

## TABLA DE CONTENIDO

<b>5</b>	<b>CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....</b>	<b>6</b>
5.1	MEDIO ABIÓTICO .....	6
5.1.2	Geomorfología .....	6
5.1.2.1	Morfometría .....	11
5.1.2.2	Morfogénesis .....	16
5.1.2.3	Morfodinámica .....	59
5.1.2.4	Análisis de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa .....	80
5.1.2.5	Análisis susceptibilidad movimientos en masa e Inventario Minero .....	98
5.1.2.6	Análisis susceptibilidad movimientos en masa e Inventario procesos erosivos .....	101

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 5-1	CLASIFICACIÓN POR RANGO DE PENDIENTES.....	12
TABLA 5-2	ATRIBUTOS PARA LA CALIFICACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS.....	17
TABLA 5-3	DISTRIBUCIÓN MOVIMIENTOS EN MASA MUNICIPIOS APE COR15.....	61
TABLA 5-4	DISTRIBUCIÓN TIPOS DE EROSIÓN MUNICIPIOS APE COR15.....	68
TABLA 5-5	RELACIÓN CANTERAS CON TÍTULO MINERO E INSTRUMENTO AMBIENTAL .....	74
TABLA 5-6	DISTRIBUCIÓN CANTERAS EN LOS MUNICIPIOS APE COR15 .....	76
TABLA 5-7	DISTRIBUCIÓN INVENTARIO MINERO EN LOS MUNICIPIOS APE COR15 .....	79
TABLA 5-8	CALIFICACIÓN ATRIBUTO FABRICA .....	83
TABLA 5-9	CALIFICACIÓN ATRIBUTO RESISTENCIA .....	83
TABLA 5-10	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR GEOLOGÍA .....	84
TABLA 5-11	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR GEOMORFOLOGÍA.....	86
TABLA 5-12	CALIFICACIÓN TEXTURA DE SUELOS.....	89
TABLA 5-13	CALIFICACIÓN TAXONOMÍA DE SUELOS A NIVEL DE ORDEN .....	89
TABLA 5-14	CALIFICACIÓN DEL DRENAJE NATURAL DEL SUELO .....	90
TABLA 5-15	CALIFICACIÓN DE PROFUNDIDAD TOTAL, TOMADO IDEAM, 2009.....	90
TABLA 5-16	CALIFICACIÓN DEL TIPO DE ARCILLA.....	91
TABLA 5-17	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD SUELOS .....	91
TABLA 5-18	CATEGORIZACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA PROFUNDIDAD EFECTIVA.....	93
TABLA 5-19	CATEGORIZACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA VARIABLE DRENAJE PROFUNDO .....	93
TABLA 5-20	CATEGORIZACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA VARIABLE NÚMERO DE ESTRATOS.....	94
TABLA 5-21	CATEGORIZACIÓN Y CALIFICACIÓN DE LA VARIABLE NÚMERO DE ESTRATOS.....	94
TABLA 5-22	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD COBERTURAS.....	94
TABLA 5-23	DISTRIBUCIÓN CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA MUNICIPIOS COR 15	97

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 5-1 ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, PROPUESTO POR SGC (2012).....	6
FIGURA 5-2 MAPA DE MORFOESTRUCTURAS DE COLOMBIA, PROPUESTO POR SGC (2012) .....	7
FIGURA 5-3 MAPA DE PROVINCIAS DE COLOMBIA, PROPUESTO POR SGC (2012).....	8
FIGURA 5-4 MAPA DE REGIONES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	9
FIGURA 5-5 MAPA DE SUBUNIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	10
FIGURA 5-6 DIAGRAMA DE ATRIBUTOS DE LA VARIABLE GEOMORFOLOGÍA .....	11
FIGURA 5-7 DIAGRAMA DE ATRIBUTOS DE LA VARIABLE MORFOMETRÍA .....	12
FIGURA 5-8 MAPA DE PENDIENTES ÁREA DE INTERÉS DEL PROYECTO COR-15.....	14
FIGURA 5-9 MAPA DE RUGOSIDAD COR15.....	15
FIGURA 5-10 MAPA DE ACUENCA (COR15).....	16
FIGURA 5-11 FORMATO INVENTARIO CONTROL UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN CAMPO.....	18
FIGURA 5-12 ÁREAS DE SEDIMENTACIÓN ACTIVA (DER) SECTOR PUENTE REYES, (IZQ) VEREDA DIDAMON	58
FIGURA 5-13 ÁREAS DE EROSIÓN ACTIVA VEREDA BUNTÍA EN EL MUNICIPIO DE BETEITIVA .....	59
FIGURA 5-14 CLASIFICACIÓN DE DESLIZAMIENTOS (VARNES, 1996) .....	60
FIGURA 5-15 DISTRIBUCIÓN MOVIMIENTOS EN MASA MUNICIPIOS APE COR15.....	61
FIGURA 5-16 DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES Y TRASLACIONALES.....	64
FIGURA 5-17 ESQUEMA REPTACIÓN DE SUELOS.....	65
FIGURA 5-18 MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN DE SUELOS, UBICADO SOBRE LA VÍA PRINCIPAL CORRALES - TASCO, VDA SANTA BÁRBARA, SECTOR EL TEJAR.....	66
FIGURA 5-19 CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE LOS PROCESOS EROSIVOS .....	67
FIGURA 5-20 DISTRIBUCIÓN TIPOS DE EROSIÓN MUNICIPIOS APE COR15.....	68
FIGURA 5-21 CLASIFICACIÓN TIPOLOGÍA PROCESOS EROSIVOS .....	69
FIGURA 5-22 PROCESOS EROSIVOS TIPO CÁRCAVAS Y SURCOS SOBRE VÍA SECUNDARIA QUE CONDUCE DESDE LA CABECERA MUNICIPAL A VEREDA QUEBRADAS DEL MUNICIPIO DE BUSBANZA .....	70
FIGURA 5-23 ETAPAS DEL PROCESO DE EROSIÓN HÍDRICA.....	71
FIGURA 5-24 EROSIÓN HÍDRICA, PROCESO EROSIVO TIPO CÁRCAVAS Y SURCOS, VEREDA CUSAGOTA, SECTOR EL TAMERO DEL MUNICIPIO DE BUSBANZA .....	72
FIGURA 5-25 EROSIÓN HÍDRICA, PROCESO EROSIVO TIPO CÁRCAVAS Y SURCOS, AFECTACIÓN ACTIVIDAD MINERA VEREDA COSTA RICA DEL MUNICIPIO DE TASCO.....	72
FIGURA 5-26 FORMATO INVENTARIO PROCESOS EROSIVOS - CANTERAS EIA-COR15.....	73
FIGURA 5-27 FORMULARIO INVENTARIO CANTERAS- BASE DE DATOS ACCESS .....	74
FIGURA 5-28 DISTRIBUCIÓN CANTERAS EN LOS MUNICIPIOS APE COR15 .....	75
FIGURA 5-29 FORMATO INVENTARIO MINERO EIA-COR15 .....	77
FIGURA 5-30 FORMULARIO INVENTARIO MINERO - BASE DE DATOS ACCESS.....	78
FIGURA 5-31 DISTRIBUCIÓN INVENTARIO MINERO EN LOS MUNICIPIOS APE COR15.....	79
FIGURA 5-32 USO DE SIG PARA EL ANÁLISIS HEURÍSTICO DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA 81	
FIGURA 5-33 ASPECTOS METODOLÓGICOS ANÁLISIS DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE FENÓMENOS DE REMOCIÓN EN MASA 82	
FIGURA 5-34 SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR GEOLOGÍA .....	85
FIGURA 5-35 CRITERIOS PARA LA CALIFICACIÓN DEL ATRIBUTO MORFOGENÉTICO.....	86
FIGURA 5-36 SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR GEOMORFOLOGÍA .....	88
FIGURA 5-37 SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR SUELOS .....	92
FIGURA 5-38 SUSCEPTIBILIDAD TOTAL POR COBERTURAS .....	95
FIGURA 5-39 DISTRIBUCIÓN MOVIMIENTOS EN MASA (A) - SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA (B) 96	
FIGURA 5-40 DISTRIBUCIÓN CATEGORÍAS DE SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA MUNICIPIOS COR 15 98	
FIGURA 5-41 ANÁLISIS INVENTARIO MINERO Y SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	101
FIGURA 5-42 ANÁLISIS PROCESOS EROSIVOS Y SUSCEPTIBILIDAD POR MOVIMIENTOS EN MASA .....	102

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

FOTOGRAFÍA 5-1 ESPOLÓN ESTRUCTURAL GLACIADO (GEE), SECTOR LA PACHERA DEL MUNICIPIO DE GÁMEZA	19
FOTOGRAFÍA 5-2 SIERRA ANTICLINAL GLACIADA (GSAG), EN LÍMITES DE LOS MUNICIPIOS DE TASCO Y CORRALES	20
FOTOGRAFÍA 5-3 LADERA DE CONTRAPENDIENTE DE SIERRA SINCLINAL GLACIADA (GSSLC) EN LÍMITES DE LOS MUNICIPIOS DE CORRALES Y GAMEZA	21
FOTOGRAFÍA 5-4 CORONA DEL DESLIZAMIENTO Y PANORÁMICA DE LA POBLACIÓN AFECTADA	22
FOTOGRAFÍA 5-5 CERRO ESTRUCTURAL (SCE), EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	22
FOTOGRAFÍA 5-6 ESPOLÓN FACETEADO MODERADO DE LONGITUD LARGA (SEFCML), EN EL MUNICIPIO DE BETEITIVA	23
FOTOGRAFÍA 5-7 ESPOLÓN FACETEADO MODERADO DE LONGITUD MEDIA (SEFCMM), EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	24
FOTOGRAFÍA 5-8 ESPOLÓN FESTONEADO MODERADO DE LONGITUD LARGA (SEFESML), EN EL MUNICIPIO DE BETEITIVA	25
FOTOGRAFÍA 5-9 ESPOLÓN BAJO DE LONGITUD CORTA (SESBC), EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	25
FOTOGRAFÍA 5-10 ESPOLÓN BAJO DE LONGITUD LARGA (SESBL), EN LOS MUNICIPIOS DE CORRALES Y BUSBANZA	26
FOTOGRAFÍA 5-11 ESPOLÓN BAJO DE LONGITUD MEDIA (SESBM), EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	27
FOTOGRAFÍA 5-12 ESPOLÓN MODERADO DE LONGITUD LARGA (SESML), EN LOS LÍMITES DE LOS MUNICIPIOS DE BUSBANZA Y BETEITIVA	27
FOTOGRAFÍA 5-13 ESPOLÓN MODERADO DE LONGITUD MEDIA (SESMM), EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	28
FOTOGRAFÍA 5-14 ESPOLÓN MODERADO DE LONGITUD MEDIA (SESMM), EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	29
FOTOGRAFÍA 5-15 LADERA ESTRUCTURAL (SLE), EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	29
FOTOGRAFÍA 5-16 LADERA DE CONTRAPENDIENTE DE SIERRA ANTICLINAL (SSALC), LOCALIZADO EN EL SECTOR MORALES, DEL MUNICIPIO DE CORRALES	30
FOTOGRAFÍA 5-17 LADERA ESTRUCTURAL DE SIERRA ANTICLINAL (SSALE), EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	31
FOTOGRAFÍA 5-18 LADERA DE CONTRAPENDIENTE DE SIERRA HOMOCLINAL (SSHLC) EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	31
FOTOGRAFÍA 5-19 LADERA ESTRUCTURAL DE SIERRA HOMOCLINAL (SSHLE) EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	32
FOTOGRAFÍA 5-20 SIERRA Y LOMO DE PRESIÓN (SSLP), EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	33
FOTOGRAFÍA 5-21 SIERRA Y LOMO DE PRESIÓN (SSLP) EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	33
FOTOGRAFÍA 5-22 LADERA ESTRUCTURAL DE SIERRA SINCLINAL (SSSLE) EN EL MUNICIPIO DE BETEITIVA	34
FOTOGRAFÍA 5-23 CIMA (DC), LOCALIZADA EN LA VEREDA EL TOBO, MUNICIPIO DE BUSBANZA	35
FOTOGRAFÍA 5-24 CONO Y LÓBULO COLUVIAL Y DE SOLIFLUXIÓN (DCO), VEREDA CUSAGOTA, MUNICIPIO DE BUSBANZA	35
FOTOGRAFÍA 5-25 COLINA REMANENTE DISECTADA (DCRED), VEREDA CENTRO, MUNICIPIO DE BUSBANZA	36
FOTOGRAFÍA 5-26 COLINA RESIDUAL MUY DISECTADA (DCRMD), VEREDA DOS QUEBRADAS, MUNICIPIO DE BUSBANZA	37
FOTOGRAFÍA 5-27 CONO DE TALUS (DCT), VEREDA SANTA BÁRBARA, MUNICIPIO DE TASCO	37
FOTOGRAFÍA 5-28 CONO DE DESLIZAMIENTO INDIFERENCIADO (DDI), SECTOR LA ERA VIEJA, MUNICIPIO DE TASCO	38
FOTOGRAFÍA 5-29 ESCARPE DE EROSIÓN MAYOR (DEEM), VEREDA REYES PATRIA SECTOR LA VEGA, MUNICIPIO DE CORRALES	39
FOTOGRAFÍA 5-30 ESCARPE DE EROSIÓN MENOR (DEEME), VEREDA MODECA, MUNICIPIO DE CORRALES	40
FOTOGRAFÍA 5-31 GLASIS DE ACUMULACIÓN (DGA), VEREDA SANTA BARBARA, MUNICIPIO DE TASCO	40
FOTOGRAFÍA 5-32 LOMO DENUDADO BAJO DE LONGITUD CORTA (DLDEBC), VEREDA CORRALES, MUNICIPIO DE CORRALES	41
FOTOGRAFÍA 5-33 LOMO DENUDADO BAJO DE LONGITUD LARGA (DLDEBL), MUNICIPIO DE BUSBANZA	42

FOTOGRAFÍA 5-34 LOMO DENUDADO BAJO DE LONGITUD MEDIA (DLDEBM), MUNICIPIO DE BUSBANZA.....	43
FOTOGRAFÍA 5-35 LOMO DENUDADO BAJO DE LONGITUD LARGA (DLDEML), MUNICIPIO DE BUSBANZA .....	43
FOTOGRAFÍA 5-36 LOMO DENUDADO MODERADO DE LONGITUD MEDIA (DLDEMM), MUNICIPIO DE CORRALES	44
FOTOGRAFÍA 5-37 LOMERIOS DISECTADOS (DLDI), MUNICIPIO DE CORRALES, VEREDA MODECA .....	45
FOTOGRAFÍA 5-38 LADERA EROSIVA (DLE), MUNICIPIO DE CORRALES, VEREDA MODECA .....	45
FOTOGRAFÍA 5-39 LADERA EROSIVA (DLDM), MUNICIPIO DE CORRALES, VEREDA MODECA .....	46
FOTOGRAFÍA 5-40 LADERA ONDULADA (DLO), LOCALIZADA EN LA VEREDA REYES PATRIA, EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	47
FOTOGRAFÍA 5-41 LOMA RESIDUAL (DLOR), LOCALIZADA EN EL SECTOR LA MANO DE LA HORQUETA, EN EL MUNICIPIO DE CORRALES .....	47
FOTOGRAFÍA 5-42 SIERRA DENUDADA (DSD), LOCALIZADA EN LÍMITES ENTRE LOS MUNICIPIOS DE BETÉITIVA Y CORRALES	48
FOTOGRAFÍA 5-43 BARRA LONGITUDINAL (FBL), VEREDA DE DIAMON, MUNICIPIO DE CORRALES.....	49
FOTOGRAFÍA 5-44 CAUCE ALUVIAL (FCA), RÍO CHICAMOCHA, SECTOR EL BUJIO, MUNICIPIO DE CORRALES	50
FOTOGRAFÍA 5-45 PLANO O LLANURA DE INUNDACIÓN (FPI), SECTOR SAN NICOLAS EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA	50
FOTOGRAFÍA 5-46 TERRAZA DE ACUMULACIÓN (FTA) Y ESCARPE DE TERRAZA DE ACUMULACIÓN (FTAE), CAUCE ALUVIAL (FCA) RÍO CHICAMOCHA, SECTOR EL BUJIO, MUNICIPIO DE CORRALES .....	51
FOTOGRAFÍA 5-47 TERRAZA DE ACUMULACIÓN ANTIGUA (FTAN) SECTOR EL CENTRO MUNICIPIO DE CORRALES	52
FOTOGRAFÍA 5-48 TERRAZA DE ACUMULACIÓN SUBRECIENTE (FTAS) SECTOR EL TABLÓN MUNICIPIO DE CORRALES	52
FOTOGRAFÍA 5-49 TERRAZA DE EROSIÓN (FTE) SECTOR LAS TAPIAS EN EL MUNICIPIO DE CORRALES.....	53
FOTOGRAFÍA 5-50 TERRAZA DE EROSIÓN (FTE) SECTOR LAS TAPIAS EN EL MUNICIPIO DE BUSBANZA .....	54
FOTOGRAFÍA 5-51 ESCARPE DE TERRAZA DE EROSION (FTAE) SECTOR CENTRO EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	54
FOTOGRAFÍA 5-52 LOMERÍOS POCO DISECTADOS (DLPD) VEREDA MODECA EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	55
FOTOGRAFÍA 5-53 PLANICIE ALUVIAL CONFINADA (FPAC) VEREDA SANTA BARBARA EN EL MUNICIPIO DE TASCO	56
FOTOGRAFÍA 5-54 SUPERFICIES DE EXPLANACIÓN (ASP) VEREDA CORRALES EN EL MUNICIPIO DE CORRALES	57
FOTOGRAFÍA 5-55 CANTERAS (AC) SECTOR ALTO EL VOLADOR EN EL MUNICIPIO DE CORRALES .....	57
FOTOGRAFÍA 5-56 MOVIMIENTO EN MASA TIPO CAÍDA DE ROCA Y DETRITOS SOBRE LA VÍA CORRALES TASCO, VDA, REYES PATRIA.....	63
FOTOGRAFÍA 5-57 MOVIMIENTO EN MASA TIPO CAÍDA DE ROCA Y DETRITOS SOBRE LA VÍA CORRALES TASCO, VDA, REYES PATRIA.....	63
FOTOGRAFÍA 5-58 MOVIMIENTO EN MASA TIPO TRASLACIONAL, VÍA SECUNDARIA HACIA VDA. BUENA VISTA, MARGEN DERECHA DE LA ESCUELA JUANA ESCOBAR .....	64
FOTOGRAFÍA 5-59 MOVIMIENTO EN MASA TIPO TRASLACIONAL, VÍA SECUNDARIA HACIA VDA. BUENA VISTA, MARGEN DERECHA DE LA ESCUELA JUANA ESCOBAR .....	64
FOTOGRAFÍA 5-60 PANORÁMICA MOVIMIENTO EN MASA TIPO REPTACIÓN DE SUELOS, UBICADO SOBRE LA VÍA PRINCIPAL CORRALES - TASCO, VDA SANTA BÁRBARA, SECTOR EL TEJAR .....	66
FOTOGRAFÍA 5-61 EROSIÓN EÓLICA, PROCESO EROSIVO TIPO CÁRCAVAS Y SURCOS SOBRE LA VÍA PRINCIPAL QUE COMUNICA LA CABECERA MUNICIPAL A LA VEREDA BUENAVISTA, MARGEN DERECHO DE LA QUEBRADA GUASQUIN .....	71
FOTOGRAFÍA 5-62 CANTERA MATERIAL INVOLUCRADO ARENISCA, PROCESO EROSIVO TIPO CÁRCAVAS, SURCOS Y LAMINAR, VEREDA HORMEZAQUE DEL MUNICIPIO DE TASCO.....	76
FOTOGRAFÍA 5-63 ASPECTOS MINEROS: CARACTERÍSTICAS INCLINADAS, BAJADAS, CRUZADAS .....	99

FOTOGRAFÍA 5-64 RECURSO HÍDRICO: CUERPOS DE AGUA, TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES MINERAS, ESCORRENTÍA Y LLUVIAS .....	99
FOTOGRAFÍA 5-65 RECURSO SUELO: BOTADEROS, MANEJO DE ESTÉRILES, SUBSIDENCIA .....	100
FOTOGRAFÍA 5-66 RECURSO AIRE: BOTADEROS, MANEJO DE ESTÉRILES, SUBSIDENCIA INVENTARIO MC15_48. MUNICIPIO CORRALES – REYES PATRIA .....	100

## 5 CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 5.1 MEDIO ABIÓTICO

#### 5.1.2 Geomorfología

La geomorfología tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre, así como la descripción, evolución y entendimiento del comportamiento actual dentro de la interacción de los diferentes procesos de tipo endógeno y exógeno. De esta forma se desarrolla la identificación y descripción de las diferentes características geomorfológicas que intervienen y se desarrollan dentro del Área de interés COR-15, para posteriormente y mediante la selección de atributos de evaluación y cuantificación de susceptibilidad, establecer un insumo relevante en el cálculo de la zonificación de amenazas por movimientos en masa.

Al realizar una valoración de los componentes de la información cartográfica del terreno, las unidades geológicas aflorantes y los procesos morfodinámicos existentes en el área de estudio COR-15, se adopta como esquema de jerarquización los lineamientos propuestos por Carvajal (2008), con escala de detalle propuesto para escala de 1:10.000 y 1:25.000 a nivel de Subunidad Geomorfológica. (Ver **Figura 5-1**).



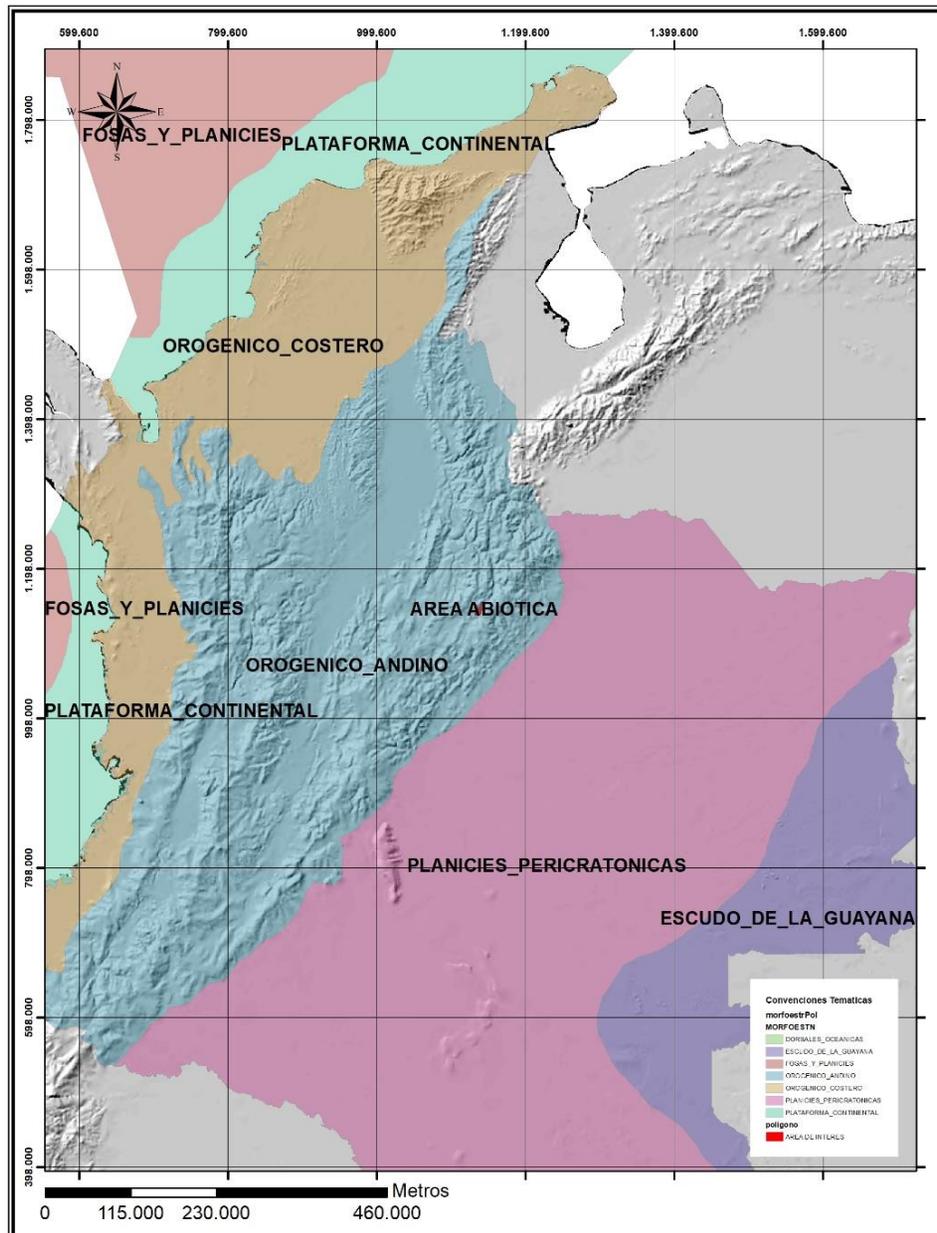
**Figura 5-1 Esquema de jerarquización Geomorfológica, propuesto por SGC (2012)**

*Fuente: Carvajal, 2008*

A continuación, se describen los resultados de la jerarquización de las formas del terreno del área de interés COR-15, siguiendo la metodología del SGC-2012.

➤ **Geomorfoestructura**

Según la metodología SGC define la Geomorfoestructura como “grandes megageoformas de origen tectónico tales como: Escudos, cratones, plateaux orogénicos, grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y rift valley, plataformas y cinturones orogénicos” SGC (2012). Por lo anterior el área de interés se ubica dentro de la geomorfoestructura concerniente al orógeno andino. (Ver **Figura 5-2**).

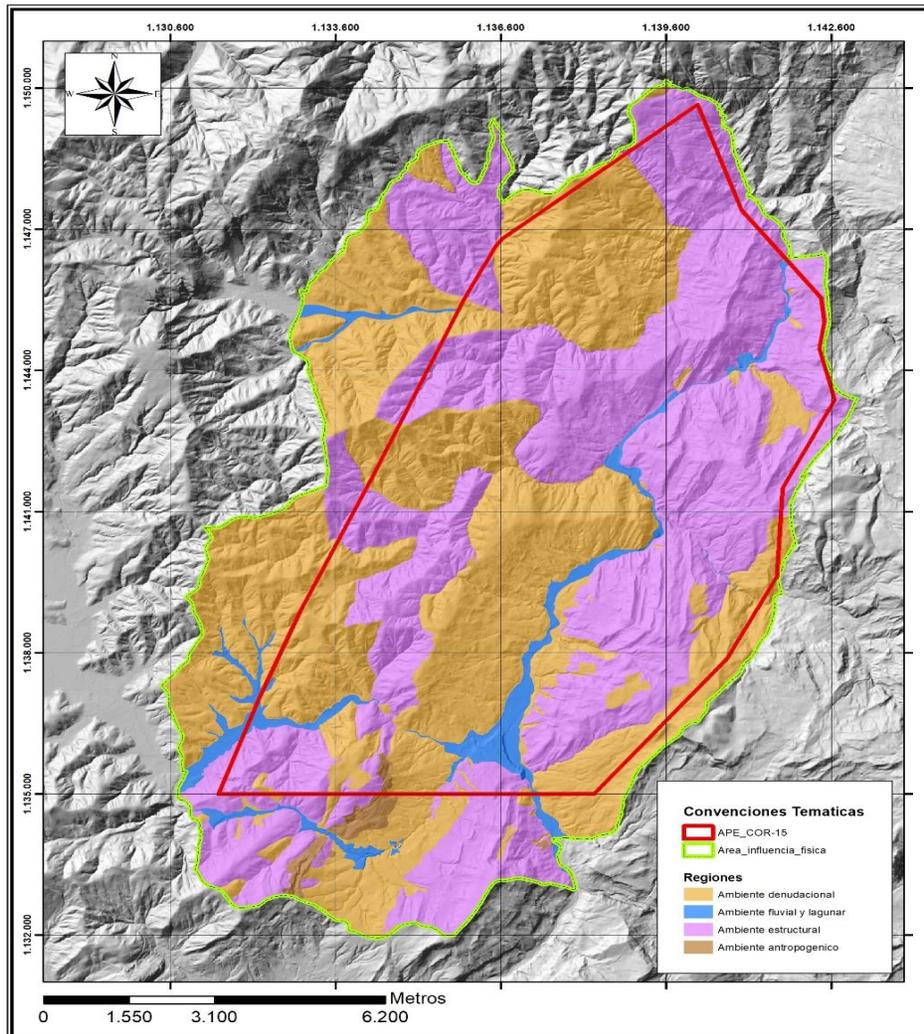


**Figura 5-2 Mapa de morfoestructuras de Colombia, propuesto por SGC (2012)**  
Fuente: Tomado y modificado SGC (2012)



### ➤ Región

La región se define como: “Agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente, definidas por ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomórficos parecidos. Ej: planicies aluviales, serranías denudacionales, edificios volcánicos, serranías casticas, planicies antrópicas” SGC-2012. Por lo tanto, en el área de estudio se identifican ambientes morfogenéticos de tipo antropogénico, denudacional, estructural, fluvial y glacial. (Ver Figura 5-4).



