



GEOMORFOLOGÍA DEL PARQUE ARVÍ

DIEGO ALBERTO SÁNCHEZ BOTERO

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

GEOLOGÍA

MEDELLÍN

2016

GEOMORFOLOGÍA DEL PARQUE ARVÍ

DIEGO ALBERTO SÁNCHEZ BOTERO

Trabajo dirigido de grado presentado como requisito parcial para optar al título de
Geólogo

Asesor:

Ing. Geólogo – MSc. MICHEL HERMELIN ARBAUX (†)

Co – Asesor.

Dr. IVÁN DARÍO CORREA ARANGO

UNIVERSIDAD EAFIT

ESCUELA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TIERRA

GEOLOGÍA

MEDELLÍN

2016

Nota de Aceptación

Firma del Presidente del Jurado

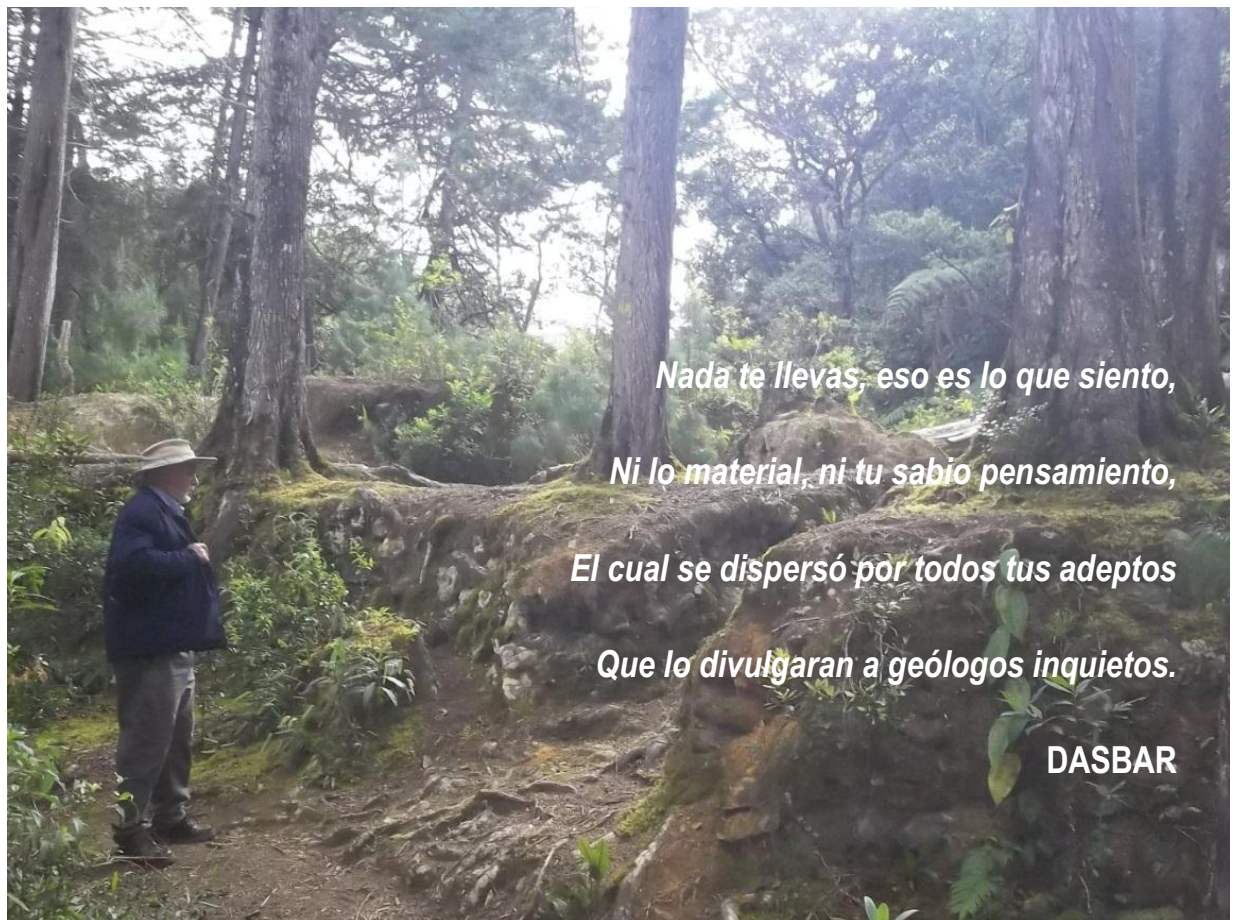
Firma de Jurado

Firma de Jurado

Medellín, 2016

A Dios...

Al Maestro Michel Hermelin Arboux (Q.E.P.D.), por darme la sapiencia para concluir con mis estudios superiores a través de este trabajo.



A Mi Madre, quien a pesar de las adversidades, me acompañó en esta épica travesía hasta el final, siempre orgullosa de dejar su herencia educativa.

AGRADECIMIENTOS

Un sincero agradecimiento a mis hermanos y en especial a Tatiana, quien tuvo el compromiso de acompañarme y ayudarme en la realización de este informe.

A los profesores quienes sembraron en mí el espíritu investigativo y crítico que necesita un geólogo para desarrollarse en la vida.

A mis compañeros quienes hicieron de mi paso por la universidad una divertida y feliz estancia.

A Johanna Prussmann por sus enseñanzas, sugerencias y correcciones en el manejo del ArcGIS.

Al profesor Iván Darío Correa por tomar el difícil papel de revisor final del proyecto de grado, ante la ausencia del profesor Michel Hermelin.

Gracias al parque Arví, a las Empresas Públicas de Medellín, al parque Comfama Arví, a la secretaria de Hacienda del municipio de Medellín y a Corantioquia por darme acceso al materia base cartográfico y fotogramétrico utilizado en la realización de este informe.

Al profesor José Humberto Caballero para el cual no encuentro palabras con que expresar mi inmenso agradecimiento, por asumir la asesoría personal y desinteresada en la conclusión exitosa este proyecto.

Finalmente gracias a quien haya aportado su grano de arena en mi formación profesional, les estaré eternamente agradecido.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	19
RESUMEN	21
1. INTRODUCCIÓN	23
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
3. JUSTIFICACIÓN	25
4. OBJETIVOS	26
4.1 <i>OBJETIVO GENERAL</i>	26
4.2 <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	26
5. METODOLOGÍA	27
5.1 <i>REVISIÓN E INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS</i>	28
5.2 <i>CARTOGRAFÍA BÁSICA DIGITAL</i>	29
5.3 <i>MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM)</i>	30
6. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO	32
6.1 <i>LOCALIZACIÓN</i>	32
6.2 <i>VEGETACIÓN Y CLIMA</i>	34
6.3 <i>HIDROGRAFÍA</i>	37
7. MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO REGIONAL	39
7.1 <i>EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA CORDILLERA CENTRAL</i>	41
7.1.1 Cretácico Temprano. (Hauteroviano – Conienciano (~130 Ma.))	41
7.1.2 Cretácico Tardío. (Santoniano – Maastrichtiano (~80 M.a.))	42
7.1.3 Paleógeno. (Paleoceno (~ 60 M.A.))	43
7.1.4 Paleógeno. (Eoceno Inferior y Medio (Fase Pre-Andina I – II, 54 – 45 M.a.))	44
7.1.5 Paleógeno–Neógeno. (Oligoceno – Mioceno (Fase Proto-Andina 24 – 21 M.a.))	45

7.1.6	Neógeno–Cuaternario. (Mioceno hasta presente (Fase Eu-Andina I-IV, 18-0 M.a.))	46
7.2	<i>SUPERFICIES DE EROSIÓN</i>	47
7.2.1	Superficies de erosión Pre-S-I, S-I y S-II.	48
7.2.2	Superficies de erosión en proceso de aplanamiento S-III y S-IV.	49
7.3	<i>EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA CON INFLUENCIA ANTRÓPICA</i>	51
8.	GEOLOGÍA	66
8.1	<i>DUNITA DE MEDELLÍN</i>	67
8.2	<i>ANFIBOLITA DE PIEDRAS BLANCAS</i>	69
8.3	<i>NEIS MILONÍTICO DE SAJONIA</i>	70
8.4	<i>DEPOSITOS NO LITIFICADOS</i>	72
8.4.1	Flujos de escombros	74
8.4.2	Depósitos aluviales	75
9.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	76
9.1	<i>MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL</i>	76
9.2	<i>FALLAS DE LA ZONA DE ESTUDIO</i>	76
9.2.1	Falla La Acuarela	77
9.2.1	Falla La Honda	79
9.3	<i>LINEAMIENTOS</i>	79
10.	SUELOS	84
10.1	<i>SUELO DERIVADO DE LA ANFIBOLITA DE PIEDRAS BLANCAS.</i>	85
10.1.1	Materia orgánica (Horizontes O, O1 y O2)	85
10.1.2	Ceniza Volcánica (Horizonte A1)	86
10.1.3	Lateritas, Costras de Hierro (Horizonte A2)	87
10.1.4	Horizonte tipo gley (Horizonte A3)	89
10.1.5	Línea de piedra (Horizonte A4)	91
10.1.6	Anfibolita Meteorizada (Horizonte C)	92
10.2	<i>SUELO DERIVADO DE LA DUNITA DE MEDELLÍN</i>	94
10.2.1	Materia Orgánica (Horizonte O2)	94

10.2.2	Ceniza Volcánica (Horizonte A1)	95
10.2.3	Línea de Piedra (Horizonte A4)	96
10.2.4	Dunita Meteorizada (Horizonte C)	97
11.	CUENCA DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS	98
11.1	<i>PERFILES A LO LARGO DE LA CUENCA</i>	98
11.2	<i>PERFILES TRANSVERSALES DE LA CUENCA PARTE ALTA</i>	102
11.3	<i>PERFILES TRANSVERSALES DE LA CUENCA PARTE MEDIA</i>	106
11.4	<i>PERFILES TRANSVERSALES DE LA CUENCA PARTE BAJA</i>	110
11.5	<i>ANÁLISIS DEL PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES.</i>	113
11.5.1	Perfil longitudinal de la quebrada Piedras Blancas	114
11.5.2	Perfil longitudinal de la quebrada El Rosario.	117
11.5.3	Perfil longitudinal de la quebrada La Gurupera – La Avila.	119
11.5.4	Perfil longitudinal de la quebrada Matasanos.	121
11.5.5	Perfil longitudinal de la quebrada Chorrillos – La Olaya.	123
12.	VOLUMEN DE DENUDACIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS HASTA SU DESEMBOCADURA EN EL EMBALSE DE PIEDRAS BLANCAS	125
13.	TRABAJO DE CAMPO, VERIFICACIÓN EN EL TERRENO	127
14.	GEOMORFOLOGÍA	128
14.1	<i>UNIDADES FISIAGRÁFICAS</i>	128
14.2	<i>UNIDADES DE RELIEVE</i>	129
14.3	<i>UNIDADES DE PAISAJE</i>	129
14.4	<i>MACROUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	130
14.5	<i>UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	133
14.5.1	Morfogénesis	133
14.5.2	Morfometría	133
14.6	<i>DESCRIPCIÓN, UBICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS</i>	141

14.6.1	Unidades Geomorfológicas Ubicadas dentro de la Unidad de Paisaje Valle de Aburrá Medio	146
14.6.2	Unidades Geomorfológicas Ubicadas dentro de la Unidad de Paisaje Superficie de Erosión S-I.	148
15.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	168
16.	RECOMENDACIONES	170
	BIBLIOGRAFÍA	171

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodología utilizada en el proyecto de investigación.	27
Figura 2. Modelo de elevación digital (DEM), del parque Arví.	31
Figura 3. Localización del área de estudio. Parque Arví al oriente de Medellín. ...	33
Figura 4. Localización e identificación de la cobertura vegetal en el parque Arví, tomado de la base SIG. de la corporación parque Arví.	35
Figura 5. Hidrografía. Parque Arví.	38
Figura 6. Marco Tectónico que influye en el área de estudio, adaptado de Cortes y Angelier, 2005; y modelado a través del software ArcGis 10.1.....	40
Figura 7. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Hauteroviano-Coniánico.	42
Figura 8. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Santoniano-Masastrichtiano.....	43
Figura 9. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Paleoceno.	44
Figura 10. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Eoceno.	45
Figura 11. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Oligoceno - Mioceno.	46
Figura 12. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Miocena hasta el presente.	47
Figura 13. Superficies de erosión, tomado de (Page & James, 1981).	50
Figura 14. Mapa de los sitios arqueológicos Indígenas del parque Arví.	54
Figura 15. Plano de las minas aluviales de Piedras Blancas, tomado de AGN, Mapoteca 4. Mapa 579 A.....	56
Figura 16. Mapa de las fuentes de sal existentes en el parque Arví.	59
Figura 17. Croquis de los filones auríferos, trazados por Carlos Segismundo de Greiff, en Piedras Blancas. Tomado de AHA. Minas de Antioquia. Tomo 73. Doc: 4950.....	60

Figura 18. Mapa de Ubicación de las explotaciones auríferas, tanto de veta como aluviales en el parque Arví.....	62
Figura 19. Mapa de Ubicación de las ruinas de viviendas construidas en tapia, desde la Colonia hasta inicios del siglo XX.....	63
Figura 20. Mapa de las unidades geológicas en el parque Arví. Modificado de INGEOMINAS, 2005.....	66
Figura 21. (A) Mapa de localización de la Dunita de Medellín en el parque Arví. (B) Fotografía del afloramiento de roca dunítica en la margen derecha del camino de La Cuesta que desde la estación el Tambo conduce a la laguna de Guarne.	68
Figura 22. (A) Mapa de localización de la Anfibolita de Piedras Blancas en el parque Arví; (B) Fotografía del afloramiento de roca Anfibolítica ubicada en el <i>Knickpoint</i> denominado Chorro Clarín; (C) Detalle de la mineralogía y la textura.	70
Figura 23. (A) Mapa de localización del Neis Milonítico de Sajonia en el parque Arví; (B) Fotografía del afloramiento de roca saprolitizada Neisica, ubicada sobre la margen izquierda de la carretera sin pavimentar que de la torre de incendios conduce al sector de los Hernández.....	72
Figura 24. (A) Mapa de localización de los Depósitos No Consolidados en el parque Arví; (B) Fotografía de depósito aluvial en terraza de la quebrada El Rosario, explotada en épocas pasadas por minería aurífera, dentro del núcleo de Comfama.	73
Figura 25. Fotografía de flujo de escombros, localizado en el sector de Chorro Clarín, sobre la margen izquierda de la vía que conduce de la vereda Mazo al sector del Tambo.	74
Figura 26. Fotografía de depósito aluvial en la margen izquierda de la	75
Figura 27. Mapa de localización de las dos trazas que conforma la falla La Acuarela.....	79
Figura 28. (A) Diagrama de rosas para los diferentes lineamientos identificados en el parque Arví; (B) Mapa de localización de los diferentes Lineamientos identificados en el parque Arví.....	Error! Bookmark not defined.

Figura 29. (A) Diagrama de rosas para la falla Piedras Blancas en el parque Arví; (B) Mapa de localización del lineamiento denominado falla Piedras Blancas.....	81
Figura 30. (A) Diagrama de rosas para las diaclasas medidas durante la campaña de campo; (B) Diagrama de rosas para los socavones y diques cuarzosos explotados por minería aurífera.	82
Figura 31. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte de Materia Orgánica. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía superior muestra la panorámica del horizonte orgánico; (C) La fotografía inferior destaca en detalle la división de este horizonte en los estratos O, O1, O2.....	85
Figura 32. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte de Ceniza Volcánica. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía superior muestra la panorámica del horizonte de Ceniza Volcánica; (C) La fotografía inferior presenta en detalle la distribución de este horizonte soportando algunos bloques de cuarzo lechoso.....	87
Figura 33. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte A2 correspondiente a las Lateritas. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía muestra la panorámica del horizonte de Lateritas y su continuidad a través del estrato.....	88
Figura 34. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte tipo Gley. Afloramiento ubicado en la vereda Barro Blanco, detrás de la cancha polideportiva de la escuela; (B) La fotografía superior muestra la panorámica del horizonte tipo Gley; (C) La fotografía inferior presenta en detalle la coloración y el contacto del horizonte con los estratos superior e inferior.	90
Figura 35. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja la Línea de Piedra. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía superior muestra la panorámica y continuidad de la Línea de Piedra en el afloramiento; (C) La	

fotografía inferior presenta en detalle los clastos de cuarzo que conforman este horizonte.	92
Figura 36. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado la Anfibolita meteorizada. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía muestra la panorámica del horizonte de Anfibolita Meteorizada y su continuidad a través del corte del talud.	93
Figura 37. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado el horizonte de materia orgánica. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.	94
Figura 38. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado el horizonte de ceniza volcánica. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.	95
Figura 39. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado la línea de Piedra. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.	96
Figura 40. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado la Dunita meteorizada. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.	97
Figura 41. Perfil longitudinal A – A´ en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.	100
Figura 42. Perfil longitudinal B – B´ en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.	101
Figura 43. Perfil transversal C – C´ en la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas.	104
Figura 44. Perfil transversal D – D´ en la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas.	105
Figura 45. Perfil transversal E – E´ en la cuenca media de la quebrada Piedras Blancas.	108
Figura 46. Perfil transversal F – F´ en la cuenca media de la quebrada Piedras Blancas.	109
Figura 47. Perfil transversal G – G´ en la cuenca baja de la quebrada piedras blancas.	111

Figura 48. Perfil transversal H – H´ en la cuenca baja de la quebrada Piedras Blancas.	112
Figura 49. Perfil longitudinal A – A´ de la quebrada Piedras Blancas.	116
Figura 50. Perfil longitudinal F – F´ de la quebrada El Rosario.	118
Figura 51. Perfil longitudinal E – E´ de la quebrada La Gurupera – La Avila.	120
Figura 52. Perfil longitudinal C – C´ de la quebrada Matasanos.	122
Figura 53. Perfil longitudinal B – B´ de la quebrada La Olaya – Chorrillos.	124
Figura 54. Perímetro, área y volumen denudado en la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.	126
Figura 55. Mapa de puntos de control tomados durante la campaña de campo.	127
Figura 56. Ubicación de la cordillera Central.	128
Figura 57. Unidad de relieve “Norte de la Cordillera Central”.	129
Figura 58. Perfil de unidad de paisaje.	129
Figura 59. Unidad de paisaje Valle Medio de Aburrá y Superficie de Erosión S-I; ubicación del perfil A – A´ de la Figura 58.	130
Figura 60. Macrounidades del Parque Arví, descritas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.	131
Figura 61. Macrounidades del parque Arví.	132
Figura 62. Mapa de pendientes del parque Arví.	135
Figura 63. Relieve relativo del parque Arví.	136
Figura 64. Mapa de curvatura del parque Arví.	137
Figura 65. Mapa de Rugosidad del parque Arví.	138
Figura 66. Procesos Morfodinámicos por remoción en masa en el parque Arví.	139
Figura 67. A) Movimiento en masa inactivo, ubicado en la zona rural de la vereda de Mazo. B) Cárcava inactiva e invadida de vegetación, generada por descoles inadecuados de los canales laterales de la antigua vía que de la vereda Barro Blanco conduce a la vereda de Mazo.	140
Figura 68. Desgarre superficial, ubicado en el escarpe conformado por el corredor de falla del Neis Milonítico de Sajonia, denominado falla la Acuarela.	140

Figura 69. Erosión en surcos generada por inadecuadas prácticas agrícolas. Zona rural de la vereda Barro Blanco.	141
Figura 70. Perfil de identificación de las unidades geomorfológicas en la zona sur de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.	143
Figura 71. Perfil de identificación de las unidades geomorfológicas en la zona central de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.	144
Figura 72. Perfil de identificación de las unidades geomorfológicas en la zona norte de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.	145
Figura 73. Escarpe Semicircular (Bloque santa Elena).....	146
Figura 74. Laguna de Guarne, ubicada dentro de la unidad Superficie con Baja Incisión.....	148
Figura 75. Laguna seca, unidad Superficie con Baja Incisión.	149
Figura 76. A), B) y C) Formas de Carren en la roca perteneciente a la Dunita de Medellín hacia el sector de la laguna de Guarne.	149
Figura 77. Superficie Plana hacia el sector de la laguna de Guarne.....	150
Figura 78. Cabecera de la vereda Barro Blanco	151
Figura 79. Cima plana de los lomos bajos donde se encuentra el núcleo urbano de la vereda Mazo.	152
Figura 80. Colas de Minería por explotación aurífera aluvial en la quebrada La Gurupera.....	153
Figura 81. Intervenciones agrícolas en la zona rural de la vereda Barro Blanco.	154
Figura 82. Knickpoint formado por el escarpe de la falla La Acuarela	155
Figura 83. Estrangulamiento (Garganta) de la quebrada Piedras Blancas, conformando un canal en planos de diaclasas, cerca al sector del vivero de EPM.	156
Figura 84. Terraza intervenida por la explotación aurífera en el sector del núcleo de Comfama.	157
Figura 85. Quebrada El Rosario, con canal en roca a la altura del núcleo de Comfama.	158

Figura 86. Perfil de sedimentos sobre la margen izquierda de la quebrada Piedras Blancas, cerca de la vereda Mazo.	159
Figura 87. Abanico formado por la desembocadura de la quebrada Matasanos.	159
Figura 88. Salar de la vereda de Mazo, denominado Salar de la Roca, hacia la margen izquierda de la quebrada Piedras Blancas.....	160
Figura 89. Minas en socavón para la explotación aurífera.	161
Figura 90. A) Tumbas indígenas subterráneas; B) Muros en tierra; C) Vasijas indígenas de cerámica en barro cocido	162
Figura 91. Área Forestal protegida de las Empresas públicas de Medellín, cuenca de la quebrada Chorrillos.....	163
Figura 92. Knickpoint en la quebrada Chorrillos.....	164
Figura 93. A) y B) Socavones para la explotación aurífera hacia la margen derecha de la quebrada Chorrillos. C) Dique Cuarzoso.....	165
Figura 94. Casa finca Las Mercedes, conocida como la casa del músico o casa del balcón, Arquitectura republicana de comienzos del siglo XIX.....	165
Figura 95. Embalse de Piedras Blancas.	166
Figura 96. Iglesia de Mazo construida a finales del siglo XVIII.	167
Figura 97. Construcción en concreto dentro del núcleo de Comfama.....	167
Figura Portada. Panorámica del parque Arví, tomada de Google Earth para Android (Google Inc.).	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Relación de las fotografías aéreas utilizadas en la interpretación.	28
Tabla 2. Rangos de pendientes para el parque Arví. Adaptado de AMVA (2012).	134
Tabla 3. Rangos de intervalos de alturas o relieve relativo; Tomada de (Carvajal, 2012).....	135
Tabla 4. Descripción del atributo de curvatura.	137
Tabla 5. Descripción del atributo de rugosidad.....	138
Tabla 6. Nomenclatura para la caracterización de unidades geomorfológicas del Valle de Aburrá (AMVA, 2012).....	142

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Unidades Geomorfológico del parque Arví.

Escala 1:5.000 del 1 - 6

GLOSARIO

EVENTOS OROGÉNICOS: proceso Geológico mediante el cual la corteza terrestre se acorta y pliega en un área alargada producto de esfuerzos regionales.

TERRENOS ALÓCTONOS: fragmentos de corteza terrestre que han sido transportados por procesos tectónicos tales como mantos de corrimiento, cabalgamientos o grandes desplazamientos de rumbo.

SUBDUCCIÓN: proceso de hundimiento de una placa litosférica bajo otra en un límite convergente.

FRACTURAS CONJUGADAS: fracturas por cizalla que se producen por la actuación de un mismo estado de esfuerzo y que están caracterizadas por formar pares o grupos de fracturas que se cortan formando un ángulo diedro agudo, que es disectado por la dirección principal del máximo esfuerzo compresivo.

PLACAS TECTÓNICAS: fragmento de litosfera que se mueve como bloque rígido sin que ocurra deformación interna sobre la astenósfera (zona superior del manto terrestre que está debajo de la litosfera) de la Tierra.

VULCANISMO: fenómeno que consiste en la salida desde el interior de la Tierra hacia el exterior de rocas fundidas o magma, acompañada de emisión a la atmósfera de gases.

METAMORFISMO: transformación sin cambio de estado de la estructura o la composición química o mineral de una roca cuando queda sometida a condiciones de temperatura o presión distintas de las que la originaron.

PLUTÓN: masa de roca magmática, procedente de grandes profundidades que se solidifica dentro de la corteza terrestre.

DENUDACIÓN: serie de procesos que determinan la degradación o disminución general de la superficie del terreno. Normalmente comprende los procesos de meteorización, transporte y erosión.

SEDIMENTACIÓN: proceso por el cual el sedimento en movimiento se deposita.

EROSIÓN: degradación y transporte del suelo o roca que producen distintos procesos en la superficie de la tierra.

CRATÓN: masa continental llegada a tal estado de rigidez en un lejano pasado geológico que desde entonces no ha sufrido fragmentaciones o deformaciones, al no haber sido afectadas por los movimientos orogénicos.

BATOLITO: masa Plutónica extensa de composición granítica, que cubre más de 100 kilómetros cuadrados en la corteza terrestre.

DISCORDANCIA: relación geométrica entre capas de sedimentos que representa un cambio en las condiciones en que se produjo su proceso de deposición.

FASE PRE-ANDINA: evento Orogénico ocurrido en los Andes del Norte del continente Suramericano.

SAPROLÍTO: roca que se ha meteorizado a tal grado que constituye una masa de arcilla o grava donde todavía se puede ver estructuras de la roca original.

PENILLANURA: meseta originada por la erosión de una región montañosa a causa de procesos denudativos.

PEÑOLES: antigua denominación española que se le daba a los monolitos, relicto de la denudación de rocas plutónicas.

CUECOS: grandes recipientes de barro con ornamentación utilizados en la extracción de sal.

RESUMEN

El siguiente trabajo realiza una primera aproximación a la caracterización geomorfológica del parque Arví en el municipio de Medellín (Colombia) a escala 1:5000, a través de la identificación de las Unidades Geomorfológicas que hacen parte de las formas del paisaje y su relación con los factores que las originaron.

La evolución del paisaje desde escalas regionales, hasta escalas locales y antropológicas se realizó a través de la literatura existente de reconocidos geólogos y antropólogos que han dedicado sus vidas a la comprensión y reconstrucción de las huellas del pasado.

Para la elaboración de los 6 mapas finales, fue necesario realizar una prospección de campo de las 1761 ha, efectuando una descripción detallada del suelo, la marcación de puntos de control litológico, la medición de planos de diaclasas, *knickpoints* y lineamientos estructurales, el inventario de los relictos mineros y arqueológicos, la identificación de los procesos por remoción en masa y la georeferenciación de las unidades geomorfológicas existentes en el área de estudio.

Finalmente el modelamiento de la base cartográfica a través del software ArcGIS 10.1, facilitó la elaboración de los mapas, la construcción de perfiles y la identificación de rasgos estructurales sobre la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.

1. INTRODUCCIÓN

La elaboración de mapas geomorfológicos a escalas detalladas es una importante herramienta para el entendimiento de la evolución del paisaje generado por factores exógenos y endógenos que bajo una buena comprensión permite el desarrollo sostenible y la prevención o mitigación del riesgo en el crecimiento de zonas urbanas en potencial desarrollo.

Este trabajo está fundamentado en la recopilación bibliográfica tanto de la evolución geológica y antropológica a nivel regional y local, como también de la adaptación de una escala mayor (1:5000) a las guías y metodologías propuestas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA, 2012) a escala 1:5.000.

La realización de una intensa campaña de campo, permito la identificación y georeferenciación de las formas del terreno y sus posibles orígenes, las cuales fueron relacionadas a la fotointerpretación en escala 1:10.000 o menores y al modelamiento de la cartografía digital a escala 1:5000 obtenida de las Empresas Públicas de Medellín.

El desarrollo turístico y urbanístico que actualmente presenta el parque Arví, hace necesario la incorporación de este tipo de estudios con el fin de planificar y complementar el equipamiento de nuevos núcleos, fortalecer la reglamentación en el uso de la tierra, servir de base en estudios posteriores de geología y antropología y complementar la información turística del parque con atractivos geológicos.

En este estudio encontrarán una primera aproximación a una base metodológica en la elaboración de cartografía geomorfológica a escala 1:5000 respetando los parámetros establecidos por las entidades nacionales y locales.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El avanzado desarrollo turístico y urbanístico que ha presentado el parque Arví en los últimos años, hace necesario la realización de mapas geomorfológicos a escala 1:5000 o mayores con el fin de servir de base en la realización de estudios ambientales, morfoestructurales, geotécnicos y de ordenamiento territorial, al mismo tiempo que complementar la información turística a través de la incorporación de rasgos geológicos de interés público, siendo una fuente importante de información en el análisis de la evolución del paisaje y su relación con los asentamientos humanos.

3. JUSTIFICACIÓN

El principal objetivo de este trabajo es realizar la caracterización geomorfológica del parque Arví en escala 1:5000, obteniendo las respuestas de como los agentes exógenos y endógenos actuaron, actúan y actuarán en la construcción del paisaje, sentando las bases para el manejo ambiental y territorial de la zona de estudio.

El parque Arví es un importante espacio de recreación lúdica y cultural en donde habitantes de Medellín, municipios vecinos y ciudadanos extranjeros acuden con el fin de obtener sano esparcimiento y en algunas ocasiones información de interés geográfica, geológica y geomorfológica que actualmente no se encuentra y que podría ser subsanado con este documento y los mapas geomorfológicos anexos a escala 1:5000.

Este mapa permitirá delimitar sectores territoriales en donde es necesario tomar decisiones en su uso y manejo como parte esencial en la elaboración o actualización de los planes de ordenamiento territorial, más específicamente en la zonificación geotécnica, planificación de desarrollo de recursos, del uso de tierras, de proyectos, y políticas de riesgos naturales.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Identificar y caracterizar las unidades geomorfológicas existentes en el parque regional Arví en el Corregimiento de Santa Elena, municipio de Medellín, a escala 1:5000, a partir de observaciones y medidas realizadas en la zona y la modelación espacial de información cartográfica base.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Realizar un análisis de la evolución de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas en donde se encuentra localizado el parque Arví.

Caracterizar los suelos y su uso a través de los diferentes periodos de ocupación humana.

Identificar las principales unidades geomorfológicas por medio de fotointerpretación, análisis, modelamiento en ArcGIS, y recorridos de campo.

Caracterizar las unidades geomorfológicas identificadas a partir de su morfometría, morfología, morfogénesis y morfodinámica.

Cartografiar cada una de las unidades sobre la cartografía base existente en la Geodatabase obtenida de las Empresas Públicas de Medellín a escala 1: 5000.

5. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó utilizando una metodología descriptiva de las formas del paisaje a partir del recorrido de campo, la fotointerpretación, el modelamiento de las curvas de nivel en escala 1:5000 en el software ArcGIS y el análisis de diferentes fuentes bibliográficas, con el fin de obtener una interpretación más acertada en las conclusiones y un producto lo más preciso posible.

La investigación se llevó a cabo en varios escenarios, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y trabajo de oficina en los cuales se realizaron diferentes actividades utilizando diversas herramientas metodológicas y tecnológicas, con el fin de identificar y caracterizar las unidades geomorfológicas existentes en el parque regional Arví en el Corregimiento de Santa Elena, municipio de Medellín, (ver figura 1).



Figura 1. Metodología utilizada en el proyecto de investigación.

Con esta investigación y mediante las anteriores actividades, se pretende realizar un análisis de la evolución de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, donde se encuentra ubicado el parque Arví, la caracterización de sus suelos, sus usos, y obtener como producto final un mapa digital en escala 1:5000 de las unidades geomorfológicas del parque Arví, mediante su identificación y caracterización.

5.1 REVISIÓN E INTERPRETACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS

Para la identificación y clasificación de los rasgos geológicos, geomorfológicos y estructurales, se realizó una revisión preliminar de las fotografías aéreas existentes para el área de estudio, las cuales solo fue posible obtener en escala 1:10000 o menores, dentro de las cuales se resaltó la dirección y forma de los drenajes, la cobertura vegetal, las formas de las laderas y sus cimas, lineamientos e infraestructura y equipamientos de las poblaciones (Veredas) existentes dentro de su área.

Las fotografías analizadas fueron obtenidas de la oficina de Catastro Departamental y de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (Corantioquia) las cuales están relacionada en la tabla 1.

Tabla 1. Relación de las fotografías aéreas utilizadas en la interpretación.

VUELO	FAJA	ESCALA	AÑO	FOTOS
C:395	01	1:50.000	1945	967-976
FAL:403	11	1:20.350	1998	114-125
AE:183	01	1:20.200	2004	007-011
AE:182	01	1:10.800	2004	738-742

El análisis de la fotointerpretación dio como resultado la identificación preliminar de unidades y rasgos geomorfológicos, cambios en los usos del suelo a través de diferentes años, formaciones superficiales, rasgos estructurales y rasgos geológicos.

5.2 CARTOGRAFÍA BÁSICA DIGITAL

La información cartográfica digital conforma la base de la investigación actual, siendo el principal insumo en la elaboración y procesamientos de los mapas que mostraremos a continuación.

Esta información fue obtenida del área de gestión ambiental de las Empresas Públicas de Medellín, la cual incluye hidrografía y topografía a escala 1:5000 y en formato DWG, extensión del programa AutoCAD.

Es de anotar que con el fin de obtener la base más actualizada posible, fue necesario contar con información complementaria digital de la Corporación Parque Arví en formato Shape File y escala 1:10.000, en donde precisan las rutas de los caminos de herradura, vías, cobertura vegetal, catastro, el equipamiento conformado por los núcleos de Comfama, Comfenalco, fuerte de Carabineros y Mazo e información complementaria a la ubicación de ruinas o vestigios arqueológicos.

Esta información fue correlacionada con la fotointerpretación, identificando formas y rasgos necesarios para la realización del mapa geomorfológico final.

5.3 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL (DEM)

A través de la cartografía base en escala 1:5000 obtenida de las Empresas Públicas de Medellín, se elaboró el modelo de elevación digital para la cuenca de la quebrada de Piedras Blancas, generando un archivo en formato Raster, en el que cada celda presenta la información de su cota o elevación, generando una superficie digital continua correspondiente a la superficie topográfica del área de estudio.

El modelo de elevación digital es la base para la elaboración de los análisis de pendientes, la generación de los perfiles longitudinales, transversales y de las principales quebradas, además de ser el insumo principal en la delimitación de la cuenca, obtención de los parámetros de volumen y área y en el complemento visual a los parámetros estructurales obtenidos en las fotografías aéreas.

El mapa que representa el modelo de elevación digital, será utilizado como soporte base en los mapas que identifican y referencian la exploración de campo realizada en el parque Arví (ver figura 2).

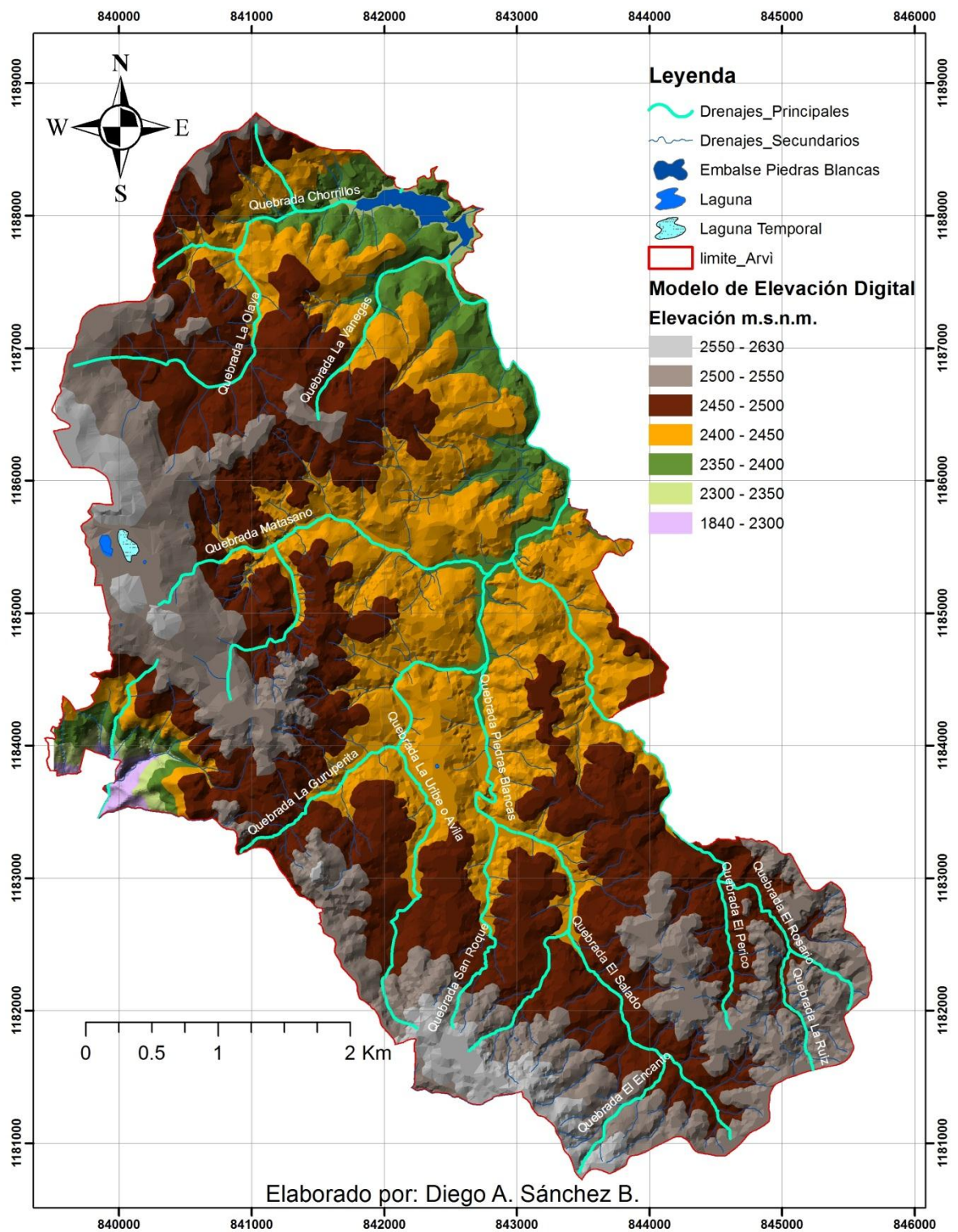


Figura 2. Modelo de elevación digital (DEM), del parque Arví.

6. GENERALIDADES DEL ÁREA DE ESTUDIO

6.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se encuentra localizado al oriente del Valle de Aburrá, sobre la cordillera Central, en jurisdicción de los municipios de Medellín y Guarne, en el corregimiento de Santa Elena, específicamente las veredas Piedra Gorda, Barro Blanco, Mazo y Piedras Blancas que conforman el sitio turístico denominado parque Arví (ver figura 3), con un área de 1761 ha, ubicadas dentro de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, situada a los $6^{\circ}17'$ al oeste del meridiano de Greenwich y a los $75^{\circ}30'$ al norte de Ecuador geográfico, con una elevación topográfica que varía de los 2680 m.s.n.m. en el nacimiento de la quebrada el Salado, hasta los 2350 m.s.n.m. en el embalse de Piedras Blancas.



Figura 3. Localización del área de estudio. Parque Arví al oriente de Medellín.

El ingreso al parque por medio vehicular se puede realizar a través de tres diferentes vías, siendo la de mayor tráfico la que de Medellín conduce al corregimiento de Santa Elena, seguida por la vía veredal que desde el Municipio de Guarne conduce a la vereda de Piedras Blancas y por último la vía de menor transitabilidad denominada antigua vía a Guarne, que va desde el barrio Santo Domingo en la comuna nororiental de Medellín, hasta el embalse de Piedras Blancas.

6.2 VEGETACIÓN Y CLIMA

Según la clasificación establecida por Espinal (1985), el área de estudio corresponde a la zona de vida de bosque húmedo montano bajo (bh mMB), cerca de la línea de transición al bosque muy húmedo montano bajo (bmh MB).

La ocupación humana desde épocas precolombinas han generado variaciones temporales en la cobertura vegetal, identificando en la actualidad 9 coberturas vegetales clasificadas como: Bosque secundario (BS), Cultivo Transitorio (CT), Mezcla (M), Pastizal Enmalezado (PE), Plantación Forestal (PF), Pastizal Limpio (PL), Rastrojo Alto (RA), Rastrojo Bajo (RB), Regeneración Natural (RN), clasificados por el área forestal de las Empresas Públicas de Medellín y cartografiadas en la base SIG de la Corporación Parque Arví (ver figura 4).

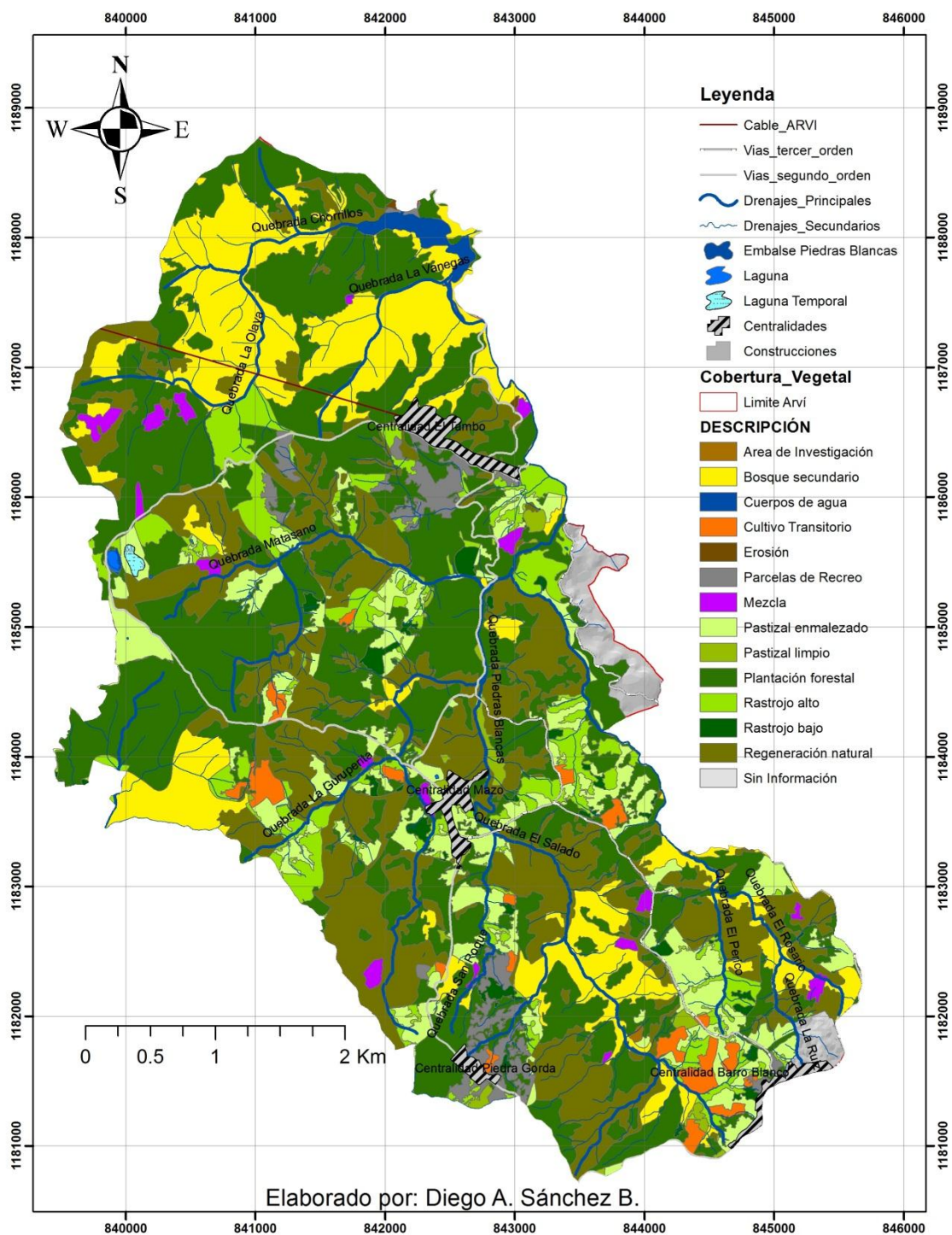


Figura 4. Mapa de localización e identificación de la cobertura vegetal en el parque Arví realizado en el 2009 y tomado de la base SIG de la corporación parque Arví.

La cuenca de la quebrada Piedras Blancas presenta un clima tropical con influencia de montaña, frío húmedo a muy húmedo, debido a su configuración geográfica dentro del cinturón de niebla muy común por encima de los 2000 m.s.n.m. en las zonas tropicales de América del Sur, lo que propicia una baja variación anual en la temperatura, a diferencia de los contrastes que se establecen entre el día y la noche (Trujillo, 2007).

Con el fin de mantener mediciones climáticas de la cuenca de Piedras Blancas que surte el embalse del mismo nombre, las Empresas Públicas de Medellín, ubicaron dos estaciones climatológicas, la primera localizada en el embalse de Piedras Blancas, que reportó medidas desde el año 1971 hasta 1980, siendo luego trasladada al sector del vivero en donde se obtuvieron mediciones desde 1986 hasta 1996, determinando que la temperatura promedio anual de la zona es equivalente a 15° C, su humedad relativa alcanza el 83%, el brillo solar alcanza las 1476 horas de insolación al año y la evaporación media anual es de 1.041 mm (Trujillo, 2007).

Precipitación.

Para determinar el potencial pluviométrico de la cuenca y mantener un registro constante de su precipitación, las Empresas Públicas de Medellín, instalaron en el año 1938, diez estaciones pluviométricas que registraron un promedio de 2.112 mm/año, hasta el año 1948, en donde fueron reemplazadas por cuatro estaciones nuevas en los sectores de Mazo, Chorrillos, La Severa y Vasconia, que han presentado nuevos registros hasta el año 2006 con un promedio de 1799 mm/año, lo que muestra una disminución considerable en este régimen en los últimos años (Trujillo, 2007).

6.3 HIDROGRAFÍA

La hidrografía del parque Arví ésta constituida por la Margen izquierda de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas como principal caudal, el cual se nutre de los principales drenajes del área constituidos por las quebradas El Rosario, El Salado, San Roque, La Uribe o Ávila, La Gurupera, Matasano, La Olaya y Chorillos (ver figura 5), aportando un importante caudal al embalse de Piedras Blancas, el cual será tomado como nivel base para el análisis geomorfológico.

La configuración geométrica de la quebrada Piedras Blancas y de sus dos principales tributarios, El Rosario y El Salado, presentan una tendencia direccional Sur- Norte, lo que evidencia el control estructural que ejercen las fallas La Acuarela y La Honda sobre esta zona y que además generan esfuerzos que dibujan patrones lineales sobre los demás afluentes.

