodología heurística sobrestima la susceptibilidad, estadístico tiene una estimación suficiente y determinístico subvalora la susceptibilidad, esto último puede estar asociado a la dificultad de insumos a nivel de detalle.

En cuanto a mapas de amenaza, en la Figura 5-2 se presentan los resultados de las tres técnicas implementadas. Es notorio que en el caso de Mora y Vahrson los factores detonantes suavizaron las amenazas media y alta a baja y media posiblemente asociado a los bajos puntajes que implica el clima y el sismo; en el caso del mapa por Van Westen se observa que las tendencias se mantienen a excepción de la zona de cerros donde aumentó la categoría de amenaza y en el mapa determinístico se observa una minimización de las zonas de amenaza alta en la localidad de Sumapaz y un aumento de la amenaza alta en las otras localidades.

Por otro lado y debido a la necesidad de pronunciamientos sobre las Unidades de planeación Rural UPR, en el año 2015 el IDIGER realizó un documento técnico de soporte para las UPR Río Blanco y UPR Río Sumapaz, donde tomaron los mapas elaborados por UNAL - FOPAE 2013 y realizaron una validación de procedimiento y método, así como una validación con visita de campo para evaluar la pertinencia de los mapas.

Producto de dicha verificación, se observó que el mapa más adecuado para la zonificación de amenaza por remoción en masa es el que resulta de la aplicación de la metodología Van Westen (1996), específicamente aquel relacionado con la susceptibilidad, la cual corresponde con una metodología estadística.

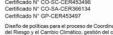
Página 14 de 224













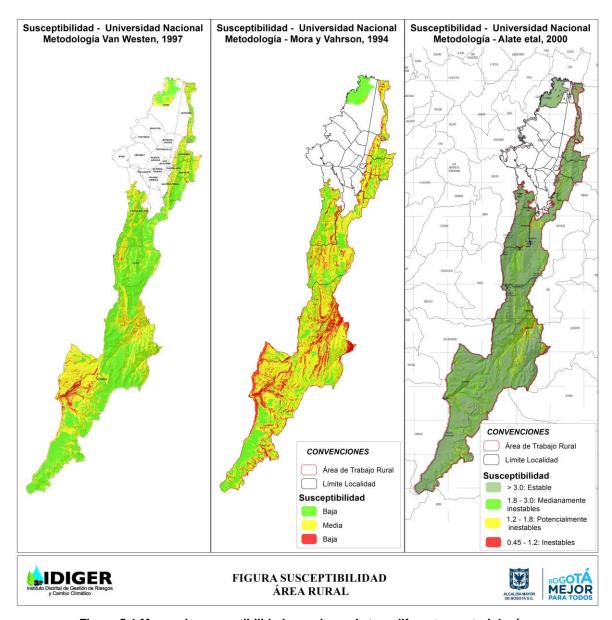


Figura 5-1 Mapas de susceptibilidad con el uso de tres diferentes metodologías

Fuente: FOPAE - UNAL (2013)















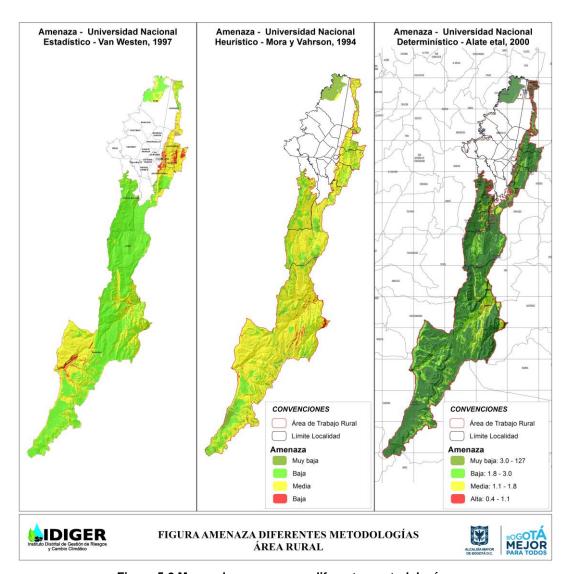


Figura 5-2 Mapas de amenaza por diferentes metodologías

Fuente: FOPAE - UNAL (2013)

# 5.3 METODOLOGÍA A IMPLEMENTAR: ESTADÍSTICA BIVARIADA

Con base en la revisión de documentos disponibles y los resultados de zonificaciones anteriores, se plantea el uso de una metodología estadística bivariada para la generación del mapa de amenaza por movimientos en masa de la zona rural de Bogotá D.C. Dicha metodología se basa en la relación de los movimientos en masa con variables intrínsecas y geométricas de la ladera y donde su combinación se traduce en una función de

Página 16 de 224















susceptibilidad, a la cual se suman factores detonantes como la lluvia, el sismo y el factor antrópico.

En la Figura 5-3 Diagrama general Implementación Mapa de Amenaza por MM zona ruralFigura 5-3 se presenta el planteamiento de la generación del mapa de amenaza de la zona rural.



Figura 5-3 Diagrama general Implementación Mapa de Amenaza por MM zona rural

A continuación se describe la formulación establecida tanto para la susceptibilidad como para los factores detonantes.

#### 5.3.1 Susceptibilidad

Con base en las recomendaciones de las propuestas metodológicas existentes en el país, se realizó una selección de las variables que combinadas representaran de mejor forma los aspectos relevantes en la estabilidad de laderas y por ende en los movimientos en masa. Dentro de los criterios de selección se encuentran:

- Disponibilidad de información en toda la zona rural
- Calidad y precisión a la escala del insumo disponible
- Variables que fueran recomendadas por mayor cantidad de estudios o propuestas metodológicas.
- Bajo el criterio de independencia de las variables, se minimizaron las variables geométricas para escoger aquellas más representativas.

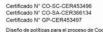
Página 17 de 224















Según lo establece Van Westen (1996) en lo referente a métodos estadísticos, las variables usadas no tienen una cantidad mínima o máxima, y en la forma de combinación de dichas variables se involucra el aspecto estadístico, representando la forma como se involucran los factores más relevantes en la estabilidad de la ladera. Además, la metodología permite libertad en la forma de categorización y clasificación de las clases de variables, ya que todos los valores asignados tienen un componente relativo a sí mismos, y la suma de dichas variables representará la influencia de las variables seleccionadas en el área de estudio.

Aplicando los criterios se escogieron 8 variables como se presenta en la Tabla 5-2, donde además de describe su significado y la relación de cada una con los movimientos en masa.

Tabla 5-2 Variables seleccionadas para determinar susceptibilidad

	Variable	Significado y relación con los movimientos en masa
GEO	Litología – Unidades geológicas para ingeniería	Representa el origen del material presente en el talud, su grado de meteorización y consolidación y la resistencia al corte de los mismos. Es una variable de gran relevancia en los movimientos en masa ya que los materiales de menor resistencia y mayor meteorización son más suceptibles al deslizamiento.
FRAC	Densidad de fracturamiento – Geología Estructural	Representa las franjas o zonas más afectadas por actividad tectónica o que por su fracturamiento puedan ser más suceptibles a movimientos en masa. Se estima como franjas alrededor de las estructuras principales.
GEOM	Morfogénesis – Unidades Geomorfológicas	Representa la infuencia de las formas del terreno y su proceso de formación, siendo más suceptibles aquellas laderas en estado denudativo o formadas a partir de movimientos en masa antiguos.
PEND	Pendiente del terreno	Representa la influencia de la inclinación de la ladera. En términos de movimientos en masa y para una zona con el mismo material, hay mayor susceptibilidad a mayor pendiente del terreno.
CURV	Curvatura	Representa la influencia de la topografía en los procesos de infiltración y escorrentía, siendo las zonas cóncavas las de menor infiltración y por ende las de menor susceptibilidad. Se estima como la variación del ángulo de inclinación del terreno respecto a una línea recta de pendiente promedio.
DDRE	Densidad de drenaje	Representa el grado de incisión del drenaje en la ladera y los valores de densidad de drenaje se estiman como la relación entre la longitud de cauces y el área de la cuenca de análisis. A mayor densidad de drenaje menor susceptibilidad a movimientos en masa ya que se facilita la escorentía y disminuye la infiltración.
RUG	Rugosidad	Representa los cambios detallados del terreno al comparar las orientaciones de pixeles contiguos, siendo más susceptible una ladera de mayor rugosidad vs la de menor rugosidad.
СОВ	Cobertura del suelo	Representa la contribución de la vegetación en la estabilidad, siendo menos suceptibles a movimientos en masa aquellas laderas con mayor cobertura vegetal y mayor susceptibilidad aquellas que está intervenidas.

El procesamiento resumido de cada variable se presenta en la Figura 5-4, donde en función del tipo de información se realizan análisis por unidad temática o se requiere una agrupación en categorías previa al análisis estadístico, como es el caso de las variables de relieve y de interacción del relieve agua que dependen del modelo digital del terreno.

Página 18 de 224

















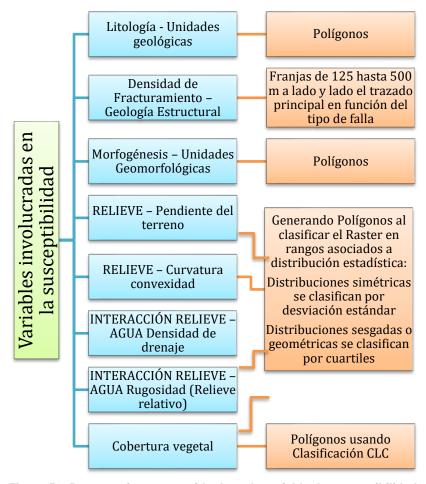


Figura 5-4 Procesamiento resumido de cada variable de susceptibilidad

Por otro lado y en cuanto al procedimiento de análisis estadístico, se definen los siguientes pasos:

- Identificación de variable: plano temático que se quiera incluir en los análisis.
   Corresponden a los mapas de geología, geomorfología, cobertura vegetal, densidad de drenaje y modelo digital del terreno.
- Identificación de clases: subdivisiones de cada variable, las cuales conformen intervalos o unidades representativas de una característica temática. Son ejemplos de clases los rangos de pendientes, cada una de las unidades geológicas, etc.
- Determinación de la densidad de procesos morfodinámicos: corresponde a la relación entre el área de los procesos en cada clase respecto al área de cada clase.
   También se puede obtener como la relación entre el área de los procesos en cada clase respecto al área total cubierta por los procesos.

Página 19 de 224









Certificado Nº CO-SC-CER453496 Certificado Nº CO-SA-CER366134 Certificado Nº GP-CER453497





- Normalización de la densidad de procesos para asignación de clasificación: corresponde a la relación entre la densidad de procesos de cada clase respecto al valor máximo de densidad, de tal forma que se obtengan valores en escalas comparables (de 0 a 1, de 0 a 100). Posteriormente y en función del tipo de distribución de dichos valores, se realiza una clasificación en categorías con valores entre 0 y 1, lo que se denomina calificación relativa.
- Elaboración de análisis de densidad de cada variable respecto al total para determinar el peso de cada variable.
- Finalmente, la susceptibilidad se calcula como un índice:

$$ISusc = \sum Variables * Peso de cada variable$$

En la Figura 5-5 se presenta un esquema básico del análisis estadístico.

El resultado de la susceptibilidad (valores entre 0 y 1) se analiza en categorías para analizar su correlación con los deslizamientos y el ajuste de la función obtenida.

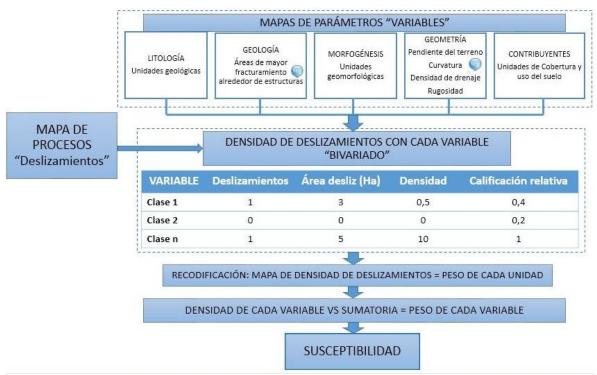


Figura 5-5 Flujograma Susceptibilidad

Página 20 de 224















#### 5.3.2 Detonantes

Para obtener mapas de amenaza se requiere incorporar agentes detonantes como aquellos elementos externos que causan el movimiento en masa, previa existencia de los factores de susceptibilidad. Con base en los estudios consultados, en los análisis de diagnósticos técnicos emitidos por IDIGER y lo establecido en el Decreto 1807 de 2014, se definen tres factores a tener en cuenta, los cuales se deben analizar por lo menos de forma espacial y en lo posible temporal. En la Tabla 5-3 se presentan los factores detonantes donde además se describe su alcance y significado.

Tabla 5-3 Variables seleccionadas como factores detonantes

	Variable	Significado y relación con los movimientos en masa
FLlu	Lluvias	La lluvia acumulada genera saturación del suelo lo que pude causar movimientos en masa; a mayor intensidad de la lluvia mayor probabilidad de ocurrencia de deslizamientos.
FSis	Sismo	Las ondas sísmicas actúan como una fuerza adicional sobre el talud, disminuyendo la estabilidad del mismo.
	Antrópico – Uso del suelo	El uso del suelo indica el grado de intervención del terreno realizado con las actividades productivas de la región. Usos del suelo que indiquen cambios intensos en la cobertura vegetal están relacionados con inestabilidad.
FAnt	Antrópico - Efectos viales	Representa las intervención antrópica como cambios de la topografía original, incluyendo principalmente cortes viales generan cambios abruptos en el terreno que pueden generar movimientos en masa. Además son sectores donde se presentan cambios en el drenaje, tuberías de acueductos veredales y otra actividades que podrían estar relacionadas con efectos detonantes de movimientos en masa.

Ya que los procesos morfodinámicos de la zona no cuentan con información del detonante asociado (hora exacta de ocurrencia vs presencia de detonante) y la ubicación de diagnósticos técnicos no es la misma de los procesos morfodinámicos (especialmente porque los diagnósticos están asociados a sitios puntuales no cartografiables a la escala), se hace necesario implementar los factores detonantes con un método complementario, por lo cual se seleccionó un método de lógica difusa (principio Fuzzy), el cual es un método de uso frecuente en donde los datos de eventos históricos no permiten realizar análisis estadísticos; el principio se basa en la función de pertenencia de una variable continua que permite asignar puntajes con valores de 0 a 1 de forma relativa a la zona de estudio, mayor puntaje mayor valor de la variable (mayor presencia de la misma).

El mecanismo de implementación de los detonantes fue seleccionado bajo los parámetros del Artículo 8 del Decreto 1807 de 2014, donde los análisis se realizarán en función de la magnitud de la amenaza, su intensidad, consecuencias y la disponibilidad de información: la información disponible para determinar la incidencia de los detonantes es la base de diagnósticos técnicos, la cual es el mejor registro técnico actual que permite categorizar los eventos.

Es de resaltar que los factores detonantes no fueron implementados con análisis estadísticos por ser elementos de variabilidad espacial y temporal que, al contrastarse con los procesos, generaban áreas de gran amplitud sin puntajes ni pesos, que representaban

Página 21 de 224

















la inexistencia de dichos eventos naturales y generaban franjas de gran incidencia que no representan las condiciones reales de ocurrencia de eventos. Un ejemplo de ello es el sismo, el cual infería que no actuaba en el territorio de forma general y gradual (viaje de ondas) sino de forma puntual; para la lluvia ocurría una condición similar, ya que las franjas indican inexistencia de lluvia media anual que no corresponde a las características climáticas de zonas andinas.

Se buscó entonces que los factores detonantes mostraran un principio de gradualidad espacial que fuera representativo de zonificaciones climáticas en el caso de la lluvia, de incidencia de ondas por diferentes fuentes en caso del sismo y del proceso de intervención para el caso del uso del suelo y de franjas en las vías.

Para combinar los detonantes categorizados se establecieron pesos de cada factor con los resultados de análisis de causas de movimientos en masa asociados a los diagnósticos técnicos (numeral 6.7.2): se reconocen dos grupos importante de detonantes con porcentaje de movimientos asociados de forma diferencial en función de la ubicación o no en zona de borde, como muestra Tabla 5-4.

Tabla 5-4 Causas de movimientos en masa y su relación con pesos de factores detonantes

	Todos los diagnósticos		Quitando no registra		
Causa	Zona de borde	Fuera de borde	Zona de borde	Fuera de borde	Peso
Natural (Lluvia, socavación, otros)	34.2 %	58.6 %	52.5 %	88.9 %	60
Antrópica	31.0 %	7.3 %	47.5 %	11.1 %	40
No registra	35.0 %	34.1 %	-	-	

Los detonantes naturales que incluyen lluvia, socavación u otros como el sismo son la causa del 52.5% de los movimientos en masa en la zona de borde y del 88.9% fuera del borde, por otro lado, los detonantes antrópicos son causa de movimientos en un 47.5% en la zona de borde y 11.1 fuera del borde. Si se plantea un escenario de ordenamiento del territorio con tendencia a una mayor intervención antrópica, se reconoce que el peso de detonantes antrópicos estaría más cercano al observado en la zona de borde, resultando en un valor estimado de peso de 40% y en complemento, un valor del 60% para los factores naturales.

Asimismo, dentro de los factores naturales se reconoce la poca incidencia del sismo (no se reportaron eventos con esta causa) y una alta incidencia de la lluvia, de tal forma que se dio mayor peso al factor lluvia con un valor de 0.55 y el sismo con un valor de 0.05.

El puntaje de incidencia del sismo proviene de reconocer que en el país se han presentado movimientos en masa por dicho detonante, y aunque hasta el momento no se ha documentado la relación de ocurrencia de eventos en Bogotá Rural por dicha condición, es un efecto que no debe descartarse, más cuando la Amenaza Sísmica está catalogada con rango intermedio a alto. En caso contrario, el detonante lluvia es continuamente referenciado en todas las localidades donde se han presentado eventos, lo que indica que

Página 22 de 224













# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



la variable lluvia está continuamente relacionada (aunque no se conozca su influencia numérica), lo que valida su peso.

Para el caso de factor antrópico y debido a que no se diferencia el tipo de intervención antrópica que causó el movimiento en masa, FAnt se obtiene como el promedio de los puntajes relativos del uso del suelo y la distancia a vías, lo que significa igual peso para ambas variables (0.2 para cada una). Este peso igual para ambas variables representa además la dinámica de aprovechamiento del suelo en las zonas rurales: las vías permiten el ingreso a zonas de aprovechamiento económico o viceversa, mostrando que son actividades conectadas.

Implementando los pesos de los factores detonantes y realizando una suma ponderada se obtiene el índice detonante:

$$IDet = 0.55 * FLlu + 0.05 * FSis + 0.4 * FAnt$$

De tal forma que el índice detonante *IDet* tenga valores entre 0 y un máximo de 1.

En resumen, los detonantes fueron analizados así: 1- Aquellos de tipo naturales pueden presentarse en todo el territorio 2- Los de tipo antrópico están definidos por su relación actual con el uso del suelo y representan el proceso típico de intervención rural.

#### 5.3.3 Amenaza

Por último, se realiza la obtención de la Amenaza por movimientos en masa expresada como un Índice y que corresponde al valor normalizado de la suma de los valores obtenidos por susceptibilidad y detonantes:

$$IAmenaza = (ISusc + IDet)/2$$

De acuerdo con lo anterior, el índice de amenaza tiene valores entre 0.0 y 1.0 los cuales se categorizan en función de la distribución de los valores y de los resultados de categorización de la susceptibilidad.

La suma de índices de susceptibilidad y detonantes en igual proporción es establecida bajo la consideración que la susceptibilidad es la condición permanente y de escenario actual, y que se requiere de un cambio externo (factor detonante) no permanentes que produzca el proceso morfodinámico, requiriendo de la confluencia tanto de las condiciones intrínsecas como detonantes. Esta condición fue validada con los análisis de descripción de eventos incluidas en los diagnósticos técnicos: en aquellos sitios con ocurrencia de procesos morfodinámicos se describen tanto condiciones permanentes (material, pendiente, formas de la ladera, cobertura vegetal) como agentes temporales (lluvia, intervención antrópica).

Página 23 de 224















Finalmente se clasifica el mapa resultado en categorías Alta, Media y Baja según lo establece el Decreto 1807 de 2014.

#### **INSUMOS**

#### **CARTOGRAFÍA BASE** 6.1

Se realizó una recolección de insumos cartográficos de diferentes años con los cuales se genera la base planimétrica y altimétrica, dando relevancia a la información proveniente de la Secretaría Distrital de Planeación SDP o al insumo de mayor detalle que tenga el sistema de referencia definido por Planeación. En la Tabla 6-1 se listan las fuentes de información y sus características.

Tabla 6-1 Información disponible cartografía

Nombre	Fuente	Año	Resumen
Curvas de nivel	Estudio UNAL- FOPAE	2013	Curvas cada 25 metros.
Curvas de nivel cerros orientales	SDP - UAECD	2014	Curvas cada 5 metros.
Curvas de nivel rural	SDP - UAECD	2004	Curvas cada 10 metros.
Hidrografía	SDP - EAB	2015	Con metadato
Cuerpos de agua	SDP - EAB	2015	Con metadato
Distribución administrativa	SDP		
Modelo digital del	Catastro – DEM ALOS	-	Pixel de 12.5m
terreno MDT	Acueducto- DEM EAB	2016	Pixel de 9 m
Ortofotos Cerros	IDECA	2009	Cubrimiento cerros orientales: Cerros1_3, Cerros2_3, Cerros3_3. Resolución 0.15m.
Ortofotos H246, H265	IDECA	2009	Cubrimiento Sumapaz, resolución 1m, con metadato.
Ortofoto_catastro-RGB	IDECA	2014	Resolución 7.5cm.
Límite área de estudio	SDP	-	Zona delimitada como Uso Rural
Imagen de satélite EAB Bogotá	EAB	2015 - 2016	EAB Bogota_P002-P005-P006- P0013- P0014- P0015, resolución 0.5m, de 4 bandas.
Imagen Mosaico Sumapaz	IDECA		Imagen Mosaico_sumapaz2m, WMS.
Malla vial integral	SDP - SDM - IDU - UAECD	2014	Con metadato
Eje vial	SDP	2015	Con metadato, Dirección de vías,T,Ss
Red vial	SDP – Gobernación Cundinamarca	2013	Regional – con metadato

Bajo las características mencionadas, la base cartográfica se configuró con:

- Modelo digital del terreno DEM EAB 2016, al cual se le realizó un proceso de llenado en los espacios existentes.
- Imágenes de satélite EAB Bogotá
- Ortofotos cubriendo toda el área de estudio
- Distribución administrativa, área de estudio y toponimia de SDP.

Página 24 de 224



















- Red de vías fue configurada con las tres fuentes de información, realizando un ajuste a la imagen de satélite disponible (ajuste de trazado de las vías) y diferenciando entre vías principales rurales y vías secundarias.

# 6.2 GEOLOGÍA

La interpretación geológica, y así mismo, su producto cartográfico representa un insumo básico dentro de los diferentes mapas temáticos intermedios y definitivos enfocados al análisis de la amenaza por movimientos en masa, útil al momento de tomar decisiones orientadas a la planificación del territorio del Distrito Capital dentro del marco de la actualización del componente de gestión del riesgo que se adelanta para la revisión del Plan de Ordenamiento Territorial - POT.

Para realizar esta actividad, se ha recopilado y analizado información existente en estudios realizados (a diferentes escalas) a lo largo de la ciudad, ejecutados por entidades tales como el Servicio Geológico Colombiano (SGC antes INGEOMINAS), la Universidad Nacional de Colombia – Sede Bogotá, y diferentes empresas del sector privado; la información anterior, aunada a insumos cartográficos de alta resolución ha permitido refinar contactos, cartografiar depósitos cuaternarios e identificar con mejor detalle tanto lineamientos como fallas y estructuras presentes en la zona de estudio. Las actividades anteriores son complementadas con la realización de controles de campo cuyo propósito se funda en verificar litología, estructuras y tipos de depósitos existentes; finalmente al reunir los resultados de este conjunto de actividades, se cuenta con la información suficiente y necesaria para la generación tanto del producto cartográfico final del componente de geología como su respectiva memoria técnica, definidos según los estándares cartográficos postulados por el Servicio Geológico Colombiano.

#### 6.2.1 Mapas e Insumos Temáticos

Dentro del marco normativo y el debido apoyo interinstitucional se ha recopilado y analizado información geológica producto de estudios previos adelantados en el Distrito Capital, área rural y de expansión, y alrededores tales como:

- Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y Alrededores. Análisis Geográficos No. 24. IGAC Subdirección de Geografía. Santafé de Bogotá D.C., febrero de 1995.
- Zonificación de riesgo por inestabilidad del terreno para diferentes localidades de Santafé de Bogotá. Ingeocim Ltda.1998.
- Neógeno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y Alrededores. Análisis Geográficos No. 26. IGAC Subdirección de Geografía. Bogotá D.C., 2003.
- Servicio Geológico Colombiano. Mapa geológico y memoria explicativa escala 1:100.000 de las Planchas 227 – La Mesa. 228 - Bogotá Noreste, 246 – Fusagasugá, 247 – Bogotá Sureste (Cáqueza) y 265 - Icononzo.
- Servicio Geológico Colombiano. Mapas geológicos y geomorfológicos con sus memorias explicativa escala 1:25.000 de las planchas 227 (IIA – IID – IVB – IVC – IV D), 228 (IC –IIIA –IIIC), 246 (IIB –IID – IVA – IVB – IVC – IVD) y 247 (IA – IC).

Página 25 de 224















# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



Elaboración del mapa de remoción en masa del suelo rural de Bogotá D.C., para su incorporación al Plan de Ordenamiento Territorial POT, a escala 1:25.000. Universidad Nacional de Colombia, 2013.

# 6.2.2 Evolución Geológica y Tectónico - Estructural

Según señala (Lobo-Guerrero, 1992), la altiplanicie de la Sabana de Bogotá, emplazada en la parte central de la Cordillera Oriental, es un amplio sinclinorio con orientación SSW-NNE, el cual está conformado por rocas sedimentarias cuyas edades abarcan desde el Cretácico Superior hasta el Cuaternario (Hubach, E., 1957). Las unidades rocosas principalmente las pertenecientes al Grupo Guadalupe, y las Formaciones Guaduas, Cacho y Bogotá, se encuentran fuertemente plegadas, falladas y diaclasadas (Cretácico Superior a Paleoceno), las mismas están parcialmente enmascaradas hacia el costado oriental de la cuenca, por las Formaciones Regadera y Usme (Eoceno - Oligoceno); de otra parte, las formaciones como las Capas Rojas del Guatiquía, Fómeque, Une y Chipaque forjan las franjas montañosas que labran las vertientes oriental y occidental de la Cordillera Oriental en los límites Sureste y Suroeste del área rural de la ciudad, los cuales colindan con los departamentos del Meta y Huila respectivamente, estas unidades a su vez son cubiertas en algunos sectores por depósitos fluvioglaciares (localidad del Sumapaz).

Durante los últimos pulsos de la orogenia andina (Orogenias Protoandina y Andina) ocurridas entre el Mioceno Inferior al Plioceno Medio), tanto los pliegues como fallas desarrolladas durante el Cretácico y el Paleógeno se acentuaron, la zona emergida, conformada por valles y montañas, es proclive a la meteorización característica de un entorno tropical húmedo, esta franja continua su solevantamiento hasta alcanzar su altura actual.

Como resultado del continuo movimiento en la zona de convergencia de las placas oceánicas de Nazca y Caribe hacia el sector noroccidental de la placa continental Suramericana en sentido E y E-SE respectivamente. A manera regional, a lo largo de la Cordillera Oriental sobre las vertientes oriental y occidental de la Cordillera Oriental, se han generado fallas oblicuas con componentes inversas y de rumbo N-S y NE-SW, en la primera se identifican los Sistemas de las fallas del Borde Llanero hacia el oriente (Fallas de Servitá - Santa María y Guaicáramo, entre otras) y para la segunda los sistemas de fallas del La Salina – Bituima, Dos Hermanos – Alto del Trigo y Cambras.

# 6.2.3 Estratigrafía

La ciudad de Bogotá (zona urbana y rural) se emplaza en la zona central de la Cordillera Oriental, sobre una franja de baja pendiente orientada en sentido N-S que se reconoce como la Sabana de Bogotá, sin embargo gran parte de su área rural se extiende hacia las vertientes oriental y occidental de la Cordillera Oriental, de manera tal que en algunos sectores, el área rural de la ciudad de Bogotá colinda con departamentos como el Huila y Meta.

Página 26 de 224



















En la zona rural de Bogotá, se identifican diferentes formaciones y depósitos, en este orden de ideas, las formaciones aflorantes son de origen sedimentario y edades que abarcan desde el Paleozoico hasta el Cretácico – Terciario, representadas por las Formaciones Capas rojas del Guatiquía, Fómeque, Une, Chipaque, Grupo Guadalupe, Guaduas, Cacho, Bogotá, Fusagasugá, Regadera y Usme; de otra parte los depósitos son de origen Fluvial, Glaciar, Coluvial y Antrópicos y son nomenclados como Marichuela, Tunjuelito, Siecha, Sabana, Aluviales, Coluviales, Morrenas del Sumapaz, Chía y Chisacá entre otros.

En aras de definir adecuadamente cada una de las diferentes unidades y depósitos reportados en los diferentes estudios realizados en la zona, se procede a realizar visitas de campo a los sitios seleccionados como estaciones de control, con la información obtenida se realizan las respectivas modificaciones conducentes a ajustar la cartografía geológica preliminar en lo relacionado a contactos, afloramientos, extensión y descripciones; bajo las consideraciones anteriores se observó lo siguiente:

- En las localidades de Ciudad Bolívar, Sumapaz y Usme se tienen las mayores manifestaciones de depósitos fluvioglaciares los cuales descansan sobre unidades de roca pertenecientes a formaciones del Cretáceo (Medio, Superior) y Paleógeno (Paleoceno y Eoceno); mientras hacia el norte, en las localidades de Santa Fé y Chapinero estos depósitos se reducen y definen pequeñas franjas aisladas y elongadas en sentido S-N.
- La presencia de depósitos coluviales y/o de ladera se localizan de manera indistinta en cada una de las localidades con componente tanto urbano como rural: Ciudad Bolívar, Chapinero, Santa Fé, San Cristóbal, Sumapaz y Usme.
- Depósitos de tipo aluvial se restringen a los cauces y márgenes de los ríos Gallo, Sumapaz, San Juan y Río Negro, entre otros.

A continuación, en la Tabla 6-2 se presentan las formaciones aflorantes en el área rural de Bogotá D.C.

Tabla 6-2 Unidades geológicas presentes en la zona rural del Distrito Capital

Acrónimo	Descripción
Formaciones	Rocosas
Pzcg	Formación Capas Rojas del Guatiquía: Niveles de Limolitas que alternan con areniscas rojizas a verdosas, las cuales a su vez presentan intercalaciones de areniscas gruesas a conglomeráticas de forma lenticular y algunos niveles calcáreos.
K1f	Formación Fómeque: Niveles de lutitas negras a gris oscuras que alternan con areniscas y capas de calizas (delgadas)

Página 27 de 224

















Acrónimo	Descripción
K1u	Formación Une: Se pueden diferenciar tres secciones (inferior, media y superior), la primera está conformada por cuarzo-areniscas blanco amarillentas de grano fino a medio y algunos niveles delgados de conglomerados y lodolitas (en su parte alta); la segunda, se caracteriza por sucesiones de lodolitas negras dispuestas en capas delgadas que alternan con areniscas cuarzosas grises a blancas y de grano fino a medio, forjando capas delgadas a medias; la tercera de las secciones reúne areniscas cuarzosas grises a blancas, con tamaño de grano fino a medio, cemento silíceo arregladas en capas delgadas a gruesas.
К2ср	Formación Chipaque: Capas gruesas de lutitas oscuras con intercalaciones delgadas de limolitas silíceas, calizas arenosas, arenitas de grano fino y hacia la parte inferior algunos mantos de carbón.
K2d	Formación Arenisca Dura: Secuencia predominante de areniscas gris claras, grano fino ocasionalmente grano medio a grueso, duras, en estratos delgados a muy gruesos, con intercalaciones menores de limolitas.
K2p	Formación Plaeners: Secuencia caracterizada por la interestratificación de estratos delgados de arcillolitas silíceas, liditas, limolitas silíceas y arcillolitas, generalmente fracturadas.
K2lt	Formación Arenisca Labor – Tierna: Secuencia de areniscas blancas a gris claras, con tamaño de fino a grueso, dispuestas en capas gruesas a muy gruesas, friables y con intercalaciones de capas muy delgadas de arcillolitas y Limolitas.
K2E1g	Formación Guaduas: Secuencia en la que predominan arcillolitas de color gris claro y abigarradas, intercaladas con cuarzo arenitas de colores claros, de tamaños finos a medios y en conformando capas medias a delgadas; adicionalmente se presentan esporádicas capas de limolitas y mantos de carbón.
E1c	Formación Cacho: Areniscas conglomeráticas dispuestas en capas gruesas, tabulares y cuneiformes, son de composición cuarzosa y algo ferruginosa, el tamaño de grano varía de medio a fino y en friables.
E1b	Formación Bogotá. Arcillolitas abigarradas entre las cuales se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso areniscas arcillosas
Pglf	Formación Fusagasugá: Capas de lodolitas y limolitas de colores grises a blancas que alternan con litorenitas.
E2r	Formación Regadera: Areniscas friables de grano fino a conglomeráticas, de coloraciones rojizas a blancas, intercaladas con niveles de lodolitas.
E2u	Formación Usme: Arcillolitas varicoloreadas intercaladas con areniscas de colores amarillentos.
Depósitos de	e origen glaciar – fluvioglaciar
Q1sl	Formación Río Siecha: Depósitos conformados por gravas intercaladas con arenas, arcillas orgánicas y paleosuelos.
Qm	Morrenas del Sumapaz: Depósitos de fragmentos de roca de formas subangulares a subredondeadas y de tamaños variados inmersos en una matriz gravo-arenosa
Q2chi	Formación Chisacá: Depósitos morrénicos compuestos por fragmentos de roca subangulares a subredondeadas y tamaños hasta bloques embebidos en una matriz arenosa.
Qfg	Depósitos Fluvioglaciares: Bloques y cantos angulares a subredondeados, de areniscas, provenientes del Grupo Guadalupe, los cuales se encuentran embebidos en una matriz de arena gruesa a arcilla.

Página 28 de 224











Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497

Certificado N° GP-CEF483497
Diseño de políticas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y el Cambio Cilmático, gestión del conocimiento y análisis de los riesgos de desastres y efectos del cambio Cilmático, estión para el reasentamiento de la población en alto riesgo, diseño y gestión de la construcción de obras e implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los procesos de reducción de riesgos desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los procesos de reducción de riesgos y adaptación al cambio Cilmáteco, dirección, coordinación y desarrotio de actividades operativas e institucionales y del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Cilmáteo (SDQR-CC), relacionadas con la planificación, preparación y logistica para la activación de los sistemas de alerta temprana y respuesta inlegal de emergencias en la culcidad de Dopota, a.C.





Acrónimo	Descripción
Depósitos de	e origen aluvial
N1m	Formación Marichuela: Depósitos flujo torrencial conformados por gravas, clastos y bloques de formas subredondeadas inmersos en una matriz arenosa a areno arcillosa. En términos generales presentan colores rojizos u moteados (rojos/blancos).
Q1tu	Formación Río Tunjuelito: Depósitos conformados por bloques, cantos y gravas, formas subredondeadas a redondeadas, intercaladas con niveles de arenas, arcillas orgánicas y turbas.
Q1sa	Formación Sabana: Depósitos conformados por capas de arcillas de color gris, sus límites laterales están constituidos por arenas, arcillas arenosas, turbas y esporádicos delgados niveles de gravas.
Qal	Depósitos Aluviales: Depósitos recientes y no consolidados asociados a cauces y márgenes de drenajes, agrupan bloques, cantos, gravas y arenas de composición heterogénea.
Q2ch	Formación Chía: Secuencia de arcillas varicoloreadas, con presencia local de limos y arcillas orgánicas.
Depósitos de	e origen coluvial
Q2c	Depósitos Coluviales: Depósitos de laderas asociados a movimientos de remoción en masa, son de composición heterogénea (bloques y fragmentos angulosos) inmersos en una matriz areno-arcillosa y de espesores variados.
Qft	Depósito de Flujos de Tierra y de Suelos
Denósitos de	e origen antrópico
	Rellenos Antrópicos conformados por basuras y/o escombros, espacialmente la mayoría se
Qra	localizan en zonas de explotación y depositación de materiales de canteras abandonadas, las cuales en su momento eran aprovechadas para explotación de arenas o arcillas.

Fuente: Proyecto POT

A continuación, se presenta una breve descripción de cada una de las unidades consignadas en la tabla anterior, partiendo de la más antigua a la más reciente.

#### 6.2.3.1 Paleozoico

Formación Capas Rojas del Guatiquía (Pzcg)

Unidad identificada en la Plancha 265-Icononzo (INGEOMINAS, 1999), en la cual se reportan afloramientos a manera puntual y de poca extensión, al costado sureste del área de estudio. Litológicamente se caracteriza por la presencia de areniscas de tonalidades grises y rojizas, limolitas y lodolitas micáceas rojas, calizas, areniscas calcáreas y conglomerados.

#### 6.2.3.2 Cretácico

Formación Fómeque (K1f)

Página 29 de 224



















Bajo este nombre, E. Hubach (1931) describe una secuencia de lutitas y esquistos piritosos, calizas y cuarzo arenitas de grano muy fino a limo grueso aflorantes en la localidad de mismo nombre, en donde se manifiesta en franjas de moderada extensión a lo largo del borde centro-oriental de la zona de estudio (ver Figura 6-1).



Figura 6-1 Sectores en los que aflora la Formación Fómeque (K1f) Parte Norte de la Localidad de Sumapaz

Fuente: Google Earth. Exageración Vertical: 2x

#### Formación Une (K1u)

Unidad igualmente definida por Hubach (1931), aflora en zonas localizadas al sur y sureste del área de estudio (ver Figura 6-2). Litológicamente se pueden diferenciar tres niveles: inferior, medio y superior.

El primero, se encuentra conformado por una secuencia de cuarzo-areniscas blanco amarillentas de grano fino a medio, con cemento silíceo, dispuestas en capas delgadas a gruesas y con estratificación cruzada, adicionalmente hacen presencia niveles conglomeráticos y algunas intercalaciones delgadas de lodolitas negras hacia la parte superior de este nivel.

El segundo, reúne una sucesión de lodolitas negras, en capas delgadas, que se intercalan con areniscas cuarzosas grises, grano fino a medio y sílice como material cementante.

Página 30 de 224















El tercer y último nivel está constituido por cuarzo areniscas con tonalidades claras, finas a medias, con cemento silíceo, y dispuestas en capas delgadas a gruesas.



Figura 6-2 Sectores en los que aflora la Formación Une (K1u). Parte Norte de la Localidad de Sumapaz

Fuente: Google Earth. Exageración Vertical: 2x

#### Formación Chipaque (K2cp)

Esta unidad fue definida inicialmente por Hubach (1931). Define una secuencia de rocas finas que suprayace a la Formación Une e infrayace a la Formación Arenisca Dura del Grupo Guadalupe, aflora al Oriente y Suroriente del área de estudio, su continuación hacia el sureste conforma el eje de estructuras de plegamientos anticlinales. Litológicamente está conformada por gruesos niveles de lutitas grises oscuras a negras, fosilíferas, con intercalaciones menores de limolitas silíceas, calizas arenáceas, arenitas de grano fino y hacia la base mantos de carbón.

# Grupo Guadalupe (K2g)

El Grupo Guadalupe es definido formalmente al oriente de Bogotá por Pérez & Salazar (1978), está conformado por las Formaciones Arenisca Dura, Plaeners y Labor-Tierna. Este grupo suprayace la Formación Chipaque al oriente e infrayace en toda la zona a la Formación Guaduas. La descripción de las formaciones que conforman este grupo se presenta a continuación (ver Figura 6-3):

Página 31 de 224









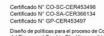






Figura 6-3 Cerros forjados en litologías asociadas al Grupo Guadalupe (K2g) en la zona Oriental en la Localidad de Usaguén (Sector Nororiental de Bogotá D.C).

Formación Arenisca Dura (K2d)

Bajo este nombre, propuesto por Pérez & Salazar (1978), se hace referencia a la unidad lito estratigráfica que yace concordante y transicionalmente sobre una sucesión monótona de lutitas físiles y grises de la formación Chipaque y que a su vez infrayace una secuencia de arcillolitas silíceas y liditas asociadas a la Formación Plaeners.

Litológicamente reúne una secuencia predominante de areniscas grises claras, de tamaño de grano fino que ocasionalmente muta a grano medio a grueso, son de consistencia dura, configuran estratos delgados a muy gruesos, con pequeñas intercalaciones de limolitas. La Formación Arenisca Dura es suprayacida en su mayor parte por la Formación Plaeners definiendo un contacto neto y concordante.

En respuesta a sus características litológicas la morfología asociada a esta unidad se caracteriza por presentar franjas alargadas en sentido sur a norte y de alto gradiente; esta unidad labra gran parte de los cerros localizados al oriente de la zona urbana de Bogotá, así como en el sector sur y suroccidental y en los anticlinales de Soacha; igualmente presenta una continuación hacia el sur extendiéndose hasta la zona del Sumapaz.

Formación Plaeners (K2p)

Página 32 de 224













# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



Nombre propuesto formalmente por Pérez & Salazar (1978) para el conjunto litológico que suprayace de manera concordantemente a la formación Arenisca Dura e infrayace a la Formación Arenisca de Labor. Se extiende al oriente y suroriente de la ciudad, labrando parte de los flancos del Anticlinal de Bogotá, y continua hacia sur y sureste reconociéndose en las vertientes de diferentes estructuras anticlinales y sinclinales.

Litológicamente, está conformada por arcillolitas, liditas, limolitas y en menor porcentaje de areniscas de grano muy fino. Esculpe una morfología suave a ondulada debido a su litología fina que contrasta con las pendientes abruptas de las unidades geológicas que la circundan.

#### iii Formación Arenisca Labor - Tierna (K2t)

Esta Unidad fue redefinida por Pérez & Salazar (1978) al incluir en una sola unidad las Formaciones Arenisca de Labor y Arenisca Tierna. Sus afloramientos se reconocen desde el oriente al suroriente de Bogotá, y continúan hacia sur y sureste, labrando los flancos de estructuras anticlinales y sinclinales.

Litológicamente se diferencia de las anteriores en presentar niveles de areniscas friables de coloraciones blancas a grises claras, con tamaños de grano que cambian de medio y grueso a fino, las mismas se encuentran dispuestas en capas gruesas a muy gruesas, las cuales alternan con capas muy delgadas de arcillolitas y limolitas. Su contacto inferior es transicional y concordante con la Formación Plaeners, y el contacto superior con la Formación Guaduas es neto y concordante.

## Formación Guaduas (KE1g)

Descrita originalmente por Hettner (1892, en De Porta, 1974), y redefinida por Hubach (1931). La Formación Guaduas aflora en la zona oriental y suroriental de Bogotá, labrando la parte inferior del flanco oeste del anticlinal de Bogotá (escenario presentado en la Figura 6-4), de igual manera forja los Cerros de Suba, en la parte noroccidental de la ciudad, mientras que en la región sur y suroeste aflora principalmente en el flanco oeste del sinclinal de Usme-Tunjuelito, y otras estructuras menores.

Litológicamente está conformada por arcillolitas dispuestas en estratificación gruesa, las cuales en algunos sectores son laminadas y de color gris claro o abigarradas; también se presentan intercalaciones de cuarzoarenitas grises y grano medio a fino, conforman capas muy delgadas en las que se presenta estratificación ondulada, también se refiere la presencia de limolitas, y algunos mantos de carbón. Tanto el contacto inferior (Formación Arenisca Labor-Tierna) como el superior (Formación Cacho) son netos y concordantes.

















Figura 6-4 Algunos sectores en los que se identifica la Formación Guaduas (orientados en sentido NE-SW) estos se extienden entre las localidades de Sumapaz, Usme y Ciudad Bolívar (Sector Sur de Bogotá D.C).

#### 6.2.3.3 Paleógeno

#### Formación Cacho (E1c)

Definida por Hubach (1931), quien denominó Horizonte del Cacho al conjunto inferior ubicado en el Piso Bogotá, constituido por areniscas de colores que van desde amarillos hasta ocre o rosado y algunos bancos de arcillas abigarradas. Luego, Julivert (1963) emplea el nombre Formación Cacho para el mismo Horizonte, nombre posteriormente adoptado por la Colombian Society Petroleum Geologists and Geophysicists (1961, en Julivert, 1963).

Su litología se encuentra representada por litoarenitas cuarzosas algo ferruginosas, con tamaño de grano que varía de medio a fino, intercaladas con capas gruesas a muy gruesas de arenas conglomeráticas friables de grano grueso, secuencia que en su parte media presenta un nivel de lutitas con intercalaciones de materiales ferruginosos. Esta unidad suprayace a la Formación Guaduas e infrayace la Formación Bogotá, sus contactos superior e inferior son concordantes y netos (ver Figura 6-5).













Figura 6-5 Algunos sectores en los que se identifica la Formación Cacho, la cual en términos generales demarca franjas angostas y alargadas orientadas en sentido NE-SW, los mismos se reconocen en las franjas rurales de las localidades de Usme, Ciudad Bolívar, San Cristóbal, Santa Fé y Chapinero

#### Formación Bogotá (E1b)

Unidad definida inicialmente por Hubach (1931), quien denominó piso de Bogotá a una secuencia del terciario medio conformada por tres conjuntos: el inferior de tipo arenoso y arcilloso el cual incluía el Horizonte de Cacho en su parte basal, el conjunto medio reúne arcillolitas abigarradas entre las que se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas y areniscas arcillosas, y el conjunto superior, constituido por bancos de areniscas de grano grueso, de consistencia blanda que alternan con arcillolitas abigarradas.

Espacialmente constituye una faja amplia, con rumbo NE-SW, aflora a lo largo de la parte oriental y suroriental de Bogotá, en la parte baja del anticlinal de Bogotá, mientras que para la zona suroeste aflora igualmente en el flanco oeste del sinclinal Usme-Tunjuelito (ver Figura 6-6). Los contactos tanto inferior como superior con las Formaciones Cacho y Regadera son netos y concordantes.













Figura 6-6 La Formación Bogotá aflora en las localidades de Usme, Ciudad Bolívar y San Cristóbal

# Formación Fusagasugá (Pglf)

Esta unidad aflora en un pequeño sector al suroeste del páramo de Sumapaz. Litológicamente reúne arcillolitas grises y rojizas a manera de capas delgadas paralelas y onduladas, intercaladas con capas delgadas de arenitas cuarzo feldespáticas café rojizas de grano fino a grueso y cemento silíceo; en la Figura 6-7 se presenta la espacialización de esta unidad.













Figura 6-7 La mayor parte de la Localidad de Sumapaz está asentada sobre litologías pertenecientes a la Formación Fusagasugá

# Formación Regadera (E2r)

Definida por Hubach (1957), para designar un miembro litológico guía que conforma la base de la Formación Usme y redefinida por Julivert (1963). Litológicamente se diferencian 3 niveles arenosos, separados por 2 niveles arcillosos; los primeros son arenitas cuarzo feldespáticas de grano fino a conglomerático conformando capas de espesores medios a gruesos; las lodolitas son de color gris verdoso que alternan con intercalaciones delgadas a medias de arenas cuarzo feldespáticas.

Sus afloramientos se localizan al sur de la ciudad, esculpiendo la vertiente oeste del Sinclinal Usme-Tunjuelito; tanto su contacto inferior con la Formación Bogotá como el superior con la Formación Usme son discordantes, apreciación soportada en la disposición de las rocas. Las principales exposiciones de la Formación Regadera se evidencian en la zona central de la localidad de Usme, formando el núcleo del Sinclinal del mismo nombre, afloramientos adicionales se localizan en las localidades de Ciudad Bolívar (sobre su límite oriental) y un pequeño sector al norte de la localidad de Usme (ver Figura 6-8).













Figura 6-8 Principales exposiciones de la Formación Regadera.

# > Formación Usme (E2u)

Unidad definida por Hubach (1957) para identificar una secuencia de origen marino que aflora principalmente en el flanco oriental del sinclinal de Tunjuelito-Usme, litológicamente se caracteriza por la presencia de areniscas intercaladas con liticos y arcillas grises claras. Julivert (1963) diferencia dos niveles, el inferior de tipo lutítico, color carmelito y gris, con intercalaciones de areniscas y la parte superior que agrupa areniscas de grano grueso y conglomerados (ver Figura 6-9).

Su contacto inferior (Formación Regadera) es discordante y a su vez se encuentra enmascarada discordantemente por depósitos cuaternarios.













Figura 6-9 La zona central de la localidad de Usme descansa sobre el núcleo del Sinclinal de Usme, el cual esta forjado en materiales asociados a esta formación.

#### 6.2.3.4 Neógeno

## Formación Marichuela (N1m)

Nombre asignado por Helmes & Van der Hammen (1995), para describir el complejo de Conos (Qcc) reportado en diferentes estudios realizados en el mismo sector. Espacialmente se localizan en el valle de Usme y principalmente en la margen derecha del río Tuniuelo. como se aprecia en la Figura 6-10, los mismos enmascaran rocas más antiguas que hacen parte de abanicos que evolucionaron en zonas topográficamente entre 3100 y 3600 msnm., son de granulometría gravosa, con clastos hasta de tamaño métricos.

La genealogía de este tipo de depósitos corresponde a avalanchas torrenciales inducidas posiblemente por eventos sísmicos o cambios climáticos asociado a Iluvias torrenciales. Morfológicamente se caracterizan por ser lomas bajas y abanicos de morfología alomada de longitudes muy largas de formas convexas y abruptas (Carvajal et al., 2005).

Su litología agrupa gravas y bloques de formas angulosas a redondeadas inmersos en una matriz arenosa a conglomerática.

Página 39 de 224









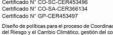






Figura 6-10 Complejo de Conos denominados como Formación Marichuela, se localizan a manera de pequeños sectores y de manera puntual en las localidades de Ciudad Bolívar y Usme.