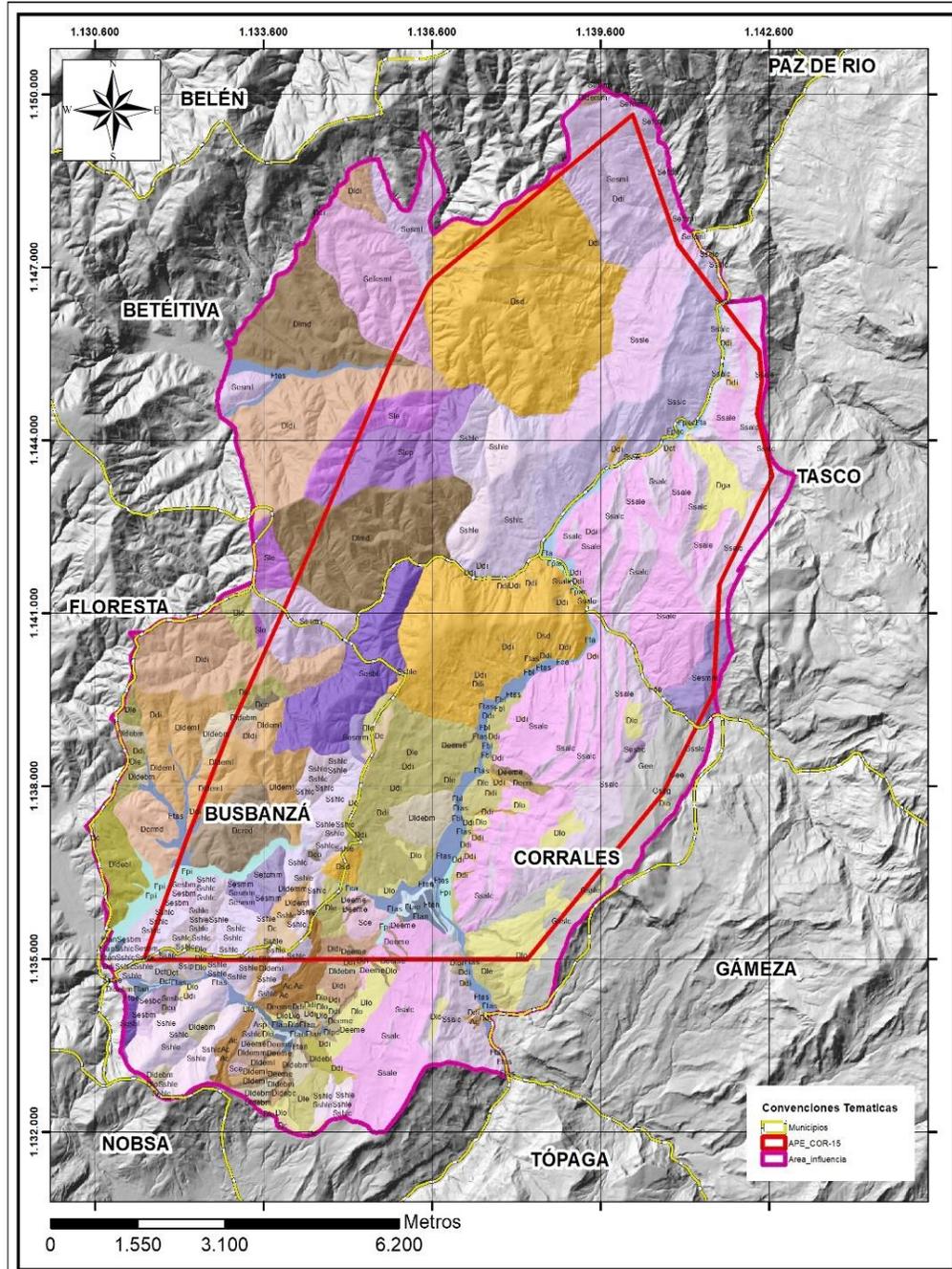
**Figura 5-4 Mapa de regiones del área de estudio**

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

### ➤ Unidades y Subunidades

Las unidades y subunidades geomorfológicas son contrastes morfológicos y morfométricos que relacionan el tipo de material o la disposición estructural con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente, esta se define por el contraste de las formaciones superficiales asociadas a

procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y deposición, las subunidades pertenecientes al área de estudio se relacionan a continuación en la **Figura 5-5**.



**Figura 5-5 Mapa de subunidades del área de estudio**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Para el desarrollo de esta temática, se aplicó el diagrama de atributos esquematizado en la (Figura 5-6), el cual establece el peso porcentual de cada uno de éstos (morfometría, morfodinámica y morfogénesis), dentro de la variable geomorfología, inmersa en el Documento Metodológico del SGC, y referenciada a través del siguiente planteamiento matemático:

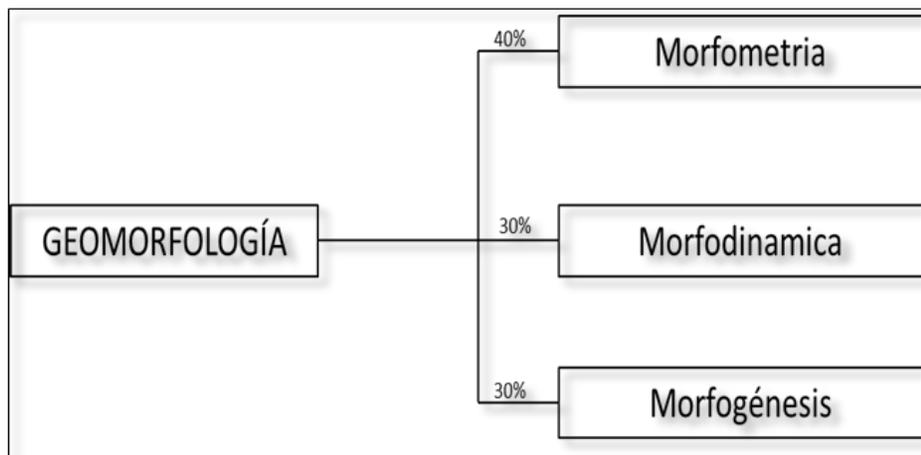
$$Ge = Mm (40\%) + Md (30\%) + Mg (30\%)$$

Dónde: Ge = Geomorfología

Mm = Morfometría

Md = Morfodinámica

Mg = Morfogénesis

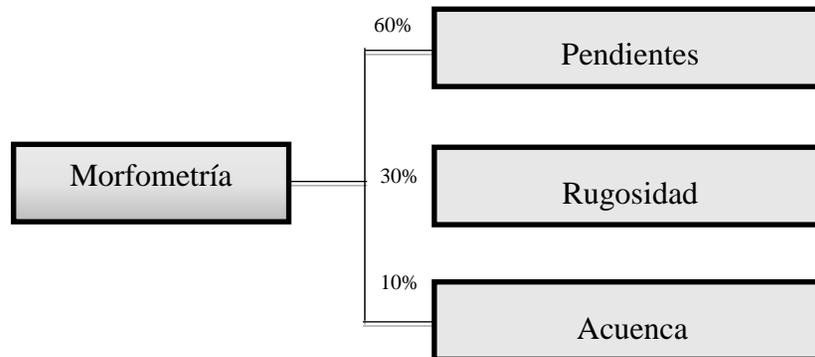


**Figura 5-6 Diagrama de Atributos de la variable Geomorfología con sus respectivos porcentajes**

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014 (pág. 50)*

#### 5.1.2.1 Morfometría

Define las relaciones espaciales relativas de la unidad morfológica e incluye aspectos morfográficos dentro del proceso de valoración y cuantificación. La morfometría evalúa parámetros representados en términos de pendiente, rugosidad y acuenca, usando como insumo principal el modelo digital de elevación (DEM) y que posteriormente son procesados aritméticamente. Su proceso evaluativo se esquematiza en la Figura 5-7.



**Figura 5-7 Diagrama de Atributos de la variable Morfometría con sus respectivos porcentajes**

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014*

$$Mm = Pe (60\%) + Ru (30\%) + Ac (10\%)$$

Dónde: Mm = Morfometría

Pe = Pendientes

Ru = Rugosidad

Ac = Acuenca

#### ➤ Mapa de Pendientes

Representa el ángulo de inclinación de las laderas, su valor se expresa en porcentaje 0 - 100. Para el desarrollo de la temática se emplearon los rangos de pendientes propuestos por el INGEOMINAS hoy Servicio Geológico Colombiano en la "Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para la zonificación geomecánica" del 2004, ver en la siguiente **Tabla 5-1**.

**Tabla 5-1 Clasificación por rango de pendientes**

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Ligeramente plana	1-3%	(b)
Ligeramente inclinada	3-7%	(c)
Moderadamente inclinada	7-12%	(d)
Fuertemente inclinada	12-25%	(e)
Ligeramente escarpada o ligeramente empinada	25-50%	(f)
Moderadamente escarpada o moderadamente empinada	50-75%	(g)

DESCRIPCIÓN	PORCENTAJE	CLASIFICACIÓN
Fuertemente escarpada o fuertemente empinada	75-100%	(h)

Fuente: Adaptación SGC, 2004

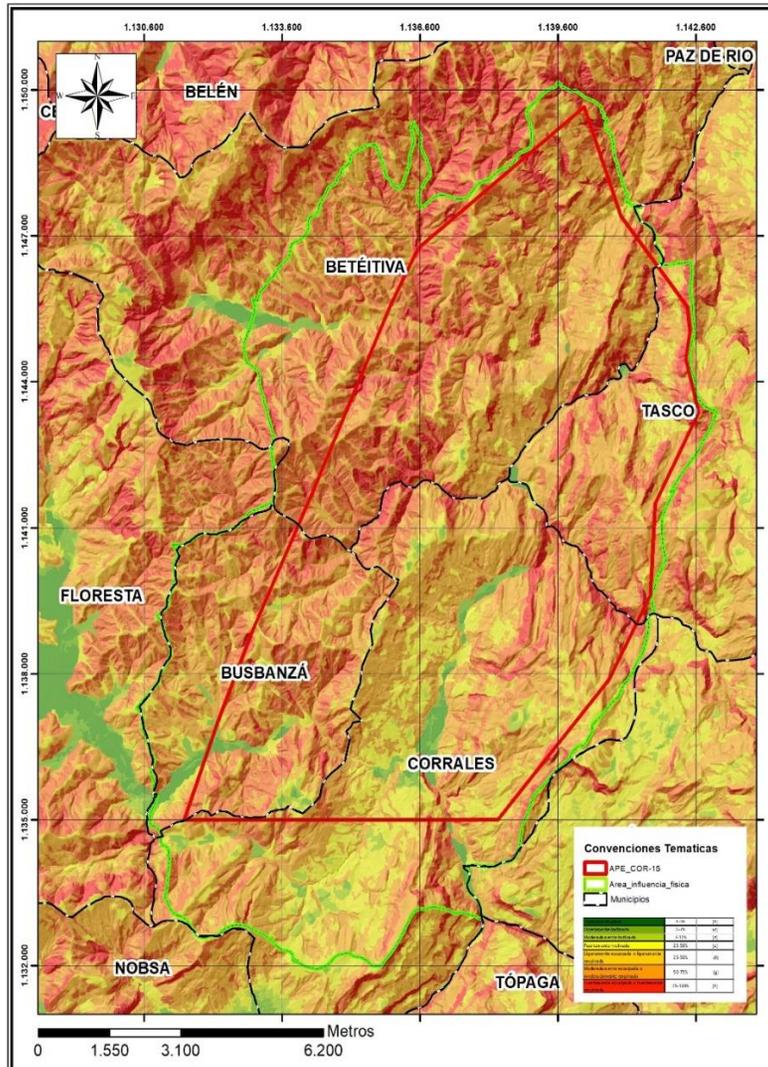
Mediante procesamiento SIG se calculó el valor de las pendientes, aplicada al Modelo Digital de Elevación del Área de interés, donde se observan variabilidad en las condiciones topográficas abarcando desde pendientes planas a totalmente escarpadas con alturas que varían desde 2381 hasta 3512 m.s.n.m.

El área cubierta COR15, abarca tres regiones fisiográficas: la vertiente occidental de la Cordillera Oriental, la Cordillera Oriental y parte de la vertiente oriental de la Cordillera Oriental. La cual se caracteriza por ser una región quebrada con pendientes que van a nivel (1-3 %) hasta fuertemente escarpadas (100%), alturas de difícil acceso y grandes cañones propios de la acción denudativa de los ríos en un cinturón plegado y levantado como lo es la Cordillera Oriental.

El Municipio de Corrales ostenta una variación en los rangos de pendientes presentando pendientes ligeramente y moderadamente inclinadas a lo largo de el cauce del río Chicamocha principalmente, rangos inclinados a escarpados adyacente a las pendientes más bajas y pendientes fuertemente escarpadas al NW y NE del municipio en las veredas Reyes patria y Buenavista.

El municipio de Busbanzá de igual forma que el municipio de Corrales presenta variación en los rangos de las pendientes presentando cerca del casco urbano las pendientes más bajas desde ligeramente planas a ligeramente inclinadas pero su mayor rango abarca las pendientes que van desde fuertemente inclinadas hasta los rangos más altos como las pendientes fuertemente escarpadas hacia la parte NE de su cabecera municipal en las veredas Quebrada, Tonemi y Cusagota.

El municipio de Tasco presenta hacia el costado SW de su cabecera municipal pendientes que varían principalmente desde inclinadas hasta fuertemente escarpadas en las veredas Canelas, Santa Barbara y San Isidro, el municipio de Beteitiva presenta en las inmediaciones de la vereda Otenga pendientes planas a inclinadas y predominancia de pendientes moderada a fuertemente escarpadas a lo largo de su centro urbano, y las veredas Saurca, Buntia, Boiquia y Divaquia, esta tendencia está enmarcada debido a la geología particular que se presenta en el sector como se puede apreciar a continuación en la **Figura 5-8**.



**Figura 5-8 Mapa de pendientes Área de Interés del Proyecto COR-15**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

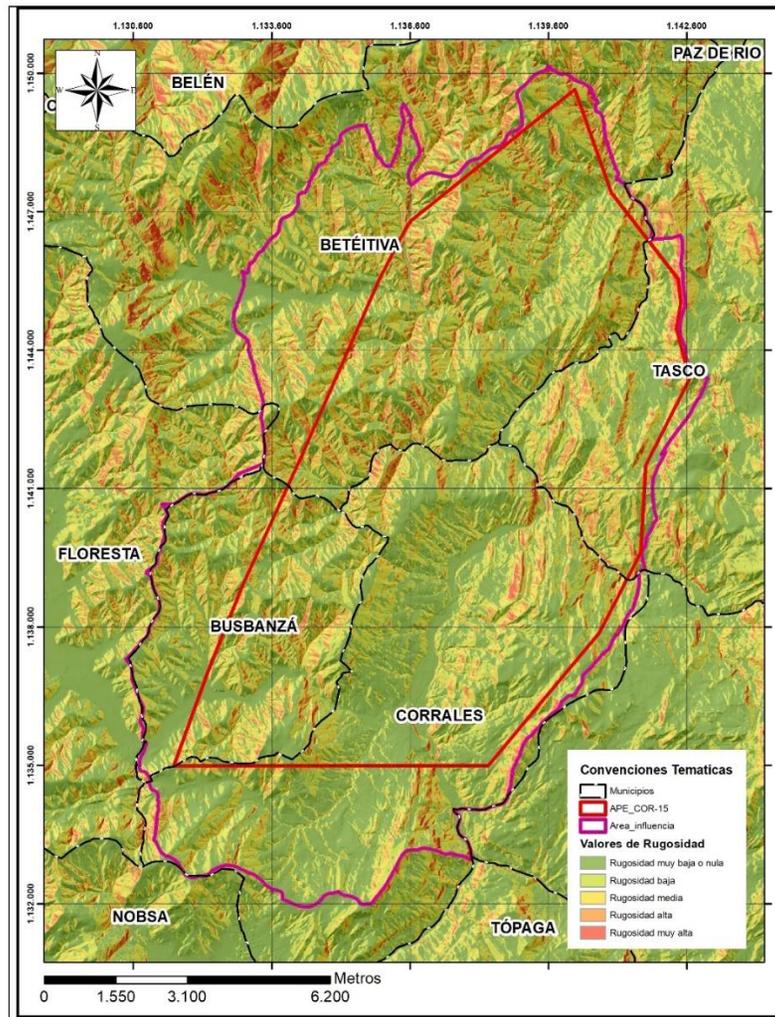
### ➤ Mapa de Rugosidad

Esta variable se define como la variación de la pendiente en un área y representa la desviación del vector normal a la superficie en cada celda, estableciendo los límites de taludes y laderas tanto en las zonas de valle como en las crestas. Esta es correlacionable con la susceptibilidad a los movimientos en masa, en el sentido en que, a mayor rugosidad, mayor favorabilidad de infiltración de agua en el terreno.

Aunque en las laderas es común encontrar variabilidades de rugosidades que van desde muy alta a bajas, en las áreas de laderas escarpadas se hacen más notorias las mayores rugosidades, mientras que los interfluvios amplios y las áreas ocupadas por las partes bajas de los valles.

De acuerdo a la clasificación de la rugosidad que se encuentra en el área de estudio se presenta una mayor ocurrencia de fenómenos de movimientos en masa en el municipio de corrales en las

veredas de reyes patria y buena vista donde se observan rugosidades que van desde bajas a muy altas que junto con otros factores inciden en la ocurrencia de dicho fenómeno, los municipios de Tasco y Beteitiva presentan esporádicos movimientos en masa. (Ver **Figura 5-9**).



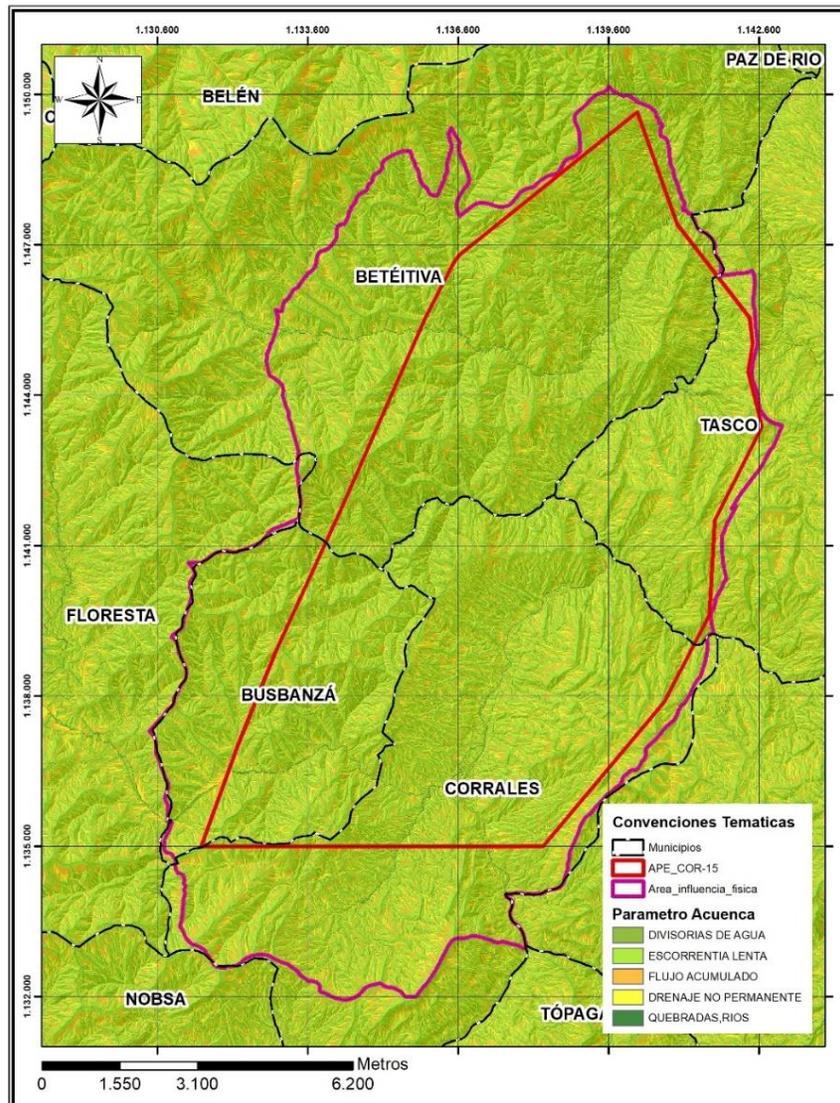
**Figura 5-9 Mapa de Rugosidad COR15**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

### ➤ Mapa de Acuenca

Hace parte de un atributo que aporta información referente a los flujos y las zonas de acumulación hídrica sobre una ladera de escorrentía, donde se involucra la evaluación de las direcciones de flujo a favor de la pendiente, las acumulaciones de las vertientes y el área mínima de análisis (Pixel); Para de esta forma, establecer la estructuración de la variable ACUENCA. De este modo el área de la cuenca está relacionada con la cantidad de agua la cual es capaz de recoger e infiltrar en un terreno, a mayor superficie más agua infiltrada y más posibilidades de desarrollar inestabilidad el terreno. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 58.

Los municipios que hacen parte del área de estudio no presentan favorabilidad a la acuenca ya que se caracteriza por presentar escorrentía lenta principalmente siendo su cauce de mayor relevancia el Río Chicamocha el cual atraviesa los municipios de Corrales y los límites municipales de Tasco y Betétiva donde a su paso por estos municipios es alimentado de cauces secundarios. (Ver **Figura 5-10**).



**Figura 5-10 Mapa de Acuenca (COR15)**

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

### 5.1.2.2 Morfogénesis

La morfogénesis hace parte del proceso de identificación, delimitación y descripción de las formas del terreno, basado en la relación de origen y la interacción dinámica entre agentes endógenos y exógenos tales como el agua, el hielo, el viento y actividades antrópicas. Estos procesos actúan sobre la superficie terrestre en intervalos de tiempo diferentes.

La información morfogenética, se representa en forma de unidades geomorfológicas. Los parámetros de evaluación morfométrica permiten caracterizar una geoforma en su orden espacial individual y en su entorno. La morfogénesis junto a la morfocronología, recopila, explica y sintetiza la evolución geológica del relieve y sus modelados.

Para la calificación de este atributo en el área COR-15, se consideraron las tablas de calificaciones del documento metodológico propuesto por el Servicio Geológico Colombiano (SGC). En esta guía se clasifican las unidades según el ambiente, el origen y el modelado agradacional o degradacional y según sea el caso, se le asigna un rango de calificación de susceptibilidad que va desde 0 para una susceptibilidad baja hasta 4 para rangos de susceptibilidad alta, tal y como se aprecia en la **Tabla 5-1**.

#### ➤ Unidades Geomorfológicas de la Zona de Estudio

En el área COR-15, se identificaron cuatro ambientes morfogenéticos, dentro de los cuales; los ambiente glacial, estructural, denudacional y fluvial son los que predominan como se observa en la (**Tabla 5-2**).

**Tabla 5-2 Atributos para la Calificación de las Unidades Geomorfológicas**

Ambiente	Origen	Proceso Genético	Modelado		Rango de calificación	
			Agradación	Degradación	Agradación	Degradación
Costero	0	1	1	0	2	1
Fluvial	0	1	1	0	2	1
Eólico	1	1	1	0	3	2
Kárstico	1	1	1	0	3	2
Volcánico	2	0	1	0	3	2
Antrópico	2	1	1	0	4	3
Denudacional	2	1	1	0	4	3
Glacial	2	1	1	0	4	3
Estructural	3	0	0	0	4	3
		Exógeno	1	Agradacional	1	
		Endógeno	0	Degradacional	0	

Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 68)

- Formatos de campo

Para el control del inventario de unidades geomorfológicas se utiliza el formato suministrado y modificado por EIA COR-15, ver **Figura 5-11**.