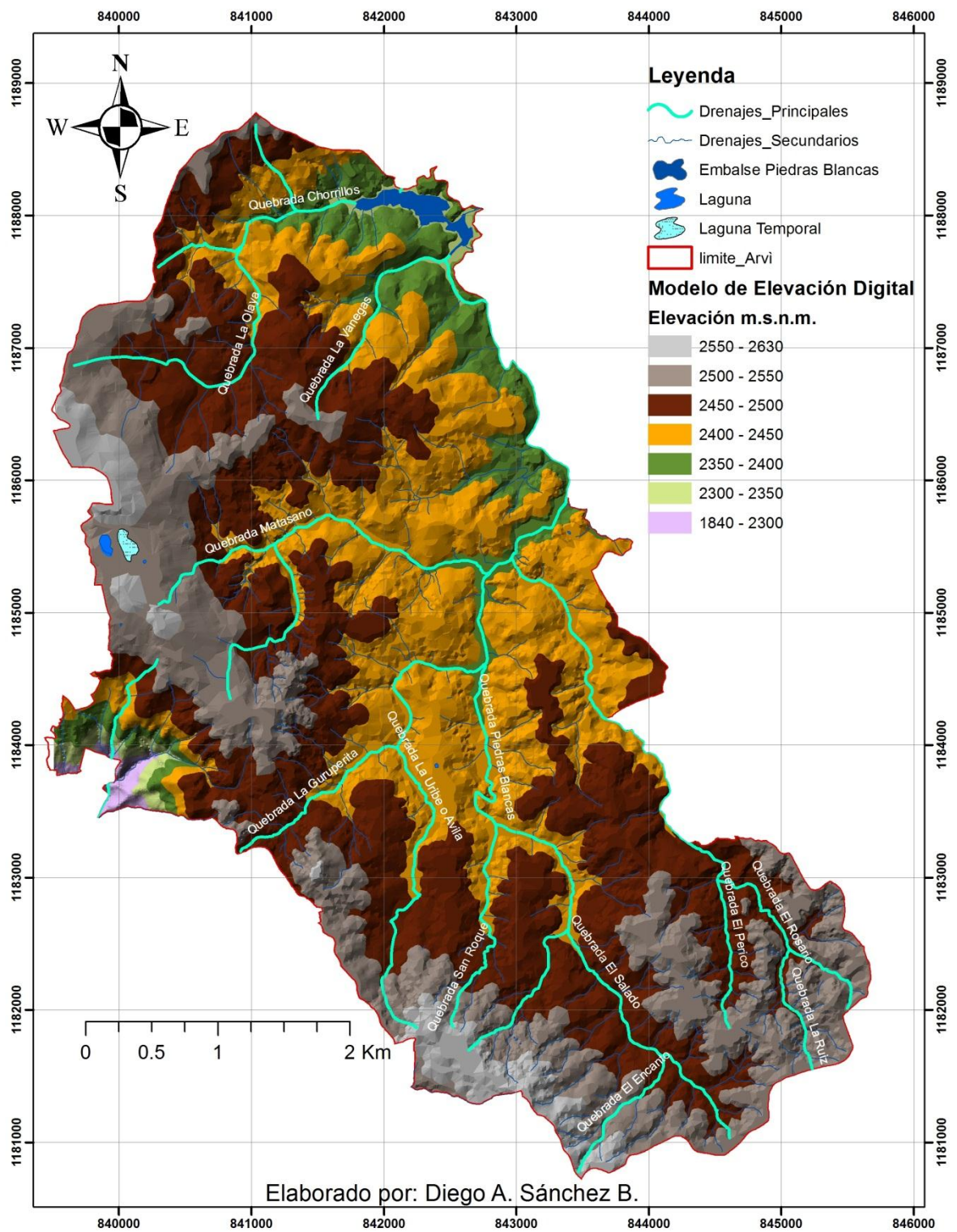


Figura 5. Hidrografía. Parque Arví.

7. MARCO GEOLÓGICO Y TECTÓNICO REGIONAL

Los eventos orogénicos que dieron lugar a la formación de los Andes del Norte, están directamente relacionados a la colisión de terrenos alóctonos y la interacción de placas tectónicas litosféricas como Nazca, Sur América y Caribe, y a la deformación y exhumación del bloque Panamá-Choco (Pennington, 1981; Kellogg, Ogujiofor, & Kansakar, 1985) (ver figura 6).

En su gran mayoría, los estudios coinciden en una evolución dominada por la subducción de la placa de Nazca y Caribe debajo de la placa Suramericana, además de la interacción de dos provincias litosféricas como el bloque Nor-Andino y el bloque Panamá-Choco (Duque-Caro, 1990; Taboada, y otros, 2000; Cortes & Angelier, 2005) (ver figura 6).

Los esfuerzos compresivos y extensivos generados por el movimiento de las placas, producen una acomodación de las estructuras en el bloque Nor-Andino y Panamá-Choco (Taboada, y otros, 2000).

La suma de toda la interacción de esfuerzos, han generado la evolución de los Andes del Norte, desde el Cretáceo hasta nuestros días, a través de procesos como el vulcanismo, el metamorfismo, la exhumación de plutones, la denudación de la corteza exhumada y la sedimentación propiciada por la erosión y génesis de cuencas tectónicas (Montes, Robert, Hatcher, & Restrepo-Pace, 2005).

La dinámica de toda la interacción de esfuerzos ilustran como el bloque Nor-Andino se mueve hacia el Nor-Oeste con el Cratón Suramericano a una tasa de 6 ± 2 mm / año, mientras que el Bloque Panamá-Choco y la placa de Nazca colisionan con el anterior a una tasa de ~ 25 mm / año y 54 mm/ año respectivamente, al igual que la placa Caribe con una tasa de 20 mm / año (Restrepo, Foster, Stockli, & Parra-Sánchez, 2009; Cortes & Angelier, 2005); (ver figura 6).



Figura 6. Marco Tectónico que influye en el área de estudio, adaptado de Cortes y Angelier, 2005; y modelado a través del software ArcGis 10.1.

Todas estas interacciones han permitido cambios a escala global y regional, dándole identidad propia a cada cordillera y en especial a la región norte de la cordillera Central, más específicamente a la zona influenciada por la intrusión del Batolito Antioqueño y sus cuerpos satélites, como se describe a continuación.

7.1 EVOLUCIÓN TECTÓNICA DE LA CORDILLERA CENTRAL

La evolución de la cordillera Central colombiana, está enmarcada en procesos tectónicos y erosivos que han modelado el paisaje desde el Cretácico hasta nuestros días, siendo la zona intruida por el Batolito Antioqueño y sus cuerpos satélites la que enmarca su evolución, desde el Hauteroviano-Conienciano hasta nuestros días, subdivididos en 6 eventos importantes como se ilustra a continuación, los cuales evidencian los procesos a escala regional que influyen sobre la zona de estudio:

7.1.1 Cretácico Temprano. (Hauteroviano – Conienciano (~130 Ma.))

La cordillera Central Colombiana, se encontraba bajo el nivel del mar conformando una plataforma somera precedida de la sedimentación de unidades sedimentarias marinas, limitando al Este por el ancestral sistema de fallas de Palestina y al Oeste por la zona de subducción que luego se convertirá en el ancestral sistema de fallas Cauca Romeral (Restrepo & Toussaint, 1984) (ver figura 7).

CRETACICO TEMPRANO

HAUTEROVIANO - CONIANCIANO (~130 Ma)

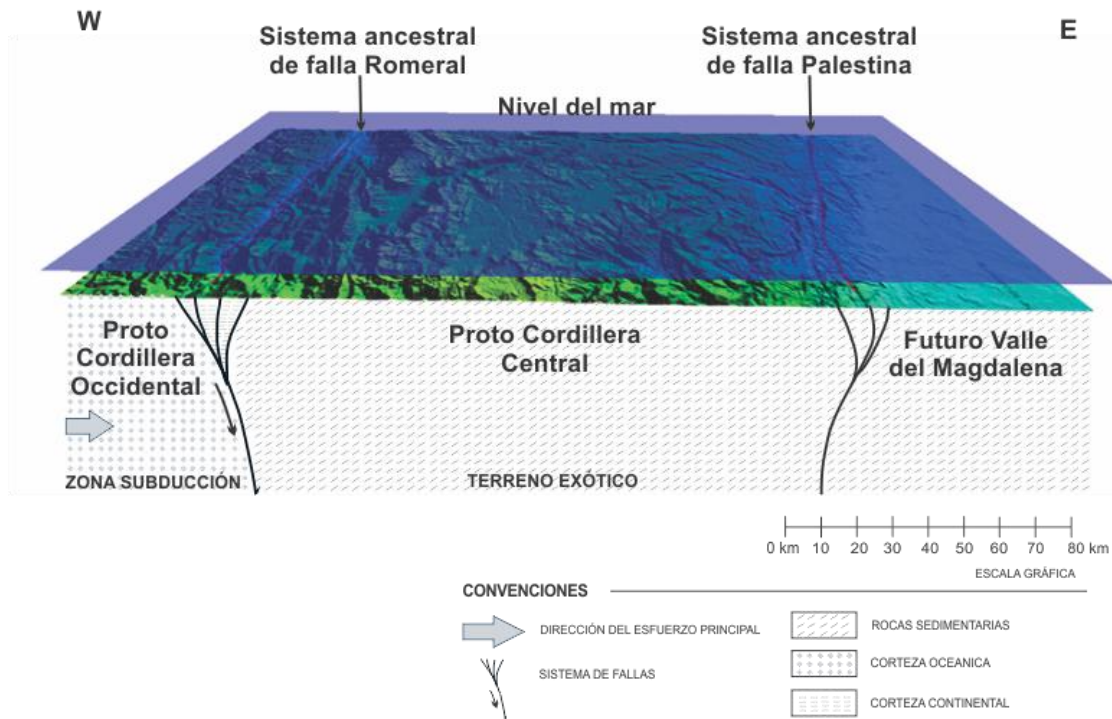


Figura 7. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Hauteroviano-Coniánico.

7.1.2 Cretácico Tardío. (Santoniano – Maastrichtiano (~80 M.a.))

El Plutón que conforma el Batolito Antioqueño, aumenta las tasas de convergencia, emplazando el basamento Precámbrico – Paleozoico y las secuencias marinas del Cretáceo inferior, produciendo un metamorfismo de contacto y ocasionando la exhumación de la cordillera Central por encima del nivel del mar, dando lugar a una discordancia y procesos de erosión con depositación hacia las márgenes E y W donde se ubican las proto-cuencas Magdalena y Cauca respectivamente (Van der Hammen, 1958), (Ver figura 8).

CRETACICO TARDIO
SANTONIANO - MASASTRICHTIANO (~80 Ma)

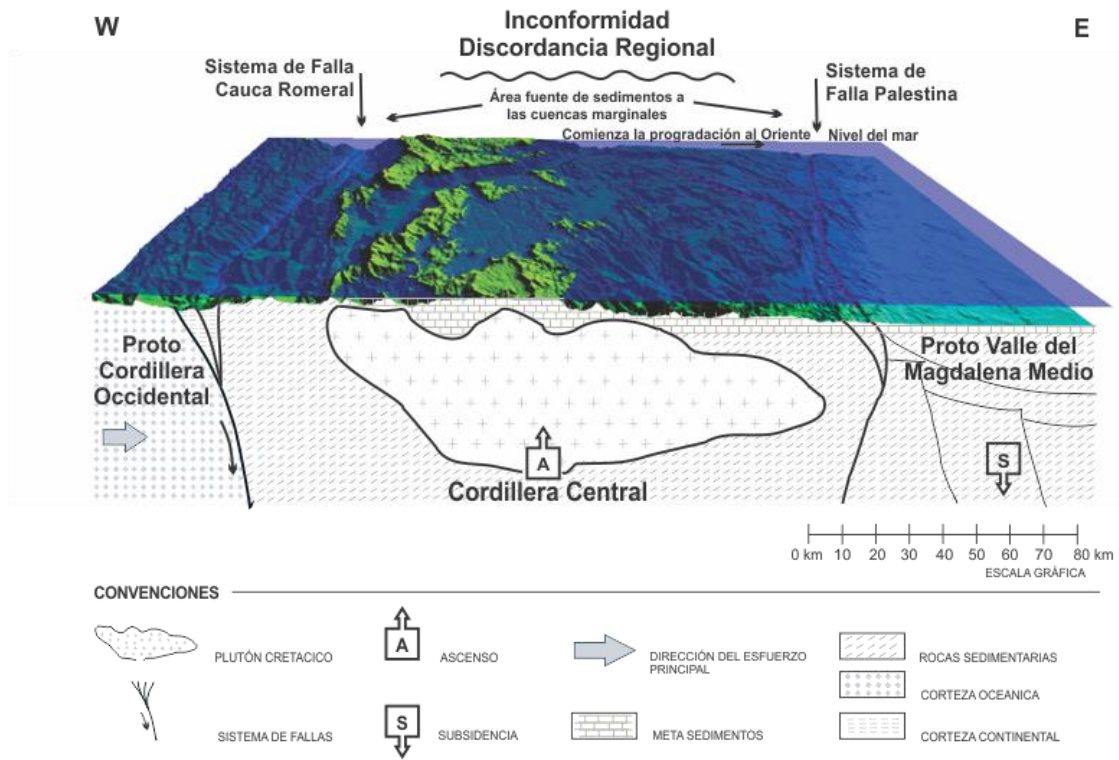


Figura 8. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Santoniano-Masastrichtiano.

7.1.3 Paleógeno. (Paleoceno (~ 60 M.A.))

Continúa el acenso gradual del Plutón Cretácico y de la cordillera Central y aparece los primeros terrenos exhumados de la cordillera Occidental, influenciado por la paleo-sutura del Oeste de la cordillera Central que pasa a convertirse en el sistema de fallas Cauca Romeral entrando en reactivación con el sistema de fallas de Palestina, lo que incrementa la tasa de acenso de este bloque (Restrepo, Foster, Stockli, & Parra-Sánchez, 2009) (ver figura 9).

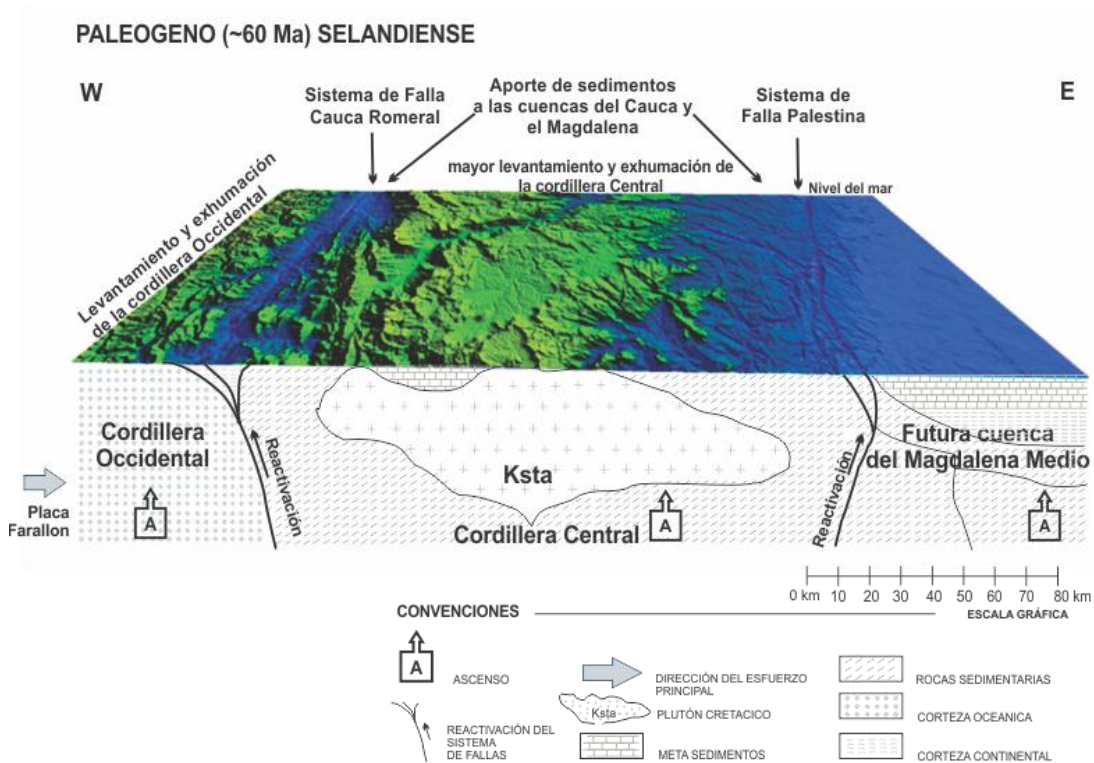


Figura 9. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Paleoceno.

7.1.4 Paleógeno. (Eoceno Inferior y Medio (Fase Pre-Andina I – II, 54 – 45 M.a.))

Mejor expresión de la Fase Pre-Andina, en la cual surgen dos variaciones en las tasas de convergencia entre la placa Farallón y Suramérica, generando una de las más importantes deformaciones de la Cordillera Central (Restrepo, Foster, Stockli, & Parra-Sánchez, 2009).

Al terminar la fase Pre-Andina del Eoceno Inferior, se dio un periodo de relativa tranquilidad orogénica en donde los procesos climáticos formaron las principales superficies de aplanamiento (Van der Hammen, 1958), (ver figura 10).

PALEÓGENO

EOCENO Luteciense y presiense (54 - 45 Ma)

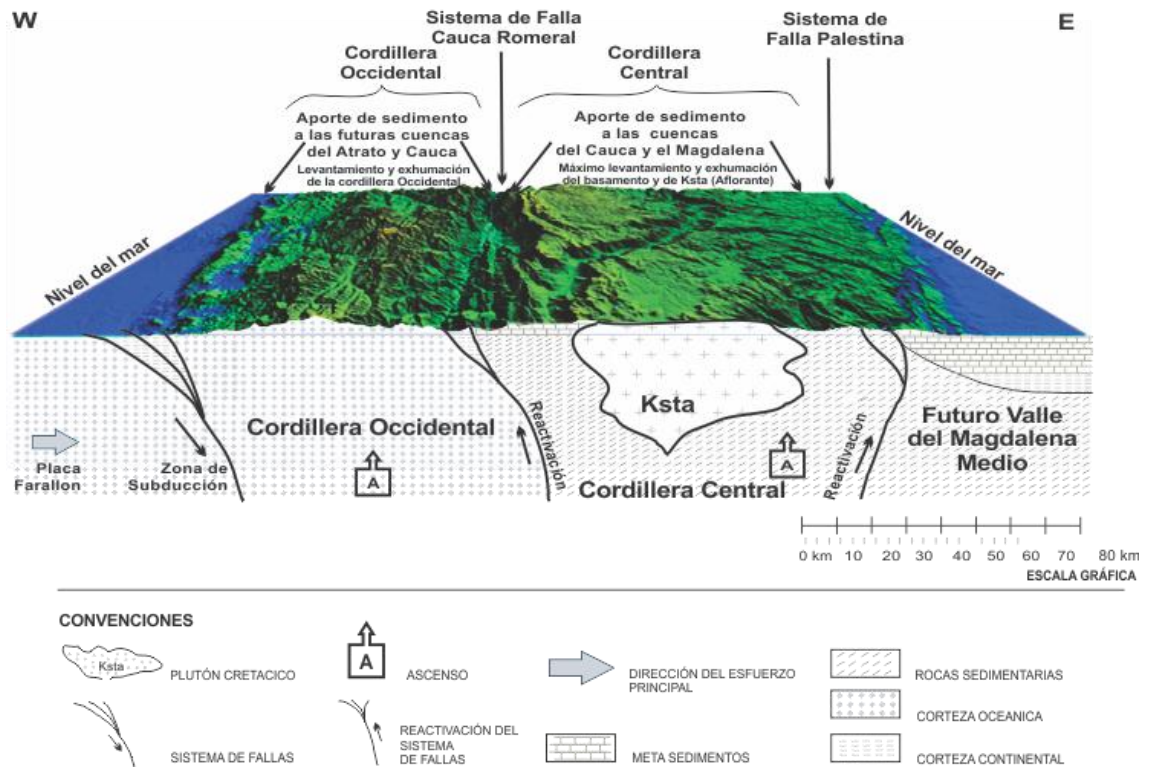


Figura 10. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Eoceno.

7.1.5 Paleógeno–Neógeno. (Oligoceno – Mioceno (Fase Proto-Andina 24 – 21 M.a.))

Comienza a desarrollarse las cuencas de tracción, esfuerzos transtensionales dextrales del sistema de fallas Romeral en la margen occidental de la cordillera Central que propicia la génesis de la formación Amagá, (Sierra & Marín-Cerón, 2012), las rocas exhumadas del Plutón que intruyen la cordillera Central son afectadas por procesos de aplanamiento y la placa Farallón sufre una gran transformación que la dividen en dos secciones denominadas placa de Nazca y placa de Cocos (Pardo - Casas & Molnar, 1987) (ver figura 11).

OLIGOCENO - MIOCENO (Chattiense-Aquitaniense 24 - 21 Ma)

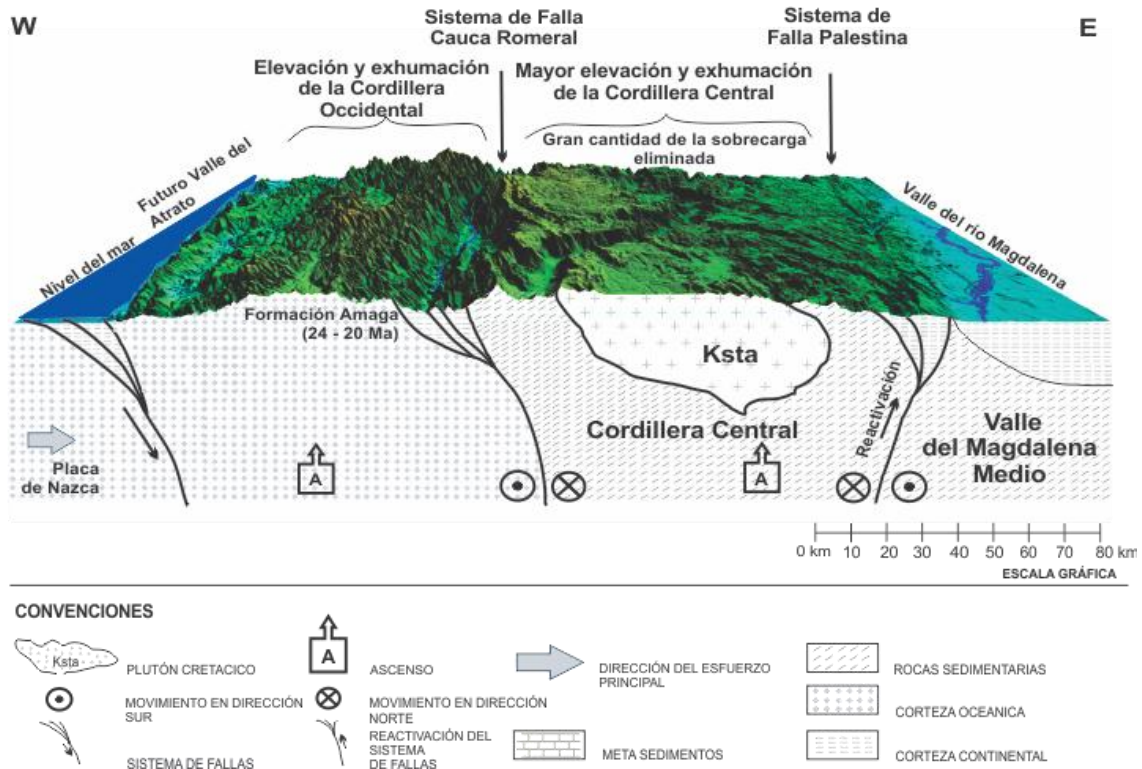


Figura 11. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Oligoceno - Mioceno.

7.1.6 Neógeno–Cuaternario. (Mioceno hasta presente (Fase Eu-Andina I-IV, 18-0 M.a.))

Desde el Mioceno hasta el presente se dan 3 eventos de levantamiento de la cordillera Central, precedidos por eventos erosivos que modelan el paisaje y aportan sedimentación a las cuencas del Cauca y del Magdalena, conformando la fisiografía actual, y la aparición de nuevas redes de drenajes que muestran influencias tectónicas; los cambios climáticos, sumados a la vegetación y los procesos erosivos modelan el paisaje a superficies planas (Penillanuras), con algunos remanentes de unidades metamórficas, grandes espesores en el saprolito plutónico y peñoles de gran altura que evidencian la alta denudación del terreno (Restrepo, Foster, Stockli, & Parra-Sánchez, 2009), (Ver figura 12).

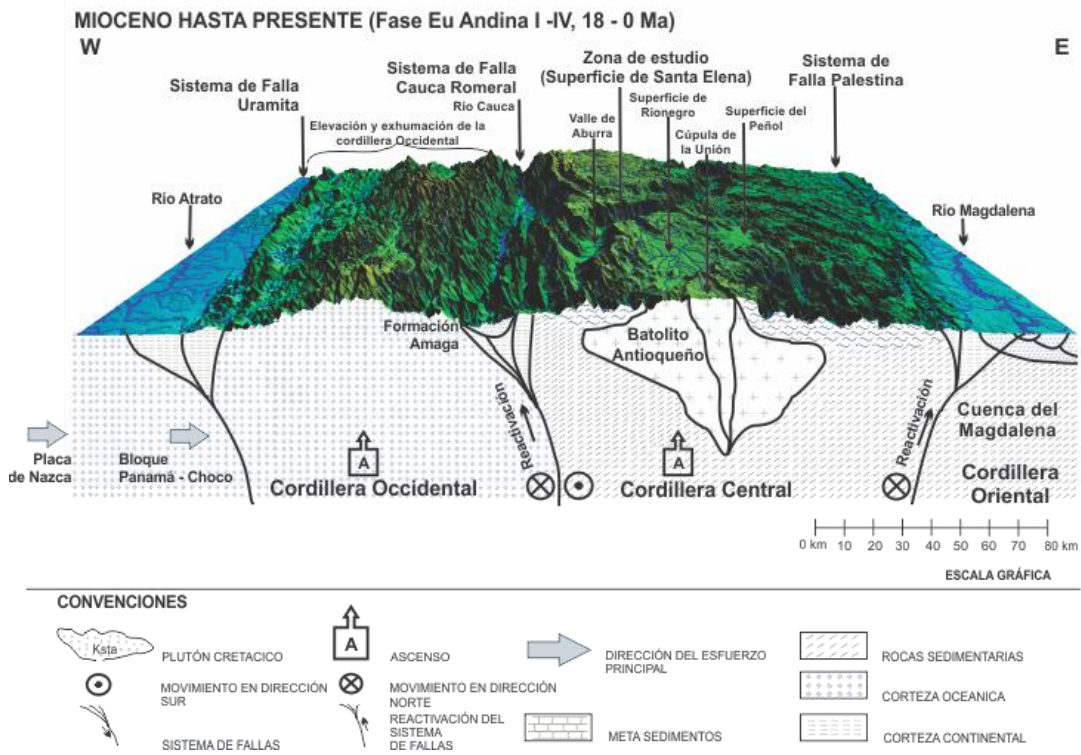


Figura 12. Modelo de elevación de la cordillera Central durante la edad Miocena hasta el presente.

7.2 SUPERFICIES DE EROSIÓN

Los eventos descritos anteriormente, dieron génesis a la formación de los altiplanos, caracterizados por relieves y basculamientos bajos en alturas entre los 1800 y 3000 m.s.n.m. (Page & James, 1981), producto de antiguas superficies de erosión dentro de las cuales se destaca la superficie de Santa Elena lugar donde se ubica la zona de estudio.

La actual posición de las superficies de erosión en el norte de la cordillera Central, evidencian procesos erosivos y orogénicos desde su génesis, estableciendo tasas bajas de denudación entre 0.01 a 0.04 mm/año en rocas del Batolito Antioqueño hasta tasas de 0.004 a 0.007 mm/año en remanentes de rocas metamórficas durante periodos prolongados, procesos poco común en el trópico húmedo (Page & James, 1981); (Rendón D. A., 2006); (Toro G. , y otros, 2006).

Las superficies de erosión descritas por Page y James en 1981, presentan patrones de escalonamiento los cuales se generaron entre 65 y 1 M.a. y que fueron definidas como:

7.2.1 Superficies de erosión Pre-S-I, S-I y S-II.

Pre-S-I: superficie de erosión pre cordillera Central, caracterizada por áreas planas en los topes de las montañas en las zonas más altas de los altiplanos del norte de la cordillera Central, dentro de los que se encuentra la serranía de las Baldías, el páramo de Belmira y sur de los llanos de Cuivá, formados durante el Terciario Temprano (65 M.a.) (Page & James, 1981), (Ver figura 13).

S-I: Denominado Superficie de erosión cordillera Central, caracterizado por colinas de cimas planas y montañas suprayacidas por rocas metamórficas meteorizadas cerca al Valle de Aburrá y que probablemente se formaron cerca al nivel del mar durante el Oligoceno Mioceno Temprano (18 – 22 M.a) (Page & James, 1981). Esta superficie es de gran interés, debido a que está asociada a la zona de estudio, (ver figura 13).

S-II: Superficie de erosión Río Negro, caracterizada por colinas con topes planos o levemente redondeados, disectadas por pequeños drenajes ubicados en basamento granítico, en alturas inferiores a las superficies anteriores, formada durante el Mioceno – Plioceno (18 a 5 M.a.) (Page & James, 1981), (ver figura 13).

7.2.2 Superficies de erosión en proceso de aplanamiento S-III y S-IV.

S-III: Superficie aún en etapa de erosión, ubicado al este de la cordillera Central cerca a la población del Peñol, 250 m aproximadamente debajo de la superficie S-II, la cual se formó aproximadamente entre 0.5 y 1.5 M.a. (Page & James, 1981), (ver figura 13).

S-IV: Superficie actual en etapa de erosión, la cual se encuentra ubicada de 50 a 500 m, por debajo de la superficie de erosión incompleta S-III (Page & James, 1981), (ver figura 13).

Estas superficies aún caracterizan el paisaje a nivel regional, pero existen otros factores a escala local que aumentan las tasas de erosión y el modelado del paisaje a través de la intervención antrópica como se ilustrará a continuación.

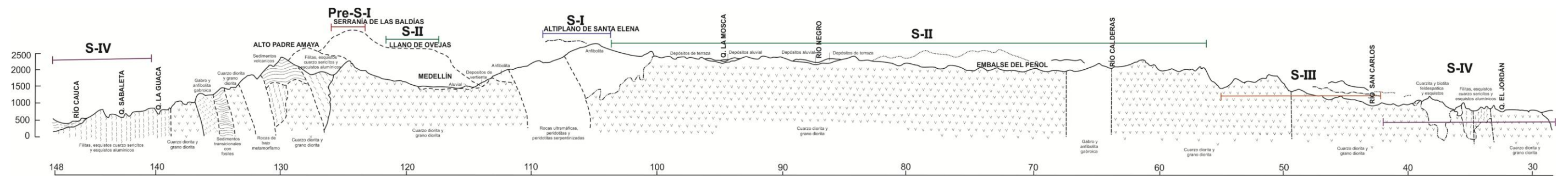


Figura 13. Superficies de erosión, tomado de (Page & James, 1981).

7.3 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA CON INFLUENCIA ANTRÓPICA

La conquista del territorio americano por parte de las descendencias indígenas, se encuentra enmarcada en una serie de hallazgos dentro de los que se encuentran utensilios para la cacería y para la elaboración de herramientas de caza (cuarzo cristalino de alta calidad para la fabricación de herramientas con filo) que presentarían edades mayores a 5000 años según dataciones descritas por la antropóloga Liliana Gómez en sus “Textos arqueológicos e históricos” para guiones pedagógicos en el núcleo COMFAMA del parque Arví, las cuales fueron ubicadas en el sector de Chorro Clarín y basados en comparaciones antropológicas, señalan que pertenecerían a grupos de cazadores recolectores que deambulaban por la zona de estudio pero con la particularidad de no generar asentamientos permanentes, practicando una economía basada en la explotación de los recursos naturales de una zona sin llegar a agotarlos, lo que genera un imperceptible impacto sobre el paisaje.

Hace 3000 años indígenas que habitaron el territorio de Piedras Blancas, ya no como cazadores, si no como comunidades asentadas, agotan los recursos naturales cercanos a su hábitat, lo que los lleva a realizar estrategias de supervivencia, basadas en la implementación de la agricultura y el domesticaje de animales para su sustento, hechos comprobados, en la recolección de muestras de polen y fitolitos, que dieron como resultado evidencias de siembra de maíz, frijol, amaranto, arracacha, mora y algunas hierbas medicinales (Obregón & Gómez, 2008).

Las excavaciones recientes en el parque Arví, dejaron al descubierto huellas que evidenciaban la configuración geométrica de sus viviendas, las cuales fueron construidas en madera, con techo en paja, paredes en esterilla y piso en tierra, lo que indicaba una primera adecuación del suelo, con tala de árboles y descapote del horizonte orgánico y la ceniza volcánica, acciones que dependiendo de la

densidad poblacional pueden generar cambios significativos en el paisaje (Obregón, 2008).

Técnicas de análisis en polen, identificaron una cobertura boscosa conformada por árboles de Roble, Arrayán, Guayabo de Monte, Cotobo y Palma, que les brindaba materia prima para la elaboración de su hábitat (Obregón & Gómez, 2008), mostrando una pequeña variación con respecto a la flora nativa actual, que a diferencia del Arrayán, presenta otras especies como el Aliso, el Quimulá, el Pino Romeron, el Carate, el Churimo, el Canelo de Páramo y el Chagualo (Rendón L. E., 2007).

La industria cerámica operada por los indígenas, demostrada en gran cantidad de vasijas, ollas y cuencos ubicados frente a cinco grandes basureros o escombreras de tiestos, dentro de los cuales sobresalen los ubicados en las vereda de Mazo y en el sector de Chorro Clarín (Gómez, 2009), son claro testimonio de la existencia de canteras para la extracción de arcillas, las cuales no se han identificado ni ubicado en los múltiples estudios antropológicos.

El hallazgo de algunos artículos en oro, son ejemplo de la destreza orfebre y de su habilidad para la obtención a través de técnicas de explotación artesanal del mineral aurífero extraído en depósitos aluviales o de placer a lo largo de la quebrada Piedras Blancas y sus principales afluentes (Botero, 1999).

Los Tahamies ubicados en el sector de Arví, no solo realizaban explotaciones mineras de arcillas y oro, ya que trazas de fitolitos en las vasijas ubicadas en la zona del tiestero, evidencia una intensa y organizada industria de extracción de sal (Obregón, 2008), que implicaba la utilización de gran cantidad de leña en el proceso de beneficio, acción que comprobaba la deforestación del sector para la obtención del combustible de los fogones que evaporaban el agua de los cuencos y su posterior obtención de la sal, la cual era comercializada a través de los extensos caminos prehispánicos que conducían hasta el Perú y fueron narrados

por Jorge Robledo en la búsqueda del Valle de Arví según las crónicas de Sardella de 1963, descritas en (Vélez & Botero, 2009).

A partir del año 1000 D.C, hasta la llegada de los españoles, se presenta una nueva generación indígena, diferenciada de la anterior por presentar una alfarería menos decorativa, con una explotación salina solo para sus necesidades básicas, sin generar basureros en los lugares de extracción, pero si afirmado en las vasijas halladas en las viviendas, impregnadas con algas fósiles que solo crecen en ambientes salobres (Gómez, 2009), lo cual infiere un cambio en su economía que a través de la prospección antropológica es basada en la agricultura, hecho que implica una expansión del territorio para la adecuación de sus cultivos (Obregón & Gómez, 2008).

Arví es sin lugar a dudas un centro de movilidad prehispánico a nivel nacional, ya que la excelente infraestructura vial de sus caminos protegidos en lajas de roca dunítica, entre la laguna de Guarne y el barrio Golondrinas de la ciudad de Medellín, aún se conservan pese al crecimiento poblacional y a la invasión de su espacio público; dichos caminos conformaban rutas comerciales que iniciaron hace miles de años y que aún son utilizados por grupos guiados en el parque Arví, grupos de caminantes de la ciudad de Medellín y campesinos del corregimiento de Santa Helena. Estos caminos fueron cartografiados y descritos con gran precisión en la publicación “La Búsqueda del Valle de Arví” (Vélez & Botero, 1994).

Lugares de viviendas, tumbas, depósitos de escombros cerámicos y demás evidencias indígenas, fueron identificados y cartografiados con la ayuda de los guías dispuestos por la Corporación Parque Arví, su base de datos en Excel y los guías internos del núcleo de Comfama, ilustrando su localización a través del siguiente mapa: (ver figura 14).

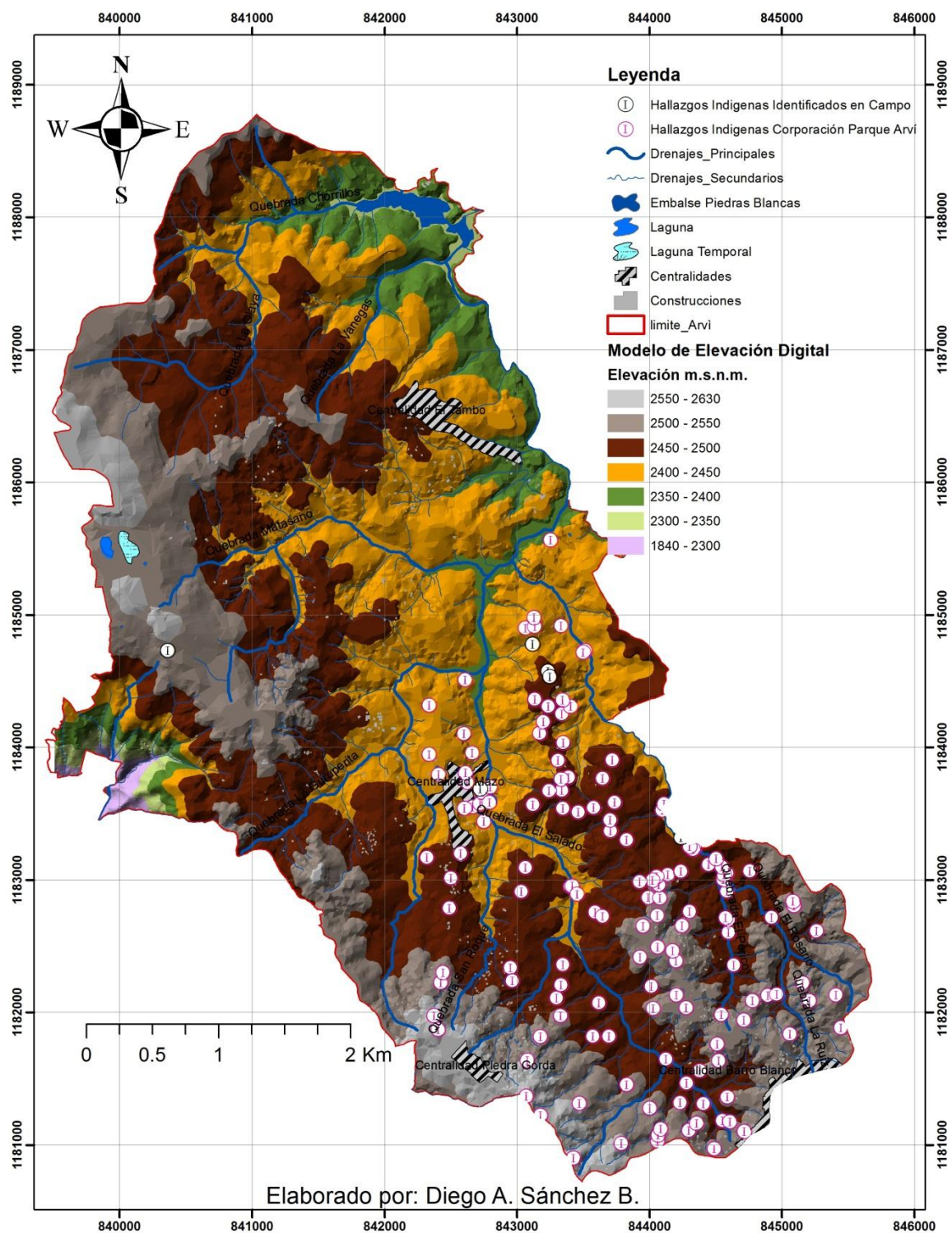


Figura 14. Mapa de los sitios arqueológicos Indígenas del parque Arví, tomados de la base de datos de la Corporación Parque Arví y otros identificados en campo.

La llegada de los conquistadores españoles en el año de 1541, en cabeza del capitán Jorge Robledo al actual Valle de Aburrá, el cual denominó Valle de San Bartolomé, estaba precedida de comentarios de tribus indígenas del sur del país que exaltaban las riquezas provenientes de tierras ubicadas más allá de las sierras nevadas a las cuales denominaban Arví. Esta épica travesía culmina en el encuentro del nombrado valle por el capitán Jerónimo Luis Tejelo, quien emprendió una avanzada colonizadora hacia las tierras del oriente del Valle de Aburrá, a través de los caminos prehispánicos, encontrando a su paso solo las ruinas de los poblados indígenas que habitaron estas regiones (Vélez & Botero, 2009).

El empoderamiento de estas tierras por parte de los conquistadores, desarrolla el latifundismo de estas grandes regiones, las cuales comienzan a ser heredadas y transmitidas a través de generaciones, formando el primer asentamiento a mediados del siglo XVII, en donde atraídos por la minería de aluvión, mineros ricos de las poblaciones de Arma, Santa Fe de Antioquia y del Valle de Aburra, se instauran en estas tierras, en donde combinan la explotación agrícola y ganadera con la explotación aurífera aluvial de la quebrada de Piedras Blancas y sus afluentes, bajo los títulos mineros otorgados a Gaspar de Rodas, Juan Daza, Nicolás Blandón, Rodrigo Hidalgo y Rangel, y a Don Cristóbal Ruiz de la Parra (Mejia, 1996).

En las décadas de 1630 a 1650, la crisis minera del oro en los distritos de Santa Fe de Antioquia y Buritica, crea la migración de gran parte de la población al actual Valle de Aburra, propiciando para 1675 la fundación de la Villa de Medellín, la cual era reconocida por su gran desarrollo agrícola y ganadero para despensa de los distritos mineros (Mejia, 1996).

Para este mismo año, cambia la posesión de algunas de las tierras del valle de Arví, heredadas o compradas por nuevos propietarios que en busca del preciado

metal, transportan cuadrillas de esclavos con el fin de obtener mayores ganancias en la explotación aurífera, siendo los principales hacendados, el capitán Fernando del Toro Zapata con una cuadrilla de 40 esclavos, el capitán Juan García de Ordás con una cuadrilla de 21 esclavos, Don Diego Beltrán del Castillo con una cuadrilla de 40 esclavos, Don Mateo Benítez Colmenero con una cuadrilla de 20 esclavos y el ya mencionado Don Cristóbal Ruiz de la Parra con una cuadrilla de 38 esclavos, todos burócratas mineros y ganaderos. Este hecho validaba la gran riqueza aurífera expresada por los indígenas prehispánicos, además de la ocupación Colonial del territorio por familias hacendadas que en total sumaban más de 150 esclavos trabajando en largas jornadas sobre esta pequeña cuenca, y evidenciado en un mapa de 1782 en donde se ubican las zonas de explotación aurífera aluvial (ver figura 15) (Mejia, 1996).

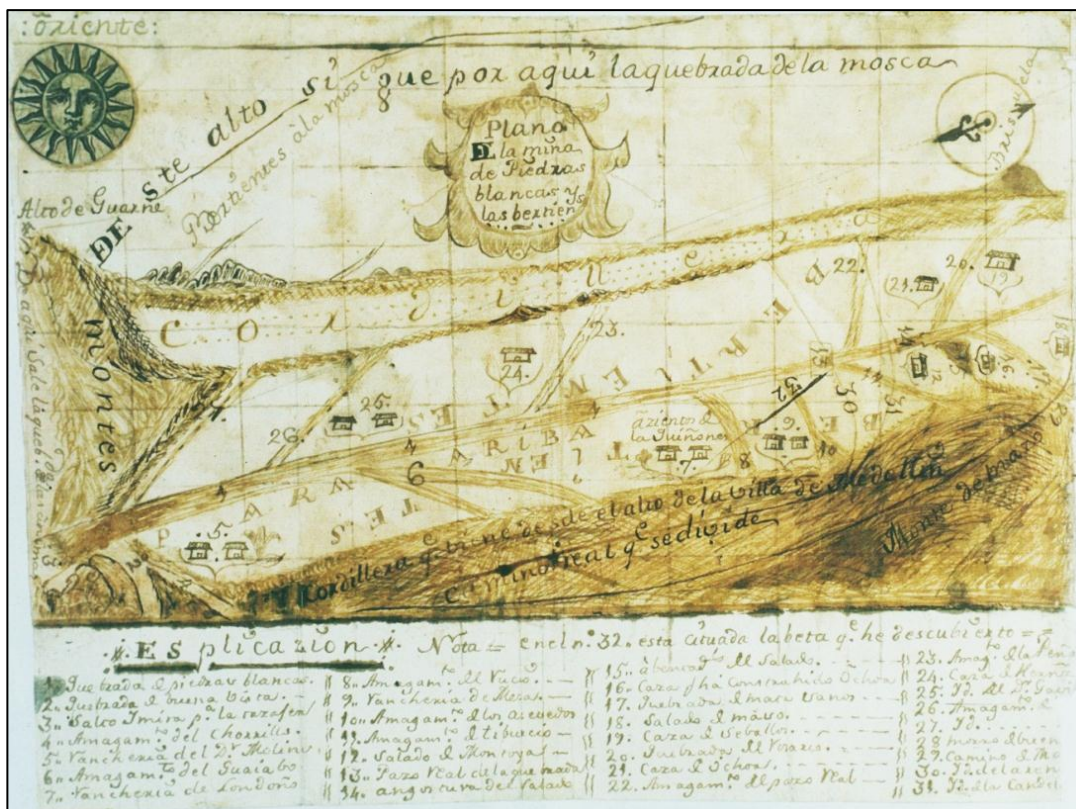


Figura 15. Plano de las minas aluviales de Piedras Blancas, tomado de AGN, Mapoteca 4. Mapa 579 A.

Hacia 1686, renace en Arví la explotación de los ojos de sal, solicitados bajo licencia de explotación, asentamiento de tierras y permisos para la deforestación, la cual fue otorgada por el Gobernador Don Alonso Carrillo de Albornoz a Andrés de Monroy quien realizó su explotación y comercialización durante los siguientes 20 años, en donde pasaron a ser explotadas por los nuevos propietarios Don Pedro de Mazo y el bachiller Juan Sánchez de Vargaz quien finalmente es desterrado por sus propietarios después de varios litigios (Archivo Histórico de Antioquia., s.f.).

Esta referencia del archivo histórico de Antioquia, manifiesta entre sus apuntes el siguiente párrafo citado textualmente:

“Se me acomode en el rexistro que hago de unos ojos de sal para entablar salina, y labrar sal en el citio de la quebrada que llaman de Piedras Blancas labores de minas antiguas que fueron del capitán Fernando de Toro y alferes real Juan García Ordaz y dho salado está en la misma quebrada, y sus cabeceras del qual hago rexistro como realengo pido amparo de posesión para labrar dha sal, y entablarme, y por tal descubridor sea yo privilegiado en toda el agua, y leña que huviere menester. Y así mismo pido y suplico me haga mrd en nombre de S.M. de una estancia de tierra de pan en aquella parte, y montes que los hay abundantes, y corra sus linderos desde el dho salado para arriva a los nacimientos de dha quebrada corriendo a la cumbre y alto de la sierra, que divisa al Valle de Aburrá y de dha cumbre mirando para Rionegro, y al primer lindero del salado una legua en quadro de dha tierra de pan por estar baldías...”

En 1787, el gran comercio y consumo de la sal de Arví demanda la realización de un informe técnico ordenado por el Gobernador, el cual describe las características de las salinas de Mazo (AHA. Archivo Histórico de Antioquia. Salinas. Tomo 374. Doc: 6974. F. 27r, s.f.), y que dice así:

“Ocho fondos, con unos roto: es ojo de agua sal; pero amarga, de estos cinco dan al mes, cada uno cincuenta y seis arrobas, cocinando día, y noche: dos dan a treinta arrobas, cocinando día, y noche, y por el roto, dan a el dueño, por el dro de agua sal, dos arrobas,

por mes: Este salado lo trabaxan libres, los que están compuestos, con los dueños, a darle un tanto por mes según el fondo es: tiene leñas a la mano abundantes, su sal como amarga, es de poco aprecio, y su valor es el de dos tomines, el capacho de media arroba”.

Una de las más exitosas explotaciones de sal, fue registrada por Juan Ignacio Montoya, quien poseía mina de aluvión sobre la quebrada la Gurupera, en donde localizo un ojo de sal, el cual fue registrado ante notario público en 1789, comercializando sal hasta mediados del siglo XIX; es de anotar que estas licencias siempre iban acompañadas de permisos para la deforestación del bosque aledaño. (AHA. Archivo Historico de Antioquia. Salinas. Tomo 374. Doc: 6992, s.f.)