#### 6.2.3.5 Cuaternario

# Formación Río Tunjuelito (Q1tu)

Nombre asignado por Helmes & Van der Hammen (1995), para diferenciar depósitos de granulometría gruesa que reposan a lo largo de las márgenes de los diferentes drenajes que disectan la Sabana de Bogotá, especialmente a lo largo del río Tunjuelito aguas debajo del casco urbano de Usme. Estos depósitos son de origen aluvial, su litología abarca gravas intercaladas de arenas, arcillas y turbas; y cubiertas por sedimentos de la Formación Chía y conforman varios niveles de terraza fluviales; en ese orden de ideas los depósitos en los valles marginales de la cuenca de la Sabana de Bogotá son los que cobijan los sedimentos arenosos, mientras las fracciones más gruesas (gravas) se alojan a lo largo de los canales labrados por los diferentes drenajes (ver Figura 6-11).

















Figura 6-11 Sectores donde se emplazan los depósitos de origen aluvial nomenclados como la Formación Río Tunjuelito, estos demarcan pequeños sectores en las localidades de Ciudad Bolívar y

# Formación Río Siecha (Q1sl)

Agrupa los depósitos asociados a les eventos glaciares ocurridos en el Cuaternario y que se emplazan en sectores topográficamente más altos de la Sabana de Bogotá, espacialmente forma parches localizados en las partes altas de las laderas que define el sinclinal de Usme-Tunjuelito y su valle asociado, al igual que en los valles de algunos drenajes secundarios importantes, incluyendo sectores de la parte alta-media del Páramo de Sumapaz y en los anticlinales de Soacha y Bogotá (ver Figura 6-12).

Morfológicamente conforman abanicos constituidos por gravas con intercalaciones de arenas, arcillas orgánicas, paleosuelos húmicos y capas gruesas con gran cantidad de clastos subangulares (Helmes & Van der Hammen, 1995).











Figura 6-12 Depósitos asociados a les eventos glaciares, los cuales enmascaran unidades de data más antigua, se extienden en sectores rurales que hacen parte de las localidades de Ciudad Bolívar; Usme, San Cristóbal, Santa Fé y Chapinero.

#### Formación Sabana (Q1sa)

Para Helmes & Van der Hammen (1995) esta formación está constituida principalmente por arcillas y hacia las márgenes de la cuenca se observan arcillas orgánicas, arenosas y turbalignita, materiales que en conjunto hacen parte de depósitos lacustres (ver Figura 6-13). Litológicamente, la Formación Sabana está constituida por sedimentos finos, de los cuales los dos metros superiores de la secuencia estratigráfica son suelos constituidos por cenizas volcánicas. En general son de composición arcillolítica, de color gris, con locales intercalaciones de arenas finas y niveles delgados de gravas y turbas.













Figura 6-13 Sectores donde se identifican depósitos pertenecientes a la Formación Sabana, localizados sobre el límite norte de Bogotá D.C.

# Morrenas del Sumapaz (Qm)

Se localizan en los cerros más altos del Páramo de Sumapaz, donde forman morrenas laterales y terminales. Conforman una mezcla de bloques angulares de arenitas de cuarzo, con tamaños de arista decimétricos a métricos, estos se encuentran embebidos en una matriz areno arcillosa y presentan mala selección. Dibujan una morfología de relieve moderado y se localizan paralelamente a las corrientes actuales.

#### Formación Chisacá (Q2chi)

Bajo este nombre se agrupan los materiales que hacen parte de depósitos morrénicos, yacen de manera puntual en los flancos de los anticlinales del Mochuelo y en la parte alta del sinclinal de Usme-Tunjuelito y en franjas localizadas en la parte alta-media del Páramo de Sumapaz, donde enmascara rocas cretácicas y terciarias, tal como se aprecia en la Figura 6-14.

Litológicamente, son depósitos de fragmentos y bloques de roca de formas subangulares a subredondeadas, inmersos dentro de una matriz gravo-arenosa; los bloques presentan estriaciones, surcos y acanaladuras con forma de media luna; también se presenta arcillas orgánicas en la base (Helmes & Van der Hammen, 1995).

Página 43 de 224

















Figura 6-14 Sectores donde se emplazan depósitos morrénicos identificados como Formación Chisacá, si bien presentan áreas grandes, se restringen a un pequeño sector que cubre los límites entre las localidades de Sumapaz, Usme y Ciudad Bolívar.

#### Formación Chía (Q2ch)

A partir de los estudios de Helmes & Van der Hammen (1995) se denomina formación Chía a los depósitos de niveles superiores, constituidos por sedimentos fluviales de grano fino que afloran a lo largo de los ríos principales que generalmente están por debajo de las llanuras de inundación de dichas corrientes. Litológicamente se caracteriza por la presencia de arcillas varicoloreadas y moteadas, puntualmente pueden presentar limos y arcillas orgánicas diatómicas (Helmes & Van der Hammen, 1995).

Éstos depósitos esculpen terrazas fluviales a partir de procesos erosivos asociados a la dinámica de las corrientes fluviales actuales; las terrazas son planas y de bajo gradiente. La formación Chía suprayace sedimentos de la formación Río Tunjuelito o Formación Sabana (ver Figura 6-15).

















Figura 6-15 Las mayores manifestaciones de la Formación Chía se presentan en el límite Suroriental de la localidad de Ciudad Bolívar con la localidad de Usme.

# Depósitos Coluviales (Q2c)

Bajo esta denominación se agrupan los depósitos de ladera, se localizan indistintamente sobre las diferentes unidades de roca, empero los más relevantes son los adosados a las laderas que hacen parte del flanco occidental del anticlinal de Bogotá, hacia el límite sur de Bogotá estos aumentan en su presencia y magnitud (moderada a baja forman unidades de conos coluviales, conos de Talus, lóbulos de solifluxión y flujos torrenciales (ver Figura 6-16).

Litológicamente, los depósitos coluviales están conformados por bloques de formas angulares a subangulares y tamaño de arista desde centimétrico a métrico, inmersos en una matriz arcillosa (Carvajal et al., 2005). Los conos de talus se emplazan en el entalle de zonas escarpadas y dibujan formas cónicas o lobulares, desarrollan longitudes cortas, laderas rectas a convexas e inclinación variada, su génesis está ligada a la acumulación mecánica de bloques angulares desprendidos por meteorización. La litología es de bloques angulares a subangulares, de variado tamaño, clasto soportados y con matriz arenosa o arcillosa (Carvajal et al., 2005).













Figura 6-16 De los 285 depósitos coluviales identificados en el estudio, la mayor concentración se presenta en la localidad del Sumapaz.

#### 6.2.4 Marco Estructural

La franja rural que hace parte de la ciudad de Bogotá está conformada por rocas de origen sedimentario enmascaradas por depósitos recientes, los cuales a su vez recubren sectores de las estructuras producto de diferentes eventos de deformación asociados a los diversos pulsos orogénicos asociados al solevantamiento de la Cordillera Oriental y la conformación actual del territorio en esta parte del continente. A manera regional la zona de estudio se encuentra afectada por tres elementos estructurales de primer orden a saber: Fallamiento, Plegamiento, y Elementos menores asociados a la estratificación.

De los elementos anteriormente referidos, se describe a continuación los procesos de Fallamiento, por ser las que producen la mayor afectación a los macizos rocosos.

#### 6.2.4.1 Sistemas de Fallas

Agrupan fallas de extensión regional, las mismas pueden ser de cabalgamiento (con vergencia al Este y plano de falla buza al W) y/o fallas menores (con vergencia al W y plano de falla buzando al E). Este tipo de estructuras son responsables de intenso fracturamiento, el cual redunda en los procesos de meteorización y de inestabilidad, de otra parte se generan zonas de brecha o fallamiento que reflejan el trazo de las diferentes fallas.

Las principales estructuras de este tipo se relacionan a continuación.

Página 46 de 224















# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



Sistema de Fallas de Nazareth -

De extensión regional, tipo inverso y buzamiento hacia el Este, dirección N-S a NE-SW, discurre sobre la zona oriental de Bogotá

Sistema de Fallas de La Piedra de la Bala – Falla del Río Tunjuelo – Falla del Río Bogotá, dentro de este sistema, sobresalen las siguientes estructuras:

#### Falla La Piedra de la Bala

Discurre al sur oriente de la ciudad de Bogotá (zona rural de la localidad de Usme), mantiene una dirección S-N, su trazo afecta rocas de las formaciones Bogotá, Regadera y Usme. Al continuar hacia el Norte esta fallas e divide en las fallas del río Tunjuelo y Bogotá, es de tipo regional, tipo inverso y buzamiento hacia el Este.

# Falla de Bogotá

Se extiende en sentido S-N, desde el Páramo de Sumapaz a lo largo de los cerros orientales hasta el norte de la ciudad, mantiene un rumbo N10°E, es de tipo inverso y buzamiento hacia el Este. Involucra niveles de las formaciones Chipaque y Guadalupe y se considera como de actividad incierta.

#### Falla del Río Tunjuelo

Trasiega por la zona central del área de estudio y se extiende hasta las localidades de Usme y Ciudad Bolívar (límites con Soacha) involucra rocas de las formaciones Regadera y Usme, presenta un rumbo N05°E y buzamiento hacia el Occidente; su actividad se cataloga como moderada, apreciación fundada en registros de actividad neo tectónica.

Sistema de Fallas Chochal – De Cajitas y Falla Tasajeras

Se localizan al sur y centro occidental del área de estudio, son de extensión regional, tipo inverso, dirección general N-S con variaciones NE-SW y buzamiento hacia el Oeste.

#### Falla de Cajitas

Su trazo se evidencia en el sector noreste de Bogotá, mantiene un rumbo N-E y buzamiento al Oeste, afecta rocas de formaciones cretácicas y se le asigna actividad neo tectónica moderada.

# 6.2.4.2 Sistemas de Plegamientos

Página 47 de 224

















# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



Agrupa estructuras de tipo anticlinal y sinclinal, entre los que sobresalen el anticlinal de Bogotá, el sinclinal de Usme-Tunjuelito, el anticlinal de Mochuelo, el sinclinal de Quebrada Honda, el anticlinal El Raizal, el anticlinal Los Encenillos, el sinclinal de San Juan, y otras estructuras menores. Todas las anteriores se caracterizan por definir zonas amplias y orientación general NE-SW.

# Anticlinal de Bogotá

Localizada sobre los cerros orientales de la ciudad de Bogotá entre el Alto de Chipaque y el límite Noreste de Bogotá, mantiene un rumbo general N-S y su trazado es interrumpido por fallas, su flanco occidental se encuentra afectado amanera puntual por la falla de Bogotá.

## Sinclinal de Usme - Tunjuelito

Espacialmente localizado al sur de la sabana de Bogotá, su eje está definido en algunos tramos por el río Tunjuelo, mantiene una orientación N10°E y una amplitud que no supera los 12 Km., su flanco oriental se encuentra afectado por la falla de Bogotá, esta estructura presenta un alto grado de fracturamiento Localizada sobre los cerros orientales de la ciudad de Bogotá entre el Alto de Chipaque y el límite Noreste de Bogotá, mantiene un rumbo general N-S y su trazado es interrumpido por fallas, su flanco occidental se encuentra afectado a manera puntual por la falla de Bogotá, responsable de la inversión de estratos en algunos sectores.

#### Anticlinal de Mochuelo

Estructura que discurre al occidente de la localidad de Usme, mantiene un rumbo promedio N20°E. Se observa un alto grado de fracturamiento debido a la afectación a causa de las fallas de Cajitas y Santa Bárbara así como de otras menores relacionadas a estas, esto da como resultado la generación de sinclinales y anticlinales de poca extensión y longitud.

#### 6.2.4.3 Discontinuidades

Son comunes y se evidencian a lo largo de los diferentes macizos rocosos que afloran a lo largo y ancho de la zona.

En la Figura 6-17 se observan las principales estructuras (identificadas y ajustadas) de la cuenca de la Sabana de Bogotá dentro de lo que permite la resolución del modelo de elevación digital del terreno, así como de los insumos cartográficos usados en el proceso de fotointerpretación. Es notoria la alta densidad de fracturamiento presente en la localidad de Ciudad Bolívar, condicionando la estabilidad de los terrenos.

La Tabla 6-3 resume las principales estructuras identificadas en el área Rural del Distrito Capital.

Página 48 de 224



















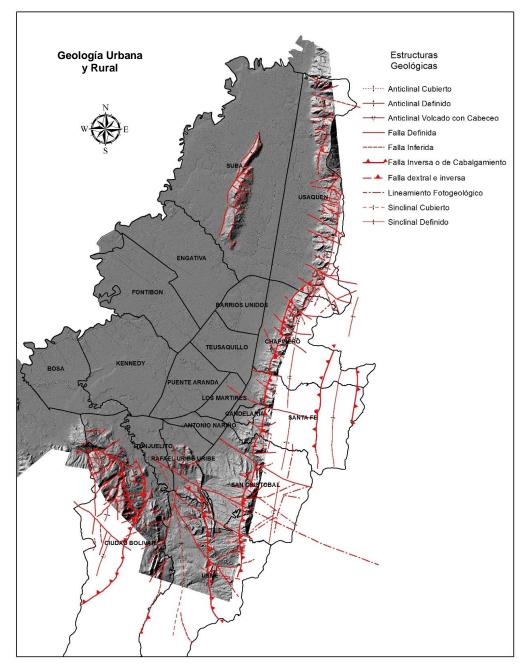


Figura 6-17 Principales lineamientos geológicos en la zona urbana y rural de Bogotá D.C.

Fuente: Proyecto POT

Página 49 de 224













Tabla 6-3 Principales estructuras geológicas identificadas en el Distrito Capital

Estructura	Descripción
Falla de Bogotá	Es una falla inversa con vergencia al occidente, con rumbo promedio N10°E, buzando hacia el oriente; muestra un salto menor en la zona de estudio (sector de Monserrate), que el salto que presenta hacia el sur. En la zona de Usme La Falla de Bogotá pone a la Formación Plaeners en contacto con la Formación Guaduas (Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2015)
Falla de San Cristóbal	Es una falla de rumbo de desplazamiento lateral izquierdo que desplaza el eje del Anticlinal de Bogotá y la Falla de Bogotá; controla el río San Cristóbal. Se proyecta hacia el noroccidente dentro de la Sabana de Bogotá (INGEOCIM, 1998). El bloque norte de esta falla (Monserrate) muestra una secuencia invertida, el bloque sur (Guadalupe) normal.
Falla de Los Rosales	Controla el curso de la quebrada Los Rosales en Chapinero. Es una falla de desplazamiento de rumbo sinestral. El bloque norte de la falla muestra altos buzamientos en secuencia normal, en tanto que el bloque sur está invertido. (Lobo-Guerrero, 1992).
Falla de La Fiscala	Es una falla de rumbo sinestral; presenta un rumbo general N52W, tiene un salto promedio de 52,28 m. (Ordoñez, 2014).
Falla de Teusacá	Su trazo presenta muchas variaciones; al Sur es N10° E, cerca al municipio de La Calera cambia hasta casi E-W y en el tramo Norte varía de 100 E a N10° W. Es una falla inversa con vergencia al Occidente, coloca las unidades de Arenisca Dura, Plaeners y Labor – Tierna contra la Formación Guaduas.
Falla de Juan Rey	Es una falla de cabalgamiento que buza hacia el oriente con sentido SSE – NNW, afecta a la Formación Regadera y hacia el sur la pone en contacto con la Formación Usme.
Falla del Rio Tunjuelo	Se localiza en la parte central de la zona de estudio, dentro del sinclinal de Usme-Tunjuelito, presenta un rumbo general de N5°E y un plano inclinado al occidente. (Universidad Nacional de Colombia - UNAL, 2013)
Falla de Soacha - Santa Bárbara	Es una falla de rumbo sinestral, presenta un rumbo general N52W, tiene una longitud promedio de 49,40 m. (Ordoñez, 2014)
Falla de Juan Amarillo	Es una falla de rumbo sinestral, presenta un rumbo general N52W, tiene un salto promedio de 88,26 m (Ordoñez, 2014). Controla el cauce de la quebrada La Chorrera y el río Juan Amarillo.
Falla de La Conejera	(INGEOCIM, 1998), denomina a la Falla de la Conejera como una fractura de dirección general NNE-SSW que rompe el flaco occidental del Anticlinal de La Conejera, presuntamente se encuentra buzando hacia el Oriente, es una falla que posiblemente continúa hacia el sur por el frente occidental de los Cerros de Suba, donde forma contacto abrupto entre los depósitos Cuaternarios y el Sinclinal - Anticlinal de Suba. Esta falla tiene el flanco occidental hundido.
Anticlinal de Mochuelo	Estructura localizada al occidente de la localidad de Usme, al sur de la Sabana de Bogotá, presenta un rumbo general de N20°E. Esta estructura está muy fragmentada tectónicamente a causa de las Fallas de Cajitas y Santa Bárbara y otras menores relacionadas a estas, conformando pliegues sinclinales y anticlinales menores. Es de anotar que entre los efectos que producen las estructuras de plegamiento sobre el macizo rocoso y su influencia en las condiciones de estabilidad de los terrenos, se tienen: el alto fracturamiento y la disposición favorable y/o desfavorable de los estratos rocosos con respecto de la pendiente de las laderas ((Universidad Nacional de Colombia - UNAL, 2013)
Sinclinal- Anticlinal de Suba	Corresponde a la principal estructura geológica que conforma la Serranía de Suba, compuesta por rocas sedimentarias cretácicas-paleógenas. Presenta

Página 50 de 224











Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497



# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



Estructura	Descripción
	buzamientos suaves (entre $0-25^{\circ}$ ) a cada lado de la estructura. Es una estructura asimétrica que conforma un monoclinal al sur y un anticlinal al norte de la Serranía de Suba. Conformada por rocas sedimentarias de la Formación Guaduas, presenta una dirección preferencial Norte, con una ligera desviación en la parte media de la estructura hacia el oriente.
Sinclinal de Usme	Es una estructura asimétrica, cuyo eje tiene una dirección aproximada N10°E y el cual queda decapitado contra la falla que se presenta a lo largo del río Tunjuelo; el núcleo del sinclinal está conformado por rocas de las formaciones La Regadera y Usme, y sus flancos, los cuales se encuentran altamente afectados por fallas, están formados por rocas de las Formaciones Bogotá y Guaduas y del Grupo Guadalupe. ((INGEOMINAS, 2001)). Según (INGEOCIM, 1998), el flanco Este es invertido hasta abrupto, mientras el flanco oeste es normal y suave
Sinclinal de Teusacá	Sinclinal que se extiende por el valle del río Teusacá al sur de La Calera (rumbo N10°E), sigue por el valle del río Bogotá. Es un sinclinal asimétrico con sus flancos por sectores invertidos, el núcleo está en rocas de las Formaciones Bogotá y Cacho y en sus flancos aflora la Formación Guaduas; esta estructura en general es muy angosta (menos de 3 km).
Anticlinal de Bogotá	El eje de la estructura tiene orientación de N10°E; es un anticlinal abierto, subvertical, que presenta un volcamiento hacia el sur del Distrito Capital, posiblemente debido a la Falla de Bogotá. En el núcleo aflora la Formación Chipaque al sur y la Formación Arenisca de Labor y Tierna hacia el norte, con la Formación Guaduas en los flancos. ((Servicio Geológico Colombiano - SGC, 2015))

Fuente: Proyecto POT

La evolución estructural a lo largo de la sabana de Bogotá y la zona montañosa aledaña, está definida por la presencia de estructuras y fallas, las cuales en conjunto han definido un marcado contraste entre una zona plana y otra montañosa a lo largo de toda la zona de estudio y la superposición de unidades más antiguas sobre otras más recientes.

Así las cosas, se aprecia en la zona norte de la ciudad diferencias de alturas cercanas a los 1000 metros y donde la zona plana corresponde a depósitos cuaternarios y la montañosa a unidades de roca pertenecientes al Grupo Guadalupe; la estructura que pone en contacto las unidades referidas es la Falla de Bogotá (tipo cabalgamiento), la cual en este sector mantiene un rumbo SW-NE y su trazo se localiza en el entalle de los cerros orientales, al oriente de la anterior y con la misma orientación se encuentra una estructura de tipo anticlinal identificado como el Anticlinal de Bogotá cuyo eje es desplazado un poco hacia el oriente por acción de la Falla de San Francisco (con dirección NW-SE); al seguir al oriente y topográficamente a mayor altura que el Anticlinal de Bogotá discurre la Falla de Teusacá (tipo Cabalgamiento), la cual mantiene una orientación similar a las de las estructuras anteriores; finalmente la última de las estructuras de importancia regional en este sector corresponde al Sinclinal de Teusacá, el cual mantiene la misma orientación de las anteriores y cuyo eje esta forjado en rocas del Eoceno pertenecientes a la Formación Bogotá; las anteriores apreciaciones son reflejadas en la Figura 6-18.

Página 51 de 224













# Documento Técnico de Soporte del PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE BOGOTÁ



La zona central a diferencia de la anterior, es quebrada y con desarrollo de valles angostos asociados a diferentes drenajes que lo disectan; la diferencia altimétrica entre el punto más bajo y alto (localizado sobre el linde Occidental) es cercano a los 600 metros; las partes distales de esta zona están forjados en unidades del Cretáceo, Formación Guaduas (al Occidente) y Formación Arenisca Dura (al Oriente), mientras la franja central agrupa unidades del Terciario (Formaciones Bogotá y Regadera). La principal estructura en este sector es el Sinclinal de Usme cuyo eje esta se encuentra en la zona más baja y está definido por rocas pertenecientes al Terciario (Eoceno), su flanco oriental está afectado por la Falla de Bogotá, la cual pone en contacto rocas del cretáceo inferior (Formación Arenisca Dura) con niveles de la Formación Bogotá, de manera tal que la secuencia intermedia (formaciones Planers, Labor tierna y Guaduas) ha desaparecido; la Falla de Bogotá es definida como de cabalgamiento, mantiene un rumbo SW-NE y su trazo se localiza en la parte alta del entalle de los cerros orientales, (ver Figura 6-19).

La zona sur presenta un relieve montañoso, en el que se encuentran las mayores alturas a nivel regional (asociadas al Páramo de Sumapaz) y en la que se evidencia mayor control estructural, escenario que ha sido a su vez modificado por eventos fluvioglaciares (actividad evidenciada a partir de los depósitos de este tipo localizados en el área); la diferencia altimétrica entre el punto más bajo y alto (este último localizado sobre el borde Occidental) es cercana a los 700 metros; este sector está forjado sobre las unidades de data más antigua las cuales corresponden a las Formaciones Usme y Chipaque, sin embargo un poco más al sur afloran formaciones de edad similar (Formación Fómegue) y aún más antiguas (Capas rojas del Guatiquía). La principal estructura en este sector en el Anticlinal de Raizal (localizado en la parte central), hacia el Occidente hacen presencia el Anticlinal de Encenillos (estructura más distal en esta dirección) y la Falla del Chochal, las cuales en superficie permiten la identificación de una sola formación (Formación Chipaque); algo diferente se aprecia hacia el Oriente, donde el trazo de dos fallas de tipo inverso (Nazareth y NN) aunado a la existencia de un sinclinal y un anticlinal permiten la exposición de niveles litológicos pertenecientes a las formaciones (Chipaque y Une), los cuales en algunos sectores se encuentran parciamente enmascarados por depósitos fluvioglaciares o coluviales (ver Figura 6-20).

La actividad sísmica asociada a las diferentes fallas en el sector es poca, según la información histórica consignada en el registro de la Red Sismológica Nacional de Colombia, operada por el Servicio Geológico Colombiano (SGC), la cual tiene reportes desde el año 1993 y en donde sólo han sido reportados 5 eventos a lo largo del Distrito Especial de Bogotá, a continuación en la Tabla 6-4 se consigna la información correspondiente a cada evento, así como la localización de los mismos. Estos movimientos son considerados como microsismos o de baja magnitud, tanto unos como los otros son imperceptibles y están asociados a fallas que discurren cerca de los epicentros de los eventos generados.

Página 52 de 224













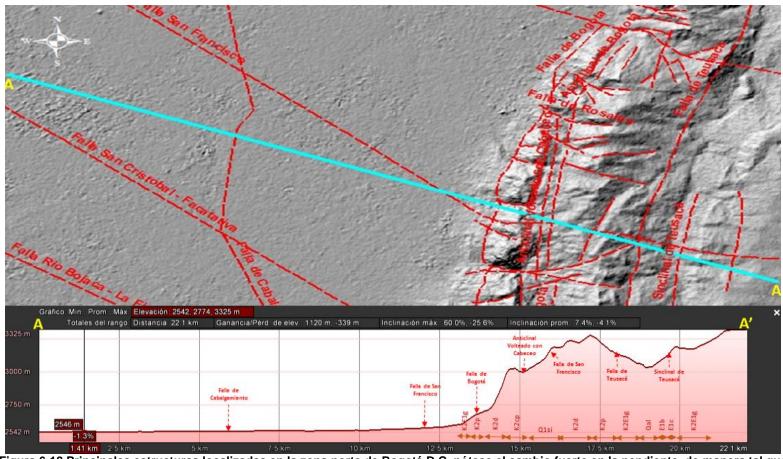


Figura 6-18 Principales estructuras localizadas en la zona norte de Bogotá D.C, nótese el cambio fuerte en la pendiente, de manera tal que la mayor parte del área urbana se emplaza en la franja de menor pendiente mientras la parte rural cobija sectores de las mayores pendientes y de mayor presencia de estructuras (pliegues y fallas).

Fuente: Interpretación Imagen Satelital y del Modelo Digital de Terreno del Proyecto POT

Página 53 de 224

Diagonal 47 No. 77A - 09 Interior 11 Conmutador: 4292801 Fax:4292833 www.idiger.gov.co

Código Postal: 111071

No.



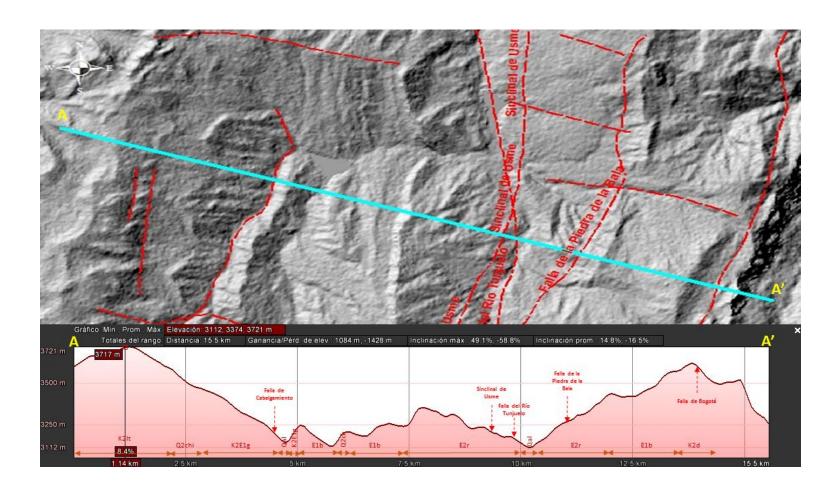




Certificado Nº CO-SC-CER453496 Certificado Nº CO-SA-CER366134 Certificado Nº GP-CER453497

Diseño de políticas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y el Cambio Climático, gestión del concoimiento y análisis de los riesgos de desastres y efectos del cambio climático, gestión para el reasentamiento de la población en alto riesgo, diseño y gestión de la construcción de obras e implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los procesos de reducción de riesgos y adaptación al cambio climático, dirección, coordinación y desarrollo de actividades operativas e institucionales y del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climático (SIGR-C.C.), rediscionadas con la planificación, preparación y logistica para la activación de los sistemas de alerta temprana y respuesta integral de emergencias en la cudad de Bogotá, D.C.





Página 54 de 224

Diagonal 47 No. 77A - 09 Interior 11 Conmutador: 4292801 Fax:4292833 www.idiger.gov.co

Código Postal: 111071









CO-SA-CER366134



Cettinicado N. GP-CLEYAGASPY
Diseño de políticas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y el Cambio Climático, gestión del conocimiento y análisis de los riesgos de desastres y efectos del cambio climático, gestión para el reasentamiento de la población en alto riesgo, diseño y gestión de la construcción de obras e implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los procesos de reducción de riesgos y adaptación al cambio climático, dirección, coordinación y desarrolo de actividades operativas e institucionales y del Sistema planificación, preparación y logistica para la activación de los sistemas de altria temprana y respuesta integral de emergencias en la ciudad de Bogotá , D.C.





Figura 6-19. Principales estructuras localizadas en la zona central de Bogotá D.C, las zonas rurales al Occidente y Oriente corresponden a los sectores de mayor pendiente, mientras que en la franja intermedia se asienta parte del casco urbano.

Fuente: Interpretación Imagen Satelital y del Modelo Digital de Terreno del Proyecto POT

Página 55 de 224

Diagonal 47 No. 77A - 09 Interior 11 Conmutador: 4292801 Fax:4292833 www.idiger.gov.co











Certimication N° 19-02-19-03 (19-02-19-03). Dissino de politicas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y el Cambio Cilmático, gestión del conocimiento y análisis de los riesgos de desastres y efectos del cambio cilmático, gestión para el reasentamiento de la población en alto riesgo, diseño y gestión de la construcción de obras e implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los procesos de reducción de riesgos de disastres y del Sistema portecisos de reducción de actividades operativas e institucionales y del Sistema portecisos de repearación y algolación para la calculación de consideración de los procesos de repearación y algolación para la activación de los sistemas de alerta temprana y respuesta integral de emergencias en la ciudad de Bogotá, D.C.



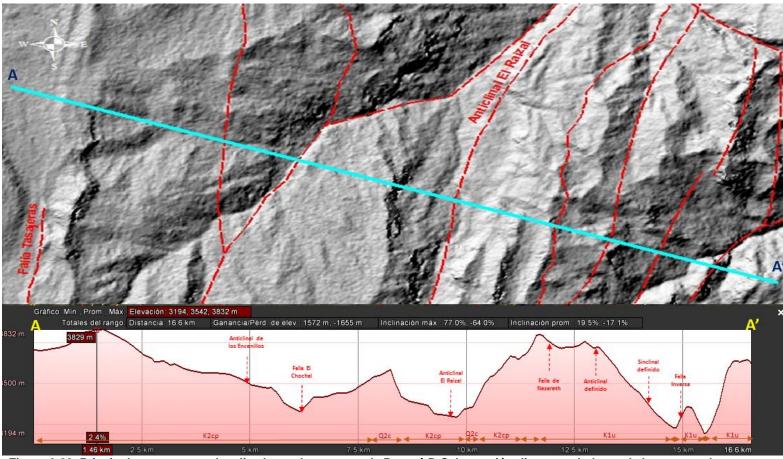


Figura 6-20. Principales estructuras localizadas en la zona sur de Bogotá D.C, la sección discurre a lo largo de la zona rural, en esta se evidencia que las mayores alturas topográficas se localizan al Occidente.

Fuente: Interpretación Imagen Satelital y del Modelo Digital de Terreno del Proyecto POT

Página 56 de 224

Diagonal 47 No. 77A - 09 Interior 11 Conmutador: 4292801 Fax:4292833 www.idiger.gov.co

Código Postal: 111071











Certimication N° 19-02-19-03 (19-02-19-03). Dissino de politicas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y el Cambio Cilmático, gestión del conocimiento y análisis de los riesgos de desastres y efectos del cambio cilmático, gestión para el reasentamiento de la población en alto riesgo, diseño y gestión de la construcción de obras e implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los procesos de reducción de riesgos de disastres y del Sistema portecisos de reducción de actividades operativas e institucionales y del Sistema portecisos de repearación y algolación para la calculación de consideración de los procesos de repearación y algolación para la activación de los sistemas de alerta temprana y respuesta integral de emergencias en la ciudad de Bogotá, D.C.





Tabla 6-4 Relación de sismos con epicentro en el Distrito Especial de Bogotá y su localización

Fecha	Hora UTC	Magnitud	Longitud	Latitud		Profundidad
dd/mm/aaaa	hh:mm:ss	MI	Grados	Grados	Municipio	Km
28/02/1996	08:48:14	1.5	-74.023	4.637	BOGOTA D.C.	0
15/04/2003	05:41:25	2.3	-74.002	4.615	BOGOTA D.C.	0
01/10/2005	05:17:50	2.9	-74.066	4.573	BOGOTA D.C.	0
01/11/2006	06:39:15	1.6	-74.065	4.706	BOGOTA D.C.	206.6
14/10/2011	10:56:21	2	-74.04	4.702	BOGOTA D.C.	9

Fuente: http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/consultas/consulgen

#### 6.2.5 Caracterización de Unidades Geológicas con Fines Ingenieriles

Acorde con la metodología utilizada en el estudio "Cartografía Geológica Aplicada a la Zonificación Geomecánica de la Sabana de Bogotá" Volumen II (PADILLA J., CALDERÓN Y. y Otros 2004/2005, INGEOMINAS, Bogotá), se considera que para la caracterización de las unidades geológicas superficiales y su representación se debe utilizar como nomenclatura símbolos que indican o representan en general las características de los materiales cartografiados así: tipo (génesis) de material superficial (suelo, roca, etc.), expresión superficial (característica del material, resistencia o dureza, roca blanda, roca dura, etc.).

En este orden de ideas, los símbolos empleados para la representación de cada unidad son definidos en general por las letras iniciales de cada nombre, así: roca=R; suelo=S, seguido del origen, Suelo residual (Sr), Suelo coluvial (Sco), Roca blanda (Rb), Roca dura (Rd), etc. De otra parte, al presentarse un número considerable de unidades geológicas y varias de ellas con características y composición muy similares, se hace necesario incorporar un discriminante adicional, el cual corresponde a la adición de un número acorde a su posición en la secuencia estratigráfica (i.e: Rd1, Rd2, Rb1, Rb2, entre otros), el presente estudio presenta la relación de las unidades aflorantes, así como sus características en función a su importancia ingenieril.

En la Tabla 6-5 se presenta la correlación de las unidades geológicas y las unidades geotécnicas identificadas en el área rural de Bogotá a escala 1:25.000, las mismas son correlacionables a las presentadas en el estudio ELABORACIÓN DEL MAPA DE REMOCIÓN EN MASA DEL SUELO RURAL DE BOGOTÁ D.C., PARA SU INCORPORACIÓN AL PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL POT, A ESCALA 1:25.000 (2012)

Página 57 de 224















# Tabla 6-5 Unidades Geológicas y Geotécnicas identificadas en la Zona Rural del Distrito Capital de Bogotá

Unidad Geológica (Formación) Acrónimo		Acrónimo	Descripción	Unidad Geotécnica
Foi	rmaciones Rocosas			
Capas Rojas del Pz Guatiquía		Pzcg	Niveles de Limolitas que alternan con areniscas rojizas a verdosas, las cuales a su vez presentan intercalaciones de areniscas gruesas a conglomeráticas de forma lenticular y algunos niveles calcáreos	Ri3 (Pzcg)
F	ormación Fómeque	K1f	Niveles de lutitas negras a gris oscuras que alternan con areniscas y capas de calizas (delgadas)	Rd4 (K1f)
	Formación Une	K1u	Se pueden diferenciar tres secciones (inferior, media y superior), la primera está conformada por cuarzo-areniscas blanco amarillentas de grano fino a medio y algunos niveles delgados de conglomerados y lodolitas (en su parte alta); la segunda, se caracteriza por sucesiones de lodolitas negras dispuestas en capas delgadas que alternan con areniscas cuarzosas grises a blancas y de grano fino a medio, forjando capas delgadas a medias; la tercera de las secciones reúne areniscas cuarzosas grises a blancas, con tamaño de grano fino a medio, cemento silíceo arregladas en capas delgadas a gruesas.	Rd3 (K1u)
F	ormación Chipaque	К2ср	Capas gruesas de lutitas oscuras con intercalaciones delgadas de limolitas silíceas, calizas arenosas, arenitas de grano fino y hacia la parte inferior algunos mantos de carbón.	Rb6 (K2cp)
edi	Formación Arenisca Dura	K2d	Secuencia predominante de areniscas gris claras, grano fino ocasionalmente grano medio a grueso, duras, en estratos delgados a muy gruesos, con intercalaciones menores de limolitas.	Rd2 (K2d)
Grupo Guadalupe	Formación Plaeners	К2р	Secuencia caracterizada por la interestratificación de estratos delgados de arcillolitas silíceas, liditas, limolitas silíceas y arcillolitas, generalmente fracturadas.	Ri2 (K2p)
Grup	Formación Labor - Tierna	K2lt	Secuencia de areniscas blancas a gris claras, con tamaño de fino a grueso, dispuestas en capas gruesas a muy gruesas, friables y con intercalaciones de capas muy delgadas de arcillolitas y limolitas.	Rd1 (K2lt)
For	Formación Guaduas K2E1g		Secuencia en la que predominan arcillolitas de color gris claro y abigarradas, intercaladas con cuarzo arenitas de colores claros, de tamaños finos a medios y en conformando capas medias a delgadas; adicionalmente se presentan esporádicas capas de limolitas y mantos de carbón	Rb5 (K2E1g)
For	Formación Cacho E1c		Areniscas conglomeráticas dispuestas en capas gruesas, tabulares y cuneiformes, son de composición cuarzosa y algo ferruginosa, el tamaño de grano varía de medio a fino y en friable	Ri1 (E1c)

Página 58 de 224

















Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Unidad Geológica (Formación)	Acrónimo	Descripción	Unidad Geotécnica
Formación Bogotá	E1b	Arcillolitas abigarradas entre las cuales se intercalan algunos bancos gruesos de areniscas feldespáticas de grano medio a grueso y areniscas arcillosas	Rb4 (E1b)
Formación Fusagasugá	Pglf	Capas de lodolitas y limolitas de colores grises a blancas que alternan con litorenitas	Rb3 (Pglf)
Formación Regadera,	E2r	Areniscas friables de grano fino a conglomeráticas, de coloraciones rojizas a blancas, intercaladas con niveles de lodolitas.	Rb2 (E2r)
Formación Usme	E2u	Arcillolitas varicoloreadas intercaladas con areniscas de colores amarillentos	Rb1 (E2u)
Depósitos de origen glaci	iar - fluviogla	ciar	
Formación Río Siecha	Q1si	Depósitos conformados por gravas intercaladas con arenas, arcillas orgánicas y paleosuelos.	Sfg1 (Q1si)
Morrenas del Sumapaz	Qm	Depósitos de fragmentos de roca de formas subangulares a subredondeadas y de tamaños variados inmersos en una matriz gravo-arenosa	Sgm (Qm)
Formación Chisca	Q2chi	Depósitos morrénicos compuestos por fragmentos de roca subangulares a subredondeadas y tamaños hasta bloques embebidos en una matriz arenosa.	Sfg2 (Q2chi)
Depósitos Fluvioglaciares	Qfg	Bloques y cantos angulares a subredondeados, de areniscas, provenientes del Grupo Guadalupe, los cuales se encuentran embebidos en una matriz de arena gruesa a arcilla.	Sfg (Qfg)
Depósitos de origen aluvi	ial		
Formación Marichuela	N1m	Depósitos flujo torrencial conformados por gravas, clastos y bloques de formas subredondeadas inmersos en una matriz arenosa a areno arcillosa. En términos generales presentan colores rojizos u moteados (rojos/blancos).	Sa1 (N1m)
Formación Río Tunjuelito	Q1tu	Depósitos conformados por bloques, cantos y gravas, formas subredondeadas a redondeadas, intercaladas con niveles de arenas, arcillas orgánicas y turbas.	Sa2 (Q1tu)
Formación Sabana	Q1sa	Depósitos conformados por capas de arcillas de color gris, sus límites laterales están constituidos por arenas, arcillas arenosas, turbas y esporádicos delgados niveles de gravas.	Sa2 (Q1sa)
Depósitos Aluviales	Qal	Depósitos recientes y no consolidados asociados a cauces y márgenes de drenajes, agrupan bloques, cantos, gravas y arenas de composición heterogénea.	Qal
Formación Chía	Q2ch	Secuencia de arcillas varicoloreadas, con presencia local de limos y arcillas orgánicas.	Sa3 (Q2ch)
Depósitos de origen colu	vial	, ,	

Página 59 de 224















Unidad Geológica (Formación)	Acrónimo	Descripción	Unidad Geotécnica			
Depósitos Coluviales	Q2c	Depósitos de laderas asociados a movimientos de remoción en masa, son de composición heterogénea (bloques y fragmentos angulosos) inmersos en una matriz areno-arcillosa y de espesores variados.	Sco (Q2c)			
Depósitos de Flujos de Tierra y Suelos	Qft	Suelos de carácter fino o arcilloso, se presentan generalmente erosión en surcos y movimientos en masa, asociados con reptación de suelos y deslizamientos.	Sco (Qft)			
Depósitos de origen antrópico						
Depósitos Antrópicos	Qra	Conformados por basuras y/o escombros, espacialmente la mayoría se localizan en zonas de explotación y depositación de materiales de canteras abandonadas, las cuales en su momento eran aprovechadas para explotación de arenas o arcillas.	Qra			

Fuente: Proyecto POT

#### 6.3 GEOMORFOLOGÍA

El análisis del componente geomorfológico, así como su salida gráfica, representa un insumo fundamental para los diferentes mapas temáticos, ya sea intermedios y/o definitivos, enfocados al análisis de la amenaza por movimientos en masa en el área rural del Distrito Capital.

Dentro de la actualización del mapa geomorfológico se han tomado como base para la primera parte del estudio en mención, el análisis de los estudios realizados en el área rural del Distrito Capital por entidades gubernamentales y privadas, tales como: Servicio Geológico Colombiano (SGC) antes denominado Ingeominas, Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), Universidad Nacional de Colombia (UN), entre otras. Adicionalmente, el uso de insumos cartográficos de alta resolución (ya sea imágenes de satélite, ortofotomapas y/o fotografías aéreas) han permitido identificar nuevas unidades geomorfológicas, refinar contactos y rasgos detallados (ya sea a manera de polígono o línea), en la zona de estudio.

Adicionalmente, se han realizado una etapa de control de campo durante los meses de octubre y noviembre de 2016, a través de transectos con el fin de verificar los contactos geomorfológicos a nivel regional, la toma del registro fotográfico con el fin de enriquecer el detalle en la descripción de las unidades y subunidades geomorfológicas.

Al recopilar la información en cada una de las etapas antes mencionadas se ha generado el producto técnico y cartográfico definitivo del componente geomorfológico a escala

Página 60 de 224

















1:25000 con base en los estándares cartográficos postulados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

#### 6.3.1 Mapas e Insumos Temáticos

Dentro del marco normativo y el debido al correspondiente apoyo interinstitucional se ha recopilado, analizado e incorporado información geomorfológica producto de los estudios previos adelantados en el área rural del Distrito Capital, por entes gubernamentales y privados, tales como:

- Servicio Geológico Colombiano (2013). Documento Metodológico de la Zonificación de Susceptibilidad y Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Versión 2. Bogotá, D.C.
- Estándares de Cartografía Geomorfológica Aplicada a Movimientos en Masa para Planchas a Escala 1:100.000. Versión 1. Bogotá
- Carvajal, Perico José Henry (2012). Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia.
- Servicio Geológico Colombiano (2012). Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:100.000. Bogotá D.C.
- Sociedad Colombiana de Geotecnia (1989). I Simposio Suramericano de Deslizamientos. Volumen 1. Pág. 677. Paipa, Colombia.
- IGAC (2010). Instructivo para los levantamientos de Suelos (Manual de Códigos), grupo interno de trabajo Levantamiento de Suelos. Versión 1. Anexo III – Geomorfología.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA (2013). Elaboración del Mapa de Remoción en Masa del Suelo Rural de Bogotá D.C., para su Incorporación al Plan de Ordenamiento Territorial POT, escala 1:25000.
- Zinck, Alfred (1988). Physiography and Soils. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi (1995). Plioceno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y Alrededores. Análisis Geográficos No. 24. IGAC Subdirección de Geografía. Santafé de Bogotá D.C.
- IGAC Subdirección de Geografía. Bogotá D.C. (2003). Neógeno y Cuaternario del Altiplano de Bogotá y Alrededores. Análisis Geográficos No. 26.
- Suarez, Díaz. Jaime. Deslizamientos y estabilidad de Taludes en Zonas Tropicales. 1998.

#### 6.3.2 Insumos Básicos

Para la elaboración el soporte técnico y la cartografía temática se utilizó la información descrita en la Tabla 6-6

Página 61 de 224















#### Tabla 6-6 Insumos Básicos para la actualización del mapa geomorfológico del Área Rural del Distrito Capital

INSUMO	FUENTE	RESOLUCIÓN	FORMATO
Modelo de Elevación Digital DEM: Rural	Catastro Distrital	12 m	Ráster
Curvas de Nivel: Rural	Catastro Distrital	5 m	Vector
Hidrografía	EAAB ESP		Vector
Imágenes Satelitales: Cerros	Catastro Distrital	15 cm	Ráster
Ortofotomapa 2014	Catastro Distrital	7.5 cm	Ráster
Ortofotomapa 2009	Catastro Distrital	25 cm	Ráster
Mapa de Sombras	Equipo POT	1 m	Ráster
Mapa de Pendientes	Equipo POT	5 m	Ráster
Google Earth Pro	Digital Globe		Ráster

Fuente: Grupo POT

#### 6.3.3 Alcance y Metodología

El proceso metodológico empleado para la actualización y validación de la cartografía geológica y geomorfológica del Distrito Capital, aplicadas a ingeniería se encuentran simplificados en la Figura 6-21

Para la determinación de las variables e insumos a emplear para la descripción y elaboración de la cartografía temática geomorfológica se tomó como referencia el Decreto Número 1807 del 19 de septiembre de 2014 "el cual en el Artículo 8. Estudios básicos de amenaza por movimientos en masa, Numeral 2. Insumos, se solicita que "En la elaboración de los estudios para suelos rurales, adicionalmente se realiza: la geología, unidades geológicas superficiales, la geomorfología aplicada a movimientos en masa a nivel de subunidades geomorfológicas y cobertura y uso del suelo".















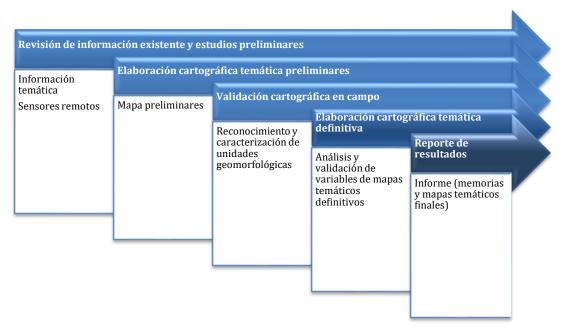


Figura 6-21. Metodología general para la actualización de la cartografía geomorfológica con fines ingenieriles

Fuente: Grupo POT

A continuación, se describen detalladamente cada una de las etapas que se ejecutaron para la actualización y validación del insumo del componente geomorfológico para la elaboración del plano normativo de amenaza por movimientos en masa.

#### 6.3.3.1 Elaboración de Cartografía Temática Preliminar

Para la descripción y elaboración de la cartografía de cada unidad geomorfológica se utilizó la Propuesta de la Estandarización Metodológica de la Cartografía Geomorfológica en Colombia, INGEOMINAS, 2004 y 2012<sup>1,</sup> la cual se basa en la jerarquización mostrada en la FIGURA 6-22; donde se relacionan las escalas de trabajo con la subdivisión geomorfológica, la génesis y los ambientes morfogenéticos.

Página 63 de 224















<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>INGEOMINAS. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogotá, 2011.



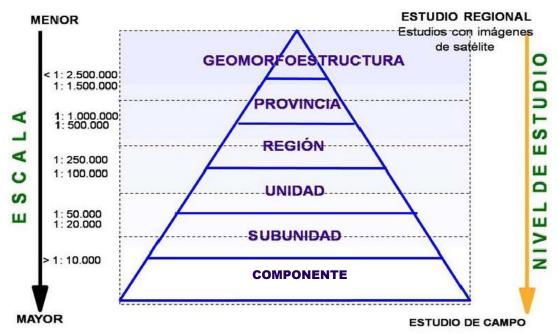


Figura 6-22. Esquema de jerarquización geomorfológica

Fuente: INGEOMINAS. Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia. Bogotá, 2004 y 2011.

#### 6.3.3.2 Validación Cartográfica en Campo

Al obtener los insumos cartográficos preliminares se ha procedido a validar y ajustar dicha información mediante levantamientos geomorfológicos de campo entre los meses de octubre y noviembre de 2016, en donde se han realizado transectos de control y verificación, teniendo en cuenta las vías de acceso al sector y que el cubrimiento sea representativo para cada subunidad geomorfológica aflorantes en el área rural del Distrito Capital.

#### 6.3.3.3 Elaboración de Cartografía Temática Definitiva

Una vez se ha validado la información preliminar en la etapa de campo, se han elaborado el documento técnico y el mapa geomorfológico definitivo del área rural del Distrito Capital. Adicionalmente, se ha generado una Geodatabase (GDB - formato de estructuración cartográfica propia de ArcGis®), que contiene las capas referentes a: provincia, región, unidad, subunidad y componente geomorfológico, así como la respectiva simbología de acuerdo a los estándares cartográficos del Servicio Geológico Colombiano.

Página 64 de 224















#### 6.3.4 Marco Geomorfológico

Implica la definición del origen de las formas del terreno, es decir las causas y procesos que dieron inicio a las geoformas, en este sentido el origen de una geoforma depende de los procesos y agentes que actúan sobre la superficie terrestre en diferentes proporciones e intensidades y durante intervalos de tiempo geológico.

De acuerdo a la jerarquización sugerida por Ingeominas (2004), en el área de influencia se han diferenciado unidades y subunidades de los siguientes ambientes morfogenéticos: Estructural – Denudativo, Fluvial y Lagunar, Glaciar y Periglaciar y de Origen Antrópico. En la Figura 6-23 y en la Tabla 6-7 se presenta cada una de las unidades geomorfológicas definidas para el área de influencia del estudio.