GEOMORFOLOGÍA		CÓDIGO	VERSIÓN
FORMULARIO DE CAMPO			
<b>PROYECTO</b>			
Fecha	Día _____ Mes _____ Año _____		
Descripción realizada por			
Localización	Departamento _____	Municipio _____	
	Corregimiento _____	Vereda _____	
	Casero _____	Predio _____	
Coordenadas ( Magnas Sirgas, Origen Bogotá)	Este _____	Norte _____	
Litología			
Clases por geoestructuras y ambiente Morfogenético			
	C Cordillera, Orogeno	S Estructural	
	G Megasecuencia de Sedimentación	F Denudacional	
	F Escudo, Cartón	D Depositional	
		R Residual	
Clases por Paisaje			
	A Altiplanicie, Altillanura	P Piedemonte	
	L Lomerío	R Planicie/ Llanura	
	M Montaña	V Valle	
	S Superficie de apalnamiento (Peniplanicie, penillanura)		
Clases por Ambiente Mofogenetico del Paisaje			
	A Aluvial	R Residual	
	B Glaci- Estructural	V Volcánico	
	C Coluvial	W Glacio- volcánico	
	D Diluvial	X Coluvio-aluvial	
	K Disolucional	Y Fluvio-marino	
	E Eólica	Z Fluvio-lacustre	
	F Fallada o dosociada	T Volcánico-erosional	
	G Glaciárico	O Erroional-estructural	
	H Fluvio- gravitacional		
Clases por Tipos de relieve (Ver tabla N° 1)			
Clases por formas de terreno (Ver tabla N° 2)			
Pendiente			
Gradiente	a Plana a ligeramente plana (0-3%)	Longitud	Corta < 50m
	b Ligeramente inclinada (3-7%)		Media 50-100 m
	c Moderadamente inclinada (7-12%)		Larga 100-300m
	d Fuertemente inclinada (12-25%)		Muy Larga 300m
	e Ligeramente escarpada (25-50%)		
	f Moderadamente escarpada (50-75%)		
	g Fuertemente inclinada (75-100%)		
	h Escarpada (>100%)		
		Forma	Recta
			Convexa
			Cóncava
			Compleja
			Irregular
Descripción de la forma del terreno			
Grado de Erosión	No disecado	Formas de las cimas del relieve	Agudas
	Ligeramente disecado		Dentadas
	Moderadamente disecado		Planas
	Fuertemente disecado		Redondea
		Microrelieve	Escarpes
			Gigal
			Hormiguesos
			Microdepresión
			Rizamientos por pata de vaca
			Zurales o talucos
			Termiteros
			Arenas Moviles
			Otros
Clases y tipos de erosión superficial			
Erosión Hídrica	Laminar	Movimientos en masa por traslocacionales	Flujos terrosos
	Surcos		Flujos de lodos
	Cárcavas		Deslizamientos traslaciones( cicatriz de despegue, golpes d
	Laminar y surcos		Deslizamientos Rotacionales ( Superficiales abalancada o banquete)
	Surcos y Cárcavas		Desplomes (caídas)
	Laminar, surcos y cárcavas		Desprendimientos
	Laminar y cárcavas		Derrumbe
	Ravin o barranco		Reptación
Pluvial, Fluvial	Escarpes de rivera		Movimiento complejos
	Depresión o deflación u hoyo		Soilflujión laminar plastica ( pata devaca, terracetas)
Erosión Eólica	Reg barcan		Soilflujión líquida (lupas, camellones o escarceos)
	Pavimento del desierto	Mov. En masa por	Soilflujión, depresiones pseudocarsiticas
Erosión Hídrica	Acantilados		Zurales p reticular
Costero Lacustre	Terraza de erosión de ola	Grados de erosión	Ligero
	Superficies de acanamiento		Moderado
Erosión Glaciár	Rocas aborregadas		Severo
			Muy severo
Clases de evidencias de erosión superficial y movimiento en masa			
	A Acumulación de tierra alrededor de árboles, piedras y cercas		
	E Corriente de agua fangosa despues de la lluvia		
	F Encorvado de árboles en dirección de la pendiente		
	G Inclinación de postes y cercas en dirección de la pendiente		
	I Rizamiento en los suleos arenosos y/o desgarramiento		
	J Volcamiento y/O desgarramiento de las plantas en la dirección del viento		
	B Alforamiento de horizontes		
	C Cárcavas		
	D Canales pocos profundos		
	H Remolinos de polvo		
	K Otros ( Surquillos, calvas)		
OBSERVACIONES			
Fuente: Información tomada del INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTIN CODAZZI. (IGAC Instructivo para los Levantamientos de Suelos ( Manual de Cpodigos) Grupo Internode Trabajo Levantamiento de Suelos, Cod: P40200-01/10. Versión 1 2010.31. p.) / Ajustado por COR15_2018			

**Figura 5-11 Formato inventario control unidades geomorfológicas en campo**  
Fuente: UPTC – INCITEMA, 2019

➤ **Ambiente Glacial**

- Espolón estructural glaciado (Gee)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los límites de los municipios de Gámeza y corrales, en las veredas reyes Patria y Guanto, desarrollándose principalmente sobre el depósito fluvial del neógeno (Naa). Estos espolones consisten en una saliente simétrica aguda de morfología alomada y laderas cortas a muy largas entre 200 m y 1.200 m, pendientes muy inclinadas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 15° y 45°, su origen obedece a procesos erosivos glaciales (Ver **Fotografía 5-1**).



**Fotografía 5-1 Espolón estructural glaciado (Gee), sector la Pachera del municipio de Gámeza**  
N: 1137581, E: 1138428. Az: 330  
Fuente: UPTC-INCITEMA, 2019

- Sierra anticlinal glaciada (Gsag)

Unidad presente en el municipio de Corrales en la vereda reyes Patria en el sector de las Jetas, desarrollándose sobre rocas de la formación labor y tierna (Kslt), esta unidad representa el ambiente glacial y periglacial, y consiste en una sierra elongada de morfología montañosa a colinada de cimas o crestas agudas a subredondeadas, que siguen el eje de un anticlinal, formado por el arqueamiento o combadura de los estratos o capas que se inclinan divergentemente a partir de su eje. Su origen se asocia al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial de los estratos blandos dejando localmente depresiones de exaración, se presenta como concavidades poco desarrolladas, con susceptibilidad media a presentar movimientos en masa, con un patrón de drenaje subparalelo, la unidad presenta pendientes muy abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 30° y 45°. (Ver **Fotografía 5-2**).



**Fotografía 5-2 Sierra anticlinal glaciada (Gsag), en límites de los Municipios de Tasco y Corrales**  
N: 1139837, E: 1140367. Az 129  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera contrapendiente sierra sinclinal glaciada (Gsslc)

Unidad presente en los municipios de Corrales y tasco en las veredas de tenería, reyes patria y san Antonio, en los sectores reyes patria, el rodeo, el espinal, la mesa y pochovo. Desarrolladas sobre rocas del Paleógeno y Cretácico superior de las formaciones Arcillas de Socha (E2as), Arenisca Tierna (K2K5lt), Areniscas de Socha (E1ars), Guaduas (K2K6gg). Geomorfológicamente representa laderas cortas a moderadamente largas, de forma irregular y escalonada, con rangos de pendiente que oscilan entre los 30° y 45°, es decir de muy abruptas a escarpadas, con patrón de drenaje subparalelo, con estratos en contra de la pendiente del terreno. Su origen se asocia al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial, se manifiesta como concavidades poco desarrolladas. La ladera ha sufrido procesos erosivos por acción del hielo (**Fotografía 5-3**), sobre esta unidad se han cartografiado movimientos de tipo deslizamiento traslacional, caídas (detritos y rocas).



**Fotografía 5-3 Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal glaciada (Gsslc) en límites de los municipios de Corrales y Gameza  
N: 1137581, E: 1138428. Az 35  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Ladera estructural sierra sinclinal glaciada (Gssle)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de tasco y corrales, en las veredas reyes y san Antonio en los sectores el espinal, la joya y el rancho reyes patria, asociada a rocas del Paleógeno, Cretácico superior y Cretácico inferior de las formaciones Arcillas de Socha (E2as), Areniscas de Socha (E1ars) y los depositos glaciares. La unidad geomorfológica corresponde superficie inclinada en la misma dirección de la inclinación de los estratos, las laderas son de formas cóncavas, de longitud moderada, su origen se asocia al desmantelamiento por erosión glacial y periglacial. La ladera ha sufrido procesos erosivos por acción del hielo, y presenta pendientes muy inclinadas a abruptas con rangos que oscilan entre los 15 y 30°, el patrón de drenaje predominante es subdendrítico.



**Fotografía 5-4 Corona del deslizamiento y panorámica de la población afectada**  
N: 1137581, E: 1138428. Az 35  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

➤ **Ambiente Estructural**

- Cerro estructural (Sce)

Esta unidad geomorfológica se localiza en el municipio de corrales. Se asocian a rocas del Paleozoico inferior de la formación une (K2K1u) Corresponde con una prominencia topográfica aislada de morfología montañosa, con laderas de longitud corta a moderadamente larga, poco disecadas y pendientes muy abruptas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 20 a 45°, limitado por drenajes subparalelos, y asociados a zonas de fallamiento, localmente relacionada con la falla de Soapaga, ver **Fotografía 5-5**.



**Fotografía 5-5 Cerro estructural (Sce), en el municipio de Corrales**  
N: 1138347, E: 1135263. Az 150  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Espolón facetado moderado de longitud larga (Sefcml)

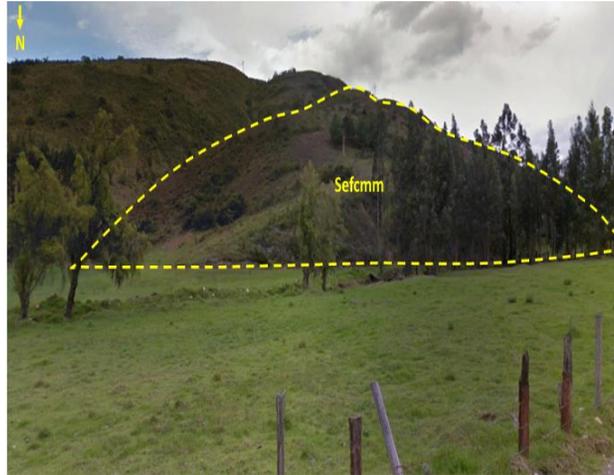
Unidad fotointerpretada en el municipio de Beteitiva conformado por una saliente natural que en conjunto conforma sierras colinadas que se desprenden de estructuras mayores las cuales corresponden a procesos de plegamiento, fallamiento y erosión diferencial sobre rocas de distinta competencia. Es producto de fallamiento inverso y de rumbo que generan truncamientos a manera de facetas triangulares. La forma predominante es colinada con laderas de pendiente inclinada a abrupta. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo varía entre 2278 m y 2551 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m. (Ver **Fotografía 5-6**).



**Fotografía 5-6 Espolón facetado moderado de longitud larga (Sefcml), en el municipio de Beteitiva**  
N: 1147440, E: 1143295. Az 274  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Espolón facetado moderado de longitud media (Sefcmm)

Esta unidad se localiza en los municipios de Busbanza y Beteitiva en las veredas Villa franca y cerca al casco urbano de Busbanza en el sector la Esperanza del palmar donde se representa una saliente natural que en conjunto conforma sierras colinadas que se desprenden de estructuras mayores las cuales corresponden a procesos de plegamiento, fallamiento y erosión diferencial sobre rocas de distinta competencia. Es producto de fallamiento inverso y de rumbo que generan truncamientos a manera de facetas triangulares. La forma predominante es colinada con laderas de pendiente inclinada a abrupta. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo varía entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón varía entre 250 m y 1000 m. (Ver **Fotografía 5-7**).



**Fotografía 5-7 Espolón faceteado moderado de longitud media (Sefcmm), en el municipio de Busbanza**  
**N: 1136941, E: 1133711. Az 180**  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

- Espolón festoneado moderado de longitud larga (Sefesml)

La unidad es foto interpretada en el municipio de Beteitiva y Paz del Rio en las veredas de Otenga y la loma en los sectores el Pino, el Arrayan, Soiquia y el Cerezo lo conforman laderas y crestas simétricas de morfología alomada, cimas agudas dispuestas perpendicularmente al rumbo de las estructuras geológicas y que definen salientes cortas y largas, sobre rocas de distinto origen. Las pendientes varían entre muy inclinadas a muy abruptas con formas rectas y cóncavas. Entre los entallamientos eventualmente se generan pequeños movimientos de tierras y flujos donde los suelos se encuentran saturados. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo varía entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m. **(Fotografía 5-8).**



**Fotografía 5-8 Espolón festoneado moderado de longitud larga (Sefesml), en el municipio de Beteitiva  
N: 1145071, E: 1136767. Az 330  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Espolón bajo de longitud corta (Sesbc)

Unidad geomorfológica foto interpretada en el Municipio de Corrales en la vereda Corrales sector Loma el Tobo, al margen derecho donde la constituye una saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas de la formación Girón (J3g) y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relativo de relieve menor de 250 m y la longitud del eje principal del espolón es menor 250 m. (**Fotografía 5-9**).



**Fotografía 5-9 Espolón bajo de longitud corta (Sesbc), en el municipio de Corrales  
N: 1134579, E: 1131611. Az 217  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Espolón bajo de longitud larga (Sesbl)

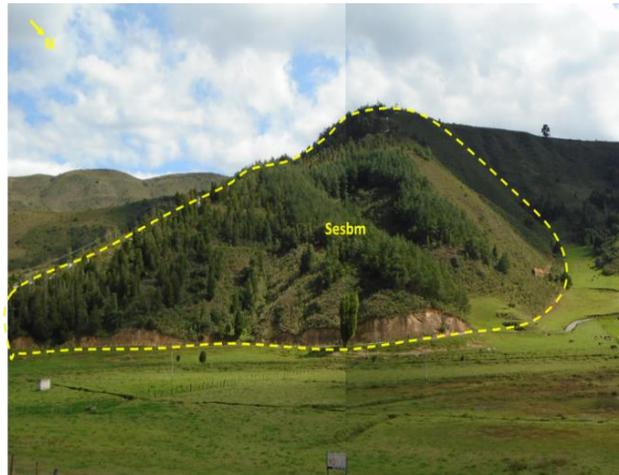
Saliente de morfología alomada, ubicada en los municipios de Busbanza y Corrales, en las veredas de Cusagota y Buenavista dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas de las formaciones Girón (J3g) y el stok de Otenga (Oso) y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo es menor que 250 m y la longitud del eje principal del espolón en mayor que 1000 m. (**Fotografía 5-10**).



**Fotografía 5-10 Espolón bajo de longitud larga (Sesbl), en los municipios de Corrales y Busbanza**  
N: 1138828, E: 1133920. Az 67  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Espolón bajo de longitud media (Sesbm)

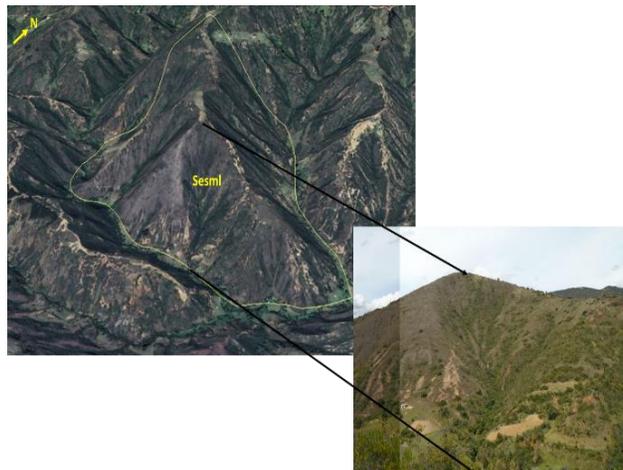
Esta unidad se localiza en los municipios de Busbanza y Beteitiva en los sectores de las tapias coloradas, la chapa y el sector de gane donde se observa una saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas de las formaciones esquistos de Busbanza (? o?efb) y la formación Tibet (D1d3t), limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo es menor que 250 m y la longitud del eje principal del espolón varía entre 250 m y 1000 m.



**Fotografía 5-11 Espolón bajo de longitud media (Sesbm),  
en el municipio de Busbanza  
N: 1137185, E: 1137317. Az 135  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Espolón moderado de longitud larga (Sesml)

Unidad geomorfológica localizada en los municipios de Busbanza y Beteitiva en las veredas de cusagota y cucuacun en el sector de Montenegro donde se presenta una saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. La particularidad de esta unidad radica en que el relieve relativo está entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón es mayor que 1000 m. (**Fotografía 5-12**).



**Fotografía 5-12 Espolón moderado de longitud larga (Sesml), en los  
límites de los municipios de Busbanza y Beteitiva  
N: 1133726, E: 1133431. Az 45  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Espolón moderado de longitud media (Sesmm)

Unidad geomorfológica presente en los municipios de Busbanza, Tasco, Paz del Rio y Belén en las veredas de Busbanza, Cusagota, Santa barbara, la Loma y Gane, se presenta como una saliente de morfología alomada, dispuesta perpendicularmente a la tendencia estructural general de la región, desarrollados sobre rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias y limitado por drenajes paralelos a subparalelos. Con laderas de longitudes variables, con pendientes que se ven reducidas de abruptas a inclinadas por intensos procesos denudativos. El índice de relieve relativo varía entre 250 m y 1000 m y la longitud del eje principal del espolón está entre 250 m y 1000 m. (Ver **Fotografía 5-13**).



**Fotografía 5-13 Espolón moderado de longitud media (Sesmm), en el Municipio de Busbanza**  
N=1134769, E: 1134795. Az 166  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera contrapendiente (Slcp)

Unidad geomorfológica foto interpretada en el municipio de Beteitiva en las veredas de Otenga y Buntia presenta una superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) dispuestos en sentido contrario a la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros); ver **Fotografía 5-14**.



**Fotografía 5-14 Espolón moderado de longitud media (Sesmm),  
en el Municipio de Busbanza  
N=1134769, E: 1134795. Az 198  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Ladera estructural (Sle)

Unidad geomorfológica presente en los municipios de Beteitiva y paz del rio en las veredas de cucuacon, otenga y la loma donde se evidencia una superficie en declive, de morfología regular a irregular, definida por planos preferentes (estratos, foliación, diaclasamiento entre otros) paralelos al sentido de la inclinación del terreno. Puede presentarse con longitud larga a extremadamente larga y con pendientes suavemente inclinadas a escarpadas. En esta geoforma los datos estructurales no permiten establecer una asociación con alguna estructura de tipo regional (anticlinal, sinclinal, homoclinal, monoclinal, entre otros). Ver **Fotografía 5-15**.



**Fotografía 5-15 Ladera estructural (Sle), en el Municipio de  
Busbanza  
N: 1144904, E: 1136967. Az 204  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de Corrales y Tasco sobre rocas del Paleógeno y el Cretácico de las formaciones guaduas (K2k6gg), labor y tierna (Kslt), picacho (E2p) y areniscas de socha (Elars). En el contexto geomorfológico se caracteriza por ser una ladera definida por la disposición de los estratos inclinados en contra de la pendiente del terreno, de longitud variable entre corta a larga, de formas irregulares escalonadas, con pendientes abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 20° y 45°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Son producto de procesos de erosión sobre la alternancia de rocas blandas a intermedias o por procesos de fallamiento intenso, meteorización intensa (**Fotografía 5-16**), con susceptibilidad media a la ocurrencia de movimientos en masa, en esta unidad se han cartografiado principalmente movimientos de tipo deslizamiento traslacional.



**Fotografía 5-16 Ladera de contrapendiente de sierra anticlinal (Ssalc), localizado en el sector morales, del municipio de Corrales**  
N: 1141606, E: 11145031. Az 334  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale)

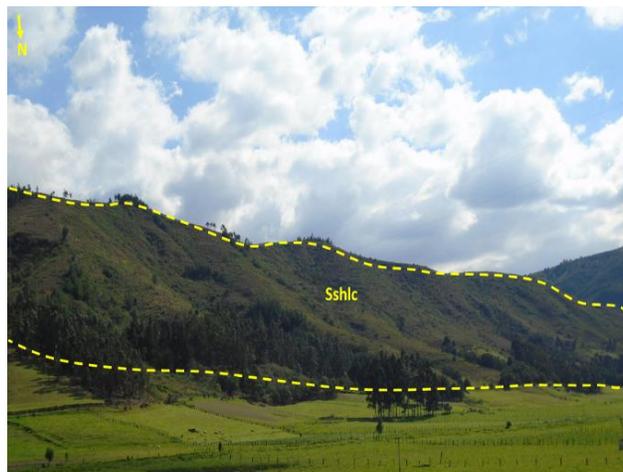
Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de Corrales y Tasco en las veredas de Reyes patria, Canelas y Santa barbara, sobre rocas del Paleógeno y el Cretácico de las formaciones guaduas (K2k6gg), labor y tierna (Kslt), picacho (E2p) y areniscas de socha (Elars). Geomorfológicamente esta unidad se caracteriza por ser una superficie con estratos inclinados a favor de la pendiente, de longitud corta a muy larga, forma convexa a recta y con pendientes muy inclinada a escarpadas con rangos que oscilan entre los 15° y 35°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Su origen está relacionado con actividad tectónica, procesos de fallamiento, erosión intensa; ver **Fotografía 5-17**.



**Fotografía 5-17 Ladera estructural de sierra anticlinal (Ssale), en el municipio de Corrales**  
N: 1141606, E: 11145031. Az 334  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)

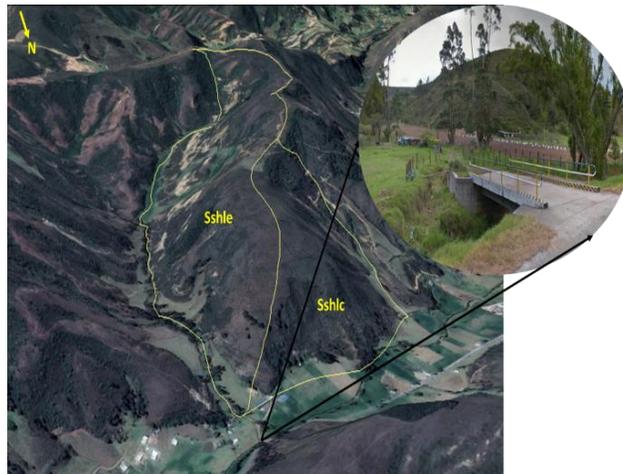
Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de Busbanza, Beteitiva y Corrales en las veredas del Tobo, Modeca, Tonemi y Buntia, sobre rocas principalmente del Paleozoico y Cretácico inferior pertenecientes a las formaciones, Girón (J3g), Tibet (D1d3t) y Tibasosa (K1b3t). Esta geoforma está definida por la inclinación de los estratos en contra de la pendiente del terreno, de formas irregulares y con pendientes muy abruptas a escarpadas con rangos que oscilan generalmente entre los 30° y 45°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Se constituye de una interstratificación de rocas duras e intermedias que se puede apreciar en la **Fotografía 5-18**.



**Fotografía 5-18 Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc) en el municipio de Busbanza**  
N: 1137185, E: 1137317. Az 194  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)

Unidad presente en los municipios de Busbanza y Beteitiva en las veredas del Tobo, Tonemi y Buntia sobre rocas principalmente del Paleozoico y Cretácico inferior pertenecientes a las formaciones, Girón (J3g), Tibet (D1d3t) y Tibasosa (K1b3t), está definida como una superficie inclinada, generalmente denudada, definida por la inclinación de los estratos en favor de la pendiente del terreno, de longitud moderada larga, de formas convexa a recta y con pendientes muy inclinadas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 15° y 45°, el patrón de drenaje característico es de subdendrítico a subparalelo. Está constituida por rocas intermedias a duras, se asocian localmente con procesos denudacionales, cuyo origen está relacionado con actividad tectónica, procesos de fallamiento intenso, y meteorización intensa, se puede apreciar en la **Fotografía 5-19**.



**Fotografía 5-19 Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle) en el municipio de Busbanza**

**N: 1136465, E: 1133002. Az 224**

*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

- Sierra y lomo de presión (Sslp)

Unidad geomorfológica presente en el municipio de Corrales, en rocas de la formación Cucho (D3d6c) donde consta de una prominencia topográfica alomada a elongada, localmente curva, asociada a zonas compresivas. Su origen es relacionado al truncamiento y desplazamiento vertical o lateral por procesos de fallamiento intenso. Ver **Fotografía 5-20**.



**Fotografía 5-20 Sierra y lomo de presión (Sslp), en el municipio de Corrales**  
N: 1134604, E: 1132034. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera de contrapendiente de sierra sinclinal (Ssslc)

Unidad foto interpretada en los municipios de Floresta, Beteitiva, Tasco y Paz del rio, en las veredas Tenería baja, Sauca, San isidro, Pedregal y el sector la Loma, esta unidad se identifica por presentar laderas cortas a moderadamente largas, de forma irregular y escalonada, caracterizadas por estar dispuestas en contra de la pendiente del terreno, presenta rangos de pendiente que oscilan entre los 30° y 45° de muy abruptas a escarpadas, con patrón de drenaje subparalelo, la actividad tectónica de la unidad está relacionada con fallas de tipo local, el truncamiento y desplazamiento vertical o lateral, la meteorización y la erosión diferencial. (Ver Fotografía 5-21).



**Fotografía 5-21 Sierra y lomo de presión (Sslp) en el municipio de Corrales**  
N: 1134604, E: 1132034. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle)

Unidad geomorfológica localizada en los municipios de Floresta, Beteitiva y tasco en las veredas de Villa franca, Pedregal, centro urbano de Tasco y Beteitiva. Litológicamente se generó sobre rocas pertenecientes a las formaciones Concentración (E2c), Guaduas (K2k6gg) y Une (K2k1u). Corresponde con una ladera inclinada en la misma dirección de la inclinación de los estratos, las laderas son de formas cóncavas a rectas, presenta pendientes con rangos que oscilan entre los 20° y 40°, es decir abruptas a escarpadas, y de longitud moderada, con patrón de drenaje subparalelo. (Ver **Fotografía 5-22**).



**Fotografía 5-22 Ladera estructural de sierra sinclinal (Sssle) en el municipio de Beteitiva**  
N: 1144073, E: 1138375. Az 247  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

➤ **Ambiente Denudacional**

- Cima (Dc)

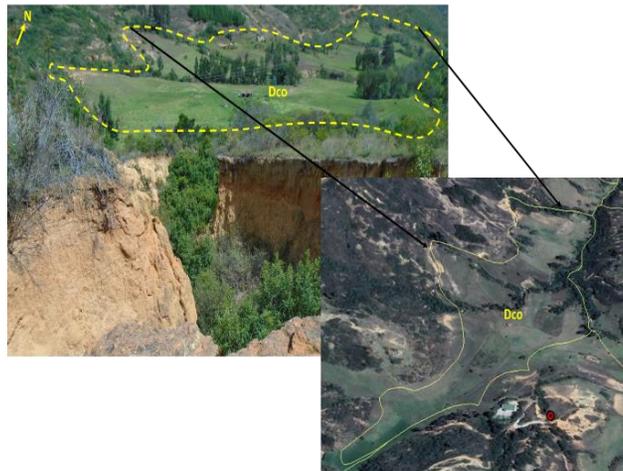
Esta unidad geomorfológica se localiza en la vereda el tobo en el sector la esperanza del palmar en el municipio de Busbanza sobre rocas de la formación Tibasosa (K1b3t); la unidad geomorfológica consiste en una superficie amplia suavemente convexa a plana, dispuesta en franjas alargadas que bordean algunas divisorias de agua, la variación de sus pendientes oscila entre los 5° a 15° de suavemente inclinada a muy inclinada, con anchos entre 50 m a 700 m, limitadas por laderas cuya inclinación es abrupta a escarpada, su origen está relacionado con procesos de meteorización, erosión intensa y algunos procesos de origen antrópico como la utilización del terreno para la agricultura. Ver **Fotografía 5-23**.



**Fotografía 5-23 Cima (Dc), localizada en la vereda el Tobo, municipio de Busbanza**  
N: 1135470, E: 1133866. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco)

Unidad presente en los Municipios de Corrales, Busbanza y Tasco, esta unidad se presenta en forma de cono o de lóbulos de morfología alomada baja. Los rangos de pendientes oscilan entre los 10° y 15° inclinada a muy inclinada (**Fotografía 5-24**). Su origen está relacionado con procesos de transporte y depositación de materiales provenientes de las partes altas y por efecto de procesos hidrogravitacionales en suelos saturados y no saturados sufren retrabajamiento, presenta un patrón de drenaje de subdendrítico a subparalelo.