En la prospección de campo, se cartografiaron 13 ojos de sal, los cuales son identificados y georeferenciados en el siguiente mapa: (ver figura 16).

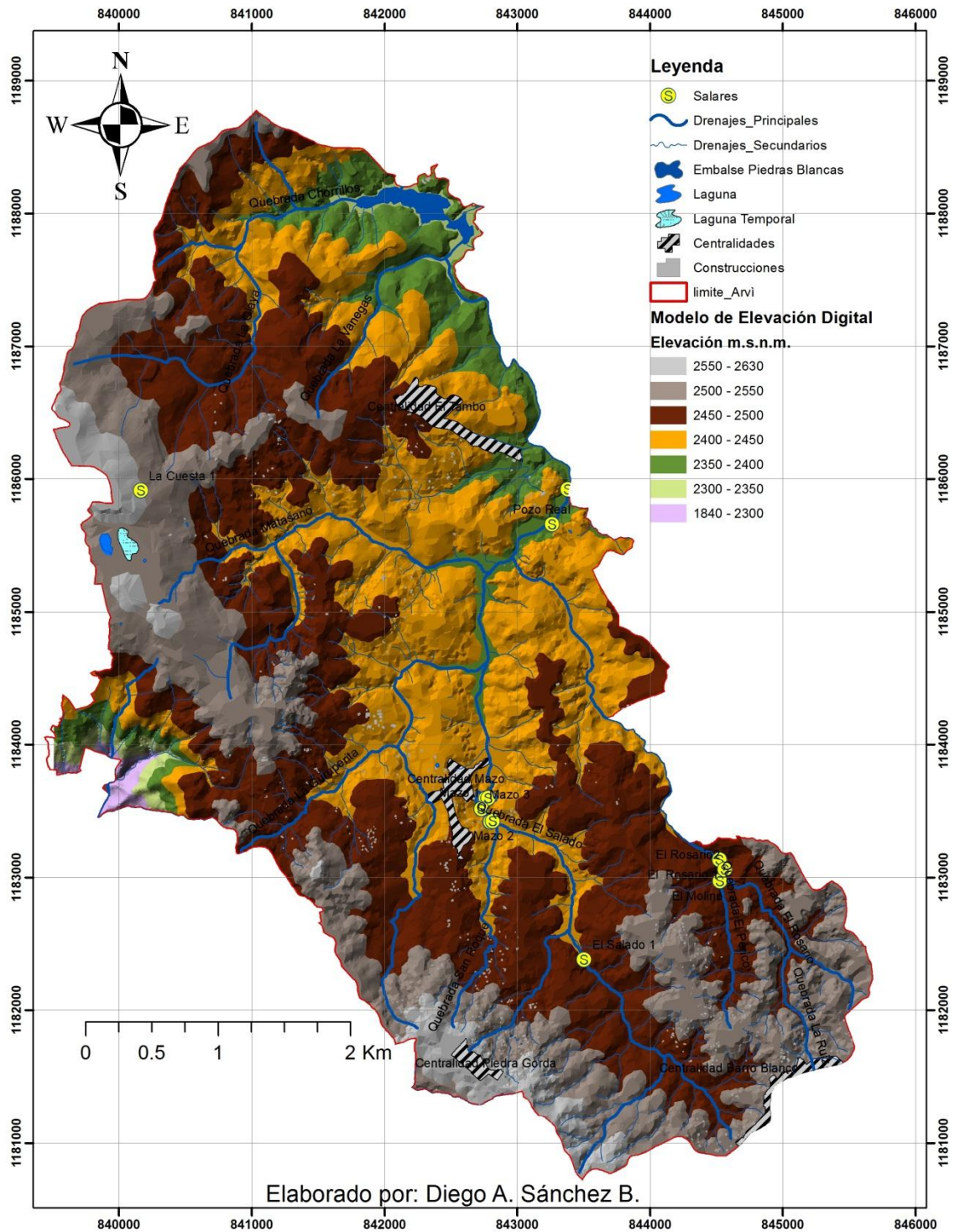


Figura 16. Mapa de las fuentes de sal existentes en el parque Arví, identificadas en la campaña de campo.

Entre 1790 y 1791 se registran un sinnúmero de litigios por la invasión y explotación de las minas ya registradas por parte de mazamorreros ilegales, quienes evadían el pago de impuestos y permisos para el asentamiento en estos lugares, desarrollando una explotación desordenada y gran impacto sobre las áreas trabajadas (Archivo Histórico de Medellín. , s.f.).

Finalizada la guerra de la independencia (1810-1824), se reanuda la explotación minera, realizando asociaciones con ingenieros alemanes, ingleses, franceses y suecos, dentro de los cuales se destacaba Carlos Segismundo de Greiff, quien había llegado al país por contrato con la casa inglesa B. A. Goldsmith & Co, la cual en 1852, poseía licencia minera en Piedras Blancas, comenzando nuevas etapas exploratorias para la explotación de filones de cuarzo a través de minería de veta y beneficio con molino de pisones (ver figura 17). (Archivo Histórico de Antioquia. , s.f.).

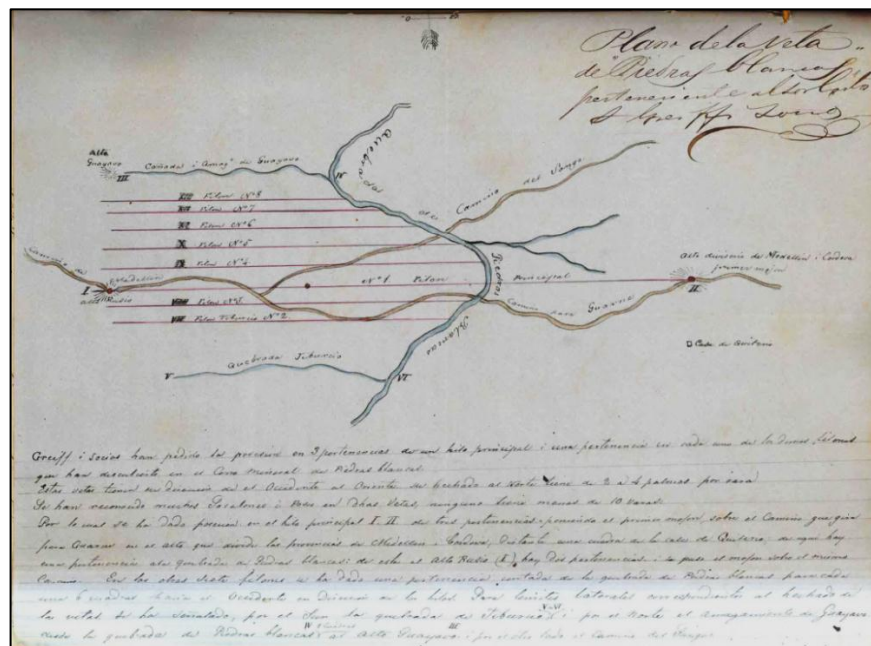


Figura 17. Croquis de los filones auríferos, trazados por Carlos Segismundo de Greiff, en Piedras Blancas. Tomado de AHA. Minas de Antioquia. Tomo 73. Doc: 4950.

La figura 18 ilustra la ubicación de las zonas donde aún quedan evidencias de la explotación aurífera, identificadas por la presencia de socavones, cargueros, colas, y cerramientos en piedra, los cuales muestran las técnicas de explotación sobre ambas márgenes de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas y sus principales afluentes.

En la figura 19 se ilustra la ubicación de las construcciones edificadas desde la Colonia hasta principios del siglo XX, dentro de las cuales, se encuentran viviendas de hacendados, fondas, una escuela y un hotel.

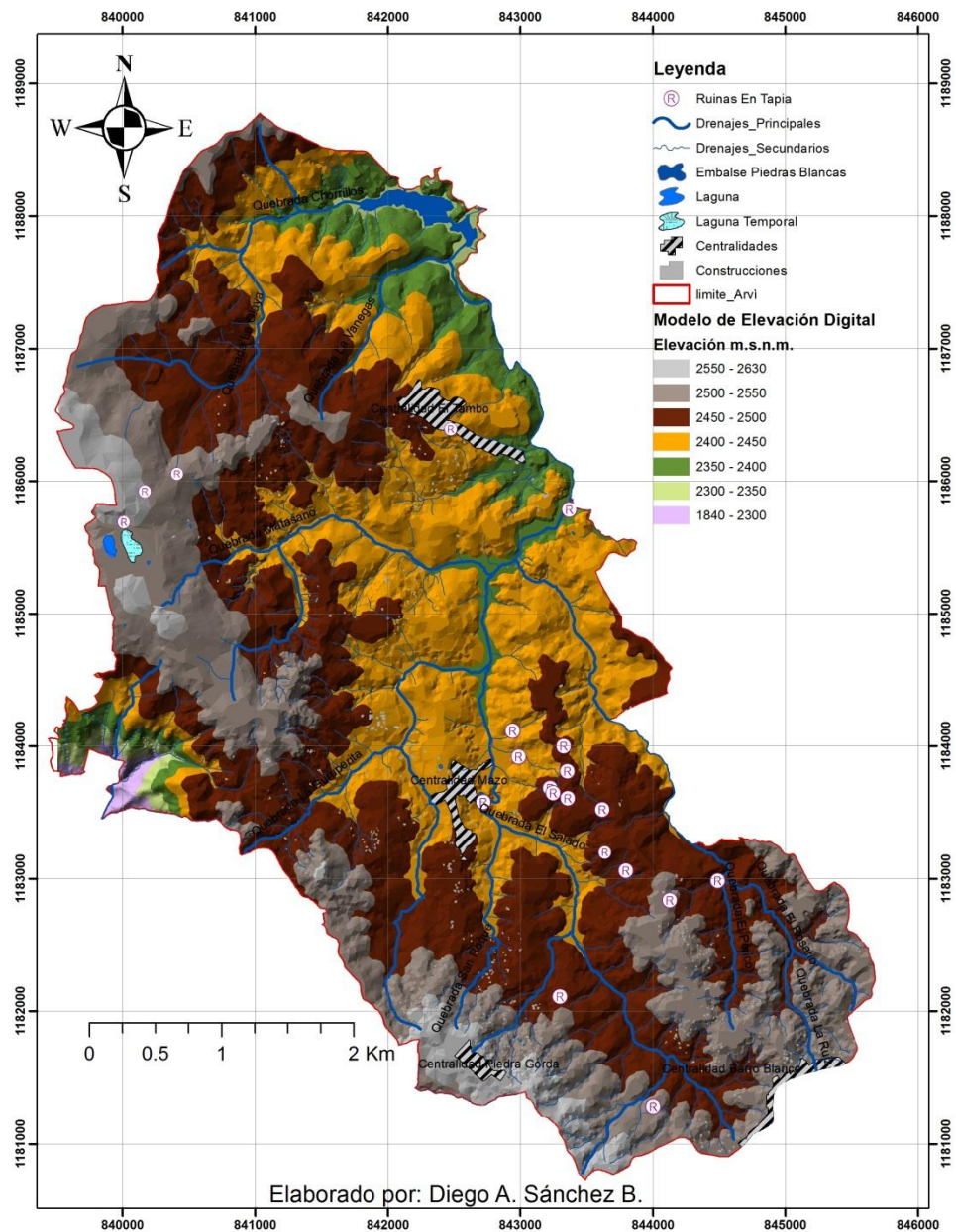


Figura 19. Mapa de Ubicación de las ruinas de viviendas construidas en tapia, desde la Colonia hasta inicios del siglo XX, identificadas durante la campaña de campo.

La cercanía de piedras blancas, sumado a su riqueza hídrica y a su ubicación geográfica por encima de los 1000 metros de la Villa de Medellín, favorece el suministro de aguas por parte de una red de acueducto particular para consumo de sus habitantes hacia el año 1870, suministro que en momentos se veía alterado por la continuidad de la explotación aurífera y de sal que se daba en el sector, hecho que es descrito por Manuel Uribe Ángel en sus escritos (Uribe, 1985).

“En el punto de esta fracción llamado Mazo, hay un corto caserío con algunos habitantes reunidos allí para la elaboración de una fuente salada que produce en mediana cantidad un cloruro de sodio impuro, que más que para usos domésticos se emplea para la industria pecuaria. Se beneficia en esta misma fracción uno que otro pedazo de terreno de aluvión, para buscar oro, y no falta algún filón cuarcífero que sirva de ganga al mismo metal”.

Consciente de estas afectaciones y buscando proteger el patrimonio hídrico de la Villa de Medellín, en 1892 el municipio compra el acueducto particular de Piedras Blancas con el fin de garantizar y consolidar la protección y prestación del servicio de agua a sus habitantes (Empresas Públicas de Medellín, 2005).

Hacia 1908, el municipio de Medellín, entrega los resultados de estudios para determinar las posibles fuentes de aguas para el uso doméstico, siendo las aguas de la quebrada Piedras Blancas aptas para este servicio y desechando las antiguas acequias de la quebrada Santa Elena que hasta ese entonces eran parte de la amplia red de suministro de aguas. Estas acciones continuaron durante los siguientes 30 años en donde se adecuaron tuberías, se realizaron plantas para el tratamiento de aguas con cloro y se protegió la cuenca a través de su reforestación, hasta el año de 1947, en donde el municipio decide regular los cauces de Piedras Blancas a través de la construcción del primer embalse en tierra en Antioquia y posiblemente en el país, el cual hacia el año 1964, presenta insuficiencias de abastecimiento para la gran demanda de la ciudad, la cual es solucionada a través del bombeo de las aguas de la quebrada la Honda con vertimiento directo sobre el embalse, manteniendo su vida útil hasta nuestros días (Empresas Públicas de Medellín, 2005).

Hacia los noventa, las normas internacionales presentan un estándar de 15m²/h en zonas verdes de recreación para las ciudades capitales, presentando la ciudad de Medellín un déficit al tener solo 2,2 m²/h, lo que incentivo que desde los años 1997 al 2000, la dirección de Corantioquia (Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia), lanzara la propuesta de creación del parque regional Arví, que abarcaría la zona entre el embalse de Piedras Blancas y el embalse de la Fe, con el fin de controlar la densidad poblacional en esta zona y garantizar la preservación de las cuencas fluviales, al mismo tiempo de generar un pulmón recreativo a los habitantes del área metropolitana y los municipios aledaños al valle de Rionegro (Fundación Holos - Natura, 2001).

La resolución 0797 de 1998, del Ministerio de Cultura, declara bien de interés cultural, con una importancia arqueológica de Nivel 5, y una importancia ecológica “Muy alta” al Parque Eco turístico Arví siendo reiterada y aprobada en el Acuerdo 023 de 2009 declarado por el concejo de la ciudad de Medellín. (Ministerio de Cultura, 1998).

En la actualidad el parque Arví, está conformado por seis núcleos, los cuales son: Comfenalco, La Laguna, Biodiversidad, Comfama, Mazo y el Tambo, dentro de los cuales se destaca el núcleo de Comfenalco construido hace 23 años, seguido por el Tambo más la inauguración del Metro Cable en el 2010, la inauguración del fuerte de carabineros en el 2012, la terminación de las instalaciones de Comfama en el 2012 y la entrega del núcleo de Mazo en el 2015.

Finalmente, durante la prospección geológica y geomorfológica de este trabajo, se observó algunos cambios importantes en el uso del suelo, los cuales van en contravía de las recomendaciones o parámetros establecidos para la conservación del parque como lo son la construcción de varias viviendas aledañas a la carretera que desde el núcleo de Comfama comunica con la vereda Barro Blanco y el incremento de restaurantes y supermercados hacia el sector de Mazo.

8. GEOLOGÍA

La plancha 147, Medellín Oriental (INGEOMINAS, 2005), ilustra la presencia de cuatro unidades litológicas ubicadas dentro de la zona de estudio, las cuales fueron corroboradas en campo con el fin de obtener apreciaciones geológicas para la descripción de elementos geomorfológicos (ver figura 20).

Las cuatro unidades representativas de la zona de estudio son:

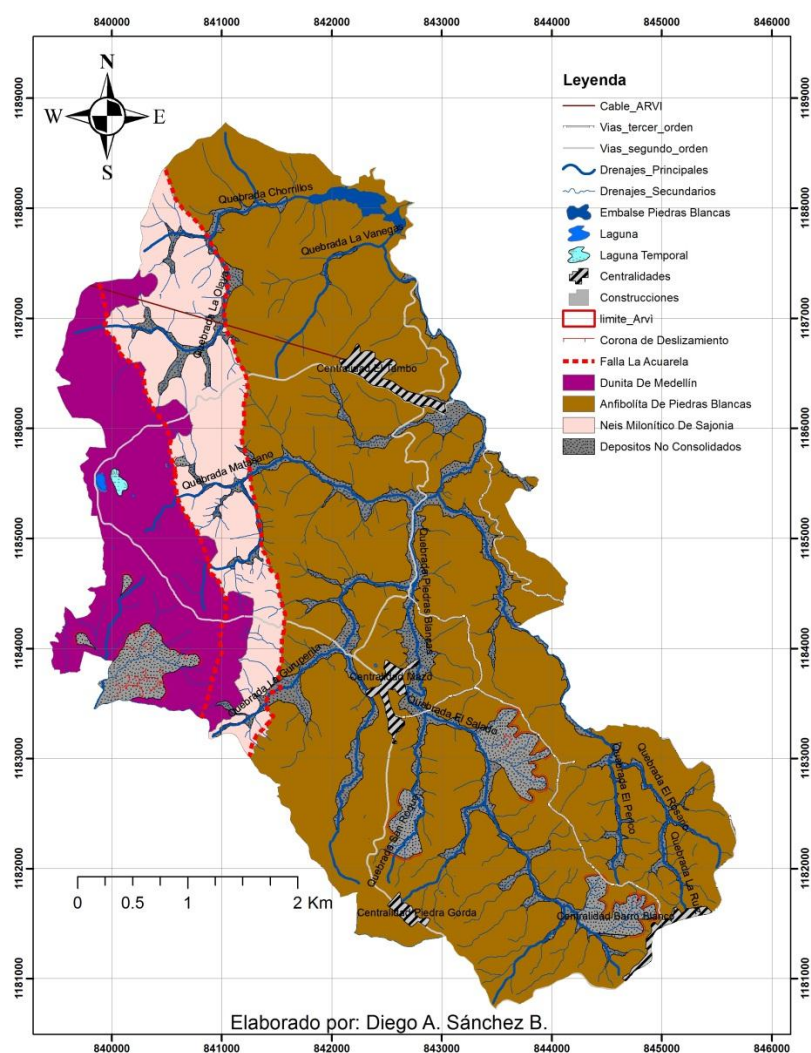


Figura 20. Mapa de las unidades geológicas en el parque Arví. Modificado de INGEOMINAS, 2005.

8.1 DUNITA DE MEDELLÍN

Extensa unidad litológica, ubicada hacia el flanco oriental del Valle de Aburrá con dirección preferencial Nor-Noroeste, conformada en su gran mayoría por olivino, con contenidos menores de cromita y magnetita, su coloración es negra, verde oscura y en alto grado de meteorización presenta tonalidades café (Rendón D. A., 1999).

La dunita se encuentra parcialmente serpentizada, lo que aumenta su composición de antigorita, lizardita y crisotilo, producto de la alteración del olivino (Restrepo & Toussaint, 1984). La presencia de tremolita en la Dunita, confirma la existencia de minerales cálcicos como clinopiroxeno diopsídico, aunque existe la hipótesis de una posible procedencia de la tremolita en ambientes marinos durante la serpentización (Restrepo & Toussaint, 1984).

Hacia las zonas de contacto con el Neis Milonítico de Sajonia, presenta gran fracturamiento, debido a su comportamiento fallado (Rodríguez, González, & Zapata, 2005).

En el área de estudio (ver figura 21), la dunita presenta una geomorfología plana con características pseudo-kársticas evidenciadas en las posibles forma de dolinas que exterioriza tanto la laguna de Guarne como la laguna Seca y a las formas de Carren en las rocas aflorantes, debido a disolución de componentes minerales y a planos de fractura que permiten la infiltración del agua (Vásquez, 1993).

Este cuerpo litológico, corresponde a una franja continua de suelos poco desarrollados ubicada al occidente del parque Arví.

Los mejores afloramientos se encuentra en el corte que realiza el camino pre-hispánico que desde el sector de la laguna de Guarne comunica con la ciudad de Medellín (ver figura 21), y en el sendero peatonal y carreteable (en la zona Nor-

Ocidental del parque para la extracción de la madera), que conduce desde la Laguna de Guarne hasta el embalse de Piedras Blancas, en donde aflora varios metros de roca diaclasada, posiblemente por encontrarse en límites de la traza de la falla la Acuarela.

La Dunita de Medellín es considerada la base de una secuencia ofiolítica que fue emplazada durante procesos de obducción, a la cual se le ha asignado una edad mínima de 84 – 86 M.a. consecuente con el Batolito Antioqueño y una edad de emplazamiento de 102 M.a. con base en dataciones radiométricas sobre una actinolita de los esquistos clorítico – actinolíticos del contacto Dunita – Anfibolita (Restrepo & Toussaint, 1984).

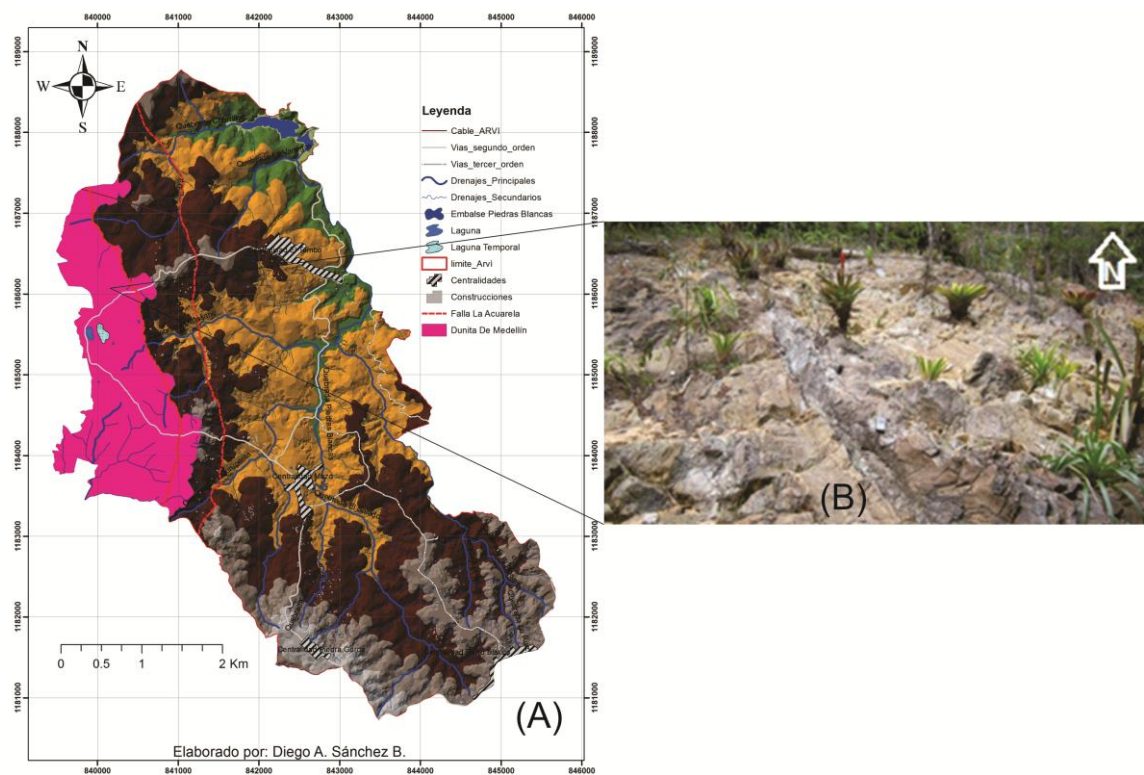


Figura 21. (A) Mapa de localización de la Dunita de Medellín en el parque Arví. (B) Fotografía del afloramiento de roca dunitica en la margen derecha del camino de La Cuesta que desde la estación el Tambo conduce a la laguna de Guarne, en donde se observa sus características texturales y mineralógicas.

8.2 ANFIBOLITA DE PIEDRAS BLANCAS

También denominada, Anfibolita de la Fe, este es el cuerpo principal de las denominadas Anfibolitas de Medellín, tiene forma tabular con la dimensión mayor en sentido Norte – Sur (ver figura, 22) (Rodríguez, González, & Zapata, 2005); su composición mineralógica consta de hornblenda y plagioclasa con un poco de esfena y cuarzo (Restrepo & Toussaint, 1984), su coloración es oscura, pero puede presentar manchas blancas en forma alargada, según el corte por el que se observe, en algunos sectores puede presentar lentes y bandas de plagioclasa que la asemejan a una textura neisica (Rendón D. A., 1999). Esta unidad presenta al occidente un contacto fallado con la Dunita de Medellín y el Neis Milonítico de Sajonia, el cual es evidenciado por cambios geomorfológicos de pendiente abrupta que definen el trazo de la falla La Acuarela (Rodríguez, González, & Zapata, 2005).

En los recorridos de campo a través del bosque y las vías que conforma el acceso al parque Arví, no es muy evidente el afloramiento de anfibolita fresca, pero en algunos perfiles o cortes de carretera se puede apreciar la textura relicto en el horizonte meteorizado, que desarrolla suelos residuales con espesores visuales no mayores a 5 m los cuales presentan un carácter limoso.

Los mejores afloramientos de roca fresca y de más fácil acceso a este cuerpo de anfibolitas se encuentran en los diferentes *Knickpoints* que presenta la quebrada Piedras Blancas desde su nacimiento en donde toma el nombre de quebrada el Salado hasta su vertimiento en el embalse de Piedras Blancas, siendo el más asequible el ubicado en el sector de Chorro Clarín, donde se puede apreciar en detalle su mineralogía y su textura (ver figura 22), además del anterior lugar, también se obtiene fácil acceso al afloramiento (Cantera), ubicado en el costado oriental del puente sobre la quebrada Piedras Blancas, en la vía que conduce desde el sector el Tambo hacia el municipio de Guarne.

Dataciones realizadas con métodos radiogénicos de Rb/St y K/Ar, han dado a estas rocas edades que varían entre 105 y 90 M.a., ubicándolas en el periodo Cretácico Superior, las cuales han sido interpretadas como el último proceso de metamorfismo en la región (Restrepo & Toussaint, 1984).

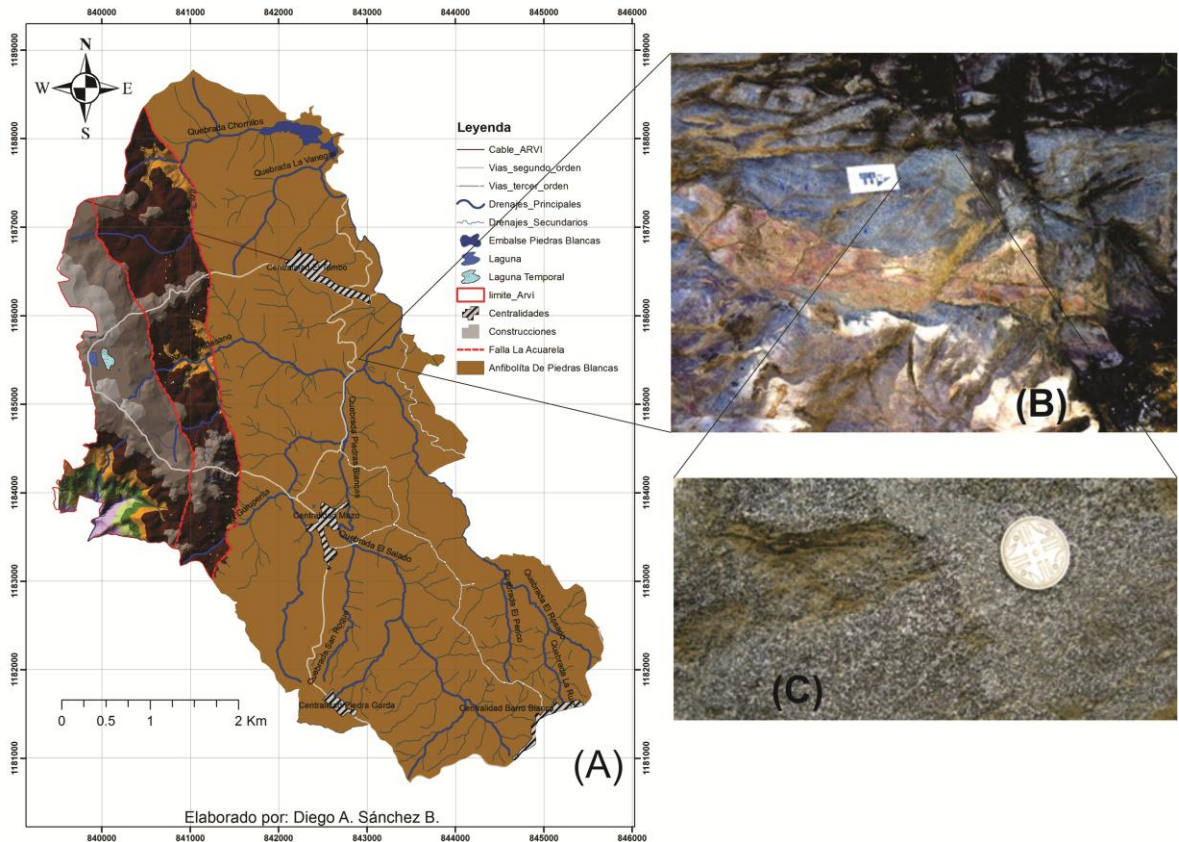


Figura 22. (A) Mapa de localización de la Anfibolita de Piedras Blancas en el parque Arví; (B) Fotografía del afloramiento de roca Anfibolítica ubicada en el *Knickpoint* denominado Chorro Clarín; (C) Detalle de la mineralogía y la textura.

8.3 NEIS MILONÍTICO DE SAJONIA

Caracterizado por presentar una textura neisica y esquistosa con intercalaciones de anfibolitas, fuertemente deformados y milonitizados, que comprende un corredor estrecho con dirección N 15° W (ver figura 23), con una longitud de 21

Km, y una amplitud promedio de 0,3 Km, además de un área promedio de 7,2 Km² entre la anfibolita y la dunita, controlada estructuralmente por la falla La Acuarela (Giraldo & Sánchez, 2004).

Los afloramientos de roca fresca no son perceptibles en el área de estudio, pero en algunos sectores se evidencia en el saprolito estructuras bandeadas esquistosas y neísicas, con bandas irregulares discontinuas de colores grises, blanco amarillentas, amarillas y rojas. Macroscópicamente se reconoce cuarzo, plagioclasa, biotita cloritizada, sericita y grafito que se presenta en forma de augenes milimétricos a centimétricos o en bandas discontinuas irregulares de color gris (ver figura 23). Esta unidad se encuentra cortada por venas y diques de cuarzo lechoso, algunos en estado sacaroidal, como se puede evidenciar en la carretera que desde la estación del metro cable de Arví conduce a la laguna de Guarne.

Los afloramientos de esta unidad son escasos, pero las mejores exposiciones del saprolito de esta roca se encuentran en el alto de la Gurupera, sobre la base y al lado Este de la torre de incendios, donde es posible apreciar augen de grafito y pequeños poliedros de deformación en saprolito arcillo-arenoso rico en micas y sobre los taludes del corte de la carretera sin pavimentar que desde la torre de incendios conduce al sector de los Hernández.

Los límites entre los tres principales cuerpos litológicos (Dunita, Anfibolita y Neis) fueron ajustados a través de puntos con control litológico realizados en la campaña de exploración, y a través de los rasgos geomorfológicos presentados por los cambios súbitos en la dirección preferencial de los drenajes de la margen izquierda de la quebrada Piedras Blancas, con el fin de obtener la mejor aproximación a una cartografía geológica, en escala 1:5000.

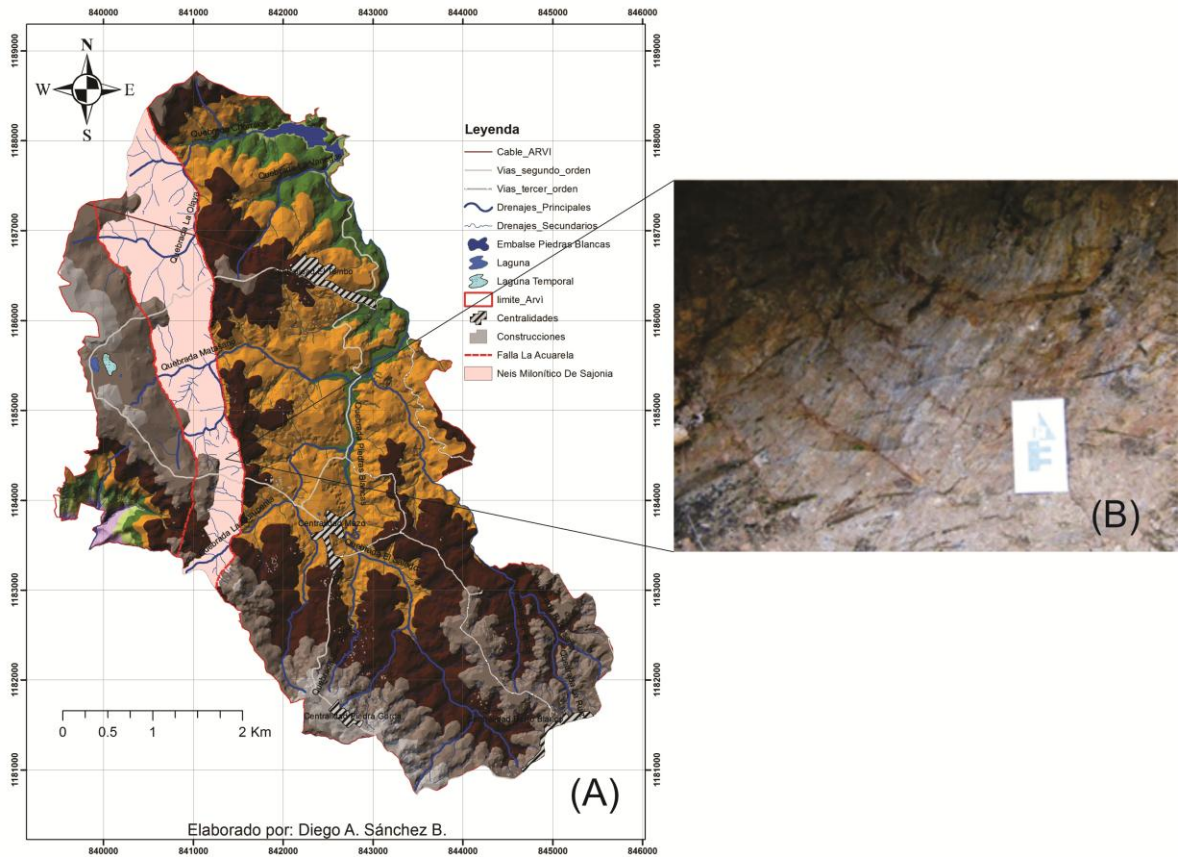


Figura 23. (A) Mapa de localización del Neis Milonítico de Sajonia en el parque Arví; (B) Fotografía del afloramiento de roca saprolitizada Neisica, ubicada sobre la margen izquierda de la carretera sin pavimentar que de la torre de incendios conduce al sector de los Hernández, en donde se observa la textura relicta y sus minerales alterados.

8.4 DEPOSITOS NO LITIFICADOS

Correspondiente a material transportado y depositado que conforman cuerpos con variedad de espesores, grado de meteorización y edades que posiblemente podrían estar antecedendo el Cuaternario y que permiten ser cartografiados en la escala del presente trabajo (ver figura 24) (Rendón D. A., 1999).

Para la zona de estudio, solo fue posible determinar con precisión los depósitos aluviales (ver figura 24), movimientos en masa y algunos flujos de escombros que afloraban gracias a los relictos mineros y a los cortes generados para la construcción de vías.

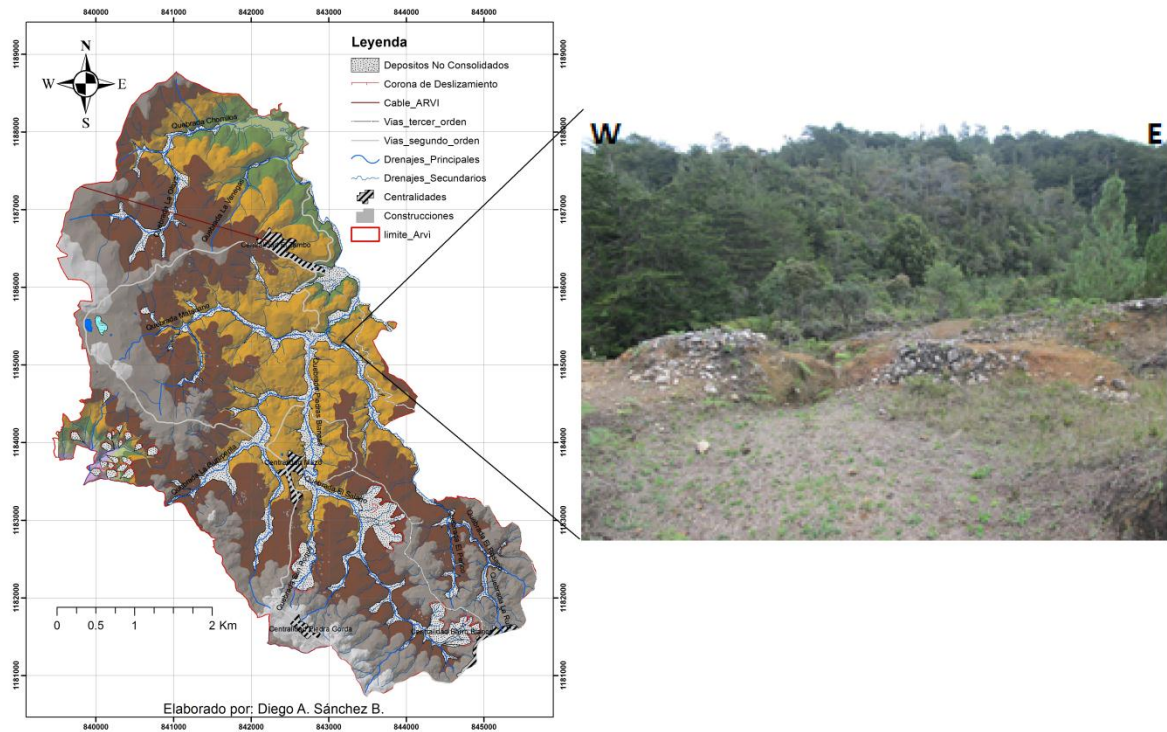


Figura 24. (A) Mapa de localización de los Depósitos No Consolidados en el parque Arví; (B) Fotografía de depósito aluvial en terraza de la quebrada El Rosario, explotada en épocas pasadas por minería aurífera, dentro del núcleo de Comfama, donde se observa la dispersión del material estéril compuesto de fragmentos de rocas redondeadas .

8.4.1 *Flujos de escombros*

Conformados por bloques centimétricos de anfibolita embebidos en matriz limo arenosa, generados por sobresaturación de suelos, que disminuye marcadamente las propiedades de resistencia y cohesión, aumentando su vulnerabilidad a los movimientos sísmicos y movimientos en masa en épocas de altas precipitaciones (Rendón D. A., 1999).

Estos movimientos de masa, descienden por las vertientes hasta encontrar condiciones de pseudo equilibrio donde generan formas abultadas en la topografía.

Su composición está caracterizada por la presencia de bloques en su gran mayoría de anfibolita, en una matriz limo arcillosa, causando diferencias en la meteorización de los bloques, los cuales van de frescos a maduros (ver figura 25).



Figura 25. Fotografía de flujo de escombros, localizado en el sector de Chorro Clarín, sobre la margen izquierda de la vía que conduce de la vereda Mazo al sector del Tambo.

8.4.2 Depósitos aluviales

Corresponden a material no consolidado, depositado por la erosión y transporte que ejercen los drenajes sobre la zona de estudio, generando geoformas de terrazas y llanuras de inundación.

Está conformado por bloques y gravas de roca metamórfica y cuarzo procedente de la destrucción por meteorización de la anfibolita y de algunos diques cuarzosos, conformando pequeños paquetes de arenas y conglomerados con espesores no mayores a 2 m (Rodríguez, González, & Zapata, 2005).

Estos depósitos se encuentran a lo largo de todos los drenajes que conforman la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (ver figura 26) y que se caracterizan por ser de geometría alargada y estrecha desde su nacimiento hasta su desembocadura en el embalse de Piedras Blancas.

Al igual que el Neis Milonítico de Sajonia, los depósitos no consolidados fueron cartografiados y delimitados a través de la fotointerpretación y el modelamiento de la base cartográfica digital a escala de 1:5000.



Figura 26. Fotografía de depósito aluvial en la margen izquierda de la Quebrada Piedras Blancas, cerca de la vereda de Mazo.

9. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está localizada al oriente de la falla de San Jerónimo y al occidente de la falla la Honda, en el borde occidental de la superficie de Rionegro denominada S-I, conformando un marco de rocas metamórficas constituidas por anfibolitas y neises, que presentan planos de foliación controlados por los esfuerzos locales y contacto fallado con el cuerpo ofiolítico y peridotítico de la Dunita de Medellín.

9.1 MARCO ESTRUCTURAL REGIONAL

El Batolito Antioqueño y sus cuerpos litológicos limitantes, se encuentra bajo la influencia de dos sistemas de fallas; el primero denominado Sistema del Borde Occidental de la Cordillera Central que incluye el Sistema Cauca-Romeral, Tonusco, Espíritu Santo, Santa Rita y Sabanalarga entre otras (Maya & González, 1995), y el segundo denominado Borde Oriental de la Cordillera Central o lo que denomina Page (1986) la Zona de Falla de Palestina en el segmento norte de la Cordillera Central, el cual comprende las fallas de Otú-Pericos, Nus, Cimitarra, El Bagre, Palestina, Cocorná, Jetudo y Mulato.

9.2 FALLAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

En la cuenca de la quebrada Piedras Blancas se presenta un control estructural dominado por dos fallas con dirección preferencial Norte-Sur; La Acuarela ubicada hacia el Oeste de la cuenca que constituye un corredor de rocas miloníticas que separa la Dunita de Medellín de la Anfibolita de Piedras Blancas; La Honda

ubicada hacia el Este de la cuenca, que pone en contacto la Anfibolita de Piedras Blancas con el Neis de la Ceja, conformando la base del escarpe que se produce entre la superficie S-I y S-II (Rodríguez, González, & Zapata, 2005).

9.2.1 Falla La Acuarela

Estructura con dominio direccional N-S a N-NW, ubicada al occidente del área de estudio, con una extensión aproximada de 35 km en el extremo occidental de la plancha 147-Medellín Oriental, hasta su unión con las trazas de la falla del sistema Belmira en la plancha 131-Santa Rosa de Osos.

En su recorrido por la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, presenta dos trazas *que* limitan al Neis Milonítico de Sajonia con la Dunita de Medellín al occidente y con la Anfibolita de Piedras Blancas al Oriente (Rodríguez, González, & Zapata, 2005).

Su morfología está asociada a un corredor, con dos trazas que conforman el cinturón estrecho de rocas miloníticas que componen el Neis Milonítico de Sajonia (Rendón D. A., 1999). (Ver figura 27).

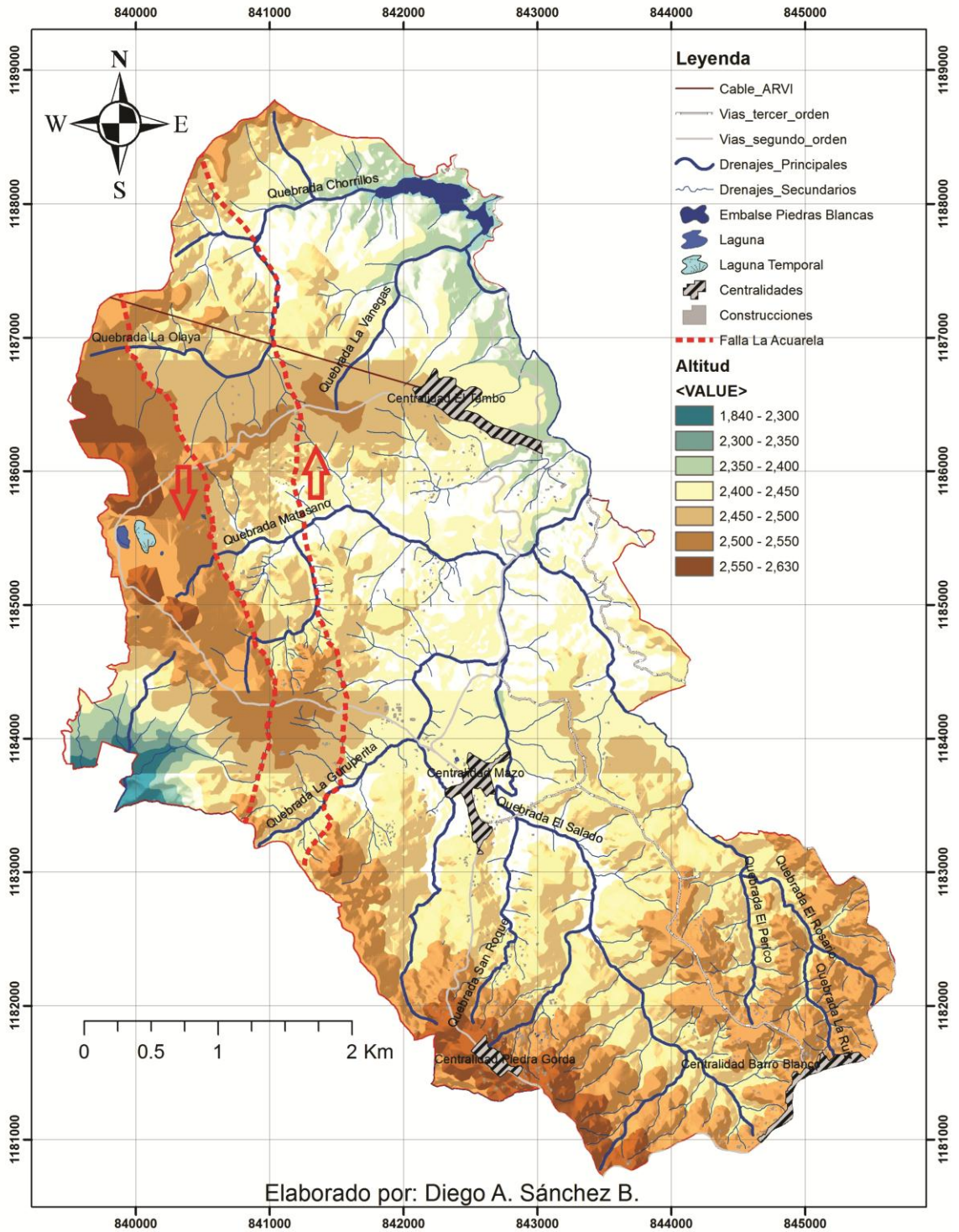


Figura 27. Mapa de localización de las dos trazas que conforma la falla La Acuarela, cartografiada en campo y a través de las fotografías aéreas y las imágenes morfométricas.

En su traza occidental la falla presenta una dirección N-S y N15°W con un buzamiento de 58°W o vertical y en su traza oriental su dirección preferencial es N10°E y N10°W con un buzamiento de 56°E o vertical (Rendón D. A., 1999).

Basado en la forma de los augenes como indicadores cinemáticos, se determinó un movimiento sinistral, siendo confirmados por análisis regionales que indican que el bloque de la Dunita de Medellín viaja hacia el sur, al contrario del bloque de Anfibolita Oriental que viaja hacia el norte (Rendón D. A., 1999).

9.2.1 Falla La Honda

Traza ubicada al oriente de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, hacia la vereda el Tablazo del municipio de Guarne, con dirección preferencial N-S, donde desaparece al contacto con el cuerpo plutónico del Batolito Antioqueño. Su evidencia geomorfológica la presenta el lineamiento que ejerce sobre la quebrada La Honda, formando un valle de aproximadamente 5 km en dirección Norte-Sur (Rodríguez, González, & Zapata, 2005).

