



CONTRATO INTERADMINISTRATIVO CVC – UNIVALLE 188 DE 2008

PROYECTO MIDAS

**ZONIFICACIÓN DE AMENAZAS Y ESCENARIOS DE RIESGO POR
MOVIMIENTOS EN MASA, INUNDACIONES Y CRECIENTES
TORRENCIALES DEL ÁREA URBANA Y DE EXPANSIÓN DE LOS
MUNICIPIOS DE BUGA, RIOFRÍO, DAGUA, EL CAIRO Y LA
UNIÓN**

<p>INFORME FINAL SOBRE MAPAS TEMÁTICOS MUNICIPIO DE EL CAIRO</p>

**SUPERVISIÓN A CARGO DE
HIDROOCCIDENTE**

Santiago de Cali, Mayo de 2009

Este informe en su versión inicial fue terminado en Mayo de 2009 y después de la respectiva revisión y corrección por parte de Hidro-Occidente se obtuvo la presente versión final, en el mes de Mayo del año 2010.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	12
INTRODUCCIÓN	13
PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO	15
1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	18
1.1. DEFINICIÓN DE LÍMITES DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN	24
2. HISTORICIDAD	27
2.1 METODOLOGÍA	28
2.2. RELACIÓN DE FUENTES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS	28
2.2.1. Actas del CLOPAD	29
2.2.2. Oficios	30
2.2.3. Noticias	32
2.2.4. Informes Técnicos	32
2.2.5. Comunicados	33
2.2.6. Testimonios	34
2.2.7. Antecedentes e inventario histórico de eventos	35
2.3. EVENTOS DE REMOCIÓN DE MASA RELEVANTES EN EL MUNICIPIO DE “EL CAIRO” – VALLE DEL CAUCA	36
3. TOPOGRAFÍA	45
3.1. DISEÑO DE RED DE FOTOCONTROL PARA CONTROL FOTOGRAMÉTRICO	45
3.2. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS	46
4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	52
4.1. RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA	52
4.2. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEOGRÁFICA	59
4.3. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA	59
4.3.1. Mapa Básico	61
4.3.2. Mapa Geológico Integrado	63
4.3.3. Mapa de Uso de Suelo Urbano y Cobertura	63
4.3.4. Mapa de Pendientes	64
4.3.5. Mapa de Isoyetas Mensuales Multianuales y Mapa de Precipitaciones Máximas con periodos de 24, 48 y 72 horas.	64
4.3.6. Levantamiento Topográfico	65
4.3.7. Ortofotomapa	65

4.3.8. Modelo Digital de Elevación	65
5. GEOLOGÍA	67
5.1. TRABAJOS ANTERIORES	67
5.1.1. Síntesis de las obras recomendadas y ejecutadas	70
5.2. GEOLOGÍA REGIONAL	71
5.2.1. Geología regional y evolución reciente de la Cordillera Occidental	71
5.3. SECTOR DE EL CAIRO	74
5.3.1. Mapa geológico de la región de El Cairo	74
5.3.1.1. Litología local	74
5.3.1.2. Estructura: fracturas y fallas.	76
5.3.2. Mapa de Unidades Superficiales	80
5.3.2.1. Suelos residuales	80
5.3.3. Geomorfología	82
5.3.3.1. Geoformas locales del terreno	82
5.3.3.2. Movimientos de remoción en masa	86
5.3.3.2.1. Deslizamientos.	86
5.3.3.2.2. Hundimientos locales	90
5.3.3.2.3. Erosión	91
5.3.3.2.4. Zonas con rasgos morfológicos difusos de remoción en masa (NC).	92
5.4. CÁRCAVA TEJARES	92
5.4.2. Escalonamiento	94
5.4.3. Escarpes	95
5.4.4. Movimientos en masa antiguos, potencialmente inestables	95
5.4.5. Agrietamiento del terreno	96
5.4.6. Reptación	96
6. GEOFÍSICA	98
6.1. LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS	98
6.2. METODOLOGÍA	98
6.2.1. Equipo utilizado	99
6.2.2. Método Exploratorio	100
6.2.3. Interpretación Geofísica	101
6.2.3.1. Línea Sísmica L-1	103
6.2.3.3. Línea Sísmica L-3	106
6.2.3.4. Línea Sísmica L-4	108
6.2.3.5. Línea Sísmica L-5	109
6.2.3.6. Línea Sísmica L-6	110
6.2.3.7. Línea Sísmica L-7	112
6.2.3.8. Línea Sísmica L-8	114
6.2.3.9. Línea Sísmica L-9	116
6.2.3.10. Línea Sísmica L-10	118
6.2.3.11. Línea Sísmica L-11	120
6.2.3.12. Línea Sísmica L-12	122
6.2.3.13. Línea Sísmica L-13	123
6.3. CORRELACIÓN GEOFÍSICA	131
6.3.1. Sección de Correlación A – A”	131