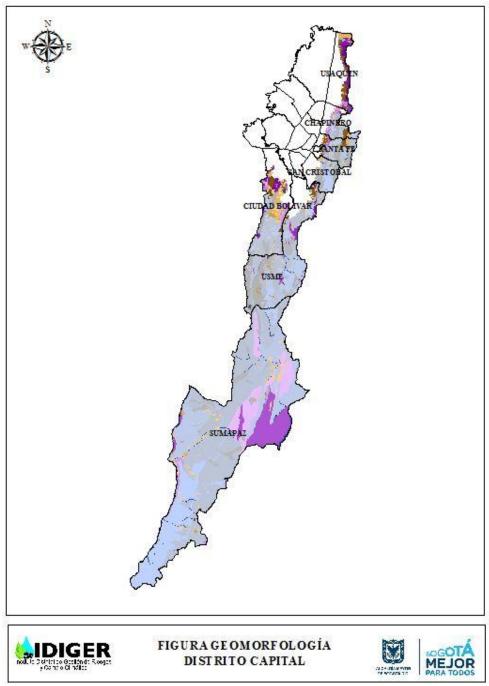


Figura 6-23. Unidades geomorfológicas diferenciadas en el área rural del Distrito Capital

Fuente: Grupo POT

Página 66 de 224















Tabla 6-7 Jerarquización de las unidades geomorfológicas diferenciadas en el área rural del Distrito Capital

REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO
		Área de Rellenos Sanitarios	Ars
8		Área Urbanizada	Aur
ANTROPOGÉNICO		Cantera	Acn
ROPC		Canteras Activas	Acna
AN		Represas	Arp
		Área de Rellenos Antrópicos	Are
			Scle
	Cuesta Estructural Denudada y Residual	Ladera estructural de cuestas denudadas y residuales	Sclp
		Ladera de contrapendiente de espinazo denudado	Selp
	Espinazo Estructural Denudado	Ladera estructural de espinazo denudado	Sele
		Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxión	Dco
		Conos de talus	Dct
		Flujos torrenciales	Dlfb
		Cerros Residuales	Dcr
		Ladera estructural denudada y residual	Dle
	Planchas Estructurales Denudadas - Espolones Estructurales	Cono de deslizamiento traslacional reciente y antiguo	Dcdta
		Escarpe erosivo mayor	Deem
		Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos	Dcdra
8		Ladera en pendiente y contrapendiente estructural denudada	Dlpd
UDATIVO		Valles en V	Dva
		Cerros remanentes o relictos	Dcrm
JRAL -	Deslizamiento Rotacional	Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos	Dcdr
ESTRUCTURAL - DEN		Domo estructural denudado	Sd
ESTF		Laderas de contrapendiente sinclinal denudada	Ssclp
	Sierra Anticlinal Denudada y Residual	Planchas estructurales	Spe
		Laderas estructurales anticlinales denudadas y residuales	Ssanl
		Facetas triangulares	Sft
		Cornisas estructurales	Scor
	Sierra Sinclinal Denudada y Residual	Escarpe de Línea de Falla	Slfp
		Cerro estructural	Sce
		Terrazas o bermas de fallamiento	Sbf
		Laderas estructurales sinclinales residuales	Ssle
		Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxión	Dco
		Escarpe de línea de Falla	Slfp
		Ladera de contrapendiente de Sierra Homoclinal Denudada	Sshcp
	Sierra Homoclinal Denudada	Ladera estructural de Sierra Homoclinal Denudada	Sshle
~		Conos de deyección	Fcdy
iUNAF	Valle Aluvial	Cuencas de decantación fluvial (basines)	Fcd
Y LAG		Valles Aluviales	Fvi
FLUVIAL Y LAGUNAR	Planicie Aluvial	Planicies o llanuras de inundación (Fpi)	Fpi
13	Terrazas Fluviales de Acumulación	Terrazas fluviales actuales y recientes	Ftas
۲,		Conos y lóbulos de gelifracción	Glb
;IACI/		Valles o artesas glaciares	Gvfg
GLACIAL Y PERIGLACIAL	Cuesta Estructural Glaciada	Abanicos fluvioglaciares	Gafg
JAL Y		Kames y terrazas de gelifracción	Gts
3LACI		Ladera de contrapendiente estructural glaciada	Glcp

Página 67 de 224













REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO
		Ladera estructural glaciada	Gle
		Lago glaciar	Gl
			Gmf
		Morrena lateral	Gml
		Morrena terminal	Gmt
		Morrenas de ablación	Gma
		Planchas y espolones estructurales glaciados	Gpeg
		Planicies glaciolacustrinas	Gsg
		Planicies y abanicos de sobrelavado glaciar	Gpl
	Sierra Homoclinal Glaciada	Circos glaciares y de nivación	Gc
		Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	Gshcp
		Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle
		Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion	Dco
		Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle
	Sierra Anticlinal Glaciada	Ladera estructural anticlinal glaciada	Gsanl
		Ladera estructural de espinazo glaciado	Gcleg
	Espinazo Estructural Glaciado	Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion	Dco
			Gelpg
		Ladera estructural de espinazo glaciado	Geleg

Fuente. Grupo POT









A continuación, se hace una descripción detallada de las diferentes geoformas a nivel de cuatro aspectos fundamentales (morfogénesis, morfografía, morfometría y morfodinámica) apoyados en el estudio elaborado por la Universidad Nacional de Colombia en el año 2013. El componente morfodinámico será evaluado y detallado en el numeral de Procesos Morfodinámicos.

#### 6.3.4.1 Morfogénesis

Región Geomorfológica: Ambiente Antropogénico (A)

Representan las geoformas formadas por la actividad del hombre que modifican la superficie del terreno. Dentro de las subunidades geomorfológicas encontramos (Tabla 6-8¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.):

A continuación, se hace una brece descripción de cada una de las subunidades geomorfológicas.

**Rellenos sanitarios (Ars):** Se asocian con los montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos o industriales sin diferenciar (Figura 6-24)

**Área Urbanizada (Aur**): Corresponde a las áreas que actualmente están consolidadas y presentan una importante cantidad de construcciones a nivel de centros poblados, escuelas, obras lineales (vías, líneas eléctricas, acueducto y/o alcantarillado, entre otras).

**Cantera (Acn):** Corresponde a las excavaciones de morfología escarpada (entre 5 –20 m de altura), de formas irregulares hechas en la ladera para la extracción de materiales de construcción como arcillas, arenas y gravas, que en la actualidad están abandonadas y/o recuperadas (Figura 6-25).

**Canteras Activas (Acna):** Representan las excavaciones de morfología escarpada (entre 5 –20 m de altura), de formas irregulares hechas en la ladera para la extracción de materiales de construcción como arcillas, arenas y gravas, que en la actualidad están siendo explotadas (Figura 6-26).

**Represas (Arp):** Asociadas a las áreas que han sido intervenidas por el factor antrópico, para la construcción de depósitos artificiales de agua de gran extensión hecha mediante una presa para almacenar agua (Figura 6-27).

**Área de rellenos antrópicos (Are):** Corresponden a las áreas de influencia local que han sido destinadas para la acumulación de rellenos o escombros, sin diferenciar (ver Figura 6-28).

Página 69 de 224













## Tabla 6-8 Jerarquización Geomorfológica para el Ambiente Morfo genético Antropogénico en el Área Rural del Distrito Capital

REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
		Área de Rellenos Sanitarios	Ars	Se asocian con los montículos alomados o aterrazados formados por la acumulación de desechos orgánicos o industriales sin diferenciar
	Ca	Área Urbanizada	Aur	Corresponde a áreas consolidadas con la construcción de diferentes especificaciones, que actualmente poseen servicios públicos, vías e infraestructura (escuelas, centros de salud, entre otros).
ROPOGÉNICO		Cantera	Acn	Corresponde a las excavaciones de morfología escarpada (entre 5 –20 m de altura), de formas irregulares hechas en la ladera para la extracción de materiales de construcción como arcillas, arenas y gravas, que en la actualidad están abandonadas y/o recuperadas
ANTE		Canteras Activas	Acna	Representan las excavaciones de morfología escarpada (entre 5 –20 m de altura), de formas irregulares hechas en la ladera para la extracción de materiales de construcción como arcillas, arenas y gravas, que en la actualidad están siendo explotadas
		Represas	Arp	Depósitos artificiales de agua de gran extensión hecha mediante una presa para almacenar agua
		Área de Rellenos Antrópicos	Are	Corresponden a las áreas de influencia local que han sido destinadas para la acumulación de rellenos o escombros, sin diferenciar

Fuente: Grupo POT

Página 70 de 224

















Figura 6-24 Vista panorámica del relleno sanitario Doña Juana, tomada desde el sector de Mochuelo Alto.



Figura 6-25 Localización De Las Áreas De Cantera Para La Extracción De Material De Construcción (Acn)

Página 71 de 224















Figura 6-26 Localización De Las Áreas de Cantera para la Extracción de Material de Construcción Activas (Acna)



Figura 6-27 Localización De La Subunidad Denominada Represa (Arp)

Página 72 de 224















Figura 6-28 Localización de los Rellenos Antrópicos (Are)

#### Región Geomorfológica: Ambiente Estructural – Denudativo

Conforman el armazón estructural con dirección preferencial N-NE del costado oriental y sur de la Sabana de Bogotá, el cual está caracterizado por presentar pendientes abruptas y localmente escarpadas sometidas a procesos erosivos de moderada a baja intensidad, que dejan valles amplios colmatados por sedimentos fluviales y lagunares que constituyen en la actualidad las amplias planicies, hoy por hoy urbanizadas. Dentro de las unidades, subunidades y componentes geomorfológicos se presentan (Tabla 6-9¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.):







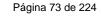




Tabla 6-9 Jerarquización Geomorfológica para el Ambiente Morfo genético Estructural Denudativo en el Área Rural del Distrito Capital

REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Cuesta Estructural	Ladera estructural de	Scle	Se caracteriza por presentar laderas con estratos dispuestos en favor de la pendiente del terreno (entre 10° - 20°), presentan una longitud larga a extremadamente larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy inclinadas a muy abruptas.
	Denudada y Residual	cuestas denudadas y residuales	Sclp	Laderas con estratos inclinados en contra de la pendiente, de longitud corta a moderadamente larga, de formas cóncavas o irregulares escalonadas, con pendientes muy abruptas a escarpadas Interestratificación de rocas blandas e intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico a subparalelo, denso.
	Espinazo Estructural	Ladera de contrapendiente de espinazo denudado	Selp	Laderas con estratos inclinados en contra de la pendiente, de longitud corta a moderadamente larga, de formas cóncavas o irregulares escalonadas, con pendientes muy abruptas a escarpadas Interestratificación de rocas blandas e intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico a subparalelo, denso.
	Denudado	Ladera estructural de espinazo denudado	Sele	Laderas con estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno (> 35°) y con pendientes muy escarpadas. Presenta longitudes muy cortas a cortas, formas rectas o convexas. Está constituida por rocas areníticas de comportamiento ingenieril duras a intermedias.
		Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion	Dco	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable
ATIVO		Conos de talus	Dct	Corresponden a laderas de acumulación localizadas al pie de zonas escarpadas en forma de cono o lóbulos. Se forman esencialmente por acumulación mecánica de bloques angulares desprendidos por meteorización acentuada del escarpe adyacente o por la caída de bloques por la acción de actividad sísmica y volcamiento.
ESTRUCTURAL - DENUD		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.
ESTR		Cerros Residuales	Dcr	Cerros de morfología alomada a colinada, de cimas redondeadas y laderas cortas de formas convexas y pendientes muy inclinadas. Asociadas con suelos residuales gruesos. Su origen está asociado a procesos de meteorización diferencial.
	Planchas Estructurales Denudadas - Espolones Estructurales	Ladera estructural denudada y residual	Dle	Elemento geomorfológico que presenta una morfología alomada y estructuralmente la inclinación de los estratos está 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.
		Cono de deslizamiento traslacional reciente y antiguo	Dcdta	De forma alomada y de aspecto planar y lobular hacia la base, de longitud corta, de forma irregular a compleja y de pendiente abrupta a muy abrupta. Asociado con bloques rocosos separados por grietas donde el drenaje es ausente o desordenado.
		Escarpe erosivo mayor	Deem	Escarpe de longitud muy corta, de formas cóncavas a convexas y pendientes muy abruptas a muy abruptas. De origen asociado a procesos de erosión lateral diferencial o a retrocesos de movimientos en masa a lo lago de corrientes fluviales.
		Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos	Dcdra	Formadas por la acumulación de tierra y bloques en forma de cono o lóbulo de morfología alomada, de longitud muy corta a corta y de formas irregulares, localmente escalonadas, de pendiente muy inclinadas a abruptas. De acuerdo a su edad relativa puede ser reciente (Dcdr) o antiguo (Dcdra)
		Ladera en pendiente y contrapendiente estructural denudada	Dlpd	Laderas y crestas simétricas de cimas agudas y de morfología alomada, dispuestas transversales a las estructuras geológicas, cuyos materiales duros y blandos han sido objeto de disección.
		Valles en V	Dva	Superficie plana suavemente inclinada (2° - 3°) en el lecho y empinadas hacia las márgenes.









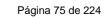


REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
		Cerros remanentes o relictos	Dcrm	Cerros localmente elongados, de morfología alomada y de laderas cortas, de forma convexas y relieve inclinado. Su origen está relacionado con procesos de erosión diferencial que han operado en tiempos anteriores bajo condiciones climáticas diferentes a las actuales. Se incluyen aquí los cerros exhumados entre geoformas de acumulación más recientes.
	Deslizamiento Rotacional	Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos	Dcdr	Formadas por la acumulación de tierra y bloques en forma de cono o lóbulo de morfología alomada, de longitud muy corta a corta y de formas irregulares, localmente escalonadas, de pendiente muy inclinadas a abruptas.
		Domo estructural denudado	Sd	Laderas de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes escarpadas. Constituidas por rocas areníticas duras a intermedias con el desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de formación de coluviones.
		Laderas de contrapendiente sinclinal denudada	Ssclp	Laderas con 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. Constituida por intercalaciones de rocas blandas a intermedias que definen un drenaje subparalelo denso.
	Sierra Anticlinal Denudada y Residual	Planchas estructurales	Spe	Presenta una morfología alomada y estructuralmente la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a larga, forma cóncava y pendientes abruptas.
	Nesidual	Laderas estructurales anticlinales denudadas y residuales	Ssanl	Corresponde a laderas con estratos inclinados en favor de la pendiente, de longitudes cortas extremadamente largas, de formas convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas. Se caracterizan por presentar un patrón del drenaje por lo general paralelo y de baja densidad. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno.
		Facetas triangulares	Sft	Superficies de morfología abrupta y de forma recta con una base amplia a angosta hacia arriba, cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento de espolones estructurales por procesos de fallamiento.
		Cornisas estructurales	Scor	Protuberancias o salientes estructurales que se presentan colgadas a manera de repisas en las laderas generalmente irregulares o escalonadas. Presentan una morfología alomada, cuyo origen se debe a erosión diferencial en rocas duras y blandas.
		Escarpe de Línea de Falla	Slfp	Escarpe abrupto, de forma cóncava o convexa, originada por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla definida por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas.
		Cerro estructural	Sce	Geoformas de morfología montañosa o colinada, limitadas mínimo en dos de sus flancos por escarpes de falla o de línea de falla. Con laderas de longitud corta y formas cóncavas a irregulares, de pendiente muy abrupta a escarpadas. Caracterizada por presentar procesos denudativos y movimientos en masa locales.
	Sierra Sinclinal Denudada y Residual	Terrazas o bermas de fallamiento	Sbf	Geoforma de morfología alomada o colinada, limitada por escarpes erosivos de longitud muy corta, de forma convexa e inclinación abrupta. Cuyo origen se deriva al escalonamiento diferencial en zona de falla.
		Laderas estructurales sinclinales residuales	Ssle	Laderas definidas por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadamente largas, de formas cóncavas y pendientes inclinadas a abruptas. Constituida por rocas blandas a intermedias con suelos residuales gruesos.
		Conos y lóbulos Coluviales y de Solifluxión	Dco	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable
		Escarpe de línea de Falla	Slfp	Escarpe muy corto, abrupto, cóncavo a convexo. Cuyo origen está asociado a procesos de erosión acentuada a lo largo de la línea de falla definida por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas.
	Sierra Homoclinal Denudada	Ladera de contrapendiente de Sierra Homoclinal Denudada	Sshcp	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno, de longitud moderada a larga, de formas cóncavas a irregulares y con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Localmente se presentan procesos de disección intensa la ladera es festoneada con espolones estructurales asociados con el drenaje de tipo subparalelo.
		Ladera estructural de Sierra Homoclinal Denudada	Sshle	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno (> 35°), caracterizadas por presentar una longitud de la ladera corta a moderada larga y de formas rectas a convexas, con pendientes escarpadas a muy escarpadas.











A continuación, se hace una breve descripción de cada una de las subunidades geomorfológicas.

### ✓ Unidad geomorfológica: Cuesta Estructural Denudada y Residual

Corresponde a las sierras asimétricas elongadas y amplias, de morfología colinada, definida por el basculamiento suave (entre  $10^{\circ} - 20^{\circ}$ ) de capas de rocas resistentes y blandas. De esta unidad geomorfológica hacen parte la siguiente subunidad ver (Tabla 6-10).

Tabla 6-10 Descripción De La Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera Estructural De Cuestas Denudada y Residual

SUBUNIDAD	Ladera Estructural de Cuesta Denudada y Residual			
NOMENCLATURA	Scle			
DESCRIPCIÓN	Se caracteriza por presentar laderas con estratos dispuestos en favor de la pendiente del terreno (entre 10° - 20°), presentan una longitud larga a extremadamente larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy inclinadas a muy abruptas (Figura 6-29).			
SUBUNIDAD	Ladera Estructural de Cuesta Denudada y Residual			
NOMENCLATURA	Sclp			
DESCRIPCIÓN	Laderas con estratos inclinados en contra de la pendiente, de longitud corta a moderadamente larga, de formas cóncavas o irregulares escalonadas, con pendientes muy abruptas a escarpadas Interestratificación de rocas blandas e intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico a subparalelo, denso.			

**Fuente: Grupo POT** 









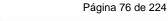






Figura 6-29 Localización De Las Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera Estructural De Cuestas Denudada y Residual (Scle)

✓ Unidad geomorfológica: Espinazo Estructural Denudado

Representan las sierras simétricas de forma elongada, de crestas agudas a redondeadas y morfología colinada a alomada, la cual está definida por estratos de roca dura e intermedias basculadas abruptamente con inclinaciones mayores de 35º y afectados por procesos de erosión diferencial que localmente por disección acentuada se presentan como cerros alineados y elongados. Hacen parte de esta las siguientes subunidades y componentes geomorfológicos (Tabla 6-11¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Tabla 6-11 Descripción Geomorfológica Del Espinazo Estructural Denudado

SUBUNIDAD	Ladera de Contrapendiente de Espinazo Denudado
COMPONENTE/ELEMENTO	Escarpe Estructural Menor
NOMENCLATURA	Selp
DESCRIPCIÓN	Laderas con estratos inclinados en contra de la pendiente, de longitud corta a moderadamente larga, de formas cóncavas o irregulares escalonadas, con pendientes muy abruptas a escarpadas Interestratificación de rocas blandas e intermedias con desarrollo de drenaje dendrítico a subparalelo, denso (Tabla 8-1).

Página 77 de 224









Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497

Diseño de políticas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestión del Riespo y el Cambio Cimidico, gestión del conocimiento y análisis de los riespos de desastres y electros del cambio cimidico, gestión para el reasentamiento de la población en alto riespo, diseño y gestión de la construcción de obras el migenemateción de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de los controlación y comunicación para la apropiación de los controlación y comunicación para la apropiación de los controlación y desastrolación del porte de la controlación y comunicación para la apropiación del los controlación y desastrolación del se desastrolación del porte del Sistema Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Climatico (SDGR-CC), relacionadas con la confidención, promacción y los platíficación, promacción y los platíficacións promacción y los platíficacións, p





SUBUNIDAD	Ladera Estructural de Espinazo Denudado
NOMENCLATURA	Sele
DESCRIPCIÓN	Laderas con estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno (> 35°) y con pendientes muy escarpadas. Presenta longitudes muy cortas a cortas, formas rectas o convexas. Está constituida por rocas areníticas de comportamiento ingenieril duras a intermedias.

**Fuente: Grupo POT** 



Figura 6-30. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera de Contrapendiente De Espinazo Denudado (Selp)

# ✓ Unidad Geomorfológica: Planchas Estructurales Denudadas - Espolones Estructurales

Hacen parte de las planchas estructurales las laderas y crestas simétricas de cimas agudas y de morfología alomada, que están dispuestas transversales a las estructuras geológicas. Esta unidad esta constituidas por rocas delgadas, duras y blandas, afectadas por procesos de disección profunda en dirección perpendicular al rumbo de las capas, y que localmente definen salientes cretas a manera de puentes entre espinazos estructurales. Se tiene las siguientes subunidades y elementos geomorfológicos (Tabla 6-12).

Página 78 de 224















Tabla 6-12 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades Y Componentes Geomorfológicos De La Unidad Denominada Planchas Estructurales

SUBUNIDAD	Conos y Lóbulos Coluviales de Solifluxión
NOMENCLATURA	Dco
DESCRIPCIÓN	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable (Figura 6-31).
SUBUNIDAD	Cerros Remanentes o Relictos
NOMENCLATURA	Dcrm
DESCRIPCIÓN	Cerros localmente elongados, de morfología alomada y de laderas cortas, de forma convexas y relieve inclinado. Su origen está 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 más recientes.
SUBUNIDAD	Conos de Talus
NOMENCLATURA	Dct
DESCRIPCIÓN	Corresponden a laderas de acumulación localizadas al pie de zonas escarpadas en forma de cono o lóbulos. Se forman esencialmente por acumulación mecánica de bloques angulares desprendidos por meteorización acentuada del escarpe adyacente o por la caída de bloques por la acción de actividad sísmica y volcamiento.
SUBUNIDAD	Flujo Torrencial
NOMENCLATURA	Dlfb
DESCRIPCIÓN	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 (Figura 6-32).
SUBUNIDAD	Cerros Residuales
NOMENCLATURA	Dcr
DESCRIPCIÓN	Cerros de morfología alomada a colinada, de cimas redondeadas y laderas cortas de forma convexa y pendiente muy inclinadas. Asociadas con suelos residuales gruesos. Su origen está asociado a procesos de meteorización diferencial.
SUBUNIDAD	Ladera Estructural Denudada y Residual
NOMENCLATURA	Dle
DESCRIPCIÓN	Elemento geomorfológico que presenta una morfología alomada y estructuralmente la inclinación de los estratos está en favor de la pendiente del terreno, son de longitud corta a

Página 79 de 224















	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.
SUBUNIDAD	Cono de deslizamiento traslacional reciente y antiguo
NOMENCLATURA	Dcdta
DESCRIPCIÓN	De forma alomada y de aspecto planar y lobular hacia la base, de longitud corta, de forma irregular a compleja y de pendiente abrupta a muy abrupta. Asociado con bloques rocosos separados por grietas donde el drenaje es afluente o desordenado.
SUBUNIDAD	Escarpe erosivo mayor.
NOMENCLATURA	Demm
DESCRIPCIÓN	Escarpe de longitud muy corta, de formas cóncavas a convexas y pendientes muy abruptas a muy abruptas. De origen asociado a procesos de erosión lateral diferencial o a retrocesos de movimientos en masa a lo lago de corrientes fluviales.
SUBUNIDAD	Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos
NOMENCLATURA	Dcdra
DESCRIPCIÓN	Formadas por la acumulación de tierra y bloques en forma de cono o lóbulo de morfología alomada, de longitud muy corta a corta y de formas irregulares, localmente escalonadas, de pendiente muy inclinadas a abruptas. De acuerdo a su edad relativa puede ser reciente (Dcdr) o antiguo (Dcdra)
SUBUNIDAD	Ladera Estructural Denudada y Residual
NOMENCLATURA	Dlpd
DESCRIPCIÓN	Laderas y cretas simétricas de cimas agudas y de morfología alomada, dispuestas transversales a las estructuras geológicas, cuyas materiales duros y blandos han sido objeto de disección (Figura 6-33).
SUBUNIDAD	Ladera Estructural Denudada y Residual
NOMENCLATURA	Dva
DESCRIPCIÓN	Superficie plana suavemente inclinada (2° - 3°) en el lecho y empinadas hacia las márgenes.
SUBUNIDAD	Cerros Remanentes o Relictos
NOMENCLATURA	Dcrm
DESCRIPCIÓN  Fuente: Grupo POT	Cerros localmente elongados, de morfología alomada y de laderas cortas, de forma convexas y relieve inclinado. Su origen está 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 más recientes.

**Fuente: Grupo POT** 

Página 80 de 224















Figura 6-31. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Conos Y Lóbulos Coluviales De Solifluxión (Dco)



Figura 6-32. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Flujo Torrencial (Dlfb)

Página 81 de 224















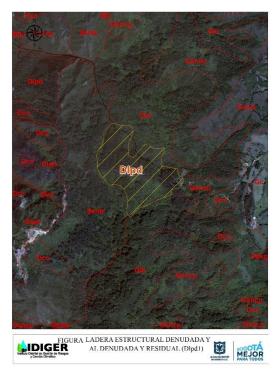


Figura 6-33. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera Estructural Denudada y Residual (Dlpd)

## Unidad Geomorfológica: Sierra Anticlinal Denudada y Residual

Unidad geomorfológica en forma elongada y de morfología fisiográficamente denominadas montañosa a colinada, con crestas agudas o redondeadas. Conforman formas del terreno denominadas como laderas estructurales inclinadas, muy abruptas, de formas de la ladera recta o convexa y de longitudes largas. Localmente se presentan procesos de erosión tipo carcavamiento. Hacen parte de esta las siguientes subunidades y elementos geomorfológicos (Tabla 6-13).

Tabla 6-13 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades De La Unidad Geomorfológica Sierra Anticlinal Denudada y Residual

SUBUNIDAD	Domo estructural denudado
NOMENCLATURA	Sd
DESCRIPCIÓN	Laderas de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes escarpadas. Constituidas por rocas areníticas duras a intermedias con el desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de formación de coluviones.
SUBUNIDAD	Laderas de contrapendiente sinclinal denudada

Página 82 de 224















NOMENCLATURA	SscIp
DESCRIPCIÓN	Laderas con 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. Constituida por intercalaciones de rocas blandas a intermedias que definen un drenaje subparalelo denso.
SUBUNIDAD	Planchas estructurales
NOMENCLATURA	Spe
DESCRIPCIÓN	Presenta una morfología alomada y estructuralmente la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud corta a larga, forma cóncava y pendientes abruptas.
SUBUNIDAD	Ladera Estructural de Sierra Anticlinal
NOMENCLATURA	Ssanl
DESCRIPCIÓN	Corresponde a laderas con estratos inclinados en favor de la pendiente, de longitudes cortas a extremadamente largas, de forma convexas a rectas y con pendientes abruptas a muy abruptas. Se caracterizan por presentar un patrón del drenaje por lo general paralelo y de baja densidad. Localmente los estratos se presentan con inclinaciones menores de la pendiente natural del terreno.
SUBUNIDAD	Facetas triangulares
NOMENCLATURA	Sft
DESCRIPCIÓN	Superficies de morfología abrupta y de forma recta con una base amplia a angosta hacia arriba, cuyo origen se debe al truncamiento y desplazamiento de espolones estructurales por procesos de fallamiento.

**Fuente: Grupo POT** 

## ✓ Unidad Geomorfológica: Sierra Sinclinal Denudada y Residual

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 las siguientes subunidades y componentes geomorfológicos (Tabla 6-14).

Tabla 6-14 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades De La Unidad Geomorfológica Sierra Sinclinal Denudada y Residual

SUBUNIDAD	Cornisas estructurales
NOMENCLATURA	Scor
DESCRIPCIÓN	Protuberancias o salientes estructurales que se presentan colgadas a manera de repisas en las laderas generalmente irregulares o escalonadas. Presentan una morfología alomada, cuyo origen se debe a erosión diferencial en rocas duras y blandas (Figura 6-34)

Página 83 de 224

















SUBUNIDAD	Escarpe de Línea de Falla
NOMENCLATURA	Sifp
DESCRIPCIÓN	Escarpe abrupto, de forma cóncava o convexa, originada por erosión acentuada a lo largo de una línea de falla definida por el truncamiento de estructuras topográficas y geológicas.
SUBUNIDAD	Cerro Estructural
NOMENCLATURA	Sce
DESCRIPCIÓN	Geoformas de morfología montañosa o colinada, limitadas mínimo en dos de sus flancos por escarpes de falla o de línea de falla. Con laderas de longitud corta y formas cóncavas a irregulares, de pendiente muy abruptas a escarpadas. Caracterizada por presentar procesos denudativos y movimientos en masa locales.
SUBUNIDAD	Terrazas o bermas de fallamiento
NOMENCLATURA	Sbf
DESCRIPCIÓN	Geoforma de morfología alomada o colinada, limitada por escarpes erosivos de longitud muy corta, de forma convexa e inclinación abrupta. Cuyo origen se deriva al escalonamiento diferencial en zona de falla (Figura 6-35).
SUBUNIDAD	Laderas estructurales sinclinales residuales
NOMENCLATURA	Ssle
DESCRIPCIÓN	Laderas definidas por estratos inclinados en favor de la pendiente del terreno, de longitudes cortas a moderadamente largas, de formas cóncavas y pendientes inclinadas a abruptas.  Constituida por rocas blandas a intermedias con suelos residuales gruesos.
SUBUNIDAD	Conos y lóbulos Coluviales y de Solifluxión
NOMENCLATURA	Dco
DESCRIPCIÓN	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable

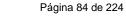
**Fuente: Grupo POT** 











Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497







Figura 6-34. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Cornisas Estructurales (Scor)



Figura 6-35. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Terraza o Berma De Fallamiento (Sbf)

Página 85 de 224

















### Unidad Geomorfológica: Sierra Homoclinal Denudada y Residual

Corresponde a las geoformas de sierra simétrica o ligeramente simétrica, elongadas y de morfología generalmente montañosa, de cimas agudas por una secuencia de estratos o capas apilados (>35 grados de inclinación) en una misma dirección por efecto de plegamiento intenso asociado localmente con fallamiento de tipo inverso. En algunos sectores presenta efectos de procesos de solifluxión y deslizamiento. Hacen parte de esta las siguientes subunidades y componentes geomorfológicos (Tabla 6-15).

Tabla 6-15 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades Geomorfológicas De La Unidad Sierra Homoclinal Denudada y Residual

SUBUNIDAD	Ladera de Contrapendiente de Sierra Homoclinal Denudada
NOMENCLATURA	Sshcp
DESCRIPCIÓN	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud moderada a larga, de formas planas a cóncavas y con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Localmente se presentan procesos de disección intensa la ladera es festoneada con espolones estructurales asociados con el drenaje de tipo subparalelo (Figura 6-36).
SUBUNIDAD	Ladera Estructural de Sierra Homoclinal Denudada
NOMENCLATURA	Sshle
DESCRIPCIÓN	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno (> 35°), caracterizadas por presentar una longitud de la ladera corta a moderada larga y de formas rectas a convexas, con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Constituida por rocas areníticas duras a intermedias caracterizadas por la presencia de suelos residuales delgados y el desarrollo local de depósitos de coluviales y movimientos en masa de tipo traslacionales.

**Fuente: Grupo POT** 











Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497





Figura 6-36. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera De Contrapendiente De Sierra Homoclinal Denudada/ Pendientes Estructurales (Sshcp)

Región Geomorfológica: Fluvial y Lagunar (F)

Incluye las geoformas que se originan por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y por acumulación o sedimentación de materiales en las áreas aledañas a dichas corrientes, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de las corrientes perennes, durante la época seca (Tabla 6-16).













Página 87 de 224



# Tabla 6-16 Jerarquización Geomorfológica Para El Ambiente Morfo genético Fluvial y Lagunar En El Área Rural Del Distrito Capital

REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	Valle Aluvial	Conos de deyección	Fcdy	Elemento del terreno en forma de cono y ubicados en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios. Se caracterizan por presentar una pendiente entre 5° - 10° de inclinación y decenas de metros de extensión.
	valleyllavlar	Cuencas de decantación fluvial (basines)	Fcd	Artesas localmente llenas de agua, de relieve relativamente bajo
FLUVIAL Y LAGUNAR		Valles Aluviales	Fvi	Corresponden a superficies planas a suavemente inclinadas, asociadas a las franjes de los ríos a los cuales limitan con escarpes de diferente altura y espesor.
FLUVIAL Y	Planicie Aluvial	Planicies o llanuras de inundación (Fpi)	Fpi	Corresponde a las franjas del terreno de relieve plano y eventualmente inundable, se presenta por lo general bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Presenta elementos geomorfológicos tales como: formas en "U" o "V" y conos coluviales menores, localizados en los flancos de los valles intramontanos.
	Terrazas Fluviales de Acumulación	Terrazas fluviales actuales y recientes	Ftas	Corresponden a superficies planas a suavemente inclinadas, paralelas a los ríos a los cuales limitan con escarpes de diferente altura y espesor.

Fuente. Grupo POT

Página 88 de 224

Diagonal 47 No. 77A - 09 Interior 11 Conmutador: 4292801 Fax:4292833 www.idiger.gov.co











Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497







A continuación, se hace una breve descripción de cada una de las subunidades geomorfológicas antes mencionadas.

✓ Unidad geomorfológica: Valle/Planicie aluvial/terrazas fluviales de acumulación

Está asociada con los extensos depósitos que conforman las franjas asociadas a las corrientes que disectan el área, caracterizados por presentar un relieve plano a ligeramente plano, disectado a lo largo y ancho (Tabla 6-17¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

Tabla 6-17 Descripción Geomorfológica De Las Subunidades y Componentes De La Unidad Geomorfológica Valle/Planicie aluvial/terrazas fluviales de acumulación

SUBUNIDAD	Conos de deyección			
NOMENCLATURA	Fcdy			
DESCRIPCIÓN	Elemento del terreno en forma de cono y ubicados en el punto donde los canales o quebradas llegan a zonas de valles amplios. Se caracterizan por presentar una pendiente entre 5° - 10° de inclinación y decenas de metros de extensión (Figura 6-37).			
SUBUNIDAD	Cuenca de Decantación fluvial			
NOMENCLATURA	Fcd			
DESCRIPCIÓN	Artesas localmente llenas de agua, de relieve relativamente bajo			
SUBUNIDAD	Valles aluviales			
NOMENCLATURA	Fvi			
DESCRIPCIÓN	Corresponden a superficies planas a suavemente inclinadas, asociadas a las franjas de los ríos a los cuales limitan con escarpes de diferente altura y espesor.			
SUBUNIDAD	Planicies o llanuras de Inundación			
NOMENCLATURA	Fpi			
DESCRIPCIÓN	Corresponde a las franjas del terreno de relieve plano y eventualmente inundable, se presenta por lo general bordeando los cauces fluviales y se limita localmente por escarpes de terraza. Presenta elementos geomorfológicos tales como: formas en "U" o "V" y conos coluviales menores, localizados en los flancos de los valles intramontanos (Figura 6-38).			
SUBUNIDAD	Terrazas fluviales de acumulación			
NOMENCLATURA	Ftas			
DESCRIPCIÓN	Corresponden a superficies planas a suavemente inclinadas, paralelas a los ríos a los cuales limitan con escarpes de diferente altura y espesor.			

Página 89 de 224













Fuente. Grupo POT



Figura 6-37. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Conos de Deyección (Fcdy)



Página 90 de 224











Figura 6-38. Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Planicie O Llanuras De Inundación (Fpi)

# Región Geomorfológica: Glacial y Periglaciar (G)

Incluye las geoformas que se originan por procesos relacionados a la erosión intensa ocasionada por el movimiento de las masas de hielo en zonas de alta montaña durante épocas glaciales o en la actualidad. Estos eventos modelaron el sustrato rocoso preexistente, generando grandes cantidades de sedimento que fueron transportados o acumulados en las laderas adyacentes

A continuación, se hace una breve descripción de cada una de las unidades y subunidades geomorfológicas mencionadas en la Tabla 6-18.

## ✓ Unidad geomorfológica: Cuesta Estructural Glaciada

Representan las sierras asimétricas elongadas y amplias de morfología colinada o alomada definida por el basculamiento suave (10° – 25°) de capas de rocas resistentes y blandas, afectadas localmente por procesos de extracción (Plucking) y gelifracción moderada a intensa. Incluye las subunidades y componentes geomorfológicos mostrados en la Tabla 6-19

# ✓ Unidad geomorfológica: Sierra Homoclinal Glaciada

Corresponde a la 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". Incluye las subunidades y componentes geomorfológicos mostrados en la Tabla 6-20

### ✓ Unidad geomorfológica: Sierra Anticlinal Glaciada

Corresponde a la 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". Incluye las subunidades y componentes geomorfológicos mostrados en la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Tabla 6-21

## ✓ Unidad geomorfológica: Espinazo estructural Glaciado

Corresponde a la sierra simétrica o ligeramente simétrica elongada de morfología montañosa de cimas agudas y formada por una secuencia estratos o capas apilados e

Página 91 de 224









Certificado Nº CO-SC-CER453496 Certificado Nº CO-SA-CER366134 Certificado Nº GP-CER453497

Certificado N° GP-CER453497

Dissño de políticas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestió del Riesgo y el Cambio Cilmático, gestión del conocimiento y análisis de los riesgo de desastres y efectos del cambio cilmático, gestión de la construcción de los riesgos de desastres y efectos del cambio cilmático, gestión para el resentamiento de población en alto riesgo, diseño y gestión de la construcción de obras implementación de acciones dirigidas a la mitigación de resgos de desastres y de emergencias, promoción, educación y comunicación para la apropiación de lo procesos de reducción de riesgos y adaptación al cambio cilmático, dirección coordinación y desarrollo de actividades operativas e institucionales y del Sistem Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Cilmático (SDRR-CC), relacionadas con l'actividades operativas e institucionales y del Sistem





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". Incluye las siguientes subunidades y componentes geomorfológicos mostrados en la Tabla 6-22.

Página 92 de 224













Tabla 6-18 Jerarquización Geomorfológica Para El Ambiente Morfo genético Glacial y Peri glacial en el Área Rural Del Distrito Capital

REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
		Conos y lóbulos de gelifracción	Glb	Corresponde a acumulaciones de 5 a 15 cm de material sobre laderas, en forma de cono o lóbulos elongados de longitudes moderadamente largas y formas cóncavas y convexas de pendiente inclinada. Están constituidas por material soportado de bloques de 3-5 cm embebidos en una matriz arcillosa. Es originado por flujos lentos de depósitos fluidos formados durante el congelamiento y deshielo del material superficial en zonas periglaciares.
		Valles o artesas glaciares	Gvfg	Valles rectos y anchos en forma de U, de laderas cortas, cóncavas y pendientes abruptas, localmente con facetas truncadas, y fondo en artesa. Se originan por la presión lateral ejercida por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial y su fondo se constituye en bloques angulares de 3 a 5 cm en matriz arcillosa compacta. Localmente los valles tributarios muestran el piso o fondo más alto que el valle principal que lo trunca en la confluencia.
		Abanicos fluvioglaciares	Gafg	Acumulación en forma de abanico, de longitud larga a muy larga, de laderas de forma rectas a convexas y de pendientes muy inclinadas. Están constituidas por bloques angulares de varios metros de arista, embebidos en una matriz arcillosa con bloques de tamaños decimétricos y localmente paleosuelos de color negro. Alcanza espesores del orden de 20 a 30 m. Su origen está asociado a corrientes torrenciales producto de deshielo de la parte más distal de una masa glaciar.
		Kames y terrazas de gelifracción	Gts	Terraza de morfología alomada e irregular y de pendiente suavemente inclinada, formada por la acumulación en las depresiones formadas entre una lengua glaciar y los costados del valle. Presentan laderas muy cortas, convexas y de pendiente muy inclinadas. Constituidas por gravas de grano fino y bloques embebidos en una matriz arcillosa, intercalada localmente con gravas y bloques en una matriz arenosa.
		Ladera de contrapendiente estructural glaciada	Glcp	Superficies en declive suavemente ondulada y aborregada, con una inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno. De longitud corta a larga, de forma cóncavo a convexa y de pendientes muy inclinadas a abruptas. Está constituida por rocas blandas afectadas por procesos de extracción y gelifracción.
GLACIAL Y PERIGLACIAL	Cuesta Estructural Glaciada	Ladera estructural glaciada	Gle	Ladera con estratos dispuestos en favor del a pendiente del terreno, de longitud larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy abruptas. Está constituida por rocas blandas a intermedias con presencia local de procesos de erosión glaciar o Periglaciar, con suelos residuales delgados y negros que presentan procesos locales de gelifracción y desarrollo de drenajes subparalelos.
GLACIALY		Lago glaciar	Gl	Acumulación de agua en zonas montañosa glaciada, principalmente en la base o piso de los glaciares. Se incluyen los lagos formados en la parte trasera de morrenas terminales de recesión. Su sustrato se constituye por arcillas y limos interestratificados con espesores entre 5 y 10 cm.
		Morrena lateral	Gmf	Asociadas a las crestas alomadas lineares y elongadas con laderas cóncavas y rectas muy cortas y de pendiente inclinada, constituidas por material glaciárico acumulado tanto por lenguas glaciares como por material traído por las corrientes laterales al calle glaciar. Están compuestas por fragmentos de roca de redondez subangular a subredondeada con lentes de gravas y localmente bloques heterométricos.
		Morrena lateral	Gml	Crestas alomadas lineares y elongadas con laderas cóncavas y rectas muy cortas y de pendiente inclinada, constituidas por material glaciárico acumulado tanto por lenguas glaciares como por material traído por las corrientes laterales. Están compuestas por fragmentos de roca de redondez subangular a subredondeada con lentes de gravas y localmente bloques heterométricos.
		Morrena terminal	Gmt	Geoforma en forma de arcos irregulares y amplios, de morfología alomada, de laderas muy cortas de formas rectas y cóncavas y pendientes muy inclinadas. Se constituyen de bloques y gravas angulares y subangulares distribuidas caóticamente en una matriz arenosa localmente cementada. Se originaron por el estancamiento de una masa glaciar y el progresivo deshielo de la misma.
		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 pendientes muy inclinadas. Se constituyen de bloques y gravas angulares y subangulares distribuidas caóticamente en una matriz arenosa localmente cementada. Se originaron por el estancamiento de una masa glaciar y el progresivo deshielo de la misma. Alcanza espesores de hasta 30 m.



Página 93 de 224









REGION	UNIDAD	SUBUNIDAD	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
		Planchas y espolones estructurales glaciados	Gpeg	Crestas simétricas aguadas 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 se presentan aristas glaciarias y circos glaciares.
		Planicies glaciolacustrinas	Gsg	Planicies de suave pendiente, formadas por depositación de sedimentos en lagos y zonas marginales a un glaciar. Se constituyen de materiales finos (limos y arcillas) y localmente arenas y gravas por aguas descongeladas, con niveles locales de materia orgánica o turba.
		Planicies y abanicos de sobrelavado glaciar	Gpl	Corresponde a una planicie de longitud corta y recta, suavemente inclinada, localizada más allá de la margen de un glaciar definido por las montañas terminales. Está constituido por material glaciárico (arenas y gravas) depositado por corrientes generadas por deshielo glaciar.
		Circos glaciares y de nivación	Gc	Corresponden a concavidades semicirculares de paredes de longitudes cortas, de formas cóncavas y pendientes escarpadas o depresiones someras formadas por socavación debida a la acción erosiva de escarcha o nieve en zonas de influencia glaciar y periglaciar, respectivamente.
		Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	Gshcp	Corresponden a laderas definidas por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno, 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 circos glaciares. Interestratificación de rocas duras, intermedias y blandas. Es común la presencia de procesos de extracción y gelifracción.
	Sierra Homoclinal Glaciada	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente (> 35°). Se caracterizan por presentar una longitud moderada a larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes escarpadas a muy escarpadas. Se asocian con rocas areníticas duras a intermedias, localmente afectados por procesos erosivos glaciares o con suelos residuales delgados y negros, y cobertura parcial de material morrénico y depósitos de gelifracción.
		Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion	Dco	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable
		Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	Gshle	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente (> 35°). Se asocian con rocas areníticas duras a intermedias, localmente afectados por procesos erosivos glaciares o con suelos residuales delgados y negros, y cobertura parcial de material morrenico y depósitos de gelifracción.
	Sierra Anticlinal Glaciada	Ladera estructural anticlinal glaciada	Gsanl	Ladera con estratos dispuestos en favor del a pendiente del terreno, de longitud larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy abruptas. Está constituida por rocas blandas a intermedias con presencia local de procesos de erosión glaciar o periglaciar, con suelos residuales delgados y negros que presentan procesos locales de gelifracción y desarrollo de drenajes subparalelos.
	Espinazo Estructural Glaciado	Ladera estructural de espinazo glaciado	Gcleg	Laderas con estratos en favor de la pendiente (>35 grados), de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Constituidas por arenitas duras a intermedias, con desarrollo del drenaje con patrón subparalelo y procesos locales de gelifracción
		Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion	Dco	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable
		Ladera estructural de	Gelpg	Laderas con estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Compuesta por rocas areníticas (duras a intermedias) con desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de gelifracción.
		espinazo glaciado	Geleg	Laderas con estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Compuesta por rocas areníticas (duras a intermedias) con desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de gelifracción.
uente: Grupo P	OT			

Fuente: Grupo POT













# Tabla 6-19 Descripción Geomorfológica De La Subunidad Y Componente De La Unidad Geomorfológica Cuesta Estructural Glaciada

NOMENCLATURA  Correspladeras modera pendier soporta arcillosa formado superfici.  SUBUNIDAD Valles o cóncava truncad ejercida y su fon matriz a muestra trunca e ejercida y su fon ma	Lóbulos de Gelifracción  onde a acumulaciones de 5 a 15 cm de material sobre en forma de cono o lóbulos elongados de longitudes damente largas y formas cóncavas y convexas de te inclinada. Están constituidas por material do de bloques de 3-5 cm embebidos en una matriz. Es originado por flujos lentos de depósitos fluidos s durante el congelamiento y deshielo del material al en zonas periglaciares (Figura 6-39).  Artesas Glaciares  ectos y anchos en forma de U, de laderas cortas, s y pendientes abruptas, localmente con facetas as, y fondo en artesa. Se originan por la presión lateral por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial do se constituye en bloques angulares de 3 a 5 cm en reillosa compacta. Localmente los valles tributarios n el piso o fondo más alto que el valle principal que lo
DESCRIPCIÓN  Acumul larga, de muy incompany deshiele d	en forma de cono o lóbulos elongados de longitudes damente largas y formas cóncavas y convexas de te inclinada. Están constituidas por material do de bloques de 3-5 cm embebidos en una matriz. Es originado por flujos lentos de depósitos fluidos s durante el congelamiento y deshielo del material al en zonas periglaciares (Figura 6-39).  Artesas Glaciares  ectos y anchos en forma de U, de laderas cortas, s y pendientes abruptas, localmente con facetas as, y fondo en artesa. Se originan por la presión lateral por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial do se constituye en bloques angulares de 3 a 5 cm en recillosa compacta. Localmente los valles tributarios n el piso o fondo más alto que el valle principal que lo
NOMENCLATURA  Valles of cóncava truncad ejercida y su fon matriz a muestra trunca e  SUBUNIDAD  NOMENCLATURA  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  Color no origen of deshield  SUBUNIDAD  Kames  NOMENCLATURA  Gts  Terraza suavem	ectos y anchos en forma de U, de laderas cortas, s y pendientes abruptas, localmente con facetas as, y fondo en artesa. Se originan por la presión lateral por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial do se constituye en bloques angulares de 3 a 5 cm en recillosa compacta. Localmente los valles tributarios n el piso o fondo más alto que el valle principal que lo
DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  SUBUNIDAD  NOMENCLATURA  DESCRIPCIÓN  DESCRI	s y pendientes abruptas, localmente con facetas as, y fondo en artesa. Se originan por la presión lateral por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial do se constituye en bloques angulares de 3 a 5 cm en reillosa compacta. Localmente los valles tributarios n el piso o fondo más alto que el valle principal que lo
DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  SUBUNIDAD  NOMENCLATURA  DESCRIPCIÓN  DESCRI	s y pendientes abruptas, localmente con facetas as, y fondo en artesa. Se originan por la presión lateral por la masa de hielo sobre las paredes del valle inicial do se constituye en bloques angulares de 3 a 5 cm en reillosa compacta. Localmente los valles tributarios n el piso o fondo más alto que el valle principal que lo
NOMENCLATURA  Gafg  Acumul larga, d muy inc varios n bloques color ne origen deshield  SUBUNIDAD  Kames  NOMENCLATURA  Gafg  Acumul larga, d muy inc varios n bloques color ne origen deshield Terraza suavem	n la confluencia.
Acumul larga, d muy incovarios no bloques color ne origen deshield  SUBUNIDAD Kames  NOMENCLATURA  Acumul larga, d muy incovarios no bloques color ne origen deshield  SUBUNIDAD Kames  Terraza suavem	s Fluvioglaciares
DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  DESCRIPCIÓN  Varios no bloques color no origen deshield  SUBUNIDAD  NOMENCLATURA  Terraza suavem	
NOMENCLATURA Gts Terraza suavem	ación en forma de abanico, de longitud larga a muy e laderas de forma rectas a convexas y de pendientes inadas. Están constituidas por bloques angulares de etros de arista, embebidos en una matriz arcillosa con de tamaños decimétricos y localmente paleosuelos de gro. Alcanza espesores del orden de 20 a 30 m. Su está asociado a corrientes torrenciales producto de de la parte más distal de una masa glaciar.
Terraza suavem	terrazas de gelifracción
suavem	
DESCRIPCIÓN del vall pendier fino y b	de morfología alomada e irregular y de pendiente ente inclinada, formada por la acumulación en las ones formadas entre una lengua glaciar y los costados
	e. Presentan laderas muy cortas, convexas y de te muy inclinadas. Constituidas por gravas de grano oques embebidos en una matriz arcillosa, intercalada
NOMENCLATURA GICP	e. Presentan laderas muy cortas, convexas y de te muy inclinadas. Constituidas por gravas de grano oques embebidos en una matriz arcillosa, intercalada nte con gravas y bloques en una matriz arenosa.
DESCRIPCIÓN  Superfication con una del terro convexa	e. Presentan laderas muy cortas, convexas y de te muy inclinadas. Constituidas por gravas de grano oques embebidos en una matriz arcillosa, intercalada

Página 95 de 224

















	T			
	constituida por rocas blandas afectadas por procesos de			
	extracción y gelifracción.			
SUBUNIDAD	Ladera estructural glaciada			
NOMENCLATURA	Gle			
DESCRIPCIÓN	Ladera con estratos dispuestos en favor del a pendiente del terreno, de longitud larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy abruptas. Está constituida por rocas blandas a intermedias con presencia local de procesos de erosión glaciar o periglaciar, con suelos residuales delgados y negros que presentan procesos locales de gelifracción y desarrollo de drenajes subparalelos.			
SUBUNIDAD	Lago glaciar			
NOMENCLATURA	GI			
DESCRIPCIÓN	Acumulación de agua en zonas montañosa glaciada, principalmente en la base o piso de los glaciares. Se incluyen los lagos formados en la parte trasera de morrenas terminales de recesión. Su sustrato se constituye por arcillas y limos interestratificados con espesores entre 5 y 10 cm.			
SUBUNIDAD	Morrena lateral			
NOMENCLATURA	Gmf/Gml			
DESCRIPCIÓN	Asociadas a las crestas alomadas lineares y elongadas con laderas cóncavas y rectas muy cortas y de pendiente inclinada, constituidas por material glaciárico acumulado tanto por lenguas glaciares como por material traído por las corrientes laterales al valle glaciar. Están compuestas por fragmentos de roca de redondez subangular a subredondeada con lentes de gravas y localmente bloques heterométricos (Figura 6-40).			
SUBUNIDAD	Morrena terminal			
NOMENCLATURA	Gmt			
DESCRIPCIÓN	Geoforma en forma de arcos irregulares y amplios, de morfología alomada, de laderas muy cortas de formas rectas y cóncavas y pendientes muy inclinadas. Se constituyen de bloques y gravas angulares y subangulares distribuidas caóticamente en una matriz arenosa localmente cementada. Se originaron por el estancamiento de una masa glaciar y el progresivo deshielo de la misma.			
SUBUNIDAD	Morrena de ablación			
NOMENCLATURA	Gma			
DESCRIPCIÓN	Tipo de morrena terminal en forma de arcos irregulares y amplios, de morfología alomada, de laderas muy cortas de formas rectas y cóncavas y pendientes muy inclinadas. Se constituyen de bloques y gravas angulares y subangulares distribuidas caóticamente en una matriz arenosa localmente cementada. Se originaron por el estancamiento de una masa glaciar y el progresivo deshielo de la misma. Alcanza espesores de hasta 30 m.			
SUBUNIDAD	Planchas y espolones estructurales glaciados			
	1a			

Página 96 de 224



















NOMENCLATURA	Gpeg
DESCRIPCIÓN	Crestas simétricas aguadas 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 se presentan aristas glaciarias y circos glaciares.
SUBUNIDAD	Planicies glaciolacustrinas
NOMENCLATURA	Gsg
DESCRIPCIÓN	Planicies de suave pendiente, formadas por depositación de sedimentos en lagos y zonas marginales a un glaciar. Se constituyen de materiales finos (limos y arcillas) y localmente arenas y gravas por aguas descongeladas, con niveles locales de materia orgánica o turba.
SUBUNIDAD	Planicies y abanicos de sobrelavado glaciar
NOMENCLATURA	Gpl
DESCRIPCIÓN	Corresponde a una planicie de longitud corta y recta, suavemente inclinada, localizada más allá de la margen de un glaciar definido por las montañas terminales. Está constituido por material glaciárico (arenas y gravas) depositado por corrientes generadas por deshielo glaciar.