Algunos autores precisan que la orientación de la esquistosidad de la Anfibolita, se encuentra controlada por los esfuerzos generados por este sistema de fallas.

9.3 LINEAMIENTOS

El bloque de anfibolita, neis y dunita localizado dentro del parque Arví, presenta varios sistemas de lineamientos con dirección preferencial norte-sur con poca variación hacia el noroeste (ver figura 28), según los datos estructurales tomados durante el trabajo de campo y a través de la foto interpretación, estos lineamientos

posiblemente obedezcan a esfuerzos ocasionados por los movimientos relativos de las fallas La Acuarela y La Honda que presentan una tendencia paralela al valle de Aburra, el comportamiento frágil del bloque y probablemente a la existencia de una discontinuidad central, la cual se analiza a continuación (ver figura 28).

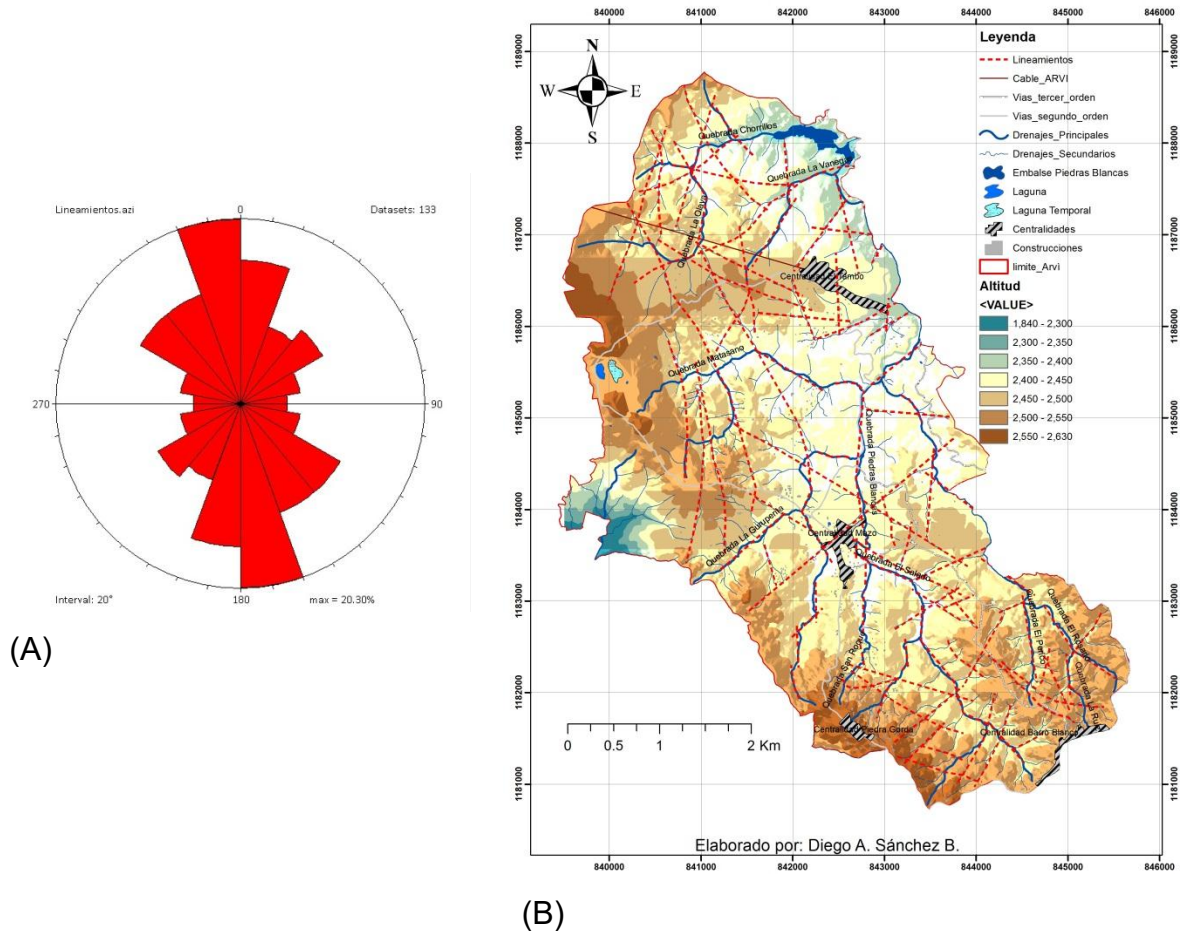


Figura 28. (A) Diagrama de rosas para los diferentes lineamientos identificados en el parque Arví; (B) Mapa de localización de los diferentes Lineamientos identificados en el parque Arví.

El comportamiento lineal de las quebradas San Roque y Piedras Blancas, alineadas con algunos boquerones, lleva a considerar la posible existencia de una falla, no descrita en la cartografía actual y que estaría sustentada en rasgos

geomorfológicos de emanaciones de fuentes salinas distribuidas a lo largo de sus cauces, facetas triangulares y planos aluviales confinados que desde su cabecera presentan interrupción por estrangulamientos acompañados de *Knickpoint* en una dirección preferencial N-S, conformando la línea de flexión de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, esta falla presenta una dirección norte-sur, con tendencia preferencial hacia el noreste que según la geometría de los drenajes tendría movimiento de rumbo sinistral y que para este trabajo denominaremos Falla Piedras Blancas. (Ver figura 29).

Aunque los alcances de este proyecto no desarrollan un estudio más a fondo de este lineamiento, se presenta la información obtenida para estudios posteriores.

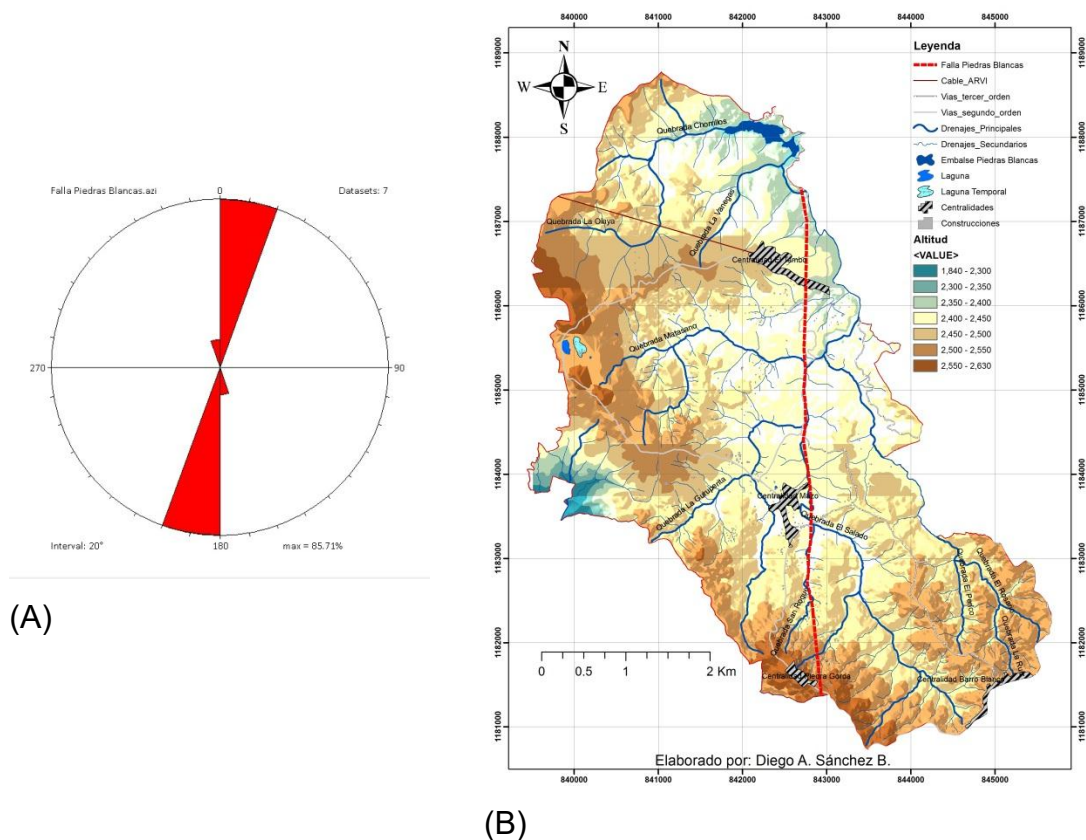


Figura 29. (A) Diagrama de rosas para la falla Piedras Blancas en el parque Arví; (B) Mapa de localización del lineamiento denominado falla Piedras Blancas.

Además de los lineamientos ya mencionados, hacia el sector noroeste de la cuenca se encontraron varios afloramientos rocoso, que presenta tres familias de diaclasas, con tendencia preferencial N-E, S-W; en algunos *Knickpoint* de la quebrada El Rosario y Piedras Blancas, las diaclasas presentan tendencias N-W, S-E, indicando la fragilidad del bloque y el fuerte dominio estructural generado por los esfuerzos de las fallas locales (Ver figura 30).

La minería aurífera desarrollada en años anteriores, dejó una serie de socavones abandonados, excavados sobre saprolito de roca metamórfica, la cual es intruida por diques cuarzosos (cuarzo lechoso), con sulfuros de pirita, galena y bornita en dirección preferencial N-S y buzamientos hacia el E, con una leve tendencia N-E, siendo subsecuentes con la dirección de la falla Piedras Blancas y apoyando la hipótesis de su posible existencia (Ver figura 30).

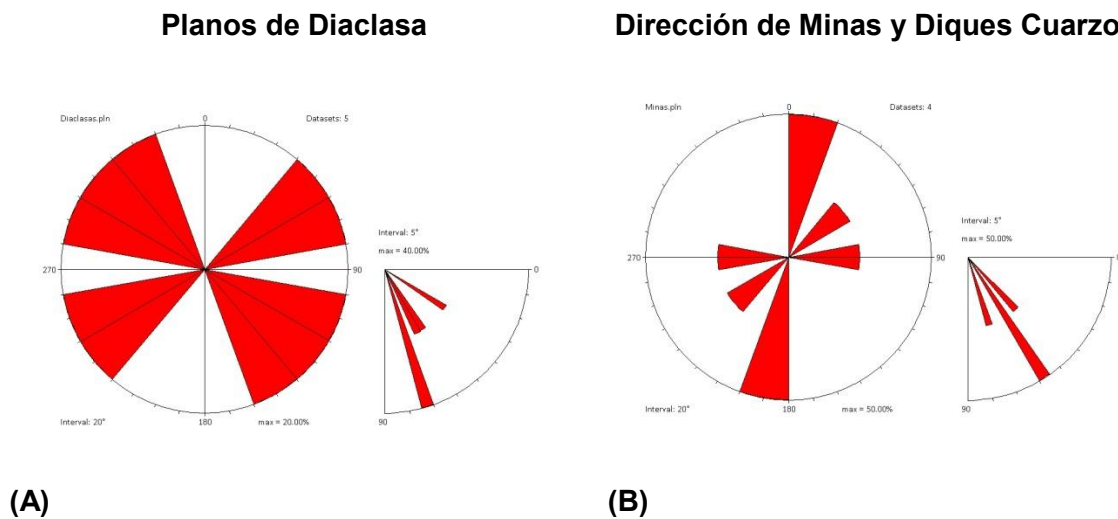


Figura 30. (A) Diagrama de rosas para las diaclasas medidas durante la campaña de campo; (B) Diagrama de rosas para los socavones y diques cuarzosos explotados por minería aurífera.

La geometría de las diaclasas, presenta el comportamiento de fracturas conjugadas con σ_1 menor a σ_2 y ángulos para σ_1 menores a 60° y mayores a 30° , lo que apoyaría la existencia de una falla de rumbo por asociación.

Por último cabe resaltar que los buzamientos de los diques, y los planos de foliación de la anfibolita presentan tendencias definidas hacia el E.

10. SUELOS

El suelo, según la Sociedad Americana de Suelos, es un material no consolidado sobre la superficie de la tierra, que ha sido sujeto e influenciado por los factores genéticos y ambientales del material parental, clima, organismos y topografía, todos actuando sobre un periodo de tiempo determinado (Gisbert Blanquer & Ibáñez Asensio, 2002)..

El suelo del parque Arví está clasificado como andisoles (Andic dystropept) caracterizados por ser suelos de muy baja fertilidad, fuertemente ácidos, bajos en fósforo y con concentraciones altas de aluminio en su primer horizonte (IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 1979).

El parque Arví, presenta un perfil generalizado compuesto de una primera capa de materia orgánica clasificada por la FAO como horizontes O, O₁ y O₂, seguido secuencialmente por horizontes de ceniza volcánica, costras de hierro, Horizonte Tipo Gley (en algunas zonas) y Línea de Piedra, denominados por la FAO como horizonte A₁, A₂, A₃ por tratarse de elementos estratificados a través de movilidad, y por último una base de Anfibolita Meteorizada denominada horizonte C, generada in situ.

A continuación se realiza la descripción y características de cada uno de los horizontes mencionados para los suelos desarrollados en la Anfibolita de Piedras Blancas.

10.1 SUELO DERIVADO DE LA ANFIBOLITA DE PIEDRAS BLANCAS.

10.1.1 Materia orgánica (Horizontes O, O₁ y O₂)

Se encuentra compuesta por la biomasa viva (O), los residuos orgánicos parcial o totalmente descompuestos de animales y plantas (O₁) y los productos biosintetizados por los organismos del suelo (O₂) (Gisbert Blanquer & Ibáñez Asensio, 2002). La preservación y reforestación de la zona de bosque, tanto nativa como la implementada por las Empresas Públicas de Medellín con fines de conservación y protección de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, ha preservado y enriquecido el horizonte orgánico, presentando un espesor que varía entre 20 cm y 1 m aproximadamente, el cual en algunos sectores es eliminado por las altas pendientes y zonas donde la intervención antrópica para la adecuación de infraestructura civil o cultivos ha removido o eliminado su disposición (ver figura 31).

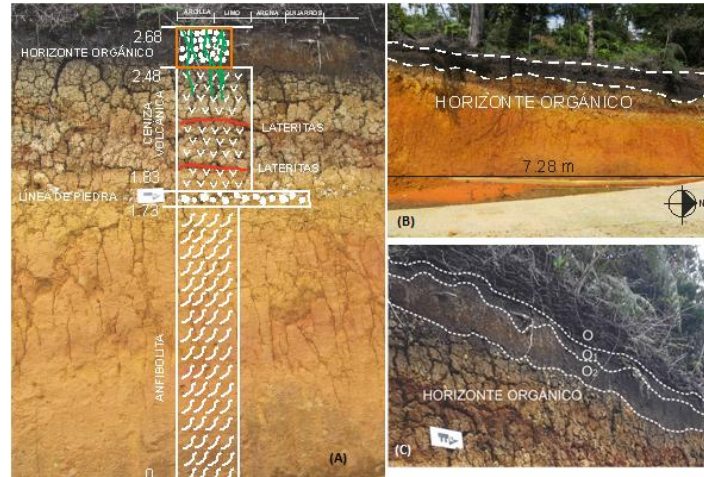


Figura 31. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte de Materia Orgánica. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía superior muestra la panorámica del horizonte orgánico; (C) La fotografía inferior destaca en detalle la división de este horizonte en los estratos O, O₁, O₂.

10.1.2 Ceniza Volcánica (Horizonte A1)

Los depósitos de ceniza volcánica, se localizan estratigráficamente debajo del horizonte de suelo actual, solo diferenciándose por su baja densidad y el cambio en la tonalidad del color (Pardo, 2.5 Y 3/2), estos depósitos modelan sutilmente la topografía, la cual es suave con bajas tasas de erosión permitiendo su conservación.

Su génesis está sujeta a diferentes periodos de acumulación de emisiones volcánicas, provenientes del macizo Ruiz-Tolima, el cual presenta registros de actividad volcánica datados de los últimos 33.000 años (Toro G. , y otros, 2006).

La disposición de la ceniza volcánica sobre la superficie de Santa Elena, enriqueció el suelo de nutrientes y propició el desarrollo de una vegetación boscosa, protegiendo el altiplano de procesos erosivos gravitacionales (García & Hermelin, 2004).

En la zona de estudio, sus espesores alcanzan un orden entre 0.3 y 1 m (ver figura 32), variando lateralmente según la pendiente, la cual no debe superar los 35°, condición que favorece su acumulación (Toro G. , y otros, 2006).

Las dataciones realizadas en el horizonte de ceniza, bajo técnicas de datación con C14 (Carbono Catorce), a través de restos orgánicos embebidos sobre la misma, arrojaron resultados que varían en un intervalo entre 8000 y 37000 años B.P., siendo interpretados como el resultado de tres eventos volcánicos, el primero ubicado entre los 8.000 y 10.000 años B.P., el segundo evento volcánico alrededor de los 20.000 años B.P., y por último el evento volcánico ocurrido entre los 30.000 y 37.000 años B.P. que constituye la base de este horizonte (Toro & Hermelin, 1990).

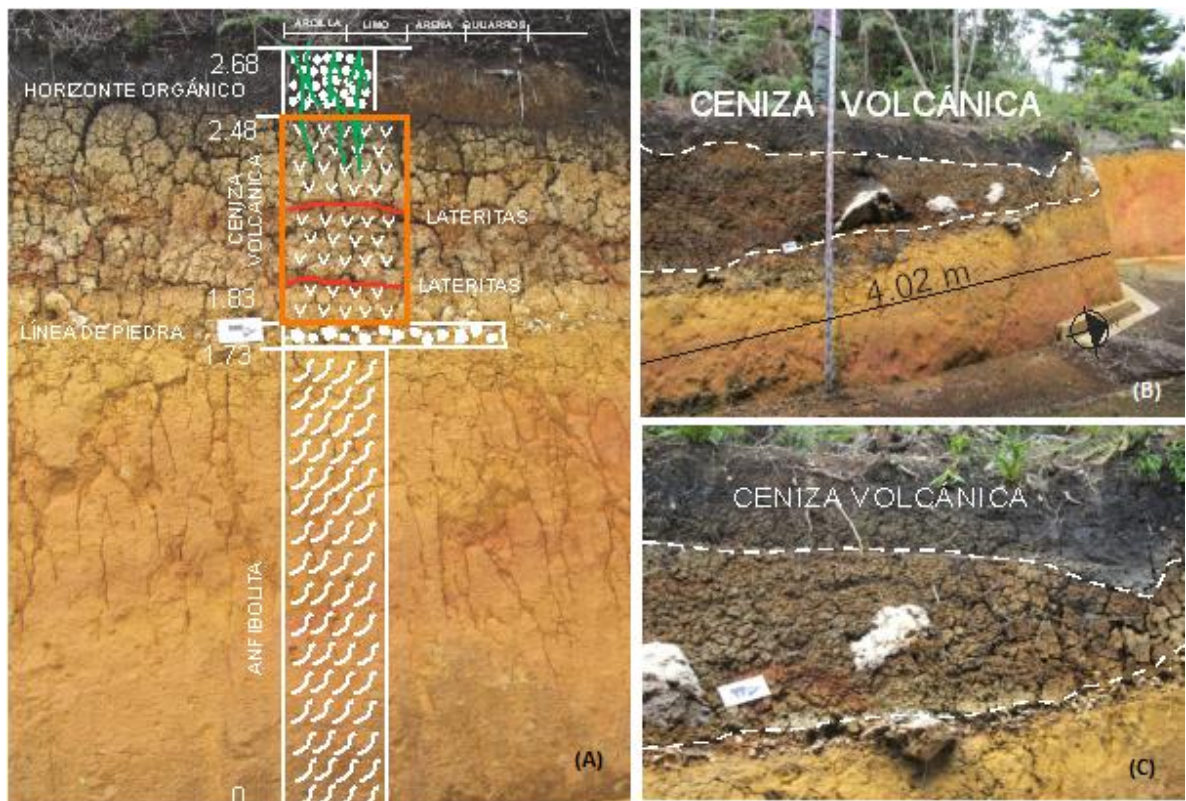


Figura 32. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte de Ceniza Volcánica. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía superior muestra la panorámica del horizonte de Ceniza Volcánica; (C) La fotografía inferior presenta en detalle la distribución de este horizonte soportando algunos bloques de cuarzo lechoso.

10.1.3 Lateritas, Costras de Hierro (Horizonte A2)

Las fluctuaciones del nivel freático, propician la movilización de iones de hierro, obtenidos de los minerales ferromagnesianos de la roca que suprayace o de la remoción y lavado de minerales férricos en la ceniza volcánica, los cuales forman una delgada capa también llamada ferriqueta, que en algunos cortes del terreno

se evidencia debido a la coloración marrón (2.5 YR 5/8) intensa o a los descole por lixiviación de aguas teñidas en rojo.

En el perfil de suelos levantado detrás de las oficinas administrativas del parque se observa con claridad la capa continua de laterita, de aproximadamente 5 cm de espesor, y con contacto neto, ubicada por encima de la *Stoneline* (Línea de piedra) y hacia la base del horizonte de ceniza volcánica (ver figura 33).

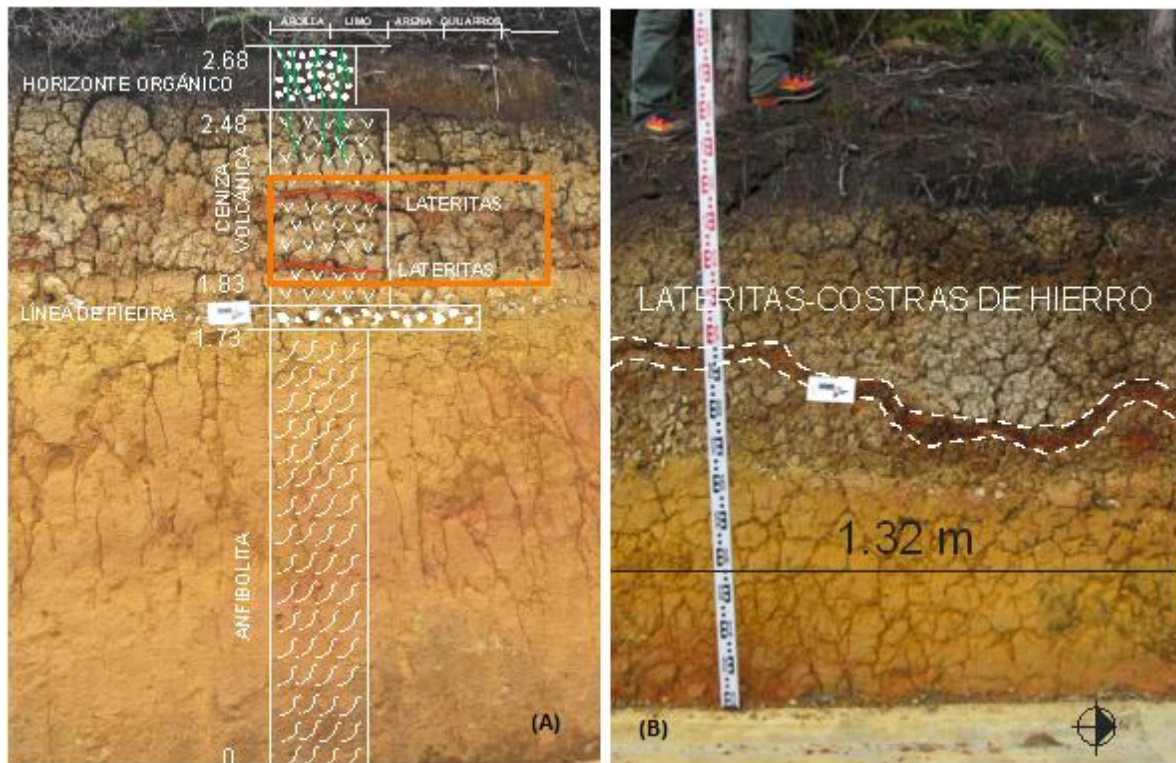


Figura 33. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte A2 correspondiente a las Lateritas. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía muestra la panorámica del horizonte de Lateritas y su continuidad a través del estrato.

10.1.4 Horizonte tipo gley (Horizonte A3)

Las fluctuaciones del clima, producen variables en el nivel freático, generando una redistribución de los iones de hierro y dándole una coloración gris a gris-azulado, que caracteriza el horizonte afectado (Moogler & Buurman, 2000), aunque procesos de saturación o inundación locales, podrían ser los causantes de este horizonte, descartando la influencia climática (Retallack, 2001).

La saturación del suelo, genera condiciones anaeróbicas, reduciendo los iones insolubles de óxido de hierro de composiciones férricas a ferrosas, dándole la coloración que va de gris a gris-azulosa frecuentemente moteada y retardando procesos de meteorización, ante la poca movilidad iónica en flujos de agua limitados (Retallack, 2001).

Algunos perfiles de suelo realizados en el área de estudio, dieron características texturales para este horizonte que varían de limo-arenoso hacia el techo en contacto con la ceniza volcánica a arenoso hacia la base en contacto con la *Stoneline* o la anfíbolita, con algunas intercalaciones de lentes o láminas de hierro discontinuas y coloraciones de gris (10YR 7/1) a gris verdoso (5Y 5/2); su espesor aproximado es de 1 m aunque varía de acuerdo a la topografía (ver figura 34).

Dataciones realizadas con trazas de fisión en circones encontrados en depósitos lacustres hacia la zona de Río Negro arrojaron edades similares a los 2.0 M.a. (Toro G. , y otros, 2006).

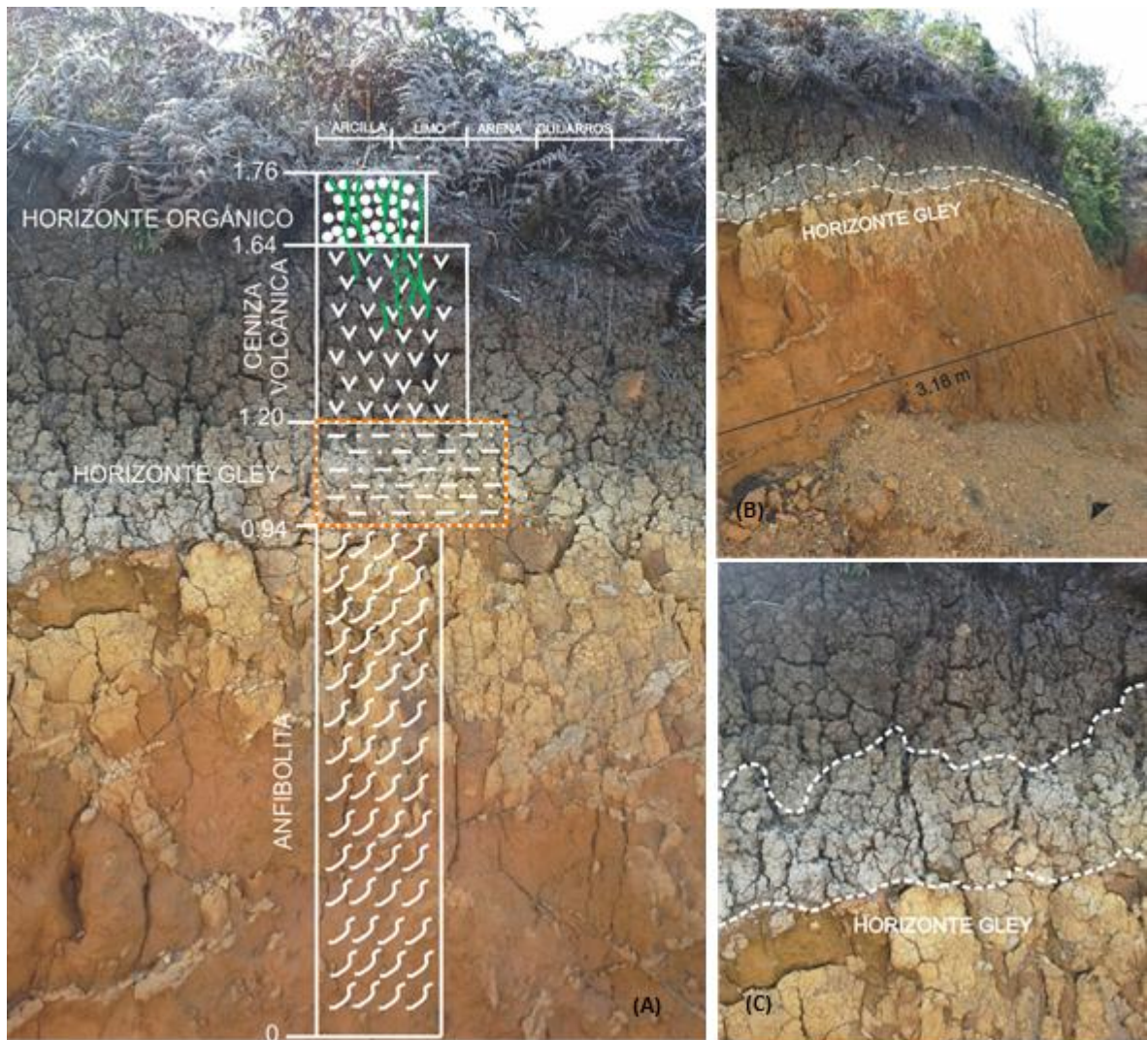


Figura 34. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja el horizonte tipo Gley. Afloramiento ubicado en la vereda Barro Blanco, detrás de la cancha polideportiva de la escuela; (B) La fotografía superior muestra la panorámica del horizonte tipo Gley; (C) La fotografía inferior presenta en detalle la coloración y el contacto del horizonte con los estratos superior e inferior.

10.1.5 Línea de piedra (Horizonte A4)

También denominada *Stoneline*, constituido en su gran mayoría por clastos de cuarzo y nódulos de hierro, a veces con intercalaciones de piedras preciosas, semipreciosas, oro y otros minerales de gran valor, producto de materiales muy resistentes a la meteorización, en regiones tropicales y subtropicales y con tamaños que van desde arenas gruesas hasta gravas centimétricas (Twidale, 2006).

Se han planteado diferentes hipótesis que determinan la formación de la *Stoneline*, la primera generada por Muller, Bocquier, Nahon, & Pacquet (1981), que plantea un origen autóctono por meteorización química in situ de minerales primarios o por bioturbación a través de termitas que transportan el material fino hacia la superficie, dejando una capa de clastos sin matriz; la segunda teoría la atribuyen a procesos erosivos intensos, causados por la precipitación y el lavado de la esorrentía, generando un Lag, el cual es cubierto por posteriores depositaciones (Schaetzi & Weisenborn, 2004) y una tercera teoría que plantea la mezcla de las dos teorías anteriores (Colin, Brimhall, Nahon, Lewis, Baronnet, & Danti, 1992).

Para la zona de estudio, la existencia de la *Stoneline*, depende de la materia prima de los clastos, que está asociada a la destrucción y posterior depositación de los diques de cuarzo que intruyen las rocas metamórficas y que a la vez son controladas por la topografía (ver figura 35), tolerando su disposición solo hasta pendientes no superiores a 30° y perdiendo su continuidad en zonas planas asociadas a llanuras de inundación o terrazas aluviales (Hermelin, 1993).

La preservación de la *Stoneline*, se encuentra estrechamente asociada al recubrimiento generado por las cenizas volcánicas que en la gran mayoría de afloramientos se presenta como matriz soporte de los clastos de cuarzo centimétricos subredondeados a angulares (García & Hermelin, 2004). La génesis de la *Stoneline* para la zona de estudio, está asociada a cortos periodos de

erosión superficial, generada en condiciones de sequía, modificando el paisaje y destruyendo la cobertura vegetal existente (Hermelin, 1993).

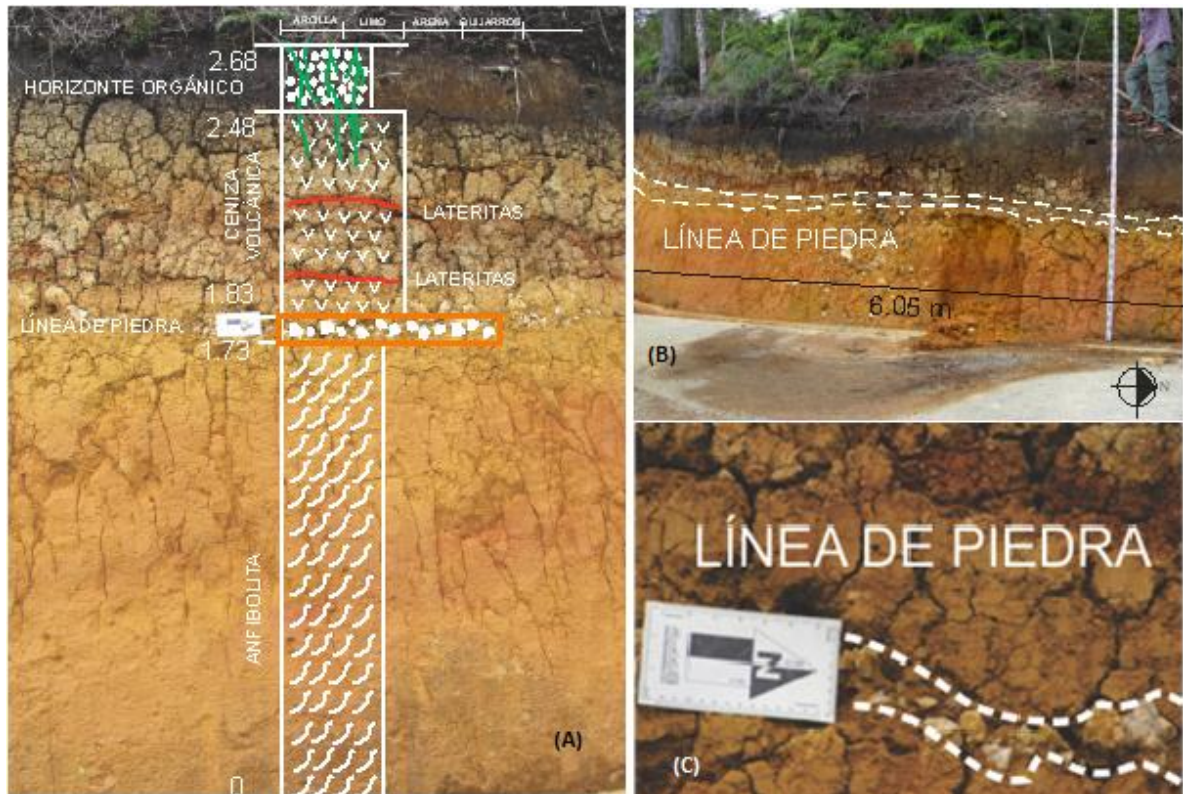


Figura 35. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja la Línea de Piedra. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía superior muestra la panorámica y continuidad de la Línea de Piedra en el afloramiento; (C) La fotografía inferior presenta en detalle los clastos de cuarzo que conforman este horizonte.

10.1.6 Anfibolita Meteorizada (Horizonte C)

El horizonte de meteorización de la anfibolita, se compone de un nivel de suelo saprolítico de color que varía entre pardo amarillento (10 YR 7/4) a pardo rojizo (5 YR 5/6), generado por la alteración de la hornblenda, que en algunos perfiles

puede presentar un desvanecido bandeamiento ocasionado por la alteración de plagioclasas (Rodríguez, González, & Zapata, 2005). Su espesor no es continuo, pero si supera la decena de metros, no pudiéndose encontrar un perfil de suelo que pueda presentar la transición entre roca fresca y roca meteorizada en el área de estudio (ver figura 36).

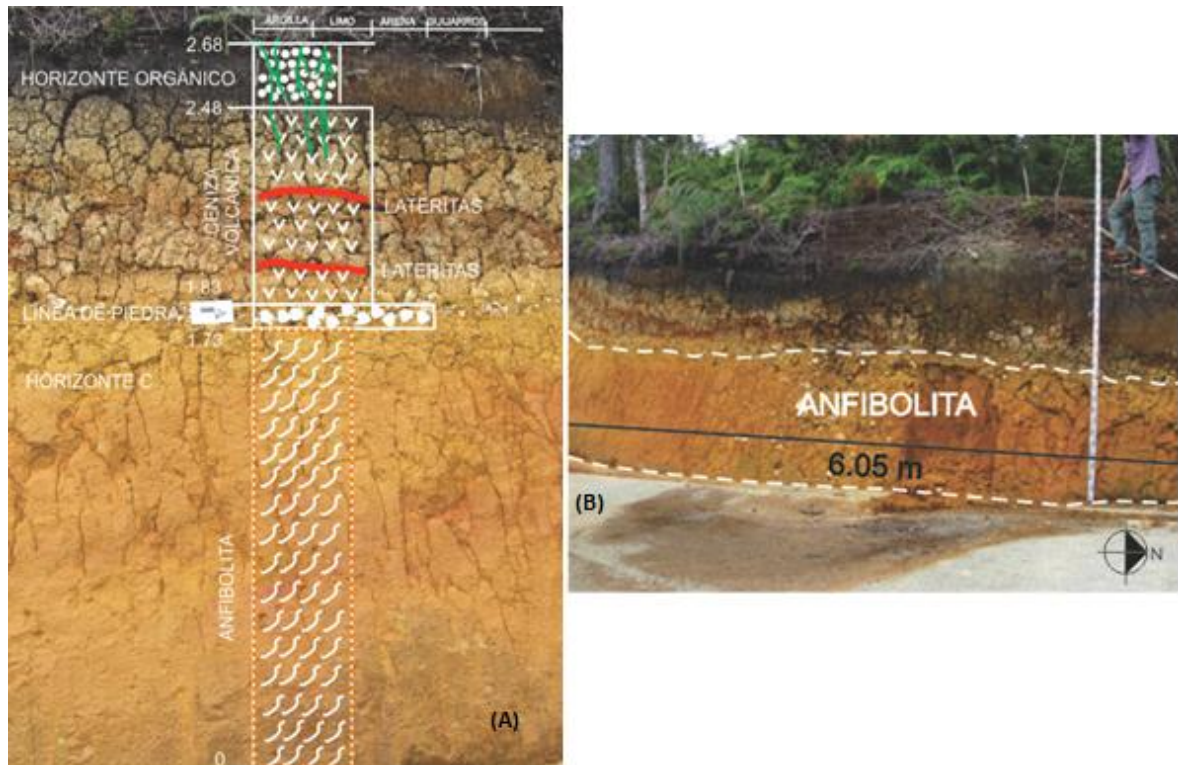


Figura 36. (A) Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado la Anfibolita meteorizada. Afloramiento ubicado en el núcleo el Tambo, donde actualmente se encuentran las oficinas del parque; (B) La fotografía muestra la panorámica del horizonte de Anfibolita Meteorizada y su continuidad a través del corte del talud.

10.2 SUELO DERIVADO DE LA DUNITA DE MEDELLÍN

10.2.1 Materia Orgánica (Horizonte O₂)

El horizonte de Materia orgánica, presenta similares características al horizonte presentado por los suelos generados en la Anfibolita de Piedras Blancas, a diferencia de su menor espesor (≈ 15 cm) y baja bioturbación, debido a la poca vegetación compuesta por plantas de bajo tamaño (< 2 m), conformada por pastos limpios y enmalezados, al igual que rastrojos bajos y altos (ver capítulo 6, sección 6,2), este horizonte está conformado por productos biosintetizados por los organismos del suelo (O_2) (Gisbert Blanquer & Ibáñez Asensio, 2002), presentando una coloración negra.

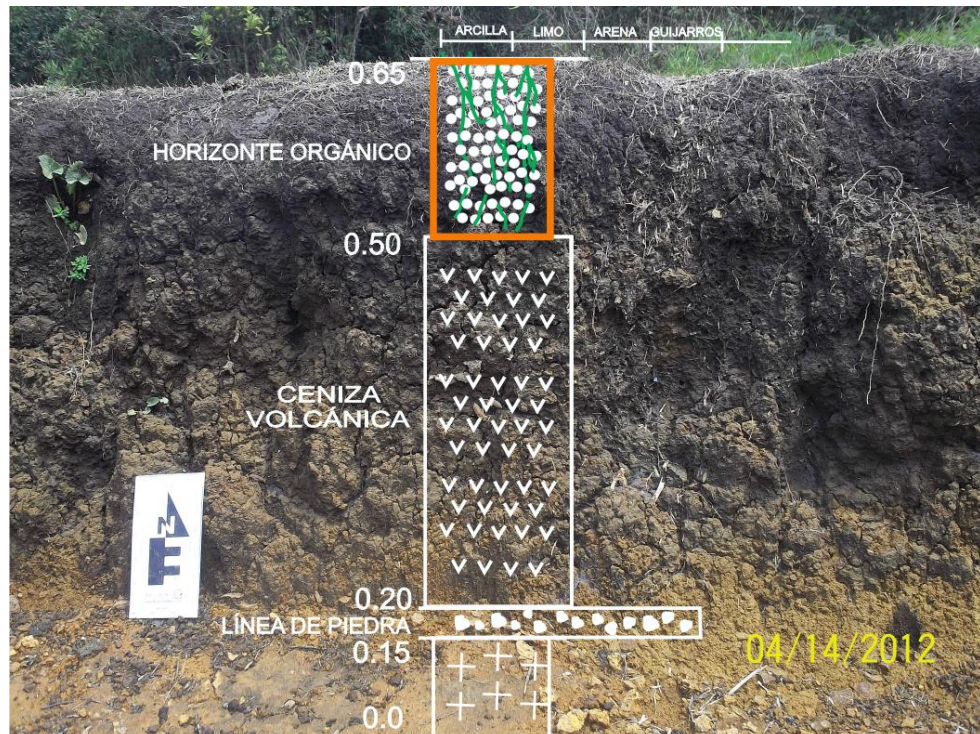


Figura 37. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado el horizonte de materia orgánica. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.

10.2.2 Ceniza Volcánica (Horizonte A1)

Debajo del horizonte de suelo, se localiza los depósitos de ceniza volcánica, diferenciándose por su tonalidad de color pardo (2.5 y 3/2) y su baja densidad, los cuales presentan espesores más bajos (≈ 30 cm) que los perfiles en la anfibolita de Piedras Blancas.

Sobre este horizonte no se presenta las lateritas o costras de hierro y al igual que en el horizonte anterior su bioturbación es menor que la de los suelos derivados de la anfibolita (ver figura 38).

Estos depósitos presentan una distribución horizontal, modelando la topografía suave con baja disección que preserva su continuidad.

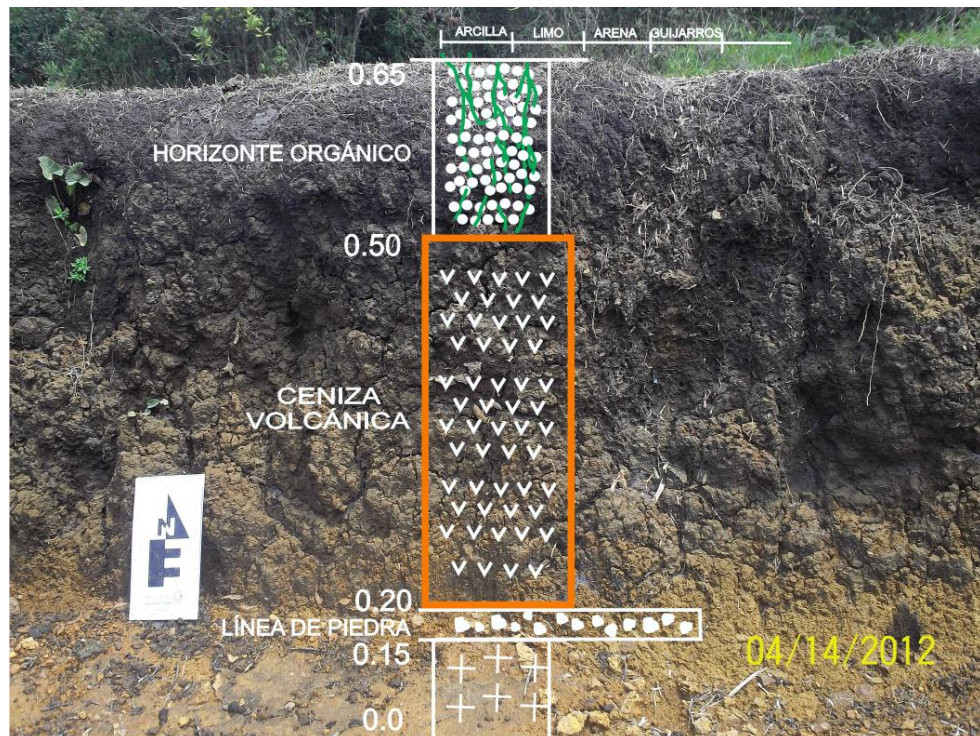


Figura 38. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado el horizonte de ceniza volcánica. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.

10.2.3 Línea de Piedra (Horizonte A4)

La preservación de la ceniza volcánica permite que este horizonte se conserve y no sea lavado como se observa a orillas de la laguna de Guarne.

Este horizonte conforma el límite entre los elementos móviles y la roca meteorizada de Dunita y está conformado por clastos centimétricos (≈ 3 cm) de cuarzo lechoso y nódulos de hierro de angulares a subangulares.

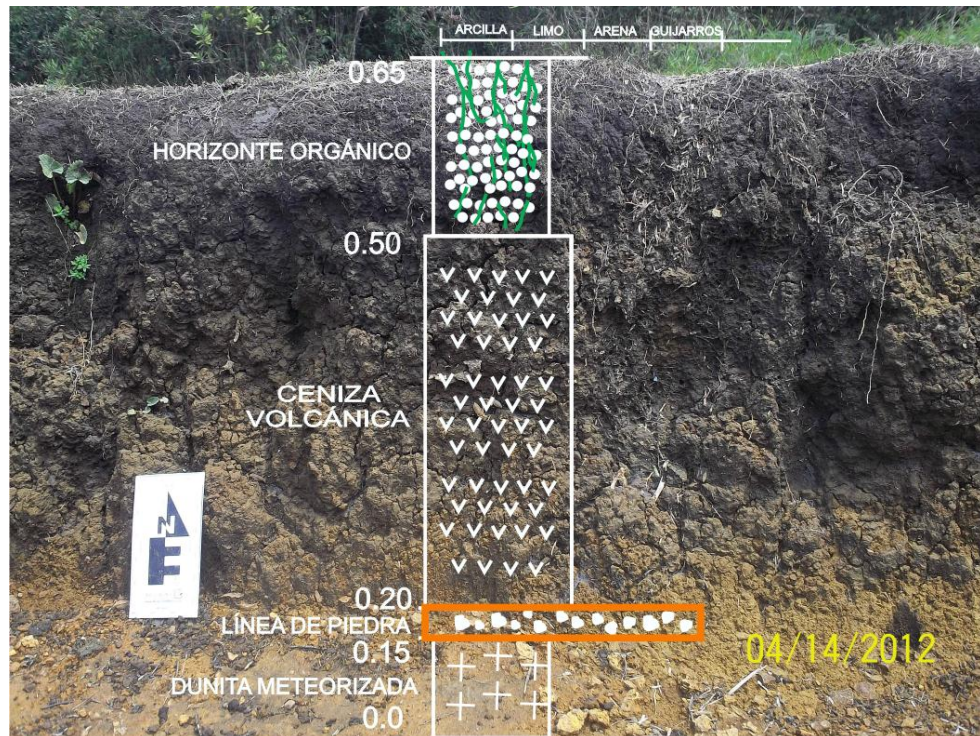


Figura 39. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado la línea de Piedra. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.