6.3.2. Sección de Correlación B – B''	131
6.3.3. Sección de Correlación C – C''	132
7. HIDROLOGÍA	134
7.1. REVISIÓN DE INFORMACIÓN	134
7.1.1. Análisis EOT-2000 del municipio de El Cairo	135
7.1.1.1. Hidrografía	135
7.1.1.2. Amenazas	136
7.1.1.2.1. Deslizamientos:	138
7.1.1.2.2. Hundimientos y grietas:	139
7.1.1.2.3. Inundaciones	139
7.2. CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA	140
7.2.1. Conformación de la base de datos hidrometeorológica	140
7.2.1.1. Verificación de la calidad de la información	142
7.3. MEDICIONES Y DETERMINACIONES DE CAMPO	143
7.3.1. Visita 1; Reconocimiento de la zona de estudio	143
7.3.2. Visita 2; Reconocimiento del uso del suelo	145
7.3.3. Visita 3; <i>Visita 3; Análisis y uso actual del suelo, según las necesidades del grupo Geotecnia.</i>	146
7.3.4. Uso actual del suelo	152
7.3.5. Uso potencial del suelo	157
7.3.5.1 Metodología	157
7.3.6. Conflictos de uso del suelo	165
7.3.7. Evaluación de la infiltración y perfiles del suelo	169
7.3.8. Sector Matadero Viejo	172
7.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN	176
7.4.1. Análisis espacial de la precipitación	176
7.4.2. Análisis temporal de la precipitación	181
7.4.2.1. Régimen de humedad	181
7.4.2.2. Curvas de variación estacional	182
7.4.2.3. Precipitaciones máximas	182
7.4.3. Análisis de intensidad-frecuencia-duración	187
7.5. ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTO	189
7.5.1. Reconocimiento zona de la cárcava Tejares, del Río las Vueltas y la Qda Tejares	189
7.5.2. Caudales máximos zona urbana y de expansión municipio de El Cairo	191
8. GEOTÉCNIA	196
8.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO	196
8.2. ENSAYOS DE LABORATORIO	202
8.3. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN	202
8.4. ENSAYOS DE RESISTENCIA	204
8.4.1 Ensayos Triaxiales consolidados no drenados (CU)	204
8.5. RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA	207
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	210

9.1. CONCLUSIONES	210
9.2. RECOMENDACIONES	212
<i>10. BIBLIOGRAFÍA</i>	<i>214</i>
<i>11. ANEXOS</i>	<i>219</i>
Anexo 3.1: Topografía – Ficha técnica equipos	220
Anexo 4.1: SIG - Propuesta de Estructuración	223
Anexo 4.2: SIG - Propuesta de Adiciones a la Estructuración propuesta por CVC	239
Anexo 7.1: Hidrología – Isoyetas mensuales multianuales	246
Anexo 8.1: Geotecnia - Registro de exploración del subsuelo (Apiques)	261
Anexo 8.2: Geotecnia - Resultados de ensayos de laboratorio	268