Fuente: Grupo POT

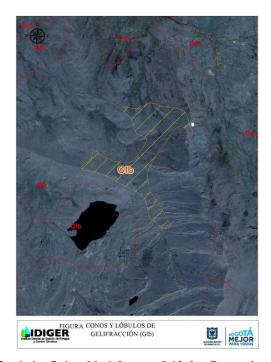


Figura 6-39 Localización de La Subunidad Geomorfológica Denominada Conos y Lóbulos De Gelifracción (Glb)

Página 97 de 224















Figura 6-40 Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Morrena Lateral (Gmf/Gml)

Tabla 6-20 Descripción Geomorfológica De La Subunidad y Componente De La Unidad Geomorfológica Sierra Homoclinal Glaciada

SUBUNIDAD	Circos glaciares y de nivación			
NOMENCLATURA	Gc			
DESCRIPCIÓN	Corresponden a concavidades semicirculares de paredes de longitudes cortas, de formas cóncavas y pendientes escarpadas o depresiones someras formadas por socavación debida a la acción erosiva de escarcha o nieve en zonas de influencia glaciar y periglaciar, respectivamente (Figura 6-41)			
SUBUNIDAD	Ladera de contrapendiente de sierra Homoclinal Glaciada			
NOMENCLATURA	Gshcp			
DESCRIPCIÓN	Corresponden a laderas definidas por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno, 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 circos glaciares. Interestratificación de rocas duras, intermedias y blandas. Es común la presencia de procesos de extracción y gelifracción.			
SUBUNIDAD	Ladera Estructural de Sierra Homoclinal Glaciada			

Página 98 de 224









Certificado Nº CO-SC-CER453496 Certificado Nº CO-SA-CER366134 Certificado Nº GP-CER453497





NOMENCLATURA	Gshle			
DESCRIPCIÓN	Laderas definidas por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente (> 35°). Se asocian con rocas areníticas duras a intermedias, localmente afectados por procesos erosivos glaciares o con suelos residuales delgados y negros, y cobertura parcial de material morrenico y depósitos de gelifracción. Se asocian con rocas areníticas duras a intermedias, localmente afectados por procesos erosivos glaciares o con suelos residuales delgados y negros, y cobertura parcial de material morrenico y depósitos de gelifracción.			
SUBUNIDAD	Conos y lóbulos Coluviales y de Solifluxión			
NOMENCLATURA	Dco			
DESCRIPCIÓN	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable			

Fuente: Grupo POT



Figura 6-41 Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Circos Glaciares Y De Nivación (Gc)

Página 99 de 224











Tabla 6-21 Descripción Geomorfológica De La Subunidad y Componente De La Unidad Geomorfológica Sierra Homoclinal Glaciada

SUBUNIDAD	Ladera estructural anticlinal glaciada		
NOMENCLATURA	Gsanl		
DESCRIPCIÓN	Ladera con estratos dispuestos en favor del a pendiente del terreno, de longitud larga, de formas rectas a irregulares y con pendientes muy abruptas. Está constituida por rocas blandas a intermedias con presencia local de procesos de erosión glaciar o periglaciar, con suelos residuales delgados y negros que presentan procesos locales de gelifracción y desarrollo de drenajes subparalelos (Figura 6-42).		

Fuente: Grupo POT

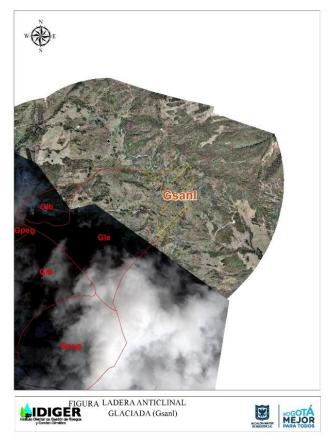


Figura 6-42 Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera Anticlinal Glaciada (Gsanl)

Página 100 de 224













# Tabla 6-22 Descripción Geomorfológica De La Subunidad y Componente De La Unidad Geomorfológica Espinazo Estructural Glaciado

SUBUNIDAD	Ladera estructural de espinazo glaciado			
NOMENCLATURA	Gcleg			
DESCRIPCIÓN	Laderas con estratos en favor de la pendiente (>35 grados), de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Constituidas por arenitas duras a intermedias, con desarrollo del drenaje con patrón subparalelo y procesos locales de gelifracción (Figura 6-43).			
SUBUNIDAD	Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion			
NOMENCLATURA	Dco			
DESCRIPCIÓN	Componente geomorfológico en forma de cono o lóbulos. 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 de espesor variable			
SUBUNIDAD	Ladera estructural de espinazo glaciado			
NOMENCLATURA	Gelpg			
DESCRIPCIÓN	Laderas con estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Compuesta por rocas areníticas (duras a intermedias) con desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de gelifracción.			
SUBUNIDAD	Ladera estructural de espinazo glaciado			
NOMENCLATURA	Gelep			
DESCRIPCIÓN	Laderas con estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud muy corta a corta, de formas rectas o convexas y con pendientes muy escarpadas. Compuesta por rocas areníticas (duras a intermedias) con desarrollo de drenaje subparalelo y procesos locales de gelifracción.			

Fuente: Grupo POT



Página 101 de 224













Figura 6-43 Localización De La Subunidad Geomorfológica Denominada Ladera Estructural De Espinazo Glaciado (Gcleg)

# 6.3.4.2 Morfología

Las propiedades morfográficas de las geoformas son atributos cuantitativos y cualitativos del paisaje y están derivados de la elevación del terreno y la red de drenaje que lo acompaña. Para el análisis y clasificación morfográfica se hace uso del procesamiento cartográfico para la generación y categorización de modelos digitales de elevación, para así obtener los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos como: rugosidad del terreno, el contraste del terreno o índice relativo, longitud de la ladera, forma de la ladera, pendiente o inclinación del terreno, entre otras.

En la (Tabla 6-23) se presenta la jerarquización geomorfológica del área rural del Distrito Capital y su descripción de los parámetros geomorfológicos antes mencionados.

Página 102 de 224













## Tabla 6-23 Caracterización Morfológica de las Subunidades Geomorfológicas

UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	SÍMBOLO	RUGOSIDAD	ÍNDICE DE CONTRASTE	LONGITUD DE LA LADERA	FORMA DE LA LADERA	PENDIENTE
Cuesta Estructural Denudada y Residual	Ladera Estructural de Cuestas Denudadas y Residuales	Frente Estructural	Scle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Larga	Rectas a irregulares	Muy inclinadas a muy abruptas
Espinazo Estructural Denudado	Ladera de Contrapendiente de Espinazo Denudado	Escarpe Estructural Menor	Selp	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a moderadamente larga	Cóncava o irregulares escalonadas	Muy abruptas a escarpadas
	Ladera Estructural de Espinazo Denudado	Pendiente Estructural	Sele	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy cortas a cortas	Rectas o convexas	Escarpadas
	Cerros Remanentes o	Cerros Remanentes	Dcrm	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cortas	Convexas	Inclinado
	Conos y Lobulos Coluviales de Solifluxión	Ladera de Acumulación	Dco	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cortas a largas	Convexas	Suaves a abruptas
	Conos de Talus	Ladera de Acumulación	Dct	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta a corta	Rectas a convexas	Inclinadas a muy inclinadas.
	Flujo Torrencial	Ladera de Acumulación	Dlfb	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy largas a extremadamente largas	Convexas	Abruptas a muy abruptas
Planchas Estructurales Denudadas - Espolones Estructurales	Ladera de Contrapendiente de Sierra Homoclinal Glaciar	Colinas con Control Estructural	Dlpde	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
	Ladera Estructural Denudada y Residual	Crestas	Dle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
		Redondeadas	Dlpdc Alta Moderado a heterogeneidad bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta		
		Escarpe y Frente Estructural	Dlpdf	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
		Ladera de Acumulación	Dla	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Inclinadas a muy inclinadas.
		Ladera en Contrapendiente Estructural	Dlee	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a largas	Cóncava	Abruptas









UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	SÍMBOLO	RUGOSIDAD	ÍNDICE DE CONTRASTE	LONGITUD DE LA LADERA	FORMA DE LA LADERA	PENDIENTE
		Ladera en	Dlep	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a largas	Cóncava	Abruptas
		Pendiente Estructural	Dlpdl	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a largas	Cóncava	Abruptas
		Esti detai di	Spe	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a largas	Cóncava	Abruptas
		Superficie de Aplanamiento	Dlpda	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
		Terrenos Ondulados	Dlpd	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
		Vallecito en Forma de V	Dva	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
Cornisas Estructurales		Laderas de Piedemonte Degradadas	Scor	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a Larga	Irregulares a escalonadas	Suavemente inclinada
	Escarpe de Línea de Falla	Escarpe Estructural	Slfpe	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cóncavo a convexa	Irregulares a escalonadas	Suavemente inclinada
		Escarpe Estructural de Falla	Slfpf	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cóncavo a convexa	Irregulares a escalonadas	Suavemente inclinada
		Colinas Residuales	Slfp	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Recta	Cóncavo a convexo	Abrupta
		Pendiente Estructural	Slfpp	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Recta	Cóncava	alta
Sierra Anticlinal Denudada y	Cerro Estructural	Colinas Residuales	Sce	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cóncavo a convexa	Cóncavo a convexa	Inclinadas a muy inclinadas
Residual	Ladera Estructural	Crestas Redondeadas	Ssanle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cóncavo a convexa	Cóncavo a convexa	Inclinadas a muy inclinadas
	Anticlinal Denudada y Residual	Ladera en Pendiente Estructural	Ssanl	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Recta	Cóncavo a convexa	Abrupta
		Escarpe de Erosión Menor	Dem	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta	Cóncava y convexa	Corta pero abrupto
	Ladera Estructural de Sierra Anticlinal	Ladera Estructural de Moderada Pendiente	Sle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Recta	Cóncava y convexa	Inclinadas a muy inclinadas
	ac sierra / titiciiriai	Superficie de Erosión o aplanamiento	Dsa	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a moderadamente larga	Corta a larga	Cóncava y convexa









MEJOR PARA TODOS



UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	SÍMBOLO	RUGOSIDAD	ÍNDICE DE CONTRASTE	LONGITUD DE LA LADERA	FORMA DE LA LADERA	PENDIENTE
		Ladera de Acumulación	Dla	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Corta a larga	Cóncava
	Ladera Estructural Anticlinal Denudada	Ladera de Acumulación	Dla	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Corta a larga	Cóncava
	Ladera de	Escarpe y Frente Estructural	Sshc	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Moderada a larga	Cóncavas e irregulares escalonadas	Escarpadas a muy escarpadas
	Contrapendiente de Sierra Homoclinal Denudada	Pendientes y Escarpes Estructurales	Sshcp	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Moderada a larga	Cóncavas e irregulares escalonadas	Escarpadas a muy escarpadas
	Denduada	Ladera de Acumulación	Dla	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Inclinadas a muy inclinadas.
Sierra Homoclinal Denudada y Residual	Ladera de Contrapendiente Homoclinal Denudada	Escarpe y Frente Estructural	Sshc	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Moderada a larga	Cóncavas e irregulares escalonadas	Escarpadas a muy escarpadas
		Crestas Redondeadas	Sshle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a moderadamente larga	rectas a convexas	Escarpadas a muy escarpadas
	Ladera Estructural de Sierra Homoclinal Denudada	Pendiente Estructural	Sshlep	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a moderadamente larga	rectas a convexas	Escarpadas a muy escarpadas
		Ladera de Acumulación	Dla	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Inclinadas a muy inclinadas.
	Terraza o Berma de Fallamiento	Colinas Residuales	Sbf	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy Corta	Cóncava a convexas	Abrupta
	Cornisas Estructurales	Laderas de Piedemonte Degradadas	Scor	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Irregular o escalonadas	Cóncava a convexas	Suavemente inclinadas
Sierra Sinclinal Denudada y Residual	Escarpe de Línea de	Escarpe Estructural	Slfpe	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta	Cóncavo a convexo	Abrupto
	Falla	Escarpe Estructural de Falla	Slfpf	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta	Cóncavo a convexo	Abrupto
	Facetas Triangulares	Escarpe de Falla	Sft	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta	Recta	Abrupto
	Ladera de Contrapendiente Sinclinal Denudada	Escarpe, Frente y Contrapendiente Estructural	Ssc	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cortas a moderadamente largas	Convexas a irregulares	Abruptas a escarpadas

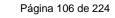








UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	SÍMBOLO	RUGOSIDAD	ÍNDICE DE CONTRASTE	LONGITUD DE LA LADERA	FORMA DE LA LADERA	PENDIENTE
		Ladera en Pendiente Estructural	Sscp	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cortas a moderadamente largas	Planas a convexas	Abruptas a escarpadas
	Ladera Estructural	Ladera en Contrapendiente Estructural	Sslep	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cortas a moderadamente largas	Convexas a irregulares	Abruptas a escarpadas
	Sinclinal Residual	Ladera en Pendiente Estructural	Ssle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Cortas a moderadamente largas	Convexas a irregulares	Abruptas a escarpadas
	Terrazas o Bermas	Superficie de Aplanamiento	Sma	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta	Convexas	Abrupta
	de Fallamiento	Terrenos Ondulados	Sm	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Muy corta	Convexas	Abrupta
	Planchas estructurales	Escarpe y Frente Estructural	Spec	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncava	Abrupta
	Abanicos Aluviales	Plano de Abanico	Faa	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plana a ligeramente plana
	Conos de Deyección	Conos de Planicie	Fcdy	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plana a ligeramente plana
	Cuencas de Decantación Fluvial	Vega	Fcd	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plana a ligeramente plana
Valle Aluvial	Planicies y Deltas Lacustrinos	Plano de terraza	Fpla	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plana a ligeramente plana
Terraza Alı Terrazas Fluvi	Plano de Inundación	Plano de Inundación	Fpi	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plano
	Terraza Aluvial	Escarpe de Terraza	Fet	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plano
	Terrazas Fluviales de Acumulación	Barras Puntuales	Fbp	Baja heterogeneidad	Muy bajo a bajo	Larga a extremadamente larga	Recta	Plano
Cuesta Estructural Glaciada	Conos y Lobulos de Gelifracción	Flujos Torrenciales	Glb	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Convexas a irregulares	Abrupta









MEJOR PARA TODOS



UNIDAD	SUBUNIDAD	COMPONENTE	SÍMBOLO	RUGOSIDAD	ÍNDICE DE CONTRASTE	LONGITUD DE LA LADERA	FORMA DE LA LADERA	PENDIENTE
	Circos Glaciares y de Nivación	Crestas Redondeadas	Gc	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta	Cóncava	Escarpadas
	Ladera Estructural de Cuesta Glaciada	Ladera Plana Ondulada	Gcleg	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Recta	Recta	Inclinadas a muy inclinadas.
	Valles o Artesas Glaciares	Valle en U	Gvfg	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Irregular	Cóncavo	Abrupta
	Abanicos Fluvioglaciares	Plano de Abanico	Gafg	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Larga	Recta	Inclinadas a muy inclinadas.
Sierra Homoclinal Glaciada	Ladera de Contrapendiente de	Colinas Monoclinales y Escarpes Estructurales	Gshcp	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncavo a convexo	Abrupta
	Sierra Homoclinal Glaciar	Terrenos Ondulados	Gshcpt	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Moderadamente a larga	Cóncava a irregulares	Inclinadas a muy inclinadas.
	Ladera Estructural de Sierra Homoclinal Glaciada	Crestas Redondeadas	Gshle	Alta heterogeneidad	Moderado a bajo	Corta a larga	Cóncavo a convexo	Abrupta















A continuación, se realiza una descripción detallada de cada uno de los parámetros geomorfológicos antes mencionados.

## Rugosidad del Terreno

El índice de rugosidad del terreno, fue elaborado con base al modelo digital de elevación llamado DEM con una resolución de 5 y 12 m, el cual es un formato ráster que tiene como atributo la altura del terreno sobre el nivel del mar expresadas en metros. Este valor esta dado para cada pixel de tamaño (90 cm), sobre este ráster se corre una herramienta creada para el software ArcGis denominada Vector Ruggedness Measure (VRM) Tool for ArcGIS, la cual mide la rugosidad del terreno como la variación en la orientación tridimensional de celdas de la cuadrícula teniendo en cuenta las celdas vecinas.

El análisis vectorial se usa para calcular la dispersión de los vectores normales (ortogonal) a celdas de la cuadrícula dentro de la zona especificada. Este método captura efectivamente la variabilidad en pendiente y orientación en una sola medida. Los valores de Rugosidad en el ráster de salida pueden variar entre 0 (sin variación del terreno) a 1 (variación del terreno completo). Los valores típicos para terrenos naturales oscilan entre 0 y aproximadamente 0,4.

La rugosidad del terreno busca representar la variación detallada del terreno, donde zonas rugosas son más susceptibles a la infiltración y por ende a los movimientos en masa respecto a las zonas rectas y lisas

Para el caso del área del proyecto se presentan dos intervalos representativos que oscilan entre 0 y 0,43 (Figura 6-44).

Una vez elaborados los análisis estadísticos, se reconoce una mayor cantidad de movimientos en masa en zonas de mayor rugosidad y otros en zonas muy poco rugosas, mostrado su correspondencia con movimientos en masa que tienen superficies de cizallamiento y (rotacionales y traslacionales), así como la reptación.

#### Contraste del relieve o relieve Relativo

Para obtener el índice relativo se realizaron perfiles topográficos de las unidades morfológicas, utilizando un modelo digital de terreno en función del m.s.n.m. (mapa de altitudes). Este índice presenta la diferencia de altitud de la geoforma, independientemente de su altura absoluta o nivel del mar. Ella se mide por la diferencia de alturas entre la parte más baja y alta. Para su aplicación se definieron las categorías desde muy bajo hasta extremadamente alto (Tabla 6-24¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y Figura 6-45), tomado del ITC – Van Zuidam (1986). Este atributo da una idea general de los materiales constitutivos de las geoformas, a la vez indicador de la energía potencial de un sistema de drenaje.

Página 108 de 224















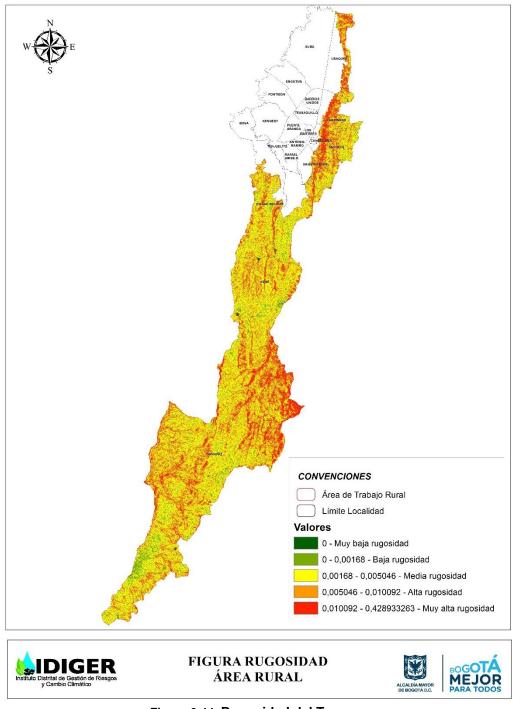


Figura 6-44. Rugosidad del Terreno

Página 109 de 224

















#### Tabla 6-24 Índice de Contraste del Relieve o Relieve Relativo

INTERVALO DE ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE	RESISTENCIA RELATIVA DEL MATERIAL		
<50	Muy bajo	Materiales muy blandos y erosionables		
50 – 250	Bajo	Materiales blandos erosionables		
250 – 500	Moderado Materiales moderadamente blandos y de erosión alta			
500-1000	Alto	Materiales resistentes t y de erosión moderada		
1000-2500	Muy alto	Materiales muy resistentes y de erosión baja		
>2500	Extremadamente alto	Materiales extremadamente resistentes y de erosión muy baj		

Fuente: Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica, Volumen I, INGEOMINAS, Bogotá, D.C., Diciembre de 2004.

De acuerdo con la Figura 6-45 el índice del relieve que más predomina en el área es el alto (Color naranja), clasificándose como una zona donde aforan materiales muy resistentes y de erosión moderada.

Para el área constituida por el costado oriental de los Cerros Orientales localizados al oriente del área de estudio y su ramificación hacia el costado sur (área rural de la Localidad de Ciudad Bolívar), se presenta un índice de contraste moderado (color amarillo), clasificándose como áreas constituidas por materiales moderadamente blandos susceptibles a presentar una erosión alta.

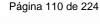
# Longitud de la ladera

La longitud de la ladera es un posible indicador de la homogeneidad del material constitutivo de las geoformas y se puede establecer una relación entre la longitud de la ladera y la homogeneidad del material (a mayor longitud mayor homogeneidad). Igualmente, la longitud de la ladera puede determinar una mayor superficie para el desarrollo de procesos morfodinámicos (Tabla 6-25 y Figura 6-46).

Tabla 6-25 Índices de Longitud de La Ladera

INTERVALO DE ALTURA (m)	DESCRIPCIÓN
<50	Muy corta
0 – 250	Corta
250 – 500	Moderadamente larga
500-1000	Larga
>2500	Extremadamente larga

Fuente: Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica, Volumen I, INGEOMINAS, Bogotá, D.C., Diciembre de 2004.















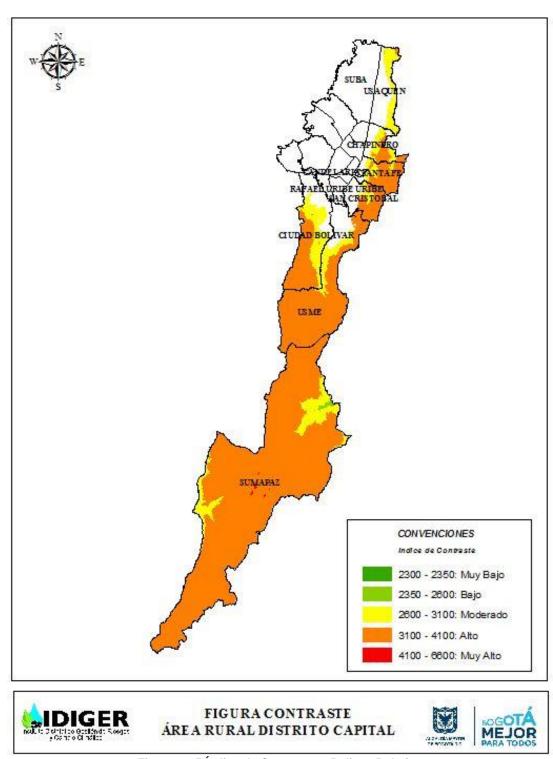


Figura 6-45 Índice de Contraste o Relieve Relativo

Página 111 de 224



















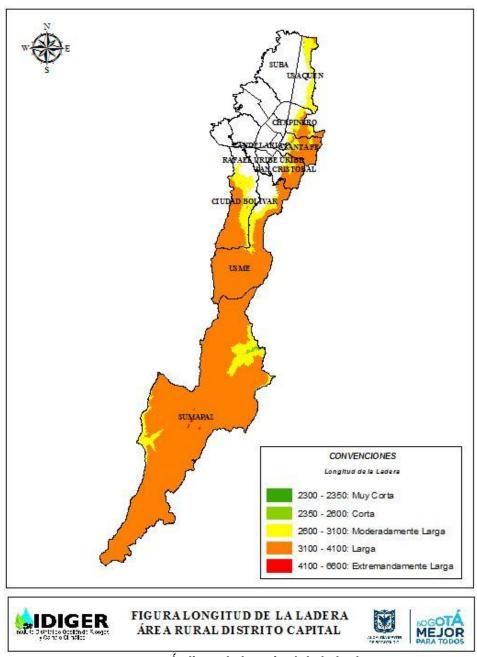


Figura 6-46 Índices de Longitud de la Ladera

De acuerdo con la Figura 6-46, la longitud de la ladera que se presenta en la mayor parte del área de influencia (color naranja) es larga, clasificándose como una zona de relieve ligeramente plana a ligeramente inclinada susceptible a erosionarse. Adicionalmente, se

Página 112 de 224















presenta hacia el costado oriental y sur del área del proyecto (color gris y violeta) representativo de laderas moderadamente largas a cortas.

## Densidad del drenaje

La densidad del drenaje se define como la relación entre la longitud de los segmentos del canal (acumulada para todos los órdenes de una cuenca) y el área de la cuenca drenada. Está relacionada con la facilidad de salida de agua o escorrentía y de manera inversa la infiltración; las cuencas bien drenadas tendrán menor susceptibilidad a deslizamientos ya que la infiltración es mucho menor.

Se puede determinar mediante ecuación:

Dd = Ld / A

Donde:

Dd: Densidad de drenaje

Ld: Longitud de la línea de drenaje

A: Unidad de Área

Para el área de estudio se procedió a determinar la densidad del drenaje dando como resultado lo mostrado en la Tabla 6-26 y en la Figura 6-47 en donde se observa que la mayor parte del área presenta una baja densidad en la red del drenaje.

Tabla 6-26 Área En Porcentaje (%) de la Densidad del Drenaje en el Área Rural

VALORES DENSIDAD DE DRENAJE	CATEGORÍA DENSIDAD DE DRENAJE (RELATIVA)	ÁREA (ha)	PROCESOS- AREA (ha)
0.00 -3.077	Muy baja densidad	8981,80	210,97
3.077 – 4.473	Baja densidad	97878,88	956,49
4.473 – 5.167	Media densidad	10488,58	166,65
5.167 – 6.078	Alta densidad	493,51	15,14
6.078 - 63.08	Muy alta densidad	297,23	1,35
TOTAL		118140,00	1350,60

Fuente: Grupo POT











Página 113 de 224



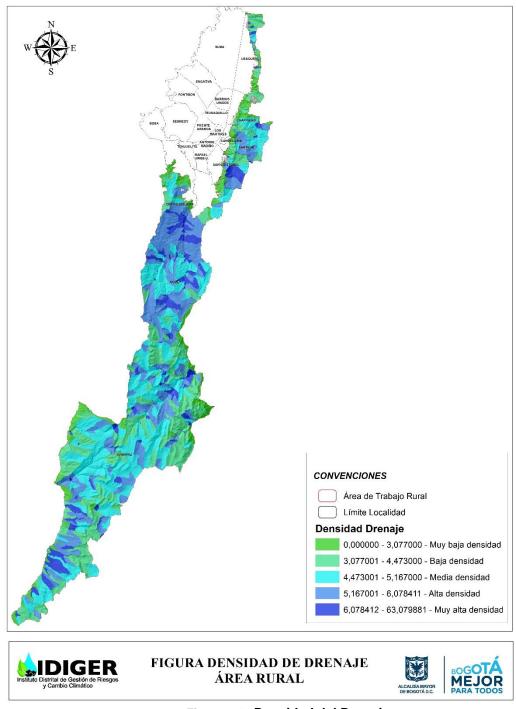


Figura 6-47 Densidad del Drenaje

Página 114 de 224

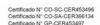
















## Formas de la ladera (Curvatura – Convexidad)

La curvatura indica la forma de la pendiente del terreno, siendo cóncava o convexa. En términos de movimientos en masa, la curvatura representa la influencia de la topografía en los procesos de infiltración y escorrentía, siendo las zonas cóncavas las de menor infiltración y por ende las de menor susceptibilidad a la generación de movimientos en masa.

En la Tabla 6-27 se presenta la categorización de la variable y en la Figura 6-48 se muestra su distribución espacial.

En cuanto a los análisis de densidad de deslizamientos, muestran una relación inversa con la convexidad, existiendo mayor cantidad de deslizamientos en zonas cóncavas que convexas representando la predominancia de movimientos en masa tipo reptación y flujos. En la Tabla 6-27 se presentan los resultados de los análisis estadísticos de esta variable.

Tabla 6-27 Análisis Estadísticos Variable Curvatura - Convexidad

VALORES	CATEGORÍA CURVATURA	AREA (M2)	PROCESOS - ÁREA (ha)
0 – 0.442	Cóncavo	22154,05746	371,35
0.442 – 0.478	Algo cóncavo	27154,60003	348,317162
0.478 – 0.509	Rectilíneo	19233,3514	251,262861
0.509 – 0.546	Algo convexo	27404,24525	229,080728
0.546 – 0.782	Convexo	22193,73633	150,589549
TOTAL		118139,9905	1350,60452

Fuente: Grupo POT

















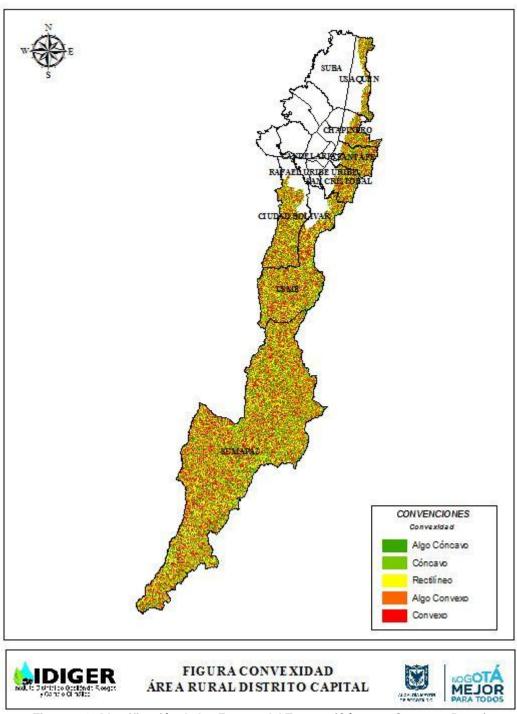


Figura 6-48 Identificación de las Formas del Terreno (Cóncava, Convexa, Recta)

Página 116 de 224















#### 6.3.4.3 Morfometría

#### Pendientes o inclinación de la ladera

El grado de inclinación del terreno es un factor que limita el desarrollo de actividades sobre el suelo y es además un insumo para la determinación de susceptibilidad a erosión, movimientos en masa e inundaciones.

La pendiente representa el grado de inclinación de la ladera y se obtiene como la relación entre la diferencia de elevación vertical y la diferencia de elevación horizontal de un pixel de análisis con otro contiguo. La pendiente se definió en unidades de grado, obteniendo valores entre 0 y 82.5°; como resultado se obtuvieron 6 intervalos de la distribución que junto al intervalo truncado representan 7 intervalos en total, que están muy ligados a características geomorfológicas, como lo muestra la Figura 6-49 y la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

Tabla 6-28 Intervalo de Pendiente en el Distrito Capital

INTERVALO DE PENDIENTE	CATEGORÍA	ÁREA (ha)	PROCESOS ÁREA (ha)
0 – 5	Muy Baja	12042,79	88,4547176
5 – 6,72	Muy Baja pendiente	6811,27	61,4780623
06,72 – 11.38	Baja pendiente	27451,21	295,82623
11,38 - 18,85	Media pendiente	37655,36	450,989145
18,85 – 30,82	Moderada pendiente	26485,74	345,516478
30,82 - 50,00	Alta pendiente	7142,02	103,63704
50,00 - 82.50	Muy alta pendiente	551,60	4,60087244
TOTAL		118140,00	1350,50254

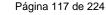
Fuente: Grupo POT













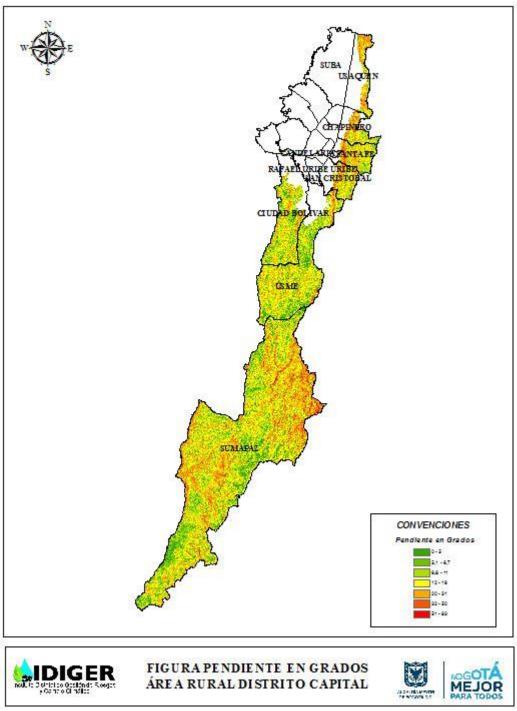


Figura 6-49 Intervalo De Pendiente En Porcentaje (%) En El Distrito Capital

Página 118 de 224















### 6.3.5 Morfodinámica

Dentro del análisis del componente geomorfológico, un parámetro muy importante para la calibración del mapa de amenaza por movimientos en masa en el área rural del Distrito capital, lo constituye la identificación y análisis de los procesos morfodinámicos, insumo útil al momento de tomar decisiones orientadas a la planificación del territorio del área rural del Distrito Capital dentro del marco de la actualización del Plan de Ordenamiento Territorial - POT.

Para la elaboración del mapa geomorfológico y específicamente el de procesos morfodinámicos, se ha tomado como base para la primera parte del estudio en mención, el análisis realizado por las diferentes entidades gubernamentales, tales como: Servicio Geológico Colombiano (SGC) antes Ingeominas y la Universidad Nacional de Colombia (UN). Además, el uso de insumos cartográficos de alta resolución ya sea imágenes de satélite, ortofotomosaico y/o fotografías aéreas (Tabla 6-29) han permitido detallar nuevos procesos o movimientos en masa, refinar contactos de los ya identificados (ya sea a manera de polígono o línea), en la zona de estudio.

Tabla 6-29 Relación De Las Líneas de Vuelo Existentes En El Área de Estudio

VUELO No.	ESCALA	FOTOGRAFIAS	AÑO	TOTAL
C-2520	1:49000	025 A LA 033	1992	9
C-2521	1:49999	117 a la 129	1992	13

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), en el año 2016.

Con las fotografías mencionadas en la Tabla 6-29, se armaron pares estereoscópicos que permitieron realizar la fotointerpretación e identificación de los principales procesos morfodinámicos en el área, entre los que encontramos (Tabla 6-30 y Tabla 6-31):











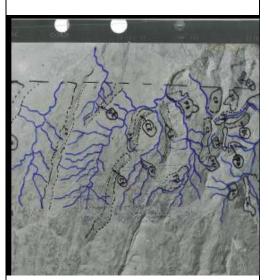




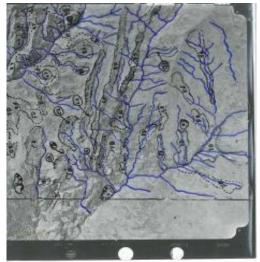
Página 119 de 224



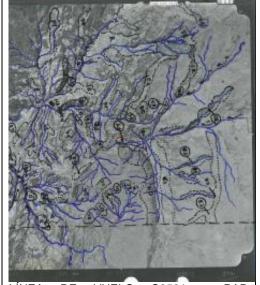
#### Tabla 6-30 Fotointerpretación de La Línea de Vuelo C2521



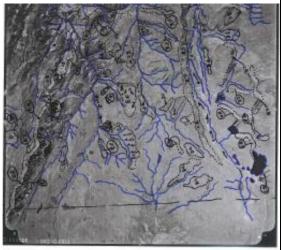
LÍNEA DE VUELO C2521 - PAR ESTEREOSCÓPICO CON LAS FOTOGRAFÍAS 117 A LA 119



LÍNEA DE VUELO C2521 - PAR ESTEREOSCÓPICO CON LAS FOTOGRAFÍAS 119 A LA 121



LÍNEA DE VUELO C2521 - PAR ESTEREOSCÓPICO CON LAS FOTOGRAFÍAS 121 A LA 123



LÍNEA DE VUELO C2521 - PAR ESTEREOSCÓPICO CON LAS FOTOGRAFÍAS 123 A LA 125

Página 120 de 224







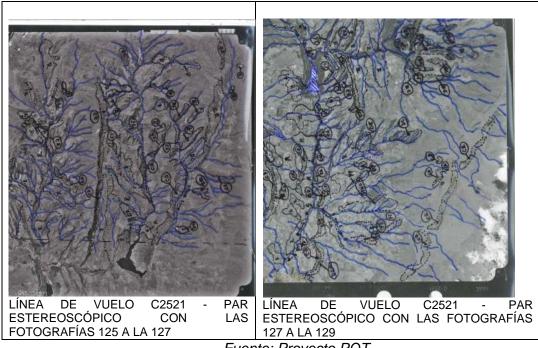






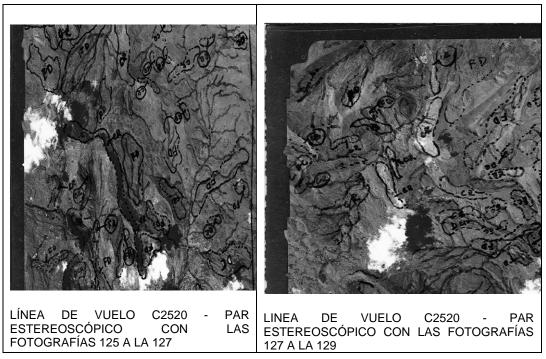






Fuente: Proyecto POT

## Tabla 6-31 Fotointerpretación de la Línea De Vuelo C2520



Página 121 de 224









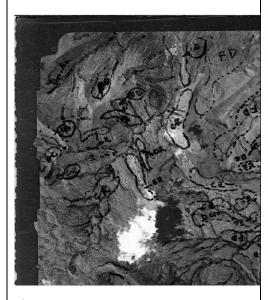














LÍNEA DE VUELO C2520 - PAR ESTEREOSCÓPICO CON LAS FOTOGRAFÍAS 131 A LA 133

Fuente: Proyecto POT

#### Donde:

CR\*: CAÍDA DE ROCAS (VOLTEO)

DCR\*: DEPOSITO DE CAÍDA DE ROCAS

FT\*: FLUJO DE TIERRAS

R\*: REPTACIÓN

DC\*: DESLIZAMIENTO EN CUÑA

EA\*: EXPLOTACIÓN ANTRÓPICA (CANTERA)

EC\*: EROSIÓN EN CÁRCAVAS

Nota: (\*) Nomenclatura utilizada para la fotointerpretación, la cual fue ajustada de acuerdo con la metodología del Servicio Geológico Colombiano (SGC) para la elaboración final del mapa de procesos morfodinámicos.

Adicionalmente, una vez obtenida la fotointerpretación preliminar de los procesos morfodinámicos se realizó una segunda etapa de reconocimiento de campo durante los meses de octubre y noviembre de 2016, a través de la selección de puntos de control, aprovechando para ello la red vial existente, tomando en cada uno de ellos el registro fotográfico con el único fin de enriquecer el detalle en la descripción de los procesos identificados en la primera etapa del proyecto. Al recopilar la información en cada una de las etapas antes mencionadas se ha generado el producto técnico y cartográfico definitivo del componente geomorfológico a escala 1:25000 con base en los estándares cartográficos postulados por el Servicio Geológico Colombiano (SGC).

Página 122 de 224

















#### 6.3.5.1 Glosario de Términos

Para definir los tipos de movimientos en masa a analizar, se partió de los tipos de movimientos definidos por el Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA en el año 2007 en el trabajo denominado "Movimientos en masa en la región andina: una quía para la evaluación de amenazas" (Tabla 6-32 y Tabla 6-33), donde se arranca definiendo que el término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991), luego se indica que se presentan definiciones para las siguientes clases de movimientos en masa: caídas, vuelcos, deslizamientos, flujos, propagaciones laterales y reptaciones, las cuales parten de la clasificación de (Varnes, 1978) pero se ajustaron en función del estado del arte donde primaron los sistemas de clasificación más aceptados en los países de habla inglesa e hispana y el arraigo de los términos para los países de la región; se describe además cierto tipo de deformaciones gravitacionales profundas. Para cada tipo de movimiento en masa en la citada publicación se describe el rango de velocidades el cual se relaciona con la intensidad de los movimientos y la amenaza que pueden significar. A continuación, se presentan los tipos de movimientos que se describen y la escala de velocidades utilizada:

Tabla 6-32 Tipos de movimientos en masa (Tomado de (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007))

Tipo	Subtipo		
Caídas	Caída de roca (detritos o suelo)		
Volcamiento	Volcamiento de roca (bloque)		
	Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso		
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional		
	Deslizamiento en cuña		
	Deslizamiento rotacional		
	Deslizamiento compuesto		
Flujo	Flujos secos		
	Flujo de detritos		
	Crecida de detritos		
	Flujo de lodo		
	Flujo de tierra		
	Flujo de turba		
	Avalancha de detritos		
	Avalancha de rocas		
	Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación (de arena, limo,		
	detritos, roca fracturada)		
Reptación	Reptación de suelos		
	Solifluxión, gelifluxión (en permafrost)		
Deformaciones gravitacionales			
profundas			

Fuente: Movimientos en Masa. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA en el año 2007.

Página 123 de 224















Tabla 6-33 Escala de velocidades según (Cruden & Varnes, 1996). (Tomado de (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007))

Clases de velocidad	Descripción	Velocidad (mm/s)	Velocidad típica
7	Extremadamente rápido	$5 \times 10^3$	5 m/s
6	Muy rápido	$5 \times 10^{1}$	3 m/min
5	Rápido	5 × 10 <sup>-1</sup>	1,8 m/h
4	Moderada	5 × 10 <sup>-3</sup>	13 m/mes
3	Lenta	5 × 10 <sup>-5</sup>	1,6 m/año
2	Muy lenta	5 × 10 <sup>-7</sup>	16 mm/año
1	Extremadamente lenta		

Fuente: Movimientos en Masa. Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA: GCA en el año 2007.

Con base en lo anterior se tienen las siguientes definiciones tomadas de (Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, 2007), aceptadas por el Servicio Geológico Colombiano e ilustradas algunas de ellas en la Figura 6-50

Material		Roca	Detritos	Suelo
Tipo Movimie	de ento			
Caída (Fall)		A STATE OF THE STA	Scree Debris cone	Scar Scar Debris cone
Volcamiento (Toppling)			Debris cone	Cracks Detris core
Deslizamiento (Slide)	Rotacional	Deslizamiento Rotacional Simple (slump)	Deslizamiento Rotacional Múltiple	Deslizamiento Rotacional Sucesivo













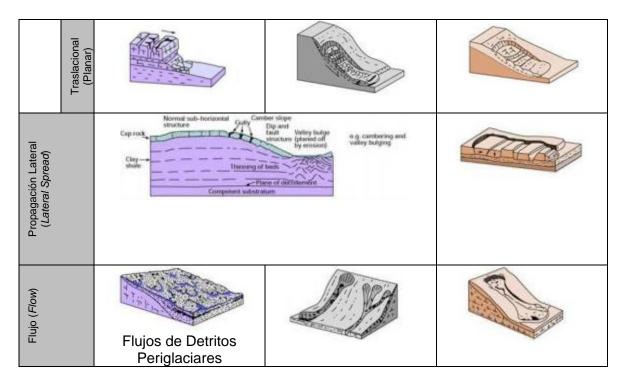


Figura 6-50 Movimientos en Masa (Tomada del Servicio Geológico Británico basada en (Varnes, 1978)

Fuente: Tomada del Servicio Geológico Británico basada en (Varnes, 1978).

A continuación, se presenta una descripción de tallada de cada uno de los movimientos en masa mostrados en la Figura 6-50

# Caída (Fall)

La caída es un tipo de movimiento en masa en el cual uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera, sin que a lo largo de esta superficie ocurra desplazamiento cortante apreciable. Una vez desprendido, el material cae desplazándose principalmente por el aire pudiendo efectuar golpes, rebotes y rodamiento (Varnes, 1978). Dependiendo del material desprendido se habla de una caída de roca, o una caída de suelo. El movimiento es muy rápido a extremadamente rápido (Cruden & Varnes, 1996), es decir con velocidades mayores a 5 x 10<sup>1</sup> mm/s. El estudio de casos históricos ha mostrado que las velocidades alcanzadas por las caídas de rocas pueden exceder los 100 m/s.

### Volcamiento (Toppling)

Se denomina así a un tipo de movimiento en masa en el cual hay una rotación generalmente hacia adelante de uno o varios bloques de roca o suelo, alrededor de un punto o pivote de giro en su parte inferior. Este movimiento ocurre por acción de la gravedad, por empujes de las unidades adyacentes o por la presión de fluidos en grietas (Varnes, 1978). El

Página 125 de 224















volcamiento puede ser en bloque, flexional (o flexural) y flexional del macizo rocoso como se describe a continuación.

### Volcamiento de roca (bloque)

(Goodman & Bray, 1976) diferencian el vuelco de bloques del vuelco flexural. El primero involucra roca relativamente competente, donde el fallamiento ocurre por perdida de estabilidad y rotación de uno o varios bloques a partir de un punto en su base, semejante al vuelco de libros en un estante. El volcamiento de bloques es controlado por una orientación específica de discontinuidades y generalmente está asociado a velocidades altas.

#### Volcamiento flexural de roca o del macizo rocoso

El vuelco flexural, en cambio, involucra roca más frágil y densamente diaclasada; el fallamiento ocurre por el doblamiento de columnas de rocas delgadas. Los movimientos en este caso pueden ser lentos y graduales.

El vuelco flexural del macizo rocoso es un movimiento de una ladera a gran escala el cual involucra deformación flexural gradual de estratos densamente diaclasados, con buzamientos altos. Los vuelcos flexurales del macizo rocoso son con frecuencia dúctiles, el movimiento es evidente y se auto estabiliza, sin embargo, pueden conducir al desarrollo de un movimiento rotacional al formarse un plano de ruptura a lo largo de la superficie de bisagra del vuelco. Este último tipo es denominado por (Corominas, 1989) cabeceo.

# Deslizamiento (Slide)

Es un movimiento ladero abajo de una masa de suelo o roca cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla, o de una delgada zona en donde ocurre una gran deformación cortante.

En el sistema de (Varnes, 1978), se clasifican los deslizamientos, según la forma de la superficie de falla por la cual se desplaza el material, en traslacionales y rotacionales. Los deslizamientos traslacionales a su vez pueden ser planares o en cuña. Sin embargo, las superficies de rotura de movimientos en masa son generalmente más complejas que las de los dos tipos anteriores, pues pueden consistir de varios segmentos planares y curvos, caso en el cual se hablara de deslizamientos compuestos (Hutchinson, 1988).

#### Deslizamiento traslacional (Translational slide)

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla plana u ondulada. En general, estos movimientos suelen ser más superficiales que los rotacionales y el desplazamiento ocurre con frecuencia a lo largo de discontinuidades como fallas, diaclasas, planos de estratificación o planos de contacto entre la roca y el suelo residual o transportado que yace sobre ella (Cruden & Varnes, 1996). En un macizo rocoso, este mecanismo de falla ocurre cuando una discontinuidad geológica tiene una dirección

Página 126 de 224















aproximadamente paralela a la de la cara del talud y buza hacia esta con un ángulo mayor que el ángulo de fricción (Hoek & Bray, 1981).

En los casos en que la traslación se realiza a través de un solo plano se denomina deslizamiento planar (Hoek & Bray, 1981).

### Deslizamiento en cuña (Wedge slide)

Es un tipo de movimiento en el cual el cuerpo del deslizamiento está delimitado por dos planos de discontinuidad que se intersectan entre si e intersectan la cara de la ladera o talud, por lo que el cuerpo se desplaza bien siguiendo la dirección de la línea de intersección de ambos planos, o el buzamiento de uno de ellos.