**Fotografía 5-24 Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión (Dco), vereda Cusagota, municipio de Busbanza**  
N: 1138023, E: 1137514. Az 320  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Colina remanente disectada (Dcred)

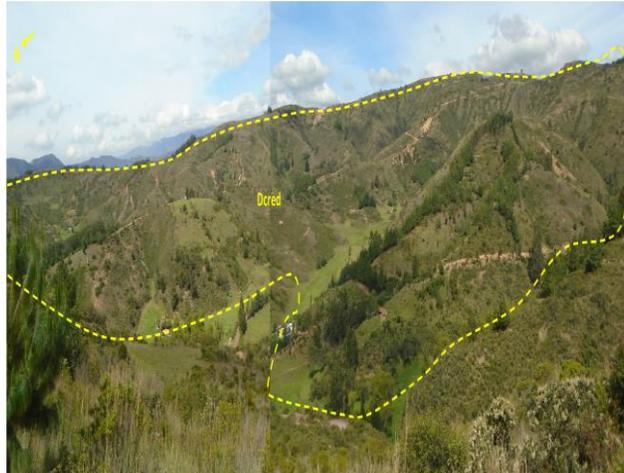
Unidad geomorfológica cartografiada en el Municipio de Busbanza adyacente a la cabecera municipal, sobre la unidad geológica Stock de otenga (Oso), donde se observa una Prominencia topográfica aislada con una altura entre 200 y 399 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y estrecha limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa y pendientes abruptas a escarpadas, un alto grado de disección de los drenajes, desarrollo de valles en U y un índice de relieve bajo a moderado. Su origen es relacionado a procesos de denudación intensos. **(Fotografía 5-25).**



**Fotografía 5-25 Colina remanente disectada (Dcred), vereda Centro, municipio de Busbanza**  
N: 1138274, E: 1137752. Az 198  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Colina residual muy disectada (Dcrmd)

Esta unidad geomorfológica se localiza en la vereda Dos Quebradas del Municipio de Busbanza en rocas de la formación Neis de Quebradas (?o?nq), esta unidad es una prominencia topográfica mayor a 200 m sobre su nivel de base local, que presenta una cima amplia en la que se ubican canteras, con laderas de longitud moderadamente largas a largas entre 400 m y 850 m, forma convexa a recta y pendientes abruptas a escarpadas con rangos que oscilan entre los 20° y 40°. Su origen está relacionado con procesos tectónicos y la acción conjunta de periodos de denudación y meteorización, se distinguen por el desarrollo de una red de drenaje con alto grado de disección en forma de V. **(Fotografía 5-26).**



**Fotografía 5-26 Colina residual muy disectada (Dcrmd), vereda Dos Quebradas, municipio de Busbanza  
N: 1138274, E: 1137752. Az 110  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Cono de talus (Dct)

Unidad foto interpretada presente en los municipios de Beteitiva, Tasco en las veredas de Punto Quesera, Costa Rica, sector Huerta Chiquita, desarrollado sobre rocas de la formación Guaduas (K2k6gg) y lodo aluvial (Qal), se presenta en forma de cono localizado en las zonas de piedemonte, donde predominan las laderas cóncavas. Su origen está relacionado a procesos de acumulación mecánica de bloques y fragmentos angulares heterométricos que se desprendieron de las partes altas. (Ver **Fotografía 5-27**).



**Fotografía 5-27 Cono de talus (Dct), vereda Santa Bárbara, municipio de Tasco  
N: 1143396, E: 1140411. Az 37  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)

Esta unidad geomorfológica se localiza en todos los municipios del área indirecta COR-15, Floresta, Busbanza, Beteitiva, Corrales, Gameza, Tasco y Paz del Rio; Asociado a una gran variedad de rocas y suelos constituyen a estas unidades, pues son el producto del movimiento en masa (Deslizamientos traslacionales, principalmente). Esta unidad se presenta en forma de lóbulo de morfología baja, cóncava a convexa, con una pendiente escalonada, bloques inclinados, relieve irregular, formación de grietas y cambios súbitos de la pendiente. Con pendiente muy inclinada a muy abrupta con rangos que oscilan entre los 16° y 30°. Su origen se relaciona con procesos de movimientos en masa, cuyo desplazamiento ocurre predominantemente a lo largo de una superficie de falla y en la zona están en su mayoría asociados a quebradas (**Fotografía 5-28**); esta unidad es la que presenta mayor cantidad de daños en infraestructura. Los principales tipos de movimientos cartografiados corresponden a deslizamientos traslacionales.



**Fotografía 5-28 Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi), sector la Era Vieja, municipio de Tasco**  
N: 1137895, E: 1132558. Az 150  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Escarpe de erosión mayor (Deem)

Unidad geomorfológica presente en el municipio de corrales en la vereda reyes patria en el sector la vega, presente en rocas de la formación concentración (E2c) y rocas de la formación Picacho (E2p), con ladera abrupta o a desplome, de altura variable que puede formarse por distintas causas: tectónicas, por la abrasión (erosión fluvial y marina), por procesos gravitacionales y glaciales. Eventualmente de longitud corta a larga, de forma cóncava, convexa y recta, con pendiente escarpada a muy escarpada. Ver **Fotografía 5-29**.



**Fotografía 5-29 Escarpe de erosión mayor (Deem), vereda reyes patria sector la vega, municipio de Corrales**  
N: 1132542, E: 1137877. Az 225  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Escarpe de erosión menor (Deeme)

Geoforma localizada en la vereda Modeca del municipio de Corrales y en el sector de Piedapintada del municipio de Gameza, originados por la acción erosiva de los drenajes mayores. Estas unidades se desarrollan sobre las rocas de las formaciones concentración (E2c) y las rocas de la formación Une (K2k1u) esta unidad se encuentra modelada por la acción de afluentes hídricos generando escarpes alargados y estrechos, sinuosos por la dirección de las corrientes, con laderas que son de longitud corta, de forma generalmente cóncava, con alturas mayores a los 300 m, con pendientes escarpadas a muy escarpadas con rangos que varían entre los 30° y mayores a 45°, fueron originados por erosión diferencial acentuada y por la incisión vertical de corrientes de agua (**Fotografía 5-30**). Debido a esto la unidad posee una alta tendencia a la generación de movimientos en masa. Sobre esta unidad se han cartografiado movimientos de tipo deslizamiento traslacional.



**Fotografía 5-30** Escarpe de erosión menor (Deeme), vereda modeca, municipio de Corrales  
N=1136487, E: 1131799. Az 300  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Glacis de acumulación (Dga)

Superficie de acumulación con longitud moderadamente larga, cóncava, suavemente inclinada. Su origen se debe a la acumulación de material fino por procesos de erosión laminar. Incluye los planos adyacentes, formados por cuerpos coluviales de material fino y bloques, producto de la erosión laminar de las laderas circundantes, ver **Fotografía 5-31**.



**Fotografía 5-31** Glacis de acumulación (Dga), vereda Santa barbara, municipio de Tasco  
N: 1143007, E: 1141350. Az 101  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc)

Unidad foto interpretada en el Municipio de Corrales en el sector de Portachuelo, sobre rocas pertenecientes a la formación concentración (E2c), son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor que 250 m y longitud del eje principal menor que 250 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal, con predominio de las pendientes muy abruptas. Se puede apreciar en la **Fotografía 5-32**.



**Fotografía 5-32 Lomo denudado bajo de longitud corta (Dldebc), vereda Corrales, municipio de Corrales**  
N: 1132704, E: 1133903. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl)

Geoforma localizada en el Municipio de Busbanza sobre rocas de la formación Filitas y esquistos de Busbanza (? o? efb), son lomos ubicados a diferente altura, con índice de relieve que no supera los 210m y una la longitud del eje principal de 2.500m aproximadamente. Son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. Predominan las pendientes muy abruptas, seguidas de las pendientes escarpadas. Se puede apreciar en la **Fotografía 5-33**.

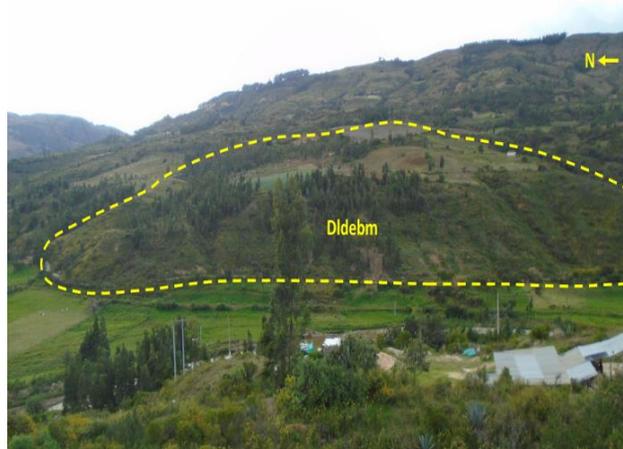


**Fotografía 5-33 Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldebl), municipio de Busbanza**  
N: 1132704, E: 1133903. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomo denudado bajo de longitud media (Dldebm)

Unidad geomorfológica localizada en los Municipios de Corrales y Busbanza en las veredas de Quebradas y Diamon donde se observan sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo menor que 250m y el eje principal tiene una longitud entre 250m y 1000m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal.

El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico. Ver **Fotografía 5-34**.



**Fotografía 5-34 Lomo denudado bajo de longitud media (Dldebm), municipio de Busbanza**  
N: 1139267, E: 1138366. Az 90  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomo denudado moderado de longitud larga (Dldeml)

Esta unidad geomorfológica se localiza en las veredas Tonemi y quebradas del municipio de Busbanza, desarrollándose sobre rocas de la formación Stock de Otenga (Oso) y rocas de la formación Filitas y Esquistos de Busbanza (?o?efb); geomorfológicamente son sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo entre 250 m y 1.000 m y la longitud del eje principal está entre 1.000 m y 2.300 m; son formas alargadas en dirección perpendicular la quebrada La Rinconada. Exhibe un patrón de drenaje subparalelo a dendrítico, pendientes muy inclinadas a escarpadas, con rangos que oscilan entre los 16° y 40°, con laderas cortas a moderadamente largas. (**Fotografía 5-35**).



**Fotografía 5-35 Lomo denudado bajo de longitud larga (Dldeml), municipio de Busbanza**  
N: 1134769, E: 1134795. Az 01  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomo denudado moderado de longitud media (Dldemm)

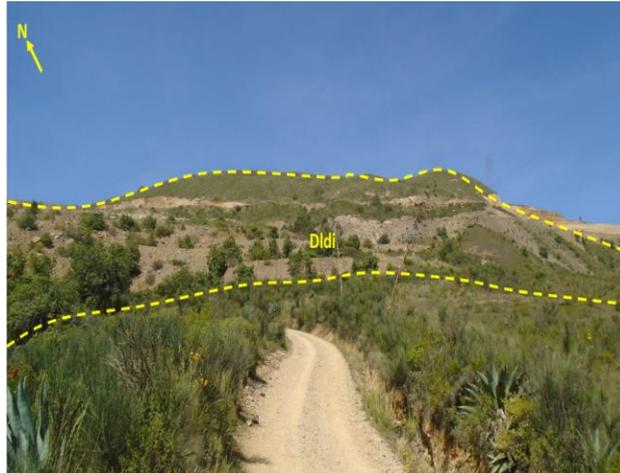
Geoforma ubicada en el Municipio de Beteitiva y límites con el municipio de Belén en el sector de Loma arriba y el sector de Gane, evidenciando sistemas o conjuntos de lomos o filos ubicados a diferentes alturas; con índice de relieve relativo entre 250 m y 1000 m y el eje principal tiene una longitud entre 250 m y 1000 m; son formas alargadas en dirección perpendicular al drenaje principal. El tope o parte superior puede tener diferentes formas dependiendo del grado de incisión del drenaje, el tipo de saprolito que ha desarrollado la roca dominante y de los procesos erosivos que lo han modelado. La inclinación y orientación del eje del lomo puede informar de procesos y velocidades de levantamiento del conjunto cordillerano o de la velocidad de la erosión del río principal o eje geomorfológico.



**Fotografía 5-36 Lomo denudado moderado de longitud media (Dldemm), municipio de Corrales**  
N: 1133731, E: 1133434. Az 165  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomeríos disectados (Dldi)

Unidad geomorfológica ubicada en los municipios de Busbanza y Corrales en las veredas de Ometa y Modeca, donde se presentan prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas redondeadas y amplias, de laderas cortas a moderadamente largas de forma rectas, cóncavas y convexas, con pendientes muy inclinadas a muy abruptas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la moderada disección, generando valles en U con fondo redondeado a plano; como se puede apreciar en la **Fotografía 5-37**.



**Fotografía 5-37 Lomerios disectados (Dldi), municipio de Corrales, vereda modeca**  
**N: 1137940, E: 1136020. Az 310**  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

- Ladera erosiva (Dle)

Unidad presente en los municipios de Busbanza, Corrales, Tasco y Beteitiva donde corresponde a superficies del terreno de pendientes muy inclinadas a escarpadas, de longitudes moderadas a extremadamente largas, de formas planas, cóncavas y convexas, patrón de drenaje típico dendrítico a subparalelo. Presenta procesos erosivos intensos como cárcavas, surcos y solifluxión, sobre materiales de suelo o roca. Estas laderas no necesariamente están asociadas a una geoforma mayor o una estructura.



**Fotografía 5-38 Ladera erosiva (Dle), municipio de Corrales, vereda Modeca**  
**N: 1138347, E: 1135263. Az 96**  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

- Lomeríos muy disectados (Dlmd)

Unidad geomorfológica foto interpretada en el municipio de Corrales en la vereda Modeca, en el sector el Rodeo y el Roble, compuesta por prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas agudas a redondeadas estrechas, de laderas cortas a moderadamente largas, de forma cóncava a rectas y pendientes abruptas a escarpadas, con índice de relieve bajo. Estas geoformas son originadas por procesos de denudación intensos y cuyas laderas se caracterizan por la alta disección, generando valles en V. Estos lomeríos generalmente se encuentran en los bordes de altiplanos y frentes de erosión.



**Fotografía 5-39 Ladera erosiva (Dldmm), municipio de Corrales, vereda Modeca**  
N: 1133731, E: 1133434. Az 180  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Ladera ondulada (Dlo)

Esta unidad se localiza en los municipios de Corrales, Busbanza, Floresta y tasco, con predominancia en las rocas de la formación Concentración (E2c) y la formación Guaduas (K2k6gg), esta unidad geomorfológica hace referencia a superficies de declive de morfología alomada o colinada, de pendientes inclinadas a muy inclinadas que oscilan entre los 6° y 15° de longitud larga a muy larga. Predomina el patrón de drenaje dendrítico y subdendrítico (**Fotografía 5-40**). Esta geoforma es producto del deterioro de las rocas por meteorización, dando lugar a suelos residuales que pueden generar movimientos en masa.



**Fotografía 5-40 Ladera ondulada (Dlo), localizada en la vereda reyes patria, en el municipio de Corrales**  
N: 1137635, E: 1130715. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Loma residual (Dlor)

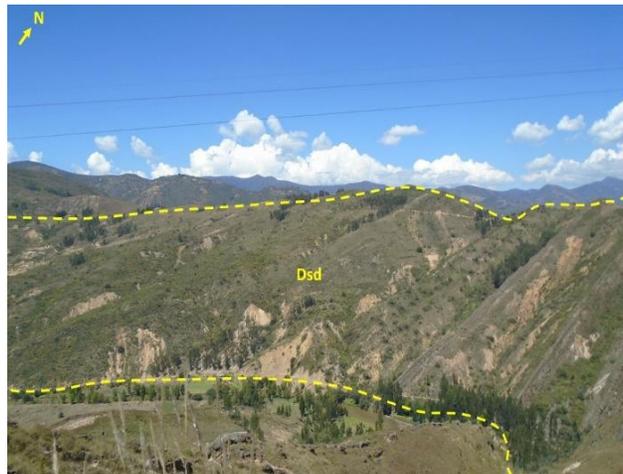
Esta unidad se localiza en los municipios de Corrales y Beteitiva en los sectores de la mano de la Horqueta y el sector de Gane, sobre rocas de las formaciones Stock de Otenga (Oso) y rocas de la formación Areniscas de Socha; Esta unidad geomorfológica hace referencia a prominencias topográficas con altura variables entre los 100 m y los 200 m a partir de su nivel base local, con una morfología alomada y elongada de laderas cortas a moderadamente largas entre los 200 m y 700 m con pendientes abruptas a muy abruptas de 15° a 30° (**Fotografía 5-41**). Estas geoformas son producto de procesos intensos de denudación, erosión diferencial y alto grado de meteorización.



**Fotografía 5-41 Loma residual (Dlor), localizada en el sector la mano de la horqueta, en el municipio de Corrales**  
N=1136971, E: 1138500. Az 334  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Sierra desnuda (Dsd)

Esta unidad se localiza en los municipios de Betéitiva, Corrales y Floresta en las veredas Soiquia, Saurca, Buenavista y la Laguna. En el área de estudio esta geoforma se asocia a rocas de las formaciones Filitas y Esquistos De Busbanzá (?o?efb), Stock de Otenga (Oso), Formación tibasosa (K1b3t), Formación Une (K2k1u) y la formación chipaque (K2k3c). Corresponde con prominencias topográficas de morfología montañosa, elongadas asimétricas, de laderas largas a muy largas entre 500 y 1.500 metros, cóncavas y convexas, con pendientes escarpadas, es decir entre 30° y 45°. Predomina el patrón de drenaje subdendríco. Su génesis está relacionada con la orogenia de la cordillera Oriental y posteriormente por procesos de erosión y meteorización de los intrusivos (**Fotografía 5-42**), presenta susceptibilidad alta a desarrollar movimientos en masa, en esta unidad se han cartografiado principalmente movimientos de tipo deslizamiento traslacional.



**Fotografía 5-42 Sierra desnuda (Dsd), localizada en límites entre los municipios de Betéitiva y Corrales**  
N: 1139211, E: 1133337. Az 338  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

#### ➤ Ambiente Fluvial

Las geoformas de origen fluvial están originadas por el efecto erosivo y acumulativo de las corrientes de los ríos y la sedimentación de materiales en cuencas restringidas respectivamente. Estas geoformas están definidas principalmente en la franja occidental de la zona de estudio y particularmente asociadas a la acumulación de sedimentos de los cursos de los drenajes de menor magnitud.

Estas geoformas fluviales no son dominantes en la zona de estudio y sólo se presentan de forma restringida a la parte de la Montaña Media (Occidente de la zona de estudio), formando cañones sobre el eje principal del Río Chicamocha, como se destaca en la (**Fotografía 5-43**).

- Barra longitudinal (Fbl)

Cuerpo elongado, en forma romboidal convexo en planta y, en superficie de morfología suave ondulada, dispuesto paralelo al centro de los cauces fluviales mayores, con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Su origen es relacionado a la acumulación de sedimentos durante

grandes inundaciones, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente.



**Fotografía 5-43 Barra longitudinal (Fbl), vereda de diamon, Municipio de corrales  
N: 1140086, E: 1137840. Az 58  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Cauce aluvial (Fca)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de Topaga, Gameza, Corrales, Tasco, Beteitiva y Paz del Rio. Litológicamente se desarrolla sobre Depósitos Aluviales (Qal), compuestos por bloques redondeados a subredondeados, principalmente de arenitas; la unidad geomorfológica se representa como un canal de forma irregular excavado por erosión de la corriente del río Chicamocha, dentro de macizos rocosos y sedimentos aluviales. Persisten por grandes distancias, generalmente relacionados al control estructural de fallas como la de Otengá en el límite norte de los municipios de Tasco y Betétiva, presenta pendientes planas a inclinadas con rangos que oscilan entre los 5° y 10°. Cuando las corrientes fluyen en macizos rocosos se da un proceso básico de erosión, entallando dicho macizo y moviéndose lateralmente dentro de rocas menos resistentes, en presencia de rocas más resistentes, el curso es muy irregular con la presencia de saltos producto del cambio de resistencia en la roca (**Fotografía 5-44**).



**Fotografía 5-44 Cauce aluvial (Fca), río chicamocha, sector el Bujio, Municipio de Corrales**  
N: 1136700, E: 1137105. Az 225  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Plano o llanura de inundación (Fpi)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de Floresta, Busbanza, Corrales y Beteitiva, asociado principalmente a Depósitos Aluviales (Qal), compuestos por bloques redondeados a subredondeados, principalmente de arenitas. Corresponde con una franja de terreno de morfología plana a ondulada, que representa áreas eventualmente inundables. Se localiza a lado y lado de los cauces fluviales, con pendientes planas a suavemente inclinadas, con rangos que oscilan entre los 0° y 5°. Su génesis es producto de la sedimentación durante eventos torrenciales e inundación fluvial (**Fotografía 5-45**).



**Fotografía 5-45 Plano o llanura de inundación (Fpi), sector San Nicolas en el municipio de Busbanza**  
N=1137185, E: 1137317. Az 164  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Terraza de acumulación (Fta)

Esta unidad geomorfológica se localiza en los municipios de Corrales, Beteitiva, Tasco y Paz del Río. Se desarrolla sobre Depósitos Aluviales (Qal), compuestos por bloques redondeados a subredondeados, principalmente de arenitas. Geomorfológicamente presenta un relieve plano a suavemente ondulado, con pendientes planas a levemente inclinadas a inclinadas, con rangos que oscilan entre los 5° y 10°, es identificable por ser una superficie de forma tabular, contigua a un cauce aluvial, y limitada por escarpes de terraza. Su génesis es producto de acumulación de sedimentos transportados por los ríos, que posteriormente sufrieron disección, erosión hídrica y profundización vertical del drenaje como consecuencia del cambio en el nivel de base local (**Fotografía 5-46**).



**Fotografía 5-46 Terraza de acumulación (Fta) y Escarpe de terraza de acumulación (Ftae), Cauce Aluvial (Fca) río Chicamocha, sector el Buio, municipio de Corrales**  
N=1137577, E: 1137323. Az 308  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Terraza de acumulación antigua (Ftan)

Unidad Geomorfológica localizada en el municipio de Corrales en los sectores las tapias y antiguo tanque reservorio de agua, esta unidad se localiza sobre el depósito fluvial del neógeno, representando una superficie alomada en forma de abanico de extensión kilométrica, laderas moderadamente largas, cóncavas a convexas. Se caracterizan por presentar pendientes de 5° a 10° en las partes altas, limitadas por escarpes de disección en forma de "V" que localmente pueden alcanzar inclinaciones de 20°. De manera general, se presentan colgadas, inclinadas y discordantes sobre unidades antiguas. Su origen es relacionado a la disección y tectonismo de abanicos y planicies aluviales antiguas. Su depósito está constituido por gravas, arenas y arcillas.



**Fotografía 5-47 Terraza de acumulación antigua (Ftan)**  
sector el Centro municipio de Corrales  
N=1134528, E: 1137319. Az 138  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Terraza de acumulación subreciente (Ftas)

Unidad presente en el municipio de Topaga, Gameza, Corrales, Busbanza, Floresta y Beteitiva, desarrollada sobre depósitos Aluviales (Qal), compuestos por bloques redondeados a subredondeados. Corresponde con una superficie donde predomina la pendiente plana a suavemente inclinada entre los 0° y 5°. Su origen es relacionado a la ampliación del valle de un río, al ganar importancia la erosión en sus márgenes. La superficie de la anterior llanura aluvial queda adosada a las márgenes del valle en forma de escalón o resalte topográfico que define la terraza.



**Fotografía 5-48 Terraza de acumulación subreciente (Ftas)**  
sector el tablón municipio de Corrales  
N=1134113, E: 1137523. Az 48  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Terraza de erosión (Fte)

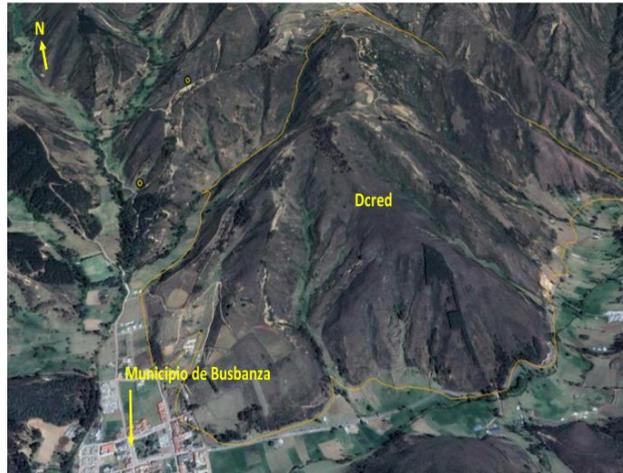
Geoforma localizada sobre el municipio de Corrales en la vereda Modeca en el sector la vega en rocas del depósito fluvio-lacustre, corresponde con una superficie elongada, plana a suavemente ondulada, de morfología aterrazada, limitada por escarpes de diferente altura, que se presenta en forma alterna no pareada, a lo largo del cauce de un afluente hídrico. Su origen es relacionado a procesos de erosión aluvial lateral y procesos de levantamiento tectónico que afectan el sustrato rocoso (**Fotografía 5-49**).



**Fotografía 5-49 Terraza de erosión (Fte) sector las tapias en el municipio de Corrales**  
**N=1137541, E: 1135718. Az 180**  
**Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Colina residual Disectada (Dcred)

Unidad geomorfológica localizada en el Municipio de Busbanza aledaña al casco urbano en el sector centro y la vereda Tonemi, esta unidad se presenta sobre rocas de la formación Stock de Otenga (Oso) y la formación Filitas y esquistos de Busbanza (?o?efb), se caracteriza por presentar prominencias topográficas aisladas con una altura entre 200 y 400 metros sobre su nivel de base local, que presenta una cima redondeada y estrecha limitada por laderas cortas a moderadamente largas de forma convexa y pendientes abruptas escarpadas, un alto grado de disección de los drenajes desarrollo de valles en “V” y un índice de relieve bajo a moderado. Su origen se encuentra enmarcado por procesos denudativos intensos. (**Fotografía 5-50**).



**Fotografía 5-50** Terraza de erosión (Fte) sector las tapias  
en el municipio de Busbanza  
N=1137541, E: 1135718. Az 180  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)

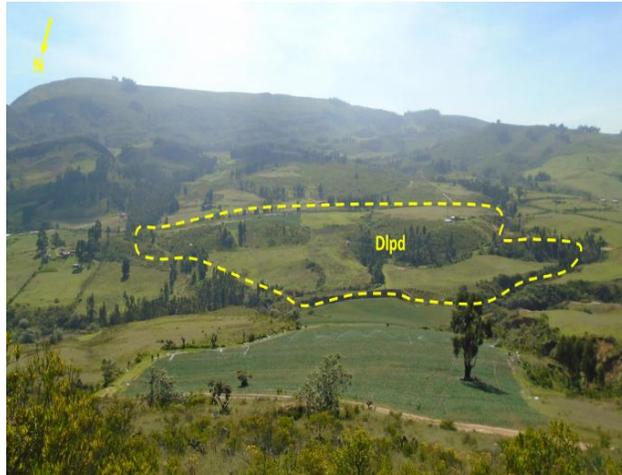
Unidad geomorfológica localizada en el municipio de Corrales aledaña al casco urbano, en depósitos aluviales, se caracteriza por ser un plano vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las terrazas de acumulación. Su origen es relacionado a la incisión y profundización del cauce. La altura de los escarpes puede alcanzar varios metros. (Fotografía 5-51).



**Fotografía 5-51** Escarpe de Terraza de erosión (Ftae) sector  
centro en el municipio de Corrales  
N=1136514, E: 1136973. Az 261  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Lomeríos poco disectados (Dlpd)

Esta unidad se localiza en el Municipio de Corrales cerca al casco urbano, se localiza sobre depósitos, donde se caracteriza por prominencias topográficas de morfología alomada o colinada, con cimas planas amplias y eventualmente redondeadas, de laderas muy cortas a cortas, de forma rectas, y eventualmente cóncavas y convexas, con pendientes inclinadas a muy abruptas e índice de relieve muy bajo a bajo.



**Fotografía 5-52 Lomeríos poco disectados (Dlpd)**  
**Vereda Modeca en el municipio de Corrales**  
**N=1134258, E: 1134466. Az 165**  
**Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019**

- Planicie Aluvial Confinada (Fpac)

Unidad localizada en límites de los municipios de Tasco y Beteitiva en las veredas de Santa Barbara y San Isidro, localizadas en rocas de la formación Guaduas (K2k5gg), con características de morfología plana, muy angosta eventualmente inundable, en forma de "U", limitada por otras geoformas de morfología colinada, alomada o montañosa, que bordean los cauces fluviales, en los cuales se observa el estrangulamiento o estrechamiento del mismo. Constituida por material aluvial (arenas, limos y arcillas). Ver **Fotografía 5-53**.