10.2.4 Dunita Meteorizada (Horizonte C)

Conformado por el horizonte de alteración de la Dunita de Medellín, de espesor delgado (≈ 1 a 2 m), su textura es limo arcillosa, con presencia de serpentina de color verde, suprayaciendo el horizonte de roca fresca (Horizonte I), su color varia de rojo intenso a verde manzana dependiendo del grado de serpentinización (ver figura40),

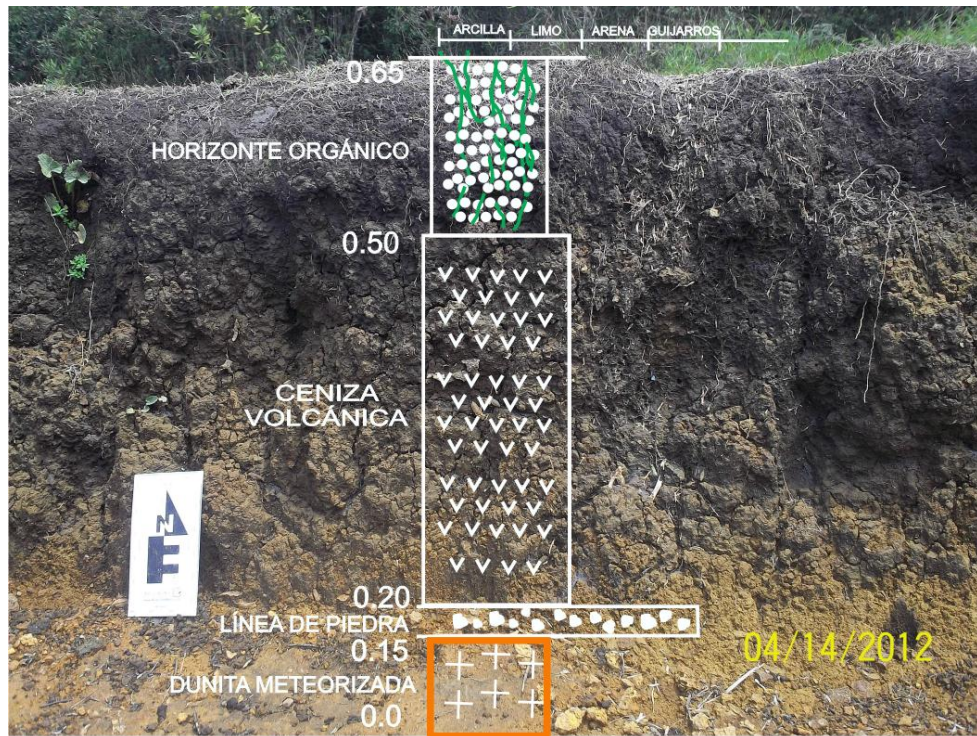


Figura 40. Perfil de suelo en donde se resalta en polígono naranja punteado la Dunita meteorizada. Afloramiento ubicado en el núcleo la Laguna.

El horizonte de suelos producto de la meteorización del Neis Milonítico de Sajonia, no fue posible identificarlo, debido a los depósitos gravitacionales conformado por flujos de escombros generados por las altas pendientes que conforman este corredor estructural.

11. CUENCA DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS

La cuenca de la quebrada Piedras Blancas se encuentra localizada a los 6°17' al oeste del meridiano de Greenwich y a los 75°30' al norte de ecuador geográfico con elevaciones que van desde los 1460 m.s.n.m. en su desembocadura al río Medellín hasta los 2680 m.s.n.m. en el nacimiento de la quebrada el Salado, cubriendo un área de más de 3000 ha, aunque para el análisis de esta cuenca, solo se tiene en cuenta el sistema de drenajes que fluyen al cauce principal, hasta su vertimiento en el embalse de Piedras Blancas, el cual será tomado como nivel base, reduciendo el área de análisis a un valor de 2958 ha, excepto en el análisis del perfil longitudinal de la quebrada Piedras Blancas.

La cuenca presenta una forma alargada (Strahler, 1952) con una orientación preferencial norte-sur, el patrón de drenaje es predominantemente dendrítico, aunque hacia el contacto con la falla la Acuarela presenta tendencia rectangular (Gregory & Walling, 1973), el orden de la cuenca es 5 (Strahler, 1952), y su canal es sinuoso de acuerdo a la relación entre la longitud del canal y la longitud del valle (Schumm, 1963 b). Estas características han conformado la geomorfología de la cuenca, la cual se analiza a través de perfiles a lo largo, longitudinales y transversales, en la cuenca alta, media y baja, y de sus principales afluentes.

11.1 PERFILES A LO LARGO DE LA CUENCA

Los perfiles que se analizan a continuación, se crearon a través de herramientas del software ArcGis, tomando como base la cartografía 1:5000 obtenida de las Empresas Públicas de Medellín y modelados a través de la herramienta Análisis

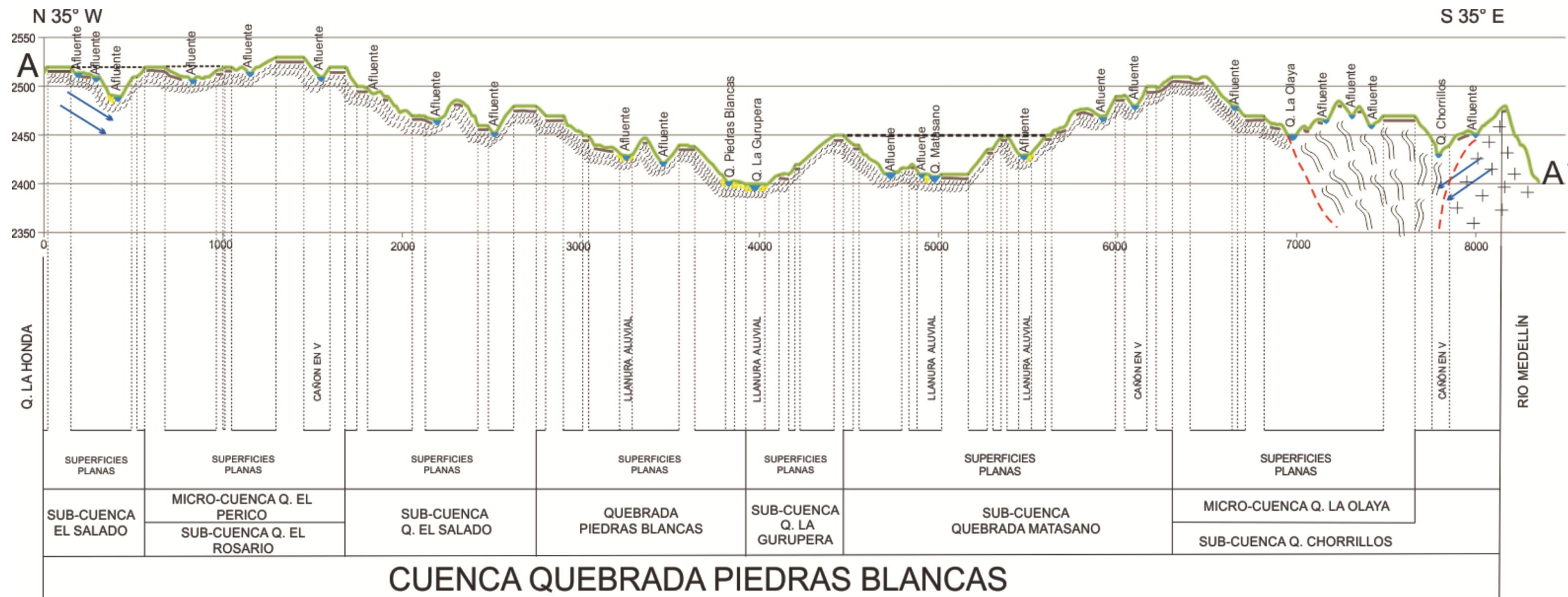
3D, para luego ser editados y complementados con el software de diseño Corel Draw.

La configuración geométrica alargada de la cuenca permite la construcción de dos perfiles que destacan los rasgos más sobresalientes de la geomorfología; el primero (ver figura 41), presenta una distancia aproximada de 8000 m, con dirección N 35° W el cual inicia desde el área de nacimientos de la quebrada el Salado, interceptando la quebrada Piedras Blancas y La Gurupera, hacia su cuenca media, hasta terminar en la parte alta de la subcuenca de la quebrada Chorrillos, donde el corredor de rocas miloníticas del Neis de Sajonia separa la Dunita de la Anfibolita a través de un contacto fallado denominado La Acuarela.

En ambos perfiles (ver figuras 41 y 42) prevalecen las cimas planas, disectadas por la amplia red de drenajes que conforman la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, resaltando en línea café la distribución de la ceniza volcánica la cual pierde su continuidad a través de pendientes superiores a 35°.

La disección del drenaje presenta la geometría de cañones en V hacia la cabecera de la cuenca, para luego ampliarse en una margen angosta hacia la cuenca media, formando valles estrechos y alargados, los cuales aumentan en amplitud hasta su depositación en el nivel base generado por el embalse de Piedras Blancas.

El perfil de la figura 41, presenta una diferencia en altura que va desde los 2525 m.s.n.m. hasta los 2400 m.s.n.m., generando un descenso en la vertical de 125 m, debido a su punto de flexión hacia la cuenca media, diferenciándose del perfil de la figura 42 en el cual la diferencia de altura esta entre los 2550 m.s.n.m. hasta los 2350 m.s.n.m., presentando un descenso de 200 m desde el límite superior de la cuenca hasta el nivel base en el embalse de Piedras Blanca, lo que evidencia el bajo ángulo de descenso que genera el carácter sinuoso de la quebrada Piedras Blancas a través de su recorrido.



PERFIL A - A'

CONVENCIONES

- ANFIBOLITA
- DUNITA
- NEIS
- CANAL DE AGUA
- LLANURA ALUVIAL
- DIRECCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS

- SUPERFICIES PLANAS APAREADAS
- CONTACTO FALLADO
- PERFIL DE SUELO DESARROLLADO

CONVENCIONES DE ELEVACIÓN DIGITAL

- DRENAJES PRINCIPALES

- DRENAJES SECUNDARIOS
- PERFIL A - A'
- LÍMITE ARVÍ
- CUENCA PIEDRAS BLANCAS

ELEVACIÓN m.s.n.m

- 2550-2630

- 2500-2550
- 2450-2500
- 2400-2450
- 2350-2400
- 2300-2350
- 1840-2300

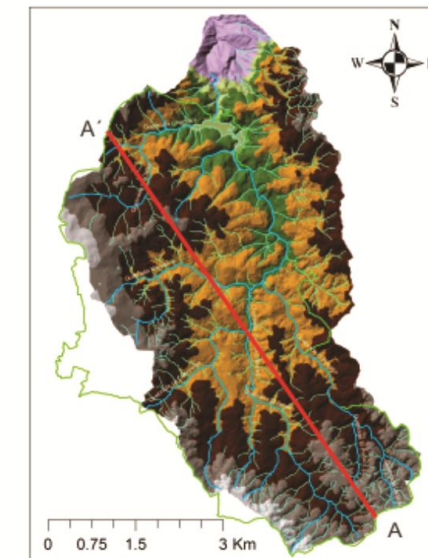
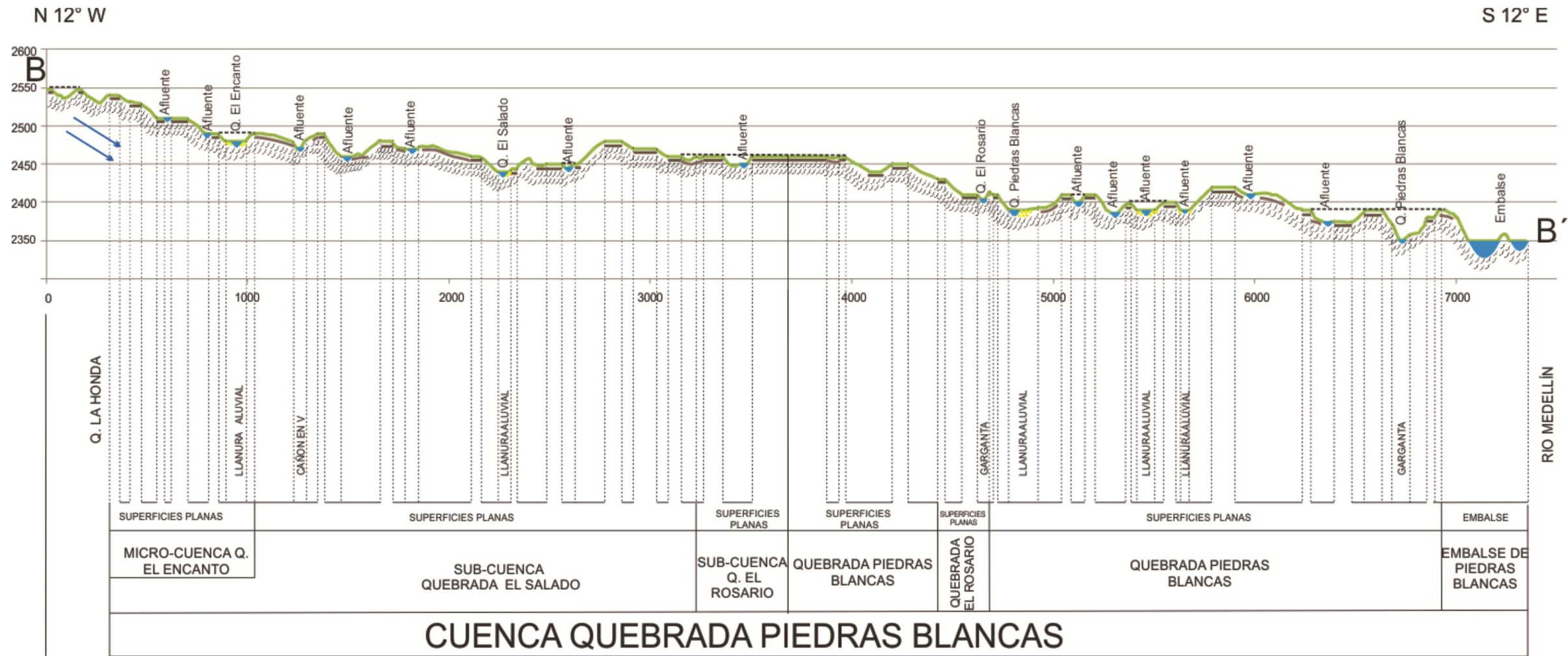


Figura 41. Perfil A – A' a lo largo de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.



PERFIL B - B'

CONVENCIONES

- ANFIBOLITA
- DUNITA
- NEIS
- CANAL DE AGUA
- LLANURA ALUVIAL
- DIRECCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS

- SUPERFICIES PLANAS APAREADAS
- CONTACTO FALLADO
- PERFIL DE SUELO DESARROLLADO

- CONVENCIONES DE ELEVACIÓN DIGITAL
- DRENAJES PRINCIPALES

- DRENAJES SECUNDARIOS
 - PERFIL
 - LÍMITE ARVÍ
 - CUENCA PIEDRAS BLANCAS
- ELEVACIÓN m.s.n.m
- 2550-2630

- 2500-2550
- 2450-2500
- 2400-2450
- 2350-2400
- 2300-2350
- 1840-2300

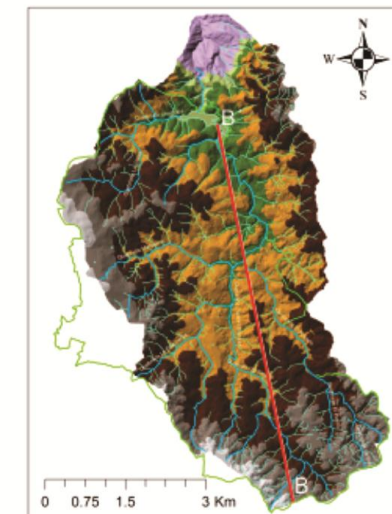


Figura 42. Perfil B – B' a lo largo de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.

11.2 PERFILES TRANSVERSALES DE LA CUENCA PARTE ALTA

La parte alta de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, presenta una importancia crucial en el estudio de las geoformas, debido a que en este lugar se presentan los mayores asentamientos humanos, que datan desde épocas prehispánicas ya mencionadas en la sección 7.3.

Actualmente en este perfil se encuentra una alta densidad de viviendas con pequeños cultivos de pancoger, pertenecientes a las veredas de Barro Blanco y Piedra Gorda.

El perfil de la figura 43 con dirección N 59° E, ilustra una cuenca poco profunda con vertientes bajas y cimas planas, disectado por las quebradas El Rosario, El Perico y La Ruiz, formando cañones poco profundos con valles estrechos y manteniendo hacia sus cimas planas, perfiles de suelos con espesores mayores a 50 cm en los estratos de ceniza.

El perfil es asimétrico, con mayor elevación hacia el costado occidental cerca al nacimiento de la quebrada Piedra Gorda y en límite con el escarpe oriental del valle de Aburra.

Gran parte de sus superficies planas, presentan continuidad después de haber sido cortadas por los drenajes, conformando superficies planas apareadas con un posible origen fluvial.

Es de anotar que tanto en este perfil como los que se analizarán a continuación, la divisoria de aguas del extremo occidental es el límite de la superficie de erosión S2, descrita por Page & James en 1981, capturando todos los drenajes hacia la vertiente oriental, los cuales son captados por la corriente principal de la quebrada

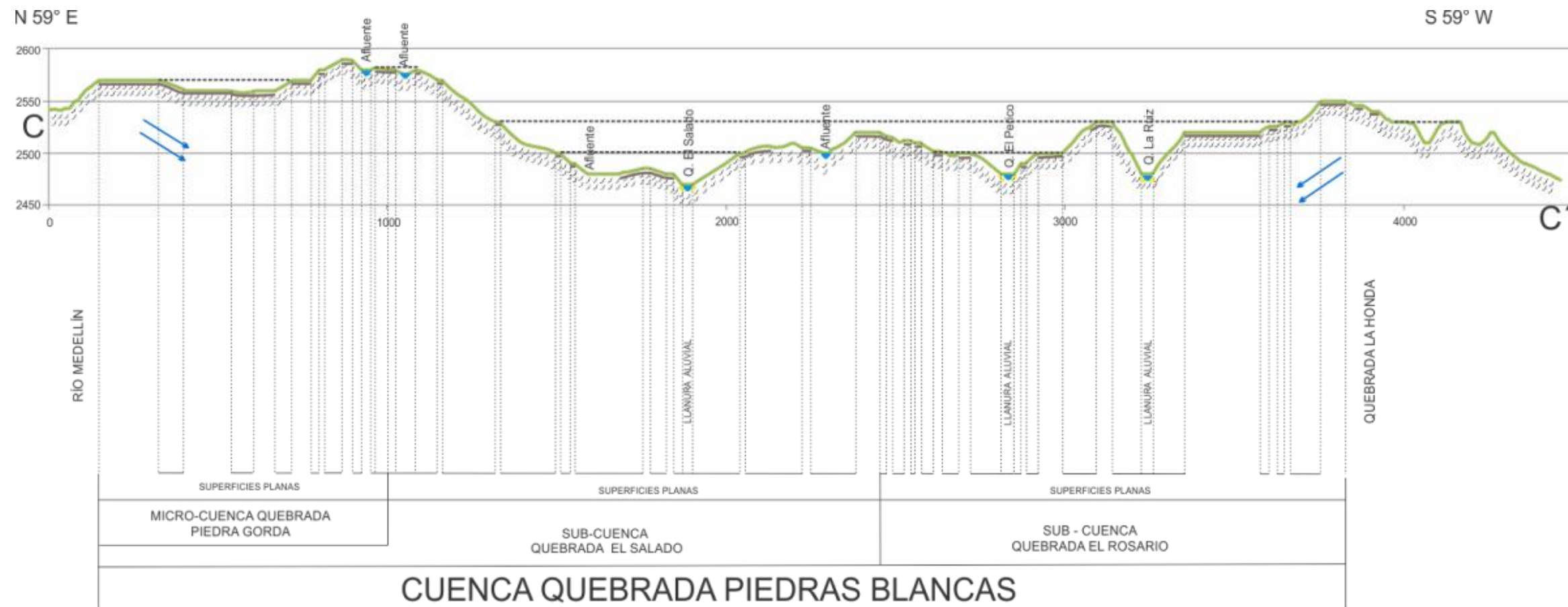
Piedras Blancas para luego ser transportados hacia el valle de Aburra a la altura de la cabecera del municipio de Copacabana.

El perfil de la figura 44, con dirección W – E, presenta mayor disección en los cañones en V creados por los drenajes, al igual que mayor amplitud en los valles, los cuales continúan siendo estrechos y elongados.

Se conservan las superficies planas y de baja altura con mayor área hacia el centro del perfil, preservando en gran parte los horizontes de ceniza, los cuales desaparecen hacia las laderas en donde se presenta mayor intervención a través de cultivos de pancoger.

La geometría del corte esboza una cuenca con mayor simetría, presentando correlación en alturas hacia ambos costados, con mayor disección generada por los drenajes hacia el E y preservando las superficies planas apareadas observadas en el perfil anterior.

Ambos perfiles se encuentran trazados sobre el cuerpo continuo de la Anfibolita de Piedras Blancas, la cual está intruida por pequeños diques cuarzosos con espesores medidos en las minas, no superiores a los 2 m, razón por la cual no se encuentran cartografiados.



PERFIL TRANSVERSAL C-C'

CONVENCIONES

	ANFIBOLITA
	DUNITA
	NEIS
	CANAL DE AGUA
	LLANURA ALUVIAL
	DIRECCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS

	SUPERFICIES PLANAS APAREADAS
	CONTACTO FALLADO
	PERFIL DE SUELO DESARROLLADO

CONVENCIONES DE ELEVACIÓN DIGITAL

	DRENAJES PRINCIPALES
--	----------------------

	DRENAJES SECUNDARIOS
	PERFIL
	LÍMITE ARVÍ
	CUENCA PIEDRAS BLANCAS

ELEVACIÓN m.s.n.m	
	2550-2630

	2500-2550
	2450-2500
	2400-2450
	2350-2400
	2300-2350
	1840-2300

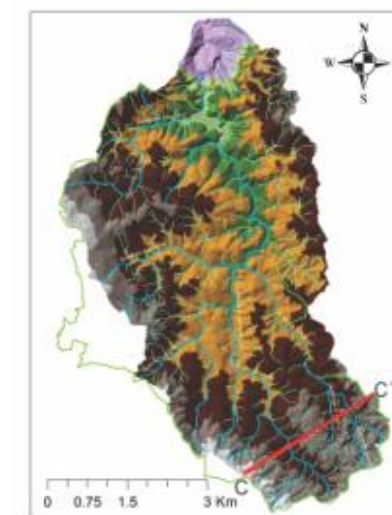
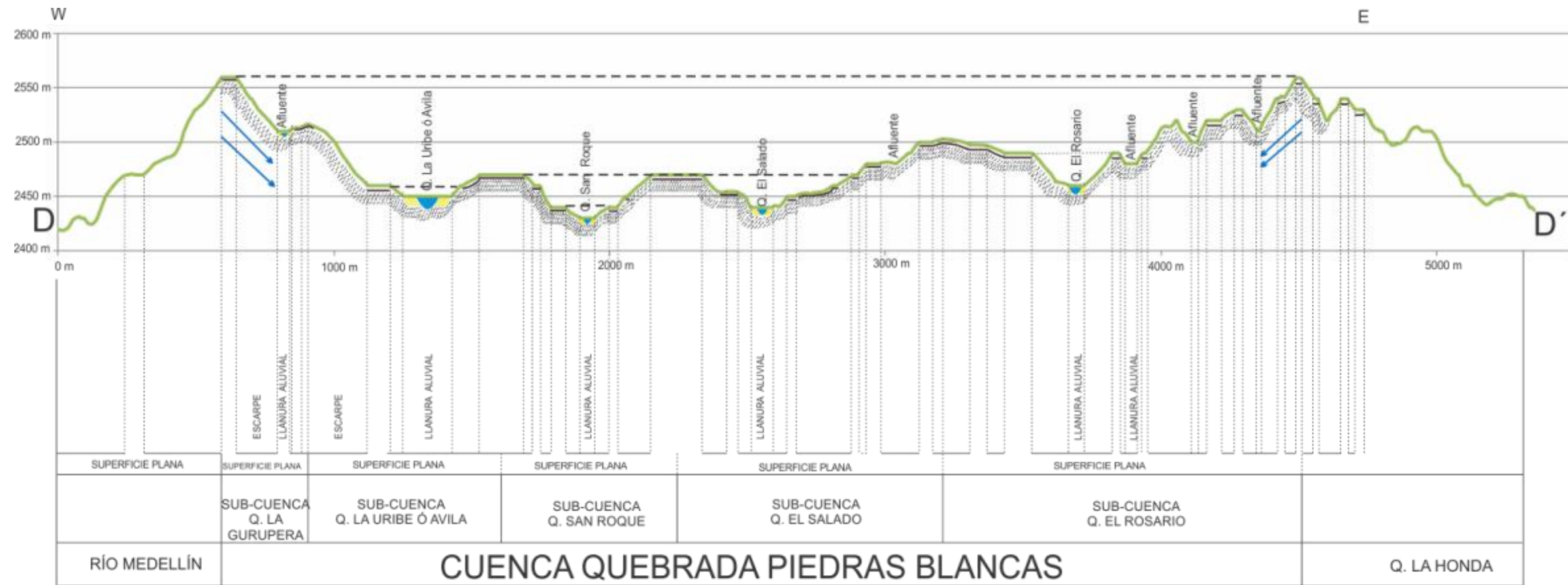


Figura 43. Perfil transversal C – C' en la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas.



PERFIL TRANSVERSAL D-D'

CONVENCIONES

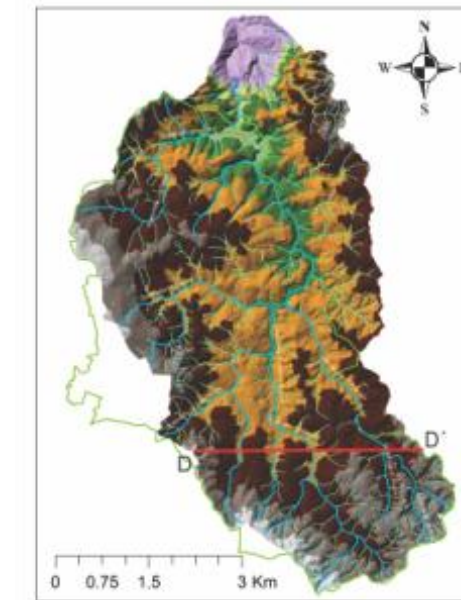


Figura 44. Perfil transversal D – D' en la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas.

11.3 PERFILES TRANSVERSALES DE LA CUENCA PARTE MEDIA

Los perfiles de la cuenca media comienzan a mostrar procesos de denudación más avanzados, modelando un paisaje más suavizado y con características un poco diferentes a los anteriores perfiles.

El perfil de la figura 45, con dirección W – E, presenta una distancia de 3800 m con una diferencia de altura que va desde los 2530 m.s.n.m. hasta los 2400 m.s.n.m., generando un desnivel de 130 m en la vertical.

Geomorfológicamente presenta cimas planas con vertientes de pendientes que van de bajas a moderadas, además de valles un poco más amplios que los ilustrados en los perfiles anteriores, pero con la misma tendencia elongada y estrecha.

Los perfiles de ceniza se conservan, lo que indica una depositación del material volcánico posterior a su denudación.

La litología está dominada por la Anfibolita de Piedras Blancas y en menor proporción por el Neis Milonítico de Sajonia y la Dunita de Medellín, los cuales afloran hacia el costado occidental, presentando un contacto fallado e inferido denominado La Acuarela y caracterizado en la sección 9.2.

El perfil de la figura 46, con dirección S 79° E, y una distancia de 5100 m, presenta una variación en altura que va desde los 2570 m.s.n.m. hasta los 2390 m.s.n.m. generando un desnivel de 180 m, un poco mayor al anterior.

Su contorno es muy similar al perfil anterior, presentando cimas planas de baja altura y con laderas cortas de baja pendiente, pero diferenciándose en los valles de los cauces principales, los cuales son más angostos, debido a su proximidad a un *Knickpoint* o a una Garganta.

La litología presenta similitud al perfil de la figura 45, a diferencia del cuerpo de Dunita, el cual abarca mayor área sobre una superficie casi plana y con baja densidad de drenaje en diferencia con los otros cuerpos litológicos del área de estudio.

Ambos perfiles son asimétricos, mostrando un basculamiento de la cuenca hacia el oriente, al igual que un patrón de drenaje de mayor longitud en los afluentes de la quebrada Piedras Blancas ubicados hacia su margen occidental.



PERFIL TRANSVERSAL E-E'

CONVENCIONES

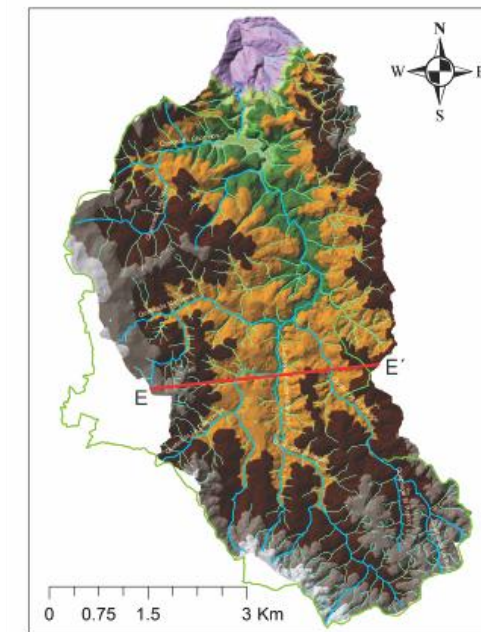
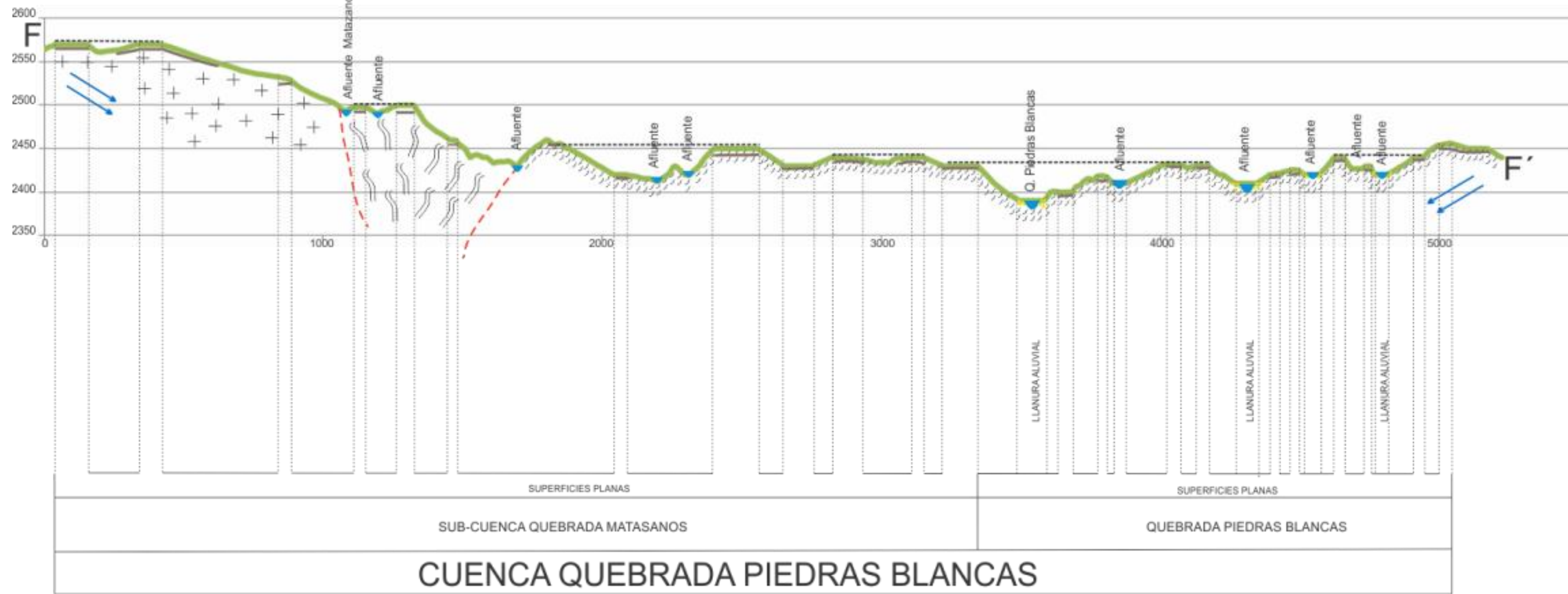


Figura 45. Perfil transversal E – E' en la cuenca media de la quebrada Piedras Blancas.

S 79° E

N 79° W



PERFIL TRANSVERSAL F-F'

CONVENCIONES

- ANFIBOLITA
- DUNITA
- NEIS
- CANAL DE AGUA
- LLANURA ALUVIAL
- DIRECCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS

- SUPERFICIES PLANAS APAREADAS
- CONTACTO FALLADO
- PERFIL DE SUELO DESARROLLADO

CONVENCIONES DE ELEVACIÓN DIGITAL

- DRENAJES PRINCIPALES

- DRENAJES SECUNDARIOS
- PERFIL
- LÍMITE ARVI
- CUENCA PIEDRAS BLANCAS

ELEVACIÓN m.s.n.m

- 2550-2630

- 2500-2550
- 2450-2500
- 2400-2450
- 2350-2400
- 2300-2350
- 1840-2300

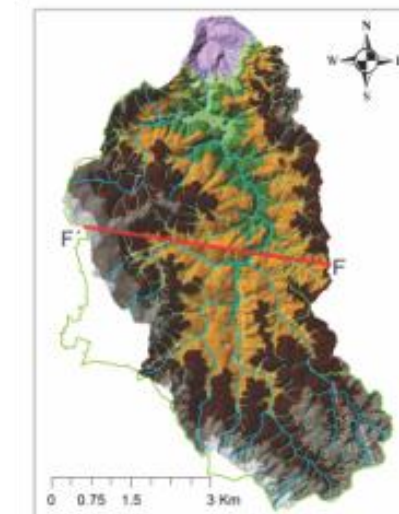


Figura 46. Perfil transversal F – F' en la cuenca media de la quebrada Piedras Blancas.

11.4 PERFILES TRANSVERSALES DE LA CUENCA PARTE BAJA

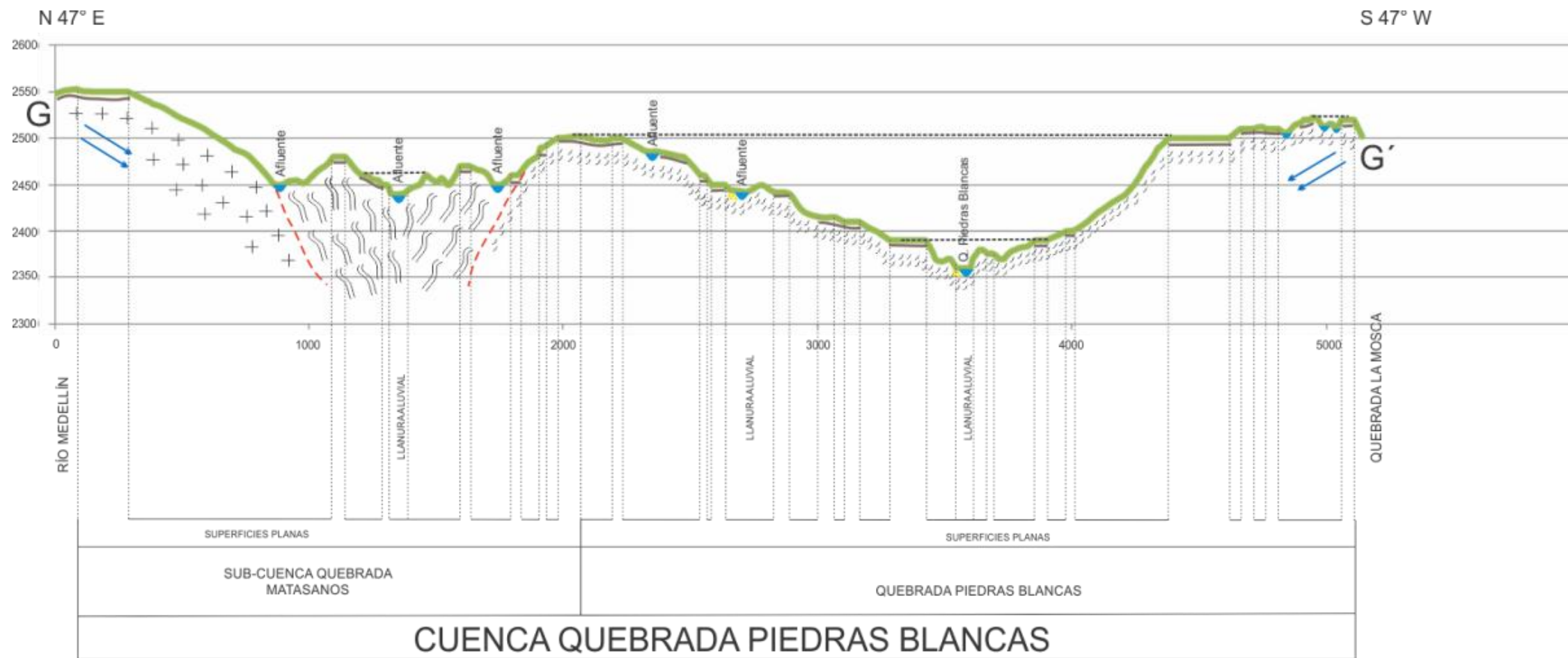
Los perfiles de la parte baja de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (ver figuras 47 y 48), presentan un contorno similar, manteniendo el mismo patrón de cimas planas a semiplanas algunas apareadas y vertientes de inclinación suave con longitudes entre cortas y medias.

Sus drenajes presentan poca profundidad y baja disección sobre el terreno, a pesar del aumento de su caudal; además no ilustran llanuras de inundación mayores a las observadas en los perfiles anteriores, las cuales obedecen a estrangulamiento del cauce en zonas influenciadas por los Knick Points o controles estructurales.

El perfil de la figura 47, presenta una dirección N 44° E, con una distancia longitudinal de 5000 m y una diferencia de cota que va desde los 2550 m.s.n.m. hasta los 2410 m.s.n.m., generando un desnivel de 140 m, a diferencia de perfil de la figura 48, con dirección N 77° E, que presenta un desnivel de 210 m generados por una diferencia de cotas que van desde los 2570 m.s.n.m. hasta los 2360 m.s.n.m.

En ambos perfiles predomina la Anfibolita de Piedras Blancas hacia el centro y el costado oriental, pero en el costado occidental aparecen los cuerpos de la Dunita de Medellín y el Neis Milonítico de Sajonia, este último formando una depresión limitada por afluentes de la quebrada Matasanos en el perfil G – G´ y por afluentes de la quebrada la Olaya perteneciente a la sub-cuenca de la quebrada Chorrillos en el perfil H – H´, evidenciando la existencia del corredor conformado por la falla la Acuarela.

Ambos perfiles se encuentran en el área protegida y reforestada por las Empresas Públicas de Medellín.



PERFIL TRANSVERSAL G-G'

CONVENCIONES

- ANFIBOLITA
- DUNITA
- NEIS
- CANAL DE AGUA
- LLANURA ALUVIAL
- DIRECCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS

- SUPERFICIES PLANAS APAREADAS
- CONTACTO FALLADO
- PERFIL DE SUELO DESARROLLADO

CONVENCIONES DE ELEVACIÓN DIGITAL

- DRENAJES PRINCIPALES

- DRENAJES SECUNDARIOS
- PERFIL
- LÍMITE ARVÍ
- CUENCA PIEDRAS BLANCAS

ELEVACIÓN m.s.n.m

- 2550-2630

- 2500-2550
- 2450-2500
- 2400-2450
- 2350-2400
- 2300-2350
- 1840-2300

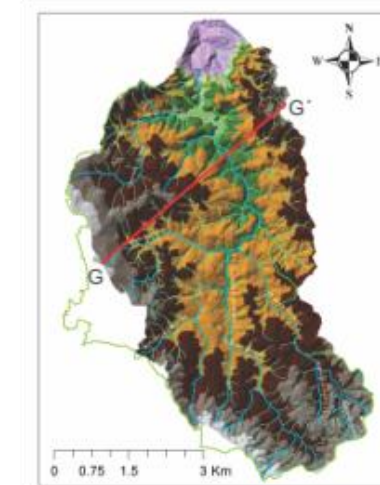
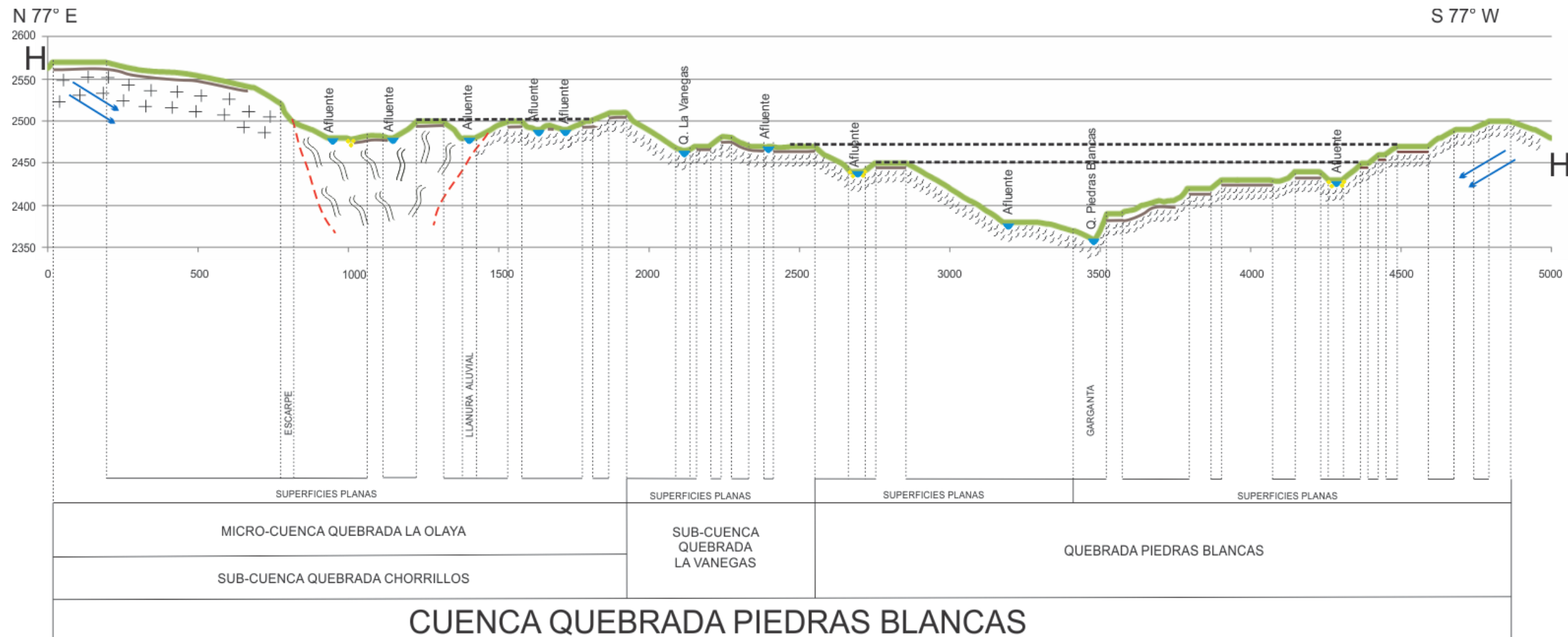


Figura 47. Perfil transversal G – G' en la cuenca baja de la quebrada piedras blancas.



PERFIL TRANSVERSAL H-H'

CONVENCIONES

	ANFIBOLITA		SUPERFICIES PLANAS APAREADAS		DRENAJES SECUNDARIOS		2500-2550
	DUNITA		CONTACTO FALLADO		PERFIL H'		2450-2500
	NEIS		PERFIL DE SUELO DESARROLLADO		LIMITE ARVI		2400-2450
	CANAL DE AGUA	CONVENCIONES DE ELEVACIÓN DIGITAL			CUENCA PIEDRAS BLANCAS		2350-2400
	LLANURA ALUVIAL		DRENAJES PRINCIPALES	ELEVACIÓN m.s.n.m			2300-2350
	DIRECCIÓN DE LA CAPTACIÓN DE AGUAS		2550-2630		1840-2300		

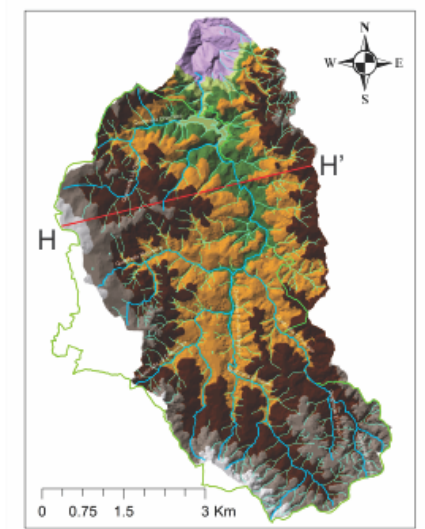


Figura 48. Perfil transversal H – H' en la cuenca baja de la quebrada Piedras Blancas.

11.5 ANÁLISIS DEL PERFIL LONGITUDINAL DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS Y SUS PRINCIPALES AFLUENTES.

El perfil longitudinal de una quebrada está formado por la unión de las cotas del talweg, término que identifica los puntos más bajos de un cauce fluvial, generando una línea desde su nacimiento hasta su desembocadura (Derruau, 1970).

Este perfil representa las pendientes medias de un drenaje y se caracteriza por formar en la mayoría de los casos una curva con concavidad hacia el firmamento (Leopold, Wolman, & Miller, 1964).

El perfil de equilibrio del sistema fluvial se define como el estado en que las variables que actúan sobre la dinámica de un cauce, no erosionen las márgenes y el canal, ni depositen sedimentos a través de su curso, generando una pendiente ideal para evacuar la carga; en otras palabras se refiere a la curva con pendientes límites a que tienden todos los cursos fluviales (Derruau, 1970).

Basados en la definición anterior, existen diferentes factores que alteran la curvatura del perfil de equilibrio ideal y que estarían generados por condicionantes litológicos, estructurales y evolutivos, aumentando o disminuyendo su gradiente (Selby, 1985).

Uno de los principales factores que afecta el perfil longitudinal de un cauce, es el cambio en el *nivel base* el cual se define como el límite inferior para una corriente fluvial o la elevación más baja que una corriente puede alcanzar en la erosión de su cauce (Truck & Lutgens, 1993).

Existen otros factores que pueden modificar en menor escala el perfil longitudinal de un cauce, denominados *Knickpoints*, definidos como cambios abruptos en la pendiente, generando erosión y depositación y que están influenciados por cambios litológicos, factores estructurales, la entrada de un afluente de tamaño

similar a la corriente principal o el de un arroyo que aumenta las tasas de sedimentación o de erosión de acuerdo a la fuerza de la corriente (Mount, 1954).

La presencia de *Knickpoints* en el perfil genera cambios a través del tiempo, manifestados en la *erosión remontante*, la cual presenta dos diferentes comportamientos: El primero se da aguas abajo donde disminuye el nivel del agua, generando disminución de la corriente y depositación de una parte de su carga, elevando el lecho y disminuyendo la pendiente; la segunda genera un aumento de la pendiente aguas arriba, acelerando la corriente y la erosión del cauce (Fryirs & Brierley, 2013).

Basados en estos conceptos se realiza a continuación un análisis a los perfiles longitudinales de la quebrada Piedras Blancas y sus principales afluentes.

11.5.1 Perfil longitudinal de la quebrada Piedras Blancas

El perfil de la figura 49, corresponde al cauce principal de la cuenca donde se encuentra ubicada la zona de estudio (parque Arví), formado por la unión de la quebrada el Salado desde su nacimiento en la vereda Barro Blanco, hasta su nivel base en la quebrada Piedras Blancas, la cual continua su recorrido hasta su desembocadura en el río Medellín a la altura del municipio de Copacabana.

Desde su nacimiento, el perfil presenta un cauce con baja pendiente, el cual es alterado en varios tramos por 14 *Knickpoints* de bajo desnivel (<10 m), hasta un primer Nivel Base formado por el embalse de Piedras Blancas.