CONTENIDO DE TABLAS

<i>Tabla 1.1. Información geográfica general del municipio de El Cairo.</i>	21
<i>Tabla 2.1. Inventario histórico de eventos municipio de El Cairo</i>	35
<i>Tabla 3.1 Puntos Ajustados en WGS84 (Coord. geog. y dev. estd.)</i>	48
<i>Tabla 3.2. Precisiones al 95% de confianza</i>	49
<i>Tabla 4.1. Información Cartográfica del EOT.</i>	52
<i>Tabla 4.3. Información Cartográfica Temática de CVC de la Cuenca Garrapatas.</i>	53
<i>Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de planchas 1:5000</i>	54
<i>Tabla 4.5. Elementos restituidos</i>	62
<i>Tabla 5.1. Afloramientos</i>	76
<i>Tabla 5.2. Relación de deslizamientos</i>	88
<i>Tabla 7.1. Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección.</i>	141
<i>Tabla 7.2. Porcentaje de Datos Faltantes de las Estaciones (Base Diaria)</i>	143
<i>Tabla 7.3. Categorías de Usos del suelo</i>	146
<i>Tabla 7.4. Uso de suelo en el municipio de El Cairo</i>	154
<i>Tabla 7.5. Uso del suelo (Abril 27 del 2009)</i>	155
<i>Tabla 7.6 Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)</i>	170
<i>Tabla 7.7 Rango y calificación general de la velocidad de infiltración.</i>	170
<i>Tabla 7.8. Perfil del suelo sector Matadero Viejo – Municipio de El Cairo</i>	174
<i>Tabla 7.9 Infiltración Municipio de El Cairo</i>	175
<i>Tabla 7.10 Calificación del terreno según los datos obtenidos de infiltración.</i>	175
<i>Tabla 7.11 Resultados del análisis de precipitaciones máximas estación El Cairo. Periodo: 1982 – 2007.</i>	183
<i>Tabla 7.12 Deslizamientos ocurridos en el municipio de El Cairo y su respectiva precipitación antecedente.</i>	185
<i>Tabla 7.13 Resultados de los aforos realizados en la salida técnica al municipio de El Cairo</i>	190
<i>Tabla 7.14 Valores de coeficiente de escurrimiento superficial C para cada uno de las zonas.</i>	193
<i>Tabla 7.15 Intensidades máximas horarias para las zonas en estudio</i>	194
<i>Tabla 7.16 Caudales máximos según formula racional</i>	194
<i>Tabla 8.1 Características de los apiques y sondeos mecánicos realizados.</i>	198
<i>Tabla 8.2 Resultados de ensayos de clasificación.</i>	204
<i>Tabla 8.3. Resultados de ensayos triaxiales</i>	206
<i>Tabla 8.4. Parámetros iniciales de los ensayos triaxiales</i>	207