**Fotografía 5-53 Planicie aluvial confinada (Fpac) Vereda Santa Barbara en el municipio de Tasco**  
N=1144168, E: 1141097. Az 0  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Superficies de explanación (Asp)

Unidad localizada en el Municipio de Corrales en la vereda Corrales sobre rocas de la formación Une (K2k1u), sus características son planos de allanamiento hecho en laderas de sustratos rocosos y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para construcciones, mediante la explanación o terraceos que disminuyen la pendiente del terreno (Locación empresa Omega Energy), ver **Fotografía 5-54**.



**Fotografía 5-54 Superficies de explanación (Asp) Vereda Corrales en el municipio de Corrales**  
N=1133725, E: 1133430. Az 90  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

- Canteras (Ac)

Las canteras más representativas en el área de estudio se encuentran en los sectores de peñas blancas y el alto el volador en los municipios de Corrales y Tasco, en rocas de las formaciones Tibasosa (K1b3t) y Picacho (E2p) con explotaciones de calizas y Areniscas, de forma irregular o terraceos hechos en las laderas para la extracción de materiales para la industria y la construcción. Ver **Fotografía 5-55**.



**Fotografía 5-55 Canteras (Ac) Sector alto el volador en el municipio de Corrales**  
N=1133725, E: 1133431. Az 35  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

✓ Áreas de sedimentación activa

Se les llama áreas de sedimentación activa a las zonas en las cuales el proceso de sedimentación por el cual un material sólido es transportado por una corriente de agua, para el área de estudio el afluente más representativo es el río Chicamocha, el cual presenta características hídricas variantes dependiendo del periodo por el cual este atraviesa (periodo seco o periodo lluvia), haciendo que los materiales particulados transportados se sedimenten, para el área de interés COR-15 se presenta sedimentación activa a nivel local en los sectores de Puente Reyes y la vereda Didamon al margen del río Chicamocha donde favorecen los procesos de erosión y sedimentación, generando algunos elementos geomorfológicos como las barras longitudinales, la erosión se puede incrementar por la actividad humana o antropogénica dando de esta manera la forma característica del relieve de una región, donde encontramos zonas que varían desde planicies hasta laderas muy escarpadas. Ver **Figura 5-12**.



**Figura 5-12 Áreas de sedimentación activa (Der) Sector puente reyes, (Izq) vereda Didamon**

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

✓ Áreas de erosión activa

Las áreas de erosión activa se caracterizan por la descomposición de las rocas mediante procesos estáticos en el cual la roca sufre un proceso de disgregación en fragmentos, se disuelve, se descompone formando acumulación de minerales que modelan el relieve con procesos acentuados en las distintas unidades geológicas presentes en el área de estudio mediante la interacción de agentes exógenos como el agua y la temperatura, las características propias del área de estudio enmarcan zonas de poca cobertura vegetal propiciando de esta manera la incidencia de procesos erosivos. (Ver **Figura 5-13**).



**Figura 5-13 Áreas de erosión activa vereda Buntía en el municipio de Beteitiva**

**N=1147531, E: 1133887. Az 174**

*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

### 5.1.2.3 Morfodinámica

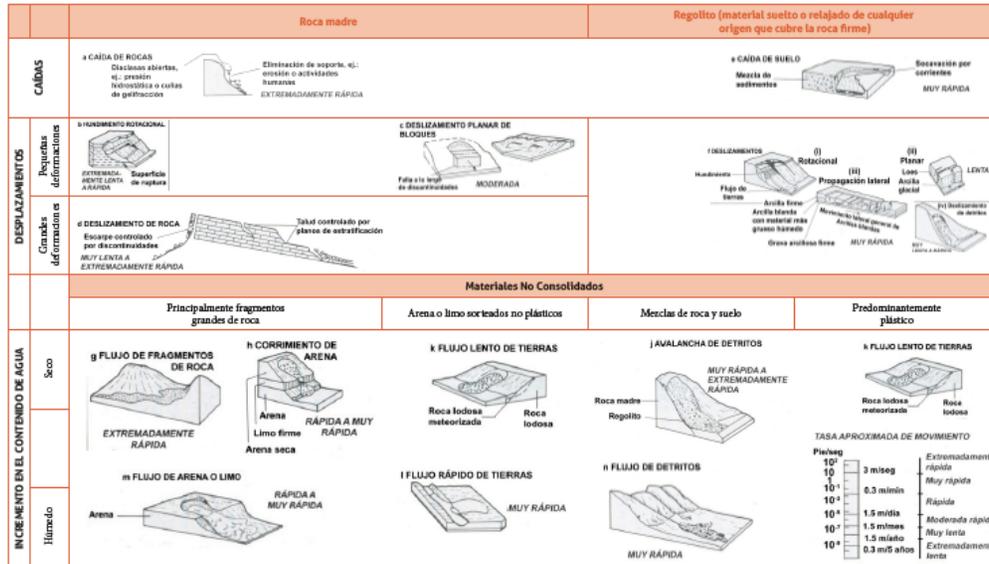
Los procesos morfodinámicos corresponden a una serie de acciones sucesivas y/o simultáneas y sinérgicas a través de las cuales los agentes morfogenéticos, principalmente los externos, son capaces de modelar las formas de la superficie terrestre. Los procesos morfodinámicos están asociados a una secuencia conformada por la erosión de las rocas, el transporte de los materiales removidos y la sedimentación de dichos detritos. En consecuencia, los procesos morfodinámicos dependen de una serie de factores externos relacionados con la energía del agente morfogenético y la posición geomorfológica y de factores internos tales como la composición mineralógica de las rocas, su textura y grado de cohesión. <sup>2</sup>

#### ➤ **Inventario movimientos en masa**

La caracterización de movimientos se realiza mediante el Formato Modificado Para Inventario de Movimientos en Masa del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, la clasificación se rige bajo el sistema Cruden y Varnes desarrollado en 1996, se acoge en gran parte la clasificación de Varnes (1978), que propone los cinco tipos básicos de movimientos conocidos: caída, volcamiento, deslizamiento, propagación lateral y flujo, y se complementa introduciendo una terminología que considera factores tales como actividad (estado, distribución, estilo), tasa de movimiento y contenido de agua; además, propone la combinación de nombres según el orden en que se presentan los movimientos; por ejemplo, caída de rocas-flujo de detritos. <sup>3</sup> (Ver **Figura 5-14**).

<sup>2</sup> Geomorfología, 2019

<sup>3</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017, pág. 48



**Figura 5-14 Clasificación de deslizamientos (Varnes, 1996)**

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017 (pág. 27)*

El proceso de especialización se realiza mediante interpretación en campo y apoyo de imágenes de satélite, de igual forma se valida la clasificación y adecuada delimitación a los fenómenos recopilados como información secundaria de los siguientes estudios:

- Identificación de Escenarios de Riesgo Municipio de Betétiva (Corporación Autónoma de Boyacá CORPOBOYACA, Noviembre, 2017).
- Informe de la visita técnica del municipio de Betétiva, realizado por la (Escuela Ingeniería Geológica, Mayo 2011).
- Estudio Básico de Gestión del Riesgo de Betétiva (UPTC Escuela de Ingeniería Geológica, 2018).
- Identificación de Escenarios de Riesgo Municipio de Tasco (Corporación Autónoma de Boyacá CORPOBOYACÁ, 2017).
- Plan de Desarrollo Municipal "Corrales Tierra De Cultura, Educación y Bienestar Para Todos, 2016-2019. (Concejo Municipal de Corrales, 2016, pág. 73)
- Plan de Desarrollo Municipal "Tasco Revive, 2016-2019. (Concejo Municipal Tasco, 2016)
- OTDB Ordenamiento Territorial Departamental De Boyacá. 2018 (Gobernación de Boyacá, 2018)
- Consulta plataforma SIMMA (Sistema de Información de movimientos en masa) de (Servicio Geológico de Colombia SGC)
- Consulta Base de Datos Desinventar (DesInventar.Org - Sistema de inventario de efectos de desastres, 2015)
- Elaboración y Evaluación Geomorfológica e Inventario de Movimientos En Masa - Convenio Interadministrativo Especifico N° 001610 De 2015. (Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia UPTC - Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca CAR - Gobernación de Boyacá, 2015)

Se identifican principalmente movimientos de tipo Traslacional (29), caída de rocas y detritos (10) y reptación de suelos (3), dentro del área de influencia del proyecto predominan fenómenos de tipo Traslacional, distribuidos en las veredas Buenavista, Modoca y Reyes Patria del municipio de

Corrales, en Busbanza en las veredas Cusagota, Quebradas y Tonemí, en Beteitiva en Otenga y Villafranca, por último en el municipio de Tasco se identifican movimientos en sectores de Canelas, Hormazaque, La Chapa, Pedregal, San Isidro y Santa Bárbara. Se realiza inventario en Tópaga dada la extensión del área de influencia definida para este componente en la primera etapa, para un total de 42 fenómenos de remoción en masa en el APE. (Figura 5-15).

Se ha designado el identificador FC15\_01 a FC15\_42 para el inventario movimientos en masa, el cual se encuentra compilado en el aplicativo *Anexo*. Base de datos formato Access mediante un modelo de tipo relacional se almacena aspectos generales de cada inventario, con soporte fotográfico y formato de levantamiento en campo.

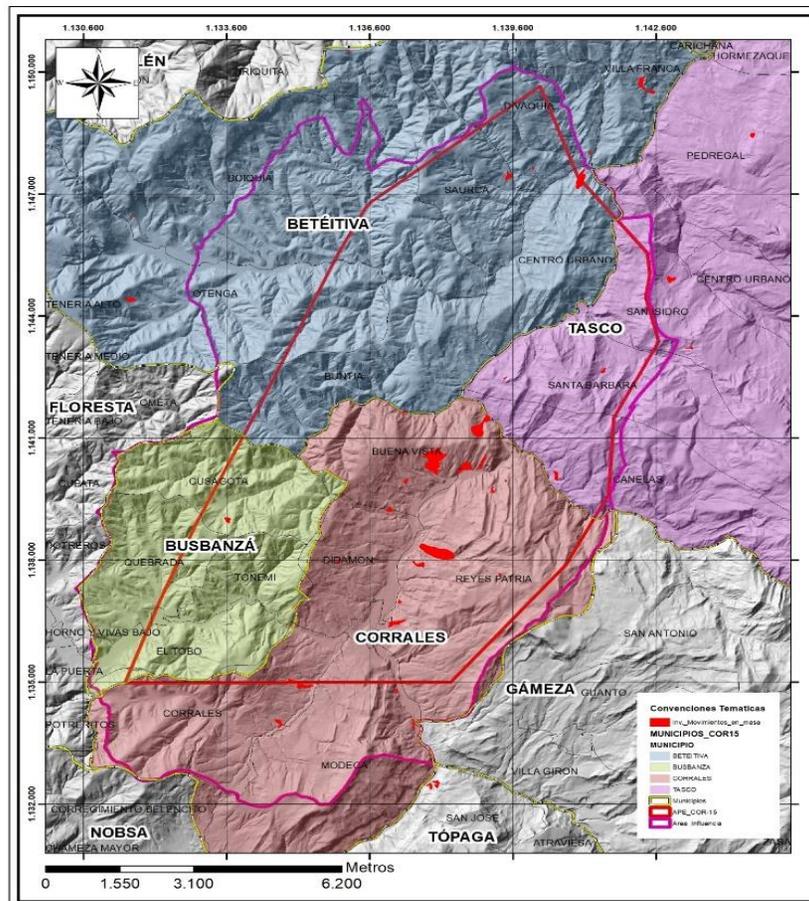


Figura 5-15 Distribución movimientos en masa municipios APE COR15

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Tabla 5-3 Distribución movimientos en masa municipios APE COR15

MUNICIPIO	VEREDA	CAIDA DE ROCAS Y DETRITOS	DESPLAZAMIENTO TRASLACIONAL	REPTACIÓN DE SUELOS	TOTAL
Beteitiva	Otenga	1	2		3
	Villafranca		6		6
Busbanza	Cusagota		1		1

MUNICIPIO	VEREDA	CAÍDA DE ROCAS Y DETRITOS	DESLIZAMIENTO TRASLACIONAL	REPTACIÓN DE SUELOS	TOTAL
	Quebradas	1			1
	Tonemi	1			1
Corrales	Buena Vista	1	7		8
	Centro Urbano		1		1
	Didamon		1		1
	Modeca	1	3		4
	Reyes Patria	2	4		6
	Tasco	Canelas	1		
Tasco	Hormazaque		1		1
	La Chapa		1		1
	Pedregal	1			1
	San Isidro			2	2
	Santa Barbara	1		1	2
Tópaga	Puente Reyes		2		2
<b>Total general</b>		<b>10</b>	<b>29</b>	<b>3</b>	<b>42</b>

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

#### ➤ Caída de rocas y detritos

Se caracteriza como separación de una masa de roca o suelo desde un talud empinado, a lo largo de una superficie sobre la cual se puede presentar o no desplazamiento por cortante. Una vez ocurrido el desprendimiento, el material desciende a través del aire, principalmente en caída libre, rebotando o rodando (Cruden & Varnes 1996, 53). La caída es un tipo de movimiento muy rápido a extremadamente rápido. Exceptuando el caso de que la masa haya sido desestabilizada por eliminación de soporte inferior por excavación o erosión, por ejemplo, la caída puede estar precedida de pequeño deslizamiento o volcamiento que separa la masa desplazada del material in situ no perturbado. <sup>4</sup>

Los fenómenos identificados de este tipo se encuentran principalmente en los municipios de Tasco y Corrales, la eliminación de soporte se presenta principalmente en suelos cohesivos pertenecientes a la Formación Arcillas de Socha (E2as), Formación Concentración (E2c), Formación Guaduas (K2k6gg) que se caracterizan por litología predominantemente arcillosa y alternancia de areniscas, dispuestas en pata de laderas con fuerte pendiente por erosión de corrientes o alguna acción semejante.

El rango de velocidad de desplazamiento de los materiales desprendidos en las caídas varía de rápido a extremadamente rápido (3 m/min y a 5 m/s). Estos movimientos están controlados por la geometría y patrón de las discontinuidades y se deben por lo general a cortes en el pie de las laderas, vibraciones por equipos, maquinaria y sismos, meteorización o erosión por corrientes.

Se describe a continuación movimiento de este tipo ubicado en la vía Corrales Tasco, en rocas de la Formación Arcillas de Socha, edad Paleoceno superior, compuesta por arcillolitas de color beige a pardas, ocasionalmente violetas, intercaladas con cuarzo arenitas de grano fino a gravas, dispuesta en geoforma de tipo Ladera contrapendiente, superficie subvertical moderadamente

<sup>4</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017, pág. 49

larga, con pendiente escarpada, generada por estratos dispuestos en contra de la pendiente. Dirección del movimiento N63°E, ancho de masa desplazada 137,6m, apreciación del riesgo alto, puede ocasionar obstrucción de vía principal y afectación a personas que la transitan. Ver a continuación **Fotografía 5-56** y **Fotografía 5-57**.



**Fotografía 5-56** Movimiento en Masa tipo  
Caída de roca y detritos sobre la vía  
Corrales Tasco, Vda, Reyes Patria  
Inventario FC15\_14. Vista en planta  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

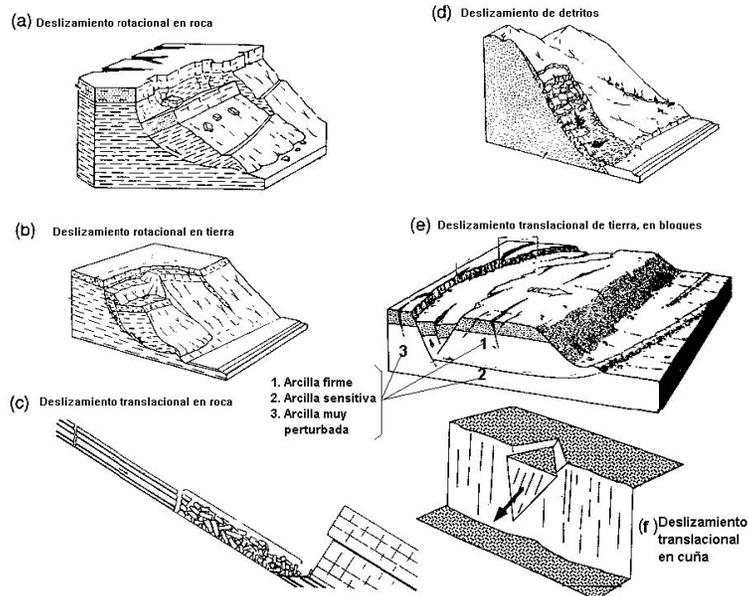


**Fotografía 5-57** Movimiento en Masa tipo  
Caída de roca y detritos sobre la vía  
Corrales Tasco, Vda, Reyes Patria  
Inventario FC15\_14  
Coordenadas N: 1139678 E: 1139077  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

#### ➤ Deslizamiento Traslacional

En este tipo de movimiento la masa se desplaza a lo largo de una superficie de ruptura planar (Cruden & Varnes, op. cit.), la cual, además, puede ser escalonada (Hutchinson 1988). El deslizamiento traslacional en roca es, por lo general, estructuralmente controlado. En la corona, la masa puede estar separada del terreno estable por una enorme grieta de tensión. En este tipo de movimiento la deformación interna es muy pequeña o no se presenta, la superficie de falla es planar y la relación profundidad/longitud (D/L) es menor de 0,1, según Skempton & Hutchinson (1969).<sup>5</sup> (**Figura 5-16**).

<sup>5</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017, pág. 52



**Figura 5-16 Deslizamientos Rotacionales y Traslacionales**  
Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017 (pág. 53)

Los fenómenos de este tipo son más frecuentes, su distribución en el APE es uniforme con mayor presencia de movimientos en el municipio de Corrales en la vereda Buenavista y Beteitiva en Villafranca. A continuación en las **Fotografía 5-58** y **Fotografía 5-59**, se muestra el inventario FC15\_38 a manera de ejemplo.



**Fotografía 5-58** Movimiento en Masa tipo Traslacional, Vía secundaria hacia vda. Buena Vista, margen derecha de la escuela Juana Escobar  
Inventario FC15\_38 Vista en planta  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

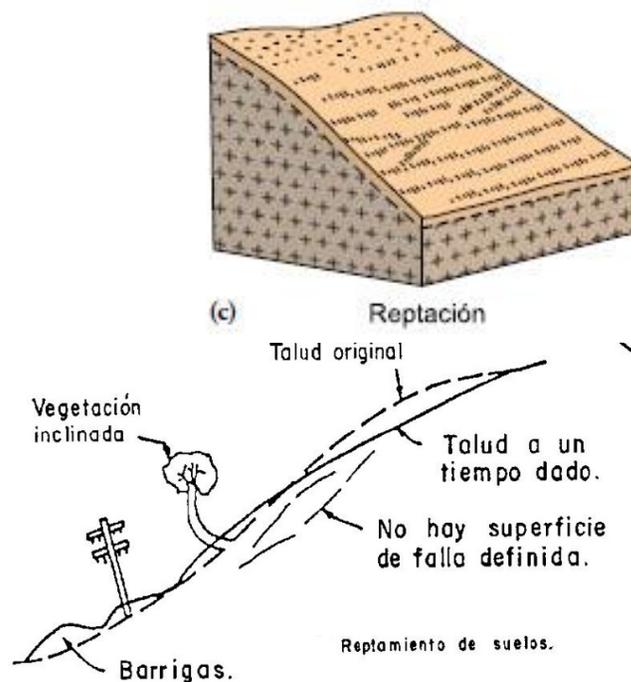


**Fotografía 5-59** Movimiento en Masa tipo Traslacional, Vía secundaria hacia vda. Buena Vista, margen derecha de la escuela Juana Escobar  
Inventario FC15\_38  
Coordenadas N: 1139905 E: 1137228  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

### ➤ Reptación de Suelos

Aunque este proceso no está incluido en los cinco movimientos básicos de Varnes (1978), en Cruden & Varnes (1996) se propone identificar este proceso por su significado en la mecánica de materiales como una “deformación del terreno a esfuerzo constante” que involucra el material inconsolidado de la parte superior de las laderas<sup>6</sup>.

Se refiere a movimientos de regolito (material inconsolidado) extremadamente lentos del terreno – perceptible solo en observación a largo plazo– que afectan grandes extensiones de terreno y que son estimulados por la deforestación y otras malas prácticas de uso del suelo, ver **Figura 5-17**.



**Figura 5-17 Esquema Reptación de suelos**  
Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017 (pág. 57)

El fenómeno se localiza sobre la Vía secundaria hacia la vereda Buena Vista, margen derecha de la escuela Juana Escobar, litología perteneciente a la formación Concentración, compuesta por arcillas y limos con presencia de areniscas tamaño fino, color pardo debido a meteorización. Edad: Eoceno medio - Oligoceno medio, Geoforma de tipo Glacis de acumulación suavemente inclinado, formado de cuerpos coluviales. Se observan montículos y hundimientos en el tramo vial, inclinación en algunos árboles, daño total en obras de contención (gaviones), apreciación del riesgo alto, el movimiento se encuentra activo y presenta obstrucción en vía, puede afectar viviendas aledañas. (Ver **Figura 5-18** y **Fotografía 5-60**).

<sup>6</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, Octubre, 2017, pág. 56



**Figura 5-18 Movimiento en Masa tipo Reptación de Suelos, ubicado sobre la vía principal Corrales - Tasco, Vda Santa Bárbara, sector el Tejar  
Inventario FC15\_29. Vista en planta**  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*



**Fotografía 5-60 Panorámica Movimiento en Masa tipo Reptación de Suelos, ubicado sobre la vía principal Corrales - Tasco, Vda Santa Bárbara, sector el Tejar  
Inventario FC15\_29 Coordenadas N: 1142712 E: 1141537**  
*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

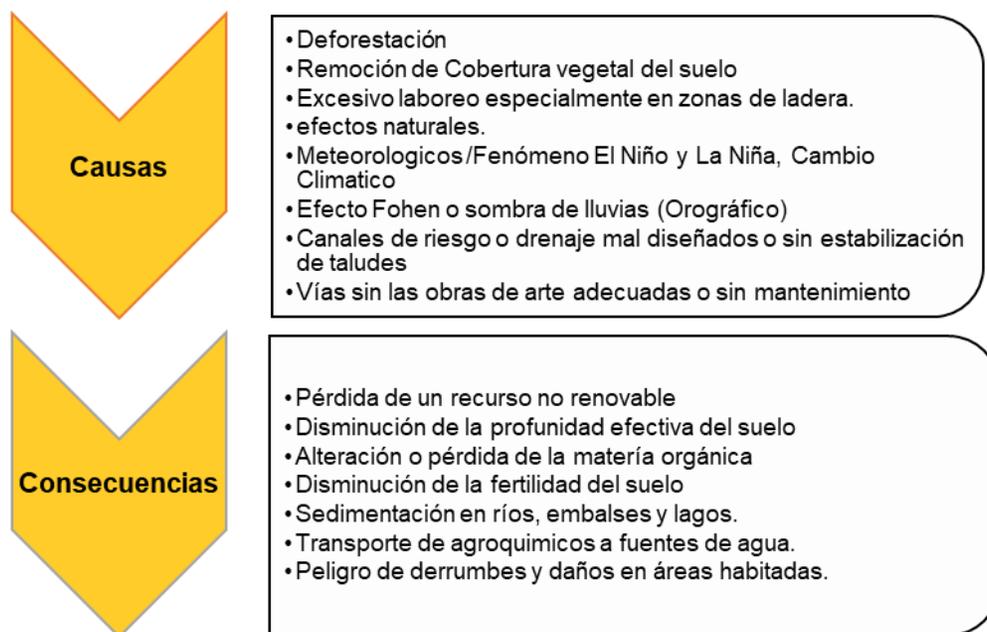
➤ **Inventario procesos erosivos**

La erosión de los suelos se define como la pérdida físico-mecánica del suelo, con afectación en sus funciones y servicios ecosistémicos, que produce, entre otras, la reducción de la capacidad productiva de los mismos. La erosión es un proceso natural; sin embargo, esta se califica como degradación cuando se presentan actividades antrópicas no sostenibles que aceleran, intensifican

y magnifican el proceso. La degradación de suelo por erosión, se refiere a “la pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua y/o del viento, que es mediada por el ser humano, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales” (IDEAM-UDCA 2015).

La degradación de suelos por erosión igualmente está asociada a la pérdida de estabilidad de las laderas y taludes, lo cual agrava o desencadena algunas amenazas como los movimientos en masa y los flujos torrenciales.

En general, existen dos tipos de erosión: hídrica y eólica. La erosión hídrica es causada por la acción del agua (lluvia, ríos y mares), en las zonas de ladera, cuando el suelo está desprovisto de cobertura. En estos casos las gotas de lluvia o el riego, ayudadas por la fuerza gravitacional, arrastran las partículas formando zanjas o cárcavas, e incluso causando movimientos en masa en los cuales se desplaza un gran volumen de suelo. Por otra parte, la erosión eólica es causada por el viento que levanta y transporta las partículas del suelo, produciendo acumulaciones (dunas o médanos) y torbellinos de polvo. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019); ver **Figura 5-19**.

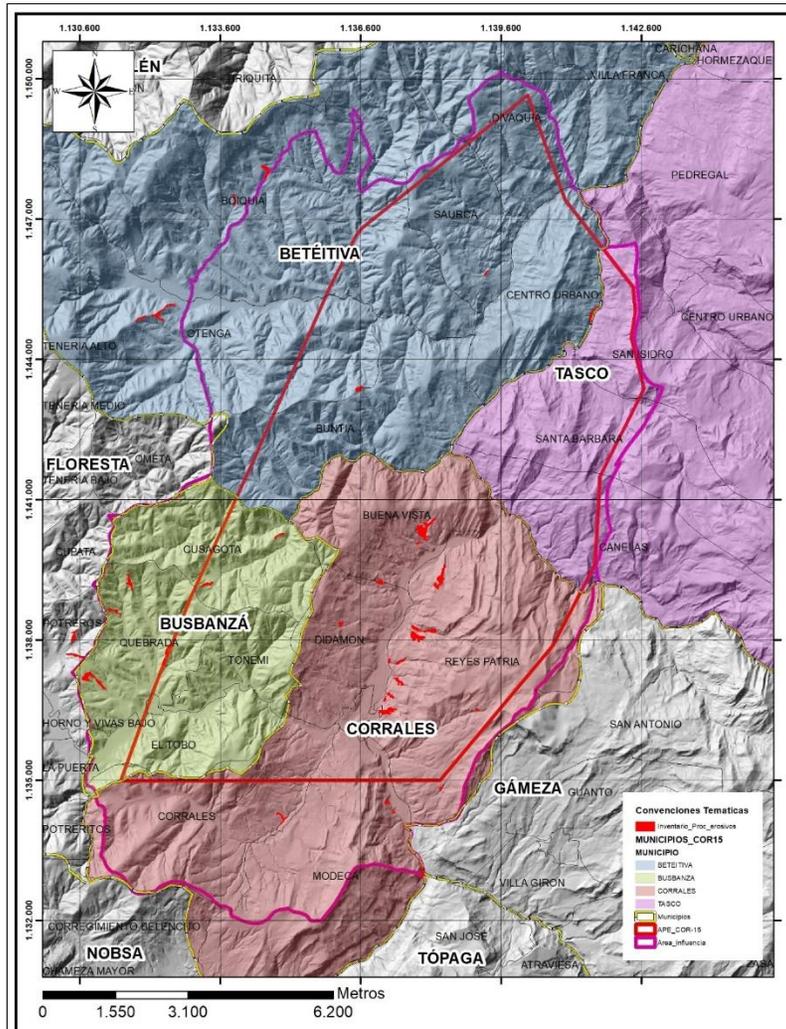


**Figura 5-19 Causas y Consecuencias de los Procesos Erosivos**

*Fuente: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019*

La clasificación de tipo de erosión se realiza en cuatro categorías distribuidas de la siguiente manera: Erosión Hídrica, (30), Eólica (1), Hídrica Antrópica (2), Hídrica Eólica (5), En total se consolida 40 procesos erosivos en el área de influencia del APE COR 15. (Ver **Figura 5-20**).