La velocidad de los movimientos traslacionales puede variar desde rápida a extremadamente rápida.

## Deslizamiento rotacional (Rotational slide, Slump)

Es un tipo de deslizamiento en el cual la masa se mueve a lo largo de una superficie de falla curva y cóncava. Los movimientos en masa rotacionales muestran una morfología distintiva caracterizada por un escarpe principal pronunciado y una contrapendiente de la superficie de la cabeza del deslizamiento hacia el escarpe principal. La deformación interna de la masa desplazada es usualmente muy poca. Debido a que el mecanismo rotacional es auto-estabilizante, y este ocurre en rocas poco competentes, la tasa de movimiento es con frecuencia baja, excepto en presencia de materiales altamente frágiles como las arcillas sensitivas. Los deslizamientos rotacionales pueden ocurrir lenta a rápidamente, con velocidades menores a 1 m/s.

#### Deslizamiento compuesto

Como se mencionó, algunos deslizamientos tienen superficies de falla que no son ni rotacionales ni planares. Este tipo de deslizamiento es denominado por Hutchinson (1988) deslizamiento compuesto. La superficie de ruptura se desarrolla a lo largo de planos de plegamiento, o por la intersección de varias discontinuidades planares o por la combinación de superficies de ruptura y de planos de debilidad de la roca. El movimiento a lo largo de superficies de deslizamiento compuestas no es cinemáticamente posible sin que ocurra cizalla interna significativa en el cuerpo del deslizamiento (Hutchinson, 1988).

Los deslizamientos compuestos usualmente presentan un control estructural resultando en superficies de ruptura irregulares de complejidad variable. El tipo más común de deslizamiento compuesto incluye movimiento rotacional a lo largo de un escarpe principal seguido de un desplazamiento a lo largo de una superficie de debilidad casi horizontal, usualmente paralela a la estratificación en rocas sedimentarias.

Página 127 de 224















Usualmente los deslizamientos compuestos se caracterizan por pequeños escarpes y la formación de estructuras de "graben" o fosa, lo cual los diferencia morfológicamente de los deslizamientos rotacionales.

En consecuencia, las propiedades mecánicas del cuerpo del deslizamiento juegan un papel importante en los deslizamientos compuestos, en contraste con los deslizamientos rotacionales o traslacionales, que no requieren deformación interna y en los cuales la resistencia al deslizamiento radica en las propiedades de la superficie de ruptura.

Se pueden dar muchas otras formas de movimientos en masa compuestos. Los deslizamientos que se presentan en laderas de alta pendiente en rocas competentes son usualmente compuestos, debido a que la superficie de ruptura debe desarrollarse siguiendo una serie de discontinuidades de orientaciones muy variadas. Dado que requieren desarrollar deformación interna para que ocurra el deslizamiento, se desintegran con rapidez tan pronto como se inicia el movimiento. (Hungr, Rawlings, & Evans, 2004) proponen el término "colapso de roca" para este tipo de deslizamiento, evitándose la necesidad de especificar el mecanismo de ruptura. (Este corresponde al termino francés "ecroulement de roche", o al aleman "Bergsturz"). Estos deslizamientos de roca ocurren a lo largo de una superficie irregular compuesta por numerosas discontinuidades orientadas al azar y separadas por segmentos de roca intacta ("puentes de roca"). Ocurren súbitamente y con velocidades altas, por lo cual están entre los deslizamientos más amenazantes y difíciles de analizar y predecir. Este tipo de movimiento usualmente se transforma en caída de roca, si son de magnitud pequeña, o en avalanchas de roca cuando son de gran magnitud.

### Propagación Lateral (Lateral Spread)

La propagación o expansión lateral es un tipo de movimiento en masa cuyo desplazamiento ocurre predominantemente por deformación interna (expansión) del material. La mayoría de los deslizamientos y los flujos involucran algún grado de expansión. Las propagaciones laterales pueden considerarse como la etapa final en una serie de movimientos donde la deformación interna predomina decididamente sobre otros mecanismos de desplazamiento como los que imperan en el deslizamiento o el flujo. (Varnes, 1978) distingue dos tipos de propagación, uno en que el movimiento afecta a todo el material sin distinguirse la zona basal de cizalla, típico de masas rocosas, y otro que ocurre en suelos cohesivos que sobreyacen a materiales que han sufrido licuefacción o a materiales en flujo plástico.

Las propagaciones laterales pueden desarrollarse y evidenciar deformación plástica de materiales frágiles bajo el peso de una unidad competente. Algunos autores señalan que hay una relación continua entre deslizamientos y expansiones laterales, dependiendo de la importancia de la deformación interna. De esta forma, muchos casos de propagación lateral podrían incluirse dentro de la categoría de deslizamientos compuestos, como lo propone (Hutchinson, 1988)

Página 128 de 224













# Propagación lateral lenta

Las propagaciones laterales lentas son como las que ocurren en estratos rocosos gruesos que sobreyacen a materiales blandos, donde el estrato competente superior puede fracturarse y separarse en bloques o losas; el material blando inferior fluye hacia las grietas entre los bloques y así el movimiento de estos es extremadamente lento.

### Flujo (Flow)

Es un tipo de movimiento en masa que durante su desplazamiento exhibe un comportamiento semejante al de un fluido; puede ser rápido o lento, saturado o seco. En muchos casos se originan a partir de otro tipo de movimiento, ya sea un deslizamiento o una caída (Varnes, 1978). (Hungr, Evans, Bovis, & Hutchinson, 2001), clasifican los flujos de acuerdo con el tipo y propiedades del material involucrado, la humedad, la velocidad, el confinamiento lateral y otras características que los hacen distinguibles; asimismo, aportan definiciones que enfatizan aspectos de uso práctico útiles para el estudio de amenazas.

Es importante hacer la distinción entre los diferentes tipos de flujos cuando se analiza la amenaza a que está sometida un área ya que, como se describe más adelante, el potencial destructivo es característico de cada tipo. Por ejemplo, es importante establecer la diferencia entre flujo de detritos y avalancha de detritos. En el caso del flujo de detritos (movimiento en masa canalizado) el estudio de amenaza se deberá concentrar en una trayectoria pre-establecida o canal y en el área de depositación o abanico, áreas potencialmente afectadas. En cambio, una avalancha de detritos puede desplazarse sobre áreas abiertas en laderas de alta pendiente. Por supuesto las avalanchas de detritos con frecuencia encuentran un canal pre-existente y se convierten en flujos de detritos.

Otra distinción importante de uso práctico para el estudio de amenazas es aquella entre flujos de detritos y crecidas de detritos (inundaciones o avenidas de detritos). Las crecidas (debris flood) presentan un potencial destructivo relativamente bajo con respecto a los flujos de detritos (debris flow) (Hungr, 2005).

La descripción de los siguientes tipos de flujo se basa principalmente en los autores ya mencionados, (Varnes, 1978), (Hungr et al., 2001) y (Hungr, 2005).

#### Fluios secos

El termino flujo trae naturalmente a la mente la idea de contenido de agua, y de hecho para la mayoría de los movimientos de este tipo se requiere cierto contenido de agua. Sin embargo, ocurren con alguna frecuencia pequeños flujos secos de material granular y se ha registrado un número considerable de flujos grandes y catastróficos en materiales secos (Varnes, 1978).

Página 129 de 224















El flujo seco de arena es un proceso fundamental en la migración de dunas de arena. Los flujos secos de talud son importantes en la formación de conos de talud (Evans & Hungr, 1993). Los de limo a veces son desencadenados por el fallamiento de escarpes empinados o barrancos de material limoso (Hungr et al., 2001).

Flujo de detritos (Debris flows) – Avenida Torrencial

Es un flujo muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados, no plásticos (Índice de plasticidad menor al 5%), que transcurre principalmente confinado a lo largo de un canal o cauce con pendiente pronunciada. Se inician como uno o varios deslizamientos superficiales de detritos en las cabeceras o por inestabilidad de segmentos del cauce en canales de pendientes fuertes. Los flujos de detritos incorporan gran cantidad de material saturado en su trayectoria al descender en el canal y finalmente los depositan en abanicos de detritos. Sus depósitos tienen rasgos característicos como albardones o diques longitudinales, canales en forma de u, trenes de bloques rocosos y grandes bloques individuales. Los flujos de detritos desarrollan pulsos usualmente con acumulación de bloques en el frente de onda. Como resultado del desarrollo de pulsos, los caudales pico de los flujos de detritos pueden exceder en varios niveles de magnitud a los caudales pico de inundaciones grandes. Esta característica hace que los flujos de detritos tengan un alto potencial destructivo.

La mayoría de los flujos de detritos alcanzan velocidades en el rango de movimiento extremadamente rápido descrito en la

, y por naturaleza son capaces de producir la muerte de personas (Hungr, 2005). Las velocidades de los flujos se determinan generalmente en el campo por observación de las superelevaciones del flujo en las curvas del canal las cuales se reflejan en marcas de lodos o de vegetación afectada (Costa, 1984 en (Hungr, 2005)). Asimismo, dichas velocidades se pueden determinar con base en la diferencia en elevación de diques o albardones longitudinales formados al desbordarse el flujo en las márgenes de curvas del canal.

Hay un tipo de flujo de detritos de gran magnitud que ocurre en los volcanes, ya sea durante las erupciones o en el periodo entre estas; por lo general movilizan depósitos de material volcánico no consolidado. Estos son denominados usualmente como lahares.

Muchos de los desastres más devastadores en el mundo, en términos de pérdidas económicas, han sido atribuidos a flujos de detritos. Entre otros, se pueden mencionar los casos de Vargas en Venezuela (1999), Taiwan (1996) y el lahar detonado por el derretimiento de nieve del Volcán Nevado del Ruiz, Colombia (1985). Además, una fracción significativa de muertes durante desastres regionales, causados por tormentas o terremotos, se debe a la ocurrencia de flujos y avalanchas de detritos en zonas de topografía abrupta (Jakob, 2005)

Crecida de detritos (Debris floods)

Página 130 de 224

















Flujo muy rápido de una crecida de agua que transporta una gran carga de detritos a lo largo de un canal, usualmente también llamados flujos hiperconcentrados (Hungr et al., 2001). Es difícil distinguir entre un flujo de detritos y una crecida de detritos con base en la concentración de sedimentos, por lo que deben diferenciarse según el caudal pico observado o potencial. Las crecidas de detritos se caracterizan por caudales pico 2 o 3 veces mayores que el de una crecida de agua o inundación. De esta manera, la capacidad de daño de una crecida de detritos es similar a la de una inundación y los objetos impactados quedan enterrados o rodeados por los detritos, con frecuencia sin sufrir daño. Sin embargo, pueden ocurrir eventos excepcionales por descargas de agua inusualmente altas, tales como las producidas por el rompimiento de presas naturales o artificiales (outbursts), la liberación súbita de agua de lagos glaciales (GLOFs) o subglaciales (jokulhlaups) (Hungr, 2005)

Los depósitos de crecidas de detritos están compuestos comúnmente por mezclas de arena gruesa y grava pobremente estratificada. Se diferencian de los depósitos de flujos de detritos en que las gravas que los forman presentan una textura uniformemente gradada sin matriz en todo el deposito, e imbricación de clastos y bloques (Pierson, 2005).

# Flujo de lodo (Mud flow)

Flujo canalizado muy rápido a extremadamente rápido de detritos saturados plásticos, cuyo contenido de agua es significativamente mayor al del material fuente (Índice de Plasticidad mayor al 5%). El carácter de este tipo de movimiento es similar al del flujo de detritos, pero la fracción arcillosa modifica la reología del material. También se distingue de los deslizamientos por flujo de arcilla, en que el flujo de lodo incorpora agua superficial durante el movimiento, mientras que el deslizamiento por flujo ocurre por licuación in situ, sin un incremento significativo del contenido de agua (Hungr et al., 2001).

### > Flujo de tierra (Earth flow)

Es un movimiento intermitente, rápido o lento, de suelo arcilloso plástico (Hungr et al., 2001). Los flujos de tierra desarrollan velocidades moderadas, con frecuencia de centímetros por año, sin embargo, pueden alcanzar valores hasta de metros por minuto (Hutchinson, 1988). El volumen de los flujos de tierra puede llegar hasta cientos de millones de metros cúbicos. Las velocidades medidas en flujos de tierra generalmente están en el intervalo de 10-5 a 10-8 mm/s, y por tanto son generalmente lentos o extremadamente lentos.

### > Flujo de turba (peat flow)

Es un movimiento lento a muy rápido que se forma del flujo de turba (material orgánico producto de la descomposición de raíces que se encuentra en el subsuelo) saturada que involucra una alta presión de poros.

Avalancha de detritos (debris avalanches)

Página 131 de 224



















Flujo no canalizado de detritos saturados o parcialmente saturados, poco profundos, muy rápidos a extremadamente rápidos. Estos movimientos comienzan como un deslizamiento superficial de una masa de detritos que al desplazarse sufre una considerable distorsión interna y toma la condición de flujo. Relacionado con la ausencia de canalización de estos movimientos, está el hecho de que presentan un menor grado de saturación que los flujos de detritos, y que no tienen un ordenamiento de la granulometría del material en sentido longitudinal, ni tampoco un frente de material grueso en la zona distal (Hungr et al., 2001).

Las avalanchas, a diferencia de los deslizamientos, presentan un desarrollo más rápido de la rotura. Según el contenido de agua o por efecto de la pendiente, la totalidad de la masa puede licuarse, al menos en parte, fluir y depositarse mucho más allá del pie de la ladera (Varnes, 1978). Las avalanchas de detritos son morfológicamente similares a las avalanchas de rocas.

## Avalancha de rocas (rock avalanches)

Las avalanchas de rocas son flujos de gran longitud extremadamente rápidos, de roca fracturada, que resultan de deslizamientos de roca de magnitud considerable (Hungr et al., 2001). Pueden ser extremadamente móviles y su movilidad parece que crece con el volumen. Sus depósitos están usualmente cubiertos por bloques grandes, aun cuando se puede encontrar bajo la superficie del depósito material fino derivado parcialmente de roca fragmentada e incorporada en la trayectoria. Algunos depósitos de avalanchas pueden alcanzar volúmenes del orden de kilómetros cúbicos y pueden desplazarse a grandes distancias; con frecuencia son confundidos con depósitos morrénicos.

Las avalanchas de rocas pueden ser muy peligrosas, pero afortunadamente no son muy frecuentes incluso en zonas de alta montaña. Algunas avalanchas de roca represan ríos y pueden crear una amenaza secundaria asociada al rompimiento o colmatación de la presa. Las velocidades pico alcanzadas por las avalanchas de rocas son del orden de 100 m/s, y las velocidades medias pueden estar en el rango de 30–40 m/s.

# Deslizamiento por flujo (deslizamiento por licuación) (Flow slide)

El termino flow slide fue introducido por (Casagrande, 1936), para designar deslizamientos que en fases posteriores a su iniciación se comportan como un flujo, como resultado de licuación (Varnes, 1978). (Hungr et al., 2001) lo definen como flujo muy rápido o extremadamente rápido de una masa de suelo con estructura granular ordenada o desordenada. Ocurre en taludes de pendiente moderada e involucra un exceso de presión de poros o licuación del material en la zona donde se origina el movimiento en masa. De acuerdo con el tipo de material, puede denominarse más específicamente como: deslizamiento por flujo de arena, deslizamiento por flujo de limo, deslizamiento por flujo de detritos o deslizamiento por flujo de roca débil (Hungr et al., 2001). Debe enfatizarse que este término implica la licuación del material que hace parte del movimiento en masa, aunque en general la licuación ocurre solo después de un desplazamiento importante.

Página 132 de 224















Los deslizamientos por flujo ocurren en cierto tipo de materiales como arenas o limos saturados no compactados o arcillas "extra-sensitivas" (quick clays). (Varnes, 1978) denomina a este tipo de movimiento en masa como "flujos de tierra rápidos", sin embargo este nombre puede ser confundido con los "flujos de tierra" lentos como se definió antes. La definición de Varnes de velocidad rápida corresponde a un rango muy lento de velocidad para este tipo de movimientos ( -35).

El término "deslizamiento por flujo" no tiene ninguna connotación morfológica o cinemática, es simplemente un término propuesto por los primeros investigadores del proceso de licuación, como (Casagrande, 1936). Este es un término muy importante desde el punto de vista práctico, ya que los deslizamientos por flujo, por sus características de ocurrencia súbita, altas velocidades y grandes distancias de viaje, representan uno de los fenómenos más peligrosos. Por fortuna, su ocurrencia está limitada a ciertos materiales geológicos que son susceptibles de licuación durante su fallamiento.

También son características de este tipo de materiales la tendencia a reducir su volumen, y la perdida de la resistencia durante la falla.

El movimiento de algunos deslizamientos por flujo está dominado por deformación interna del material y aquellos podrían denominarse mejor propagación lateral extremadamente rápida.

# Reptación (creep)

La reptación se refiere a aquellos movimientos lentos del terreno en donde no se distingue una superficie de falla. La reptación puede ser de tipo estacional, cuando se asocia a cambios climáticos o de humedad del terreno, y verdadera cuando hay un desplazamiento relativamente continúo en el tiempo.

### Solifluxión y Gelifluxión

Dentro de este movimiento se incluyen la solifluxión y la gelifluxión, este último término reservado para ambientes periglaciales. Ambos procesos son causados por cambios de volumen de carácter estacional en capas superficiales del orden de 1 a 2 metros de profundidad, combinados con el movimiento lento del material ladera abajo.

La reptación de suelos y la solifluxión son importantes en la contribución a la formación de delgadas capas de suelo coluvial a lo largo de laderas de alta pendiente. Estas capas pueden ser subsecuentemente la fuente de deslizamientos de detritos superficiales y de avalanchas de detritos.

#### Deformaciones gravitacionales profundas

Página 133 de 224

















Hay una variedad de procesos que podrían describirse como deformaciones de laderas (slope deformations) (Hutchinson, 1988) o deformaciones gravitacionales profundas. Estos tipos presentan rasgos de deformación, pero sin el desarrollo de una superficie de ruptura definida y usualmente con muy baja magnitud de velocidad y desplazamiento.

Algunas deformaciones de laderas deben ser consideradas como precursoras de deslizamientos en gran escala. Las mediciones de velocidades de este tipo de movimiento están en el rango de 10-8 a 10-9 mm/s, extremadamente lentas. Otras deformaciones de ladera mencionadas en la literatura son: combadura (cambering) y pandeo de valles (bulging) (Hutchinson, 1988), roturas confinadas (confined failures) ((Varnes, 1978); (Hutchinson, 1988)), expansión de crestas (gravitational spreading of steep-sided ridgesa) (Selby, 1993), flujos de roca, asimilables a reptación profunda de macizos rocosos (deep se ted creep) (Nemcok et al., 1972 en (Corominas & García, 1997), expansión gravitacional (gravitational spreading), sackung y deformaciones gravitacionales profundas (deep seated gravitational deformation) (Crosta, 1996). Estas últimas son equiparables según (Corominas & García, 1997)) a los hundimientos gravitacionales (deep seated gravitational slides) o hundimientos de laderas (sagging of mountain slopes) (Hutchinson, 1988).

# 6.3.5.2 Área de Estudio y Metodología

Para la identificación, descripción y caracterización de los movimientos en masa recientes, se dividió el área de estudio en tres zonas, a saber (Figura 6-51): La primera zona denominada como sur (está conformada por la localidad de Sumapaz), la segunda denominada centro (conformada por la parte rural de las localidades de Usme y Ciudad Bolívar) y finalmente, la tercera denominada norte (incluye el área rural de las localidades de San Cristóbal, Santa Fe, Usaquén).

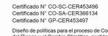
#### 6.3.5.3 Procesos Morfodinámicos

Dentro del área rural del Distrito Capital, se realizó la identificación de los procesos morfodinámicos o movimientos en masa recientes, información base para la generación del mapa de amenazas. De acuerdo con la identificación realizada en el área rural del Distrito Capital se identificaron en total 341 procesos significativos distribuidos a largo y ancho del área de estudio (Figura 6-52). En la salida cartográfica de este producto se presenta en detalle cada uno de los procesos morfodinámicos identificados en el área rural del Distrito Capital.











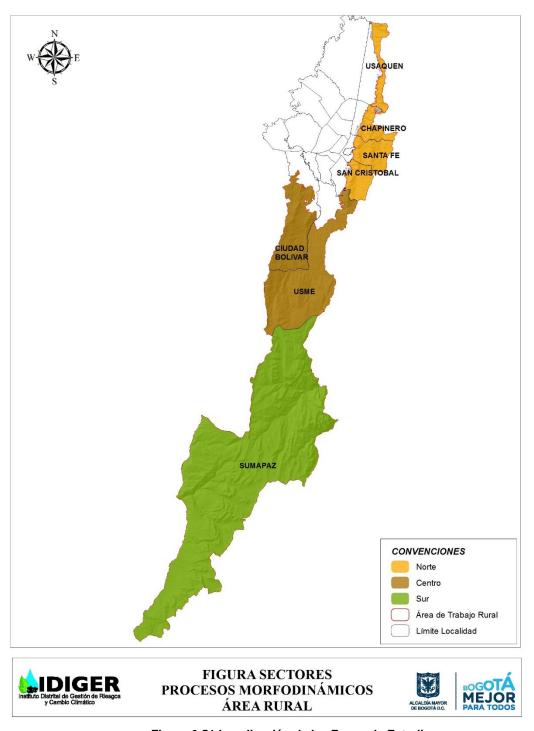


Figura 6-51 Localización de las Zonas de Estudio

Página 135 de 224













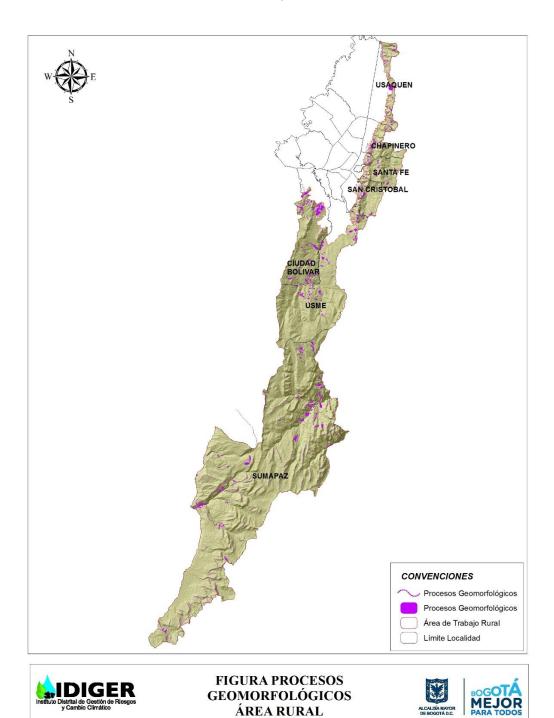


Figura 6-52 Localización de los Procesos Morfodinámicos Identificados en el Área Rural del Distrito Capital

Página 136 de 224

















De estos 341 procesos antes mencionados (Tabla 6-34 y Figura 6-53), el 35,78% equivalen a procesos de reptación (Dr), el 25,81% corresponde a flujos de tierras (Dft), el 10,56% están asociados a procesos de erosión de grado ligero a moderado (Derl). Se presentan adicionalmente otros tipos de movimientos en masa tales como: caída y volcamiento, deslizamientos activos e inactivos, rotacionales activos y procesos de erosión en surcos y cárcavas, entre otros, no sobrepasan el 5% del área cada uno.

Tabla 6-34 Identificación de los Tipos de Procesos Morfodinámicos en el Área Rural del Distrito Capital

TIPO DE MOVIMIENTO EN MASA	NOMENCLATURA	SUBTOTAL	%
Caída y volcamiento	Dcva	16	4,69
Deslizamiento activo	Ddma	13	3,81
Deslizamiento inactivo	Ddmi	19	5,57
Deslizamiento Rotacional Activo	Ddra	7	2,05
Deslizamiento Rotacional	Ddr	11	3,23
Erosion en Carcavas de Grado Moderado a Severo	Dec	8	2,35
Erosion en Surcos de Grado Moderado a Severo	Des	15	4,40
Erosión laminar de grado ligero a moderado	Derl	36	10,56
Flujo de tierras	Dft	88	25,81
Flujo de detritos	Dfd	5	1,47
Reptación	Dr	122	35,78
Socavación lateral	Dsc	1	0,29
TOTAL	341	100,00	

Fuente: Proyecto POT



Figura 6-53 Representación Gráfica de los Tipos de Procesos Morfodinámicos Identificados en el Área **Rural del Distrito Capital** 

Fuente: Proyecto POT

Página 137 de 224















Dentro del área de estudio se encontró que los principales procesos morfodinámicos corresponden a:

Procesos de erosión (desde laminar hasta cárcavas), procesos superficiales tipo reptación y flujos de tierras, y demás movimientos en masa, tales como: caída y volcamiento de bloques, deslizamientos activos /inactivos, flujo de detritos y proceso de socavación lateral.

A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los diferentes movimientos en masa observados en cada una de las zonas en las que se ha dividido el área rural haciendo una descripción detallada de algunos de ellos.

#### 6.3.5.3.1 Zona Sur

En la zona sur se identificaron en total 105 procesos morfodinámicos significativos o de gran importancia (Tabla 6-35 y Figura 6-54), de los cuales el 35,24% (que equivalen a 37 procesos) corresponden a flujo de tierras (Dft), seguido por procesos de reptación que ocupan el 26,67%. Adicionalmente, se observan procesos de erosión de tipo surcos (Des) con el 9,52% (que equivalen a 10 procesos). Los demás procesos identificados en el área no sobrepasan el 6% del área cada uno.

Tabla 6-35 Identificación de los Tipos de Procesos Morfodinámicos en la Zona Sur del Área Rural del **Distrito Capital** 

TIPO DE MOVIMIENTO EN MASA	NOMENCLATURA	CANTIDAD	AREA (Ha)	(%) No. De PROCESOS
Caida y Volcamiento	Dcva	7	7,18	6,67
Deslizamiento Inactivo	Ddmi	4	23,28	3,81
Deslizamiento Rotacional Activo	Ddra	3	4,61	2,86
Deslizamiento Rotacional	Ddr	8	10,07	7,62
Erosion en Carcavas de Grado Moderado a Severo	Dec	2	13,75	1,90
Erosion en Surcos de Grado Moderado a Severo	Des	10	31,96	9,52
Flujo de tlerra	Dft	37	204,15	35,24
Flujo de detritos	Dfd	5	107,23	4,76
Reptación	Dr	28	146,75	26,67
Socavacion Lateral	Dsc	1	2,46	0,95
TOTAL		105	551,44	100

Fuente: Proyecto POT











Página 138 de 224





Figura 6-54 Representación Gráfica de los Tipos De Procesos Morfodinámicos Identificados en la Zona Sur del Suelo Rural Del Distrito Capital

#### Procesos Erosivos

A partir de los datos anteriormente mostrados se puede analizar que los procesos erosivos en esta área de gran extensión son de carácter puntual y poco significativo con un predominio de la erosión en surcos de grado moderado a severo y en menor proporción la erosión en cárcavas (Figura 6-55), debido a que los suelos presentan una adecuada protección arbórea de tipo arbustivo y pastos.

Tal como se pudo evidenciar en el control de campo, los procesos erosivos son de baja intensidad y de carácter puntual y solo se presentan procesos erosivos asociados con la explotación de material de cantera.









ertificado N° CO-SC-CER453496 ertificado N° CO-SA-CER366134 ertificado N° GP-CER453497





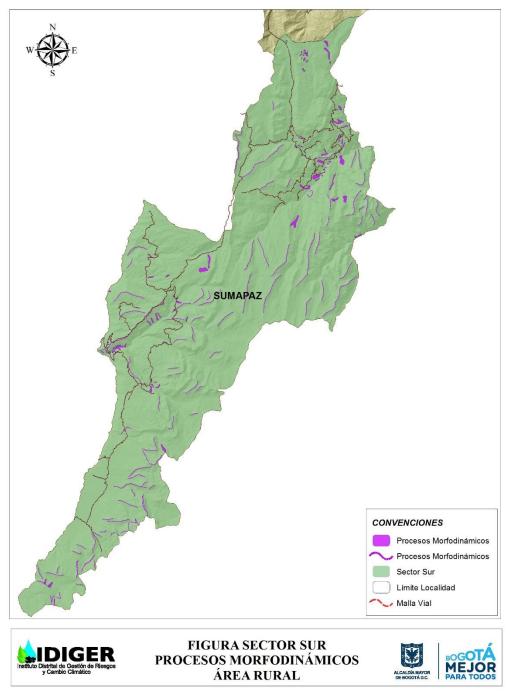


Figura 6-55 Identificación Regional de los Procesos Erosivos en la Zona Sur Del Área Rural Del Distrito Capital

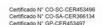
Página 140 de 224















#### Movimientos en Masa

A continuación, se presenta un registro de algunos movimientos en masa típicos y representativos de la inestabilidad que se presentan en la zona sur (Sumapaz).

#### Sitio 1

Corresponde a una ladera de fuerte pendiente afectada por procesos denominados flujos de tierra (Ddra), caracterizada por presentar una forma elongada y por estar asociada a una zona saturada y morfológicamente deprimida producto de la intercalación de rocas duras y blandas, localizada en la parte sur de la localidad de Sumapaz.

En la Figura 6-56, se presenta una panorámica hacia el sur del corregimiento de la Unión de los movimientos en masa (tipo flujos de tierras y deslizamientos rotacionales). En la Figura 6-57 y Figura 6-58, se presenta en detalle del movimiento en masa tipo deslizamiento rotacional activo caracterizado por presentare una forma alargada estrecha hacia la corona y amplia hacia la base. Coordenadas planas E: 72879,12 y N: 28853,7.

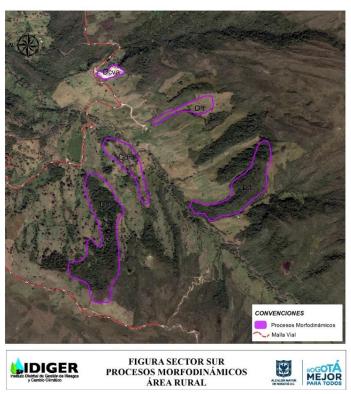


Figura 6-56 Identificación de un Movimiento en Masa Tipo Flujo de Tierras (Dft) en la Zona Sur Del Área **Rural Del Distrito Capital** 

Fuente: Proyecto POT

Página 141 de 224















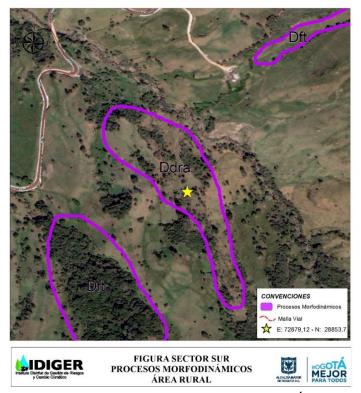


Figura 6-57 Detalle del Movimiento En Masa (Ddra) en la Zona Sur Del Área Rural Del Distrito Capital



Figura 6-58 Ladera afectada por flujo de tierra (Ddra), presenta una forma elongada asociada a una zona morfológicamente deprimida y saturada. Coordenadas Magna Sirgas: E: 72879,12 y N: 28857,7.

Fuente: Proyecto POT

Página 142 de 224



















### Sitio 2

Corresponde a la zona de influencia del río San Juan donde afloran rocas de la Formación Fusagasugá (constituidas por una secuencia de lodolitas y limolitas, intercaladas con arenitas líticas), afectadas por el tectonismo, procesos erosivos y de glaciación; adicionalmente, en estas unidades de rocas se presentan movimientos en masa que cubren parte de las laderas aledañas a la vertiente y a los valles intramontanos y áreas morfológicamente deprimidas.

En la Figura 6-59 y en la Figura 6-60 se presenta una panorámica y un detalle del sector donde se localiza el Corregimiento La Unión, el cual se caracteriza por presentar un nicho de movimientos en masa principalmente tipo reptación (Dr) y de caída, flujo de tierras (Dft), deslizamientos y volcamiento de material (Dcva), activos, que afectan las laderas a la infraestructura existente (vías de acceso).

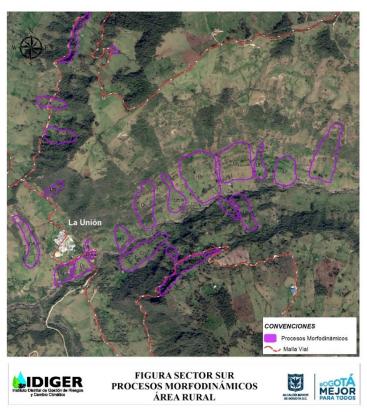


Figura 6-59 Identificación del Movimiento en Masa Tipo Caída y Volcamiento (Dcva) en la Zona Sur del Área Rural del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT.

Página 143 de 224













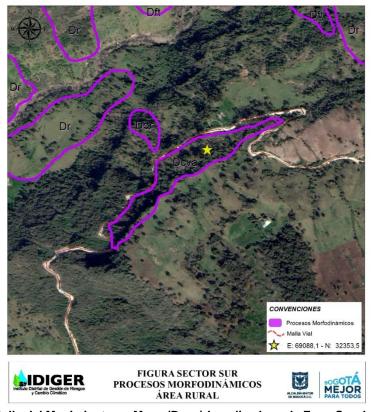


Figura 6-60 Detalle del Movimiento en Masa (Dcvo) Localizado en la Zona Sur del Área Rural del Distrito Capital

En la Figura 6-61 se presenta en detalle del movimiento en masa (tipo caída y volcamiento - Dcva) generado por la erosión diferencial generado por la diferencia de litología entre rocas duras y blandas, proceso que genera la pérdida de soporte de base y la caída de bloques y cantos del macizo intensamente fracturado sobre la vía al sector. Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá, E: 69088,1 y N: 32353,5.







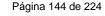






Figura 6-61 Detalle del Movimiento en Masa (Tipo Caída y Volcamiento - Dcva)



Figura 6-62 Movimiento en Masa (Tipo Caída y Volcamiento - Dcva) Generado Por Erosión Diferencial.

Fuente: Proyecto POT

# Sitio 3

Adicionalmente, se presentan en cercanías al Corregimiento de La Unión, procesos superficiales tipo reptación (Dr), de magnitud variable y de poco espesor, los cuales involucran principalmente suelos residuales y en menor proporción depósitos coluviales (Figura 6-63).

Página 145 de 224















En la Figura 6-64 y Figura 6-65 se presenta un detalle del movimiento de reptación (Dr) y flujo de tierras (Dft). Obsérvese la rugosidad del terreno

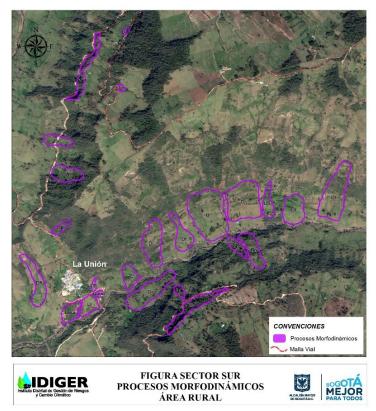


Figura 6-63 Movimiento En Masa Tipo Flujo De Tierras (Dft) y Reptación (Dr) en Cercanías a la Cabecera de La Unión en la Zona Sur Del Área Rural Del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT







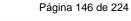






Figura 6-64 Parte baja del centro urbano de la Unión, donde se observa una ladera en contrapendiente estructural afectada a nivel generalizado por movimientos en masa tipo reptación (Dr) y flujos de tierra (Dft)



Figura 6-65 Detalle del movimiento de reptación (Dr). Obsérvese la rugosidad del terreno y hacia la parte alta la evolución de este movimiento en masa a un deslizamiento rotacional.

# Sitio 4

El sector donde se localiza el Corregimiento La Unión, se caracteriza por presentar en su área aferente y todas las direcciones un nicho de movimientos en masa principalmente tipo reptación (Dr) y de flujos de tierras (Dft) (Figura 6-66).

Página 147 de 224















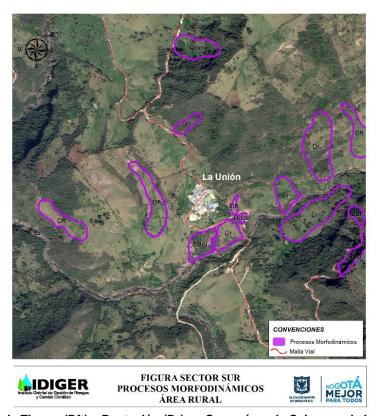


Figura 6-66 Flujo de Tierras (Dft) y Reptación (Dr) en Cercanías a la Cabecera de La Unión en la Zona Central del Área Rural del Distrito Capital

En el costado occidental del Corregimiento La Unión, se presentan flujos de tierras (Dft), al costado sur, un deslizamiento rotacional y reptación (Ddra y dr), a los costados norte y oriental flujos de tierra (Dft). En la Figura 6-67, Figura 6-68 y Figura 6-69, se presenta la identificación de los movimientos en masa.















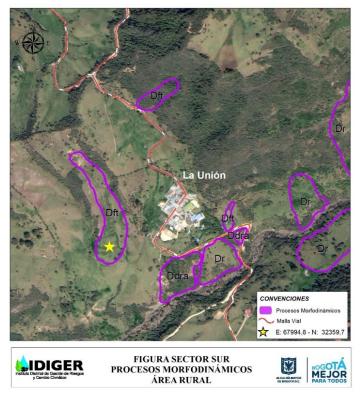


Figura 6-67 Flujo de Tierras (Dft) y Reptación (Dr) en Cercanías a la Cabecera de la Unión



Figura 6-68 Cercanías del Centro Urbano de La Unión. Se Presenta Inestabilidad de la Ladera Debido a Un Proceso de Reptación (Dr) y Flujo De Tierras (Dft).

Página 149 de 224













### Sitio 5

Panorámica en cercanías del centro urbano de la Unión donde se presenta la inestabilidad de la ladera debido a un movimiento en masa tipo flujo de tierras (Dft). Las coordenadas de localización del movimiento en masa tipo reptación son E= 67994,8 y N= 32359,7.



Figura 6-69 Localización del Movimiento en Masa Tipo Reptación

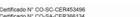
# Sitio 6

Antes de llegar al Corregimiento de la Unión se observa a lo largo de la vía de acceso movimientos en masa tipo reptación (Dr) que generalmente involucran el corredor vial antes mencionado, generando grietas u ondulaciones a nivel de pavimento, descarga de agua subsuperficial y en otros casos se observa la infraestructura construida que ha perdido la verticalidad (cercas y postes de luz, entre otros). En la Figura 6-70 se muestra la localización del movimiento en masa y en la Figura 6-71 y Figura 6-72 se muestran las evidencias del movimiento en masa.













Página 150 de 224



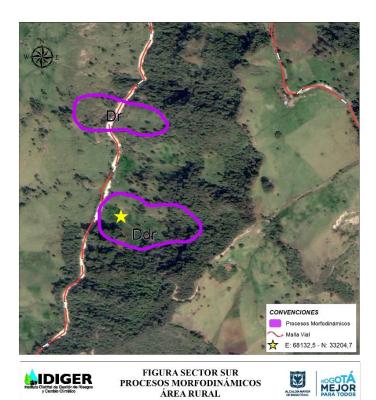


Figura 6-70 Flujo de Tierras (Dft) y Reptación (Dr) en Cercanías a La Cabecera De La Unión



Figura 6-71 Localización del Movimiento en Masa Tipo Reptación. Coordenadas E= 68132,5 y N= 33204,7.

Página 151 de 224

















Figura 6-72 Reptación (Dr) que ha Afectado Las Cercas y La Infraestructura Instalada a lo Largo de este Tramo de Carretera.

# Sitio 7

En la Figura 6-73 y en la Figura 6-74 se presenta la identificación y el detalle de la caída y volcamiento de bloques y material de detritos (Dcva) producto de la erosión diferencial producto de la intercalación de rocas duras y blandas, proceso que genera la pérdida de soporte de base y la caída de bloques y detritos, subangulares del macizo fracturado. Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá, E: 68314,1 y N: 33927,9.











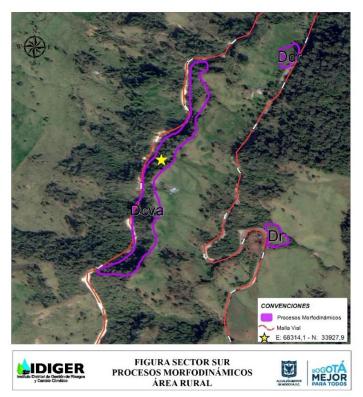


Figura 6-73 Movimiento en Masa Tipo Caída de Bloques (Dcva) y Reptación (Dr)



Figura 6-74 Detalle Interestratificación de Rocas Duras y Blandas con Procesos de Erosión Diferencial que Generan Caída de Bloques.

Página 153 de 224













# Sitio 8

Se observa en la vía San Juan - Corregimiento de Chorreras el movimiento en masa tipo caída y volcamiento (DCva), que afecta los taludes conformados por rocas de la Formación Fusagasugá (Figura 6-75 y Figura 6-76) Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá, E: 75462,7 y N: 38121,1.

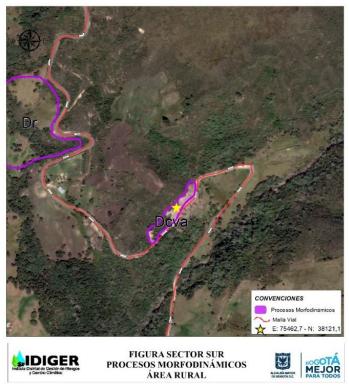


Figura 6-75 Movimiento en Masa Tipo Caída de Bloques (Dcva) y Reptación (Dr) en la Vía San Juan - Corregimiento de Chorreras

Fuente: Proyecto POT







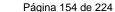






Figura 6-76 Detalle Interestratificación de Rocas Duras y Blandas con Procesos de Erosión Diferencial que Generan Caída de Bloques Sobre la Vía que Conduce al Caserío de Chorreras

# Sitio 9

Sobre la misma vía que conduce al caserío Chorreras se presenta un movimiento en masa tipo reptación (Dr) e internamente a este sobre el área morfológicamente más deprimida con respecto a la topografía circundante se presenta un movimiento en masa tipo flujo de tierra, saturado y elongado. Coordenadas Magna Sirgas Origen Bogotá, E: 75151,4 y N: 38349,3.









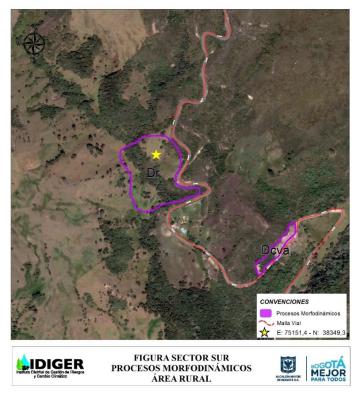


Figura 6-77 Movimiento en Masa Tipo Reptación (Dr) en la Vía que Conduce al Caserío Chorreras



Figura 6-78 Detalle del Movimiento en Masa Tipo Reptación (Dr) en la Vía que Conduce al Caserío Chorreras

Página 156 de 224



















### 6.3.5.3.2 Zona Centro

En la zona centro comprendida por las localidades de Ciudad Bolívar y Usme se identificaron en total 167 procesos morfodinámicos significativos o de gran importancia (Tabla 6-36 y Figura 6-79), de los cuales el 44,31% (que equivalen a 74 procesos) corresponden a procesos de reptación (Dr), seguido de procesos de erosión de tipo laminar (Derl) con el 21,56% (correspondiente a 36 procesos) y finalmente, se presentan el flujo de tierras (Dft) con el 17,96%. Además, se presentan movimientos en masa tipo caída y volcamiento de material, deslizamientos activos e inactivos en menor grado.

Tabla 6-36 Identificación de los Tipos de Procesos Morfodinámicos en la Zona Centro del Área Rural del Distrito Capital

TIPO DE MOVIMIENTO EN MASA	NOMENCLATURA	CANTIDAD	AREA (M2)	(%) No. De PROCESOS
Caida y Volcamiento	Dcva	5	6,33	2,99
Deslizamiento activo	D	9	18,87	5,39
Deslizamiento inactivo	Ddmi	1	0,38	0,60
Deslizamiento Rotacional Activo	Ddra	3	1,32	1,80
Deslizamiento Translacional	Ddr	3	5,77	1,80
Erosion en Carcavas de Grado Moderado a Severo	Dec	5	8,56	2,99
Erosion en Surcos de Grado Moderado a Severo	Des	1	0,57	0,60
Erosión laminar de grado ligero a moderado	Derl	36	190,53	21,56
Flujo de tlerra	Dft	30	59,88	17,96
Reptación	Dr	74	271,67	44,31
TOTAL		167	563,88	100

Fuente: Proyecto POT











Certificado N° GP-CER453497







Figura 6-79 Representación Gráfica de los Tipos De Procesos Morfodinámicos Identificados en la Zona Centro del Suelo Rural Del Distrito Capital

#### Procesos Erosivos

A partir de los datos anteriormente mostrados se puede analizar que los procesos erosivos en esta área de gran extensión ocupan la cuarta parte de los procesos identificados (<25%) con un predominio de la erosión laminar de grado moderado a ligero (Figura 6-80).











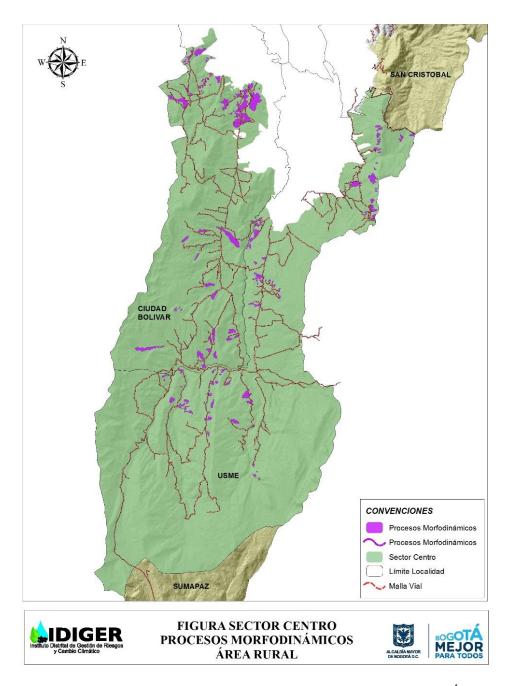


Figura 6-80 Identificación Regional de los Procesos Erosivos en la Zona Centro del Área Rural Del Distrito Capital

Página 159 de 224















## Sitio 10

Se identificaron algunos sitios puntuales y desprotegidos de vegetación que presentan procesos de erosión en surcos y cárcavas de grado severo, dentro de los que se destacan, el primero en el sector occidental de Ciudad Bolívar (en límites con el área rural de Soacha). La Figura 6-81 y en la Figura 6-82 se presenta en detalle la localización en planta y en detalle. Coordenadas E=90011,5 y E=95019,3.

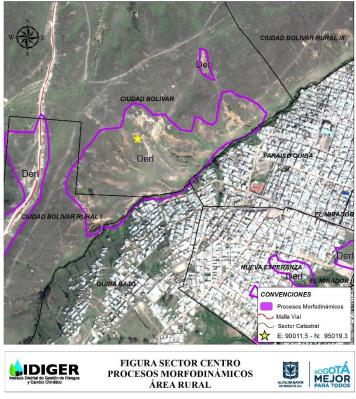


Figura 6-81 Proceso de Erosión en Surcos y Cárcavas (Derl) en el Sector Occidental de Ciudad Bolívar en la Zona Central del Área Rural del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT







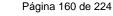








Figura 6-82 Detalle del Proceso de Erosión en Surcos y Cárcavas de Grado Severo en el Sector Occidental de Ciudad Bolívar. Coordenadas E=90011,5 Y E=95019,3.

## Movimientos en Masa

A continuación, se presenta un registro de algunos movimientos en masa típicos y representativos de la inestabilidad que se presentan en la zona centro (Ciudad Bolívar y Usme)

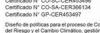
## **Sitio 11**

Detalle en planta del proceso de reptación (Dr) que afecta la banca de la vía produciendo deformación de la misma, se caracteriza por ser elongado y ocupar la parte más deprimida con respecto a la morfología circundante. Hacia la cabecera del movimiento está afectando la banca de la vía de acceso al sector (Figura 6-84). Coordenadas E=91760,7 y E=84467,5.











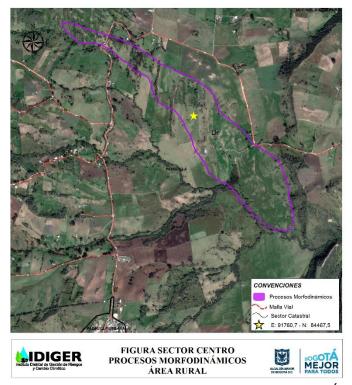


Figura 6-83 Movimiento en Masa Tipo Reptación (Dr) en la Zona Central del Área Rural Del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT



Figura 6-84 Detalle del proceso de reptación (Dr) que afecta la banca de la vía produciendo deformación de la misma. Coordenadas E=91760,7 y E=84467,5.

Página 162 de 224

















# Sitio 12

Movimiento en masa tipo reptación (Dr), el cual se manifiesta por la pérdida de verticalidad de los árboles y de la infraestructura allí localizada. La Figura 6-85 y en la Figura 6-86 se presenta en detalle la localización en planta y en detalle. Coordenadas E=91898,1 y E=79107,4.

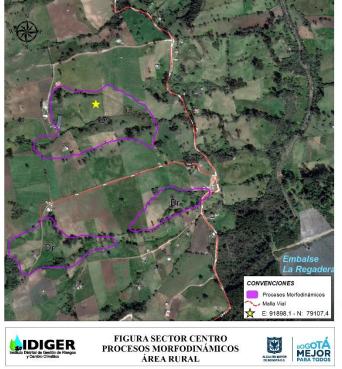


Figura 6-85 Identificación del Movimiento en Masa Tipo Reptación en La Zona Central del Área Rural del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT







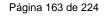






Figura 6-86 Detalle del Movimiento En Masa Tipo Reptación (Dr), el Cual se Manifiesta por la Pérdida de Verticalidad de los Árboles y de la Infraestructura Allí Localizada. Coordenadas E=91898,1 Y E=79107,4.