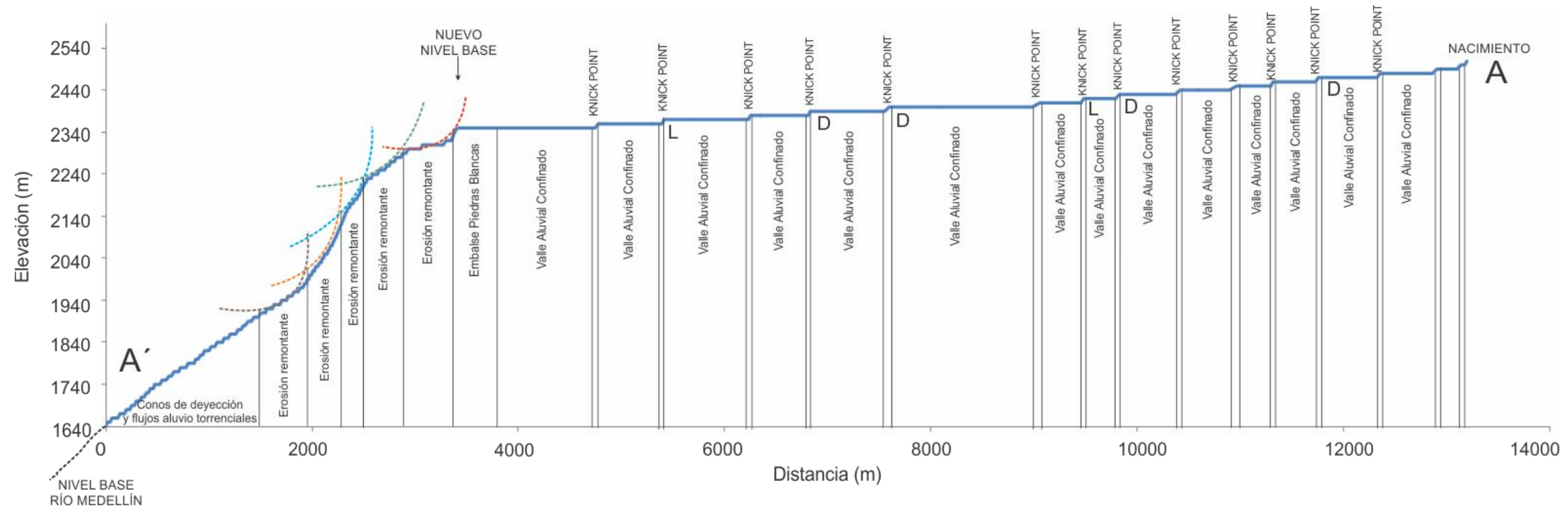
Estos *Knickpoints* se encuentran sobre una misma litología, perteneciente a la Anfibolita de Piedras Blancas, los cuales son generados a partir de fracturas o lineamientos que cortan su cauce, presentando una caída en roca con diferentes planos de diaclasas; en otros casos su génesis se presenta por la llegada de un afluente con un caudal similar, aumentando la fuerza del torrente y generando

erosión remontante, como el que se presenta en el sector de Chorro Clarín en donde la quebrada el Rosario desemboca a la quebrada Piedras Blancas.

Cada *Knickpoint* se presenta en zonas donde se estrangula el canal, para luego dar paso a planos confinados y alargados que disminuyen la velocidad del cauce, desde su nacimiento hasta el primer nivel base en el embalse de Piedras Blancas.

A partir del embalse de Piedras Blancas, el cauce presenta un desnivel aproximadamente de 1000 m, generando un gran *Knickpoint* que representa varios eventos de erosión remontante hacia su cabecera, debidos a procesos geomorfológicos del drenaje por alcanzar de nuevo su *perfil de equilibrio*, aportando evidencias tectónicas a la formación del valle de Aburra.

A partir de los 1900 m.s.n.m. hasta su desembocadura en el río Medellín, el perfil de la quebrada Piedras Blancas está conformado por la acumulación de procesos gravitacionales, dentro de los que se destacan conos de deyección y flujos aluvio torrenciales (ver figura 49).



ANFIBOLITA

PERFIL QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS

CONVENCIONES
 L: Lineamiento D: Drenaje Lito: Litología Mine: Diques Cuarzosos

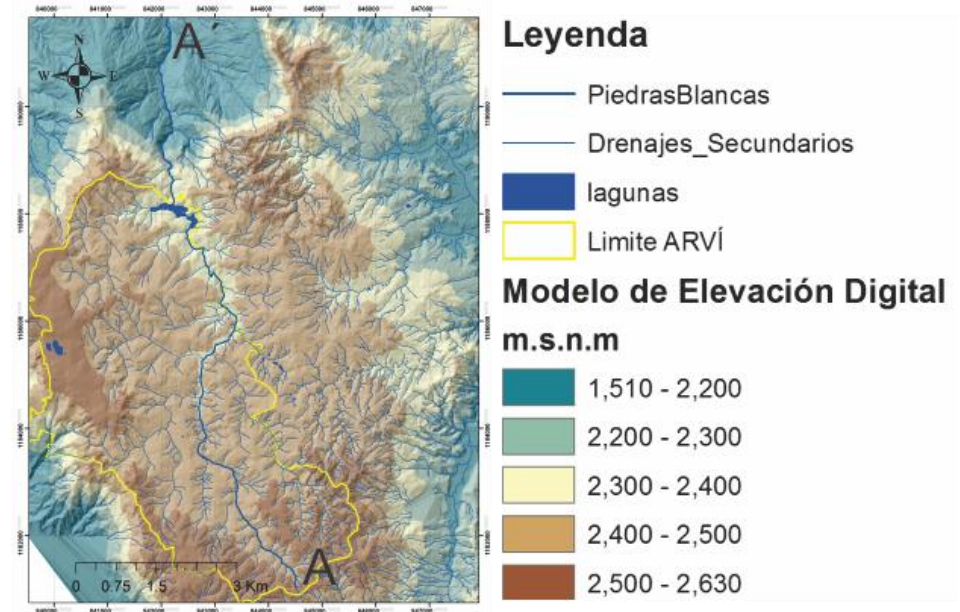


Figura 49. Perfil longitudinal A – A’ de la quebrada Piedras Blancas.

11.5.2 Perfil longitudinal de la quebrada El Rosario.

El perfil de la quebrada el Rosario, ilustrado en la figura 50, presenta un comportamiento similar al de la quebrada Piedras Blancas desde su nacimiento hasta su desembocadura en el sector conocido como Chorro Clarín.

La quebrada el Rosario es el principal afluente de la cuenca de Piedras Blancas con un recorrido de aproximadamente 5 km paralelos al cauce principal, pero manteniendo un desnivel de 20 m por encima del anterior.

A través de su recorrido de aproximadamente 5 km, la quebrada presenta 12 *Knickpoints* los cuales son generados por estructuras asociados a las fallas locales y a la desembocadura de algunos drenajes como el de su afluente principal quebrada la Ruiz.

En su tramo final, el drenaje presenta un desnivel de 30 m, formando uno de los principales *Knickpoints* de su trayecto, el cual es generado por el control estructural que presenta la quebrada Piedras Blancas y a la unión de los dos cauces con similar caudal.

Al igual que la quebrada Piedras Blancas, su cauce es continuo sobre rocas metamórficas de la Anfibolita de Piedras Blancas que estrangulan el cauce en tramos donde aflora la roca fresca con exposición de planos de diaclasas.

Desde su cabecera la quebrada El Rosario presenta planos estrechos y elongados separados por estrangulamientos del cauce en los puntos de los *Knickpoints* o gargantas.

Este cauce presenta un gran interés, debido a las evidencias encontradas a través de su recorrido, en el cual se observó la construcción de canales para la explotación minera.

11.5.3 Perfil longitudinal de la quebrada La Gurupera – La Avila.

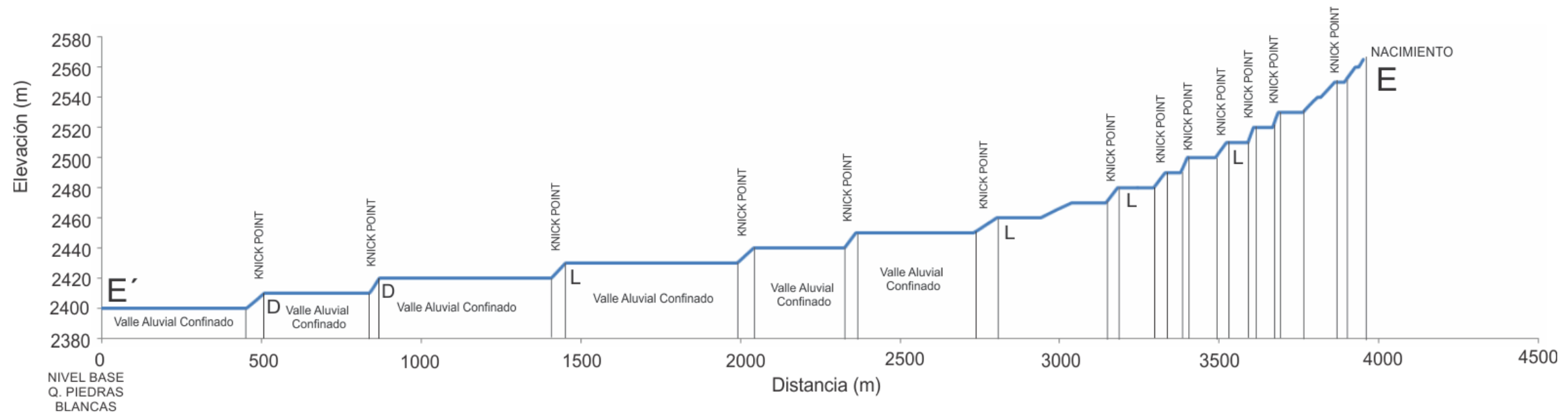
La quebrada La Avila (ver figura 51), nace en la vereda Piedra Gorda, recorriendo una distancia paralela a la quebrada Piedras Blancas de 2000 m en sentido S – N, hasta su desembocadura en la quebrada La Gurupera, donde comienza a modificar su rumbo en sentido W – E para finalizar en su nivel base sobre la quebrada Piedras Blancas.

Desde su cabecera, el perfil longitudinal de la quebrada La Gurupera – La Avila, presenta aproximadamente 14 *Knickpoints*, los cuales han sido formados por procesos estructurales (lineamientos, fallas, diaclasas), además de la desembocadura de afluentes con un similar régimen hidráulico.

Durante su recorrido, la quebrada no presenta cambios litológicos observables, manteniendo homogeneidad en su transcurso sobre rocas metamórficas pertenecientes a la Anfibolita de Piedras Blancas como en el caso de las dos anteriores quebradas.

Su carácter es sinuoso, presentando un perfil cóncavo con mayor pendiente hacia la cabecera, pero a medida que desciende comienza a presentar planos estrechos y elongados separados por estrangulamiento del cauce y la generación de *Knickpoints*.

Cabe resaltar que durante el recorrido por este importante cauce, se encontraron vestigios de antiguas explotaciones auríferas representadas en acumulación de colas sobre sus márgenes, construcción de canales en piedra a través de su cauce y cerca de su valle aluvial la conformación de socavones con vetas de cuarzo en orientación S – N, resaltando la tendencia de las principales estructuras.



ANFIBOLITA

PERFIL QUEBRADA LA GURUPERA. LA AVILA

CONVENCIONES
 L: Lineamiento D: Drenaje Lito: Litología Mine: Diques Cuarzosos Falla: La Acuarela

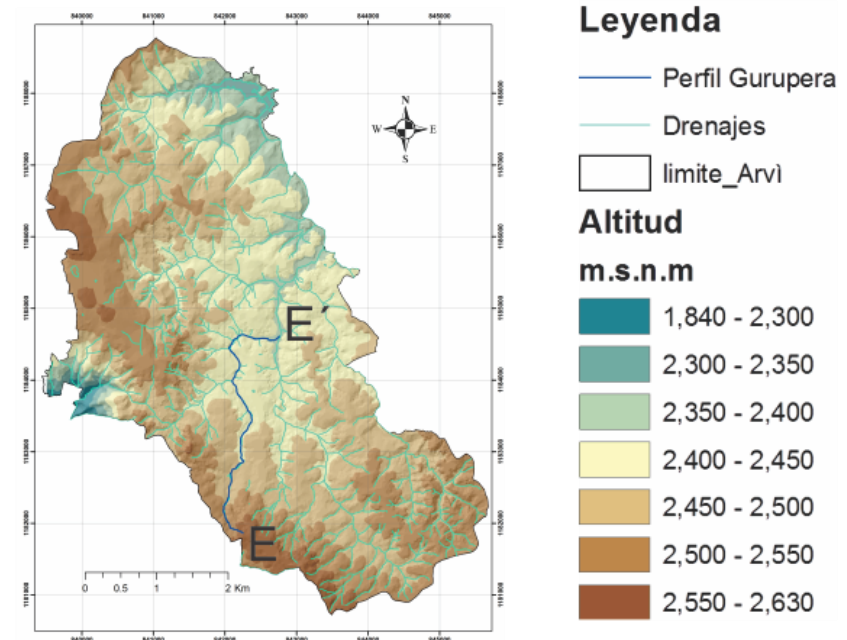


Figura 51. Perfil longitudinal E – E’ de la quebrada La Gurupera – La Avila.

11.5.4 Perfil longitudinal de la quebrada Matasanos.

La figura 52, presenta el perfil longitudinal de la quebrada Matasanos, con un recorrido de aproximadamente 3500 m la cual nace sobre roca perteneciente a la Dunita de Medellín en dirección W – E, para luego cambiar su rumbo a dirección S – N influenciado por el contacto del drenaje con la traza oeste de la falla la Acuarela, continuando su recorrido sobre rocas pertenecientes al Neis Milonítico de Sajonia, cambiando de nuevo su rumbo en sentido N – S al contacto con la traza Este de la falla la Acuarela, finalizando su recorrido sobre rocas metamórficas perteneciente a la Anfibolita de Piedras Blancas en donde intenta retomar su curso inicial en sentido W – E.

Este perfil aunque mantiene su gradiente de descenso, presenta 12 *Knickpoints* generados por factores estructurales como fallas y lineamientos, cambios litológicos, y por la desembocadura de afluentes con caudales similares.

La quebrada Matasanos presenta un carácter sinuoso de bajo caudal por lo que en su nivel base sobre la quebrada Piedras Blancas no genera un *Knickpoint*, presentando un vertimiento de sus aguas sobre un plano amplio y elongado que se conecta en igual condición de altura con el valle aluvial de la quebrada Piedras Blancas conformando un abanico aluvial, el cual ha sido modificado para la instauración de equipamiento del parque Arví.

Sobre gran parte de su recorrido, la quebrada Matasanos presenta una serie de planos estrechos y elongados separados por gargantas y *Knickpoints*, manteniendo las mismas características de las quebradas anteriores.

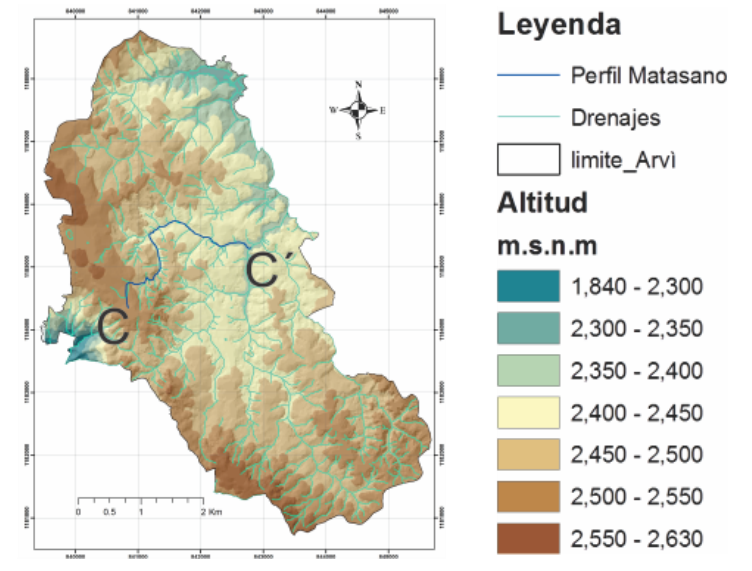
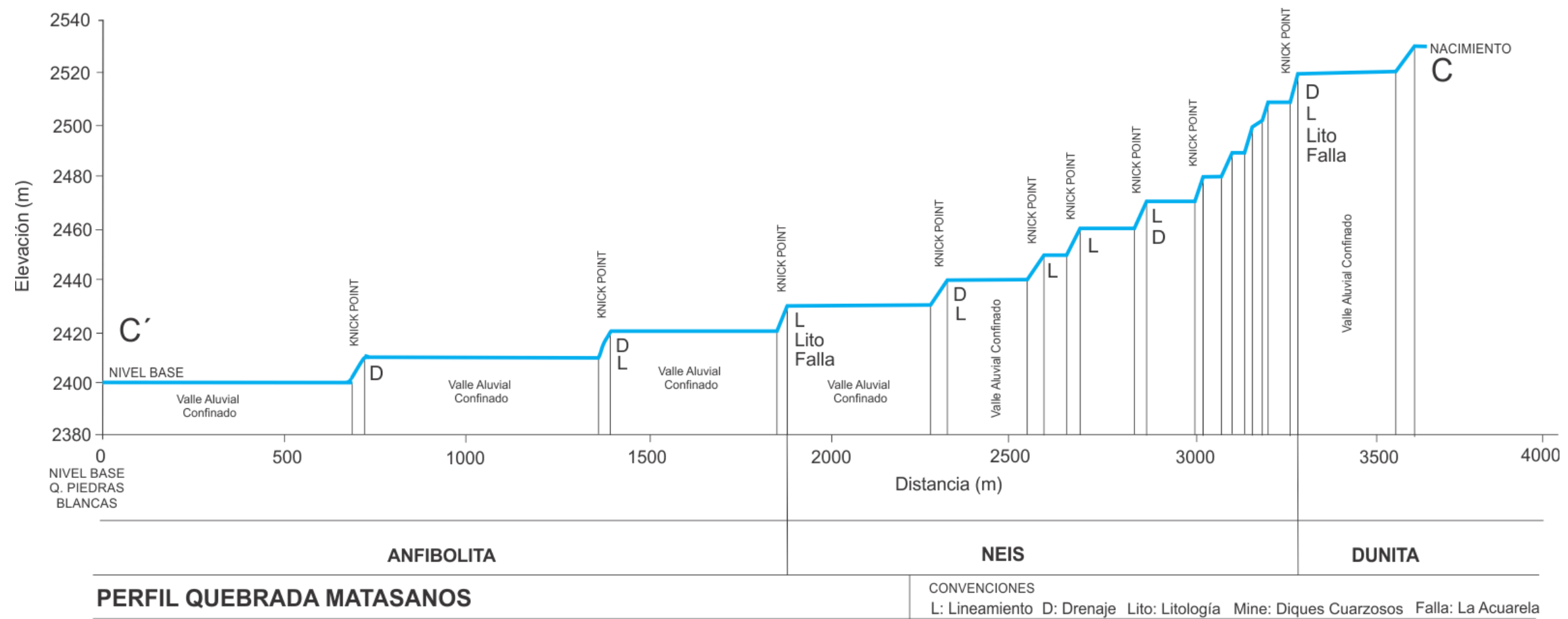


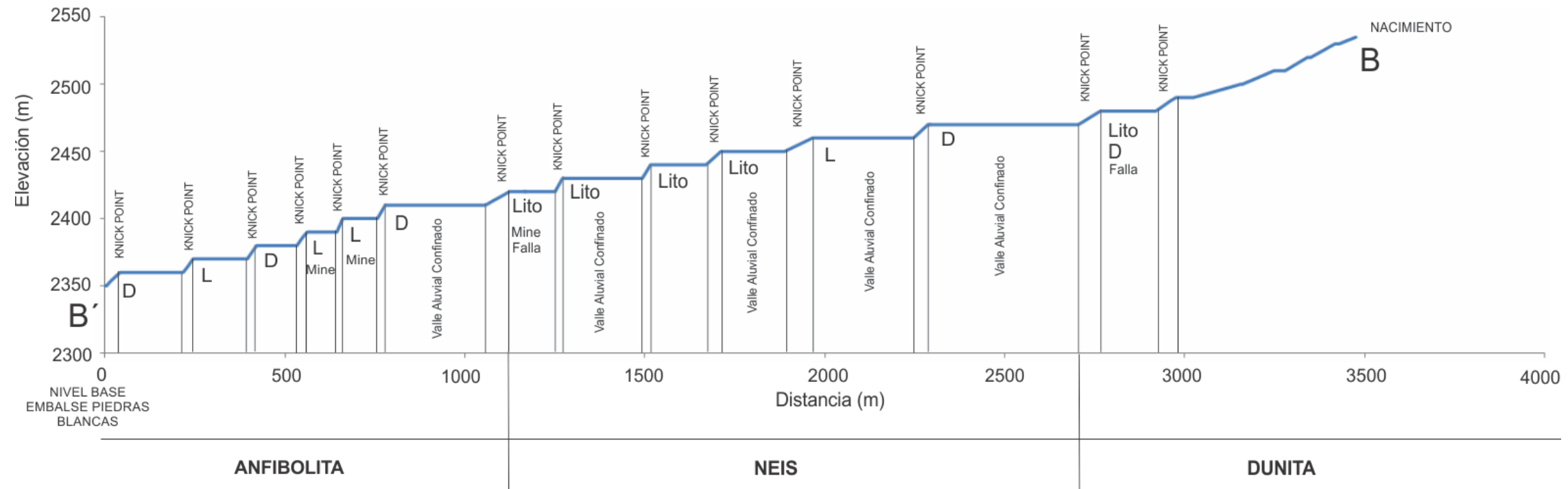
Figura 52. Perfil longitudinal C – C' de la quebrada Matasanos.

11.5.5 Perfil longitudinal de la quebrada Chorrillos – La Olaya.

La quebrada La Olaya nace a los 2540 m.s.n.m. erodando con baja profundidad rocas peridotíticas pertenecientes a la Dunita de Medellín a través de un recorrido de 700 m en sentido W – E, hasta su primer contacto con la traza oeste de la falla la Acuarela en donde cambia drásticamente su dirección al sentido N – S, comenzando su recorrido sobre rocas metamórficas foliadas pertenecientes al Neis Milonítico de Sajonia, retomando a los pocos metros su sentido inicial, hasta encontrar el contacto E de la falla la Acuarela, la cual redirecciona el drenaje al sentido S – W, hasta comenzar su recorrido en sentido W - E sobre rocas metamórficas pertenecientes a la Anfibolita de Piedras Blancas, en donde toma el nombre de quebrada Chorrillos, finalizando su trayecto de 3500 m, desembocando directamente en el embalse de Piedras Blancas (ver figura 53).

Debido a la construcción del embalse de Piedras Blancas, este importante drenaje cambia su nivel base inicial sobre la quebrada Piedras Blancas, formando un nuevo nivel base que vierte sus aguas sobre el embalse.

Sobre el perfil de la figura 49 se ilustran 14 *Knickpoints* sobre el recorrido de la quebrada Chorrillos – La Olaya, los cuales se han generado en primer lugar por procesos tectónicos influenciados por la falla la Acuarela que pone en contacto los cuerpos litológicos de la Dunita de Medellín y de la Anfibolita de Piedras Blancas con el Neis Milonítico de Sajonia; en segundo lugar por la unión de los drenajes de la quebrada La Olaya con la quebrada Chorrillos, las cuales presentan características similares en su cauce; y finalmente la presencia de diques cuarzosos, algunos explotados a través de minas en socavón ubicadas sobre sus márgenes.



PERFIL QUEBRADA CHORRILLOS, LA OLAYA

CONVENCIONES
 L: Lineamiento D: Drenaje Lito: Litología Mine: Diques Cuarzosos Falla: La Acuarela

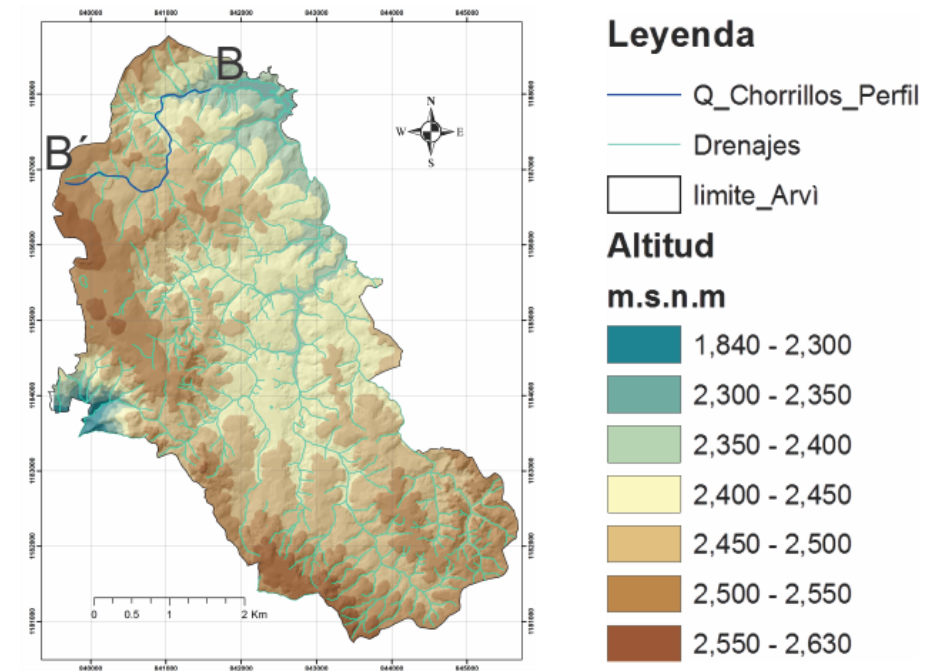


Figura 53. Perfil longitudinal B – B’ de la quebrada La Olaya – Chorrillos.

12. VOLUMEN DE DENUDACIÓN DE LA CUENCA DE LA QUEBRADA PIEDRAS BLANCAS HASTA SU DESEMBOCADURA EN EL EMBALSE DE PIEDRAS BLANCAS

La evolución del paisaje está influenciada directamente por las tasas de denudación generada por los procesos geomorfológicos, los cuales interactúan con procesos orogénicos, modelando el funcionamiento del clima y la tectónica a nivel mundial (Merritts & Ellis, 1994).

En el análisis y comprensión de este proceso es necesario entender la interface entre los procesos geológicos y geofísicos internos de la tierra con los procesos biológicos y atmosféricos externos que enmarcan la tectónica y la geomorfología generando tasas variables en la destrucción y conformación del paisaje (Pinter & Brandon, 1997).

Para la medición de las tasas de denudación del paisaje es necesario realizar una aplicación de análisis radio nucleídos cosmogónicos, este método da como resultado las tasas de denudación temporal y espacial en cuencas hidrográficas (Granger, Kirchner, & Finkel, 1996).

Sin embargo para fines prácticos y de costos en este trabajo, se realizó un ejercicio hipotético, tomando como base el volumen, el área y la temporalidad de la cuenca, a través de la tasa de denudación, la cual se expresa en toneladas por kilómetro cuadrado y año, lo que corresponde a volumen de la cuenca por área y edad (Einsele, 1992).

Para la obtención del volumen desplazado y el área de la cuenca se realizó un análisis a través de la plataforma ArcGIS a través de la herramienta de volumen en superficie, el cual calcula el área proyectada, el área de superficie y el volumen de una superficie relativa a una altura base o plano de referencia, que para nuestro caso será el plano formado por el perímetro de la cuenca (ver figura 54), obteniendo como resultados:

Volumen Cuenca: 5.666'458.032,05 m³

Área de la Cuenca: 33'118.040,2238 m²

Edad de la cuenca: 2.3 M.a. Edad de erosión de la actual cuenca.

Las ecuaciones para determinar las tasas de Denudación son:

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{km}{Ma} = \frac{mm}{a}$$

En donde: Δh es la tasa de cambio en volumen.

Δt es la tasa de cambio en el tiempo.

Km. kilómetros

Ma. Millones de años.

mm milímetros

a. años.

$$\frac{\Delta h}{\Delta t} \sim \frac{\text{Profundidad Promedio}}{\text{Edad Promedio}}$$

$$\text{Denudación} = \frac{\text{Área} * \text{Profundidad}}{\text{Area Total} * \text{Edad}}$$

$$\text{Denudación en mm/año} = \frac{\text{Volumen Total (Cuenca)}}{\text{Área Total (Cuenca)} * \text{Edad(Cuenca)}}$$

$$\text{Tasa de Denudación} = \frac{5666'458.032,05 \text{ m}^3}{33'118.040,2238 \text{ m}^2 * 2'300.000 \text{ a.}}$$

$$\text{Tasa de Denudación} = 0,0743908 \frac{\text{mm}}{\text{a}}$$

Este resultado está por encima a los resultados obtenidos por Restrepo *et al* 2009, en rocas graníticas del Batolito Antioqueño con tasas de denudación de 0,02 a 0,04 mm/a a través de técnicas de termocronología, y 0,004 a 0,008 en rocas metamórficas de la cordillera de las Baldías.

Los cálculos desarrollados presentan valores estándares para tasas de denudación obtenidas en los Andes del Norte de Suramérica, los cuales deben ser comparados con extrema precaución, sabiendo que en la descripción petrográfica de la cuenca está presenta cuatro litologías diferentes, además de un corredor de falla activo.

Este método pretende demostrar un acercamiento al cálculo de denudación de una cuenca en base de una cartografía detallada (1:5000), dando como resultado un valor coherente a los estudios realizados bajo métodos geocronológicos

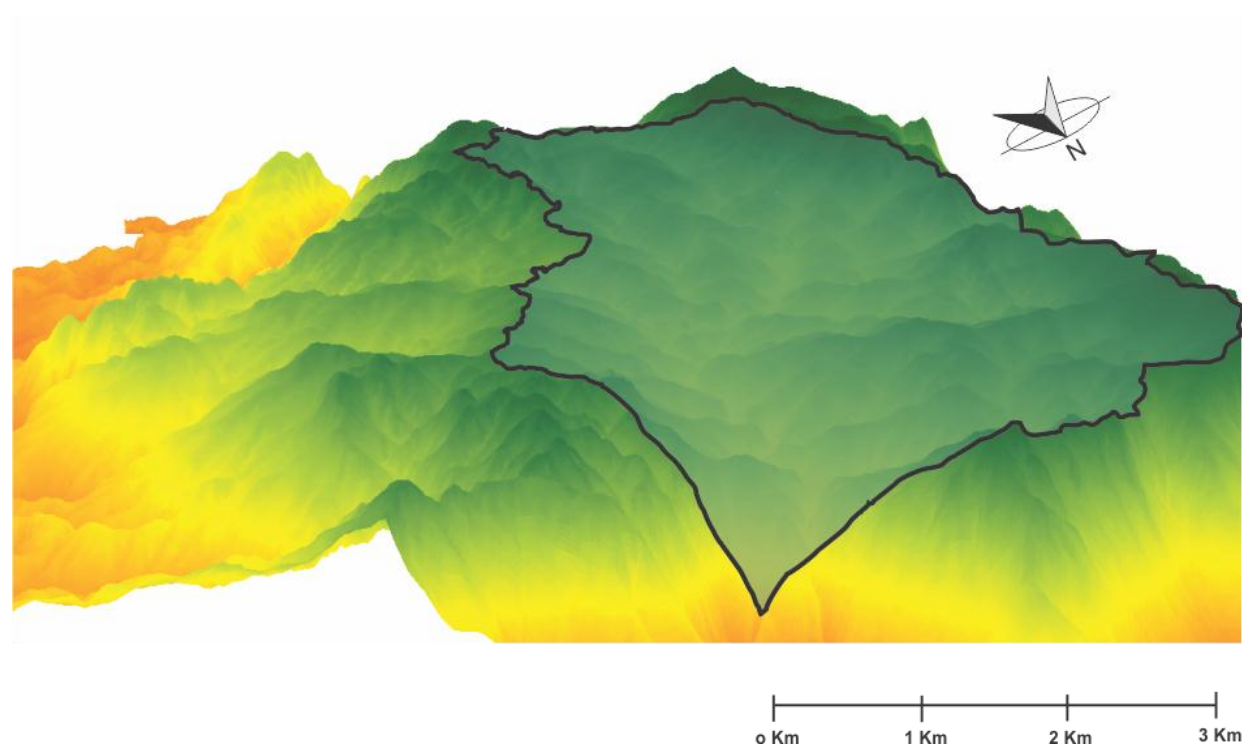


Figura 54. En negro se resalta la delimitación de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas a la cual se le calculó el volumen y su área para determinar la tasa de denudación.

13. TRABAJO DE CAMPO, VERIFICACIÓN EN EL TERRENO

En el levantamiento geomorfológico de campo se reconocieron, a nivel semi-detallado, las geoformas clasificadas durante la fotointerpretación. Esta actividad incluyó la descripción y el levantamiento de perfiles de suelo (ver capítulo 9), la identificación de la litología (ver capítulo 8), el inventario de zonas mineras y de los hallazgos antropológicos (ver capítulo 7), además de la identificación de los procesos morfodinámicos (ver capítulo 13).

En la figura 55 se muestran los puntos de control analizados y georeferenciados durante el trabajo de campo; estos puntos son la base de la identificación y descripción de unidades geomorfológicas presentadas en el mapa final.

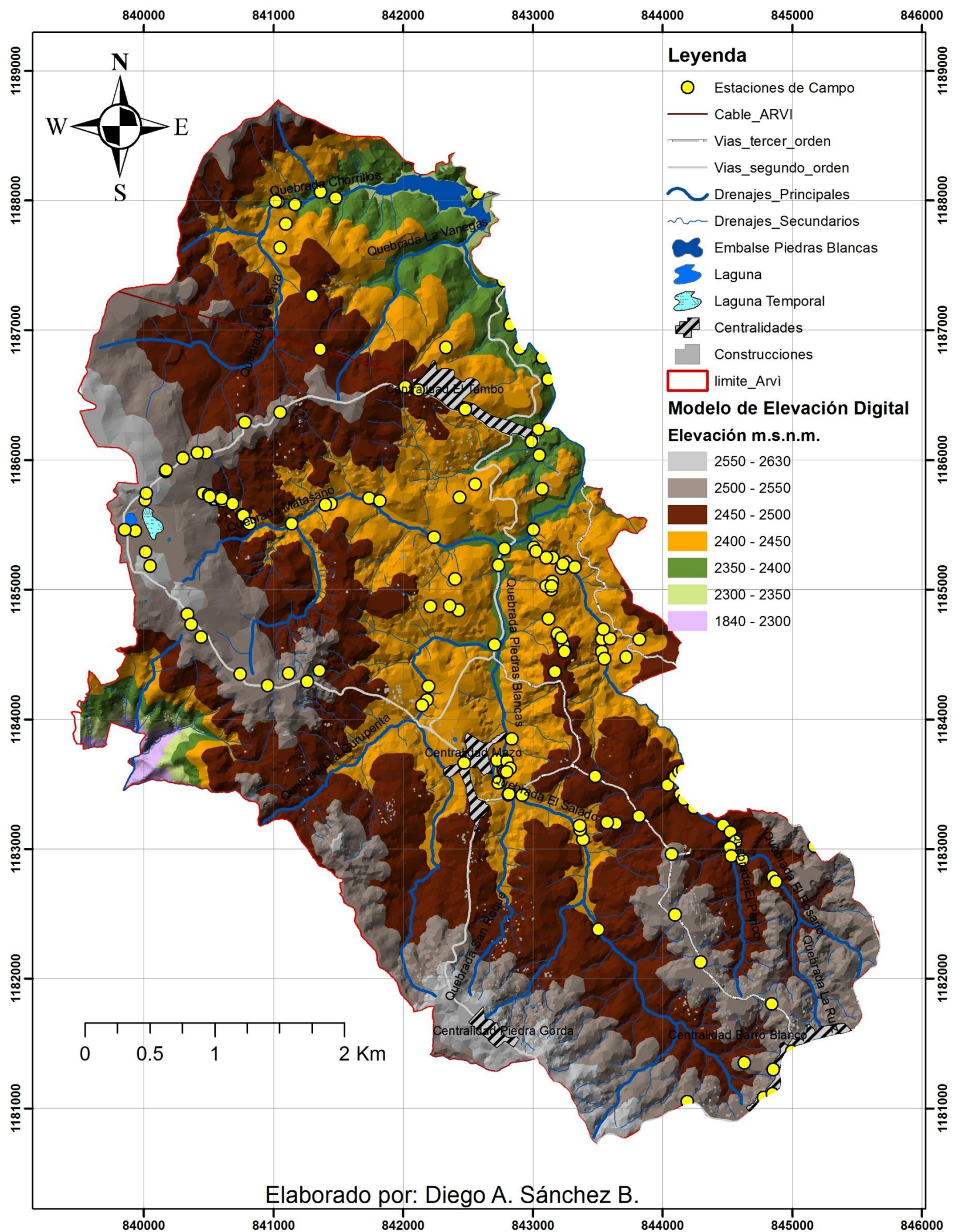


Figura 55. Mapa de las estaciones de campo realizadas en la fase exploratoria.

14. GEOMORFOLOGÍA

Al igual que la evolución geológica, se presenta una aproximación a la geomorfología del parque Arví, partiendo de escalas menores -o unidad fisiográfica- hasta obtener, en escalas mayores, las unidades geomorfológicas, cuyas descripciones permiten realizar la interpretación del paisaje y de su evolución.

Para el área de estudio al norte de la cordillera Central, el sistema morfogénico se define como Montaña Media, y se caracteriza por subsistemas de aplanamiento residual, divisorias de cordilleras medias, vertientes medias con bordes en sedimentación. Todos estos subsistemas están siendo modificados por factores climáticos y por una densa red de drenajes (Floréz, y otros, 1996).

A continuación se presenta la jerarquización de la geomorfología obtenida de la Microzonificación y Evaluación del Riesgo Sísmico del Valle de Aburrá, realizada por el Área Metropolitana en diciembre de 2007. Este estudio trata la temática desde la unidad fisiográfica (escala menor) hasta las unidades Geomorfológicas (escalas mayores).

14.1 UNIDADES FISIGRÁFICAS

Son unidades cartografiables a nivel regional, caracterizadas por la geología y ambiente estructural. Para la zona de estudio se considera la cadena montañosa que conforma la cordillera Central, constituida principalmente por rocas ígneas y metamórficas de edad paleozoica y mesozoica, y separadas de los sistemas cordilleranos del oriente y el occidente por fallas regionales (Cauca Romeral, Palestina, entre otras). Por el oeste y este sus límites geográficos están marcados por los ríos Cauca y Magdalena respectivamente (Villota, 2005), (Ver figura 56).

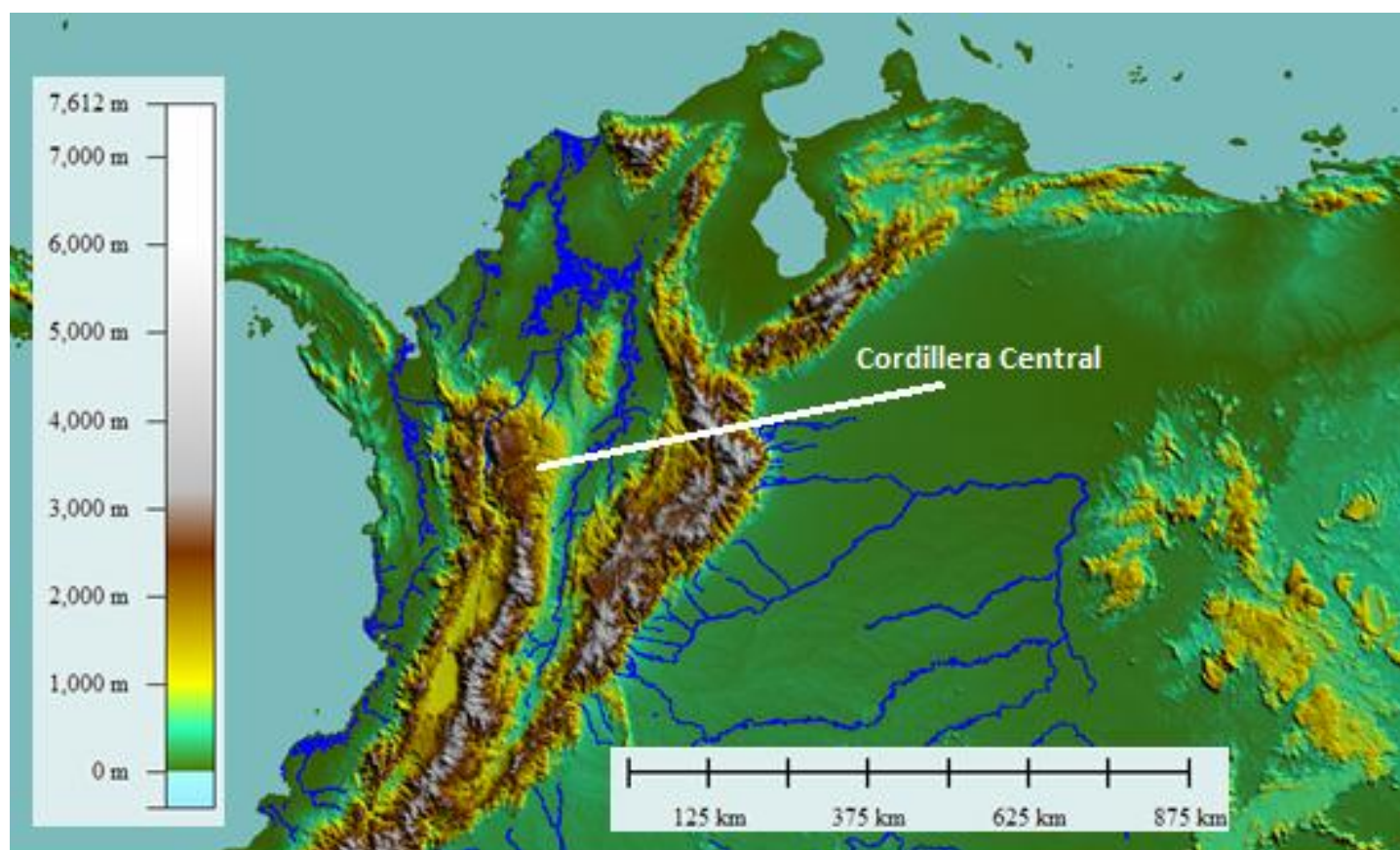


Figura 56. Ubicación de la cordillera Central.

14.2 UNIDADES DE RELIEVE

Se caracterizan por su homogeneidad genética y presentan superficies de erosión (altiplanos) disectadas por el profundo cañón del río Medellín (denominado también río Aburrá), el cual al finalizar su recorrido por el área metropolitana continuando su rumbo hacia el norte bajo la denominación de río Porce. La evolución de esta unidad de relieve se describe con mayor detalle en el capítulo 7.1. Esta unidad es denominada “Norte de la Cordillera Central” (Floréz, y otros, 1996), (ver figura 57).

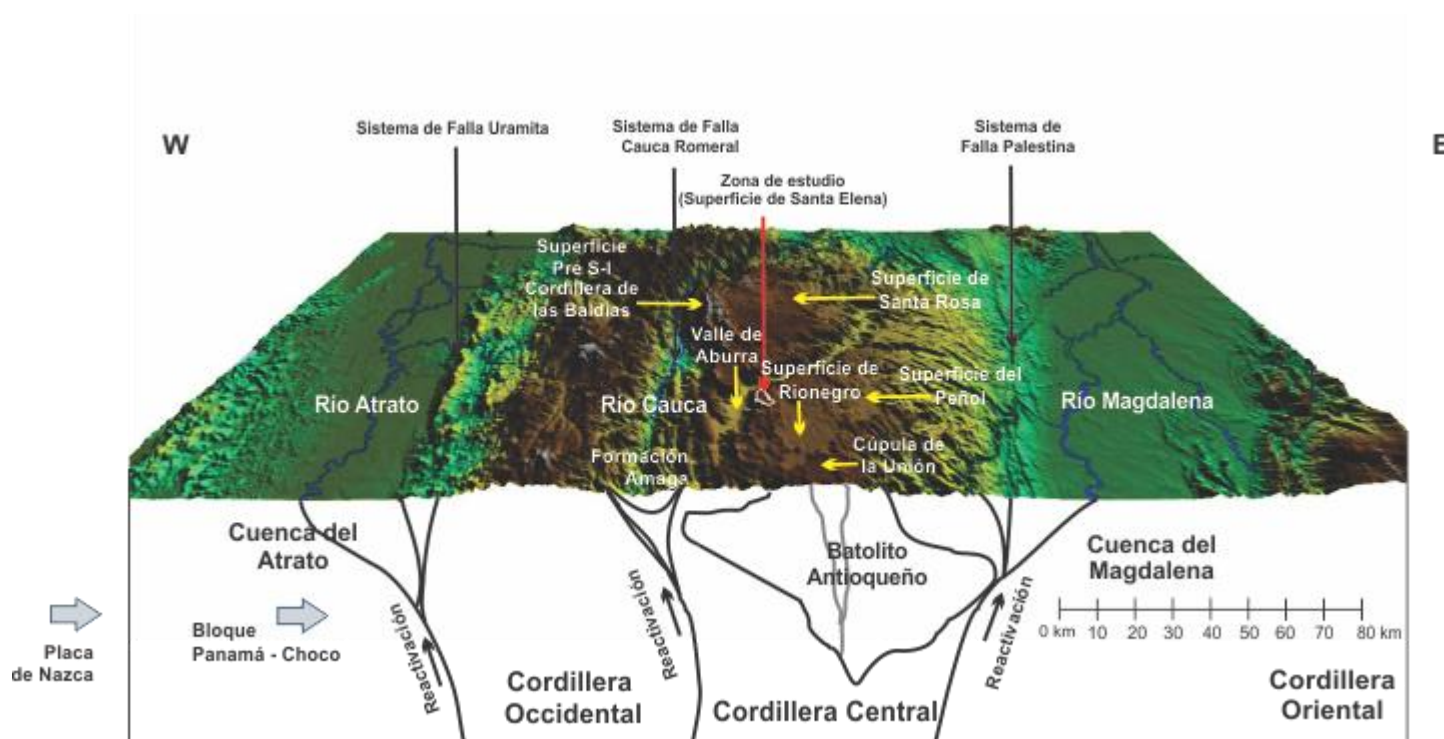


Figura 57. Unidad de relieve “Norte de la Cordillera Central”.

14.3 UNIDADES DE PAISAJE

Las unidades de paisajes son generadas por conjuntos de procesos particulares actuando durante tiempos definidos. En el parque Arví se reconocieron y delimitaron dos importantes unidades de paisaje. La primera está formada por la Superficie de Erosión S-I (Page & James, 1981), definida a partir de su altura sobre el nivel del mar (ver capítulo 7.2). Esta superficie presenta zonas de baja pendiente (<30°), con drenajes poco profundos. La segunda unidad de paisaje corresponde al Valle de Aburrá Medio (VM), delimitado por los municipios de Itagüí y Envigado, y hasta los municipios de Bello y Copacabana. Corresponde a un valle amplio y plano con laderas de colinas y lomos hacia su base, que culmina hacia el techo con escarpes lineales que marcan el límite con el altiplano S-I (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA., 2007), (ver figuras 58 y 59).