Se ha designado el identificador EC15\_01 a EC15\_40 para el inventario de procesos erosivos.



**Figura 5-20 Distribución Tipos de Erosión municipios APE COR15**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

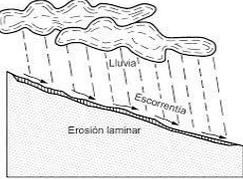
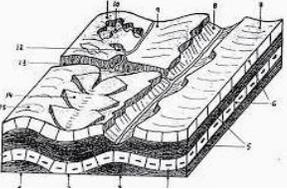
**Tabla 5-4 Distribución Tipos de Erosión municipios APE COR15**

MUNICIPIO	VEREDA	EÓLICA	HÍDRICA	HÍDRICA ANTRÓPICA	HÍDRICA EÓLICA	TOTAL GENERAL	
Beteitiva	Buntía		2			2	
	Otenga		4			4	
	Villafranca		1		1	2	
Busbanza	Cusagota		1		1	2	
	Quebradas		3		2	5	
Corrales	Buena Vista	1	1			2	
	Didamon		1			1	
	Modeca		2	2		5	
	Reyes Patria			11		1	12
	Buena Vista	1	1				2

MUNICIPIO	VEREDA	EÓLICA	HÍDRICA	HÍDRICA ANTRÓPICA	HÍDRICA EÓLICA	TOTAL GENERAL
Tasco	Costa Rica		1			1
	Hormazaque		1			1
Floresta	Teneria Baja		2			2
Total general		1	30	2	5	40

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Los procesos erosivos ocurren como respuesta rápida o lenta de la naturaleza, las características físico-químicas de la roca ante diferentes factores como las altas precipitaciones, la influencia sísmica de la región y la intervención antrópica, se relaciona a continuación la definición de los procesos erosivos identificados en campo. (Ver **Figura 5-21** y **Figura 5-22**).

Erosión laminar		Pérdida de suelo generada por circulación superficial difusa del agua de escorrentía
Erosión en Surcos		Formada por la concentración de agua de escorrentía, arrastrando partículas y a su paso formando canales poco profundos, generalmente paralelos ya que siguen la dirección de la pendiente.
Erosión en Cárcavas		Canales o zanjas de diversos tamaños y forma, causados por la lluvia, son similares a los surcos solo que más profundos y amplios.
Erosión Lineal		Es la erosión que llevan los ríos y depende de la pendiente y el caudal.

**Figura 5-21 Clasificación tipología procesos erosivos**

Fuente: Modificado Corporación Autónoma Regional del Tolima CORTOLIMA, 2019



**Figura 5-22 Procesos erosivos tipo cárcavas y surcos sobre vía secundaria que conduce desde la cabecera municipal a Vereda Quebradas del municipio de Busbanza**  
Inventario EC15\_23. Coordenadas: N:1137574 E: 1132313  
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

#### ➤ Erosión Eólica

La erosión eólica es el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento, se produce, en zonas áridas, como los desiertos y la alta montaña. Estos tienen además otra característica imprescindible: las grandes diferencias de temperaturas. Esto hace que la roca se rompa y la erosión eólica pueda actuar con mayor eficacia. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019)

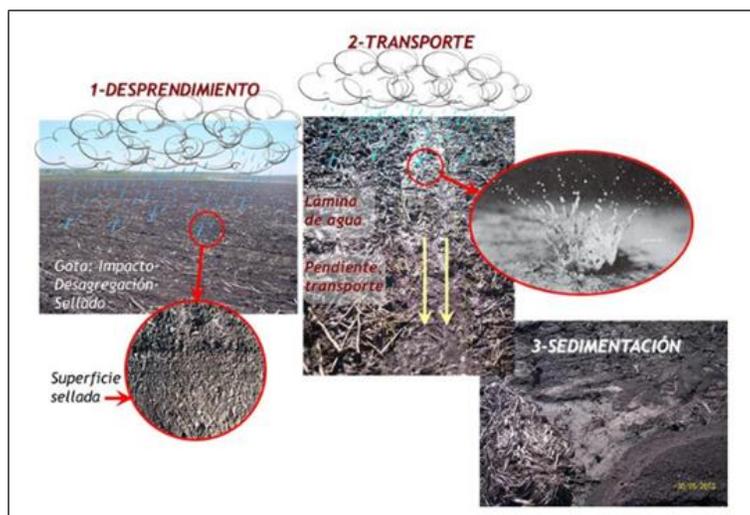
El proceso erosivo identificado en el municipio de Corrales sobre la vía principal que comunica la Cabecera Municipal a la vereda Buenavista, margen derecho de la Quebrada Guasquin (dirección del Afluente), se caracteriza por presentar Geoforma de tipo Ladera estructural donde afloran rocas de la Formación Une, Edad Albiano y Cenomaniaco, limo arenoso con presencia de clastos de areniscas, el grado de erosión es bajo dada que la capacidad del viento para erosionar rocas compactas y duras es limitada, influye el carácter de los materiales, la topografía del terreno, la acción protectora de la vegetación. Presenta erosión tipo cárcavas y surcos. (**Fotografía 5-61**).



**Fotografía 5-61 Erosión Eólica, proceso erosivo tipo cárcavas y surcos sobre la vía principal que comunica la Cabecera Municipal a la vereda Buenavista, margen derecho de la Quebrada Guasquin**  
Inventario EC15\_39. Coordenadas: N: 1139238 E: 1136918  
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

➤ **Erosión Hídrica**

Erosión hídrica. Es el proceso de sustracción de masa sólida al suelo o a la roca de la superficie llevado a cabo por un flujo de agua que circula por la misma. El agua tiene la capacidad de erosionar el sustrato por el que discurre. Su fuerza erosiva es proporcional a la aceleración que adquiere en las pendientes. Por lo que se produce el desgaste de una superficie rocosa o parte del suelo provocada por el agua. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019), (ver **Figura 5-23**).



**Figura 5-23 Etapas del Proceso de Erosión Hídrica**  
Fuente: Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, s.f.

Se identifica proceso erosivo con alto grado de meteorización, erosión severa principalmente en cárcavas y hondonadas, se desarrolla en Geoforma de tipo Lomo denudado moderado de longitud larga, en rocas del Stock de Otenga, compuesto de rocas graníticas. Ver **Figura 5-24**.



**Figura 5-24 Erosión Hídrica, proceso erosivo tipo cárcavas y surcos, Vereda Cusagota, sector el Tamero del municipio de Busbanza**  
Inventario EC15\_25. Coordenadas: N: 1139212 E: 1133336  
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

La clasificación de Erosión Hídrica Antrópica e Hídrica Eólica se asigna a procesos en que las acciones antrópicas industriales o agrícolas condicionan el área al desarrollo de dichos fenómenos, ejemplo de esto la actividad minera es uno de los factores más influyentes en el desencadenamiento de procesos de inestabilidad dado el alto grado de deforestación, descapote y el inadecuado manejo de vertimientos directos al suelo. Ver **Figura 5-25**.



**Figura 5-25 Erosión Hídrica, proceso erosivo tipo cárcavas y surcos, Afectación Actividad minera Vereda Costa Rica del municipio de Tasco**  
Inventario EC15\_32. Coordenadas: N: 1145031 E: 1141606  
Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

➤ **Inventario canteras**

El inventario de canteras se lleva a cabo mediante formato diseñado por los profesionales de la componente morfodinámica, incluye aspectos como localización, unidad fisiográfica, tipo de vegetación, tipo y grado de erosión y procesos erosivos asociados, grado de estabilidad, materiales involucrados, rango de pendientes, entre otros, las unidades capturadas mediante fotointerpretación de imágenes satelitales y validación en campo son incorporadas como subunidad antrópica. Ver **Figura 5-26**.

ELABORACIÓN DEL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DEL ÁREA DE PERFORACIÓN EXPLORATORIA COR-15 A REALIZARSE EN LOS MUNICIPIOS DE TASCO, CORRALES, BUSBANZA Y BETÉTIVA DE ACUERDO CON LOS TÉRMINOS DE REFERENCIA M-M-INA-01 DE LA AUTORIDAD NACIONAL DE LICENCIAS AMBIENTALES - ANLA".

Uptc  
Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia

**INVENTARIO PROCESOS EROSIVOS**

Fecha:  Identificador:

LOCALIZACIÓN		UBICACIÓN		UNIDAD FISIORÁFICA			
Municipio (dpto.):	Coordenada E:			TIPO	A	M	B
Vereda:	Coordenada N:			Laderas estructurales			
	Altura (msnm):			Escarpes estructurales			
Referente Geográfico:				Valle Colúvio-Aluvial			
				Valle Aluvial			
TIPO DE VEGETACIÓN		TIPO DE EROSIÓN		PROCESOS EROSIVOS			
Vegetación Herbácea		Erosión hídrica:		Socavación:			
Bosque:		Erosión fluvial:		Laminar:			
Matorrales:		Erosión eólica:		Hondonadas:			
Pastos:		Otra:		Surcos:			
Cultivos:		Procesos de sedimentación:		Terracetas:			
Sin Cobertura				Cárcavas:			
GRADO DE ESTABILIDAD		MATERIALES INVOLUCRADO		GRADO DE EROSIÓN			
Alto		Roca		ALTO:			
Medio		Suelo Transportado		MEDIO:			
Bajo		Material Residual		BAJO:			
UNIDAD GEOLÓGICA:				PENDIENTE			
				ALTO:			
				MEDIO:			
				BAJO:			
				OBSERVACIONES:			
Foto 1.		Foto 2.					

**Figura 5-26 Formato Inventario Procesos Erosivos - Canteras EIA-COR15**

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Se identifican 26 sitios de explotación diferenciados por el tipo de material involucrado en el que predomina el material de construcción (19), predominante en el municipio de Corrales, en los sectores el Volador y Peña Blanca, explotaciones de Roca Caliza (5), principalmente de la Formación Tibasosa, se tiene en cuenta zonas de préstamo con material de tipo residual y suelo transportado. Se ha designado el identificador AC15\_01 a AC15\_26 para el inventario de Canteras, compilado en la Base de datos Access mediante un modelo de tipo relacional se almacenan aspectos generales de cada inventario, con soporte fotográfico y formato de levantamiento en campo. Ver **ANEXO. Base de Datos**.

**Figura 5-27 Formulario inventario canteras- Base de Datos Access**

*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

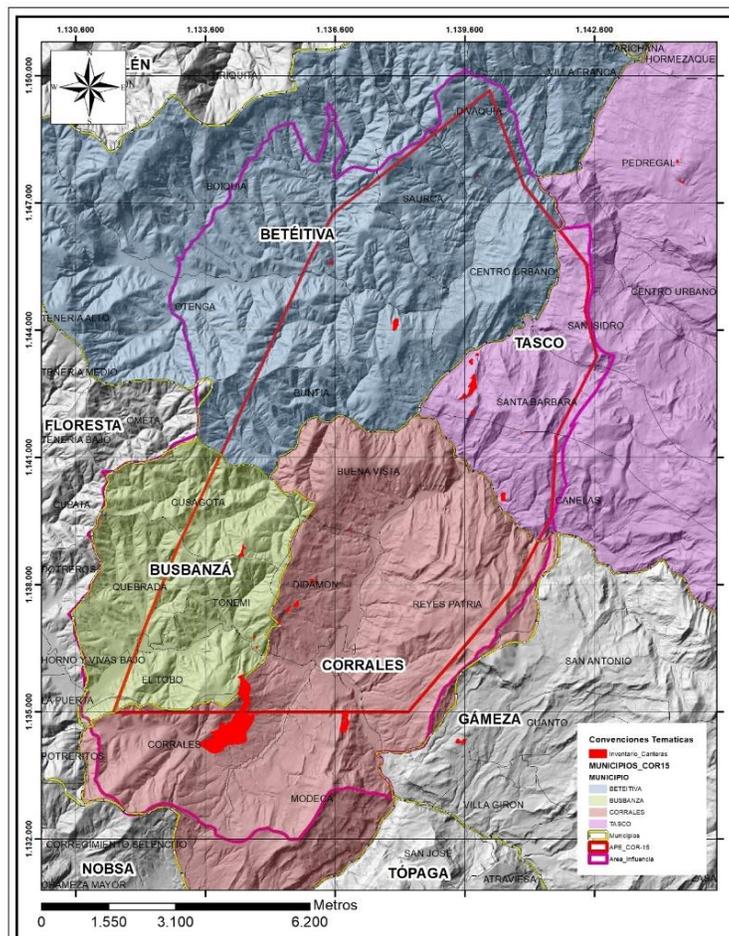
Se realiza análisis de tipo espacial en relación a los títulos mineros que cuentan con instrumento ambiental, matriz suministrada por la Corporación Autónoma Regional de Boyacá mediante solicitud N°018337 de 14 noviembre de 2018, y shapefile de títulos mineros allegado por la Agencia Nacional de Minería ANM, en sobreposición con los polígonos capturados como unidad antrópica, con el fin de identificar las canteras de materiales de construcción tentativas de aprovechamiento en el desarrollo del proyecto.

**Tabla 5-5 Relación canteras con Título minero e Instrumento Ambiental**

MUNICIPIO	IDENTIFICADOR INVENTARIO	TÍTULO MINERO	EXPEDIENTE	TITULAR	MATERIAL	TIPO INSTRUMENTO	RESOLUCIÓN FECHA
Beteitiva	AC15_21	00907-15					
	AC15_22	No posee Título minero					
	AC15_23	FCC-093					
	AC15_24	FCC-093					
Busbanza	AC15_03	006-85M					
Corrales	AC15_01	00937-15					
	AC15_02	00937-15					
	AC15_05	ICQ- 81712	OOLA-0023/10	ELIO GIBERTO PARADA BARRERA	Explotación de Materiales de Construcción	Licencia Ambiental	1756 13/6/2011
	AC15_06	006-85M					
	AC15_07	0289-15					
	AC15_08	006-85M					
	AC15_09	00937-15					
	AC15_10	00937-15					
	AC15_11	00937-15					
AC15_12	006-85M						

MUNICIPIO	IDENTIFICADOR INVENTARIO	TÍTULO MINERO	EXPEDIENTE	TITULAR	MATERIAL	TIPO INSTRUMENTO	RESOLUCIÓN FECHA
	AC15_13	006-85M					
	AC15_14	070-89					
	AC15_15	No posee Titulo minero					
	AC15_16	14238	OOLA-0077/98	Jose Trinidad Carreño Y Otros	Materiales de Construcción	Plan de Manejo Ambiental	Res. 537 27/8/1999
	AC15_17	Sobreposición con Títulos: 14238 - 18244 - 18417	OOLA-0234/97	Mary Chinome Guío	Materiales de Construcción	Plan de Manejo Ambiental	Res. 566 30/8/1999
	AC15_18	00555-15					
	AC15_19	006-85M					
	AC15_20	No posee Titulo minero					
	AC15_25	JBF-08071	OOLA-0094/09	Dora León Rojas	Materiales de Construcción	Licencia Ambiental	Res. 2938 26/10/2010
	AC15_26	JBF-08071	OOLA-0094/09	Dora León Rojas	Materiales de Construcción	Licencia Ambiental	Res. 2938 26/10/2010

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019



**Figura 5-28 Distribución canteras en los municipios APE COR15**

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

**Tabla 5-6 Distribución canteras en los municipios APE COR15**

MUNICIPIO	VEREDA	MATERIAL CONSTRUCCIÓN	ROCA	ROCA, MATERIAL RESIDUAL	ROCA, SUELO TRANSPORTADO	TOTAL GENERAL
Beteitiva	Buntia	1				1
	Divaquia	2				2
	Soiquia	1				1
Busbanza	Tonemi			1		1
Corrales	Buena vista	2				2
	Buenavista	1				1
	Didamon	4	2			6
	Modeca	1	1			2
Tasco	Pedregal		1		1	2
	Santa Barbara	7				7
Gameza	Teneria		1			1
<b>Total general</b>		<b>19</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>26</b>

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Se indica a continuación registro de Cantera en Actividad latente para Obras ingenieriles- remoción y perfilaje de material, Litología de la Formación Areniscas de Socha, edad Paleoceno, Superior Areniscas de Grano fino a medio con intercalación de arcillas y limos. Se localiza sobre la vía que conduce del Municipio de Tasco para el Municipio de Paz del Rio, (Cabecera Municipal), por la vereda Hormezaque, sector el Boquerón, costado derecho de la vía. Ver **Fotografía 5-62**.



**Fotografía 5-62 Cantera Material involucrado Arenisca, proceso erosivo tipo cárcavas, surcos y laminar, Vereda Hormezaque del municipio de Tasco**

**Inventario AC15\_40. Coordenadas N:1152834 E:1146904**

Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019

➤ **Inventario minero**

Con el fin de realizar el inventario minero en el área de influencia del APE COR15, se ajustaron formatos de campo, tomando como referencia información del (Convenio Interadministrativo GGC N159 De 2015 Ministerio de Minas y Energía - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2015). Ver **Figura 5-29**.

The figure shows two identical forms side-by-side, one for 'ZONA MINERA' and one for 'ZONA INDUSTRIAL'. Each form is titled 'COMPONENTE ABIÓTICO - MORFODINÁMICA INVENTARIO MINERO' and includes the following sections:

- 1. INFORMACIÓN BÁSICA:** A table with fields for Fecha de Diligenciamiento, ID, Numero De Título, Nombre Del Titular, Departamento, Municipio, Vereda, Nombre De La UPM, Nombre Proprietario UPM, Estado De La UPM, Tipo De Material, Método Explotación, Información Geológica, Coordenada Este, Coordenada Norte, Altura, and Sist. Referencia.
- 2. CARACTERIZACIÓN BOCAMINAS:** A table with fields for ID Bocamina, Coordenada Este, Coordenada Norte, Altura, Tabla Este, Tabla Norte, and Observación.
- 3. ASPECTOS MINEROS:** A table with fields for Características inclinadas, tajados, cruzados.
- 4. ASPECTOS AMBIENTALES:** Two tables. The first is for 'RECURSO HÍDRICO' (Cuerpos de agua, Tratamiento aguas residuales mineras, Eximentales y Itales; Permisos de Captación y Vertimiento de Aguas, contaminación de aguas hídricas cercanas, beneficio y transformación). The second is for 'RECURSO SUELO' (Botaderos, Manejo de Estériles, hundimientos, Subsistencia, pérdida de cobertura vegetal, erosión, manejo de combustible, manejo de sustancias y residuos sólidos y peligrosos, paisaje, ruta (tenado, vía)).

**Figura 5-29 Formato Inventario Minero EIA-COR15**  
*Fuente: Ajustado (Convenio Interadministrativo GGC N159 De 2015 Ministerio de Minas y Energía - Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 2015)*

El inventario incluye aspectos como información básica de la mina, Título minero, localización, método de explotación, tipo de material, estado de la bocamina (Activa, inactiva, abandonada, bocaviento), entre otras. La caracterización en aspectos mineros incluye descripción de inclinadas, cruzadas, galerías y distancia de avance.

En cuanto a recurso hídrico se describe si presenta obras para manejo de agua de escorrentía y lluvias, tratamiento de aguas residuales, mineras, vertimiento de aguas.

En Recurso Suelo se identifica botaderos y manejo de estériles, pérdida de cobertura vegetal, manejo de residuos sólidos.

El manejo a material particulado, emisiones atmosféricas, manejo de ruido, humectación de vías se caracteriza para el recurso Aire.

En Flora y Fauna se identifica deforestación, si se ha realizado introducción de nuevas especies y/o desplazamiento, manejo paisajístico, ampliación de zonas de reserva.

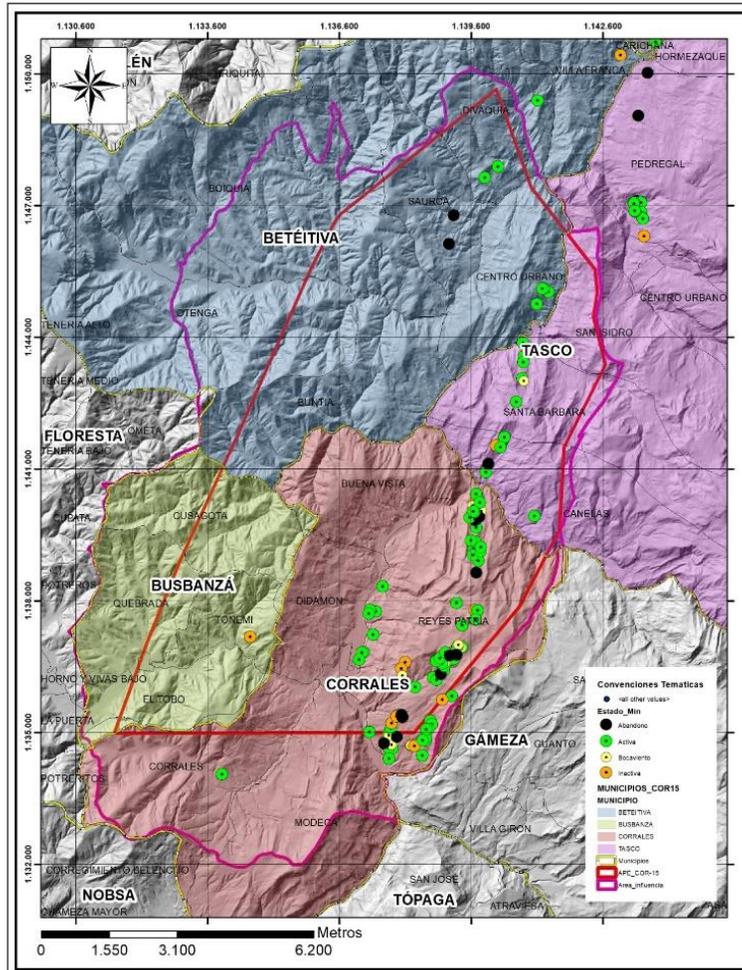
Por último, en aspectos sociales se tiene en cuenta si los empleados de las minas son de la región del área de influencia.

Se ha designado el identificador MC15\_01 a MC15\_135 para el inventario minero, compilado en la Base de datos Access mediante un modelo de tipo relacional se almacenan aspectos generales de cada inventario, con soporte fotográfico y formato de levantamiento en campo. Ver **Figura 5-30** y **ANEXO. Base de Datos.**

**Figura 5-30 Formulario inventario Minero - Base de Datos Access**

*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

Se identifican 135 bocaminas en el área de estudio, la vereda Reyes Patria del municipio de Corrales, presenta el mayor número de bocaminas (92) de las cuales (59) se reportan activas, el título minero de mayor extensión es 14186 con 50 bocaminas localizado en esta vereda, seguido el municipio de Tasco presenta (20) bocaminas activas, la actividad minera corresponde al trasecto de la Formación Guaduas (K2K6gg). Según el estado se distribuyen así: Abandono (16), Activa (91), Inactiva (15) y Bocaviento (13).



**Figura 5-31 Distribución Inventario minero en los municipios APE COR15**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

**Tabla 5-7 Distribución Inventario minero en los municipios APE COR15**

MUNICIPIO	VEREDA	TITULO MINERO	ABANDONO	ACTIVA	BOCAVIENTO	INACTIVA	TOTAL GENERAL	
Beteitiva	Centro	EBG-111		5			5	
	Divaquia	FCC - 093		2			2	
	Saurca	EEF-152	2				2	
	Villa Franca	01007-96			2			2
		117-92				1		1
	FGB-153			2			2	
Corrales	Modeca	14182				1	1	
		0289-15		1			1	
	Reyes Patria	14186	5	29	7	9	50	
		01-008-96	1	6	3	1	11	
		01-081-96	2	9			11	
	181-15		8			8		

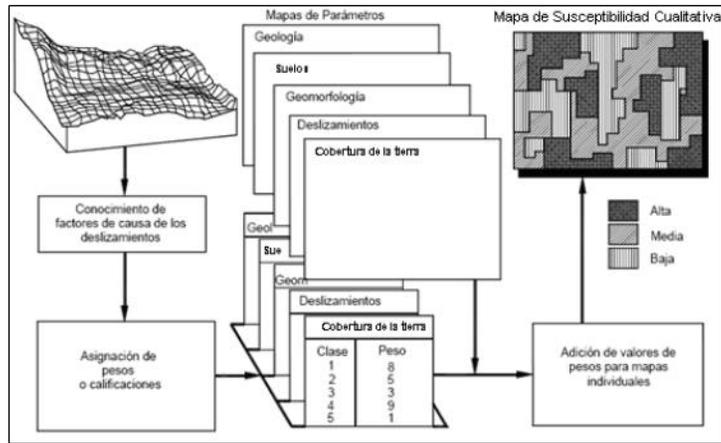
MUNICIPIO	VEREDA	TÍTULO MINERO	ABANDONO	ACTIVA	BOCAVIENTO	INACTIVA	TOTAL GENERAL	
		ELF - 101	1	1			2	
		FF1-111	1	2	1	1	5	
		HCBJ-11		4	1		5	
Tasco	Pedregal	1904T	1	5			6	
		943T		6		1	7	
		GGP-101	1				1	
		HAV-101	1				1	
	Santa Bárbara	01-051-96			2		1	3
		DH9-152			3			3
		EIF-14071X			1	1		2
		FF1-082			1			1
		FFV-161	1		1			2
		No se evidencia			1			1
Total general			16	91	13	15	135	

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

#### 5.1.2.4 Análisis de susceptibilidad ante procesos de remoción en masa

Para la generación del mapa de susceptibilidad por movimientos en masa se desarrolla el “**Documento metodológico de la zonificación de susceptibilidad y amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000**” propuesto por el (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014), se emplean variables cualitativas y cuantitativas, dentro de las variables cualitativas se encuentra la geología, geomorfología, suelos y cobertura de la tierra y dentro las variables cuantitativas se encuentran la pendiente, longitud de la pendiente, rugosidad y acuencia, las cuales se derivan del modelo digital de elevación (DEM) mediante un proceso jerárquico analítico.