CONTENIDO DE FIGURAS

<i>Figura 1.1 Ubicaciones de la zona de estudio.</i>	18
<i>Figura 1.2 Localización del Municipio de El Cairo sobre la Cordillera Occidental al NE del departamento del Valle del Cauca.</i>	19
<i>Foto 1.1 Panorámica de la cabecera del municipio de El Cairo.</i>	20
<i>Figura 1.3 Red hídrica y cabecera municipio de El Cairo</i>	22
<i>Figura 1.4 Imagen satelital de la cabecera del municipio de El Cairo y la zona de la cárcava Tejares.</i>	23
<i>Foto 1.2 Panorámica Cárcava Tejares.</i>	23
<i>Figura 1.5 Zona de depósito luego de la entrega de la microcuenca Tejares al río Las Vueltas.</i>	24
<i>Figura 1.6 Perímetros de la zona urbana y de expansión del municipio de El Cairo, definidos en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal.</i>	25
<i>Figura 2.1 Mapa de Historicidad.</i>	43
<i>Figura 3.1 Selección de puntos de fotocontrol en el mosaico fotográfico.</i>	46
<i>Figura 3.2 Superposición de los levantamientos topográficos en el ortofotomosaico</i>	47
<i>Figura 3.3 Placas instaladas en el municipio de El Cairo</i>	47
<i>Figura 3.4 Despliegue gráfico del resultado de procesamiento de los puntos de fotocontrol.</i>	48
<i>Figura 4.1 Flujo de procesos y productos cartográficos del proyecto.</i>	60
<i>Figura 4.2 Cubrimiento de fotografías aéreas.</i>	61
<i>Figura 5.1 Mapa Geológico generalizado de la Cordillera Occidental al Norte del Departamento del Valle del Cauca.</i>	72
<i>Figura 5.2 Mapa geológico de El Cairo.</i>	75
<i>Figura 5.3 Patrón de drenaje área de El Cairo.</i>	78
<i>Figura 5.4 Mapa de pendientes en grados.</i>	84
<i>Figura 5.5 Mapa de pendientes en porcentaje.</i>	85
<i>Figura 6.1 Dispositivo de prospección sísmica y disposición de los geófonos sobre el terreno.</i>	100
<i>Figura 6.2 Localización líneas sísmicas</i>	102
<i>Figura 6.3 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-1.</i>	104
<i>Figura 6.4 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-2.</i>	105
<i>Figura 6.5 Dromocrónica Línea de Refracción sísmica L-3.</i>	107
<i>Figura 6.6 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-4.</i>	109
<i>Figura 6.7 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-5.</i>	110
<i>Figura 6.8 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-6.</i>	111
<i>Figura 6.9 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-7.</i>	113
<i>Figura 6.10 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-8.</i>	115
<i>Figura 6.11 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-9.</i>	117
<i>Figura 6.12 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-10.</i>	119
<i>Figura 6.13 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-11.</i>	121
<i>Figura 6.14 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-12.</i>	122
<i>Figura 6.15 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-13.</i>	124
<i>Figura 6.16 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-14.</i>	125
<i>Figura 6.17 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-15.</i>	127
<i>Figura 6.18 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-16.</i>	129
<i>Figura 6.19 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-17.</i>	130
<i>Figura 7.1 Red hídrica y cabecera municipio de El Cairo.</i>	136
<i>Figura 7.2 Estaciones meteorológicas utilizadas en el municipio de El Cairo</i>	140
<i>Figura 7.3 Mapa de uso de suelo en el municipio de El Cairo (Abril de 2010)</i>	156
<i>Figura 7.4 Mapa de uso potencial del Suelo – Municipio de El Cairo.</i>	164
<i>Figura 7.5 Mapa de conflicto de uso del suelo – Municipio de El Cairo.</i>	168
<i>Figura 7.6 Ubicación de los puntos para las pruebas de infiltración.</i>	171
<i>Figura 7.7 Curva de velocidad de infiltración Matadero Viejo; Prueba 2.</i>	173
<i>Figura 7.8 Infiltración acumulada Matadero Viejo; Prueba 2.</i>	173
<i>Figura 7.9 Distribución anual multianual de la precipitación en el municipio de El Cairo.</i>	177

<i>Figura 7.10 Distribución mensual de la precipitación en el municipio de El Cairo.</i>	178
<i>Figura 7.11 Distribución anual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de El Cairo.</i>	179
<i>Figura 7.12 Distribución mensual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de El Cairo.</i>	180
<i>Figura 7.13 Distribución temporal de las precipitaciones en la estación El Cairo – Municipio El Cairo (1982 – 2007).</i>	181
<i>Figura 7.14 Curvas de variación estacional estación El Cairo. Periodo: 1982 – 2007.</i>	182
<i>Figura 7.15 Isoyetas mensuales multiamuales de precipitaciones máximas – P24.</i>	184
<i>Figura 7.16 Isoyetas mensuales multiamuales de precipitaciones máximas – P48.</i>	184
<i>Figura 7.17 Isoyetas de precipitaciones máximas – P72.</i>	185
<i>Figura 7. 18 Curva de precipitación y frecuencia – Estación El Cairo.</i>	187
<i>Figura 7. 19 Curva IFD con periodos de retorno de 10, 30 y 100 años; Estación Santiago Gutiérrez, Argelia.</i>	188
<i>Figura 7.20 Ubicación de los puntos de Aforo</i>	190
<i>Figura 7. 21 Ubicación de los sectores para el cálculo de los caudales máximos.</i>	192
<i>Figura 8.1 Ubicación de apiques y sondeos mecánicos.</i>	197
<i>Figura 8.2 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-1.</i>	199
<i>Figura 8.3 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-2.</i>	200
<i>Figura 8.4 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-3.</i>	201
<i>Figura 8.5 Carta de plasticidad de Casagrande.</i>	203
<i>Figura 8.6 a) Curva esfuerzo - deformación b) Incremento en exceso de presión con la deformación. Muestra 5 del sondeo S-2 (6.00-7.50).</i>	205
<i>Figura 8.7 Envolvente de falla S-2 (6.00-7.50).</i>	206
<i>Figura 8.8 Curva esfuerzo-deformación S-1 (6.00-7.50).</i>	208