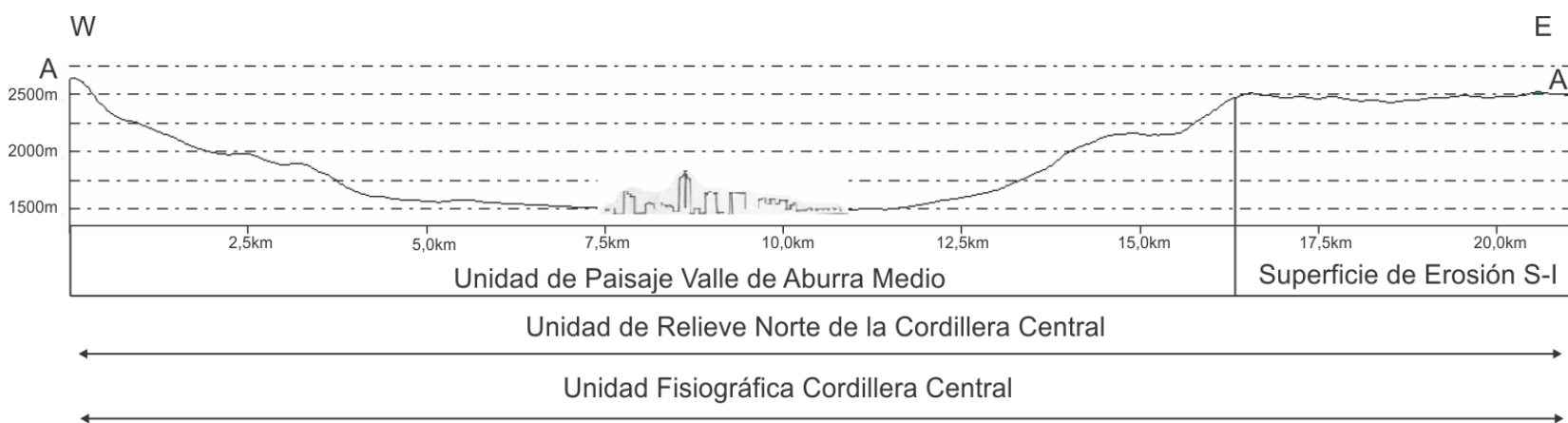


Figura 58. Perfil de unidad de paisaje

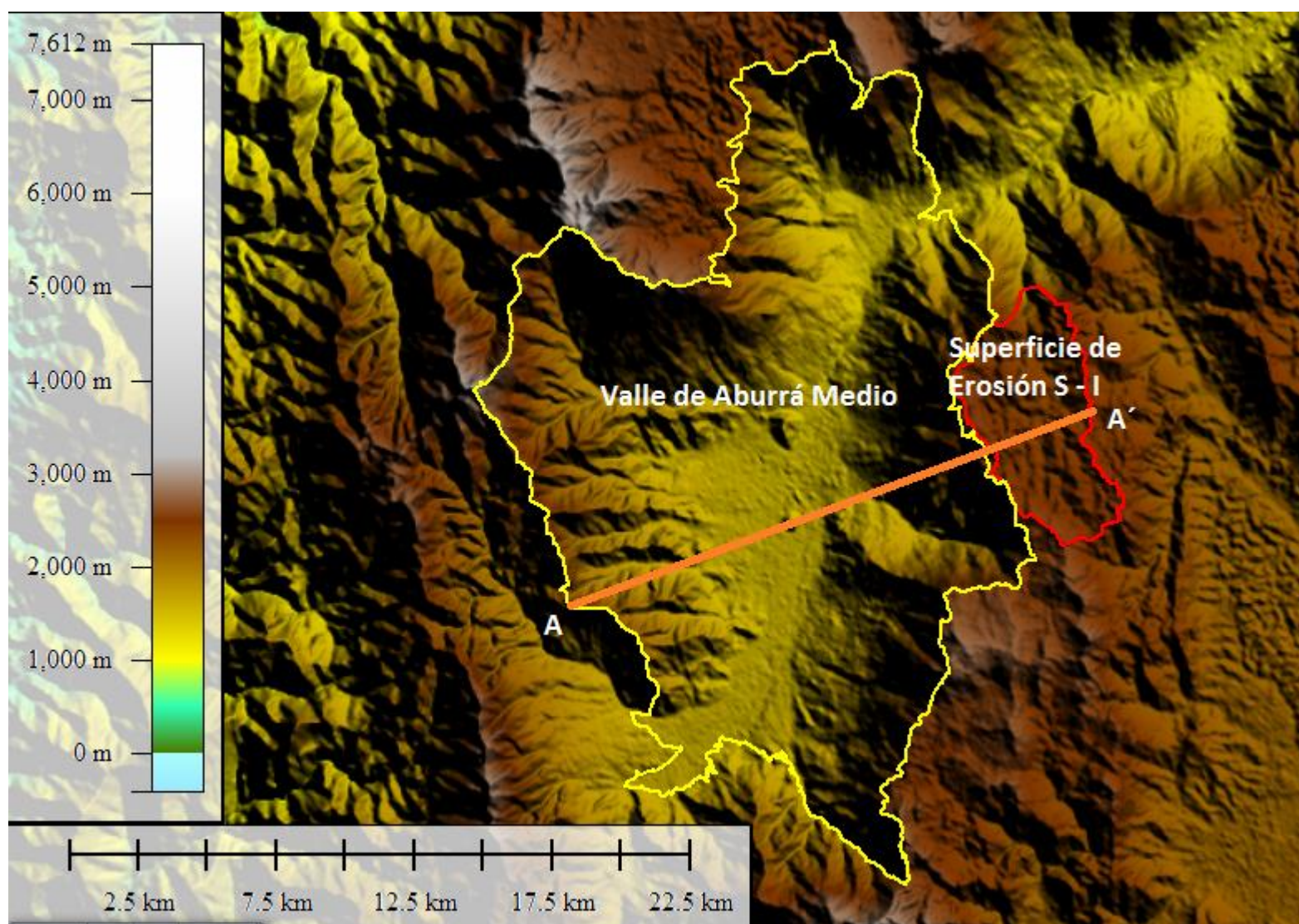


Figura 59. Unidad de paisaje Valle Medio de Aburrá y Cuenca de la quebrada Piedras Blancas hasta su desembocadura en el embalse del mismo nombre, perteneciente a la Superficie de Erosión S-I, más allá de los límites del municipio de Medellín. Ubicación del perfil A – A' de la Figura 58.

14.4 MACROUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Son conjuntos de geformas asociadas genéticamente, que para la Microzonificación Sísmica del Valle de Aburrá (2007) se componen de bloques relacionados por su geología, ubicación altitudinal, formas erosivas dominantes, rasgos de carácter morfotectónico, unidades geomorfológicas y, finalmente, la orientación predominante de rasgos topográficos.

Para la zona del parque Arví, el Área metropolitana del valle de Aburrá, en el estudio de la Microzonificación Sísmica, identificó cuatro bloques denominados como: Comuna Nororiental Alta, Santa Elena, Altiplano Superficie de Erosión S-I y Escarpe Regional 2. Este último se omite en este estudio, debido a que los análisis de los perfiles de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas (ver capítulo 11) identifican la continuidad del bloque S-I más allá del este del límite del parque Arví, en jurisdicción del municipio de Guarne (ver figura 60).

La confusión para el Área Metropolitana de Medellín radica en que se tomó la vertiente que desciende desde la zona de la laguna de Guarne hasta la quebrada de Piedras Blancas como si esta fuera el descenso desde el altiplano S – I Santa Elena al altiplano S – II Rionegro, denominado Escarpe Regional 2, calificativo erróneo, debido a que esta vertiente solo representa el descenso desde el borde occidental del altiplano S – I hasta el eje de la quebrada Piedras Blancas, para luego ascender más allá de los límites del municipio de Medellín hasta el borde oriental del altiplano S – I ubicado en jurisdicción del municipio de Guarne.

Por consiguiente los estudios de Microzonificación Sísmica del valle de Aburrá, realizados en el año 2007, no describen adecuadamente la zona del parque Arví, ubicando dentro del área de estudio el escarpe regional que conforma la separación entre el altiplano S-I Santa Elena y el altiplano S-II Rionegro, el cual fue rectificado y reestructurado en este trabajo.

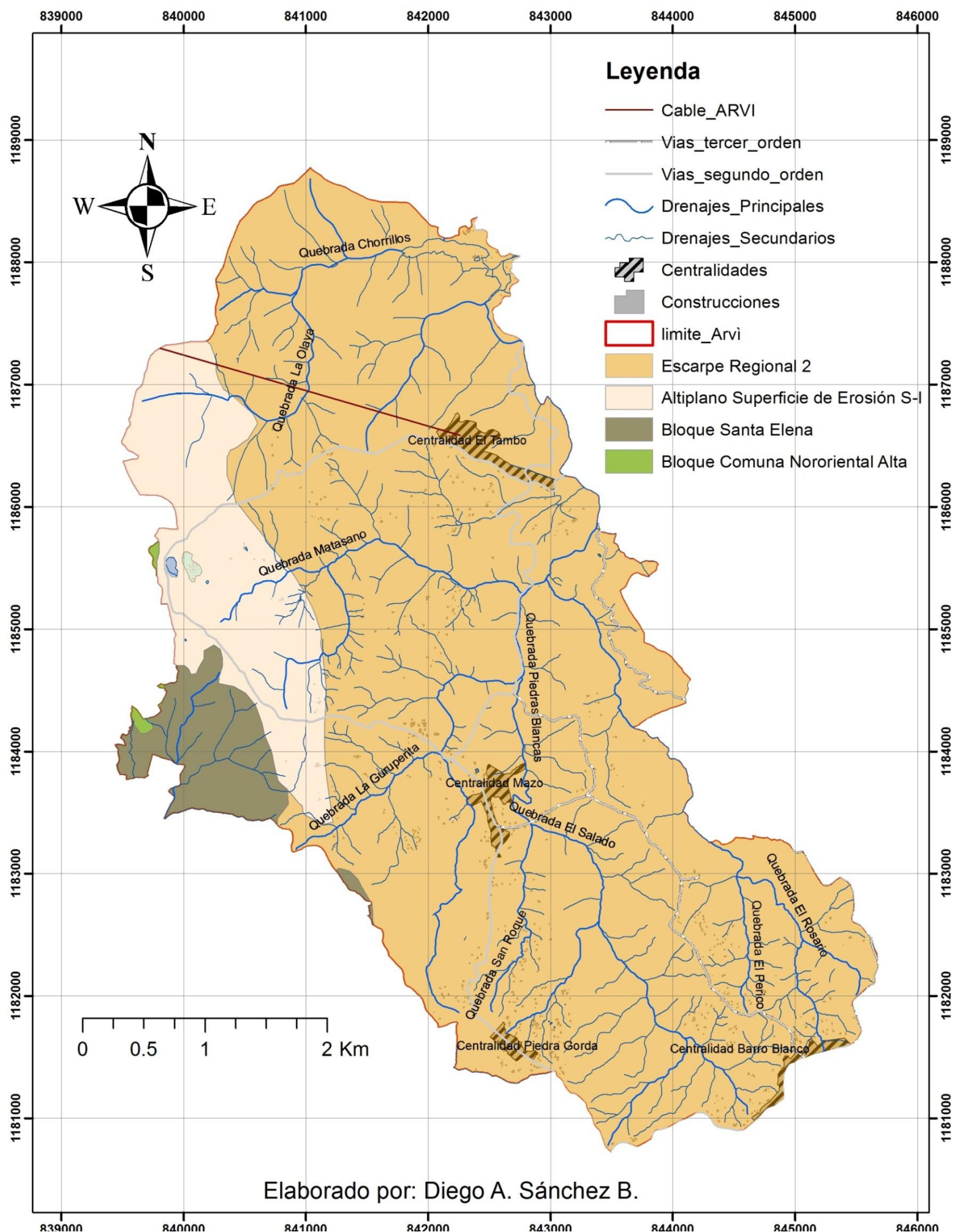


Figura 60. Macrounidades del Parque Arví, descritas por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Altiplano Superficie de Erosión S-I. Conformado por zonas de muy baja pendiente ($0^{\circ} - 5^{\circ}$), casi horizontales, de baja incisión y comprendidas entre los 2600 y los 2500 m.s.n.m. En esta macrounidad se identifican colinas amplias y altas moderadas en perfil de meteorización de roca dunítica y anfibolítica, y lomos con tendencia dendrítica denominados lomeríos (Rendón D. A., 2003), (ver figura 61)

Bloque Comuna Nororiental Alta. Se ubica entre los 1800 y 2300 m.s.n.m., al límite oeste del parque Arví, sobre rocas ultra básicas (Dunita de Medellín) y depósitos de vertiente.

Este bloque muestra un marcado control estructural, hacia la parte alta del barrio Santo Domingo Savio presentando pendientes escarpadas hacia los límites con el altiplano, además de sectores con pendientes bajas que forman un escalonamiento (peldaño) de la ladera oriental del valle medio del río Medellín (Área Metropolitana del Valle de Aburra, AMVA., 2007) (ver figura 61).

Bloque Santa Elena. Se ubica hacia el sector del nacimiento de la quebrada La Castro, perteneciente a la cuenca de la quebrada Santa Elena. Su forma es semicircular y corresponde a un frente erosivo con laderas empinadas y escarpadas, asociado a la cabecera de la quebrada. Sus vertientes tienen flancos rectos, empinados y con vaguadas profundamente encañonadas, y presenta superficies de baja pendiente -casi horizontales- que forman peldaños entre el altiplano S-I y la ladera nororiental (Área Metropolitana del Valle de Aburra, AMVA., 2007) (ver figura 61).

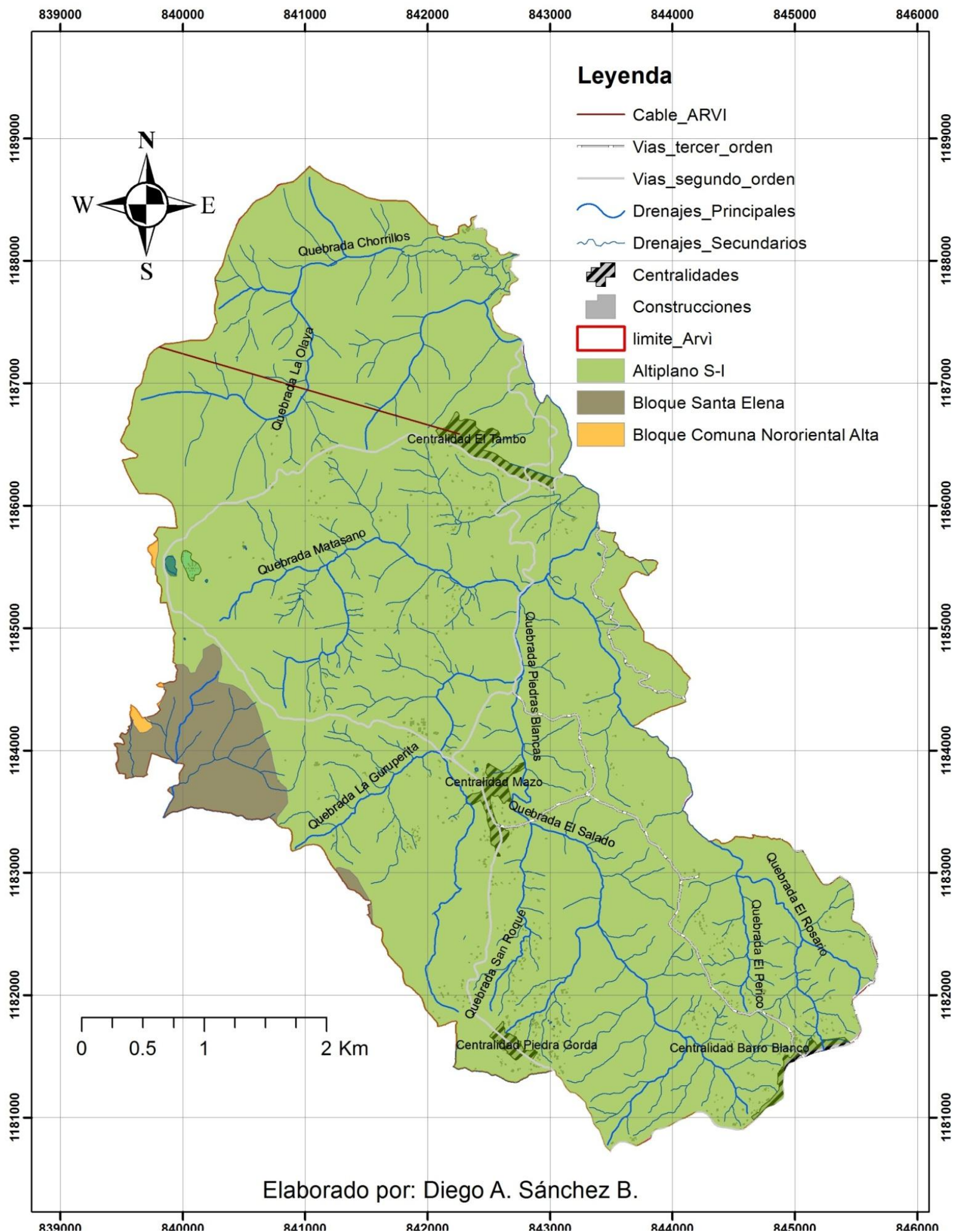


Figura 61. Macrounidades del parque Arví, rectificadas y reestructuradas en este estudio.

14.5 UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Para la descripción, ubicación y clasificación de las unidades geomorfológicas, se realizó un breve análisis de los parámetros morfogenéticos, morfométricos y morfodinámicos del parque Arví.

14.5.1 Morfogénesis

Hace alusión a las causas o procesos que dieron forma al paisaje, reconociendo en ellos los procesos endogenéticos (orogénicos, plutónicos y metamórficos) y exogenéticos (agua, viento, temperatura, escorrentía, hombre), que actuaron sobre la superficie terrestre en diferentes temporalidades e intensidades (Servicio Geológico Colombiano, 2012).

Estos procesos dieron origen a las formas identificadas dentro del parque Arví y se asocian a cuatro ambientes Geomorfológicos, siendo el ambiente Denudacional el dominante. Al analizar en detalle las litologías, drenajes, lineamientos, fallas, vertientes y la intervención del hombre sobre el paisaje, se identifican los ambientes morfoestructurales, fluviales y antrópicos.

Ambiente Denudacional: generado por procesos de meteorización, movimientos gravitacionales, hídricos y de remoción en masa, o por la acción combinada de estos sobre geformas pre-existente (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, 2013). Las unidades descritas en el parque Arví son en su gran mayoría el resultado de procesos de aplanamiento del norte de la cordillera Central.

Ambiente Morfoestructural: generado por la dinámica interna de la tierra y asociado a fallamientos y plegamientos directamente influenciados por la litología. En rocas cristalinas se generan cuchillas con pendientes similares y patrones de drenaje, en función del control estructural de la zona (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, 2013). El corredor estructural del Neis Milonítico de Sajonia, conformado por la falla La Acuarela, es la principal unidad ubicada en el parque Arví.

Ambiente Fluvial: originado por la dinámica de las corrientes hídricas que acumulan material particulado en sus márgenes. Está influenciado por procesos climáticos que generan inundaciones en llanuras en épocas de alta precipitación, y por procesos morfodinámicos como socavación de orillas, originando terrazas y profundización de cauces (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, 2013). Este ambiente está conformado por la quebrada Piedras Blancas y por sus principales afluentes, con valles aluviales estrechos a través de gran parte de su recorrido.

Ambiente Antrópico: geformas asociadas a la alteración del paisaje, resultantes de acciones humanas (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM, 2013). Se destacan en la zona de estudio el embalse de Piedras Blancas y el equipamiento de los núcleos de Comfama, Comfenalco, Mazo, Fuerte de Carabineros, además del crecimiento urbano acelerado de las veredas Piedras Blancas, Piedra Gorda, Barro Blanco y Mazo.

14.5.2 Morfometría

La Morfometría trata de los parámetros espaciales con categoría geométrica, relacionando la longitud, el área y la pendiente a la identificación de las geformas (De Pedraza, 1996). La Morfometría estudia cuantitativamente la superficie del terreno, a través del análisis de los rasgos discretos o continuos, obtenidos de la pendiente, la rugosidad, el relieve relativo, la curvatura, entre otros (Zinck, 2012).

En la actualidad, la Morfometría se hace a través del análisis digital de la superficie topográfica continua (Pike, Evans, & Hengl, 2009).

- **Pendientes**

El análisis morfométrico de la pendiente se basa en la clasificación y medida del terreno, con valores que van desde 0° a 90° o su equivalente en porcentaje (%), presentando una estrecha relación con la generación de movimientos en masa (Servicio Geológico Colombiano, 2012).

Para el análisis morfométrico del parque Arví se usaron cuatro categorías de pendientes, establecidas por el Área Metropolitana de Medellín para las zonas de su jurisdicción y definidas de acuerdo con la escala y sus áreas, según se ilustra en la tabla 2.

Tabla 2. Rangos de pendientes para el parque Arví. Adaptado de AMVA (2012).

Clasificación	Rango (°)
0° - 5°	Plana o suavemente inclinada
5° - 15°	Pendientes suaves
15° - 30°	Pendientes moderadas
>30°	Pendientes altas a escarpadas

En el área de estudio hay contrastes bajos de pendientes. Predominan las superficies horizontales o suavemente inclinadas, distribuidas entre cimas planas y valles aluviales, seguidas por las clasificadas en el rango entre 5° a 15°, ubicadas hacia los piedemontes de las laderas. Se continúan las pendientes moderadas, en el rango entre 15° y 30° ubicadas entre cimas y pendientes suaves. Las pendientes mayores de 30° se sitúan principalmente hacia el escarpe que limita el parque con la ciudad de Medellín, pero también en la zona de influencia del corredor milonítico de la falla La Acuarela y en el sector sur-este, donde nacen las quebradas del Rosario, la Ruiz y El Perico. En este último lugar se identificó fuerte intervención antrópica relacionada con la explotación minera en siglos pasados (ver figura 62).

Las alturas relativas en el parque Arví no sobrepasan los 230 m, considerando que se limitó el área de la cuenca hasta su primer nivel base en el embalse de Piedras Blancas. El relieve puede clasificarse principalmente en el rango muy bajo, y en menor proporción en un relieve moderado (ver figura 63).

Aunque el área de estudio solo va hasta el embalse de Piedras Blancas, se debe mencionar que la cuenca de la quebrada Piedras Blancas presenta un salto en el relieve de más de 900 m, ilustrado en su perfil longitudinal (Capítulo 11), que va desde el embalse ya mencionado hasta su desembocadura en el río Medellín, área urbana del municipio de Copacabana. Lo anterior modifica su calificativo de relieve relativo muy bajo a extremadamente alto de acuerdo con la escala establecida en Carvajal (2012).

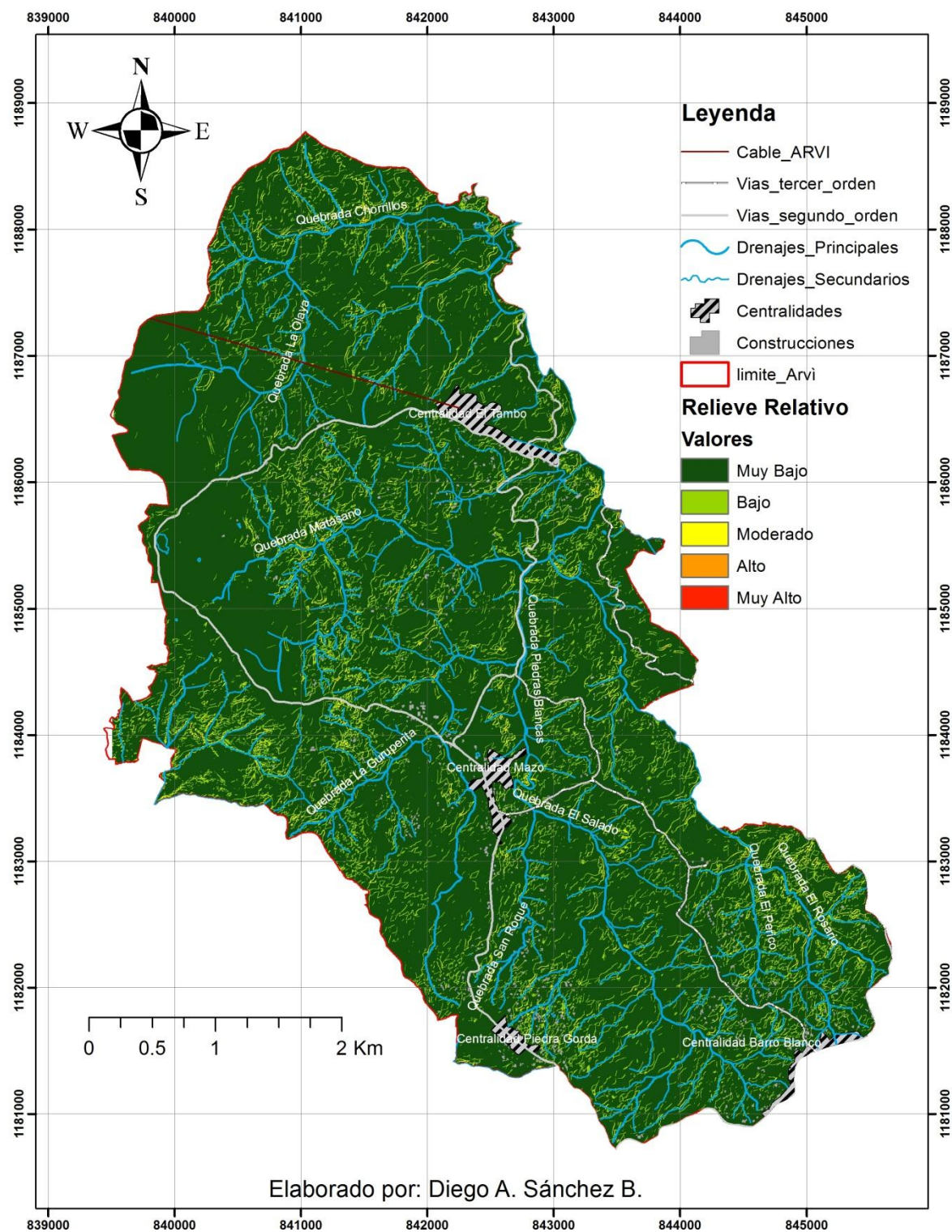


Figura 63. Relieve relativo del parque Arví.

- **Curvatura**

Está determinada por la concavidad, convexidad u horizontalidad espacial de la superficie en la dirección longitudinal de la pendiente. Se calcula a partir del modelo de elevación digital del terreno y considera la dimensión de la pendiente o la verticalidad del terreno. Los valores de cero (0) se asignan a superficies planas, los valores positivos a superficies cóncavas, y los valores negativos a superficies convexas (Londoño, 2006).

Las zonas convexas indican una dispersión del flujo por escorrentía. Al contrario, las zonas cóncavas indican flujos concentrados hacia la celda, hecho que genera aumento en la presión de poros e inestabilidad de la vertiente, expresada en movimientos en masa (De Pedraza, 1996).

La distribución de la variable curvatura para el parque Arví muestra un predominio de zonas planas. Estas se distribuyen de manera general en topes de cimas, llanuras aluviales y peldaños sobre la ladera (figura 64).

En la siguiente tabla se observa la descripción para la variable curvatura, según los distintos rangos utilizados.

Tabla 4. Descripción del atributo de curvatura.

INTERVALOS	DESCRIPCIÓN
<-1	Muy Convexo
-1 - -0.5	Convexo
-0.5 - 0	Plano
0 - 0.5	Cóncavo
0.5 - 1	Muy Cóncavo

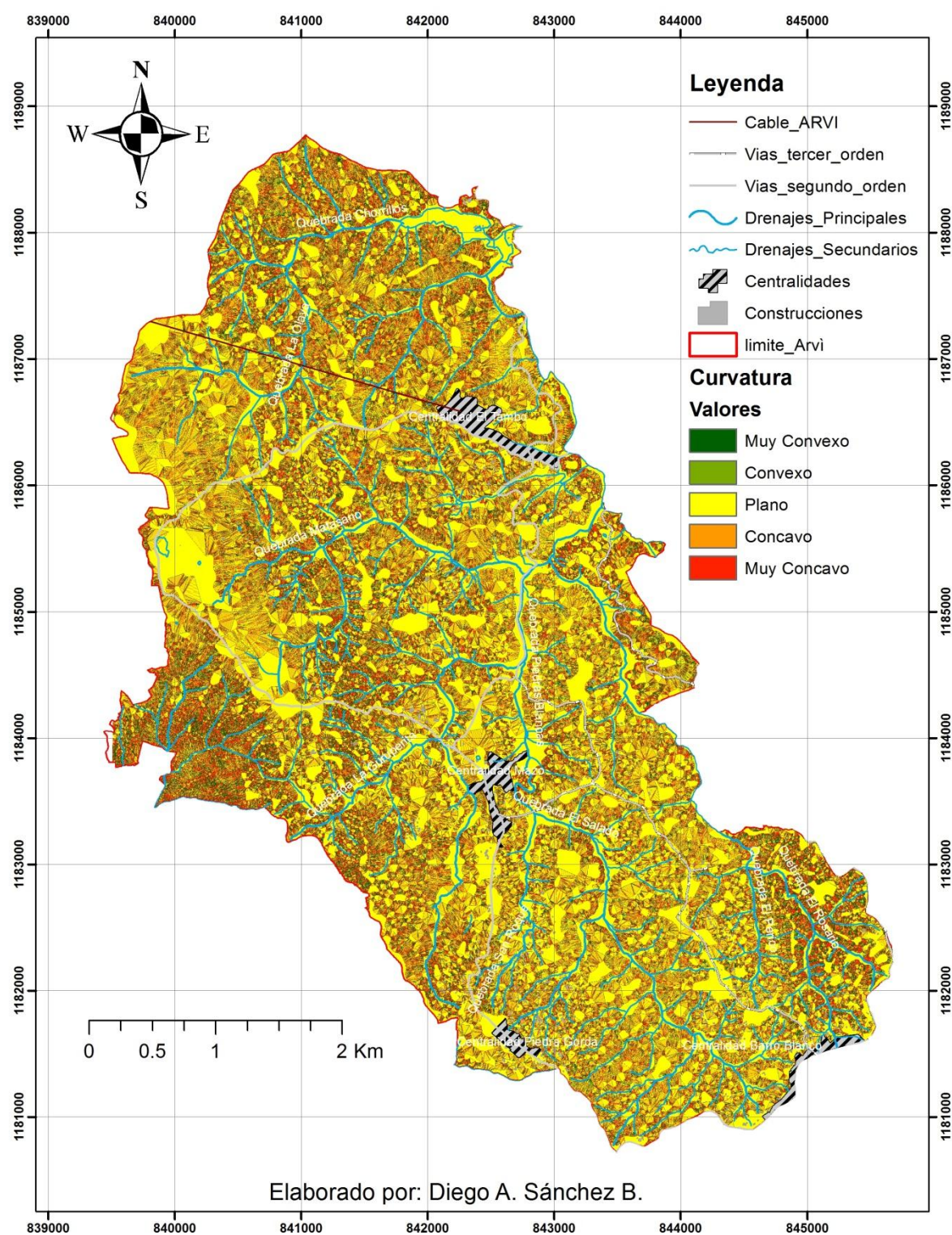


Figura 64. Mapa de curvatura del parque Arví.

- **Rugosidad**

Corresponde a la medida de la dispersión tridimensional de los vectores normales a las facetas planares sobre un paisaje, dando como resultado una representación de la heterogeneidad del terreno (Hobson, 1972).

Para la clasificación de la rugosidad se tomaron cinco intervalos, resumidos en la tabla 5.

Tabla 5. Descripción del atributo de rugosidad.

Clasificación de la rugosidad	Intervalos
Rugosidad Muy Alta	< 0.94
Rugosidad Alta	0.94 – 0.96
Rugosidad Media	0.96 – 0.98
Rugosidad Baja	0.98 – 0.99
Rugosidad Muy Baja o Nula	0.99 – 1.0

La rugosidad es una herramienta que resalta los límites de los taludes y las laderas en las crestas y en los valles, dando una valiosa información a la hora de evaluar la amenaza del terreno a los movimientos en masa. En laderas de altas rugosidades se presenta mayor amenaza, debido a que se favorece la infiltración del agua y las presiones de poros (Londoño, 2006).

El mapa de la figura 65 representa la rugosidad del parque Arví según los intervalos determinados en la tabla 5.

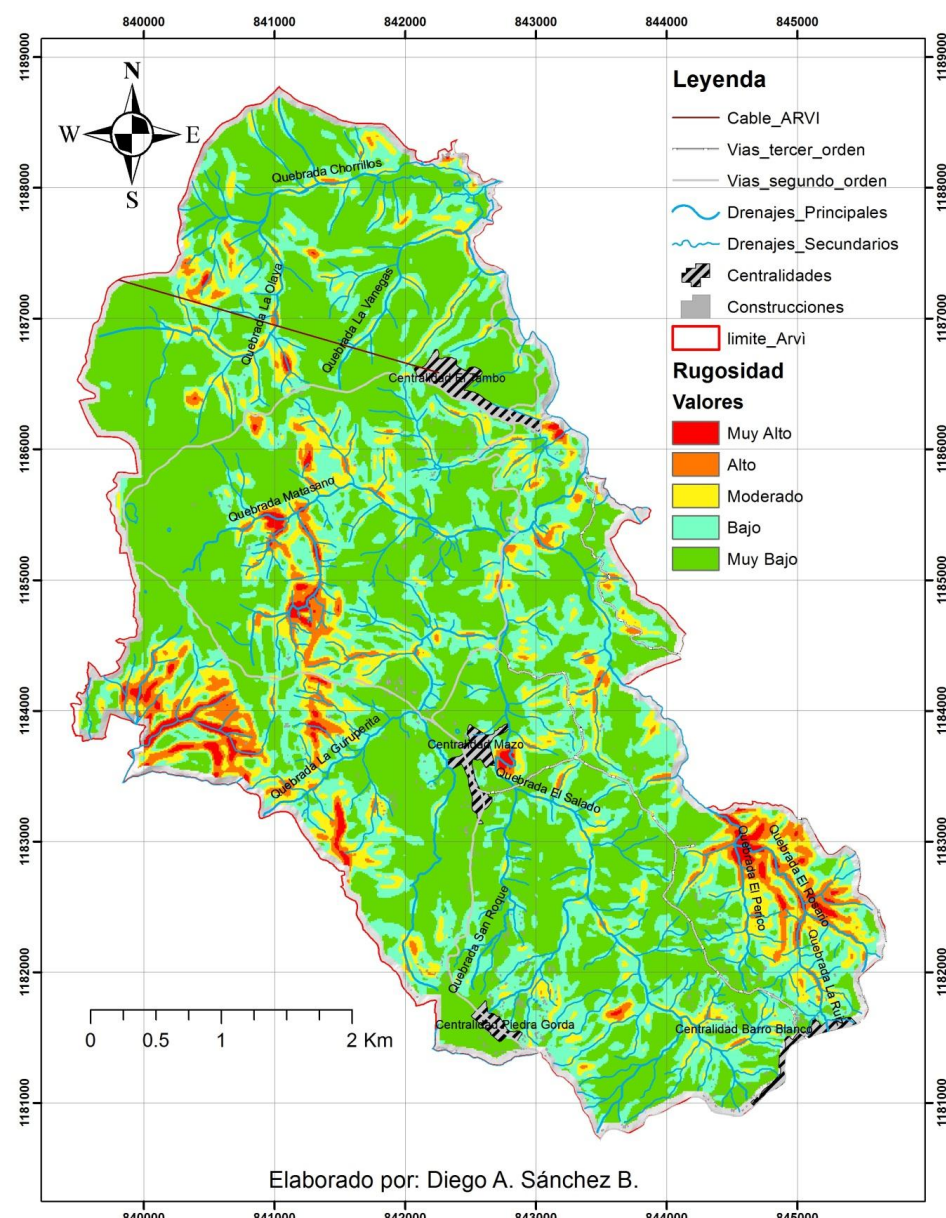


Figura 65. Mapa de Rugosidad del parque Arví.

De acuerdo con el mapa de la figura 65, el parque Arví tiene una rugosidad poco variable, dominando la muy baja, que se distribuye homogéneamente en todo su territorio. Se exceptúan la zona occidental -en donde comienza la ladera Nor-Oriental de Medellín-, el corredor de la falla La Acuarela y la zona sur-este, cerca de los nacimientos de las quebradas El Rosario, La Ruiz y El Perico. En estas zonas, y desde épocas hispánicas hasta el siglo pasado, se ha desarrollado minería aurífera y se han favoreciendo fuertes procesos erosivos que se detectan por valores de rugosidades altas a muy altas.

- **Morfodinámica**

Los procesos que originan la morfodinámica natural están influenciados por factores exógenos, que remodelan y reducen el paisaje. Estos procesos contribuyen a la meteorización y al transporte de material litológico, algunos en temporalidades cortas -generando fenómenos de remoción en masa naturales-, o en algunas ocasiones influenciados por la acción del hombre (Servicio Geológico Colombiano, 2012).

Hacia la cuenca alta del parque Arví ocurren procesos de remoción en masa, de carácter erosional, generados por la acción del hombre a través de la explotación minera o de la construcción de vías sin los adecuados elementos para el control de las aguas de escorrentía. Estas actividades resultan en descoles inadecuados que se inician con surcos, pasan a cárcavas y terminan por generar deslizamientos complejos ante la ausencia de obras para su mitigación (ver figura 66).

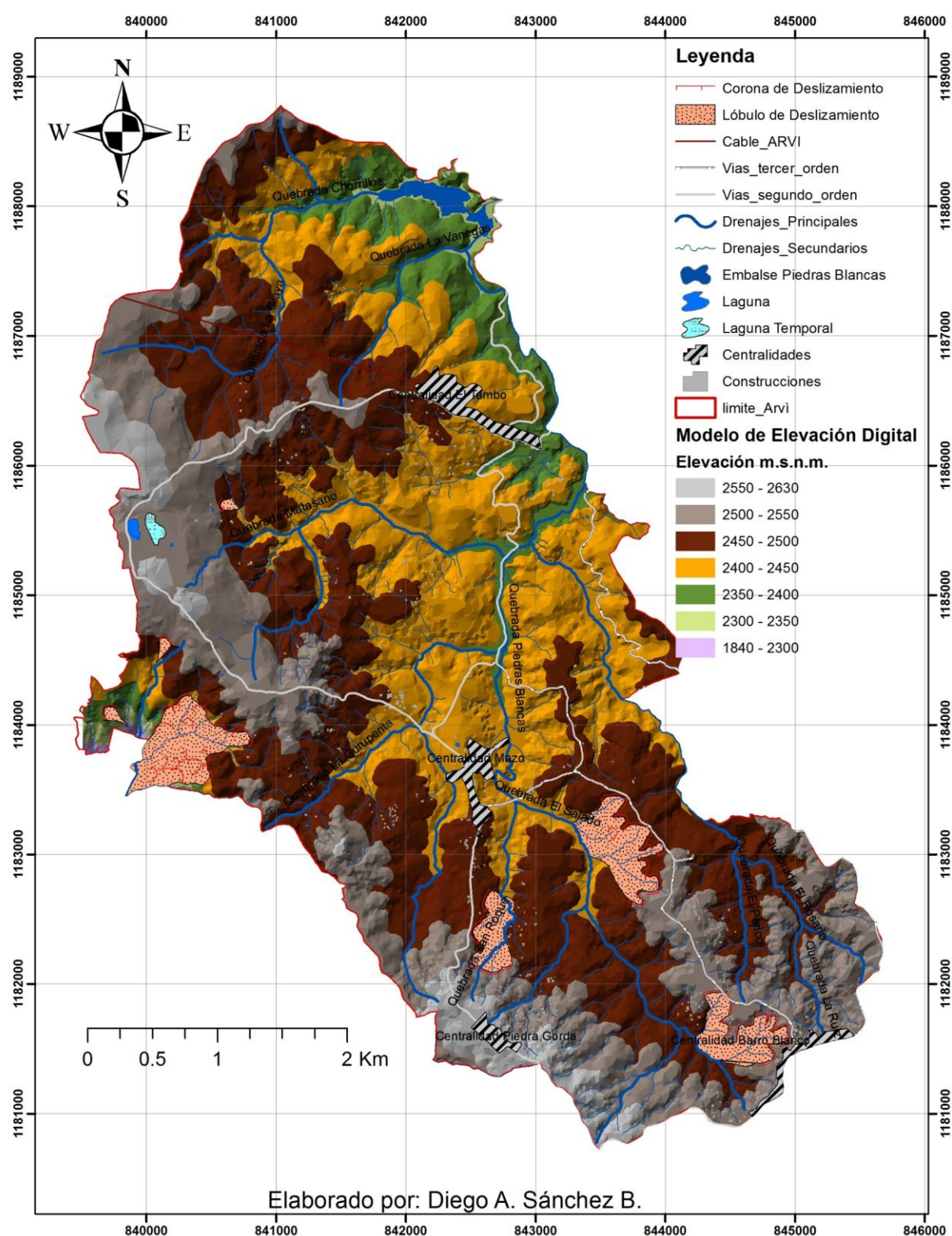


Figura 66. Procesos Morfodinámicos por remoción en masa en el parque Arví.

Los procesos ubicados sobre el altiplano están directamente relacionados con la intervención antrópica, desde épocas prehispánicas influenciados por minería para la obtención de arcillas, y por grandes desarrollos de la explotación aurífera iniciados desde la Colonia (ver capítulo 7.3). Son frecuentes los procesos de erosión concentrada (cárcavas) y movimientos en masa de tipo deslizamiento Traslacional y Rotacional (ver figura 67).

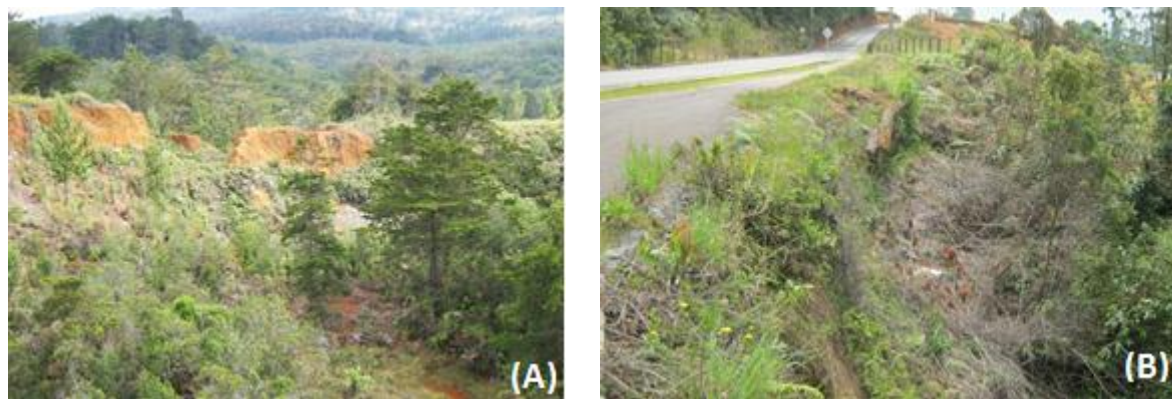


Figura 67. A) Movimiento en masa inactivo, ubicado en la zona rural de la vereda de Mazo. B) Cárcava inactiva e invadida de vegetación, generada por descoles inadecuados de los canales laterales de la antigua vía que de la vereda Barro Blanco conduce a la vereda de Mazo.

El mapa de pendientes de la sección 14,5.2, dibuja un corredor con orientación Norte-Sur, perteneciente al escarpe del contacto entre la Dunita de Medellín y el Neis Milonítico de Sajonia; se observan algunos pequeños desgarres superficiales (ver Figura 68).



Figura 68. Desgarre superficial, ubicado en el escarpe conformado por el corredor de falla del Neis Milonítico de Sajonia, denominado falla la Acuarela.

Sobre la ladera oriental del Valle de Aburrá, parte alta del nacimiento de la quebrada La Castro, los procesos de movimiento en masa están directamente relacionados a la alta pendiente, por encima de los 30°.

Sobre la zona sur del parque, la alta densidad poblacional de las veredas de Barro Blanco, Piedra Gorda y Mazo, ha generado procesos menores de remoción en masa, debido a las prácticas inadecuadas de siembra de cultivos de pan coger -sobre laderas de pendiente moderada- y a la adecuación de áreas planas en pendientes bajas para la construcción de viviendas. La ganadería en espacios reducidos ha propiciado también la generación de terracetos por sobre pastoreo (Figura 69).



Figura 69. Erosión en surcos generada por inadecuadas prácticas agrícolas. Zona rural de la vereda Barro Blanco.

La mayor susceptibilidad a los deslizamientos según el atributo de pendiente alta se ubicaría hacia los límites del parque Arví con el barrio Golondrinas, sobre el camino de patrimonio histórico y cultural denominado La Cuesta y sobre rocas de la Dunita de Medellín. También hacia la zona escarpada que conforma el límite occidental de corredor de falla del Neis Milonítico de Sajonia (ver figura 66). Los procesos ilustrados sobre el altiplano se asocian a actividades antrópicas con inadecuados usos del suelo y desde años remotos (ver sección 7.3).

14.6 DESCRIPCIÓN, UBICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LAS UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Corresponde a grupos de geofomas con características de edad y procesos genéticos similares, dentro de las cuales se encuentran planicies aluviales, sistemas de lomos, corredores de falla, lomeríos, colinas, vertientes bajas poco disectadas, vertientes medias y alargadas o superficies planas levantadas, entre otros (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA., 2007).

Cabe mencionar que dentro de estas unidades se notan rasgos geomorfológicos como facetas triangulares, terrazas aluviales, abanicos aluviales, cerros aislados, Knickpoint y gargantas, las cuales se cartografían en el mapa final.

Para el área del parque Arví se describió de manera general cada una de las once unidades geomorfológicas que lo conforman, siendo sólo cuatro de ellas (Superficie con baja incisión, escarpes semicirculares, peldaños y lomos), identificadas y descritas en el estudio de la Microzonificación Sísmica del Valle de Aburrá, realizado por el Área Metropolitana en el año 2007, las restantes hacen parte de la investigación y objetivos de este trabajo.

A continuación se describen y delimitan estas unidades geomorfológicas, las cuales se dividen en dos grupos. Las primeras tres se ubican dentro de la unidad de paisaje Valle de Aburrá Medio, y las ocho restantes dentro de la unidad Superficie de Erosión S-I (Capítulo 13, Sección 13,3).

Cada unidad fue descrita y codificada bajo la nomenclatura establecida por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en las Directrices y lineamientos para la elaboración de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos y geotécnicos para la intervención en zonas de ladera, en el Valle de Aburrá realizada en el 2012. Se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 6. Nomenclatura para la caracterización de unidades geomorfológicas del Valle de Aburrá (AMVA, 2012)

Símbolo	Nombre
ESCS	Escarpes semicirculares superiores
GA	Geoforma antrópica
L	Lomo
LB	Lomos bajos
LLA	Llanura Aluvial
PÑ	Peldaño
RMT	Rasgos morfotectónicos
SSDPI	Superficies suaves en depósitos poco incisados
SSDMI	Superficies suaves en depósitos moderadamente incisados
VSRPI	Vertientes en suelo residual poco incisados
VSRMI	Vertientes en suelo residual Moderadamente incisados

Para la identificación y clasificación de cada unidad, se hicieron tres perfiles transversales a través de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, ubicados respectivamente en la parte alta o sur, hacia el centro, y en el norte o zona del embalse (ver figuras 70, 71 y 72).