## 6.3.5.3.3 Zona Norte

Conformada por el área rural de las localidades de San Cristóbal, Santa Fe, Chapinero y Usaquén y como cuencas tiene las del río Fucha, Resaca y Salitre. De acuerdo con la etapa de fotointerpretación y el reconocimiento de campo, e la zona norte se presentan movimientos en masa de baja magnitud, de carácter puntual y aislados.

En total se identificaron 69 procesos morfodinámicos significativos (Tabla 6-37 y Figura 6-87), de los cuales el 30,43% equivalen a flujos de tierra, el 28,99% a procesos superficiales /tipo reptación) y el 20,29% a deslizamientos inactivos y de caída y volcamiento de material, además se presentan movimientos en masa poco significativos (menores al 6%). Adicionalmente, de identificaron procesos erosivos (que equivalen a 5 procesos) de tipo surco y cárcavas (Des y Dec).











Tabla 6-37 Identificación de los Tipos de Procesos Morfodinámicos en la Zona Norte del Área Rural del Distrito Capital

TIPO DE MOVIMIENTO EN MASA	NOMENCLATURA	CANTIDAD	AREA (M2)	AREA (%)
Caida y Volcamiento	Dcva	4	4,42	5,80
Deslizamiento activo	D	4	13,50	5,80
Deslizamiento Inactivo	Ddmi	14	34,34	20,29
Deslizamiento Rotacional Activo	Ddra	1	17,07	1,45
Erosion en Carcavas de Grado Moderado a Severo	Dec	1	22,23	1,45
Erosion en Surcos de Grado Moderado a Severo	Des	4	6,37	5,80
Flujo de tlerra	Dft	21	55,00	30,43
Reptación	Dr	20	73,15	28,99
TOTAL	69	226,08	100	

Fuente: Proyecto POT

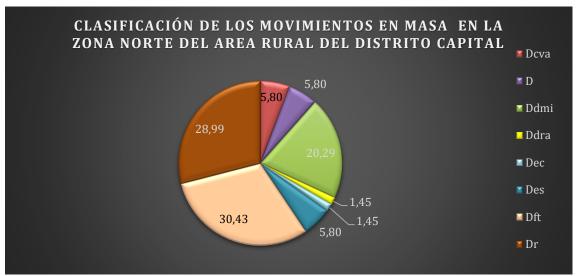


Figura 6-87 Representación Gráfica de los Tipos De Procesos Morfodinámicos Identificados en la Zona Norte del Suelo Rural Del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT

## Procesos Erosivos

En la Figura 6-88 se muestra un área de la Localidad de Chapinero y en cercanías a los barrios San Isidro y San Luis Alto del Cabo, en donde se presentan procesos de erosión de tipo laminar y en surcos de grado ligero a severo, asociado en primer lugar a la alta pendiente y materiales aflorantes en el área y en segundo lugar a la intervención antrópica que se presenta en el sector (Tabla 6-37). Estos procesos erosivos representan el 62,84% del área afectada por procesos morfo dinámicos.

Página 165 de 224















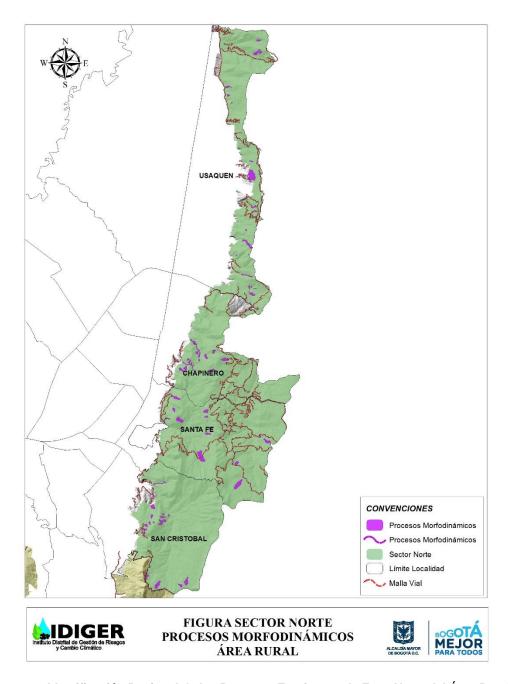


Figura 6-88 Identificación Regional de los Procesos Erosivos en la Zona Norte del Área Rural Del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT

Página 166 de 224















#### Movimientos en Masa

A continuación, se presenta un registro de algunos movimientos en masa típicos y representativos de la inestabilidad que se presentan en la zona norte del área rural.

## Sitio 13

Por la vía que conduce desde Bogotá a Choachí (vía circunvalar) Coordenadas E= 103939,9 y N= 98878 se presenta un deslizamiento rotacional activo de longitud considerable, el cual involucra depósitos coluviales de bajo espesor, suelo residual y rocas arcillosas de la Formación Guaduas (K2E1g). El cual se manifiesta en superficie por la deformación de la banca y la carpeta asfáltica de la vía antes mencionada (Figura 6-89 y Figura 6-90).

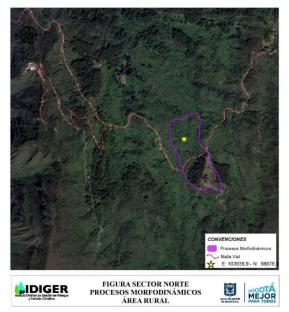


Figura 6-89 Representación Gráfica de los Tipos de Procesos Morfodinámicos Identificados en la Zona Norte del Área Rural del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT













Figura 6-90 Detalle del movimiento en masa tipo deslizamiento rotacional activo,

Fuente: Proyecto POT

## Sitio 14

En la Localidad de Chapinero y Usaquén es común encontrar canteras abandonadas que cuentan hacia la pata de los taludes expuestos el desarrollo de viviendas de baja consolidación que están expuestas a la caída esporádica de bloques y material suelto (Dcva). En la Figura 6-91 y en la Figura 6-92 se presenta gráficamente el movimiento en masa antes descrito.













Figura 6-91 Caída y Volcamiento (Dcva) en la Parte Rural de La Localidad De Chapinero

Fuente: Proyecto POT



Figura 6-92 Antiguo Escarpe de una Cantera Abandonada, Susceptible a Presentar Caída y Volcamiento de Bloques. Coordenadas E= 103409,0 Y N= 105933,9.

Fuente: Proyecto POT

Página 169 de 224













# Sitio 15

En el sector de la vía que conduce a la Calera y específicamente en el sector de San Luis es habitual encontrar el desarrollo de canteras activas o abandonadas (Figura 6-93 y Figura 6-94).



Figura 6-93 Caída y Volcamiento (Dcva) en la Localidad de Usaquén del Área Rural del Distrito Capital

Fuente: Proyecto POT



Figura 6-94 Cantera abandonada en el Sector San Luis en la Vía La Calera

Fuente: Proyecto POT

Página 170 de 224















## 6.4 INFORMACIÓN TEMÁTICA COBERTURA VEGETAL Y USO DEL SUELO

El insumo de cobertura vegetal para la zona rural a escala 1:25.000 tiene dos fuentes de información disponibles: El estudio de amenaza por movimientos en masa FOPAE - UNAL y el estudio de incendios forestales UNIVERSIDAD DISTRITAL – IDIGER. Se resalta que existen otros mapas de cobertura vegetal en escala regional, es decir escalas 1:50.000 o menor, las cuales no serían compatibles con los requerimientos; o también hay otros mapas de mayor detalle pero no cubren la mayor parte de la zona de estudio.

Para determinar cuál es el insumo de mejores características para incorporar a la metodología, se realizó la comparación de los mapas como se muestra en la Tabla 6-38

Tabla 6-38 Comparación Características Mapas Existentes Cobertura Vegetal.

	Мара 1	Мара 2		
Estudio	Estudio de amenaza por remoción en masa de la zona rural de Bogotá D.C. – Escala 1:25000 FOPAE - UNAL.	Elaboración del mapa de amenazas por incendios forestales en el suelo rural del Distrito Capital.		
Fuente Original	Cobertura del área rural del Distrito Capital, escala 1:25.000, realizado por Conservación Internacional para la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).	Cobertura vegetal Jardín Botánico de Bogotá – 2006. 1:25.000		
Año	2010	2006		
Metodología interpretación de Coberturas	CORINE Land Cover nivel 4	Landcover classification system FAO 1998 (nivel 4).		
Insumos para elaboración del mapa	Imágenes Satelitales ALOS 2009, Resolución 10m. Ortofotos 2009 y 2010.	Imágenes Satelitales 2005		
Metodología generación del mapa	Validación de la cobertura de fuente original con las ortofotos 2009 y 2010, tanto en distribución como en interpretación.	Validación de la cobertura de fuente original con la imagen de satélite y la información e puntos de verificación.		
Verificación en campo	No se tomaron puntos de verificación.	94 puntos de verificación.		

Vale la pena resaltar que en el estudio de la Universidad Distrital realizaron una comparación similar para las dos fuentes de información y escogieron como representativo el mapa del Jardín Botánico de Bogotá para analizar incendios forestales.

Para movimientos en masa y teniendo en cuenta las características de los mapas, se realizó una verificación espacial de las dos coberturas al contrastarlas con la imagen de satélite y las ortofotos actuales, donde se encontró la necesidad de ajustar la ubicación de todas las coberturas por diferencias de georeferenciación de las mismas versus la base cartográfica. Una vez ajustada la localización, se procedió a comparar visualmente cual fuente de información tenía mayor coincidencia en forma de polígonos, encontrando un mayor ajuste en el mapa de la Universidad Distrital para la zona de cerros y mejor ajuste en el mapa de la Universidad Nacional en la zona de Sumapaz; con dicha contrastación se decidió generar

Página 171 de 224















un mapa combinado con las fortalezas de cada uno, verificando que no existiera conflicto en la zona de transición (localidad Usme).

Como proceso final, se complementaron los espacios faltantes de cobertura vegetal por similitud de coberturas con polígonos adyacentes según lo mostraba la imagen de satélite, a fin de cubrir toda el área de estudio, y se unificó la nomenclatura de unidades usando la metodología Corine Land Cover 2010. En la Tabla 6-39 se presenta la clasificación de las coberturas del mapa escogido y en la Figura 6-95 se muestra la distribución de coberturas.

Tabla 6-39 Clasificación coberturas vegetales Mapa usado para zonificación rural

Acuática Cuerpo de Agua Cuerpo de Agua Lagunas, lagos y ciénagas naturales  Terrestre Terrestre Acoidad Artificiales y Áreas Asociada Acuatica Cuerpo de Agua Acuatica Cuerpo de Agua Acuatica Cuerpo de Agua Acuatica Cuerpo de Agua Artificiales Cuerpos de Agua Artificiale		СОВ	ERTURAS VEGETALES	ORIGINALES	COBERTURAS	ORIGEN
Terrestre  Acuatica  Terrestre  Acuatica  Acua	1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 3 CLC	MAPA
Terrestre Page Page Page Page Page Page Page Pag		Acuática	Cuerpo de Agua	Cuerpo de Agua		U. Distrital
Territorios artificializa dos  Terrenos asociados Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Na				Agregado	Tejido Urbano Continuo	U. Distrital
Territorios artificializa dos  Terrenos asociados Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Na	egeta	Terrestre			Tejido Urbano Discontinuo	U. Distrital
Territorios artificializa dos  Terrenos asociados Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Na	>					
Territorios artificializa dos	1 8				Cultivos confinados	U. Distrital
Territorios artificializa dos  Terrenos asociados Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Na	rtura		Aguas continentales	Artificiales	Cuerpos de Agua Artificiales	
Territorios artificializa dos  Terrenos asociados Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Continuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Discontinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Nacional Tejido Urbano Continuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo U. Distrital Tejido Urbano Cottinuo U. Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Nacional Tejido Urbano Cottinuo Un Na	pe	ue agua			Ríos	U. Nacional
Rosques y arbanizadas   Tejido Urbano Discontinuo   Tejido Urbano Discontinuo   U. Nacional	ပိ	Territorios		Terrenos asociados		
Acuática    Acuática   Natural y Seminatural   Vegetación de Turbera   Turberas   U. Distrital		artificializa			Tejido Urbano Continuo	U. Nacional
Bosques y áreas abiertas, sin o poca vegetación Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva Bosques  Terrestre  Areas abiertas, sin o poca vegetación Areas con vegetación herbácea y/o arbustiva  Bosques  Mosaico Bosque Secundario y Pastos  Infraestructura  Desmudo  Herbazales  U. Nacional  U. Nacional  U. Nacional  U. Nacional  U. Nacional  Joseph Pastos Impios  Cultivo Transitorio  Miscelánea de Cultivos y Pastos U. Distrital  Pastizales  Pastos Impios  Cultivos transitorios  U. Distrital  Pastizales  Pastos Impios  U. Distrital  Miscelánea de Cultivos y Pastos U. Distrital  Miscelánea de Matorral-Pastizal  Miscelánea de Pfp y  Vegetación Nativa  Plantación Forestal de Eucalipto  Plantación Forestal de Pino  Plantación forestal  U. Distrital  U. Distrital  Plantación forestal  U. Distrital		dos	Zonas urbanizadas		Tejido Urbano Discontinuo	U. Nacional
Bosques y áreas con vegetación Arbustales en afloramiento rocoso Bosque Secundario y Pastos Bosque fragmentado U. Nacional Infraestructura Zonas industriales o comerciales U. Distrital Pastizales Pastos limpios U. Distrital Miscelánea de Cultivos y Pastizal Miscelánea de Matorral-Pastizal Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa Plantación Forestal de Pino Plantación forestal U. Distrital Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital Plantación Forestal de Plantación forestal U. Distrital Plantación forestal Plantación fores		Acuática	Natural y Seminatural		Turberas	U. Distrital
Arbustales en afloramiento rocoso Bosques  Mosaico Bosque Secundario y Pastos  Infraestructura  Pastizales  Cultivadas manejadas  Terrestre  Cultivadas manejadas  Arbustales en afloramiento rocoso  Infraestructura  Bosque fragmentado  U. Nacional  Zonas industriales o comerciales  Pastos limpios  Cultivo Transitorio  Miscelánea de Cultivos y Pastos U. Distrital  Miscelánea de Cultivos y Pastizales  Miscelánea de Matorral-Pastizal  Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa  Plantación Forestal de Eucalipto  Plantación Forestal de Pino  Plantación forestal  U. Nacional  U. Nacional  U. Nacional  U. Nacional  U. Nacional  Herbazales  U. Distrital  U. Distrital  Plantación forestal  U. Distrital  Plantación forestal  U. Distrital		Paggues V			Herbazales	U. Nacional
Bosques    Bosque   Bosque   Bosque   Bosque   Bosque   Fragmentado   U. Nacional		áreas seminatura	reas eminatura herbácea y/o arbustiva		Herbazales	U. Nacional
Terrestre  Cultivadas manejadas  Miscelánea de Cultivos y Pastizales  Mosaico de pastos y cultivos  Mosaico de pastos con espacios naturales  U. Distrital  U. Distrital  Plantación Forestal de Eucalipto  Plantación forestal  Plantación forestal  U. Distrital  Plantación forestal  U. Distrital		ies	Bosques			U. Nacional
Terrestre manejadas Pastizal espacios naturales U. Distrital  Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa Plantación Forestal de Eucalipto Plantación Forestal de Pino Plantación forestal U. Distrital U. Distrital	getal			Infraestructura	comerciales	U. Distrital
Terrestre manejadas Pastizal espacios naturales U. Distrital  Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa Plantación Forestal de Eucalipto Plantación Forestal de Pino Plantación forestal U. Distrital U. Distrital	\ \ \					
Terrestre manejadas Pastizal espacios naturales U. Distrital  Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa Plantación Forestal de Eucalipto Plantación Forestal de Pino Plantación forestal U. Distrital U. Distrital	ā				Otros cultivos transitorios	U. Distrital
Terrestre manejadas Pastizal espacios naturales U. Distrital  Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa Plantación Forestal de Eucalipto Plantación Forestal de Pino Plantación forestal U. Distrital U. Distrital	bertu			Pastizales	•	U. Distrital
Vegetación Nativa  Plantación Forestal de Eucalipto  Plantación Forestal de Plantación forestal  U. Distrital  Plantación forestal  U. Distrital  Plantación forestal  U. Distrital	ပိ	Terrestre		Pastizal		U. Distrital
Eucalipto Plantación forestal U. Distrital Plantación Forestal de Pino Plantación forestal U. Distrital			,	Vegetación Nativa		U. Distrital
Pino Plantación forestal O. Distrital				Eucalipto	Plantación forestal	U. Distrital
Natural y Seminatural Páramo Azonal Arbustales U. Distrital					Plantación forestal	U. Distrital
			Natural y Seminatural	Páramo Azonal	Arbustales	U. Distrital

Página 172 de 224















Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

	COBI	ERTURAS VEGETALES	ORIGINALES	COBERTURAS	ORIGEN
1	NIVEL 2	NIVEL 3	NIVEL 4	NIVEL 3 CLC	MAPA
			Bosque Denso	Bosque Denso	U. Distrital
			Matorral Denso	Arbustales	U. Distrital
			Miscelánea de Pajonal- Matorral	Mosaico de pastos con espacios naturales	U. Distrital
			Pajonal-Frailejonal	Arbustales	U. Distrital
			Vegetación Riparia	Bosque de galería y/o ripario	U. Distrital
	,	Otra cobertura	Área Quemada	Zonas quemadas	U. Distrital
	Áreas húmedas	Áreas húmedas	Humedal de Páramo	Zonas pantanosas	U. Nacional
		Áreas abiertas, sin o poca vegetación	Sin Vegetación	Tierras desnudas y degradadas	U. Nacional
			Arbustales de Páramo	Herbazales	U. Nacional
			Arbustos y matorrales	Herbazales	U. Nacional
		Ámana ann vanata sión	Frailejones y Pajonales	Herbazales	U. Nacional
		Áreas con vegetación herbácea y/o	Matorral	Herbazales	U. Nacional
	_	sques y arbustiva eas minatura	Pajonales	Herbazales	U. Nacional
	Bosques y		Vegetación de Páramo	Arbustales	U. Nacional
	áreas seminatura		Vegetación de Subpáramo	Herbazales	U. Nacional
	les		Bosque Alto andino	Bosque Denso	U. Nacional
			Bosque de galería y/o ripario	Bosque de galería y/o ripario	U. Nacional
		Bosques	Bosque Secundario	Bosque Denso	U. Nacional
			Mosaico Bosque Secundario y Arbustales		U. Nacional
			Plantación Forestal	Plantación forestal	U. Nacional
		Bosques	Arbustales	Arbustales	U. Nacional
			Mosaico de Cultivos	Mosaico de Cultivos	U. Nacional
		Ávere estáculas	Mosaico de Pastos y Cultivos	Mosaico de pastos y cultivos	U. Nacional
	Territorios agrícolas		Mosaico de Pastos y Espacios Naturales	Mosaico de pastos con espacios naturales	U. Nacional
			Mosaico de Pastos y Matorrales	Pastos enmalezados	U. Nacional
		0 10	Cultivo de Cebada	Cereales	U. Nacional
		Cultivos anuales o transitorios	Cultivo de Papa	Tubérculos	U. Nacional
		แสกรแบบธ	Cultivos no diferenciados	Otros cultivos transitorios	U. Nacional
		Pastos	Pasto Arbolado	Pastos arbolados	U. Nacional













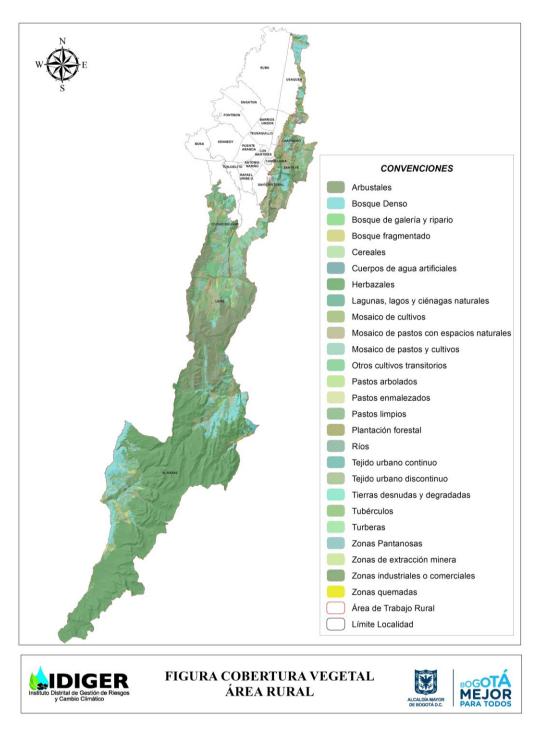


Figura 6-95 Cobertura vegetal zona rural

Página 174 de 224



















Una vez generado el insumo de la cobertura vegetal, se procede a generar un mapa de uso del suelo con enfoque único hacia determinar las zonas más intervenidas y su relación con movimientos en masa. Se aclara que este análisis es una herramienta de comparación y de aporte de información mas no constituye literalmente un mapa de Uso del Suelo para otros fines.

En primer lugar, se realiza una comparación del uso del suelo asociado a los dos mapas de cobertura vegetal (U. Nacional y U. Distrital) para verificar algún indicativo de cambios de uso del suelo importantes, que de no existir dicho indicativo se generaría un único mapa de uso del suelo sin planteamiento de escenarios complementarios.

La comparación se realiza tomando como base los usos del suelo de la Universidad Distrital y contrastándolo geográficamente con el uso del suelo asociado a las coberturas U. Nacional. En la Figura 6-96 se presenta la comparación de las dos capas y en la Tabla 6-40 se presentan las coberturas de la U. Distrital y U. Nacional con su respectivo Uso del suelo.

Al comparar los dos mapas de uso del suelo, se observan cambios importantes en la zona sur de Usme y Ciudad Bolívar donde aumentaron las coberturas vegetales asociadas a uso agropecuario, lo que incluye cultivos y ganadería generando un posible efecto negativo sobre la estabilidad de taludes; en el sector oriental se nota un aumento del uso forestal y agropecuario, generando un posible aumento de la susceptibilidad de la zona. Los porcentajes aproximados de cambio se analizan en el numeral de factores detonantes.

En términos generales, se reconoce que las coberturas vegetales con mayor intervención antrópica son aquellas que en el mapa de U. Nacional se registran con uso agropecuario (y que en el mapa de la U Distrital era de conservación), seguidas por industrial - comercial. Esta comparación permite inferir que tomando la versión más reciente y completa de las coberturas vegetales con su uso asociado, se puede espacializar la intervención antrópica en función del uso del suelo como se muestra en la Figura 6-97, que constituye el insumo para la zonificación de amenaza.











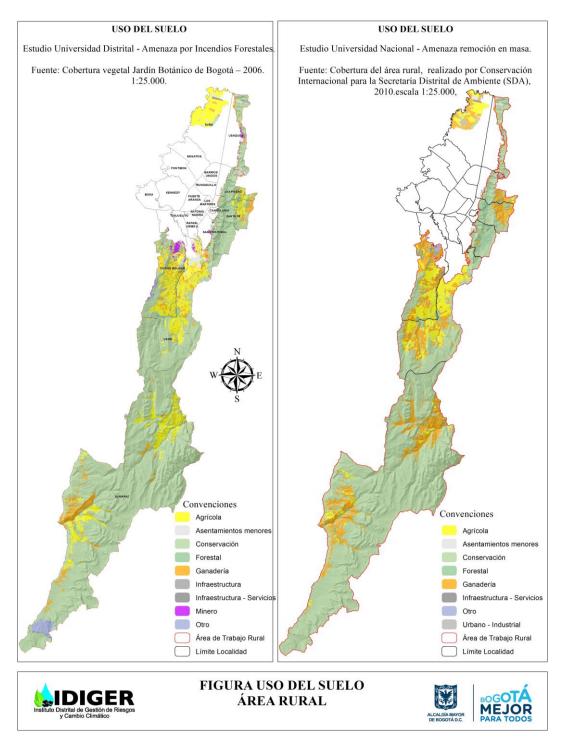


Figura 6-96 Uso del suelo asociado a coberturas vegetales - comparado por fuentes de información

Página 176 de 224















## Tabla 6-40 Uso del suelo asociado al mapa de coberturas U. Nacional.

	COBERTURAS UNIVERSIDAD DIS	
NIVEL_3	UNIDAD DE COBERTURA	USO ASOCIADO
Cuerpo de Agua	Cuerpo De Agua	Conservación
	Aeropuerto	Urbano
	Área de descarga de residuos	Urbano
	As entamiento Urbano Agregado	Urbano
Artificiales y áreas	Asentamiento Urbano Disperso	Urbano
asociadas	Cantera	Urbano - Industria
	Floricultivo	Agropecuario
	Infraestructura	Urbano
Natural y	Humedal	Conservación
Seminatural	Vegetación de Turbera	Conservación
	Cultivo Transitorio	Agropecuario
	Matorral Denso	Conservación
	Miscelánea de Cultivos y Pastizales	Agropecuario
	Miscelánea de Matorral-Pastizal	Agropecuario
Cultivadas o	Miscelánea de Pastizal y Cuerpos de agua	Agropecuario
manejadas	Miscelánea de Pfp y Vegetación Nativa	Forestal
	Pastizal Arbolado	Agropecuario
	Pastizales	Agropecuario
	Plantación Forestal de Eucalipto	Forestal
	Plantación Forestal de Pino	Forestal
	Bosque Denso	Conservación
	Chuscal	Conservación
	Matorral Denso	Conservación
	Matorral Subxerofítico	Conservación
Natural y	Miscelánea de Pajonal-Matorral	Conservación
seminatural	Miscelánea de Pastizal Subxerofítico	Agropecuario
	Pajonal Subxerofítico	Conservación
	Pajonal-Frailejonal	Conservación
	Páramo Azonal	Conservación
	Vegetación Riparia	Conservación
Otra cobertura	Área Quemada	Otro

Nivel 3         Nivel 4         Uso           1. Aguas Continentales         1. Cuerpos de agua artificiales         Conservación           2. Espejo de agua natural         Conservación           3. Ríos y quebradas         Conservación           1. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación         1. Aeropuertos         Urbano - Industrial orbano continuo           2. Zonas urbanizadas         1. Tejido urbano continuo         Urbano           1. Aéreas húmedas         1. Humedal         Conservación           2. Áreas abiertas, sin o poca vegetación         1. Humedal de páramo         Conservación           2. Áreas abiertas, sin o poca vegetación         1. Matorrales y suelo desnudo         Otro           2. Árbustales en afloramiento procoso         Conservación         Otro           2. Arbustales de páramo         Conservación           3. Áreas convegetación herbácea y/o arbustiva         4. Frailejones y pajonales         Conservación           4. Frailejones y pajonales         Conservación           5. Matorral         Conservación           6. Pajonales         Conservación           7. Vegetación de páramo         Conservación           8. Vegetación de subpáramo         Conservación           9. Bosque de galería y/o ripario         Conservación           4. Bo	СОВІ	ERTURAS UNIVERSIDAD NACIOI	NAL
1. Aguas	Nivel 3	Nivel 4	Uso
Continentales         2. Espejo de agua natural         Conservación           3. Ríos y quebradas         Conservación           1. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación         Urbano           2. Zonas urbanizadas         1. Tejido urbano continuo         Urbano           2. Áreas húmedas         1. Tejido urbano discontinuo         Urbano           2. Áreas abiertas, sin o poca vegetación         1. Humedal         Conservación           2. Áreas abiertas, sin o poca vegetación         2. Arbustales en afloramiento rocoso         Otro           2. Áreas con vegetación elegatorio por vegetación herbácea y/o arbustiva         2. Arbustales en afloramiento rocoso         Conservación           3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva         4. Frailejones y pajonales         Conservación           5. Matorral         Conservación         Conservación           6. Pajonales         Conservación         Conservación           7. Vegetación de páramo         Conservación           8. Vegetación de páramo         Conservación           9. Bosque altoandino         Conservación           1. Arbustales         Conservación           2. Bosque altoandino         Conservación           3. Bosque de galería y/o ripario         Conservación           4. Bosque secundario y arbustales         Conserva	1. Aguas	Cuerpos de agua artificiales	Conservación
1. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación 2. Zonas urbanizadas 2. Zonas urbanizadas 3. inundables y terrenos asociados 3. inundables y terrenos asociados 4. Tejido urbano continuo 2. Tejido urbano discontinuo 3. Áreas abiertas, sin o poca vegetación 4. Humedal de páramo Conservación 5. Matorrales y suelo desnudo Otro 6. Arbustales de páramo Conservación 7. Arbustales de páramo Conservación 8. Vegetación Dotro 8. Vegetación Conservación 7. Vegetación de páramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 9. Vegetación de subpáramo Conservación 9. Vegetación de subpáramo Conservación 1. Arbustales 1. Arbustales 2. Bosque altoandino Conservación 2. Bosque de galería y/o ripario Conservación 4. Bosque secundario Conservación 5. Mosaico de bosque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque y conservación 7. Mosaico de bosque y conservación 8. Plantación forestal Forestal 1. Áreas agrícolas heterogéneas 1. Arbustales 2. Bosque altoandino Agropecuario 3. Mosaico de pastos y yespacios naturales 4. Mosaico de pastos y yespacios 7. Mosaico de pastos yespaci	•	2. Espejo de agua natural	Conservación
1. Acroas industriales o comerciales y redes de comunicación 2. Zonas urbanizadas 2. Zonas industriales o comerciales y redes de comunicación 3. Inundables y terrenos asociados 2. Tejido urbano continuo 2. Tejido urbano continuo 2. Tejido urbano discontinuo 2. Tejido urbano discontinuo 3. Humedal 3. Humedal 3. Humedal 4. Pastos 4. Pas		3. Ríos y quebradas	Conservación
o comerciales y redes de comunicación  2. Zonas urbanizadas  1. Áreas húmedas  1. Áreas abiertas, sin o poca vegetación  2. Arbustales en afforamiento conservación  3. Áreas con vegetación  3. Áreas con vegetación  3. Áreas con vegetación  4. Frailejones y pajonales  5. Matorral  6. Pajonales  7. Vegetación de páramo  1. Arbustales  1. Arbustales  1. Arbustales  4. Bosques  4. Bosques  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Ároustales  3. Cultivos anualess transitorios  1. Arbustales  4. Pastos  4. Pastos  1. Arbustales  2. Zonas industriales o comerciales  3. Inundables y terrenos asociados  Urbano  Urbano  1. Verano  Urbano  Urbano  1. Humedal  Conservación  Otro  2. Arbustales en afforamiento conservación  Conservación  Conservación  2. Arbustales de páramo  Conservación  6. Pajonales  Conservación  7. Vegetación de páramo  Conservación  2. Bosque altbandino  3. Bosque de galería y/o ripario  Conservación  4. Bosque secundario  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  1. Mosaico de pastos y cultivos  Agropecuario  Agropecuario  3. Cultivos anuales o contración  Agropecuario	1 Zonas industriales	1. Aeropuertos	Urbano
comunicación  2.Zonas urbanizadas  1.Áreas húmedas  1.Áreas húmedas  1.Áreas abiertas, sin o poca vegetación  3. Áreas con vegetación  3. Áreas con vegetación in Arbustales de páramo in Conservación  3. Áreas con vegetación in Arbustales de páramo in Conservación  3. Áreas con vegetación in Arbustales de páramo in Conservación  3. Áreas con vegetación in Arbustales de páramo in Conservación  4. Frailejones y pajonales in Conservación  5. Matorral in Conservación  6. Pajonales in Conservación  7. Vegetación de páramo in Conservación  8. Vegetación de páramo in Conservación  7. Vegetación de subpáramo in Conservación  8. Vegetación de subpáramo in Conservación  1. Arbustales in Conservación  2. Bosque de galería y/o ripario in Conservación  3. Bosque de galería y/o ripario in Conservación  4. Bosque secundario in Conservación  5. Mosaico bosque secundario y Conservación  6. Mosaico de bosque secundario y Conservación  7. Mosaico de bosque y Conservación  8. Plantación forestal in Forestal  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Mosaico de cultivos in Agropecuario  2. Bosques in Arbustales in Conservación  2. Mosaico de pastos y sepacios anturales in Agropecuario  3. Mosaico de pastos y matorrales  2. Bosques in Arbustales in Conservación  4. Pastos in Agropecuario in Agropecuari	o comerciales y		Urbano - Industrial
2.Zonas urbanizadas         2. Tejido urbano discontinuo         Urbano           1.Áreas húmedas         1. Humedal         Conservación           2.Áreas abiertas, sin o poca vegetación         1. Matorrales y suelo desnudo Otro         Otro           2. Arbustales en afloramiento rocoso         Conservación           3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva         4. Frailejones y pajonales         Conservación           5. Matorral         Conservación         Conservación           6. Pajonales         Conservación         Conservación           7. Vegetación de páramo         Conservación         Conservación           8. Vegetación de páramo         Conservación         Conservación           9. Pajonales         Conservación         Conservación           1. Arbustales         Conservación         Conservación           2. Bosque altoandino         Conservación         Conservación           3. Bosque de galería y/o ripario         Conservación         Conservación           4. Bosque secundario y pastos         Conservación         Conservación           5. Mosaico de bosque secundario y pastos         Conservación         Conservación           7. Mosaico de posque y arbustales         R. Plantación forestal         Forestal           1. Areas agrícolas heterogéneas         Agropec		· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	Urbano
1.Áreas húmedas	2 Zonas urhanizadas	1. Tejido urbano continuo	Urbano
1. Humedal de páramo Conservación 2. Áreas abiertas, sin o poca vegetación  2. Sin vegetación Otro 2. Sin vegetación Otro 2. Arbustales en afloramiento conservación 3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva  4. Frailejones y pajonales Conservación 5. Matorral Conservación 6. Pajonales Conservación 7. Vegetación de páramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 9. Vegetación de subpáramo Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Bosque altoandino Conservación 3. Bosque de galería y/o ripario Conservación 4. Bosque secundario Conservación 5. Mosaico bosque secundario Conservación 6. Mosaico bosque secundario Conservación 7. Vegetación de subpáramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 9. Bosque de galería y/o ripario Conservación 9. Bosque secundario Conservación 9. Mosaico bosque secundario y pastos 9. Mosaico de bosque y arbustales 9. Plantación forestal Forestal 1. Mosaico de bosque y Conservación 9. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario 9. Mosaico de pastos y sepacios naturales 9. Mosaico de pastos y y espacios naturales 9. Mosaico de pastos y y espacios naturales 9. Mosaico de pastos y matorrales 1. Arbustales Conservación 1. Arbustales Conservación 1. Arbustales Conservación 1. Argropecuario 1. Argropecuario 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y matorrales 4. Mosaico de pastos y cultivos 5. Matorrales 6. Mosaico de pastos y cultivos 7. Mosaico de pastos y c	Z.Zonas urbanizadas	2. Tejido urbano discontinuo	Urbano
1. Humedal de páramo Conservación 2. Áreas abiertas, sin o poca vegetación 2. Sin vegetación Otro 2. Sin vegetación Otro 2. Arbustales en afloramiento conservación 1. Arbustales de páramo Conservación 3. Arbustos y matorrales Conservación 3. Arbustos y matorrales Conservación 4. Frailejones y pajonales Conservación 5. Matorral Conservación 6. Pajonales Conservación 7. Vegetación de páramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 1. Arbustales Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Bosque altoandino Conservación 3. Bosque de galería y/o ripario Conservación 4. Bosque secundario Conservación 5. Mosaico desque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque secundario y pastos 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal Forestal 1. Áreas agrícolas heterogéneas 4. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario 2. Mosaico de pastos y sepacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y sepacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario 2. Mosaico de pastos y matorrales Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Cultivos anuales o transitorios 3. Cultivo de cebada 2. Cultivo de papa 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario	1 Áreas húmedas	1. Humedal	Conservación
2. Sin vegetación Otro 2. Arbustales en afloramiento rocoso 1. Arbustales de páramo Conservación 3. Arbustos y matorrales Conservación 4. Frailejones y pajonales Conservación 5. Matorral Conservación 6. Pajonales Conservación 7. Vegetación de páramo Conservación 8. Vegetación de páramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 9. Arbustales Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Bosque altoandino Conservación 3. Bosque de galería y/o ripario Conservación 4. Bosque secundario Conservación 5. Mosaico bosque secundario Conservación 5. Mosaico bosque secundario Conservación 6. Mosaico de bosque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque y conservación 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal Forestal 1. Areas agrícolas heterogéneas 1. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario 2. Mosaico de pastos y vespacios naturales 4. Mosaico de pastos y y espacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales Conservación 1. Cultivo de cebada Agropecuario 2. Cultivos anuales o transitorios 1. Cultivos no diferenciados Agropecuario 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario 4. Pastos 4. Pastos	1.Aleas humeuas	1. Humedal de páramo	Conservación
2. Arbustales en afloramiento rocoso 1. Arbustales de páramo 2. Arbustales de páramo 3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva 4. Frailejones y pajonales 5. Matorral 6. Pajonales 7. Vegetación de páramo 8. Vegetación de páramo 1. Arbustales 2. Bosque altoandino 3. Bosque de galería y/o ripario 4. Bosques 6. Mosaico bosque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque y arbustales 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal 1. Areas agrícolas heterogéneas 1. Arbustales 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y sepacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales 2. Bosques 3. Cultivos anuales o transitorios 4. Pastos 4. Praile de páramo 4. Conservación 6. Pajonales 6. 6. Pajonales 6. Pajonales 6. Conservación 6. Pajonales 6. Pajonales 6. Pajonales 6. Conservación 6. Pajonales 6. Pajonales 6. Pajonales 6. Pajonales	2.Áreas abiertas, sin	1. Matorrales y suelo desnudo	Otro
7. Areas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  2. Bosques  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  2. Bosques  1. Arbustales  2. Bosques  1. Arbustales  3. Cultivos anuales o transitorios  1. Arbustales  2. Bosques  1. Arbustales  3. Cultivos anuales o transitorios  1. Arbustales  2. Bosque altoandino  3. Bosque de galería y/o ripario  4. Bosque secundario  5. Mosaico de bosque secundario y arbustales  6. Mosaico de bosque y arbustales  8. Plantación forestal  1. Mosaico de pastos y cultivos  3. Mosaico de pastos y cultivos  4. Mosaico de pastos y matorrales  4. Pastos  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Agropecuario	o poca vegetación	2. Sin vegetación	Otro
3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva  4. Frailejones y pajonales Conservación 5. Matorral Conservación 6. Pajonales Conservación 7. Vegetación de páramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 8. Vegetación de subpáramo Conservación 1. Arbustales Conservación 2. Bosque altoandino Conservación 3. Bosque de galería y/o ripario Conservación 4. Bosque secundario Conservación 5. Mosaico bosque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque y ecundario y pastos 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal Forestal 1. Áreas agrícolas heterogéneas 4. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario 2. Mosaico de pastos y y espacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales 5. Mosaico de pastos y cultivos 6. Mosaico de pastos y cultivos 7. Mosaico de pastos y cultivos 9. Mosaico de pastos y agropecuario 1. Arbustales Conservación 1. Cultivo de cebada Agropecuario 2. Cultivos anuales o transitorios 1. Pasto Agropecuario 9. Agropecuario 9. Agropecuario 9. Conservación 9. Mosaico de papa Agropecuario 9. Cultivos no diferenciados Agropecuario 9. Cultivos no diferenciados Agropecuario 9. Agropecuario			Conservación
3. Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva  4. Frailejones y pajonales  5. Matorral  6. Pajonales  7. Vegetación de páramo  8. Vegetación de subpáramo  1. Arbustales  2. Bosque altoandino  3. Bosque de galería y/o ripario  4. Bosque secundario  5. Mosaico de bosque secundario y arbustales  6. Mosaico de bosque y arbustales  8. Plantación forestal  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Arbustales  2. Bosque altoandino  3. Mosaico de pastos y cultivos  3. Mosaico de pastos y cultivos  4. Mosaico de pastos y espacios naturales  4. Mosaico de pastos y matorrales  1. Arbustales  3. Cultivos anuales o transitorios  4. Pastos  4. Frailejones y pajonales  Conservación  6. Pajonales  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Conservación  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  1. Arbustales  Conservación  Agropecuario  Agropecuario  1. Cultivo de cebada  Agropecuario  3. Cultivos no diferenciados  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  1. Pasto  Agropecuario  Agropecuario		1. Arbustales de páramo	Conservación
vegetación herbácea y/o arbustiva  4. Frailejones y pajonales  Conservación  5. Matorral  Conservación  7. Vegetación de páramo  Conservación  7. Vegetación de subpáramo  Conservación  8. Vegetación de subpáramo  Conservación  1. Arbustales  Conservación  2. Bosque altoandino  Conservación  3. Bosque de galería y/o ripario  Conservación  4. Bosque secundario  Conservación  5. Mosaico bosque secundario y arbustales  6. Mosaico de bosque y ecundario y pastos  7. Mosaico de bosque y arbustales  8. Plantación forestal  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Avosaico de pastos y cultivos  2. Mosaico de pastos y sepacios naturales  4. Mosaico de pastos y espacios naturales  1. Arbustales  Conservación  Agropecuario  Agropecuario  1. Arbustales  Conservación  Agropecuario  1. Arbustales  Conservación  Agropecuario  Agropecuario  1. Cultivo de cebada  Agropecuario  3. Cultivos anuales o transitorios  4. Pastos  Agropecuario	3 Áreas con	3. Arbustos y matorrales	Conservación
4. Bosques         5. Matorral         Conservación           4. Bosques         7. Vegetación de páramo         Conservación           4. Bosques         1. Arbustales         Conservación           2. Bosque altoandino         Conservación           3. Bosque de galería y/o ripario         Conservación           4. Bosque secundario         Conservación           5. Mosaico bosque secundario y arbustales         Conservación           6. Mosaico de bosque secundario y pastos         Conservación           7. Mosaico de bosque y arbustales         Conservación           8. Plantación forestal         Forestal           1. Áreas agrícolas heterogéneas         1. Mosaico de cultivos         Agropecuario           2. Mosaico de pastos y cultivos         Agropecuario           3. Mosaico de pastos y espacios naturales         Agropecuario           4. Mosaico de pastos y matorrales         Conservación           2. Bosques         1. Arbustales         Conservación           3. Cultivos anuales o transitorios         1. Cultivo de cebada         Agropecuario           4. Pastos         1. Pasto         Agropecuario           4. Pastos         1. Pasto         Agropecuario	vegetación herbácea	4. Frailejones y pajonales	Conservación
4. Bosques         1. Arbustales         Conservación           4. Bosques         2. Bosque altoandino         Conservación           5. Mosaico de bosque secundario y arbustales         Conservación           6. Mosaico de bosque secundario y arbustales         Conservación           7. Mosaico de bosque secundario y pastos         Conservación           7. Mosaico de bosque secundario y pastos         Conservación           7. Mosaico de bosque y arbustales         Conservación           8. Plantación forestal         Forestal           1. Mosaico de cultivos         Agropecuario           2. Mosaico de pastos y cultivos         Agropecuario           3. Mosaico de pastos y espacios naturales         Agropecuario           4. Mosaico de pastos y matorrales         Agropecuario           2. Bosques         1. Arbustales         Conservación           3. Cultivos anuales o transitorios         1. Cultivo de cebada         Agropecuario           4. Pastos         4. Pastos         Agropecuario	y/o arbustiva	5. Matorral	Conservación
8. Vegetación de subpáramo   Conservación     1. Arbustales   Conservación     2. Bosque altoandino   Conservación     3. Bosque de galería y/o ripario   Conservación     4. Bosque secundario   Conservación     5. Mosaico bosque secundario y arbustales     6. Mosaico de bosque secundario y pastos     7. Mosaico de bosque y arbustales     8. Plantación forestal   Forestal     1. Áreas agrícolas heterogéneas     1. Mosaico de pastos y cultivos   Agropecuario     2. Mosaico de pastos y espacios naturales     4. Mosaico de pastos y matorrales     5. Mosaico de pastos y espacios naturales     6. Mosaico de pastos y cultivos   Agropecuario     7. Mosaico de pastos y espacios naturales     8. Plantación forestal   Forestal     9. Mosaico de pastos y cultivos   Agropecuario     1. Arbustales   Agropecuario     2. Bosques     1. Arbustales   Conservación     1. Cultivo de cebada   Agropecuario     2. Cultivo de papa   Agropecuario     3. Cultivos no diferenciados   Agropecuario     4. Pastos     4. Pastos   Agropecuario     4. Pastos   Agropecuario     4. Pastos   Agropecuario     4. Pastos   Agropecuario     5. Mosaico de pastos y     6. Mosaico de pastos y espacios     7. Mosaico de pastos y espacios     8. Plantación forestal     9. Mosaico de pastos y espacios     9. Mosaico de pastos y espacios     1. Agropecuario     1. Pasto		6. Pajonales	Conservación
4. Bosques         1. Arbustales         Conservación           4. Bosques         2. Bosque altoandino         Conservación           4. Bosque secundario         Conservación           5. Mosaico bosque secundario y arbustales         Conservación           6. Mosaico de bosque secundario y pastos         Conservación           7. Mosaico de bosque y arbustales         Conservación           8. Plantación forestal         Forestal           1. Áreas agrícolas heterogéneas         1. Mosaico de cultivos         Agropecuario           2. Mosaico de pastos y cultivos         Agropecuario           3. Mosaico de pastos y espacios naturales         Agropecuario           4. Mosaico de pastos y matorrales         Agropecuario           2. Bosques         1. Arbustales         Conservación           3. Cultivos anuales o transitorios         1. Cultivo de cebada         Agropecuario           4. Pastos         1. Pasto         Agropecuario		7. Vegetación de páramo	Conservación
4. Bosques         2. Bosque altoandino         Conservación           4. Bosques         Conservación         Conservación           5. Mosaico bosque secundario y arbustales         Conservación         Conservación           6. Mosaico de bosque secundario y pastos         Conservación         Conservación           7. Mosaico de bosque y arbustales         Conservación         Conservación           8. Plantación forestal         Forestal           1. Áreas agrícolas heterogéneas         1. Mosaico de cultivos         Agropecuario           2. Mosaico de pastos y cultivos         Agropecuario           3. Mosaico de pastos y espacios naturales         Agropecuario           4. Mosaico de pastos y matorrales         Agropecuario           2. Bosques         1. Arbustales         Conservación           3. Cultivos anuales o transitorios         1. Cultivo de cebada         Agropecuario           3. Cultivos no diferenciados         Agropecuario           4. Pastos         1. Pasto         Agropecuario		8. Vegetación de subpáramo	Conservación
4. Bosques  4. Bosquesecundario Conservación  4. Bosque secundario Conservación  5. Mosaico bosque secundario y arbustales  6. Mosaico de bosque secundario y arbustales  7. Mosaico de bosque y Conservación  7. Mosaico de bosque y Conservación  8. Plantación forestal Forestal  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario  2. Mosaico de pastos y sespacios naturales  4. Mosaico de pastos y matorrales  2. Bosques  1. Arbustales  2. Bosques  1. Arbustales  3. Cultivos anuales o transitorios  4. Pastos  4. Pastos  Agropecuario		1. Arbustales	Conservación
4. Bosques  4. Bosque secundario  5. Mosaico bosque secundario y arbustales  6. Mosaico de bosque secundario y arbustales  6. Mosaico de bosque secundario y arbustales  7. Mosaico de bosque y Conservación  7. Mosaico de bosque y Conservación  8. Plantación forestal  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Mosaico de cultivos  2. Mosaico de pastos y cultivos  3. Mosaico de pastos y espacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales  2. Bosques  1. Arbustales  2. Bosques  1. Cultivo de cebada  2. Cultivos anuales o transitorios  4. Pastos  4. Pastos  4. Pastos  Agropecuario		2. Bosque altoandino	Conservación
4. Bosques  5. Mosaico bosque secundario y arbustales 6. Mosaico de bosque secundario y pastos 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal 1. Áreas agrícolas heterogéneas 4. Mosaico de pastos y cultivos 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y espacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales 2. Bosques 3. Cultivos anuales o transitorios 4. Pastos 4. Pastos 4. Mosaico de papa 3. Cultivos no diferenciados 4. Agropecuario 4. Pastos 4. Pastos 5. Mosaico bosque secundario y Conservación 6. Mosaico de bosque y Conservación 7. Mosaico de cultivos 8. Plantación forestal 9. Agropecuario 9. Agropecuario 9. Agropecuario 9. Cultivo de cebada 9. Cultivo de papa 9. Agropecuario 9. Cultivos no diferenciados 9. Agropecuario		3. Bosque de galería y/o ripario	Conservación
4. Bosques  arbustales 6. Mosaico de bosque secundario y pastos 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal 1. Áreas agrícolas heterogéneas 4. Mosaico de pastos y cultivos 2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y sepacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales 2. Bosques 3. Cultivos anuales o transitorios 4. Pastos 4. Pastos 4. Mosaico de pastos y Agropecuario 2. Cultivo de cebada 3. Cultivos no diferenciados 4. Agropecuario 4. Pastos 4. Pastos 4. Conservación 4. Pastos 4. Mosaico de pastos y Agropecuario 4. Pastos 4. Pastos 5. Conservación 4. Pastos 6. Mosaico de bosque y Conservación 7. Mosaico de pastos y cultivos 8. Plantación forestal 9. Agropecuario 9. Agropecuario 9. Agropecuario 9. Conservación 9. Agropecuario 9. Agr		4. Bosque secundario	Conservación
secundario y pastos 7. Mosaico de bosque y arbustales 8. Plantación forestal Forestal 1. Áreas agrícolas heterogéneas 1. Áspasques 2. Bosques 3. Cultivos anuales o transitorios 4. Pastos 1. Apastos 2. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario	4. Bosques		Conservación
arbustales  8. Plantación forestal  1. Áreas agrícolas heterogéneas  Pasor de pastos y cultivos  2. Mosaico de pastos y cultivos  3. Mosaico de pastos y espacios naturales  4. Mosaico de pastos y espacios naturales  2. Bosques  1. Arbustales  2. Bosques  1. Arbustales  2. Cultivos anuales o transitorios  4. Pastos  Conservación  Agropecuario		6. Mosaico de bosque	Conservación
1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Áreas agrícolas heterogéneas  1. Mosaico de pastos y cultivos Agropecuario  2. Mosaico de pastos y espacios naturales  4. Mosaico de pastos y Agropecuario  2. Bosques  1. Arbustales  2. Bosques  1. Arbustales  2. Cultivos anuales o transitorios  2. Cultivo de cebada  2. Cultivo de papa  3. Cultivos no diferenciados  4. Pastos  4. Pastos  4. Mosaico de cultivos  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario  Agropecuario			Conservación
1. Áreas agrícolas heterogéneas  2. Mosaico de pastos y cultivos 3. Mosaico de pastos y espacios naturales 4. Mosaico de pastos y matorrales 2. Bosques 1. Arbustales 2. Cultivos anuales o transitorios 2. Cultivos no diferenciados 4. Pastos  2. Mosaico de pastos y matorrales 4. Mosaico de pastos y matorrales 5. Cunservación 6. Cultivo de cebada 7. Cultivo de papa 7. Cultivos no diferenciados 7. Cultivos no diferenciados 7. Pasto 7. Magropecuario 7. Agropecuario 7. Agropecuar		8. Plantación forestal	Forestal
1. Áreas agrícolas heterogéneas  Agropecuario  3. Mosaico de pastos y espacios naturales  4. Mosaico de pastos y Agropecuario  2. Bosques  1. Arbustales  2. Cultivos anuales o transitorios  3. Cultivos no diferenciados  4. Pastos  Agropecuario		1. Mosaico de cultivos	Agropecuario
heterogéneas    Agropecuario		2. Mosaico de pastos y cultivos	Agropecuario
matorrales Agropecuario  2. Bosques 1. Arbustales Conservación  3. Cultivos anuales o transitorios 1. Cultivo de cebada Agropecuario 2. Cultivo de papa Agropecuario 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario 4. Pastos 4. Pasto Agropecuario		' ' '	Agropecuario
3. Cultivos anuales o transitorios  1. Cultivo de cebada Agropecuario 2. Cultivo de papa Agropecuario 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario 4. Pastos  1. Pasto Agropecuario		· · ·	Agropecuario
3. Cultivos anuales o transitorios 2. Cultivo de papa Agropecuario 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario 4. Pastos 1. Pasto Agropecuario	2. Bosques	1. Arbustales	Conservación
transitorios  2. Cultivo de papa Agropecuario 3. Cultivos no diferenciados Agropecuario 4. Pastos  1. Pasto Agropecuario	2 Cultium annual : :	1. Cultivo de cebada	Agropecuario
3. Cultivos no diferenciados Agropecuario  4. Pastos Agropecuario		2. Cultivo de papa	Agropecuario
4. Pastos	1101101103	3. Cultivos no diferenciados	Agropecuario
2. Pasto arbolado Agropecuario	4 Postos	1. Pasto	Agropecuario
	4. FdS1US	2. Pasto arbolado	Agropecuario

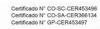
Página 177 de 224













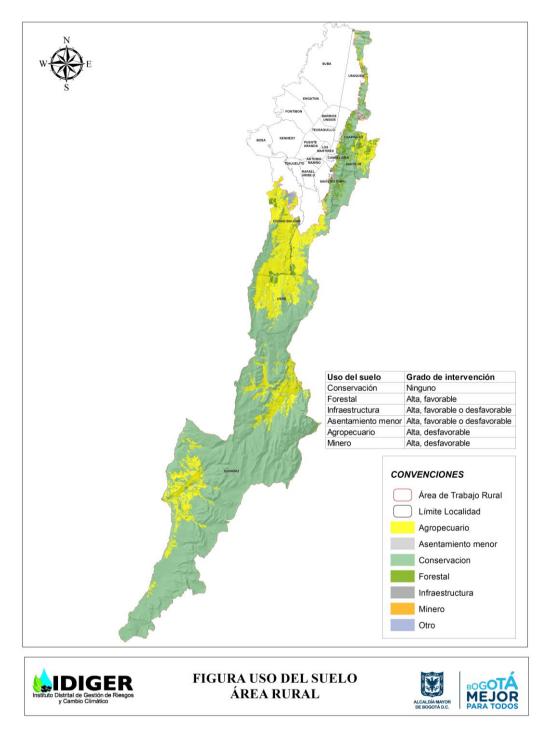


Figura 6-97 Uso del suelo zona rural y su relación con la intervención antrópica

Página 178 de 224



















## 6.5 INFORMACIÓN TEMÁTICA PRECIPITACIÓN

La precipitación es la variable climática influyente en los movimientos en masa ya que genera el aporte de agua requerido para saturar el suelo. Este factor detonante en términos regionales se estudia con dos énfasis:

- Lluvia media anual, la cual está relacionada con el aporte a humedad natural que tenga el suelo, de tal forma que las zonas con mayor lluvia media presentan mayor humedad del suelo.
- Lluvia acumulada necesaria para detonar un deslizamiento, lo cual se obtiene de análisis de movimientos en masa en que se conoce la lluvia antecedente.