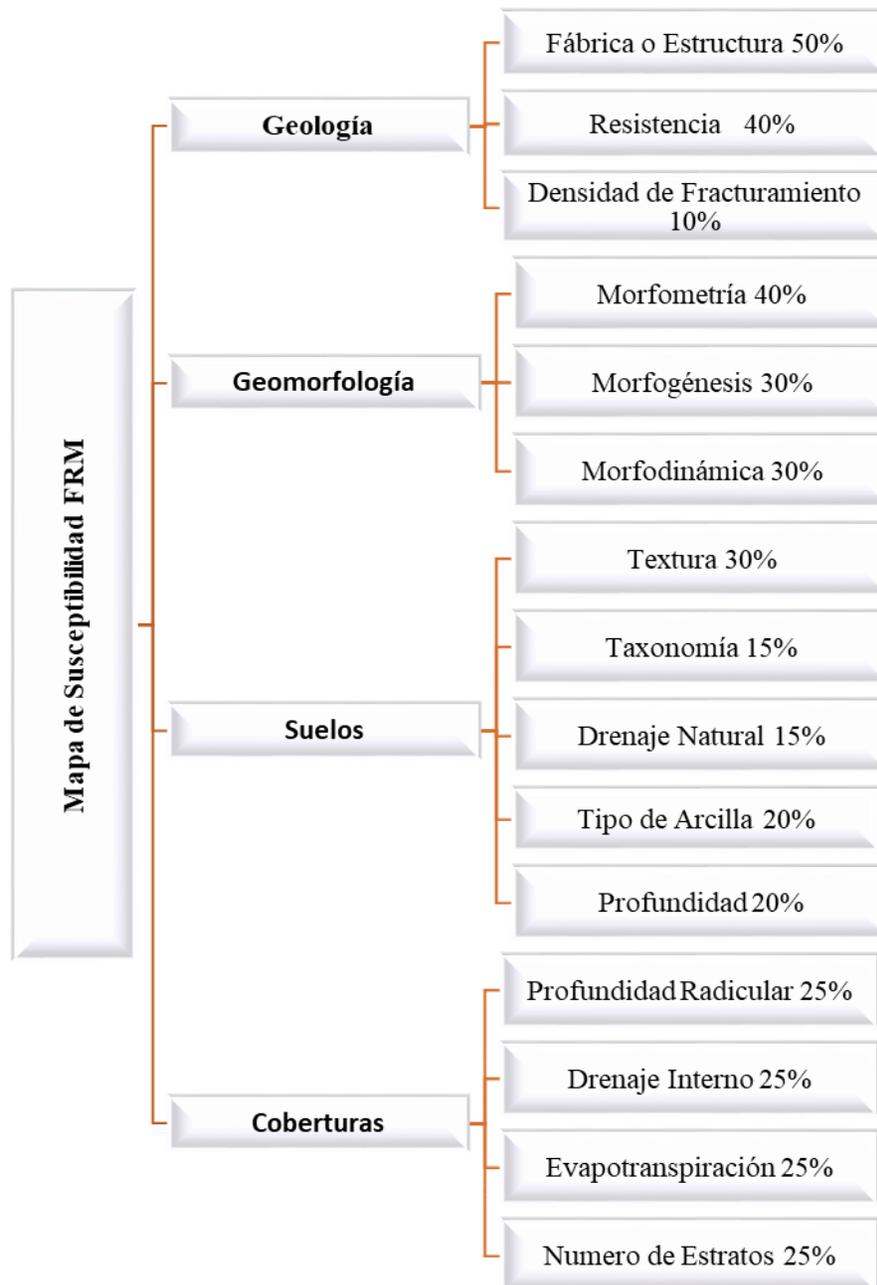
Se aplica un análisis multicriterio que involucra la utilización de datos geográficos, debiendo establecer las preferencias y combinaciones (o agregaciones) de los datos, de acuerdo a reglas de decisiones específicas que han sido implementados en ambiente SIG (Malczewsky, 2006). Para efectos de los análisis heurísticos para determinar el Índice de Susceptibilidad de Movimientos en masa (ISD), se propone la utilización de procesos de análisis jerárquicos (AHP, por sus siglas en inglés). En la **Figura 5-32** se resume el método heurístico utilizando como herramienta SIG. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 23)



**Figura 5-32** Uso de SIG para el análisis heurístico de susceptibilidad por movimientos en masa

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014 (pág. 24)*

Las variables incorporadas en el análisis de susceptibilidad se muestran a continuación con sus respectivos pesos, siendo evaluadas desde un enfoque teórico a partir de características distintivas que señalan el comportamiento ingenieril de estabilidad o inestabilidad. Ver **Figura 5-33**.



**Figura 5-33 Aspectos metodológicos análisis de susceptibilidad ante fenómenos de remoción en masa**

Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014

### ➤ Variable Geología

Para el análisis de susceptibilidad se utiliza como insumo la información obtenida a partir del levantamiento en campo y mapa Geológico a escala 1:25.000, el cual contiene información litológica y estructural, que permite identificar características litoestratigráficas de unidades cartografiadas ubicadas en la zona de estudio APE –COR15.

En la ponderación de la calidad de las rocas se consideran atributos de textura/fábrica, densidad de fracturamiento y dureza, a calificar a partir del mapa geológico. Se señala a continuación las propuestas de valoración para cada atributo, cabe resaltar que la calificación total por la variable geología incluye el análisis de los parámetros antes mencionados con el respectivo peso asignado.

#### ➤ **Fábrica o Estructura**

La fábrica condiciona de manera importante el comportamiento geo-mecánico de los suelos y las rocas debido a la gran anisotropía que presenta por las orientaciones en la que se encuentran las partículas que lo componen; la clasificación de las rocas Según su fábrica/estructura, permite establecer diferencias entre el comportamiento de las rocas en base a la resistencia y direccionalidad de las propiedades mecánicas. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 49).

En la calificación de este atributo se tiene en cuenta las características generales según, disposición y orientación de las partículas, puede ser preferencial a lo largo de la cual las rocas son menos resistentes. Se muestra en la **Tabla 5-8**, la calificación propuesta para los diferentes tipos de rocas según el tipo de textura/fabrica.

**Tabla 5-8 Calificación atributo Fabrica**

FABRICA/ESTRUCTURA	
ATRIBUTO	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
Cristalina Masiva	1
Cristalinas Bandeadas	2
Clásticas Cementadas	3
Clásticas Consolidadas	4
Cristalina Foliada y Rocas de Falla	5

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 49)*

#### ➤ **Resistencia**

Se analizan los diferentes tipos de roca que se encuentran aflorantes en la zona de estudio y se asignan datos basados en las tablas de categorías de resistencia propuestas en la metodología (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 32) la cual toma como referencia las categorías propuestas por (Hoek & Brown, 1997). Que evalúa propiedades como resistencia a la compresión e índice de carga puntual y penetración por otro cuerpo. Estos valores permiten caracterizar la resistencia de los materiales. (Ver **Tabla 5-9**).

**Tabla 5-9 Calificación atributo Resistencia**

GRADO	TÉRMINO	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
R6	Extremadamente dura	1
R5	Muy dura	1
R4	Dura	2
R3	Moderadamente dura	3
R2	Blanda	4
R1	Muy blanda	5
R0	Extremadamente blanda	5

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 32)*

### ➤ Densidad de Fracturamiento

Para el cálculo de la variable densidad de fracturamiento se toma como base la información de las estructuras geológicas contenidas en la cartográfica escala 1:25000 del área de estudio, la cual contiene los trazados de fallas y lineamientos estructurales.

El método para el cálculo de la densidad de fracturamiento es el algoritmo Line density de Arcinfo, este método calcula la densidad de líneas en vecindad de cada pixel definido por un radio de búsqueda, esto a partir de cada centro se dibuja un círculo de radio R, se toma la longitud de la línea y se multiplica por el peso de cada actividad, la suma total se divide entre el área del círculo y se expresa en metros por kilómetro cuadrado (m/km<sup>2</sup>).<sup>7</sup>

Se presenta a continuación la **Tabla 5-10** donde se evidencia la relación de unidades geológicas con su respectiva calificación total de susceptibilidad para esta variable, una vez realizada la ponderación estimativa de cada atributo según el porcentaje asignado.

**Tabla 5-10 Calificación Susceptibilidad total por Geología**

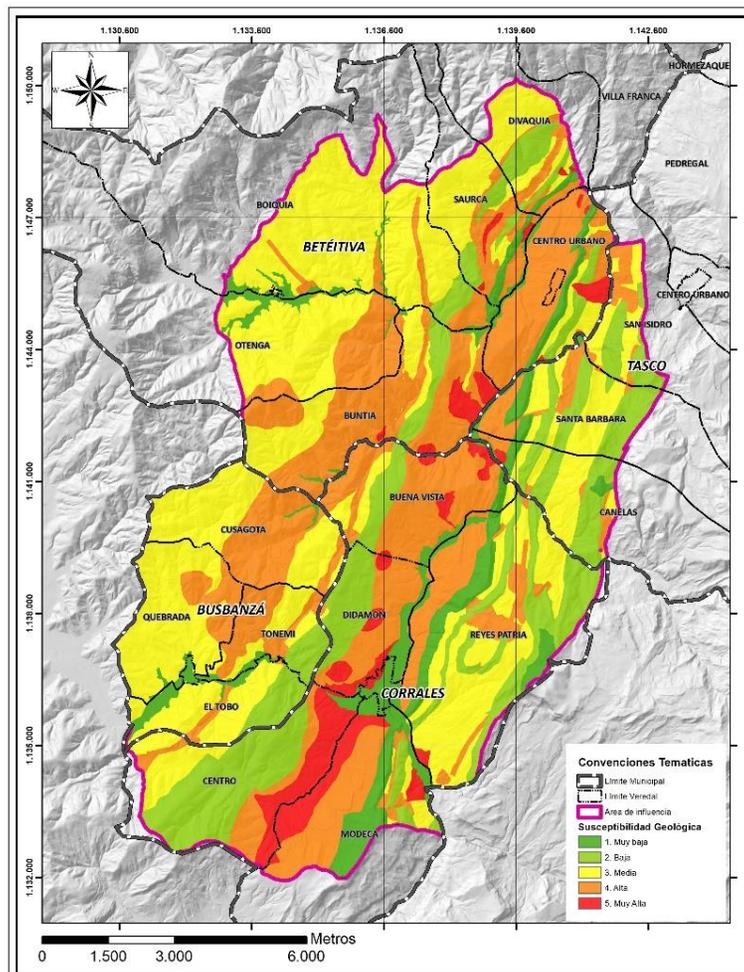
NOMBRE UNIDAD GEOLÓGICA	NOMENCLATURA	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
Deposito Cuaternario Aluvial	Qal	1
Deposito Cuaternario Coluvial	Qc	5
Deposito Cuaternario Fluvial Lacustre	Qpl	5
Deposito Cuaternario Fluvial Neogeno	Naa	1
Formación Arcillas de Socha	E2as	3
Formación Chipaque	K2k3c	4
Formación Concentración	E2c	4
Formación Cucho	D3d6c	3
Formación Filitas y Esquistos de Busbanza	?o?efb	3
Formación Floresta	D2f	4
Formación Giron	J3g	3
Formación Guaduas	K2k6gg	3
Formación Labor y Tierna	K2k5lt	2
Formación Los Pinos	K2k5lp	3
Formación Picacho	E2p	1
Formación Plaeners	K2k5gp	3
Formación Tibasosa	K1b3t	2
	K1b3ts	2
Formación Tibet	D1d3t	3
Formación Une	K2k1u	4
Neis de Quebradas	?o?nq	4
Stock de Otenga	Oso	4

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Una vez analizado los atributos correspondientes a la variable Geología, se unifican criterios de calificación, señalando las unidades más susceptibles en las que se desencadenen movimientos en masa, destacando los depósitos cuaternarios coluviales Qc, se identifican como acumulaciones

<sup>7</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 49

de materiales heterogéneos sin consolidar; compuestos por bloques, gravas en matriz limo-arenosa, producto de la acción del agua y gravedad sobre rocas de laderas superiores adyacentes. Se localizan cubriendo la mayoría de laderas de los cauces de ríos y quebradas en la zona, formando los respectivos taludes cerca de cauces inactivos, dada la constitución limo-arenosa de la matriz y disposición de los bloques en zonas de pendiente moderada condicionan escenarios de alta probabilidad de presentarse movimientos en masa, localizados principalmente en una pequeña franja al Norte del área de estudio en la Vereda Villa Franca del municipio de Tasco, al Centro-Oriente del área de estudio en cercanía a la cabecera municipal de Betétiva, en las veredas Didamon, Centro y Modeca del municipio de Corrales se evidencian zonas en categoría muy alta, dada la disposición de unidades geológicas de litología principalmente de intercalaciones de lodolitas varicoloreadas y areniscas friables con matriz arcillosa de la Formación Arcillas de Socha E2as y de la Formación Chipaque k2k3c constituida por intercalaciones de lodolitas y areniscas de cuarzo de grano medio. Se muestra a continuación la susceptibilidad total para la variable Geología. (Ver **Figura 5-34**).



**Figura 5-34 Susceptibilidad total por Geología**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

### ➤ Variable Geomorfología

Los atributos a evaluar son morfometría, morfodinámica y morfogénesis, los dos primeros fueron desarrollados al inicio de este capítulo como caracterización del medio abiótico.

La calificación de morfogénesis se da sobre cada geoforma, garantizando una calificación particular de los atributos morfogenéticos: Procesos genéticos, modelado del relieve y ambiente de formación, los cuales, a pesar de tener un ambiente en común, pueden variar entre sí y modificar las condiciones de susceptibilidad a la ocurrencia de movimientos en masa. En el caso de identificarse geoformas cuyo atributo morfogenético está definido por más de un ambiente, se debe considerar la calificación de la morfogénesis más relevante y que defina su comportamiento de susceptibilidad ante la ocurrencia de movimientos en masa. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 62). Ver **Figura 5-35** y **Tabla 5-11**.

Ambiente	Origen	Proceso genético	Modelado		Rango de calificación	
			Agradación	Degradación	Agradación	Degradación
Costero	0	1	1	0	2	1
Fluvial	0	1	1	0	2	1
Eólico	1	1	1	0	3	2
Kárstico	1	1	1	0	3	2
Volcánico	2	0	1	0	3	2
Antropico	2	1	1	0	4	3
Denudacional	2	1	1	0	4	3
Glacial	2	1	1	0	4	3
Estructural	3	0	1	0	4	3

Exógeno	1	Agradacional	1
Endógeno	0	Degradacional	0

**Figura 5-35 Criterios para la calificación del atributo Morfogenético**

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 63)*

**Tabla 5-11 Calificación Susceptibilidad total por Geomorfología**

NOMBRE UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	NOMENCLATURA	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
Barra longitudinal	Fbl	3
Canteras	Ac	5
Cauce aluvial	Fca	1
Cerro estructural	Sce	3
Cima	Dc	2
Colina remanente disectada	Dcred	4
Colina residual muy disectada	Dcrmd	4
Cono de deslizamiento indiferenciado	Ddi	5
Cono de talus	Dct	5
Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión	Dco	5
Escarpe de erosión mayor	Deem	3
Escarpe de erosión menor	Deeme	3
Escarpe de terraza de acumulación	Ftae	3
Espolón bajo de longitud corta	Sesbc	2

<b>NOMBRE UNIDAD GEOMORFOLÓGICA</b>	<b>NOMENCLATURA</b>	<b>CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD</b>
Espolon Bajo de longitud larga	Sesbl	2
Espolón bajo de longitud media	Sesbm	2
Espolón estructural glaciado	Gee	1
Espolón faceteado moderado de longitud larga	Sefcml	3
Espolón faceteado moderado de longitud media	Sefcmm	3
Espolon Festoneado Moderado de Longitud Larga	Sefesml	3
Espolon Moderado de Longitud Larga	Sesml	2
Espolón moderado de longitud larga	Sesml	2
Espolón moderado de longitud media	Sesmm	2
Glacis de acumulación	Dga	4
Ladera contrapendiente sierra sinclinal glaciada	Gsslc	3
Ladera de Contrapendiente	Slcp	3
Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal	Sshlc	3
Ladera de contrapendiente sierra anticlinal	Ssalc	3
Ladera de contrapendiente sierra sinclinal	Ssslc	3
Ladera Erosiva	Dle	4
Ladera Estructural	Sle	3
Ladera estructural de sierra anticlinal	Ssale	3
Ladera estructural de sierra homoclinal	Sshle	3
Ladera estructural de sierra sinclinal	Sssle	3
Ladera estructural de sierra sinclinal glaciada	Gssle	2
Ladera Ondulada	Dlo	2
Loma residual	Dlor	3
Lomeríos Disectados	Dldi	3
Lomeríos disectados	Dldi	3
Lomeríos muy Disectados	Dlmd	4
Lomeríos poco disectados	Dlpd	2
Lomo denudado bajo de longitud corta	Dldebc	2
Lomo denudado bajo de longitud larga	Dldebl	2
Lomo denudado bajo de longitud media	Dldebm	2
Lomo denudado moderado de longitud larga	Dldeml	3
Lomo denudado moderado de longitud media	Dldemm	3
Planicie aluvial confinada	Fpac	1
Plano o llanura de inundación	Fpi	1
Sierra anticlinal glaciada	Gsag	2
Sierra denudada	Dsd	3
Sierra y lomo de presión	Sslp	3
Superficies de explanación	Asp	2
Terraza de acumulación	Fta	1

NOMBRE UNIDAD GEOMORFOLÓGICA	NOMENCLATURA	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
Terraza de acumulación antigua	Ftan	1
Terraza de acumulación subcreciente	Ftas	1
Terraza de erosión	Fte	2

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

La categoría de alta susceptibilidad predomina en zonas de pendientes escarpadas o afectadas por fallamiento y zonas activas de movimientos en masa en unidades como Cono de deslizamiento indiferenciado, Cono de talus, Cono y lóbulo coluvial y de solifluxión. La categoría de susceptibilidad media se desarrolla en el ambiente denudacional en unidades como: Ladera Erosiva (Del), Glacis de acumulación (Dga), Lomerios muy Disectados (Dlmd), entre otros.

Esta susceptibilidad alta por geomorfología está íntimamente ligada a la susceptibilidad alta a media por morfometría y pendientes abruptas a escarpadas, en donde priman los Ambientes Estructural, Denudacional y glacial relacionada con las características genéticas de la roca. (Ver Figura 5-36).

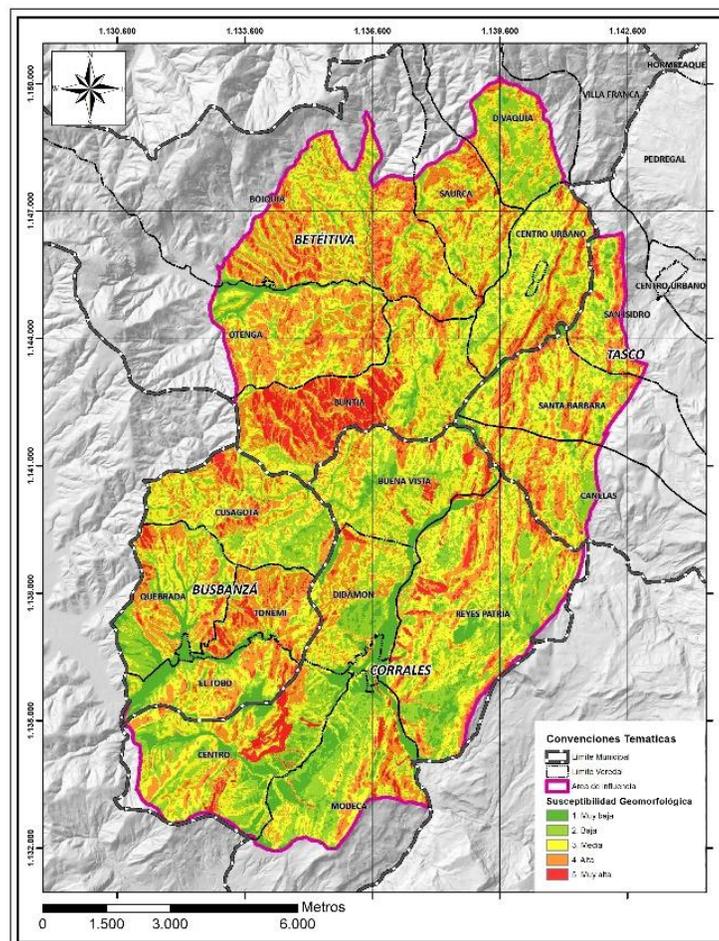


Figura 5-36 Susceptibilidad total por Geomorfología

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

### ➤ Variable Suelos

La presente metodología define las variables: taxonomía, textura, profundidad, tipo de arcilla y drenaje natural, con las que se pretende evaluar su relación con la susceptibilidad a los movimientos en masa.

#### ○ Textura

En suelos arcillosos el movimiento vertical del agua es menor por cuanto los poros son más pequeños de esta manera la conductividad hidráulica también es menor, haciendo de los suelos menos permeables, la consecuencia es que aumentan el contenido de agua, se saturan y finalmente son más susceptibles a movimientos en masa.

Contrario a los suelos arcillosos, los de textura gruesa (arena, grava) serán menos susceptibles por cuanto el agua se desplaza a mayor velocidad en el perfil del suelo (mayor velocidad de infiltración), caracterizando los suelos más permeables y con mayor conductividad hidráulica. Los suelos con mayor contenido de materia orgánica se saturarán, se vuelven más fluidos, menos consistentes y entre mayor sea la pendiente donde estén ubicados mayor será la susceptibilidad a desplazarse.<sup>8</sup> (Ver **Tabla 5-12**).

**Tabla 5-12 Calificación Textura de Suelos**

CLASE TEXTURAL	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
Gr, A, FAGrP, AGr, AFP	1
AF, FAGr, FArAGr, FArGr, FGr, FGrP	2
ArA, ArGr, FA, FArLGr, ArLGr, FLGr, ArAGr	3
F, F-Org, FAr, FArA, FArL, FL, FLOrg,	4
Ar, ArL,	5

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 63)*

#### ○ Taxonomía

Los valores de calificación están en función infiere que los suelos más evolucionados y en condiciones ideales, son menos susceptibles a los movimientos en masa, mientras que los más jóvenes son más susceptibles a los movimientos en masa. La siguiente **Tabla 5-13** se muestra los órdenes de suelos con la calificación a la susceptibilidad.

**Tabla 5-13 Calificación taxonomía de suelos a nivel de Orden**

ORDEN DE SUELOS	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
Oxisol, Ultisol.	1
Alfisol.	2
Mollisol, Andisol, Espodosol.	3
Vertisol, Aridisol.	4
Inceptisol, Entisol, Histosol.	5

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 78)*

<sup>8</sup> Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 63

- Drenaje Natural

La importancia del drenaje natural, radica en conocer la frecuencia y duración de los períodos húmedos bajo condiciones similares, a aquellas en las cuales se han desarrollado los suelos, o sea, en condiciones naturales. IDEAM, 2009. El drenaje interno contribuye a la estabilización de masas de tierra, ya que logra controlar el flujo de agua subterránea, al mismo tiempo que reduce las presiones de poros y se aumenta por tanto la resistencia al corte del material (Fajardo Puerta, 2005). (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 78)

**Tabla 5-14 Calificación del drenaje natural del suelo**

CLASE	CARACTERÍSTICAS	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
Excesivo	No retienen agua después de las lluvias.	1
Moderado excesivo	No retienen agua para las plantas después de las lluvias. El nivel freático nunca sube por encima de 2 metros.	
Bueno (Bien)	Suelos óptimos para el abastecimiento de agua y aire a los cultivos. Nivel freático siempre por debajo de 80 cm.	2
Moderado	El agua es removida lentamente hasta el nivel freático (40-80 cm. en época de lluvias). Requiere drenaje para cultivos permanentes.	3
Imperfecto	Suelos con capas impermeables que impiden percolación en época de lluvias.	4
Pobre	Agua removida lentamente y los perfiles están mojados en la época de lluvias. Se requiere drenaje.	
Muy pobre	Agua freática cerca o sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje.	5
Pantanosos	Agua freática sobre la superficie. Encharcamientos permanentes. Se requiere drenaje.	

*Fuente: Tomado y modificado de INAT, 1.996. IDEAM, 2009  
Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 79)*

- Profundidad

La importancia de la profundidad total del perfil de suelos, radica en que permite determinar hasta donde pueden penetrar las raíces de las plantas, hasta donde puede moverse el agua, a que profundidad se encuentran las limitantes o impedimentos tanto de tipo físico como químico, tales como densidad, material litológico, toxicidades por elementos, entre otros. Igualmente, permite establecer características o aspectos importantes en los procesos de formación del suelo o relevancias en cuanto a acontecimientos naturales que se han presentado a lo largo del tiempo. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 79)

**Tabla 5-15 Calificación de profundidad total, tomado IDEAM, 2009**

PROFUNDIDAD (cm)	CATEGORÍA	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
0-25	Oxisol, Ultisol.	1
25-50	Alfisol.	2
50-100	Mollisol, Andisol, Espodosol.	3
100-150	Vertisol, Aridisol.	4
Mayor a 150	Inceptisol, Entisol, Histosol.	5

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 80)*

➤ **Tipo de Arcilla**

La importancia del tipo de arcilla, en los movimientos en masa, radica en el grado de estabilidad que esta presenta cuando entra en contacto con el agua, ya sea que se contraiga, se expanda o forme grietas, como el caso de las arcillas que tienen los Vertisoles.

El análisis de esta variable incluye aspectos de plasticidad, adherencia, contracción, y demás propiedades que influyen directamente en el comportamiento del suelo. El tipo de arcilla se infirió, de manera general, a partir del parámetro reportado de Orden taxonómico de los suelos y sus características generales en su mineralogía. Según este análisis se propone la siguiente **Tabla 5-16** Calificación del tipo de arcilla.

**Tabla 5-16 Calificación del tipo de arcilla**

GRUPOS DE TIPO DE ARCILLA	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
Caolinita Caolinita, Biotita	1
Halloisita	2
Caolinita, Montmorillonita, Vermiculita Caolinita, Muscovita, Montmorillonita	3
Montmorillonita, Clorita, Caolinita Montmorillonita, Vermiculita, Caolinita	4
Alófana, Gibsita, Montmorillonita, Vermiculita Muscovita, Illita, Vermiculita, Montmorillonita Muscovita, Montmorillonita, Vermiculita Talco, Muscovita, Vermiculita, Montmorillonita	5

*Fuente: Tomado INGEOMINAS IDEAM 2009  
Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 83)*

Una vez realizada la ponderación de los valores de calificación de cada atributo dentro de la variable suelos, se obtiene la valoración total de susceptibilidad para las nueve unidades de suelo definidas dentro del área de influencia del proyecto. (Ver **Tabla 5-17**).