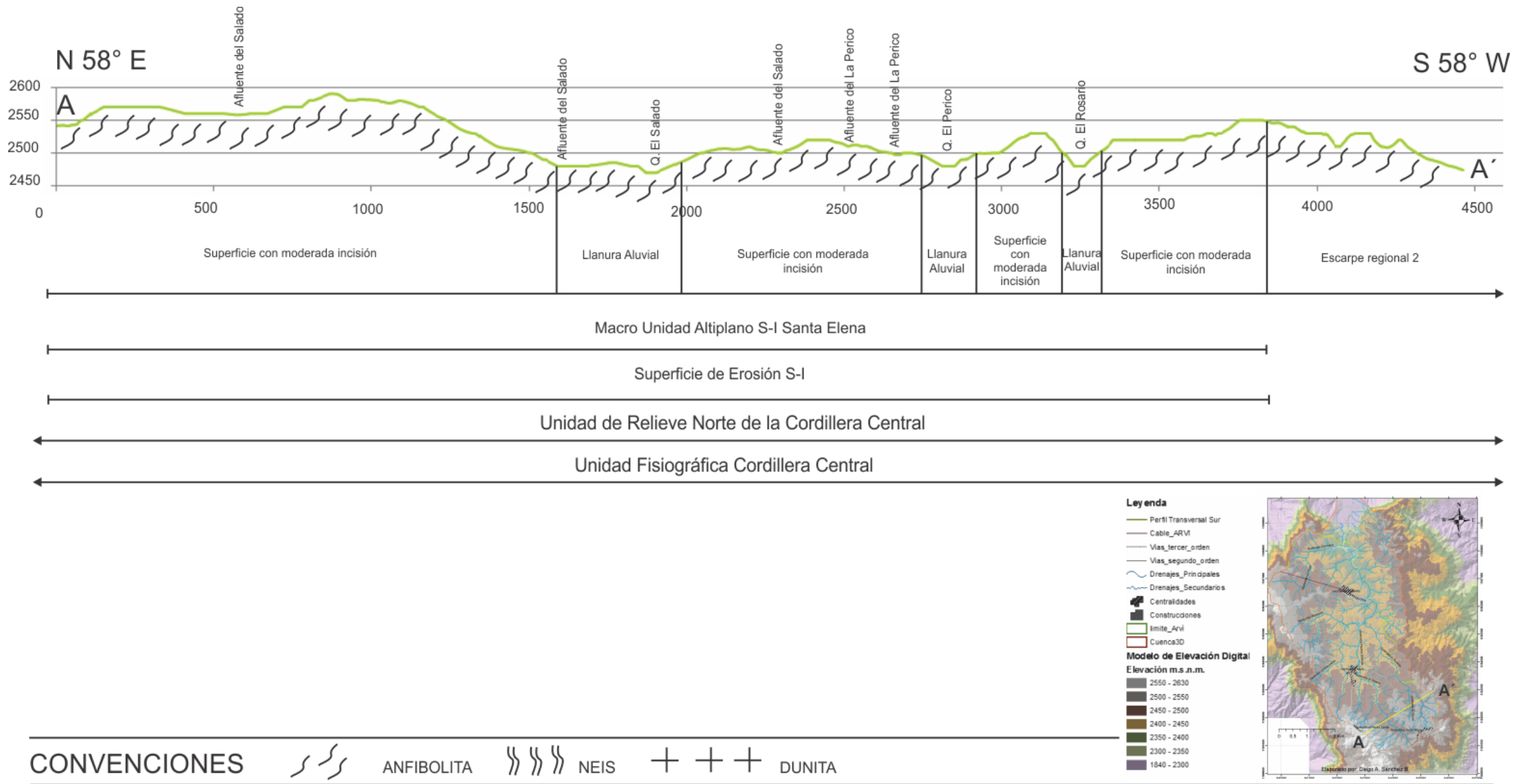


Figura 70. Perfil de identificación de las unidades geomorfológicas en la zona sur de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.

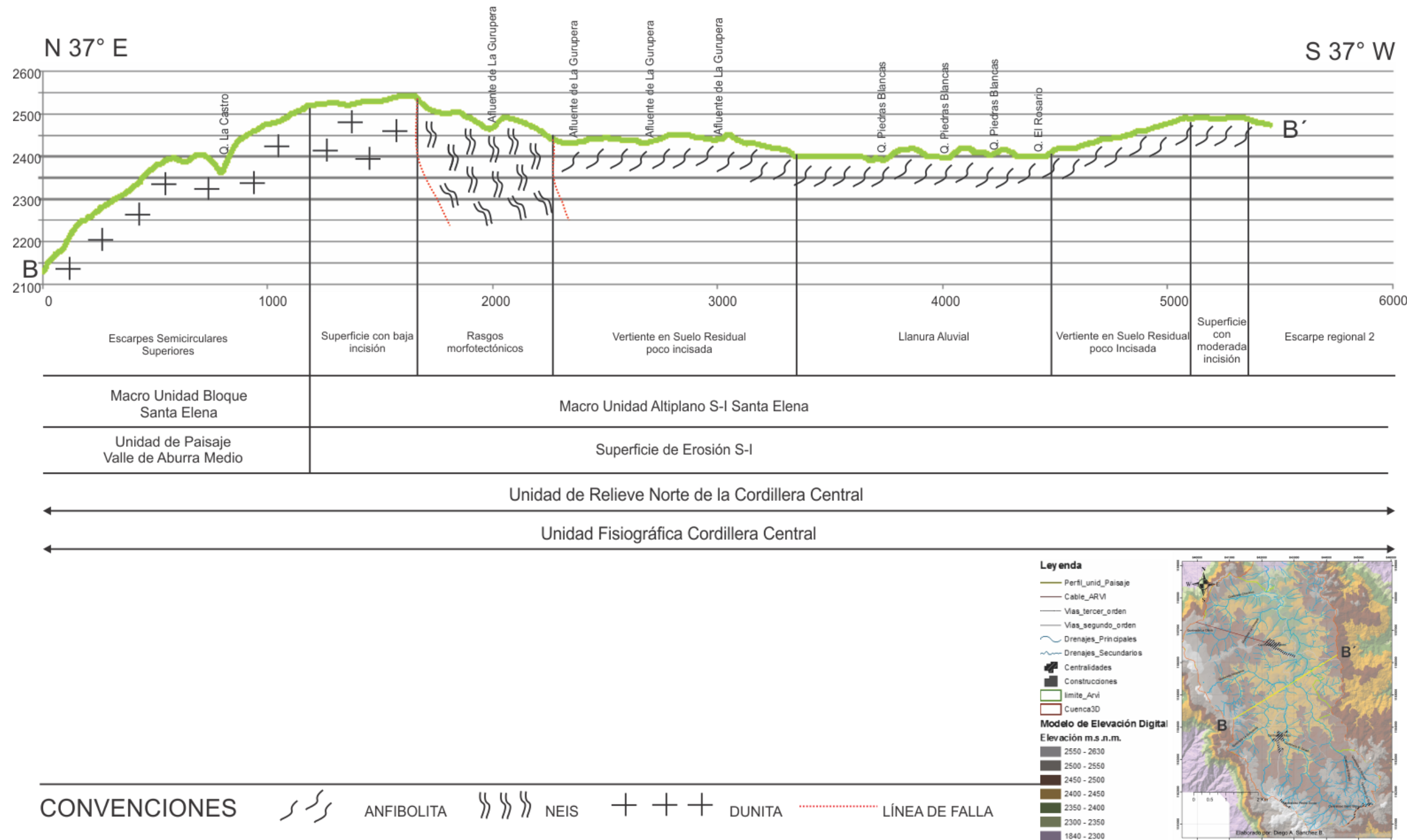


Figura 71. Perfil de identificación de las unidades geomorfológicas en la zona central de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.

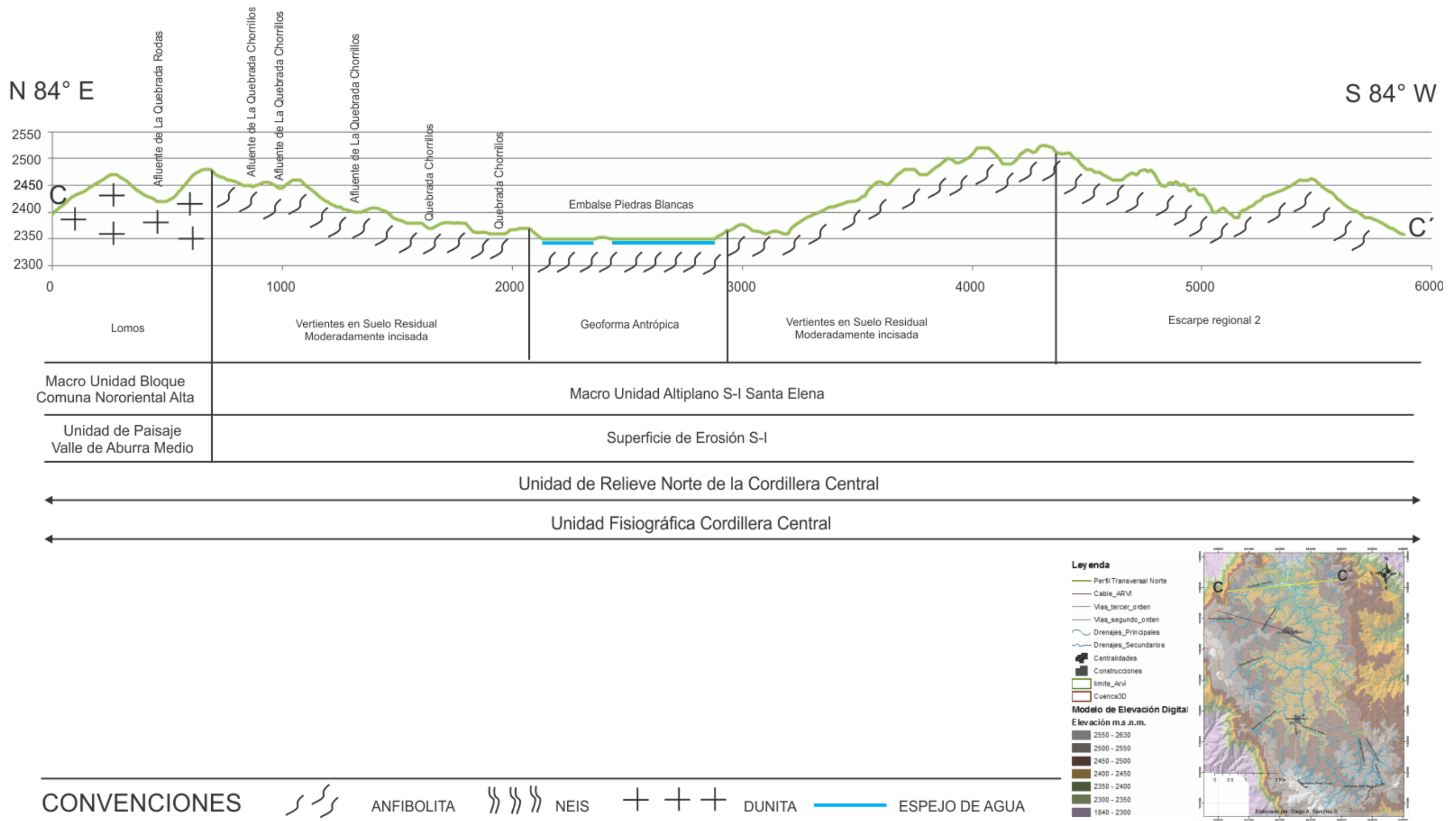


Figura 72. Perfil de identificación de las unidades geomorfológicas en la zona norte de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas.

14.6.1 Unidades Geomorfológicas Ubicadas dentro de la Unidad de Paisaje Valle de Aburrá Medio

Corresponde a las unidades descritas por el Área Metropolitana, ubicadas en la ladera nor-oriental de Medellín y que conforman la sección occidental del parque Arví, dentro de las cuales se encuentran:

- **ESCS - Escarpes Semicirculares Superiores.**

Pertenciente a la macro unidad bloque Santa Elena, estas geofomas se localizan hacia la zona de nacimiento de la quebrada La Castro, afluente de la quebrada Santa Elena. Su ingreso se realiza en inmediaciones del camino prehispánico que conduce del sector la Laguna de Guarne hasta el barrio Golondrinas en la comuna ocho de Medellín, con zonas escarpadas (Pendientes superiores a 30°), próximas a los límites con el altiplano S-I (ver figura 73).



Figura 73. Escarpe Semicircular (Bloque santa Elena)

Esta unidad se sitúa sobre roca ígnea de la Dunita de Medellín; debido a su alta pendiente presenta depósitos gravitacionales muy inestables y altamente

disectados por el régimen hidrológico de la quebrada La Castro y sus tributarios, hecho que se evidencia en los mapas de curvatura y rugosidad (ver figuras 64 y 65) como cambios variables en su concavidad y una alta rugosidad. Fue cartografiada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el estudio de la Microzonificación Sísmica en el año 2007 (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 3 de 6 y 5 de 6).

- **PÑ. Peldaño.**

Ubicado hacia el norte de la unidad anterior, en predios del camino prehispánico denominado de la Cuesta y hacia el sector más occidental del parque Arví. Perteneciente a la macro unidad bloque Comuna Nororiental Alta, esta unidad se caracteriza por pendientes bajas (ver figura 62), con un escalón o zona semiplana a media ladera que se atribuye a control tectónico (Área Metropolitana del Valle de Aburra, AMVA., 2007)

Sus rasgos morfométricos presentan una superficie con baja rugosidad (ver figura 65), de relieve relativo muy bajo (ver figura 63) y curvatura variable (ver figura 64) en la que predominan las zonas planas.

Esta unidad es la de menor área en todo el parque Arví y fue delimitada por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en el estudio de la Microzonificación Sísmica del año 2007 (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 3 de 6).

- **L . Lomos.**

Ubicada entre la unidad de peldaños y la unidad escarpe semicircular superior y perteneciente a la macro unidad bloque Santa Elena (ver figura 61), esta unidad se caracteriza por filos alargados y estrechos con orientación paralela al eje del río Medellín (Área Metropolitana del Valle de Aburra, AMVA., 2007). Su curvatura varía entre cóncava y convexa (ver figura 64), rugosidad de moderada a muy alta, con procesos de inestabilidad frecuentes, tales como movimientos en masa

(ver figura 65), pendientes mayores a 15° (ver figura 62). Fue definida y cartografiada en la microzonificación sísmica del Valle de Aburrá en el 2007 (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 3 de 6).

14.6.2 Unidades Geomorfológicas Ubicadas dentro de la Unidad de Paisaje Superficie de Erosión S-I.

Corresponde a las unidades ubicadas en la superficie de erosión S-I y que han sido disectadas por la quebrada Piedras Blancas y sus afluentes, dentro de las cuales se encuentran:

- **SBI. Superficie Con Baja Incisión**

Corresponde a la superficie plana S-I descrita por Page & James (1981) ubicada hacia la zona occidental del parque Arví, en roca dunítica y con baja densidad de drenajes lo cual permite conservar su altiplanicie (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 3 de 6).

La unidad litológica (Dunita de Medellín) donde se encuentra esta unidad geomorfológica, muestra características pseudo-kársticas en laguna seca (ver figura 75) y a las formas de Carren (ver figura, 76) en las rocas expuestas a la escorrentía (Vásquez, 1993).



Figura 74. Laguna de Guarne, ubicada dentro de la unidad Superficie con Baja Incisión cerca al escarpe de la vertiente oriental del Valle de Aburrá medio.



Figura 75. Laguna seca, ubicada dentro de la unidad Superficie con Baja Incisión a pocos metros al este de la laguna de Guarne.



Figura 76. A), B) y C) Formas de Carren en la roca perteneciente a la Dunita de Medellín hacia el sector de la laguna de Guarne.

Esta unidad limita la unidad de paisaje Superficie de Erosión S-I de la unidad de paisaje Valle de Aburrá Medio, realizando control en el régimen hidrológico que impide que los afluentes de la quebrada Piedras Blancas en el altiplano sean capturados hacia la vertiente Nor-Oriental del Valle Medio de Medellín.

Los rasgos morfométricos de esta unidad se caracterizan por pendientes muy bajas (0° - 5°) (ver figura 62), conformando una zona de curvatura plana (ver figura 64) de muy baja rugosidad (ver figura 65) al igual que un relieve relativo muy bajo (ver figura 63). Esta zona es el remanente mejor conservado de la superficie S-I en el parque Arví.



Figura 77. Superficie Plana hacia el sector de la laguna de Guarne.

- **SMI. Superficie Con Moderada Incisión**

Se ubica hacia el área sur del parque Arví, en jurisdicción de las veredas Barro Blanco y Piedra Gorda, zona de nacimientos de las quebradas La Uribe o Ávila, El Salado, El Encanto, El Perico, La Ruiz y El Rosario. Sus alturas están por encima de los 2500 m.s.n.m., caracterizada por zonas planas remanentes de la superficie S-I, moderadamente disectadas por la red de drenajes que forma cañones en V con vertientes cortas de pendientes que van desde empinadas ($>30^\circ$) hasta moderadas (15° y 30°) (ver figura 62). Su rugosidad es variable (ver figura 65), con zonas muy bajas hacia la vereda Piedra Gorda donde se conservan superficies planas del altiplano S-I conformando las cimas de los lomos o cerros bajos, a zonas muy altas en los alrededores de la quebrada El Rosario y La Ruiz debido a la intervención antrópica por minería aurífera desde épocas hispánicas (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 6 de 6).

Su curvatura (ver figura 64) es homogénea, variando entre superficies cóncavas y convexas que forman las vertientes disectadas por los drenajes a zonas planas ubicadas hacia la cima del relieve o en pequeños peldaños ubicados a media ladera.

A diferencia de la unidad anterior, esta se encuentra sobre la Anfibolita de Piedras Blancas (Capítulo 8), con mayor densidad de drenajes y con una mayor disección del terreno. Tiene una ocupación antrópica alta en las veredas de Barro Blanco, Piedra Gorda y sus fincas (minifundios) aledañas (ver figura 78).



Figura 78. Cabecera de la vereda Barro Blanco

- **LB. Lomos Bajos**

Esta unidad es contigua a la zona norte de la unidad anterior (Superficies con Moderada Incisión), en jurisdicción de la vereda de Mazo y en la parte rural de las veredas Piedra Gorda y Barro Blanco (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 4 de 6 y 6 de 6).

Está conformada por lomos alargados (>1 km) de muy bajo relieve relativo (> 30 m), con vertientes cortas de pendientes bajas a medias (5° a 30°) disectadas por la red principal de drenajes (quebradas Piedras Blancas y El Rosario) de dirección preferencial norte – sur.

Sus cimas son planas y forman escalones a medida que se extiende hacia el norte, ubicando sobre ellas las vías principales que conduce al embalse de Piedras Blancas. Existe densidad poblacional alta, conformada por el núcleo urbano de la vereda Mazo (ver figura 79) y por fincas de recreo, supermercados, hoteles y escuelas. Es una zona de importantes hallazgos antropológicos evidenciando la ocupación de este territorio en épocas prehispánicas (Ver figura 14).



Figura 79. Cima plana de los lomos bajos donde se encuentra el núcleo urbano de la vereda Mazo.

Este lugar presenta núcleos de rugosidad media a alta, generada por la explotación minera tanto aurífera (ver figura 80), como de sal. Históricamente lo ha identificado como un importante sector industrial en la explotación salina durante la Colonia y la República (Ver capítulo 7, sección 7.3).



Figura 80. Montículos de rocas residuales en la explotación Minera aurífera aluvial en la quebrada La Gurupera.

Su curvatura es variable (ver figura 64), con predominio de las zonas planas y una heterogeneidad entre vertientes cóncavas y convexas con peldaños a media ladera, conformando depósitos gravitacionales que en algunos sectores estrangulan los valles aluviales.

Hacia los topes y los peldaños se mantiene el perfil de suelos sobre roca anfibolítica descrito en el capítulo 10, conservando los topes de los lomos de la erosión por escorrentía y enriqueciendo el suelo en nutrientes para las pequeñas prácticas agrícolas del sector (ver figura 81).



Figura 81. Intervenciones agrícolas en la zona rural de la vereda Barro Blanco.

- **RMT. Rasgos Morfotectónicos**

Unidad ubicada dentro de la zona del corredor de la falla La Acuarela y conformada por rocas metamórficas del Neis Milonítico de Sajonia, limitado al oeste por la unidad Superficies con Baja Incisión (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 3 de 6).

Esta unidad muestra rasgos asociados a esfuerzos locales -fracturamiento y planos en las roca-, además de escarpes con pendientes mayores a 30° con procesos de remoción en masa activos (Desgarres superficiales) y gran densidad de Knickpoint en sus drenajes (ver figura 82).



Figura 82. Knickpoint formado por el escarpe de la falla La Acuarela

Las quebradas Guruperita, Matasano y la Olaya son los principales drenajes que cortan de oeste a este la unidad. Ambos drenajes presentan un patrón que va de dendrítico a rectangular dado por controles estructurales de las dos trazas de la falla La Acuarela, con cambios drásticos en su dirección ($\approx 90^\circ$). Muestra algunos lomos de falla en su contacto con remanentes de la superficie de erosión S-I y colinas aisladas por control estructural.

Sus pendientes van desde altas ($>30^\circ$) hacia el oeste, a medias (15° a 30°) hacia el este (Ver figura 62). Su rugosidad es desde muy alta a moderada, y muestra de manera incipiente el corredor conformado por las dos trazas de la falla la Acuarela (Ver figura 65), al igual que su relieve relativo con alturas en el escarpe no superiores a 50 m (Ver figura 63). Su rugosidad es variable, entre cóncava y

convexa, aunque presenta una baja densidad de los peldaños que conforman sus superficies planas, en algunos sectores disectadas por los drenajes que atraviesan la zona.

- **LLA. Llanura Aluvial**

La unidad de Llanura Aluvial se localiza en la zona central y oriental del parque Arví, y está conformada principalmente por el drenaje de la quebrada Piedras Blancas -de orden 5- y de sus afluentes El Rosario, La Gurupera, y Matasano -de orden 4-. Presenta valles cortos estrangulados por gargantas formadas en zonas diaclasadas (ver figura 83), y por movimientos de masa que en la mayoría de los casos van acompañados de saltos (Knickpoint) (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 1 de 6, 2 de 6, 3 de 6, 4 de 6, 5 de 6 y 6 de 6).

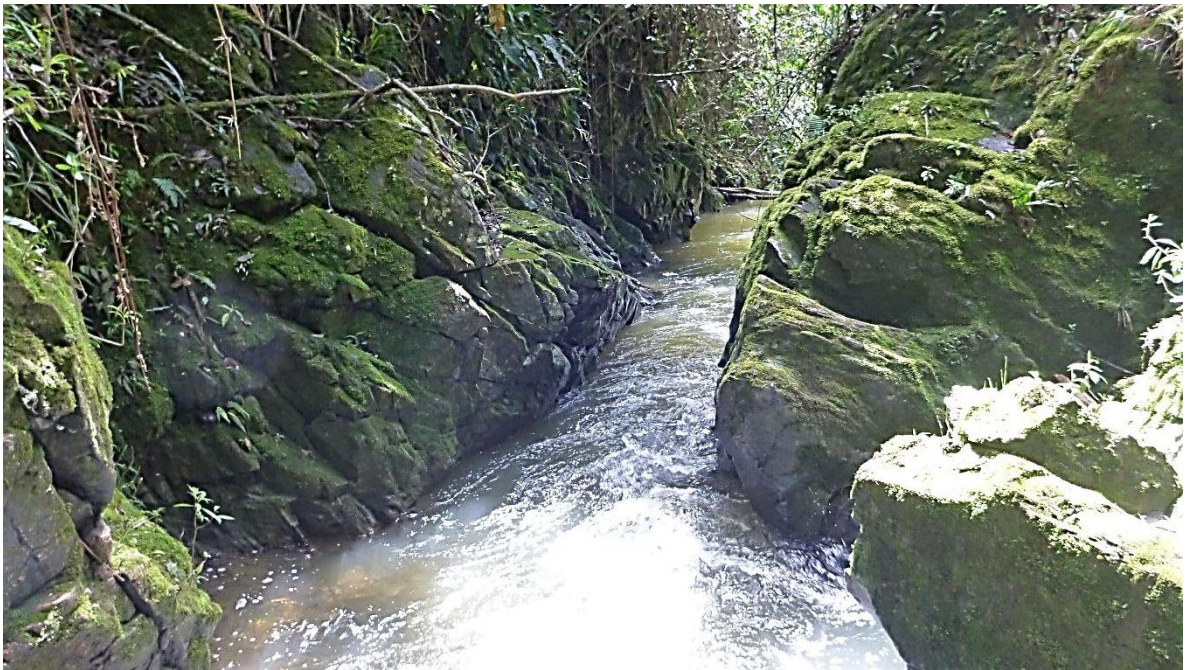


Figura 83. Estrangulamiento (Garganta) de la quebrada Piedras Blancas, conformando un canal en planos de diaclasas, cerca al sector del vivero de EPM.

Estos valles presentan una superficie de inundación de poca a plitud (≈ 140) seguida de terrazas que en algunos sectores alcanzan alturas de 50 hasta m. las cuales fueron explotadas para la obtención de oro (minería aurífera) (ver figura 84), desarrollada a lo largo de todos los valles. Esta actividad generó la canalización en algunos tramos de las quebradas, realizada con el apilamiento de rocas de tamaños no superiores a 50 cm (ver figura 85).



Figura 84. Terraza intervenida por la explotación aurífera en el sector del núcleo de Comfama.



Figura 85. Quebrada El Rosario, con muro artificial en roca construido durante la colonia, a la altura del núcleo de Comfama.

En el sector de Mazo, la quebrada Piedras Blancas muestra socavación de sus orillas, con cortes no mayores a 1,50 m (Baja incisión del drenaje) que muestran el cambio en el régimen fluvial a través del tiempo. Presentan hacia la base depósitos de guijarros (>5 cm), y hacia su techo niveles de arenas gruesas hasta limos (ver figura 86).



Figura 86. Perfil de sedimentos sobre la margen izquierda de la quebrada Piedras Blancas, cerca de la vereda Mazo.

Hacia la desembocadura de las quebradas La Gurupera y Matasanos a la quebrada Piedras Blancas ocurren abanicos aluviales cortados por la vía principal que conduce de la vereda Mazo al sector El Tambo, en el lugar denominado Chorro Clarín. Actualmente esta zona se inunda en temporadas invernales (ver figura 87).



Figura 87. Abanico formado por la desembocadura de la quebrada Matasanos.

Sobre las márgenes de la quebrada Piedras Blancas se presenta una serie de facetas triangulares, evidencias del control estructural norte-sur del cauce, trazado en el capítulo 9.

Hacia las márgenes de la quebrada Piedras Blancas y su principal afluente, la quebrada El Rosario, se presentan alrededor de 20 fuentes de salmuera, explotadas desde épocas prehispánicas hasta el siglo pasado para la obtención de sal. Estas fuentes fueron denominados salares (ver figura 88) y constituyeron en su tiempo una próspera industria en el sector.



Figura 88. Salar de la vereda de Mazo, denominado Salar de la Roca, hacia la margen izquierda de la quebrada Piedras Blancas.

- **VSRPI. Vertientes En Suelo Residual Poco Incisados**

La unidad de Vertientes En Suelo Residual poco incisados, se ubica en la zona central y oriental del parque; limita al occidente con la unidad de Rasgos Morfotectónicos, al sur con la unidad de Lomos Bajos y al norte con la unidad de

vertientes en Suelo Residual Moderadamente Incisadas (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 4 de 6).

Esta unidad está conformada por una ladera en declive de oeste a este donde predominan pendientes bajas (0° - 15°) y, en menor proporción, pendientes moderadas (15° - 30°). Su curvatura varía entre cóncava y convexa, pero dominan superficies planas, tanto en la cima de los cerros como en peldaños formados a media ladera. Su rugosidad muestra una zona con valor de baja a muy baja, solo presentándose valores de moderado a alto en el límite con la Unidad de Llanura Aluvial en donde se observan algunos depósitos gravitacionales.

En la mayor parte de su área se conservan los suelos derivados de anfibolita y ceniza volcánica con espesores variables de materia orgánica y preservación de la línea de piedra (Ver Capítulo 9); ambos aspectos se evidencian en cortes de carretera y caminos.

La anfibolita de Piedras Blancas domina esta unidad, aunque es de anotar que diques cuarzosos con concentración de sulfuros la intruyen de sur a norte. Durante el siglo pasado (Ver capítulo 6, sección 6.3) estos diques fueron explotados por minería subterránea (ver figura 89).



Figura 89. Minas en socavón para la explotación aurífera ubicadas cerca a la sede forestal de la universidad Nacional.

En esta unidad se han hallado diferentes evidencias de ocupación indígena, incluyendo tumbas subterráneas, cimientos enterrados en madera de las viviendas, cerámica en barro cocido fragmentadas y algunas herramientas completas usadas para la cacería. También muros en tierra y roca, ubicados al parecer para la delimitación de predios, hecho que ratifica cambios en el uso del suelo desde épocas prehispánicas (ver figura 90).



Figura 90. A) Tumbas indígenas subterráneas; B) Muros en tierra; C) Vasijas indígenas de cerámica en barro cocido

- **VSRMI. Vertientes en Suelos Residuales Moderadamente Incisados**

La unidad de Vertientes en Suelos Residuales moderadamente incisados, se encuentra ubicada en la zona norte y oriental del parque, limitando al occidente con la unidad de Rasgos Morfotectónicos, al sur con la unidad de vertientes en Suelo Residual poco Incisadas y al norte con la unidad geofoma Antrópica conformada por el embalse de Piedras Blancas (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 2 de 6).

Esta unidad se caracteriza por presentar cerros de relieve moderado con vertientes largas, que a diferencia de la anterior tiene mayores pendientes (0° a 30°), con mayor curvatura, evidenciada en su mayor densidad en concavidad y convexidad y con menor proporción en peldaños. Aunque su rugosidad y relieve relativo presentan valores muy semejantes -con mayor valor en muy bajo y poco valor en alto-, la protección de estos suelos hoy en día por parte de las empresas

Públicas de Medellín (ver figura 91) permite conservar el terreno del impacto antrópico por construcción de obras habitacionales.



Figura 91. Área Forestal protegida de las Empresas públicas de Medellín, cuenca de la quebrada Chorrillos.

La quebrada Chorrillos, de orden 4, es el drenaje principal de este sector. Presenta un trazo recto en sentido oeste – este, alterado al cambiar abruptamente ($\approx 90^\circ$) al contacto con la unidad de Rasgos Morfoestructurales hacia su cabecera; su pendiente es escalonada por pequeños valles estrangulados por depósitos de vertiente y Knickpoints que evidencian el control estructural de la zona.



Figura 92. Knickpoint en la quebrada Chorrillos

Otro de los drenajes que disectan la unidad es la quebrada La Vanegas -de orden 3-, la cual presenta un corto recorrido de aproximadamente 1700 m. con poca densidad de afluentes, la cual se encuentran encajada en un cañón con pendientes entre 15° y 30° , sin presentar peldaños en su recorrido.

Hacia la margen derecha de la quebrada Chorrillos, se desarrolló una fuerte explotación minera hasta mediados del siglo pasado, la cual quedó evidenciada en socavones para la minería aurífera para la explotación de diques cuarzosos con dirección norte – sur, los cuales hoy en día se encuentran abandonados y en algunos sectores colapsados.



Figura 93. A) y B) Socavones para la explotación aurífera hacia la margen derecha de la quebrada Chorrillos. C) Dique Cuarzoso.

Aunque hoy en día la densidad de fincas con cultivos de pan coger es demasiado baja, en la zona existen relictos de viviendas, hoteles, iglesias y demás obras civiles que existieron en épocas anteriores, lo que evidencia una mayor ocupación y alteración humana que hoy se ve enmascarado por un tupido bosque de coníferas que día a día destruyen este patrimonio histórico.



Figura 94. Ruinas en tapia de la casa finca Las Mercedes, conocida como la casa del músico o casa del balcón, Arquitectura republicana de comienzos del siglo XIX.

- **GA. Geofoma Antrópica**

Corresponde a formas generadas por la intervención del hombre en el paisaje.

Esta unidad se encuentra fragmentada, siendo su principal expresión el embalse ubicado hacia el extremo nororiental del parque denominado “Embalse de Piedras Blancas (ver figura 95). Este embalse fue construido en los años cuarenta para el abastecimiento de agua potable a la ciudad de Medellín, y aunque su vida útil se estimó originalmente en 50 años, aún sigue prestando el servicio a los barrios ubicados en la ladera nororiental de Medellín (ver anexo Geomorfología del Parque Arví mapa 2 de 6, 4 de 6 y 6 de 6).



Figura 95. Embalse de Piedras Blancas.

Otras de las manifestaciones antrópicas presentes en el parque son los núcleos urbanos de las veredas Barro Blanco, Piedra Gorda, Mazo, Piedras Blancas y El Tambo. Estos núcleos han presentado en los últimos años un crecimiento poblacional acelerado, impulsado por el comercio turístico asociado a los visitantes que ingresan por las distintas vías de acceso.



Figura 96. Iglesia de Mazo construida a finales del siglo XVIII.

Por último, las construcciones actuales y las proyectadas en los núcleos turísticos del parque -como Comfama, Comfenalco, Mazo, el Tambo, entre otras- aportan infraestructura y equipamiento robusto para la atención y el sano esparcimiento del creciente número de visitantes (ver figura 97).



Figura 97. Construcción en concreto dentro del núcleo de Comfama.

15. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Se identificaron y clasificaron 11 unidades geomorfológicas con base en la interpretación de fotografías aéreas, en el modelamiento de la información cartográfica 1:5000 de las Empresas Públicas de Medellín, y en su georreferenciación, descripción y análisis de campo.

Partiendo de la información bibliográfica recolectada y analizada, se sintetizó e ilustró la evolución de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, incluyendo un análisis de los factores orogénicos que dieron forma al norte de la cordillera Central, y también enfoques locales resultantes de la interpretación de los perfiles de suelo del parque Arví.

La descripción detallada de los suelos del parque Arví, sumada a la descripción antropológica, permitió su caracterización y el planteamiento de relaciones morfológicas con el uso que se le dio a estos terrenos durante los diferentes periodos de ocupación humana (período Prehispánico hasta nuestros días).

La adaptación de los diferentes estudios, métodos y guías creadas por las entidades del estado para la realización de mapas geomorfológicos a escalas mayores, permitió caracterizar e identificar las unidades geomorfológicas a través de análisis morfométricos, morfológicos, morfodinámicos, y morfogenéticos.

El mapa geomorfológico en escala 1:5000 generado por este estudio es el punto de partida para continuar nuevas investigaciones enfocadas en las áreas ambiental, estructural, petrográfica, antropológica, geotécnica y de ordenamiento territorial.

Los desarrollos turísticos sin el debido control (construcción de fincas de recreo, hoteles, tiendas y restaurantes) generan amenazas para el medio natural del Parque y la destrucción y pérdida del patrimonio indígena, constituido por

cerámicas, tumbas y piezas orfebres, saqueadas o destruidas durante los procesos constructivos.

Los estudios de Microzonificación Sísmica del valle de Aburrá, realizados en el año 2007, no describen adecuadamente la zona del parque Arví, ubicando dentro del área de estudio el escarpe regional conformado entre el altiplano S-I Santa Elena y el altiplano S-II Rionegro, el cual fue rectificado y reestructurado en este trabajo.

Los mapas geológicos y geomorfológicos del parque Arví están elaborados a escalas de 1:100.000, y fueron ajustados a escalas de 1:5000 para cumplir con los objetivos de este trabajo.

Las unidades descritas y analizadas en este informe fueron desarrolladas siguiendo la metodología estipulada por el Área Metropolitana del Valle de Aburra en el documento *“Directrices y Lineamientos para la elaboración de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos y geotécnicos para intervenciones en zonas de ladera”*, realizado en el año 2012.

16. RECOMENDACIONES

El desarrollo de nuevas infraestructuras y la falta de control urbanístico generan cambios constantes en el tipo de coberturas y sus respectivas áreas, por lo cual se recomienda comprar los predios en venta, ampliar su cobertura a toda la cuenca, efectuar una nueva actualización en catastro y fortalecer la legislación vigente en el parque Arví.

Fomentar la investigación interdisciplinaria entre antropólogos y geólogos con el fin de identificar las zonas donde se establecieron los grupos humanos y determinar su relación con el paisaje.

Capacitar a los guías en las características geológicas que dieron origen a la formación del parque, con el fin de aumentar su conocimiento y dominio del entorno en el cual laboran y socializar el conocimiento con los visitantes nacionales y extranjeros.

BIBLIOGRAFÍA

- AHA. Archivo Histórico de Antioquia. Salinas. Tomo 374. Doc: 6974. F. 27r. (s.f.).
- AHA. Archivo Historico de Antiquoia. Salinas. Tomo 374. Doc: 6992. (s.f.).
- Archivo Histórico de Antioquia. . (s.f.). Minas de Antioquia. Tomo 73. Doc: 4950.
- Archivo Histórico de Antioquia. (s.f.). Salinas. Tomo 374. Doc: 6977. F. 254r – 254v.
- Archivo Historico de Medellín. . (s.f.). Coloni. Tomo 49. F.272 -286.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2012). *Directrices y Lineamientos para la elaboración de los estudios geológicos, geomorfológicos, hidrológicos, hidráulicos, hidrogeológicos y geotécnicos para intervenciones en zonas de ladera, en el Valle de Aburrá*. Medellín: Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá, AMVA. (2007). *Microzonificación y Evaluación del Riesgo Sísmico del Valle de Aburrá*. Medellín: Pùblicación institucional del AMVA.
- Botero, S. (1999). "Gente antigüa, Piedras Blancas, campos circundados. Vestigios arqueológicos en el altiplano de Santa Elena (Antioquia - Colombia)". *Boletín de Antropología Universidad de Antioquia*. Vol. 13, No. 30, 287 - 305.
- Carvajal Perico, J. H. (2012). *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia*. Bogotá: Servicio Geológico Colombiano.

- Colin, F., Brimhall, G., Nahon, G., Lewis, C. J., Baronnet, A., & Danti, K. (1992). Equatorial rainforest lateritic soils: A geomembrane filter. *Geology*, V. 20, 523 - 526.
- De Pedraza, J. (1996). *Geomorfología, Principios, Métodos y Aplicaciones*. Madrid: Rueda, S. L.
- Derruau, M. (1970). *Geomorfología*. Barcelona, España: Ariel.
- Einsele, G. (1992). *Sedimentary Basins. Evolution Facies and Sediment Budget*. Berlin: Springer-Verlag.
- Empresas Públicas de Medellín. (2005). Al vaivén de lo público y lo privado, 1890 - 1920. *Empresas Públicas de Medellín, Volumen 15. No. 4 Mayo-Agosto*, 45 - 53.
- Floréz, A., Barerra, M. S., Barajas, A. F., Montoya, J. W., Rodríguez, O., Tobón, E. A., y otros. (1996). *Sistemas morfogénicos del territorio colombiano. Convenio IDEAM-UNAL, Memoria y cartografía, escala 1:500.000*. Bogotá.
- Fryirs, K. A., & Brierley, G. J. (2013). *Geomorphic Analysis of River Systems*. Reino Unido: Wiley Blackwell.
- Fundación Holos - Natura. (2001). *Proyecto Plan Maestro Parque Regional Arví: Informe final*. Medellín: Corantioquia.
- García, C., & Hermelin, M. (2004). Cálculo Preliminar de la Tasa de Meteorización del Batolito Antioqueño, Cordillera Central, Colombia. *Revista Brasileira de Geomorfología, año 5, No 2.*, 43 - 53.
- Giraldo, & Sánchez. (2004). *Caryografía geológica del contacto del cuerpo sur de la Dunita de Medellín con sus rocas asociadas. tesis de grado*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.

- Gisbert Blanquer, J. M., & Ibáñez Asensio, S. (2002). *Génesis de suelos*. Valencia, España: Universidad Politécnica de Valencia.
- Gómez, L. (2009). *Textos arqueológicos e históricos*. Medellín, Colombia: Confama Parque Arví.
- Granger, D. E., Kirchner, J. W., & Finkel, R. (1996). Spatially Averaged Long - Term Erosion Rates Measured From in Situ - Produced Cosmogenic Nuclides in Alluvial Sediment . *The Journal of Geology*, 104-249.
- Gregory, K. J., & Walling, D. E. (1973). *Drainage Basin Form and Process: A Geomorphological Approach* . London: Arnold .
- Hermelin, M. (1993). Stone line in Antioquia, Colombia. *Quaternary of South America an Antarctic Peninsula*, 137 - 156.
- Hobson, R. D. (1972). Surface Roughness in topography: quantitative approach. In: Chorley, R.J. *Spatial analysis in geomorphology*, 225-245.
- IGAC, Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (1979). *Suelos del departamento de Antioquia, Tomo II*. Bogotá.
- INGEOMINAS. (2005). Geología de la Plancha 147. Medellín Oriental. Escala 1:100000. Medellín.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales -IDEAM. (2013). *Guía Metodológica para la Elaboración de Mapas Geomorfológicos a escala 1:100.000*. Bogotá D.C.: IDEAM.
- Leopold, L., Wolman, N., & Miller, J. (1964). *Fluvial Processes in Geomorphology* . San Francisco, Unite state: Freeman and Company.

- Londoño, J. P. (2006). *Evaluación Holística del Riesgo frente a deslizamiento en áreas urbanas andinas. Estudio de caso: Manizales*. Manizales: Tesis de maestría de la universidad Nacional de Colombia, sede Manizales.
- Maya, M., & González, H. (1995). Unidades litodémicas en la cordillera Central de Colombia. *Bol. Geol. Ingeominas*, 35 (2-3), 43 - 57.
- Mejia, W. (1996). *Antioquia bajo las Austrias*. Bogotá: Instituto Colombiano de Cultura.
- Merritts, D. J., & Ellis, M. (1994). Introduction to Special Section on Tectonics and Topography. *Journal of Geophysical Research, B, Solid Earth and Planets* 99 (6), 12.135 - 12.141.
- Ministerio de Cultura. (1998). *Resolución 0797. Por el cual se declara como bien de interes cultural de caracter nacional la zona arqueológica de la cuenca alta de la quebrada Piedras Blancas, localizada en el corregimiento de Santa Elena del municipio de Medellín-Antioquia*. Bogotá, D.C.
- Montes, C., Robert, D., Hatcher, R. D., & Restrepo-Pace, P. A. (2005). Tectonic reconstruction of the Northern Andean blocks: oblique convergence and rotations derived from the kinematics of the Piedras-Girardot area, Colombia. *Tectonophysics* 399, 221 - 250.
- Moogler, C. C., & Buurman, P. (2000). Erosión, sedimentation and pedogenesis in a polygenetic oxisol sequence in Minas Gerais, Brazil. *Catena*, Vol 4, 3 - 17.
- Mount, J. F. (1954). California Rivers and Streams: The Conflict Between Fluvial Process and Land Use. *The Regents of The University of California*, 358.
- Muller, D., Bocquier, G., Nahon, D., & Pacquet, H. (1981). Analyse des differentiations mineralogiques et structurales d'un sol ferralitique a horizons nodulaires du Congo. *Cahier O.R.S.T.O.M. serie Pedologie* 18, 87 - 109.

- Obregón, M. (2008). *Unidades habitacionales y cambio social. Una mirada comparativa a contextos del área intermedia en Mesoamérica*. México D.F.: Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de México. Facultad de filosofía y letras. Instituto de investigaciones antropológicas.
- Obregón, M., & Gómez, L. (2008). Unidades habitacionales y cambio social en el Noroccidente de Suramérica. *International Journal of South American Archaeology-IJSA No. 3*, 46-57.
- Page, W., & James, M. (1981). The antiquity of the erosion surfaces and late Cenozoic deposits near Medellín, Colombia: Implications to tectonics and erosion rates. *CIAF, Vol 6 No. 1-3*, 421 - 454.
- Pardo - Casas, F., & Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farallón) and South American Plates Since Late Cretaceous Time. *Tectonics No. 6*, 233 - 248.
- Pike, R. J., Evans, I. S., & Hengl, T. (2009). Geomorphometry: a brief guide. In T. Hengl & H.I. Reuter (Eds.), *Geomorphometry: concepts, software, applications. Developments in Soil Science 33*, 3-30.
- Pinter, N., & Brandon, M. T. (1997). How Erosion Builds Mountains . *Scientific American 276 (4)* , 74 -79.
- Rendón, D. A. (1999). *Cartografía y caracterización de las unidades geológicas de la zona urbana de Medellín. Tesis de grado*. Medellín: U. Nacional.
- Rendón, D. A. (2003). *Tectonic and Sedimentary of the Upper Aburrá Valley, Northern Colombian Andes (Tesis MSc): Shimane University*. Matsue, Japón.
- Rendón, D. A. (2006). *Determinación de espesores de saprolito en el batolito Antioqueño. Informe final para el Banco de la República*. Medellín.

- Rendón, L. E. (2007). Crecimiento de Arboles Nativos en Piedras Blancas. *Revista de las Empresas Públicas de Medellín*, Volumen 16, No. 1 Junio - Septiembre.
- Restrepo, J., & Toussaint, J. (1984). Unidades litológicas de los alrededores del Valle de aBURRÁ. *I. Conf. Sobre riesgos geol. Del Valle de Aburrá. Soc. Col. de Geol. Memoria 1*, (págs. 1 - 26). Medellín.
- Restrepo, S. A., Foster, D. A., Stockli, D. F., & Parra-Sánchez, L. N. (2009). Long-term erosion and eshumation of the "altiplano Antioqueño", Northern Andes (Colombia) from apatite (U-Th)/he thermochronology. *Earth and Planetary Science Letters*, 278 (1-2), 1 - 12.
- Retallack, G. J. (2001). *Soils of the Past: An introduction to Paleopedology*. Blackwell Sciencie. 2d edition.
- Rodríguez, G., González, H., & Zapata, G. (2005). *Memoria explicativa de la plancha 147 Medellín Oriental. Explicación del mapa geológico (escala 1:50.000)*. Medellín: INGEOMINAS.
- Schaetzl, R. J., & Weisenborn, B. N. (2004). The Grayling Fingers region of Michigan: soils, sedimentology, stratigraphy and geomorphic development. *Geomorphology*, V.61 , 251 - 274.
- Schumm, S. A. (1963 b). Sinuosity of alluvial rivers of the great plains . *Bulletin of the Geological Society of America*. No 74, 1089 - 1100.
- Selby , M. J. (1985). *Earth's Changing Surface*. Nueva York: Oxford University Press.
- Servicio Geológico Colombiano. (2012). Propuesta Metodológica Sistemática para la Generación de Mapas Geomorfológicos Analíticos Aplicados a la Zonificación de Amenaza por Movimiento en Masa escala 1:100.000.

Bogotá D.C.: Ministerio de Minas y Energía. Servicio Geológico Colombiano.

Sierra, G. M., & Marín-Cerón, M. I. (2012). *Amagá, Cauca Patía Basin. In Petroleum Geology of Colombia. Editor. Fabio Cediél. Vol (2).* Medellín: Fondo Editorial Universidad EAFIT.

Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (Area - Altitude) Analysis of Erosional Topography. *Geol. Soc. Am. Bull. No 63*, 1117 . 1142.

Taboada, A., Rivera, L. A., Fuenzalida, A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., y otros. (2000). Geodynamics of the Northern Andes: subductions and intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics 19*, 787 - 813.

Toro, G. E., & Hermelin, M. (1990). Stratigraphy of Volcanic Ashes from Southern Antioquia: possible paleoclimatic implications. *Quaternary of South America and Antartia Peninsula V. 8*, 201 - 217.

Toro, G., Hermelin, M., Shwabe, E., Posada, B., Sila, D., Poupeau, G., y otros. (2006). Fission-Track datings and geomorphic evidences for long-term stability in the Central Cordillera highlands, Colombia. *Zeitschrift für Geomorphologie, supplement V. 145*, 1 - 16.

Truck, J. E., & Lutgens, F. K. (1993). *The Earth, an introduction to Physical Geology.* New York, United States: Macmillan Publishing Company.

Trujillo, J. (2007). La influencia del bosque en la regulación hídrica de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas. *Revista Empresas Públicas de Medellín (Junio-Septiembre)*, 113-142.

Twidale, C. R. (2006). Notes on the origin and significance of stone layers. *Cuadernos Laboratorio Geológico de Laxe. No. 31*, 127 - 141.

- Uribe, M. (1985). *Geografía general del Estado de Antioquia en Colombia. Volumen 11*. Medellín: Secretaria de Educación y Cultura del Departamento de Antioquia.
- Van der Hammen, T. (1958). Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos. *Boletín Geológico*, 6(1-3), 70 - 128.
- Vasquez, R. A. (1993). *Geomorfología del Altiplano de Santa Elena*. Medellín: Tesis de grado. Universidad EAFIT.
- Vélez, N., & Botero, S. (1994). "*La búsqueda del Valle de Arví y descubrimiento de los valles de Aburrá y e Rionegro, por el capitán Jorge Robledo*". Digitado, 205 p. 16 planchas cartográficas y fotográficas. Medellín, Colombia.
- Vélez, N., & Botero, S. (2009). *La búsqueda del Valle de Arví*. . Medellín, Colombia: Secretaría de Cultura Ciudadana, Municipio de Medellín. Tercera edición.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Oficina CIAF.
- Zinck, J. A. (2012). *Geopedología*. The Netherlands: ITC.