Bajo dichas consideraciones, se realizó un análisis de la información disponible y se generó el insumo respectivo.

#### Lluvia media anual

La lluvia media anual se estimó para toda el área rural a partir de los registros de precipitación analizados en el periodo 1976-2016, provenientes de 428 estaciones del IDEAM, Acueducto y CAR ubicadas tanto en la zona de estudio como alrededores. Dichas estaciones tuvieron como principal parámetro de escogencia la presencia de registros completos de al menos 20 años a fin de tener datos representativos.

Los registros de precipitación fueron procesados, acumulados y promediados por estación para su posterior interpolación espacial usando el método Kriging (incluyendo la precipitación y la altura media sobre el nivel del mar), obteniendo valores entre 660 y 1584 mm/año, con mayores valores hacia el oriente (Cerros Orientales y Nazareth) y menores valores al occidente en la localidad de Ciudad Bolívar.

En la Figura 6-98 se presenta la distribución de la lluvia en el área rural.













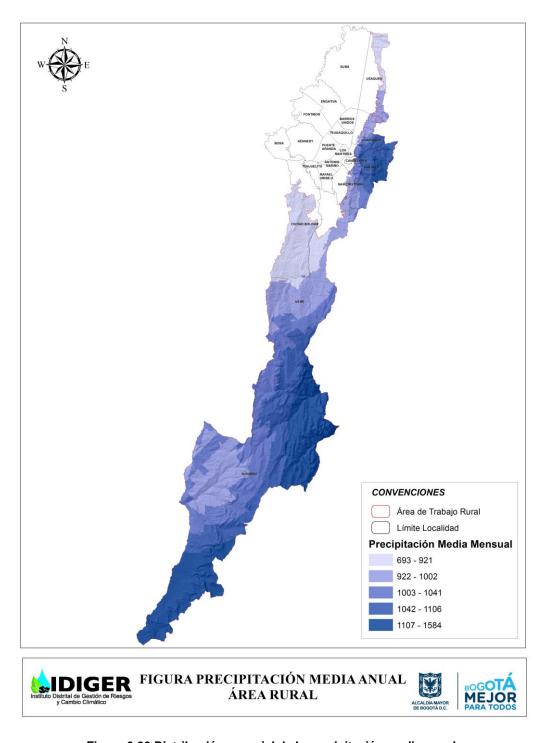


Figura 6-98 Distribución espacial de la precipitación media anual.

Página 180 de 224



















Este insumo fue contrastado con el mapa climático según la precipitación, del proyecto Sistema de Información Geográfica para la planeación y el ordenamiento territorial SIG-OT consultado en la página web sigotn.igac.gov.co (Figura 6-99), el cual muestra categorías de precipitación en función de la precipitación media anual y para Bogotá indica la presencia de dos zonas: Clima muy seco (501-1000mm/año) y Clima seco (1001-2000 mm/año). El límite de cambio de zona tiene buena coincidencia con el insumo de lluvia media anual elaborado.

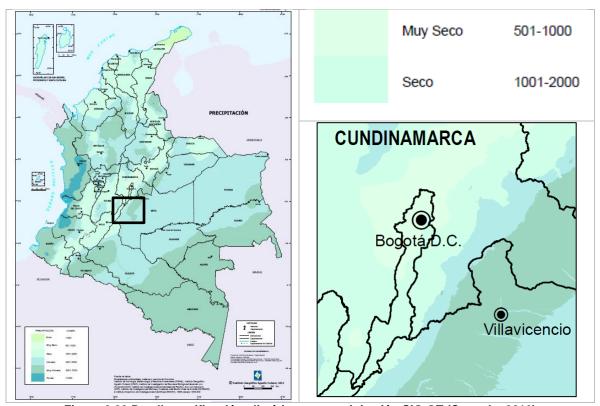


Figura 6-99 Detalle zonificación climática por precipitación SIG-OT (Consulta 2016)

## Lluvia acumulada

Para el análisis de lluvia acumulada se revisó la Propuesta metodológica para el desarrollo de Umbral relacionado con Lluvia que genere procesos de remoción en masa en Bogotá D.C., implementada en un área piloto, donde se estableció la forma de estimar la relación entre la intensidad y duración de la lluvia con los deslizamientos. Sn embargo, dado que se generó a manera de propuesta con implementación en un área determinada, no se presentaron resultados concretos que permitan una espacialización de dicha tendencia.

Página 181 de 224















Por otro lado, con uso de los Diagnósticos Técnicos de la entidad y su fecha asociada se realizó una verificación de la lluvia antecedente posible, la cual implica una asociación de cada evento a las estaciones pluviométrica de la zona y haciendo énfasis en los eventos alejados del perímetro urbano (los eventos de la zona de borde fueron incluidos dentro de los análisis de lluvia antecedente de la zona urbana). Sin embargo, son varias las limitaciones de la información existente que impiden un análisis adecuado:

- Existencia de pocas estaciones respecto a la extensión del territorio especialmente en el la localidad de Sumapaz.
- Pocos eventos detonados por lluvia (27 diagnósticos) según los registros de la entidad, y distribuidos principalmente alrededor de las vías de acceso a centros poblados.
- Los eventos están ubicados a distancias entre los 4,5 y 14 kilómetros de distancia de la estación más cercana, dificultando su correlación.

Las pocas estaciones no son representativas de toda la zona de estudio respecto a correlacionarlos con los eventos por:

- Ubicación de la estación en diferente cuenca
- Diferencias importantes de cota
- Diferencias de clima (Páramo, Subparámo, etc)
- Estaciones sin información en la fecha de los eventos
- Estaciones con años incompletos de información que no permiten verificar la recurrencia de los eventos.

Como resultado de la verificación de información, se reconoce que la información no es suficiente ni confiable para elaborar un análisis de lluvia antecedente del área de estudio. Sí es posible obtener algunas características de lluvia de algunos eventos puntuales (13 eventos) que sirvan de inicio para avanzar en el conocimiento en este tema.

De los 13 eventos con alguna información de lluvia (ANEXO B), se reconoce una gran heterogeneidad de valores de lluvia acumulada, con 4 duraciones probables: 7 a 10 días, 17 a 20 días, 38 a 41 días y 54 a 58 días, y al verificar la recurrencia de eventos en las series de lluvia anuales se encuentran datos anómalos por repeticiones de la lluvia crítica de hasta 2 veces al año que no es coherente con los movimientos en masa observados. En conclusión, se requiere de una mayor cantidad de información espacial y temporal que permita análisis confiables de lluvia antecedente.















## 6.6 INFORMACIÓN TEMÁTICA SISMO

Respecto al parámetro sismo, en la ciudad de Bogotá se cuenta con las siguientes fuentes oficiales de información:

- Microzonificación sísmica de Bogotá, Decreto 523 de 2010, del área rural cubre cerros orientales y parte del área de Ciudad Bolívar y Usme.
- Estudio de amenaza sísmica de Colombia, AIS 2009, que determina para Bogotá una aceleración máxima de 0.15g, ubicándola en zona de amenaza sísmica intermedia. A pesar de mencionar único valor para Bogotá, en el mapa de Amenaza Sísmica de Colombia se observa que parte del oriente de Sumapaz queda categorizado con aceleración de 0.20g y 0.25g aun en zona de amenaza sísmica intermedia. Esta distribución fue tenida en cuenta por FOPAE UNAL 2013.

Por otro lado, se reconoce la presencia de estudios nacionales e internacionales (Faccioli, E 1991; AFPS, 1995; Kramer 1996; Rubio, S 1999; Guacaneme 2000. 2006; Eurocode 8, 2004; Bouckovalas G.D. 2004; Beltrán et al 2006; Solans et al 2012; Osorio, E 2014; Silva, M 2015), que mencionan la importancia de incorporar efectos de sitio en la estabilidad de taludes, y en especial el efecto topográfico de zonas montañosas.

Con este panorama, se procede a generar el insumo sismo en términos de la aceleración sísmica del terreno al combinar la información disponible de la siguiente forma:

- Se genera la distribución según AIS 2009 con tres zonas de aceleración 0.15 g, 0.20g y 0.25g.
- Se generan la zonas de valles y crestas con sus respectivas zonas de influencia, usando el método de AFPS, 1995 que permite definir zonas de amplificación topográfica a partir de alturas de taludes y geoformas. Se superpone esta capa a la anterior.
- Se toman las zonas de respuesta sísmica homogénea provenientes del decreto 523 de 2010, las cuales ya incluyen amplificación local y topográfica, y se superponen al producto de la etapa anterior.
- Finalmente, se verifica que la fuente de información de mayor detalle y su respectivo valor de aceleración prevalezcan.

Frente a la generación de polígonos con efectos de amplificación topográfica, estos fueron delimitados a partir de la superposición de la pendiente (m<3%) y la curvatura del terreno (zonas más cóncavas para los valles y zonas más convexas para las crestas), las cuales fueron generadas a partir del modelo digital del terreno DEM. Luego se procede a la generación de las áreas de influencia alrededor de las crestas bajo los criterios definidos por AFPS (1995), donde se obtiene coeficientes de amplificación topográfica a lo largo de la pendiente utilizando la expresión:

$$AT = 1 + 0.8(I - i - 0.4)$$

Página 183 de 224

















Siendo *l* e *i* los gradientes de los taludes inferior y superior respectivamente.

La recomendación francesa limita el valor de la amplificación topográfica a 140%, es decir con valores equivalentes en el borde suburbano de Bogotá de hasta 0.21 g que son similares a los establecidos en la microzonificación sísmica que contemplan efecto de sitio y topográfico. La zona de influencia del efecto de amplificación se presenta en la Figura 6-100 con distancias a=H/3, b= (H+10)/4 y c=H/4).

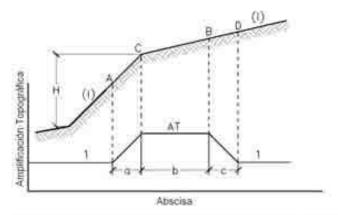


Figura 6-100 Parámetros para estimar la amplificación topográfica y zona de influencia (AFPS, 1995)

Este modelo de zonas afectadas por efecto topográfico fue escogido por la posibilidad de implementación en SIG con la información disponible, especialmente para zonas amplias montañosas. En el proceso de generación de zonas de influencia se observó que las pendientes del talud superior (cresta) no superan 3°, lo que permitió considerarlo como un valor constante y dejando únicamente el gradiente inferior como la variable independiente; a fin de agrupar dicha variable, se generaron rangos de pendiente y gradiente como se muestra en la Tabla 6-41 que facilitan el uso de los valores de amplificación topográfica.

Tabla 6-41 Factores de amplificación por efectos topográficos

Pendiente talud inferior °	Factor amplificación Fa	Zona aledaña a perímetro urbano Aceleración (g)	Zona central Sumapaz Aceleración (g)	Zona oriental Sumapaz Aceleración (g)
24.3 – 35.0	1.1	0.17 – 0.22	0,22 - 0.27	0,27 - 0.33
35.0 - 39.6	1.2	0.18 – 0.24	0,24 - 0.30	0.30 - 0.36
39.6 - 43.0	1.3	0.20 - 0.26	0,26 - 0.32	0.32 - 0.39
>43.0	1.4	0.21 – 0.28	0,28 - 0.35	0,35 - 0.48

Para el caso de las zonas de valle y con base en los estudios consultados, se considera la posible ocurrencia de deamplificación; para efectos de espacializar ese efecto se considera tomar el valor de aceleración sin afectar por factores de amplificación y deamplificación.

Como resultado de la generación del insumo, en la Figura 6-101 se muestra la distribución espacial de la aceleración sísmica de la zona rural junto a su distribución espacial.

Página 184 de 224













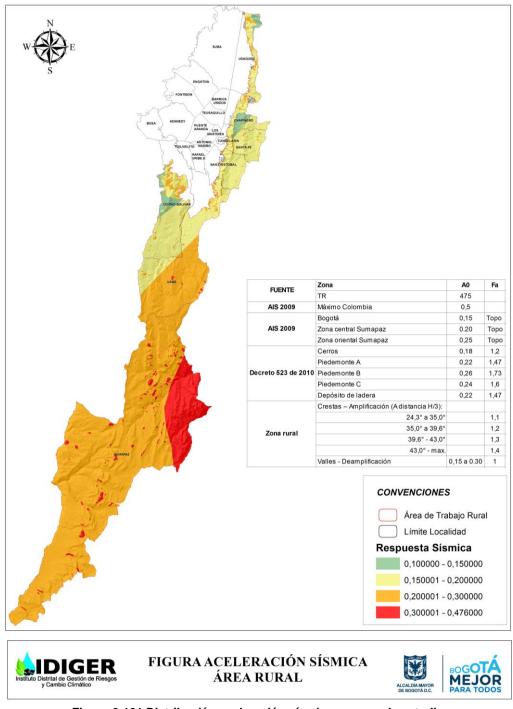


Figura 6-101 Distribución aceleración sísmica en zona de estudio

Página 185 de 224















#### 6.7 INFORMACIÓN DE INSTRUMENTOS DE GESTIÓN DEL RIESGO

#### 6.7.1 Bitácora del SIRE

Dentro de la información revisada en el IDIGER, se reconoce que una herramienta básica de registro de eventos de movimientos en masa es la Bitácora del SIRE. La base de más de 5000 eventos asociados a movimientos en masa fue filtrada por localidad y por dirección, quitando los registros asociados al área urbana y depurando una base de 152 eventos del borde urbano o en las veredas rurales entre los años 2001 a 2016 (ANEXO C).

De dicha base se analizó la información relacionada con fecha y localidades, ya que las descripciones son limitadas respecto a los aspectos técnicos.

Al revisar las fechas de los eventos y su distribución por año, se observa una mayor cantidad de eventos en los años 2011 y 2002, así como en los años 2010 y 2006 (Ver Figura 6-102) correspondientes a las temporadas de lluvias más notorias de los últimos 15 años. En cuanto a la distribución por localidades, en la Tabla 6-42 se presentan los registros clasificados, con mayor ocurrencia en San Cristóbal, Usme y Usaquén asociados a la presión de ocupación del territorio en las zonas de borde.

Estos eventos no cuentan con información de ubicación precisa (coordenadas) por lo cual se recurre a otros instrumentos de gestión que brinden mayor detalle como el caso de los diagnósticos técnicos.



Figura 6-102 Distribución temporal eventos rurales Bitácora SIRE

Página 186 de 224













Tabla 6-42 Eventos Bitácora SIRE - rural por localidad

LOCALIDAD	CANTIDAD	PORCENTAJE
1-USAQUÉN	15	9,9%
2-CHAPINERO	12	7,9%
3-SANTA FE	5	3,3%
4- SAN CRISTÓBAL	39	25,7%
5- USME	18	11,8%
11-SUBA	2	1,3%
17-LA CANDELARIA	0	0,0%
18-RAFAEL URIBE URIBE	0	0,0%
19-CIUDAD BOLÍVAR	10	6,6%
20-SUMAPAZ	13	8,6%
SIN INFORMACIÓN	38	25,0%

## 6.7.2 Diagnósticos técnicos

Un Diagnóstico Técnico es un documento que emite el FOPAE, cuando se hace una evacuación y/o restricción, cuando se entregan de ayudas humanitarias o de estabilización temporal y cuando se recomienda la inclusión de predios en el programa de reasentamiento o sectores en la base de sitios para intervención, teniendo en cuenta la condición de riesgo evaluada.

Dichos diagnósticos se han emitido para todo el territorio tanto urbano como rural y son el soporte de los eventos de emergencia o de atención. En el caso de movimientos en masa, los diagnósticos hacen una descripción de eventos con enfoque en los elementos en riesgo y cuentan con alguna información sobre el tipo y materiales del movimiento en masa. Con esta información, se generó un inventario de movimientos en masa, determinando 281 eventos para la zona rural (ANEXO D).

Estos 281 diagnósticos asociados a eventos se analizan de dos formas: primero todos los DI que hacen parte de la zona rural oficial (Cobertura entregada por planeación) y segundo, seleccionando los eventos por fuera de una franja de 200 m hacia afuera del borde urbano oficial representando de mejor forma la ruralidad. En la Figura 6-103 se muestra la distribución de diagnósticos en la zona rural donde se observa una gran concentración de puntos al lado del perímetro urbano, posiblemente por cambios de dicho perímetro con el paso de los años que permitió la urbanización.

Dentro de la franja al lado del perímetro urbano se encuentran 240 eventos y están asociados principalmente a la intervención antrópica informal, mientras que la zona de mayor carácter rural tiene 41 diagnósticos. La distribución temporal del total de los eventos se presenta en la Figura 6-104, y la distribución espacial se presenta en la Tabla 6-43 diferenciando entre aquellos de mayor relación con la ruralidad y la totalidad de los eventos.

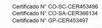
Página 187 de 224













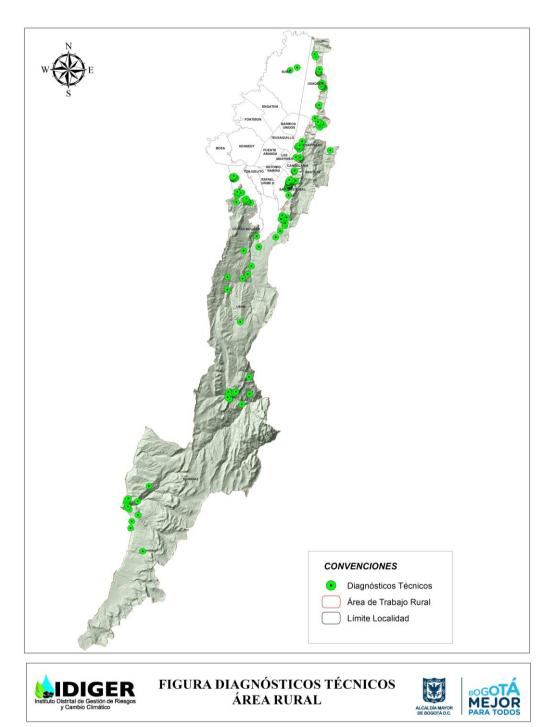


Figura 6-103 Diagnósticos en la zona rural.

Página 188 de 224











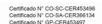








Figura 6-104 Diagnósticos zona rural por año

Tabla 6-43 Distribución por localidades de diagnósticos zona rural

LOCALIDAD	INCLUYENDO	INCLUYENDO BORDE (200m)		DEL BORDE
LOCALIDAD	CANTIDAD	PORCENTAJE	CANTIDAD	PORCENTAJE
1-USAQUÉN	34	12,1%	0	0,0%
2-CHAPINERO	31	11,0%	1	2,4%
3-SANTA FE	10	3,6%	4	9,8%
4- SAN CRISTÓBAL	96	34,2%	1	2,4%
5- USME	26	9,3%	4	9,8%
11-SUBA	4	1,4%	0	0,0%
19-CIUDAD BOLÍVAR	53	18,9%	5	12,2%
20-SUMAPAZ	26	9,3%	26	63,4%
SIN INFORMACIÓN	1	0,4%	0	0,0%
TOTAL	281	100%	41	100%

Además, se realizó una comparación de las características de los eventos, determinando que el material predominantes involucrado en los Movimientos en Masa es el suelo (51.6%), seguido por roca y detritos con 10% cada uno y en un porcentaje importante no se reporta el tipo de material (27%); en relación al tipo de movimiento hay predominancia de los

Página 189 de 224















deslizamientos y flujos, mientras que la caída de bloques y roca representa menos de 15% del total de los eventos.

Respecto al volumen de material, cuando analizamos los 281 eventos se observa que el 56% de los eventos no supera 100m3 mientras que sólo el 11% supera los 100m3 y el porcentaje restante de eventos no tiene información y si analizamos aquellos eventos más lejanos del perímetro urbano, los porcentajes aumentan ligeramente a con tendencia a mayores volúmenes involucrados.

En cuanto a las posibles causas, hay contraste entre los porcentajes si se analizan eventos alejados al perímetro urbano y ruralidad: mientras para los eventos alejados predomina la lluvia como detonante, para los eventos circundantes al perímetro hay similares porcentajes entre la lluvia y la intervención antrópica (de todo tipo); en la Tabla 6-44 se presentan la cantidad y porcentaje de eventos por posibles causas.

Tabla 6-44 Causas de los Movimientos en Masa - Diagnósticos

POSIBLES CAUSAS	INCLUYENDO BORDE (200m)		FUERA DEL BORDE	
	CANTIDAD	PORCENTAJE	CANTIDAD	PORCENTAJE
1. Lluvia (con o sin obras)	94	33,5%	22	53,7%
2. Intervención antrópica, varias posibles	10	3,6%	1	2,4%
3. Intervención antrópica Excavación	5	1,8%	0	0,0%
4. Intervención antrópica Explotación minera	0	0,0%	0	0,0%
5. Intervención antrópica Cortes, rellenos sin drenaje	36	12,8%	2	4,9%
6. Intervención antrópica y lluvia	29	10,3%	0	0,0%
7. Rotura tubería	5	1,8%	0	0,0%
8. Rotura tubería y/o lluvia	2	0,7%	0	0,0%
9. Sismo	0	0,0%	0	0,0%
10. Socavación	2	0,7%	2	4,9%
11. No registra	98	34,9%	14	34,1%
Total	281	100%	41	100%

#### 6.7.3 Estudios de evaluación de amenaza y Riesgo

Dentro de la revisión de estudios de amenaza y riesgo se encontraron principalmente estudios de los centros poblados de la localidad de Sumapaz, los cuales se explican en el numeral correspondiente. A escala regional, sólo se encuentra el estudio de Amenaza por remoción en masa de la zona rural de Bogotá D.C. – Escala 1:25.000 FOPAE - UNAL 2013, ya descrito en la información disponible.

## 6.7.4 Conceptos técnicos

Página 190 de 224



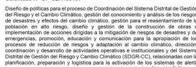
















Dentro de los conceptos asociados a movimientos en masa, se reconoce la existencia de conceptos en la zona rural, los cuales están asociados principalmente a los centros poblados y que son descritos en el Documento Técnico de las zonificaciones obtenidas para estos sectores.

## 6.7.5 Sitios de intervención y obras

Respecto a los sitios de intervención y con base en la información de instrumentos de gestión del riesgo, cruzada con el área de estudio, en la zona de influencia del suelo rural se encuentran 71 sitios de intervención divididos en dos grupos: 33 sitios ubicados colindantes al perímetro urbano en las localidades de Usaquén, Santafé, chapinero y San Cristóbal, y un segundo grupo de 38 sitios ubicados en veredas de Ciudad Bolívar, Usme, Santafé y Sumapaz.

En la Tabla 6-45 se presentan los sitios de intervención de la zona colindante al perímetro urbano y en la Tabla 6-46 se presentan los sitios de intervención más alejados al perímetro urbano.

Tabla 6-45 Sitios de intervención zona rural colindantes con perímetro urbano

LOCALIDAD	No	PUNTO CRITICO A PRIORIZAR	CLASIFICACIÓN	POSIBLE ÁREA (ha)	ACTIVIDAD
USAQUEN	1-001	Buenavista	Deslizamiento	5	Activo - incipiente
USAQUEN	1-004	Mirador del Norte	Caída de Bloque y roca	0,68	Estabilizado
USAQUEN	1-005	Mirador del Norte - Codito	Caída de Bloque y roca	5	Activo - Colapsado
USAQUEN	1-007	Codito	Caída de Bloque y roca	2	Estabilizado - Activo
USAQUEN	1-010	Soratama	Caída de Bloque y roca	1	Estabilizado
USAQUEN	1-011	Arauquita	Complejo	8	Activo
USAQUEN	1-014	Bosque de Pinos Sierras del Moral	Deslizamiento		Estabilizado
USAQUEN	1-015	Delicias del Carmen	Caída de Bloque y roca	8,5	Activo - Avanzado
CHAPINERO	2-002	Paraíso	Complejo	12	Activo
CHAPINERO	2-003	Villas del Cerro	Flujo de detritos / tierras	0,5	Activo
CHAPINERO	2-004	Rosales	Caída de Bloque y roca	9,65	Activo - Avanzado
CHAPINERO	2-006	Ingemar	Complejo	7	Activo
CHAPINERO	2-007	Ingemar	Complejo	4	Activo
CHAPINERO	2-008	Circunvalar - Javeriana	Caída de Bloque y roca	3	Activo
CHAPINERO	2-009	Refugio	Caída de Bloque y roca	1	Activo
CHAPINERO	2-010	San Martín de Porres	Deslizamiento	1	Activo

Página 191 de 224

















Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

LOCALIDAD	No	PUNTO CRITICO A PRIORIZAR	CLASIFICACIÓN	POSIBLE ÁREA (ha)	ACTIVIDAD
SANTAFE	3-006	Callejón San Bruno	Deslizamiento	2,5	Estabilzado
SANTAFE	3-007	La Peña	Reptación - Creep	1,5	Activo
SANTAFE	3-008	El Consuelo	Reptación - Creep	1	Activo
SANTAFE	3-011	Bosque Izquierdo	Deslizamiento Traslacional y planar	5	Activo
SANTAFE	3-012	La Paz Centro	Deslizamiento	4	Activo
SANTAFE	3-013	Verjón Bajo	Deslizamiento Traslacional y planar	S/I	Activo
CANDELARIA	17-002	Media Torta - U Distrital	Flujo de Tierras	3,5	Estabilizado
SAN CRISTÓBAL	4-006	Buena Vista Sur Oriental	Deslizamiento Rotacional	4	Activo
SAN CRISTÓBAL	4-010	El triángulo bajo	Deslizamiento rotacional	0,5	Estabilizado
SAN CRISTÓBAL	4-011	El triángulo - Manantial	Flujo de Tierras	2	Estabilizado
SAN CRISTÓBAL	4-012	Manantial	Flujo de Tierras	1	Estabilizado
SAN CRISTÓBAL	4-027	Ramajal	Deslizamiento	40	Activo
SAN CRISTÓBAL	4-028	San Blas	Caída de Bloque y roca	1	Activo
SAN CRISTÓBAL	4-032	Laureles Sur Oriental Gran Colombia - Molinos Oriente/Rural	Deslizamiento	3,5	Activo
SAN CRISTÓBAL	4-037	Urbanización Paseíto	Reptación - Creep	16	Activo
CIUDAD BOLÍVAR	19-012	Cumbre	Flujo de lodos	3,5	Activo
CIUDAD BOLÍVAR	19-044	Divino Niño	Compuesto		Activo

## Tabla 6-46 Sitios de intervención zona rural, no colindantes al perímetro urbano

LOCALIDAD	NUMERO	PUNTO CRITICO A PRIORIZAR REFERENCIA GEOGRÁFICA		
CIUDAD BOLÍVAR	19-045	Vereda Pasquilla - k5+980 Red de Gas CIUDAD BOLÍVAR		
USME	5-019	Vereda Margaritas	USME	
SANTAFE	3-010	Camino a Monserrate	SANTAFE	
CIUDAD BOLÍVAR	19-031	Pasquilla - Finca la Playa	CIUDAD BOLÍVAR	
SUMAPAZ	20-001	La Unión	Casco urbano La Unión	
SUMAPAZ	20-002	Betania	Escuela Betania	
SUMAPAZ	20-003	Vía San Juan - La Unión	Veredas La Unión y Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-004	Vía La Unión - Tunal Alto	Veredas La Unión y Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-005	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-006	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-007	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-008	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	

Página 192 de 224

















LOCALIDAD	NUMERO	PUNTO CRITICO A PRIORIZAR	REFERENCIA GEOGRÁFICA	
SUMAPAZ	20-009	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-010	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-011	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-012	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-013	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-014	La Unión	Tramo san Juan-La Unión	
SUMAPAZ	20-015	La Unión	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-016	La Unión	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-017	La Unión	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-018	La Unión	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-019	La Unión	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-020	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-021	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-022	Nazareth	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-023	Nazareth	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-024	Nazareth	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-025	Nazareth	Tramo La Unión-Tunal Bajo	
SUMAPAZ	20-026	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-027	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-028	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-029	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-030	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-031	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-032	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-033	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	
SUMAPAZ	20-034	Nazareth	Tramo Raizal - Nazareth	

Se resalta que para aquellos sitios más lejanos a la zona urbana, no se cuenta con información asociada al tipo de movimiento en masa mientras que para los colindantes al perímetro se cuenta con mayor información; en términos de áreas cubiertas, se resalta que los sitios cubren entre 1 y 10 ha con movimientos en masa cartografiables a la escala 1:25000.

Para el caso de sitios de intervención alejados del perímetro urbano, se reconoce que la ubicación de los mismos está asociada a las vías de acceso a veredas y a la presencia de asentamientos humanos (centros poblados).

#### IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA: SUSCEPTIBILIDAD 7

Página 193 de 224



















A continuación se describe las características particulares de cada variable, el desarrollo estadístico, la categorización y el peso de cada clase y variable. En cada caso se analiza también las unidades donde se presentan mayor cantidad de movimientos en masa y los valores de densidad de deslizamientos. En el ANEXO E se presentan los análisis estadísticos de todas las variables en formato editable (Hoja de cálculo).

## 7.1 LITOLOGÍA

La litología fue asociada a las unidades geológicas para ingeniería las cuales están definidas como rocas a nivel de formaciones y suelos y depósitos a nivel de origen de formación. En términos de distribución espacial, cada unidad geológica se define como una clase y realizados los análisis estadísticos muestran que las unidades donde más ocurren los movimientos en masa son los depósitos cuaternarios (Coluviales). En la Figura 7-1 se presenta la distribución de las unidades en la zona de estudio y en la Tabla 7-1 se presenta un resumen de los análisis estadísticos por clase.

Tabla 7-1 Análisis variable litología

BASE		PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE
UNIDAD	ÁREA (ha)	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI
Cuerpo de agua	153,55	0,00	0,000	0,00
Qal (Qal)	1602,35	8,30	0,005	0,01
Qra (Qra)	3,21	0,00	0,000	0,00
Rb1 (E2u)	1802,03	3,63	0,002	0,01
Rb2 (E2r)	3671,65	4,40	0,001	0,00
Rb3 (Pglf)	21372,77	7,71	0,000	0,00
Rb4 (E1b)	6689,48	124,32	0,019	0,05
Rb5 (K2E1g)	8228,99	9,67	0,001	0,00
Rb6 (K2cp)	26425,82	10,41	0,000	0,00
Rb7 (K1f)	872,23	0,51	0,001	0,00
Rd1 (K2lt)	6698,48	64,04	0,010	0,03
Rd2 (K2d)	7103,25	16,51	0,002	0,01
Rd3 (K1u)	6711,82	36,58	0,005	0,01
Ri1 (E1c)	1227,63	0,20	0,000	0,00
Ri2 (K2p)	3937,29	23,18	0,006	0,02
Ri3 (Pzcg)	116,55	0,00	0,000	0,00
Sa1 (N1m)	571,43	6,30	0,011	0,03
Sa2 (Q1tu)	8,69	0,86	0,099	0,26
Sa3 (Q2ch)	78,31	0,20	0,003	0,01
Sco (Q2c)	2719,27	1024,12	0,377	1,00
Sfg (Qfg)	10136,53	0,00	0,000	0,00
Sfg1 (Q1si)	4240,57	7,02	0,002	0,00
Sfg2 (Q2chi)	3767,75	2,64	0,001	0,00
SUMA	118139,67	1350,60	0,544	1,44
MAX		1024,12	0,377	1,00

Página 194 de 224













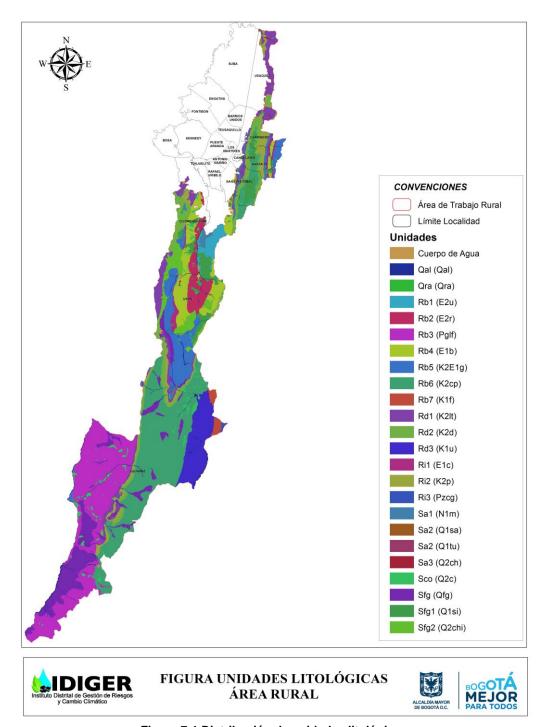


Figura 7-1 Distribución de unidades litológicas

Página 195 de 224















#### 7.2 DENSIDAD DE FRACTURAMIENTO

La densidad de fracturamiento hace referencia a la influencia de las fallas y estructuras geológicas sobre los materiales. Para determinar las zonas de influencia o la mejor forma de determinar la densidad de fracturamiento, se revisaron las recomendaciones para el tratamiento y obtención de dicho parámetro a diferentes escalas. A escala 1:100.000, el servicio geológico establece determinar la densidad como la sumatoria de la longitud de fallas alrededor de un pixel de análisis de 250 m y tomando un radio de 1250 mm, dando además puntajes a cada tipo de falla en función de las tasas de desplazamiento de fallas en el cuaternario en Colombia. No se encontraron otros procesos similares de obtención a escala 1:25.000.

Para definir entonces el radio de análisis óptimo y eficaz de influencia, se determinó generar franjas de influencia alrededor de las estructuras geológicas con ancho en función del tipo de estructura, como se muestra en la Tabla 7-2, las cuales son representativas de la zona de estudio. Esta definición de franjas de influencia es correspondiente con las zonas de mayor pendiente para las unidades geomorfológicas estructurales y denudacionales y representa el parámetro de fracturamiento en la zona de estudio; además se resalta que la distancia mínima es de 125 m y múltiplos de 25 por el tamaño de pixel de análisis. Se aclara que las estructuras cubiertas no tienen franja de influencia de categorías alta, media y baja ya que en esos casos el comportamiento está definido por la litología.

Una vez definidas las franjas de influencia, se procede a espacializar las categorías de fracturamiento en el área de estudio; en las zonas donde se cruzan una o varias fallas, se da prevalencia al mayor grado de fracturamiento de la zona común. En la Figura 7-2 se muestra la densidad de fracturamiento.

Con dicha distribución de fracturamiento se procede a realizar los análisis estadísticos que muestran que los procesos morfodinámicos se presentan en las tres categorías de fracturamiento, pero con mayor densidad en la zona de alto fracturamiento lo que otorga mayor puntaje. En la Tabla 7-2 se presentan la densidad de deslizamientos y su respectivo puntaie.

Tabla 7-2 Análisis estadísticos variable densidad de fracturamiento

BASE	PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE		
CATEGORÍA	ÁREA (ha)	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI	
Alto fracturamiento	25752,7238	384,95	0,01495		1
Medio fracturamiento	15209,3846	218,78	0,01438	(	0,962
Bajo fracturamiento	14448,5309	212,69	0,01472	(	0,984
Sin fracturamiento	62729,36	534,18	0,00852	(	0,569
SUMA	118139,995	1350,60	0,05257		2,95
MAX		534,18	0,01495		1,00

Página 196 de 224













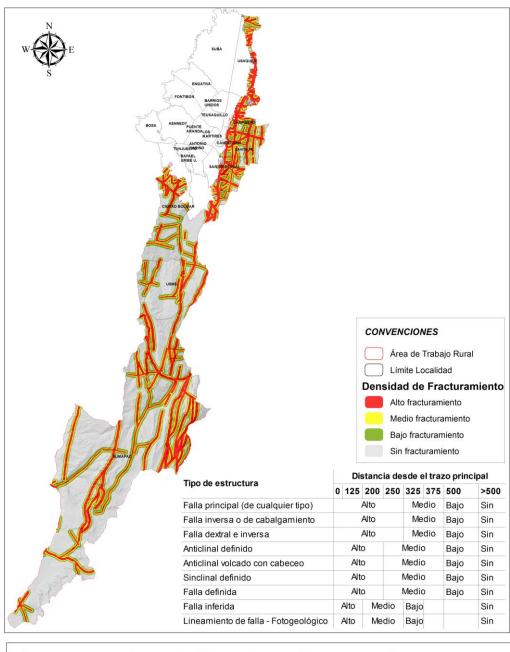




Figura 7-2 Franjas de influencia estructuras geológicas.

Página 197 de 224















# 7.3 MORFOGÉNESIS: UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

La morfogénesis fue asociada a las subunidades geomorfológicas determinadas, previa clasificación por regiones y ambientes. En términos de distribución espacial, cada unidad geomorfológica se define como una clase y realizados los análisis estadísticos muestran que las subunidades donde más ocurren los movimientos en masa son las canteras (unidades antrópicas), los escarpes erosivos y las terrazas o bermas de fallamiento. En la Figura 7-3 presenta la distribución de las subunidades y en la Tabla 7-3 se presenta un resumen de los análisis estadísticos por clase.

Tabla 7-3 Análisis estadísticos variable Geomorfología

BASE			PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE
NOM	SUBUNIDAD	ÁREA (ha)	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI
Acn	Cantera	97,85	8,1075	0,08	0,17
Acna	Canteras Activas	48,95	15,4087	0,31	0,65
Are	Área de rellenos antrópicos	50,05	0,0000	0,00	0,00
Arp	Represas	153,55	0,0000	0,00	0,00
Ars	área de residuos sólidos	17,10	0,0000	0,00	0,00
Aur	Área Urbanizada	159,09	0,0131	0,00	0,00
Dcdr	Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos	194,67	3,6569	0,02	0,04
Dcdra	Conos de deslizamiento rotacional recientes y antiguos	9,83	0,0000	0,00	0,00
Dcdta	Como de deslizamiento traslacional reciente y antiguo	23,94	0,0000	0,00	0,00
Dco	Conos y lobulos Coluviales y de Solifluxion	2803,27	1084,1304	0,39	0,80
Dcr	Cerros Residuales	41,11	0,0000	0,00	0,00
Dcrm	Cerros remanentes o relictos	553,19	7,3798	0,01	0,03
Dct	Conos de talus	131,71	0,0000	0,00	0,00
Deem	Escarpe erosivo mayor	297,65	0,2597	0,00	0,00
Dle	Ladera estructural denudada y residual	1347,32	3,2063	0,00	0,00
Dlfb	Flujos torrenciales	165,96	1,8428	0,01	0,02
Dlpd		1815,05	1,7677	0,00	0,00
Dva	Valles en V	15,77	0,0005	0,00	0,00
Fcd	Cuencas de decantación fluvial (basines)	47,60	0,5686	0,01	0,02
Fcdy	Conos de deyección	39,75	0,0000	0,00	0,00
Fpi	Planicies o llanuras de inundación (Fpi)	1554,83	9,4951	0,01	0,01
Ftas	Terrazas fluviales actuales y recientes	78,44	0,0000	0,00	0,00
Fvi	Valles Aluviales	5,36	2,5962	0,48	1,00
Gafg	Abanicos fluvioglaciares	3816,45	3,1217	0,00	0,00
Gc	Circos glaciares y de nivación	918,85	7,1750	0,01	0,02
Geleg	Ladera estructural de espinazo glaciado	973,80	0,0000	0,00	0,00
Gcleg	Ladera estructural de espinazo glaciado	4054,34	4,6891	0,00	0,00
Gelpg	Ladera de contrapendiente estructural glaciada	740,61	1,5973	0,00	0,00

Página 198 de 224









Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497







Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

	BASE		PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE
GI	Lago glaciar	64,82	0,0000	0,00	0,00
Glb	Conos y lóbulos de gelifracción	16006,54	42,6012	0,00	0,01
Clan	Ladera de contrapendiente estructural				
Glcp	glaciada	15355,32	24,5637	0,00	0,00
Gle	Ladera estructural glaciada	29305,89	15,6485	0,00	0,00
Gma	Morrenas de ablación	1458,72	8,8029	0,01	0,01
Gmf	Morrena lateral	279,77	0,0000	0,00	0,00
Gml	Morrena lateral	181,09	0,0000	0,00	0,00
Gmt	Morrena terminal	7,85	0,0000	0,00	0,00
Gpeg	Planchas y espolones estructurales glaciados	5309,68	17,0717	0,00	0,01
Gpl	Planicies y abanicos de sobrelavado glaciar	1169,63	0,0000	0,00	0,00
Gsanl	Ladera estructural anticlinal glaciada	10,03	0,0000	0,00	0,00
Gsg	Planicies glaciolacustrinas	800,45	8,5580	0,01	0,02
Gshcp	Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal glaciada	2954,66	2,3812	0,00	0,00
Gshle	Ladera estructural de sierra homoclinal glaciada	4787,35	4,7098	0,00	0,00
Gts	Kames y terrazas de gelifracción	567,28	0,0000	0,00	0,00
Gvfg	Valles o artesas glaciares	529,67	0,0000	0,00	0,00
Sbf	Terrazas o bermas de fallamiento	106,37	0,0000	0,00	0,00
Sce	Cerro estructural	24,71	0,0000	0,00	0,00
Scle	Ladera estructural de cuestas denudadas y residuales	7101,13	30,9958	0,00	0,01
Sclp	Ladera estructural de cuestas denudadas y residuales	6877,23	0,0017	0,00	0,00
Scor	Cornisas estructurales	102,39	0,0000	0,00	0,00
Sd	Domo estructural denudada	2,92	0,0000	0,00	0,00
Sele	Ladera estructural de espinazo denudado	1109,92	0,3456	0,00	0,00
Selp	Ladera de contrapendiente de espinazo denudado	86,40	0,000	0,00	0,00
Sft	Facetas triangulares	50,02	0,0440	0,00	0,00
Slfp	Escarpe de línea de falla	920,68	36,7327	0,04	0,08
Spe	Planchas estructurales	149,41	0,1443	0,00	0,00
Ssanl	Laderas estructurales anticlinales denudadas y residuales	898,98	1,2970	0,00	0,00
Ssclp	Laderas de contrapendiente sinclinal denudada	450,01	0,4761	0,00	0,00
Sshcp	Ladera de contrapendiente de Sierra Homoclinal Denudada	323,52	0,0000	0,00	0,00
Sshle	Ladera estructural de Sierra Homoclinal Denudada	477,32	0,6796	0,00	0,00
Ssle	Laderas estructurales sinclinales residuales	513,94	0,0000	0,00	0,00
	SUMA	118956,6	1385,64	2,08	4,32367
	MAX		173,71	0,48	1,00

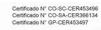
Página 199 de 224













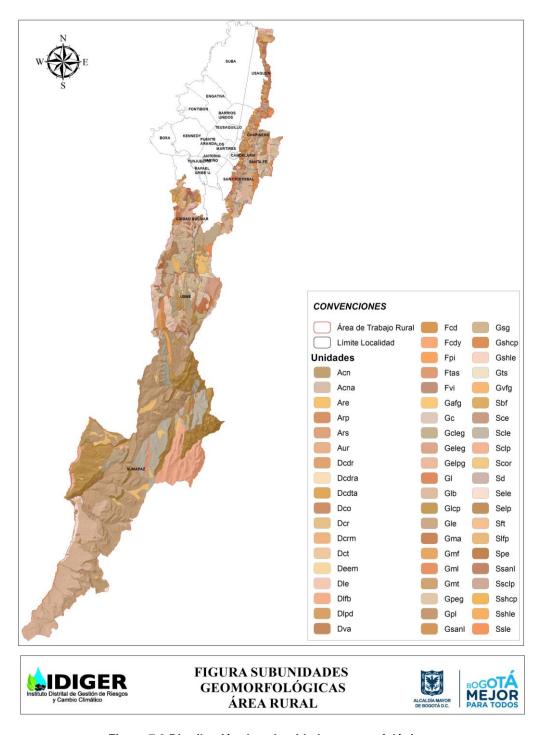


Figura 7-3 Distribución de subunidades geomorfológicas

Página 200 de 224

















#### 7.4 **PENDIENTE**

La pendiente representa el grado de inclinación de la ladera y se obtiene como la relación entre la diferencia de elevación vertical y la diferencia de elevación horizontal de un pixel de análisis con otro contiguo. La pendiente se definió en unidades de grado, obteniendo valores entre 0 y 82.5° y con distribución sesgada a la derecha, la cual fue normalizada al tomar los datos de valor mayor a 5° y aplicarle la función Log+1 resultando en una función Lognormal truncada que se categorizó usando el parámetro de desviación estándar; como resultado se obtuvieron 6 intervalos de la distribución que junto al intervalo truncado representan 7 intervalos en total, que están muy ligados a características geomorfológicas del relieve. En la Tabla 7-4 se presenta la distribución original y normalizada de la variable pendiente y en la Figura 7-4 se presenta la distribución espacial de la misma.

Función original: Función normalizada: 800000 400000 600000-300000 400000 200000 200000-100000 20,62662125 41,25324249 61,87986374 0.778151274 1 064043492 1.34993571 1.635827929

Tabla 7-4 Categorización variable pendiente

Los análisis estadísticos de densidad de deslizamiento muestran que a mayor pendiente mayor área de deslizamientos involucrada, con una relación directamente proporcional como se presenta en la Tabla 7-5.