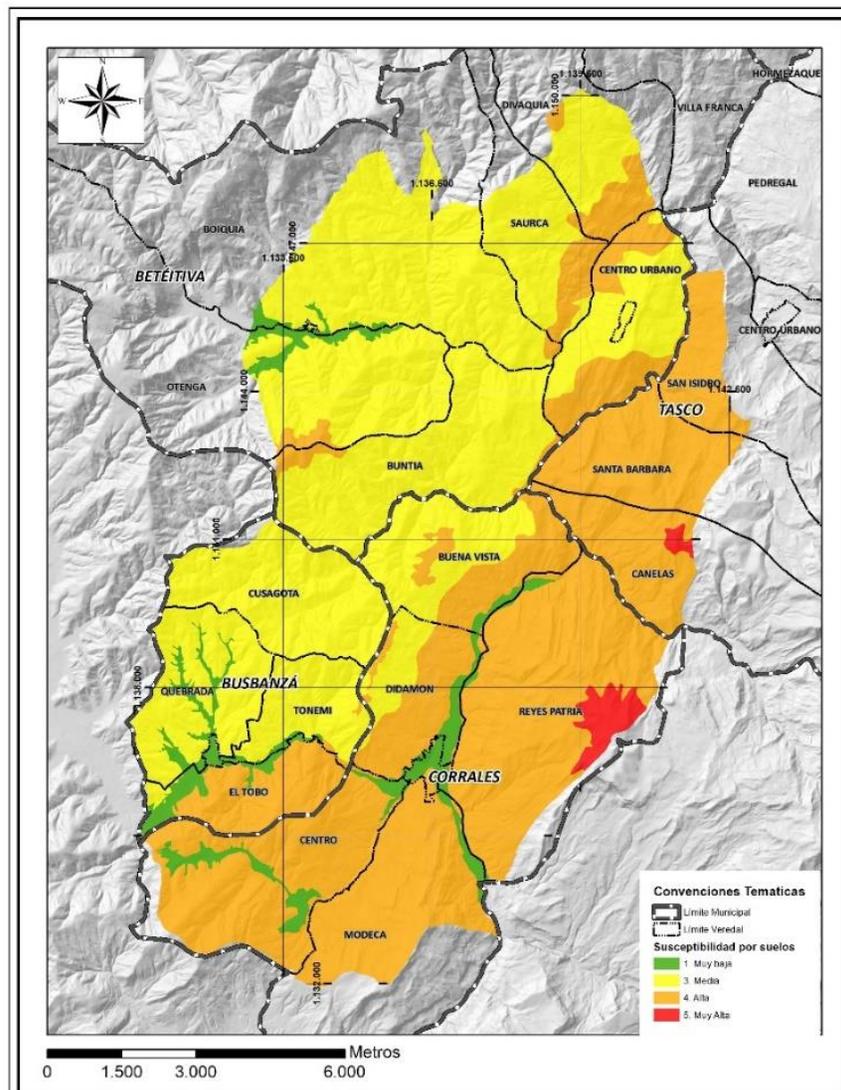
**Tabla 5-17 Calificación Susceptibilidad Suelos**

UCS	COMPONENTE	PERFIL	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
MHE	Complejo: Lithic Udorthents; Oxic Dystrudepts; Afloramientos rocosos	PB-13A; 503	4
MHV	Asociación: Typic Hapludands; Humic Pachic Dystrudepts; Typic Dystrudepts	174A; P-503A; PB-15A	5
MLV	Asociación: Pachic Fulvudands; Andic Dystrudepts; Humic Dystrudepts	PJ-112; R-05; PJ-83	4
MMA	Asociación: Inceptic Haplustalfs; Lithic Ustorthents; Typic Dystrudepts	531; PJ-45; PJ-68	3
MMC	Asociación: Typic Haplustepts; Lithic Haplustolls; Lithic Dystrudepts	PB-80; J-21; 790A	4
MME	Complejo: Lithic Ustorthents; Humic Dystrudepts; Afloramientos rocosos	B-122; B-140	4
MMH	Complejo: Typic Ustifluvents; Fluventic Haplustepts; Aquic Haplustepts	PB-87; 793; 611	1
MMX	Asociación: Humic Dystrudepts; Typic Haplustalfs; Typic Haplustands	B-124; J-17A; B-138	4
VMA	Asociación: Fluventic Haplustepts; Udertic Haplustepts; Typic Dystrudepts	PB-41; J-27; J-37A	1

*Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019*

La unidad de suelo que presenta mayor grado de susceptibilidad es MHV Asociación: Typic Hapludands; Humic Pachic Dystrudepts; Typic Dystrudepts, se caracteriza por presentar perfil A-B-C, de textura franco arcillosa y arcillosa, Son suelos muy superficiales, por contenidos tóxicos de aluminio, y bien drenados. El régimen de humedad Udico predominante en la asociación indica el contenido de agua que permanece por más de 90 días en el suelo, condicionando el factor de inestabilidad.

Cabe resaltar que la franja de mayor susceptibilidad por suelos coincide con unidades geológicas de tipo arcilloso, de pendiente suave y zonas en las que se evidencia procesos erosivos de tipo antrópico y natural, principalmente en los municipios de Corrales y Tasco. (Ver **Figura 5-37**).



**Figura 5-37 Susceptibilidad total por suelos**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

➤ **Variable Coberturas**

- Profundidad radicular

El análisis de Con la funcionalidad descrita, las coberturas que mejor protegen y son menos susceptibles a movimientos en masa son los bosques, por lo que sugiere dar una calificación entre 1 y 2 según el grado de intervención que haya tenido. Para el caso de cultivos y pastos el experto podrá evaluar el tipo de cobertura (la calificación puede estar alrededor 2 - 3 - 4), otras coberturas como arbustales, vegetación secundaria pueden dárseles calificación intermedia (3-4). (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 91). A continuación, se presenta la **Tabla 5-18** de referencia para la calificación del sistema.

**Tabla 5-18 Categorización y calificación de la profundidad efectiva**

PROFUNDIDAD EFECTIVA	RANGO (cm)	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
Muy superficial	Menos de 25 cm	5
Superficial	25-50cm	4
Moderadamente Profundo	50-100cm	3
Profundo	110-150cm	2
Muy Profundo	Mayor de 150cm	1

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 92)*

- Drenaje Profundo

Significa la facilidad con la cual el flujo de agua se mueve hasta el drenaje profundo en presencia de determinada cobertura vegetal, en un criterio anterior se hizo alusión a esta función.

Con base en los valores de referencia, en algunos estudios se ha calificado a los bosques con valores de 1 y 2 (que favorecen la regulación y estabilidad de los terrenos) y de 4 a 5, en herbazales y de 2 a 3, pastos enmalezados, pastos y cultivos. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 93).

**Tabla 5-19 Categorización y calificación de la variable drenaje Profundo**

DRENAJE PROFUNDO	RANGO (%)	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN	CATEGORIZACIÓN	COBERTURAS ASOCIADAS
Muy superficial	0-10	5	Muy alta	Pastos
Superficial	10.1-20	4	Alta	Áreas Agrícolas
Moderadamente Profundo	20.1-30	3	Media	Arbustales Abiertos
Profundo	30.1-40	2	Baja	Arbustales Densos
Muy Profundo	Mayor de 40	1	Muy Baja	Zonas Boscosas

*Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 94)*

- Número de Estratos

En esta variable se desea utilizar el número de estratos de una cobertura vegetal para darse una idea por ejemplo del tipo de bosque, de su densidad, estructura, el resultado es que tan buena protección hace en algunos aspectos. Ejemplo para bosques bien evolucionados es posible encontrar hasta 4 estratos, de esta manera se podría calificar entre 1 y 2; para un cultivo limpio que solo tiene un estrato, su susceptibilidad sería de 4 – 5. A continuación se presenta la **Tabla 5-20** de referencia para la calificación del Número de Estratos.

**Tabla 5-20 Categorización y calificación de la variable Número de Estratos**

ESTRATOS DE LA COBERTURA	RANGO (N° DE ESTRATOS VERTICALES)	PROPUESTA DE CALIFICACIÓN
No presenta	0	5
Baja densidad estructural	1	4
Media densidad estructural	2	3
Moderadamente Alta	3	2
Alta densidad Estructural	4	1

Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 94)

- Evapotranspiración

Una alternativa para la variable es usar el Kc como ya se anotó. Existe información variada sobre el parámetro, la metodología empleada señala valores referentes de la FAO. Para valorar las coberturas, Kc más altos (1,1, 1,2), tendrá una calificación de 1 – 2. Un ejemplo sencillo para bosque caducifolio con Kc de 0,6, la calificación será de 2. A continuación se presenta la tabla de referencia para la calificación de la Evapotranspiración. (Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, pág. 95)

**Tabla 5-21 Categorización y calificación de la variable Número de Estratos**

EVAPOTRANSPIRACIÓN	RANGO DEL COEFICIENTE	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
Muy Baja	0-0.5	5
Baja	0.51-0.8	4
Media	0.81-1	3
Alta	1.1-1.5	2
Muy Alta	Mayor de 1.5	1

Fuente: Servicio Geológico Colombiano SGC, 2014, (pág. 95)

Se presenta a continuación las unidades de cobertura con la respectiva calificación de susceptibilidad una vez realizada la ponderación de cada atributo.

**Tabla 5-22 Calificación Susceptibilidad Coberturas**

NOMBRE UNIDAD COBERTURA	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
Arbustal	2
Bosque abierto	2
Cultivos permanentes arbóreos	3
Herbazal	2
Hortalizas	3
Mosaico de pastos y cultivos	3
Pastos arbolados	4
Pastos limpios	4
Plantación forestal	2
Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	1
Tejido urbano continuo	1
Tejido urbano discontinuo	1
Tubérculos	3

NOMBRE UNIDAD COBERTURA	CALIFICACIÓN SUSCEPTIBILIDAD
Zonas de extracción minera	5
Zonas industriales o comerciales	1

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Las unidades de pastos limpios, mosaico de pastos y cultivos, pastos arbolados presentan poca profundidad radicular, baja densidad estructural al constituirse por solo un estrato vertical, el drenaje es muy superficial en un rango de 0-10% indicando baja regulación y estabilidad de los terrenos.

Las zonas de extracción minera plenamente identificadas dentro del área de estudio se indican con calificación alta, dadas las condiciones desprovistas de cobertura, remoción de plantaciones que según la disposición radicular brindan inestabilidad y la intervención antrópica de la actividad condicionan las zonas a presentar procesos erosivos, y la acción de aguas lluvias y escorrentía aportan en el desencadenamiento de movimientos en masa, predomina en el municipio de Tasco y la vereda Reyes Patria del municipio de Corrales. (Figura 5-38).

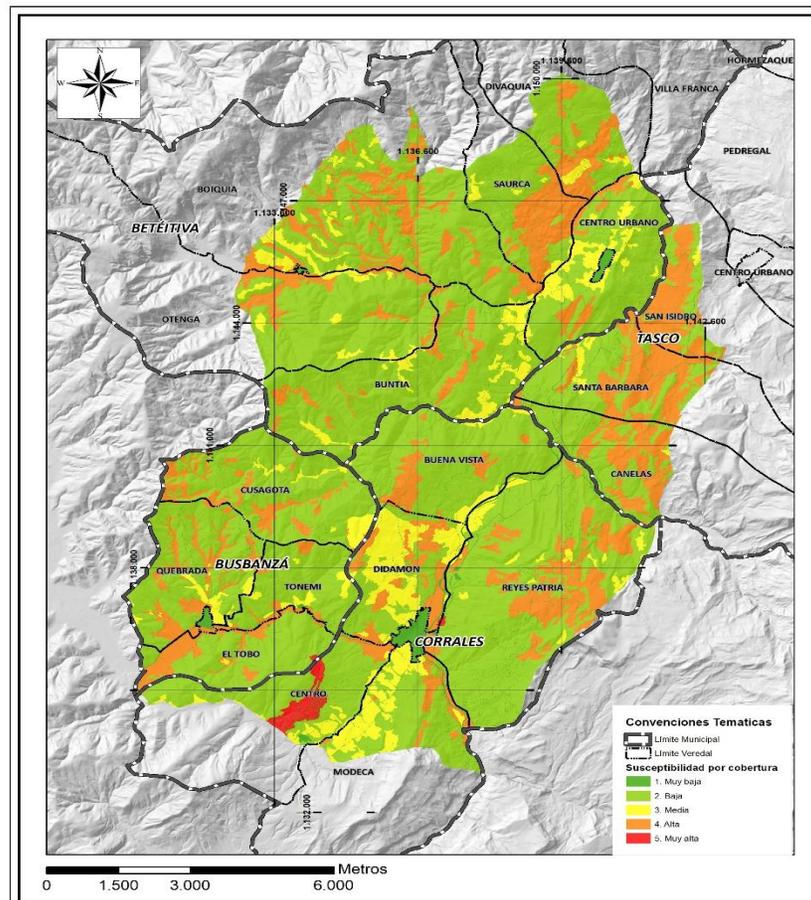


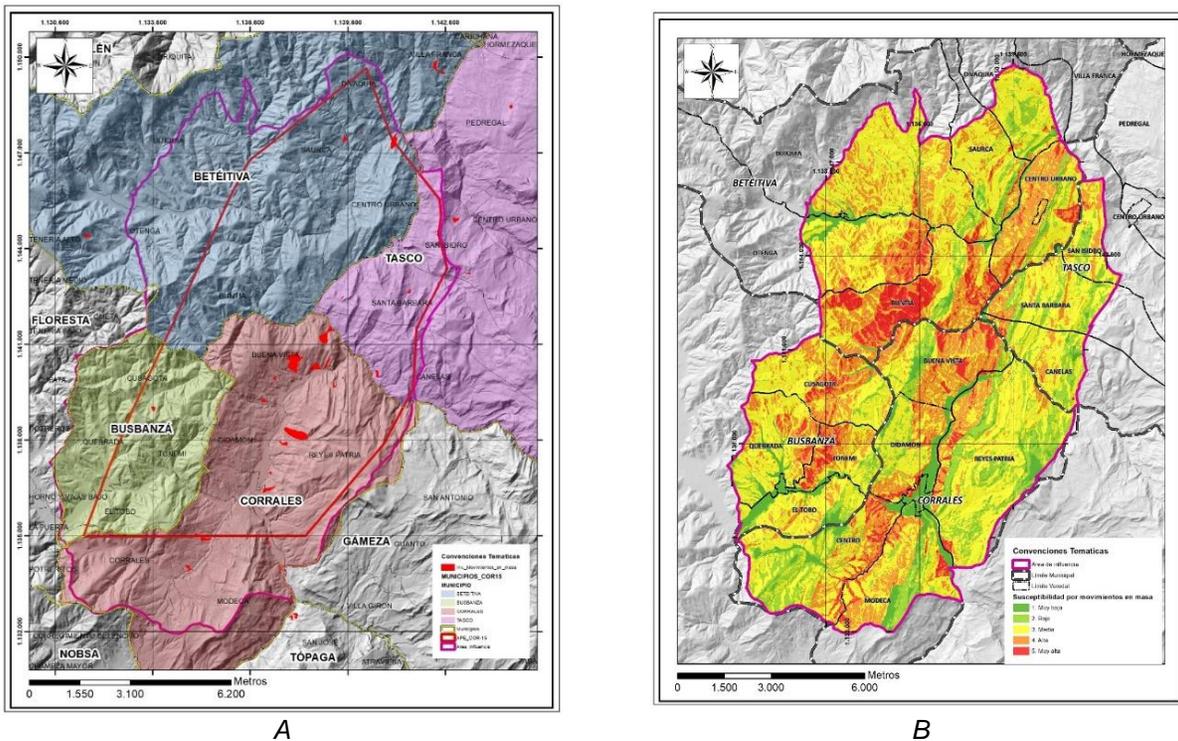
Figura 5-38 Susceptibilidad total por Coberturas

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

La susceptibilidad alta por movimientos en masa está en función de la predominancia de pendientes abruptas a escarpadas, en ambientes estructural y denudacional, se logra evidenciar zonas con alta probabilidad de presentar deslizamientos en unidades de origen sedimentario susceptible a fuertes procesos erosivos, que favorecen la formación de suelos residuales, procesos erosivos y movimientos en masa. En el caso del ambiente estructural, la susceptibilidad alta se debe principalmente a la disposición estructural de la roca ya que este ambiente se genera sobre rocas sedimentarias y debido a procesos tectónicos donde la roca es levanta, fracturada y expuesta a los agentes de meteorización, va a corresponder a zonas muy favorables al desarrollo de movimientos en masa.

Se logra evidenciar dos zonas de mayor susceptibilidad concentradas en la vereda Buenavista del municipio de Corrales y la vereda Buntia del municipio de Betéitiva, cabe resaltar que dichas zonas se pueden ratificar mediante el inventario de movimientos en masa concentrado con prevalencia en la vereda Buenavista, como se puede evidenciar en la siguiente figura.

En la vereda Buntia, se puede inferir que la alta susceptibilidad está condicionada por factores de tipo morfológico y disposición de unidades geológicas de rocas poco competentes. Las áreas con susceptibilidad media se relacionan con la presencia de procesos erosivos y actividades antrópicas.



**Figura 5-39 Distribución movimientos en masa (A) - Susceptibilidad por movimientos en masa (B)**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

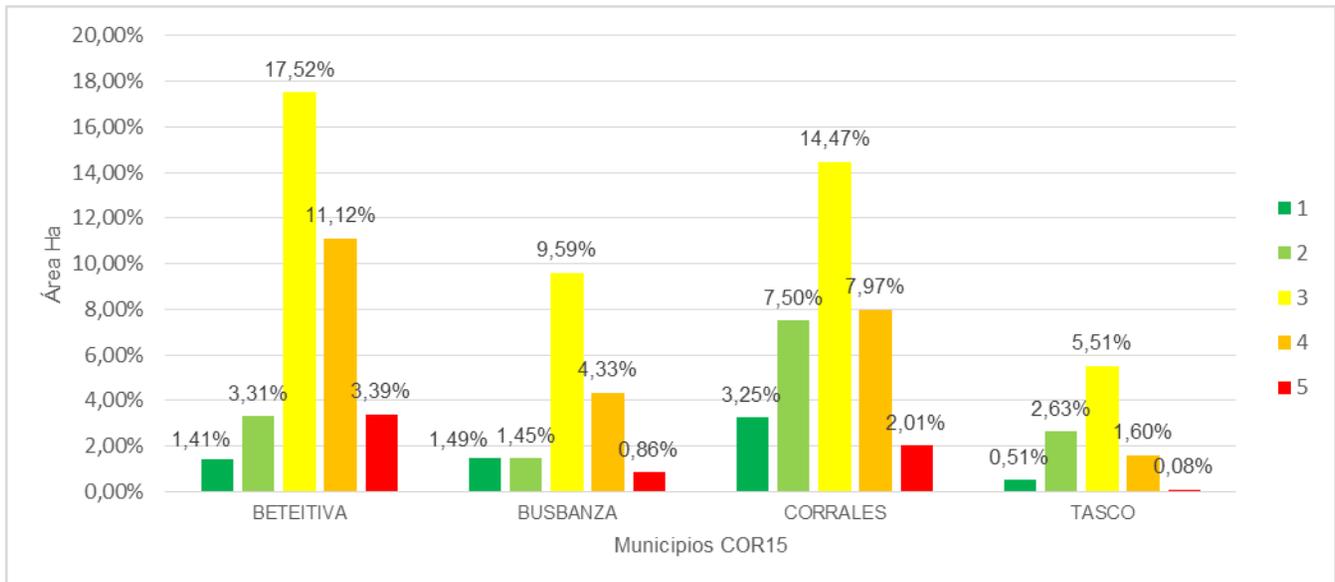
**Tabla 5-23 Distribución categorías de Susceptibilidad por movimientos en masa municipios  
COR 15**

MUNICIPIO	VEREDA	1 MUY BAJA	2 BAJA	3 MEDIA	4 ALTA	5 MUY ALTA	TOTAL GENERAL
Beteitiva	Buntia	28,2	73,4	323,2	443,7	323,4	1191,9
	Centro	28,5	76,0	268,0	345,4	52,0	770,0
	Divaquia	18,0	100,3	291,5	33,6	2,8	446,2
	Otenga	66,0	22,9	403,9	297,1	75,5	865,4
	Saurca	16,3	84,3	323,0	105,9	8,2	537,6
	Soiquia	42,0	110,3	864,6	345,0	17,6	1379,5
	Zona Urbana			1,1	0,9		2,0
Busbanza	Cusagota	22,5	42,4	463,1	253,2	42,6	823,7
	Quebradas	54,6	61,0	434,8	144,3	23,6	718,2
	Tobo	103,4	64,0	296,5	72,6	2,8	539,3
	Tonemi	22,7	37,0	160,2	142,2	52,2	414,4
	Zona Urbana	7,0	0,3	1,0	0,0		8,2
Corrales	Buenavista	61,9	99,2	212,3	362,3	90,7	826,5
	Corrales	68,0	255,4	443,1	180,3	62,0	1008,8
	Didamon	52,1	72,7	247,9	142,2	24,7	539,6
	Modeca	119,3	141,0	325,9	241,8	59,6	887,7
	Reyes Patria	127,4	489,2	814,1	197,3	40,4	1668,4
	Zona Urbana	31,1	2,1	1,7	2,3	6,3	43,5
Tasco	Canelas	34,1	138,2	300,8	97,1	7,8	578,1
	San Isidro	9,9	68,1	146,1	73,2	1,9	299,1
	Santa Bárbara	28,4	165,4	332,1	56,2	1,3	583,4
<b>Total general</b>		<b>941,3</b>	<b>2103,3</b>	<b>6654,9</b>	<b>3536,6</b>	<b>895,4</b>	<b>14131,5</b>

Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

Se presenta a continuación en la **Figura 5-40** la distribución de categorías de susceptibilidad en los municipios del área de interés, señalando que los municipios con mayor área condicionada a presentar movimientos en masa son Beteitiva y Corrales con 36.74% y 35.20% respectivamente del área total abiótica del presente estudio.

El 47.09% del área abiótica se encuentra en categoría media y el 25.03% en categoría alta, el municipio que presenta muy baja susceptibilidad es Tasco, en cuanto a las veredas que pertenecen al polígono definido como área abiótica.



**Figura 5-40 Distribución categorías de Susceptibilidad por movimientos en masa municipios COR 15**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

#### 5.1.2.5 Análisis susceptibilidad movimientos en masa e Inventario Minero

La distribución de inventario minero se localiza en categoría de susceptibilidad media y alta sobre el trasecto de la Formación Guaduas compuesta por arcillas y limos con alternancia de areniscas y mantos de carbón, se evidencia en campo áreas de subsidencia relacionadas con la intervención antrópica, aspecto que condiciona la zona a presentar movimientos en masa en mayor proporción de tipo reptación, se atribuyen causas como el mal manejo de aguas residuales mineras, de escorrentía y aguas lluvia, así como la incorrecta disposición de estériles, en algunos casos la emisión de material particulado no es controlado con polisombra, consecuencia de esto se genera acumulación sobre las vías y áreas circundantes removiendo la cobertura del suelo.

Es importante implementar planes de manejo paisajístico y cierre definitivo en las 16 bocaminas identificadas en abandono, con el fin de mitigar procesos erosivos que a mediano o largo plazo se desencadenen deslizamientos importantes.

En el municipio de Tasco las zonas de actividad minera se localizan en categoría alta de susceptibilidad, las condiciones de pendiente abrupta y aspectos antes mencionados, contribuyen a la inestabilidad de sectores de las veredas Santa Bárbara y San Isidro.

Se relaciona a continuación evidencias de campo como soporte de lo descrito anteriormente.



**Fotografía 5-63 Aspectos mineros: Características inclinadas, bajadas, cruzadas**  
**Inventario MC15\_48. Municipio Corrales – Reyes Patria**  
**Coordenadas N: 1138496 E: 1134438**  
*Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019*

Boca viento existente tiene un inclinado principal, aproximadamente de 50° a 60°, no se evidencia profundidad; no se registra galerías, inclinados, diagonales y tambores, las servidumbres mineras son propias del propietario de la mina. Azimut de la mina 100°. Ver **Fotografía 5-64**.



**Fotografía 5-64 Recurso Hídrico: Cuerpos de agua, Tratamiento aguas residuales mineras, escorrentía y lluvias**  
**Inventario MC15\_48. Municipio Corrales – Reyes Patria**  
*Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019*

No se evidencia tratamiento de agua residuales mineras, se presenta cuerpos de agua. Se observa algunas cunetas para la captación de aguas de escorrentía y de lluvia. Ver **Fotografía 5-65**.



**Fotografía 5-65 Recurso Suelo: Botaderos, Manejo de Estériles, Subsistencia  
Inventario MC15\_48. Municipio Corrales – Reyes Patria**

*Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019*

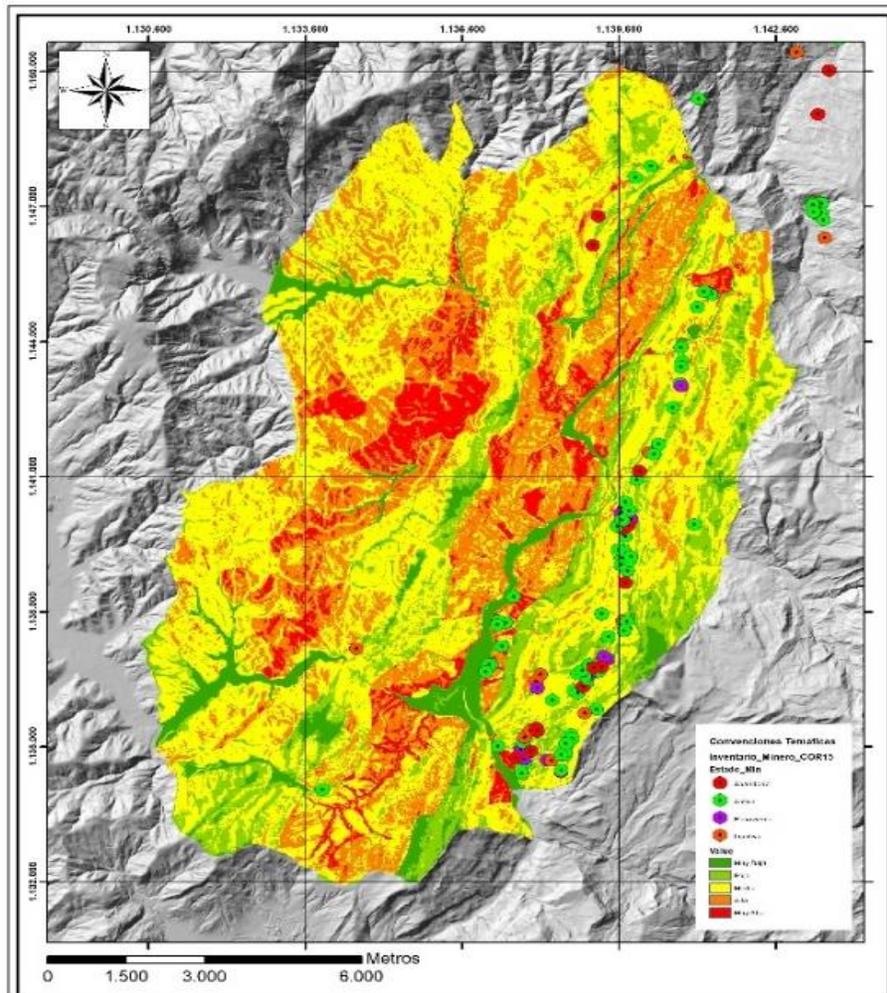
El botadero está a 200 mts del bocaviento aproximadamente, se presenta una leve subsidencia. Los procesos erosivos se evidencian en los cortes viales, y los lugares donde hubo remoción de cobertura vegetal. Ver **Fotografía 5-66**.



**Fotografía 5-66 Recurso Aire: Botaderos, Manejo de Estériles,  
Subsistencia Inventario MC15\_48. Municipio Corrales – Reyes  
Patria**

*Fuente: UPTC- INCITEMA, 2019*

La emisión de material particulado se genera por el cargue y descargue de carbón en la tolva o almacenamiento presente en la mina, estas no cuentan con recubrimiento con polisombra. No se realiza humectación de la vía. No se cuenta con señalización, el material está expuesto a la intemperie sin ninguna protección y obras para la captación de aguas de escorrentía y de lluvia. Ver **Figura 5-41**.



**Figura 5-41 Análisis inventario minero y susceptibilidad por movimientos en masa**  
Fuente: INCITEMA-UPTC, 2019

#### 5.1.2.6 Análisis susceptibilidad movimientos en masa e Inventario procesos erosivos

Es posible evidenciar que el inventario de procesos erosivos se concentra en zonas de alta susceptibilidad de ocurrencia de fenómenos de remoción en masa en los municipios de Corrales, Tasco y Beteitiva, las zonas desprovistas de cobertura vegetal y acción de agua de escorrentía condicionan estas áreas a presentar cárcavamiento, erosión laminar y en surcos, lo anterior se valida con trabajo de campo, en el que se verifica la relación intrínseca de los movimientos en masa con zonas de erosión activa, a esto se atribuyen causas de diferente índole, la vegetación existente se encuentra en sistemas de bosque fragmentado con pastos y cultivos y vegetación secundaria o en transición, como consecuencia de procesos antrópicos para dar paso a diferentes usos especialmente agricultura y ganadería, el mal manejo de aguas superficiales principalmente de riego por gravedad y la ausencia de implementación de obras de canalización de aguas lluvias y de aguas provenientes de actividad minera son agentes detonantes. Ver **Figura 5-42**.