CONTENIDO DE FOTOS

<i>Foto 2.1</i> Observación reactivación de la Cárcava de Tejares -12 de diciembre de 2003.	37
<i>Foto 2.2</i> Emergencia invernal 30 de diciembre de 2008.	38
<i>Foto 2.3</i> Derrumbe en la vía principal. Invierno de noviembre y diciembre de 2008.	39
<i>Foto 2.4</i> Cárcava de Tejares, miércoles 22 de mayo de 1974.	40
<i>Foto 3.1</i> Zonas de erosión de la cárcava cubiertas por vegetación.	49
<i>Foto 3.2</i> En algunos casos fue necesario utilizar Escaleras y otros accesorios para superar las dificultades del terreno.	49
<i>Foto 3.3</i> Algunos accidentes abruptos en la zona de cárcava.	50
<i>Foto 5.1</i> Afloramiento de limolita silíceas, plegada por el sobre-escurrimiento de bancos gruesos de estratos superiores.	77
<i>Foto 5.2</i> Rasgo topográfico en forma de lomo.	79
<i>Foto 5.3</i> Roca fracturada y suelo de tipo arcilloso.	81
<i>Foto 5.4</i> Deslizamiento de suelo en el talud de la carretera que conduce a Ansermanuevo.	87
<i>Foto 5.5</i> Deslizamientos en el "Antiguo Matadero". Deslizamientos "planares".	89
<i>Foto 5.6</i> Ladera occidental de El Cairo donde se observan movimientos de remoción en masa antiguos.	90
<i>Foto 5.7</i> Hundimientos locales del terreno.	91
<i>Foto 5.8</i> Cárcava generada aguas arriba de la carretera con una quebrada en las afueras de El Cairo en la vía a Ansermanuevo.	92
<i>Foto 5.9</i> Vista general de la Cárcava Tejares.	93
<i>Foto 5.10</i> Hundimiento del terreno en el área de influencia de la Cárcava Tejares.	94
<i>Foto 5.11</i> Vista de los escarpes que muestran la zona más afectada de la cárcava.	95
<i>Foto 6.1</i> Sismógrafo modelo Ras-24, para refracción sísmica.	99
<i>Foto 6.2</i> Geófonos para recepción de ondas.	99
<i>Foto 6.3</i> Cable de emisión.	100
<i>Foto 6.4</i> Platina y Mazo utilizado como fuente de energía.	100
<i>Foto 6.5</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-1, realizada cerca a la estación de gasolina en la cabecera municipal.	103
<i>Foto 6.6</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-2, en la carrera 5A del barrio Belisario.	105
<i>Foto 6.7</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-3, laderas del barrio Belisario.	106
<i>Foto 6.8</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-4 en la ladera del barrio Belisario.	108
<i>Foto 6.9</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-6, al costado oriental del Barrio El Cementerio.	111
<i>Foto 6.10</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-7, en el lado oriental del Barrio El Cementerio.	112
<i>Foto 6.11</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-8, en la finca La Selva.	114
<i>Foto 6.12</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-9 en la ladera de la calle de Los Llanos.	116
<i>Foto 6.13</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-10, al norte del parque recreacional.	118
<i>Foto 6.14</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-11.	120
<i>Foto 6.15</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-13 en la ladera del Barrio El Cementerio.	123
<i>Foto 6.16</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-14 entre el barrio El cementerio y el parque recreacional.	126
<i>Foto 6.17</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-15, frente a la tubería de aguas residuales de ACUEVALLE.	127
<i>Foto 6.18</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-16 en la finca Toledo.	128
<i>Foto 6.19</i> Localización Línea de Refracción Sísmica L-17 en el Barrio Alto de La Cruz.	130
<i>Foto 7.1</i> Hundimiento de vivienda sector La Nibia.	139
<i>Foto 7. 2</i> Estación Las Brisas – IDEAM visitada el día 30 de Abril de 2009.	141
<i>Foto 7. 3</i> Estación El Cairo – CVC visitada el día 9 de Junio de 2009.	142
<i>Foto 7. 4 y 7.5</i> Estación Santiago Gutiérrez – CENICAFE visitada el día 9 de Junio de 2009.	142
<i>Foto 7.6</i> Deslizamiento en la carretera Las Brisas.	144
<i>Foto 7.7</i> Deslizamiento activado por la escorrentía superficial sobre la carretera Las Brisas.	144