Tabla 7-5 Análisis estadísticos variable pendiente

	BASE	PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE		
Valores (°)	Categoría pendiente	GRID CODE	ÁREA (ha)	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI
0 – 5	Muy Baja	1	12042,79	88,4547176	0,00735	0,51
5 – 6,72	Muy Baja pendiente	2	6811,27	61,4780623	0,00903	0,62
06,72 - 11.38	Baja pendiente	3	27451,21	295,82623	0,01078	0,74
11,38 - 18,85	Media pendiente	4	37655,36	450,989145	0,01198	0,83
18,85 – 30,82	Moderada pendiente	5	26485,74	345,516478	0,01305	0,90
30,82 - 50,00	Alta pendiente	6	7142,02	103,63704	0,01451	1,00
50,00 - 82.50	Muy alta pendiente	7	551,60	4,60087244	0,00834	0,57
		SUMA	118140,00	1350,50254	0,075021	5,170
_		MAX		450,989145	0,014511	1

Página 201 de 224















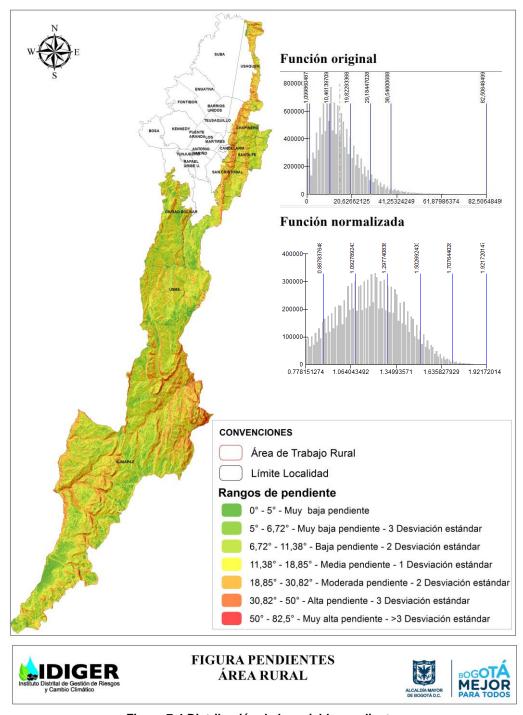


Figura 7-4 Distribución de la variable pendiente.

Página 202 de 224













#### 7.5 CURVATURA - CONVEXIDAD

La curvatura indica la forma de la pendiente del terreno, siendo cóncava o convexa, y se calcula como la segunda derivada de la superficie. En términos de movimientos en masa, la curvatura representa la influencia de la topografía en los procesos de infiltración y escorrentía, siendo las zonas cóncavas las de menor infiltración y por ende las de menor susceptibilidad.

La curvatura calculada corresponde a la curva del perfil utilizando el módulo Terrain Surface Convexity del software SAGA, con valores obtenidos entre 0 y 0.8, con zonas cóncavas asociadas a los menores valores y zonas convexas a los mayores valores. Es importante denotar que se realizaron varias pruebas de implementación de esta variable como las disponibles en el software Arcgis (curvatura del perfil, del plano y estándar) y Saga, siendo la más representativa la escogida para los análisis.

En la Tabla 7-6 se presenta la categorización de la variable y en la Figura 7-5 se muestra su distribución espacial.

En cuanto a los análisis de densidad de deslizamientos, muestran una relación inversa con la convexidad, existiendo mayor cantidad de deslizamientos en zonas cóncavas que convexas representando la predominancia de movimientos en masa tipo reptación y flujos. En la Tabla 7-7 se presentan los resultados de los análisis estadísticos de esta variable.

Tabla 7-6 Categorización variable curvatura - convexidad

Valores	Categoría curvatura - convexidad	Parámetro usado
0 - 0.442	Cóncavo	Primer quintil
0.442 - 0.478	Algo cóncavo	Segundo quintil
0.478 - 0.509	Rectilíneo	Tercer quintil
0.509 - 0.546	Algo convexo	Cuarto quintil
0.546 - 0.782	Convexo	Quinto quintil

Tabla 7-7 Análisis estadísticos variable curvatura - convexidad

BASE				PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE
Valores	Categoría curvatura	GRID CODE	ÁREA (m2)	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI
0 - 0.442	Cóncavo	1	22154,05746	371,35	0,017	1,00
0.442 - 0.478	Algo cóncavo	2	27154,60003	348,317162	0,013	0,77
0.478 - 0.509	Rectilíneo	3	19233,3514	251,262861	0,013	0,78
0.509 - 0.546	Algo convexo	4	27404,24525	229,080728	0,008	0,50
0.546 - 0.782	Convexo	5	22193,73633	150,589549	0,007	0,40
	SUMA		118139,9905	1350,60452	0,058	3,448
	MAX				0,02	1,00

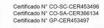
Página 203 de 224













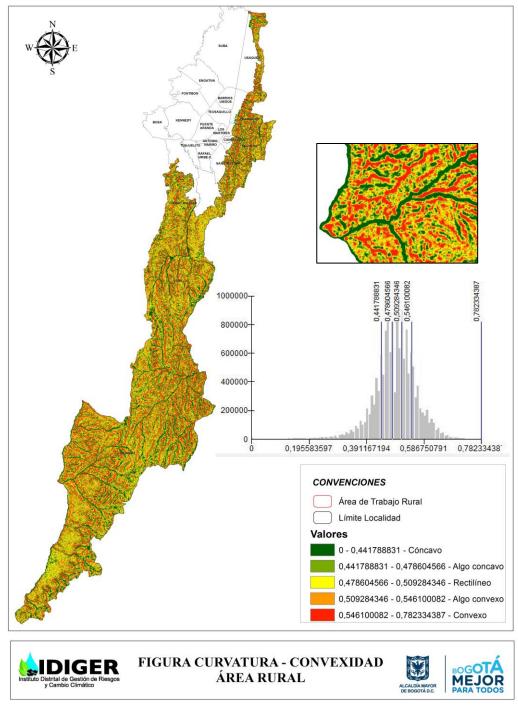


Figura 7-5 Distribución de la variable curvatura - convexidad.

Página 204 de 224















#### 7.6 RUGOSIDAD

La rugosidad del terreno busca representar la variación detallada del terreno, donde zonas rugosas son más susceptibles a la infiltración y por ende a los movimientos en masa respecto a las zonas rectas y lisas. La rugosidad se obtiene como la variación en la orientación tridimensional de las celdas (pixeles) de la rejilla dentro de un vecindario, principio aplicable a la presencia del parámetro elevación y pendiente en un modelo de pixeles. El análisis vectorial se utiliza para calcular la dispersión de vectores normales (ortogonales) a las celdas de rejilla dentro del vecindario especificado. El método implementado corresponde al uso de la herramienta Terrain Rughness del complemento Benthic Terrain Modeler for ArcGis, módulo Geomorphology – Terrain Ruggedness (VRM) que implementa la comparación de vectores normales o la variabilidad de la pendiente y genera un ráster de salida con valores de rugosidad que pueden variar desde 0 (sin variación del terreno) a 1 (variación completa del terreno).

Los valores obtenidos están en el intervalo 0.00 - 0.42 con predominancia de los valores 0.00 a 0.005 lo que genera una distribución del tipo geométrico que se clasifica usando la mediana y cuantiles (recomendada para distribuciones sesgadas), con la generación de 5 categorías como se muestra en la Tabla 7-8. En la Figura 7-6 se presenta la distribución espacial.

Tabla 7-8 Categorización variable rugosidad

Valores VRM	Categoría relativa Rugosidad	Parámetro usado
0	Muy baja rugosidad	Primer quintil
0 - 0.00168	Baja rugosidad	Segundo quintil
0.00168 - 0.005046	Media rugosidad	Tercer quintil
0.005046 - 0.010092	Moderada rugosidad	Cuarto quintil
0.010092 - 0.427252	Alta rugosidad	Quinto quintil

Una vez elaborados los análisis estadísticos, se reconoce una mayor cantidad de movimientos en masa en zonas de mayor rugosidad y otros en zonas muy poco rugosas, mostrado su correspondencia con movimientos en masa que tienen superficies de cizallamiento y (rotacionales y traslacionales), así como la reptación. En la Tabla 7-9 se presentan los análisis estadísticos de esta variable.

Tabla 7-9 Análisis estadísticos variable rugosidad

	BASE	PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE	
Valores VRM	Categoría relativa Rugosidad	ÁREA (ha)	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMAL
0	Muy baja rugosidad	87,809	0,993	0,0113	0,77
0 - 0.00168	Baja rugosidad	7951,666	83,614	0,0105	0,71
0.00168 - 0.005046	Media rugosidad	60882,314	606,085	0,0100	0,68
0.005046 - 0.010092	Moderada rugosidad	31850,936	403,868	0,0127	0,86
0.010092 - 0.427252	Alta rugosidad	17367,270	256,044	0,0147	1,00
	SUMA	118139,9956	1350,60452	0,059	4,016
	MAX			0,015	1,000

Página 205 de 224















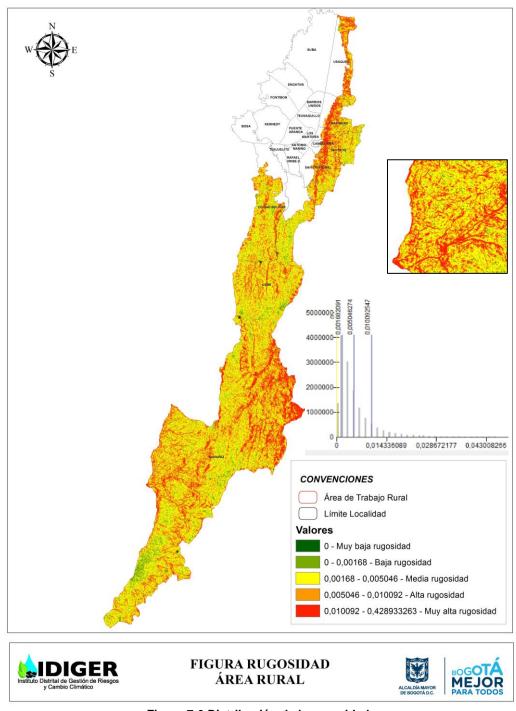


Figura 7-6 Distribución de la rugosidad

Página 206 de 224



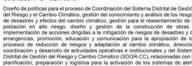
















#### 7.7 DENSIDAD DE DRENAJE

La densidad de drenaje, como una relación entre la longitud de cauces y el área de cuenca, está relacionada con la facilidad de salida de agua o escorrentía y de manera inversa la infiltración; las cuencas bien drenadas tendrán menor susceptibilidad a deslizamientos ya que la infiltración es mucho menor.

La densidad de drenaje se obtuvo como:

$$DD = \frac{\sum LongCauces}{Area\ cuenca}$$

Donde la longitud de cauces proviene de la red hidrográfica oficial y el área de la cuenca fue medida sobre microcuencas con un detalle de escala 1:25.000, las cuales se obtuvieron con uso de las herramientas Flow direction, Flow accumulation, stream definition, stream Link, stream feature, feature vertice to point y Watershed Delineation del módulo Hydrology de ArcGis dando como resultado 756 microcuencas en toda la zona rural.

En necesario mencionar que se realizaron varias pruebas para definir el detalle de la cuenca, probando con umbrales de acumulación de celdas (pixeles) desde 5000 hasta 15000, seleccionando el umbral de acumulación de 12000 pixeles correspondiente a conformación de microcuencas de nivel 6 (área mínima 97 ha) con visualización adecuada de drenajes principales y afluentes a la escala requerida.

Posterior a la obtención de la densidad de drenaje, se realizó el proceso de categorización de la misma en función de la distribución de los datos donde se observa un sesgo a la derecha, de tal forma que la clasificación más adecuada es el uso de la mediana y cuantiles. Bajo dicha distribución, se clasifican las microcuencas en 5 categorías como se muestra en la Tabla 7-10; cada categoría de densidad es una clase y se procede a realizar el análisis de densidad de deslizamientos como se presenta en la Tabla 7-11.

Tabla 7-10 Categorización densidad de drenaje.

Valores densidad de drenaje	Categoría Densidad de drenaje (relativa)	Parámetro usado
0.00 -3.077	Muy baja densidad	Primer quintil
3.077 – 4.473	Baja densidad	Segundo quintil
4.473 – 5.167	Media densidad	Tercer quintil
5.167 – 6.078	Alta densidad	Cuarto quintil
6.078 - 63.08	Muy alta densidad	Quinto quintil

Página 207 de 224















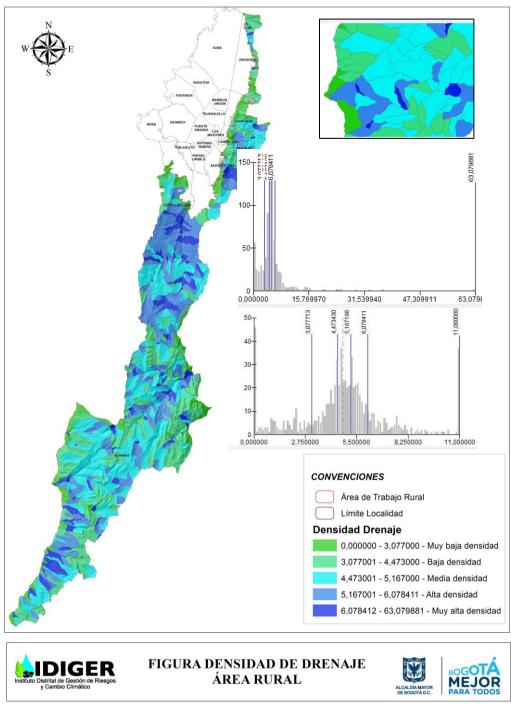


Figura 7-7 Distribución de la densidad de drenaje

Página 208 de 224

















Tabla 7-11 Análisis estadísticos variable Densidad de drenaje

BASE				PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE
Valores densidad de drenaje	Categoría Densidad de drenaje (relativa)	GRID CODE	ÁREA	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI
0.00 -3.077	Muy baja densidad	1	8981,80	210,97	0,0235	0,7657
3.077 - 4.473	Baja densidad	2	97878,88	956,49	0,0098	0,3186
4.473 - 5.167	Media densidad	3	10488,58	166,65	0,0159	0,5180
5.167 - 6.078	Alta densidad	4	493,51	15,14	0,0307	1,0000
6.078 - 63.08	Muy alta densidad	5	297,23	1,35	0,0045	0,1480
		SUMA	118140,00	1350,60	0,0844	2,750
		MAX			0,0307	1

# 7.8 COBERTURA DEL SUELO

La variable cobertura vegetal se analiza en función de las unidades de cobertura, donde los análisis estadísticos muestran que los deslizamientos se presentan en mayor medida en las tierras degradadas y desnudas y en las zonas de extracción minera; en la Tabla 7-12 se muestran los estadísticos por unidad de cobertura vegetal Nivel 3 CLC.

Tabla 7-12 Análisis estadísticos variable cobertura vegetal.

BASE	PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE		
Nivel 3 CLC	NOM	ÁREA	ÁREA (ha)	DESLIZ (%)	NORMALI
Arbustales	Ar	17932,307	96,644	0,005	0,012
Bosque de galería y ripario	Bgr	738,798	14,358	0,019	0,043
Bosque Denso	Bdaf	9743,672	106,179	0,011	0,024
Bosque fragmentado	Bfpc	927,403	20,733	0,022	0,049
Cereales	Cbd	145,252	6,669	0,046	0,101
Cuerpos de agua artificiales	Lo	86,385	0,020	0,000	0,001
Cultivos confinados	Cuc	0,000	0,000	0,000	0,000
Herbazales	Hdina	56290,024	230,219	0,004	0,009
Lagunas, lagos y ciénagas naturales	LI	114,421	0,000	0,000	0,000
Mosaico de cultivos	Msc	824,339	17,207	0,021	0,046
Mosaico de pastos con espacios naturales	Mpen	6121,589	175,020	0,029	0,063
Mosaico de pastos y cultivos	Мрс	4571,300	52,650	0,012	0,025
Otros cultivos transitorios	Oct	2662,454	83,762	0,031	0,069
Pastos arbolados	Pa	576,481	11,989	0,021	0,046
Pastos enmalezados	Pe	129,693	1,762	0,014	0,030
Pastos limpios	Pl	12088,972	301,575	0,025	0,055
Plantación forestal	Pllat	2928,893	37,059	0,013	0,028
Ríos	R	449,614	1,523	0,003	0,007
Tejido urbano continuo	Tuc	288,643	7,424	0,026	0,057
Tejido urbano discontinuo	Tud	186,999	0,294	0,002	0,003
Tierras desnudas y degradadas	Tdd	284,001	129,228	0,455	1,000
Tubérculos	Pap	943,619	29,734	0,032	0,069
Turberas	Trb	0,879	0,000	0,000	0,000

Página 209 de 224















BASE	PROCESOS	DENSIDAD	PUNTAJE		
Zonas de extracción minera	Emc	75,046	26,557	0,354	0,778
Zonas industriales o	Zi				
comerciales	<b>Z</b> I	11,059	0,000	0,000	0,000
Zonas Pantanosas	Zpn	13,984	0,000	0,000	0,000
Zonas quemadas	Zqm	4,167	0,000	0,000	0,000
SUMA		118139,995	1350,605	1,144	2,514
MAX			301,575	0,455	1

# 7.9 ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD

Una vez realizados los análisis de peso por variables, se realiza la combinación relativa respecto a la zona de estudio como se muestra en la Tabla 7-13, estableciendo el peso de cada variable.

Tabla 7-13 Peso de cada variable de susceptibilidad

	Sumatoria Densidad	Máx. Densidad	Sumatoria/máx.	Relación/Total suscep
Variable	Por parámetro	Por parámetro	Relación	Peso de la variable
Geología	0,544	0,377	1,444	5,6%
Fracturamiento	0,053	0,015	3,517	13,6%
Geomorfología	1,423	0,484	2,938	11,4%
Cob. Vegetal	1,144	0,455	2,514	9,7%
Pendiente	0,075	0,015	5,170	20,0%
Curvatura	0,058	0,017	3,448	13,4%
Rugosidad	0,059	0,015	4,016	15,6%
Drenaje	0,084	0,031	2,750	10,7%
Susceptibilidad	3,440	1,408	25,797	100,0%

Se observa que las variables asociadas a los materiales y su estado de fracturamiento pesan 19,2%, la geomorfología o modelado de laderas pesa 11,4%, la cobertura vegetal 9,7%, las variables de relieve pesan 33,4% y las variables de interacción Relieve - Agua pesan 26,3%. Estos porcentajes nos indican que el relieve de la zona rural de Bogotá D.C predomina como el factor que marca la susceptibilidad a la generación de movimientos en masa, en orden de relevancia la pendiente, la rugosidad y la curvatura.

Con estos puntajes se realiza la generación del mapa de susceptibilidad con 5 categorías de igual intervalo representativas de la función normal de los datos; en la Figura 7-8 se presenta la distribución espacial clasificando entre muy baja susceptibilidad a muy alta susceptibilidad. Con dichos polígonos reclasificados en 5 categorías se procedió a verificar el ajuste de la función de susceptibilidad por medio de la contrastación con los procesos morfodinámicos: Se reconoce que el 91,2% de los procesos identificados están categorizados en como alta o muy alta susceptibilidad indicando un ajuste muy satisfactorio de la función (Figura 7-9).

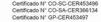
Página 210 de 224















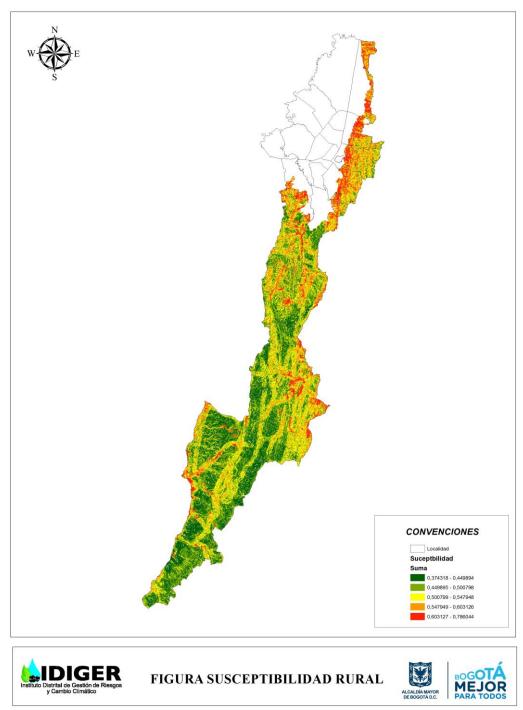


Figura 7-8 Susceptibilidad a los movimientos en masa - Zona Rural Bogotá D.C

Página 211 de 224















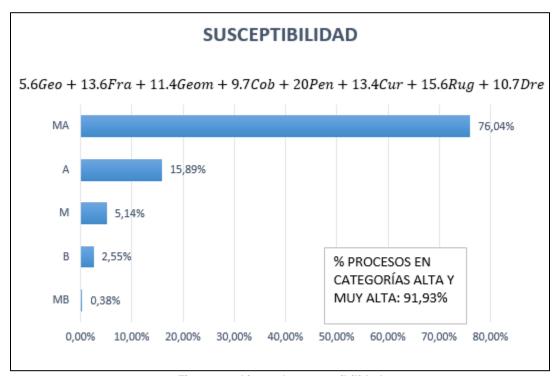


Figura 7-9 Ajuste de susceptibilidad

# 8 IMPLEMENTACIÓN METODOLÓGICA: DETONANTES

La implementación de los factores detonantes y su categorización se presenta en este numeral, así como el resultado del cruce de factores detonantes.

### 8.1 LLUVIA

Como se mencionó en las generalidades metodológicas, el factor lluvia se analizará mediante la lógica difusa (principio Fuzzy) para asignación de puntajes, aplicando la siguiente expresión:

$$Fllu = \frac{Pp - Pmin}{Pmax - Pmin}$$

#### Donde:

*Pp:* Valor de precipitación promedio en cada categoría de análisis (categorías agrupando valores de precipitación de pixel de 250 m por precisión de la interpolación)

*Pmin:* Valor de Precipitación mínima en la zona de estudio *Pmax:* Valor de Precipitación máxima en la zona de estudio

Página 212 de 224









Certificado N° CO-SC-CER453496 Certificado N° CO-SA-CER366134 Certificado N° GP-CER453497

Diseño de políticas para el proceso de Coordinación del Sistema Distrital de Gestió del Riesgo y el Cambio Cimiatico, están de Concerimento y análisis de los residentes de desastres y defectos del cambio climático, gestión para el reasentamiento de la población en alto riesgo, diseño y gestión de la constitucción de obras implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de desastres y de implementación de acciones dirigidas a la mitigación de riesgos de residentes y de procesos de reducción de riesgos y adaptación al cambio climático, dirección coordinación y de desarrollo de actividades operativas e institucionales y del Sistem Distrital de Gestión del Riesgo y Cambio Cilmático (SDCR-CC), relacionadas con l'alantificación, proparación y los sistems para la devicción de los sistems de alent





Las categorías establecidas para el análisis de precipitación fueron por intervalos iguales, es decir tomando la diferencia entre los valores máximo y mínimo de precipitación y dividiendo en 10 intervalos como se muestra en la Tabla 8-1.

Tabla 8-1 Análisis puntajes factor Iluvia

Rango precipitación	Rango precipitación media anual (mm)		Puntaje Fllu
693	782,1	737,55	0,1
782,1	871,2	826,65	0,2
871,2	960,3	915,75	0,3
960,3	1049,4	1004,85	0,4
1049,4	1138,5	1093,95	0,5
1138,5	1227,6	1183,05	0,6
1227,6	1316,7	1272,15	0,7
1316,7	1405,8	1361,25	0,8
1405,8	1494,9	1450,35	0,9
1494,9	1584.0	1539,45	1

Además, se revisó la pertinencia de estas categorías para las cuencas que conforman la zona de estudio ya que se reconoce la presencia de tres cuencas principales: Río Bogotá, Río Blanco y Río Sumapaz que podrían tener un comportamiento independiente. Los datos de precipitación de cada cuenca fueron revisados según su distribución, la cual es sesgada a la derecha, de tal forma que se generaron 5 intervalos para cada cuenca usando la media y quintiles (Ver Tabla 8-2) y se compararon frente a los intervalos definidos con criterio uniforme en el área de estudio, discretizando por colores de gama azul las equivalencias:

Tabla 8-2 Comparación intervalos por cuenca e intervalos definidos

Cuenca	Intervalo	quintiles	Fllu
	693	860	0,1
	861	930	0,3
Río Bogotá	930	977	0,4
	977	1020	0,4
	1020	1143	0,5
	997	1037	0,4
	1038	1063	0,5
Río Blanco	1064	1111	0,5
	1112	1197	0,6
	1198	1423	0,7 - 0,8
	963	1004	0,4
Río Sumapaz	1005	1032	0,4
	1033	1102	0,5
	1103	1331	0,6 -0,7
	1332	1584	0,8 - 1,0

10 interv	Fllu	
693	782,1	0,1
782,1	871,2	0,2
871,2	960,3	0,3
960,3	1049,4	0,4
1049,4	1138,5	0,5
1138,5	1227,6	0,6
1227,6	1316,7	0,7
1316,7	1405,8	0,8
1405,8	1494,9	0,9
1494,9	1584	1

Para cada intervalo de cuenca se observa correspondencia con mínimo una categoría, permitiendo distinguir en mínimo tres categorías diferentes de lluvia y diversidad de

Página 213 de 224

















puntajes por cuenca, lo que garantiza variabilidad de peso en toda la cuenca y por tanto, se considera adecuada la distribución de pesos elaborada para toda la zona de estudio.

#### 8.2 SISMO

Para la variable sismo *Fsis* se realizó un procedimiento similar a la variable lluvia, donde se realizó la asignación de puntajes mediante la lógica difusa (principio Fuzzy) usando los valores de aceleración:

$$FSis = \frac{A0 - A0min}{A0max - A0min}$$

Donde:

A0: Valor de Aceleración para un periodo de retorno 475 años.

A0min: Valor mínimo de Aceleración para un periodo de retorno 475 años en la zona de estudio.

A0max: Valor máximo de Aceleración para un periodo de retorno 475 años en la zona de estudio.

Cada categoría corresponde a un valor de aceleración producto del mapa insumo. En la Tabla 8-3 se presentan los puntajes asignados para cada valor de aceleración.

Tabla 8-3 Análisis puntajes Factor sismo

Valores de A0	Puntaje FSis	
0,11	0,000	
0,12	0,027	
0,13	0,054	
0,14	0,081	
0,15	0,108	
0,16	0,135	
0,17	0,162	
0,18	0,189	
0,19	0,216	
0,20	0,243	
0,21	0,270	
0,22	0,297	
0,23	0,324	
0,24	0,351	
0,25	0,378	
0,26	0,405	
0,27	0,432	
0,28	0,459	
0,29	0,486	
0,30	0,514	
0,31	0,541	
0,32	0,568	
0,33	0,595	

Página 214 de 224













Instituto Distrital de Gestión de Riesgos y Cambio Climático

Valores de A0	Puntaje FSis
0,34	0,622
0,35	0,649
0,36	0,676
0,37	0,703
0,38	0,730
0,39	0,757
0,4	0,784
0,41	0,811
0,42	0,838
0,43	0,865
0,44	0,892
0,45	0,919
0,46	0,946
0,47	0,973
0,48	1,000

# 8.3 FACTOR ANTRÓPICO

El factor antrópico se evalúa desde dos enfoques: los posibles efectos que se generan alrededor de las vías (cortes, rellenos, adecuaciones, cambios en el drenaje, colocación de redes) y la intervención por aprovechamiento y uso del suelo en actividades económicas rurales.

# Efectos viales:

Con el fin de incorporar la intervención antrópica tipo cortes y rellenos asociados a las vías, cambios en el drenaje, paso de redes de acueductos veredales que generen focos de humedad, entre otras actividades observadas alrededor de los ejes viales, se definieron franjas de afectación alrededor de las vías en función de su importancia: 100 m de influencia a cada lado del trazado para vías principales y 50 m de influencia a cada lado para vías secundarias. En la Figura 8-1 se presenta la distribución de las franjas de afectación por vías.







ertificado Nº GP-CER453497





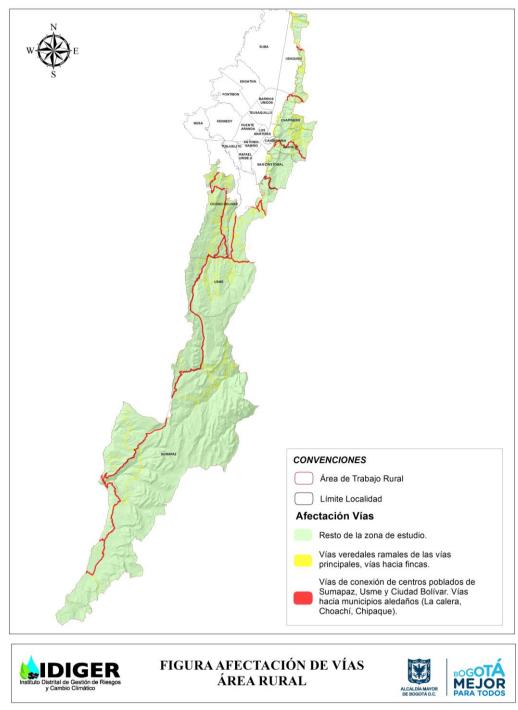


Figura 8-1 Efectos viales y franjas de afectación

Página 216 de 224















Para cada zona se asignó un puntaje de acuerdo con su relevancia jerárquica como se muestra en la Tabla 8-4.

Tabla 8-4 Análisis puntajes variable Factor antrópico – efectos viales.

Zona	TIPO	PUNTAJE
Rural principal	1	1
Rural secundaria	2	0,5
Sin vías cartografiadas	3	0,1

#### Uso del suelo:

Con el fin de incorporar la intervención antrópica relacionada con las actividades económicas de la región que frecuentemente implican cambios en las condiciones originales de la cobertura vegetal de forma positiva o negativa y su efecto protector, se analizaron los cambios en el uso del suelo a partir de los dos mapas de cobertura vegetal existentes en la zona de estudio a la escala requerida.

Para la comparación se cruzaron los polígonos de uso el suelo asociados a las coberturas vegetales de los estudios U. Distrital y U. Nacional, con énfasis en determinar las áreas de los polígonos donde no coincide el uso del suelo como muestra la Tabla 8-5.

Tabla 8-5 Cambios en los cubrimientos del uso del suelo con base en comparación de coberturas vegetales

Tipo de Uso	U. Distrital (ha)	U. Nacional (ha)	Coincidencia %	Cambio %
Coberturas asociadas uso agrícola o similar	22625.26	26846.53	118.6 %	+ 18.0%
Asentamiento menor	546.58	646.32	118.2 %	+ 18.2 %
Conservación	92689.33	78679.31	84.9%	- 15.0%
Forestal	3100.87	3654.70	117.8%	+ 18.0%
Infraestructura	21.6	22.23	102.9%	+ 2.9%
Minero	449.6	441.35	98.1%	- 1.9%
Otro	1507.88	1500.8	99.9	0.0%

Nota: A cada cobertura vegetal se asimiló un uso del suelo para comparación, en las áreas cubiertas por ambas capas; las capas origen no tenían el mismo énfasis y técnica de generación por lo cual pueden existir variaciones en los valores de cambio si se plantea un escenario estricto.

Como resultado, se observa que los usos del suelo con variaciones porcentuales son el uso agropecuario (incluyendo agrícola y ganadero) que aumentó un 18%, el asentamiento menor aumentó un 17%, la vegetación asociada a conservación disminuyó un 15% y las plantaciones forestales aumentaron un 18%; los usos minero, de infraestructura y otro se mantuvieron sin cambios. Con base en estos porcentajes de aumento y disminución, se realizó un análisis Fuzzy de pertenencia para asignación de puntajes que se relacionan con el impacto del uso actual del suelo en la estabilidad; dicha relación se realizó elaborando una categorización cualitativa relativa (Muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo) a cada uso del suelo. Los resultados que se presentan en la Tabla 8-6.

Página 217 de 224















Tabla 8-6 Análisis Fuzzy de la variable antrópica usando los cambios en el uso del suelo

Uso del suelo	Valor Cambio	Puntaje Fuzzy por cambio	Impacto cambio
Otro	1	0,455	Medio
Agropecuario	1,18	1,000	Muy alto
Asentamiento menor	1,17	0,970	Alto
Conservación	0,85	0,000	Muy bajo
Forestal	1,18	1,000	Muy alto
Infraestructura	1	0,455	Medio
Minero	1	0,455	Medio

Por otro lado, se realizó una verificación de la distribución de los movimientos en masa respecto al uso del suelo asumiendo que es un factor que siempre estaría involucrado en los deslizamientos, con resultados que se presentan en la Tabla 8-7. Con los puntajes de este análisis se realizó una categorización cualitativa relativa (Muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo) para representar el impacto que tiene la densidad de eventos en cada uso del suelo.

Tabla 8-7 Análisis de densidad de deslizamientos para la variable antrópica Uso del suelo

Uso del suelo	Área Unidad	Área procesos	DENSIDAD	PUNTAJE	Impacto por
OSO del Suelo	Area Officac	Area procesos	DESLIZ (%)	NORMALI	densidad
Agropecuario	26163,05	649,562	0,0248	0,0598	Medio
Asentamiento menor	801,91	12,391	0,0155	0,0372	Bajo
Conservación	88199,52	614,292	0,0070	0,0168	Muy bajo
Forestal	3314,98	52,037	0,0157	0,0378	Bajo
Minero	143,98	53,581	0,3721	0,8957	Muy alto
Infraestructura	22,31	0,000	0,0000	0,0000	Muy bajo
Otro	311,06	129,228	0,4154	1,0000	Muy alto
SUMA	118956,81	1511,091	0,8505	2,0472	
MAX		649,562	0,4154	1,0000	

Por último, se combinaron los criterios de cambio de uso del suelo y densidad de deslizamientos usando una matriz cualitativa de relevancia (Ver Tabla 8-8) para definir la categoría de detonante de cada Uso del suelo y el puntaje en una escala relativa, siendo 0.2 el puntaje de categoría Muy Bajo impacto y 1 el puntaje de categoría Muy Alto impacto.

Tabla 8-8 Matriz cualitativa de relevancia – Cambio de Uso y densidad de deslizamientos

Cambio - densidad	Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
Muy bajo	Muy bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio
Bajo	Bajo	Bajo	Medio	Medio	Alto
Medio	Bajo	Medio	Medio	Medio	Alto
Alto	Medio	Medio	Medio	Alto	Muy alto
Muy Alto	Medio	Alto	Alto	Muy alto	Muy alto













Tabla 8-9 Asignación de puntaje Variable antrópica - Uso del suelo

Uso del suelo	Impacto cambio	Impacto por densidad	Impacto	Puntaje
Otro	Medio	Muy alto	Alto	0,8
Agropecuario	Muy alto	Medio	Alto	0,8
Asentamiento menor	Alto	Medio	Medio	0,6
Conservación	Muy bajo	Muy bajo	Muy bajo	0,2
Forestal	Muy alto	Bajo	Alto	0,8
Infraestructura	Medio	Muy bajo	Bajo	0,4
Minero	Medio	Muy alto	Alto	0,8

#### 8.4 **RESULTADOS FACTORES DETONANTES**

En la Figura 8-2 se presenta la distribución de puntajes de cada detonante; una vez se realiza la combinación espacial de los factores detonantes con los puntajes determinados, se obtiene una cobertura de IDet con puntajes entre 0.002 y 0.761 como se presenta en la Figura 8-3 (resultado del cruce clasificado en 5 categorías).

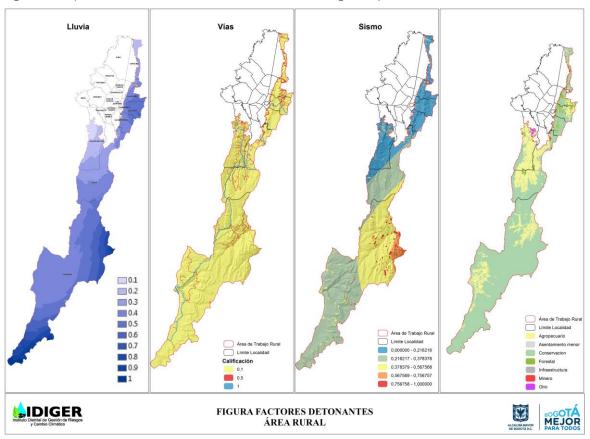


Figura 8-2 Distribución espacial de puntajes factores detonantes

Página 219 de 224













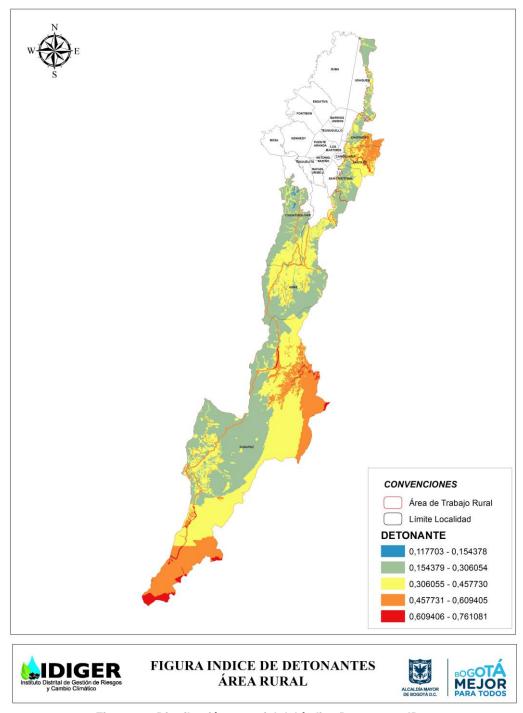


Figura 8-3 Distribución espacial del índice Detonantes IDet

Página 220 de 224



















# 9 ZONIFICACIÓN DE LA AMENAZA

Como se mencionó en el proceso metodológico, al sumar los valores de susceptibilidad y detonantes se obtiene el puntaje total de amenaza, con resultados de valores entre 0.35 y 1.47. La distribución de los datos es acampanada con sesgo a la derecha, con algunos valores extremos discontinuos los cuales no se contabilizan para efectos de los análisis de distribución, la cual se analizó en su forma original y normalizada (aplicando función logaritmo) para determinar los mejores criterios de categorización de la amenaza.

Para las dos distribuciones (original y normalizada) se aplicaron varios criterios de categorización como: Límites de 3 cuantiles, Rupturas naturales o natural Breaks, Media y Desviación estándar, Intervalos iguales, las cuales se compararon con dos insumos de relevancia: los procesos morfodinámicos (% procesos categorizados como amenaza media y alta) y la transición con la zonificación de la zona urbana (comparación visual de correspondencia de criterios) a fin de escoger la de mayor representatividad.

Al comparar con los procesos morfodinámicos como primer criterio de escogencia se determinó que los métodos de categorización probables con mayor ajuste son los cuantiles (por el sesgo de la distribución) e intervalos iguales: de los cuantiles se reconoce un buen ajuste en el límite superior de la amenaza media y su transición a la amenaza alta ya que permite diferenciar una buen cantidad de los movimientos en masa activos, mientras que la categorización por intervalos iguales otorga un límite adecuado entre la amenaza baja y media porque permite incluir en la categoría media la mayor cantidad de área de procesos cartografiados (94,8%). En la Tabla 9-1 se resumen los criterios estadísticos para la categorización de la amenaza y en la Figura 9-1 se presenta la distribución de los datos.

Tabla 9-1 Categorización de la amenaza

CATEGORÍA	VALORES	DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA	OBSERVACIONES
Baja	(ISusc + IDet) < 0,85	Límite por intervalos iguales, coincide con el pico de la distribución acampanada	Ajustado a dos decimales.
Media	0,85 ≤ (ISusc + IDet) < 1,07	Límite inferior por intervalo igual y límite superior por cuantiles.	Cubren estadísticamente el 95% del área de movimientos en masa
Alta	(ISusc + IDet) ≥ 0,85	Límite por cuantiles.	

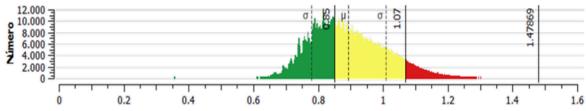


Figura 9-1 Distribución datos zonificación de Amenaza

Página 221 de 224

















Considerando que se asignó el mismo peso a la susceptibilidad y a los detonantes se normaliza la suma de los mismos obteniendo la amenaza indicativa la cual da valores entre 0 y 1; lo anterior no afecta los intervalos de categorización de amenaza definidos:

# IAmenaza = (ISusc + IDet)/2

Con los rangos obtenidos se realizó la comparación del mapa rural con el mapa obtenido para la zona urbana, donde se observa una buena transición y una correspondencia de criterios. En la Figura 9-2 se presenta el mapa rural de movimientos en masa de Bogotá D.C. El mapa producto de este trabajo se presenta a escala 1:25.000 en formato SIG y PDF.

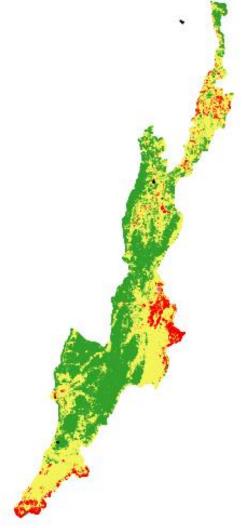


Figura 9-2 Zonificación de Amenaza área rural de Bogotá, D.C

La descripción de las categorías de amenaza se describen en la Tabla 9-2.

Página 222 de 224















Tabla 9-2 Descripción de las categorías de amenaza

CATEGORÍAS	DESCRIPCIÓN		
Baja	Zonas de muy baja susceptibilidad a movimientos en masa por su baja a media pendiente, poca curvatura, baja rugosidad, media a muy alta densidad de drenaje, así como rocas de mayor dureza y menor fracturamiento, que combinadas con una baja influencia antrópica, menor lluvia y aceleración sísmica generar un escenario de buena estabilidad.		
	Se recomienda mantener las condiciones actuales del terreno para evitar aumento de la susceptibilidad y amenaza.		
Media	Zonas de susceptibilidad media a alta por su media a alta pendiente del terreno, concavidad de la ladera, media a alta rugosidad y baja a media densidad de drenaje, así como depósitos fluvioglaciares, rocas blandas o intermedias y fracturamiento medio a alto, que combinadas con una incidencia media de la lluvia y sismo y alta intervención antrópica generar un escenario de estabilidad intermedio.		
	Ya que la susceptibilidad de las laderas y los materiales es media a alta, se reconoce la importancia de controlar la intervención antrópica como variable detonante que sensibiliza el cambio de amenaza de media a alta, así como la necesidad de controlar los efectos del agua en el terreno, lo cual permitiría mantener las laderas en la misma categoría o incluso reclasificarlas a Amenaza Baja.		
	En particular, la categoría de amenaza media está marcada por las áreas de pendientes medias a altas con uso del suelo agrícola o con presencia de pastos (vegetación no protectora), para lo cual se recomienda compatibilizar los usos del suelos con la aptitud de uso del suelo y verificar con ello si las condiciones de amenaza se mantienen o se revalúan.		
Alta	Zonas de susceptibilidad alta por su pendiente del terreno, mayor concavidad, alta rugosidad y baja densidad de drenaje que dificulta la escorrentía y favorece la infiltración e inexistencia de coberturas vegetales protectoras, así como depósitos cuaternarios de baja resistencia y rocas blandas o intermedias altamente fracturadas, que combinadas con intervención antrópica y alta presencia de eventos lluviosos generan zonas inestables o metaestables.		
	Se destacan en alta amenaza las zonas con intervención antrópica por efectos viales y que en alrededores se presentan actividades económicas que han generado cambios en el uso del suelo, retirando las coberturas vegetales protectoras y facilitando la actuación de la lluvia; además, las áreas con la mayor pluviosidad de la zona como el oriente y extremo sur de la localidad de Sumapaz tienen una mayor probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa por la mayor intensidad y recurrencia del evento detonante.		
	Para las zonas incluidas en esta categoría se recomienda detallar los efectos de la intervención antrópica (conflicto o no de uso del suelo) a fin de revisar su recategorización o el planteamiento de los condicionamientos del suelo a que haya lugar, especialmente porque la zonificación plantea un escenario de continuación de la intervención antrópica.		

La leyenda resumida del mapa de zonificación de amenaza por movimientos en masa obtenido se presenta en la Tabla 9-3. Vale la pena mencionar que la categorización y las recomendaciones están en función de la información disponible y la escala de trabajo. Para el caso de sitios puntuales como los centros poblados, se deben remitir a la zonificación detallada de los sitios.

Página 223 de 224

















#### Tabla 9-3 Levenda resumida de las categorías de amenaza

# CATEGORÍAS DE AMENAZA INDICATIVA POR MOVIMIENTOS EN MASA PARA SUELO **RURAL**

# **AMENAZA ALTA** Zonas que actualmente

**ZONAS O ÁREAS EN** 

presentan movimientos masa activos y zonas con alta susceptibilidad de inestabilidad de las laderas. Presentan una incidencia alta a moderada de los factores detonantes lluvia. sismo antrópico. У La probabilidad espacial ocurrencia de movimientos en masa es alta, con Índices de Amenaza Relativa mayores a 0,54.

# ZONAS O ÁREAS EN AMENAZA MEDIA

Zonas que actualmente evidencian movimientos en masa activos pero que presentan una susceptibilidad media inestabilidad de las laderas, en algunos casos con presencia de procesos erosivos desde moderados hasta intensos. En general las pendientes van de medias a muy altas. Presentan una incidencia moderada factores detonantes Iluvia, sismo y antrópico. La probabilidad espacial de ocurrencia de movimientos en masa es media, con Índices de Amenaza Relativa entre 0,43 y 0,54.

# **ZONAS O ÁREAS EN AMENAZA BAJA**

Zonas que actualmente no evidencian movimientos masa activos o latentes, presentan una susceptibilidad baja de inestabilidad de las laderas. En general las pendientes van de baias a medias. Presentan incidencia baja a moderada de los factores detonantes Iluvia, antrópico. sismo La probabilidad espacial ocurrencia de movimientos en masa es baja, con Índices de Amenaza Relativa menores a 0.43.

Página 224 de 224















### 10 BIBLIOGRAFÍA

- Casagrande, A. (1936). Characteristics of cohesionless soils affecting the stability of slopes and earth fills: Contributions to soil mechanics. *Boston Society of Civil Engineers*, 1925–1940.
- Corominas, J. (1989). Clasificación y reconocimiento de los movimientos de ladera. In J. Corominas (Ed.), *Estabilidad de taludes y laderas naturales* (pp. 1–30). Zaragoza, España: Sociedad Española de Geomorfología.
- Corominas, J., & García, A. (1997). Terminología de los movimientos de laderas. In *IV* Simposio Nacional sobre Taludes y Laderas Inestables (pp. 1051–1072). Granada, España.
- Crosta, G. (1996). Landslide spreading, deep seated gravitational deformation: analysis, examples, problems and proposals. In *Geografía Física y Dinámica Cuaternaria*, v.19 (pp. 297–313).
- Cruden, D. M. (1991). A Simple definition of a landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, *43*, 27–29.
- Cruden, D. M., & Varnes, D. J. (1996). Landslide types and processes. In K. Turner & R. L. Schuster (Eds.), Landslides investigation and mitigation: Washington D. C, National Academy Press, Transportation Research Board Special Report 247 (pp. 36–75).
- Evans, S. G., & Hungr, O. (1993). The analysis of rock fall hazard at the base of talus slopes. Canadian Geotechnical Journal, 30, 620–636.
- Goodman, R. E., & Bray, J. W. (1976). Toppling of rock slopes. In *Specialty Conference on Rock Engineering for Foundations and slopes* (pp. 201–234). Boulder, Colorado.
- Hoek, E., & Bray, J. W. (1981). *Rock slopes engineering*. London, England: Institution of Mining and Metallurgy.
- Hungr, O. (2005). Classification and terminology. In M. Jakob & O. Hungr (Eds.), *Debris flow hazard and related phenomena* (pp. 9–23). Chichester, UK: Springer-Praxis.
- Hungr, O., Evans, S. G., Bovis, M., & Hutchinson, J. N. (2001). Review of the classification of landslides of the flow type. *Environmental and Engineering Geoscience*, 7, 22–238.
- Hungr, O., Rawlings, G., & Evans, S. G. (2004). The occurrence and classification of massive rock slope failure. In *Felsbau Vienna*, *Austria*, (Vol. 22, pp. 16–23).
- Hutchinson, J. N. (1988). Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology. In *5th International Conference on Landslides* (pp. 3–35). Lausanne.
- INGEOCIM. (1998). Zonificación por inestabilidad de laderas para varios sectores de Bogotá. Bogotá D.C.
- INGEOMINAS. (2001). Geología de la plancha 227 La Mesa, 1–80.
- Jakob, M. (2005). Debris flow hazard analysis. In M. Jakob & O. Hungr (Eds.), *Debris flow hazard and related phenomena* (pp. 413–443). Chichester, UK: Springer-Praxis.
- Lobo-Guerrero, A. (1992). Geología e Hidrogeología de Santafé de Bogotá y su Sabana. *VII Jornadas Geotecnicas de La Ingenieria de Colombia*, 1–20. Retrieved from http://www.logemin.com/eng/Download/pdf/16\_Geologia\_hidrogeologia\_Sabana\_Bog ota.pdf
- Ordoñez, M. C. (2014). *Influencia de las fallas transversales en el comportamiento de ondas sísmicas en el sur de la Sabana de Bogotá*. Universidad Nacional de Colombia. Retrieved from http://www.bdigital.unal.edu.co/45434/

Página 225 de 224















- Pierson, T. C. (2005). Hyperconcentrated flow transitional process between water flow and debris flow. In M. Jakob & O. Hungr (Eds.), Debris flow hazard and related phenomena (pp. 159-202). Chichester, UK: Springer-Praxis.
- Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, P. G. (2007). Movimientos en Masa en la Región Andina: Una guía para la evaluación de amenazas. Publicación Geológica Multinacional, 4(0717-3733), 432.
- Servicio Geológico Colombiano SGC. (2015). Memoria explicativa de la plancha geológica Bogotá NE-228.
- Universidad Nacional de Colombia UNAL. (2013). Elaboración del mapa de remoción en masa del suelo rural de Bogotá D. C., para su incorporación al Plan de Ordenamiento Territorial POT, a escala 1:25000. Bogotá D.C.
- Varnes, D. J. (1978). Slope movements types and processes. In S. R. & Krizek R. (Eds.), Landslides analysis and control - Transportation Research Board Special Report 176 (pp. 9-33). Washington D. C.: National Academy Press.













### 11 ANEXOS

Hace parte integral de este documento técnico de soporte, los siguientes anexos, los cuales se adjuntan en medio magnético:

ANEXO A: TABLA INFORMACIÓN SECUNDARIA RURAL

ANEXO B: DIAGNOSTICOS CON LLUVIA ANTECDENTE

ANEXO C: CATALOGO 2001-2016 MM RURAL

ANEXO D: INVENTARIO DE PROCESOS RURAL- DIAGNÓSTICOS

ANEXO E: ANÁLISIS ESTADÍSTICOS



Página 227 de 224