<i>Foto 7.8</i> Deslizamiento activado por la escorrenría superficial sobre la carretera Las Brisas. _____	145
<i>Foto 7.9</i> Zona de expansión municipio de El Cairo; sector la casa atravesada. _____	145
<i>Foto 7.10</i> Vista al sur-occidente. Uso del suelo pastos. _____	147
<i>Foto 7.11</i> Vista al sur-occidente. Uso del suelo: pastos, cultivo de café asociado a plátano. _____	147
<i>Foto 7.12</i> Uso del suelo: pastos, al fondo bosque. _____	148
<i>Foto 7.13</i> Uso del suelo: pastos y rastrojo. _____	148
<i>Foto 7.14</i> Vista desde el acueducto, hacia el sur-occidente. _____	149
<i>Foto 7.15</i> Valle del río Vallecitos. Uso del suelo: pastos, bosque alrededor de las quebradas, pequeñas extensiones sembradas en café y plátano. _____	149
<i>Foto 7.16</i> Vista desde el acueducto, hacia el nor-occidente. Uso del suelo: pastos y rastrojo. _____	150
<i>Foto 7.17</i> Desde la vereda Buenos Aires, vista hacia el sur occidente, ladera oriental, el principal uso del suelo: cultivo de café asociado a guamo. _____	150
<i>Foto 7.18</i> Al fondo municipio de El Cairo, ladera oriental, uso del suelo: pastos hacia la parte superior y baja de la ladera, cultivo de café asociado a guamo. _____	151
<i>Foto 7.19</i> Ladera oriental, uso del suelo: cultivo de café asociado a guamo. _____	151
<i>Foto 7.20</i> Ladera oriental, vista hacia el nor-occidente, uso del suelo: pastos y cultivo de café asociado a guamo. _____	152
<i>Foto 7.21</i> Ocupación del terreno en el municipio de El Cairo _____	155
<i>Foto 7.22</i> Prueba de infiltración; Barrio Belisario. _____	169
<i>Foto 7.23</i> Análisis perfil del suelo; Sector Matadero Viejo _____	169
<i>Foto 7.24</i> Imagen de la “represa” en el río Las Vueltas (tomada por Serraniagua 1983) _____	191
<i>Foto 8.1</i> Montaje para exploración S-1. _____	202
<i>Foto 8.2</i> Muestra típica de material consolidado encontrado en S-3. Nótese la presencia de materia orgánica. _____	202
<i>Fotos 8.3 y 8.4</i> Equipo triaxial. _____	205
<i>Foto 8.5</i> Muestra después de la falla. _____	206

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a todas las personas e instituciones consultadas para la recolección de todo tipo de información relacionada con el proyecto, como lo fueron: CVC y sus diferentes unidades involucradas, Ingeominas, Igac, la Alcaldía del municipio de El Cairo y su oficina de Planeación.

También a las diferentes dependencias de la Universidad del Valle que prestaron su valioso aporte, concurso y colaboración en el desarrollo del proyecto como son La Facultad de Ingenierías, la Escuela de ingeniería Civil y Geomática, el Área de Geomática, el EIDENAR, la Oficina de Bienes y Servicios y las demás unidades encargadas de los procesos administrativos y financieros del proyecto.

Igualmente a todas las personas que de una u otra manera aportaron su granito de arena o que expresaron opiniones constructivas y que estuvieron atentas al desarrollo de las diferentes actividades e hicieron posible que este proyecto se convirtiera en una exitosa realidad.

INTRODUCCIÓN

El presente documento describe todo el trabajo realizado por la Universidad del Valle, a través del Observatorio Geofísico y Sismológico del Suroccidente, en el Municipio de El Cairo en cuanto a la información Temática obtenida de los estudios e investigaciones realizados en el contexto del proyecto “Zonificación de amenazas y escenarios de riesgos por movimientos en masa, inundaciones y crecientes torrenciales del área urbana y de expansión de los municipios de El Cairo, Buga, Riofrío, Dagua y la Unión “ en el marco del contrato No. 188 CVC-UNIVALLE.

En el capítulo 1 se hace una descripción general del municipio. En el capítulo 2 se presenta el registro de los eventos históricos sucedidos en el municipio. En el capítulo 3 se describen los estudios topográficos realizados. En el capítulo 4 se anotan los trabajos de generación cartográfica con sistemas de información geográfica y la estructuración de la información geográfica. En el capítulo 5 los estudios de geología adelantados. En el capítulo 6 los estudios de campo correspondientes a la evaluación Geosísmica. En el capítulo 7 los estudios de hidrología y finalmente en el capítulo 8 se detallan los resultados de la exploración del subsuelo.

A partir de estos estudios indicados y con el uso de la cartografía base, se han generado los mapas temáticos resultantes para el municipio de El Cairo. Estos mapas se elaboraron haciendo uso de los sistemas de información geográfica, los cuales se generaron con la estructura definida por la CVC

En consecuencia en este informe se relacionan como resultados concretos los siguientes mapas temáticos:

- Mapa básico en escala 1 : 2.500
- Mapa geológico integrado (geología, unidades superficiales y procesos morfodinámicos)
- Mapa de cobertura y uso de los suelos
- Ortofotomapa del municipio
- Mapa de los levantamientos topográficos de las zonas especiales de interés
- Mapa del levantamiento topográfico de la cárcava Tejares
- Modelo digital de elevaciones con resolución de 5 metros.

PERSONAL PARTICIPANTE

PERSONAL PARTICIPANTE EN EL PROYECTO

Para la ejecución del proyecto la Universidad del Valle, seleccionó un grupo altamente especializado de sus profesores de planta que fue completado con profesionales contratistas y además conto con la vinculación de estudiantes de los últimos años de diferentes programas de estudio afines con las temáticas del proyecto (ingeniería civil, ingeniería topográfica, ingeniería agrícola, geografía e historia) con quienes se conformaron los distintos grupos de trabajo que tuvieron a su cargo atender todos los aspectos del proyecto, así:

N o	NOMBRE	PROFESION	CARGO
DIRECCION Y ADMINISTRACION			
1	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph.D. en Física-Matemáticas	Director
2	JAIME ROJAS	Ing. Civil	Coordinador Técnico y Administrativo
3	KARINA CASTILLO	Ing. Agrícola	Asistente Administrativa
4	JENNIFER QUIÑONES	Estudiante Ing. Topográfica	Auxiliar Administrativa
GRUPO DE GEOLOGIA Y GEOFISICA			
5	GABRIEL PARIS	Geólogo	Asesor en Geología
6	WILLIAM VARGAS	Geólogo	Coordinador
7	DANIEL RAMIREZ	Geólogo	Geólogo
8	MAGNOLIA APONTE	Geógrafa	Asistente de Investigación
GRUPO DE GEOTECNIA			
9	JESUS GARCIA	Ing Civil	Coordinador - Geoteenista
10	JACOBO OJEDA	Ing. Civil	Director - Coordinador
11	LORENA NATHIALY BELTRAN	Ing Civil	Auxiliar Técnico
12	JAIME CASAS	Ing. Civil	Especialista
13	OSCAR GALVIS	Ing. Civil	Ingeniero Auxiliar
14	FABIAN ULLOA	Ing. Civil	Geoteenista
15	EDGAR ROFRIGUEZ	Geólogo	Especialista SIG
16	JHON ARTEAGA	Estudiante	Auxiliar de Ingeniería
17	NATALIA PEÑA	Estudiante de Geografía	Monitora
GRUPO DE SIG			
18	EDDA CIFUENTES	Ing. Topográfica	Coordinadora
19	JIBER QUINTERO SALAZAR	Ing. Topográfico	Auxiliar en SIG y Topografía
20	VIVIANA BARRERO VARELA	Ing. Topográfica	Auxiliar en SIG y Topografía
GRUPO TOPOGRAFIA Y CARTOGRAFIA			
21	JHON JAIRO BARONA	Ing. Topográfico	Coordinador
22	HECTOR FABIO HERNANDEZ	Tec. Topográfico	Operador de Topografía 1
23	JOSE RICARDO FRANCO BORJA	Aux. en Topografía	Auxiliar en Topografía 1
24	JULIAN ANDRES ESCOBAR	Ing. Topográfico	Operador de Topografía 2
25	JOSE JULIAN CASTRILLON	Aux. en Topografía	Auxiliar en Topografía 2
GRUPO DE HIDROLOGÍA			
26	HENRY JIMENEZ ESCOBAR	Ing. Agrícola	Coordinador
27	FABIAN ULISES BARROSO	Ing. Agrícola	Ingeniero
28	JUAN PABLO URREGO	Ing. Agrícola	Ingeniero
29	VICTORIA SOLARTE	Ing Agrícola	Ingeniera
30	JHONY HUMBERTO GARCES	Estudiante de Geografía	Monitor
31	TULIO ENRIQUE BONILLA	Estudiante de Tec. Manejo Suelos y	Monitor

Aguas

GRUPO DE HIDRAULICA			
32	CARLOS RAMIREZ	Ing. Civil	Coordinador
33	CARLOS OMAR AYALA COLLAZOS	Ing. Civil	Ingeniero
34	MARIA PAULA LORZA VILLEGAS	Ing. Civil	Ingeniero
35	FREDY RUANO	Estudiante Ing Civil	Monitor
36	EMILIO CORRALES	Estudiante Ing Civil	Monitor
GRUPO DE HISTORICIDAD			
37	ELKIN SALCEDO HURTADO	Ph. D. en Física-Matemáticas	Coordinador Historicidad
38	LUZ ANGELA MAZUERA	Licenciada en Historia	Licenciada en Historia
39	NATHALY DE LOS ANGELES MAZO	Estudiante Geografía	Monitora

La supervisión del proyecto estuvo a cargo de la firma de ingeniería HIDRO-OCCIDENTE S.A. quienes atendieron todos los aspectos de control, seguimiento y calidad del proyecto, así como la revisión y aprobación de los informes a través de la participación directa de los ingenieros Carlos Enrique Madriñán, Hernán Lara y Giradú Cifuentes y del geólogo Samuel Almeida.

El acompañamiento del proyecto por parte de la CVC estuvo en todo momento a cargo de los geólogos Harbey Millán y Olga Patricia Villa, adscritos a la Dirección Técnica Ambiental

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El municipio de El Cairo fue fundado en 1920 y reconocido como municipio en 1947, está localizado al norte del departamento del Valle del Cauca y hace parte del ecosistema de la serranía de los Paraguas (Figura 1.1). Tiene una extensión de 283 Kilómetros cuadrados.



Figura 1.1 Ubicaciones de la zona de estudio.

El municipio de El Cairo se encuentra localizado en la Cordillera Occidental, al NW del departamento del Valle del Cauca, tal como se muestra en la Figura 1.2, cuyo acceso se efectúa a través de la vía pavimentada que de la población de Ansermanuevo, conduce hacia Albán y finalmente al Cairo.

La cabecera Municipal se encuentra ubicada al norte del departamento del Valle de Cauca entre las siguientes coordenadas: $04^{\circ} 46' 00''$ latitud norte y $76^{\circ} 13' 30''$ longitud oeste.

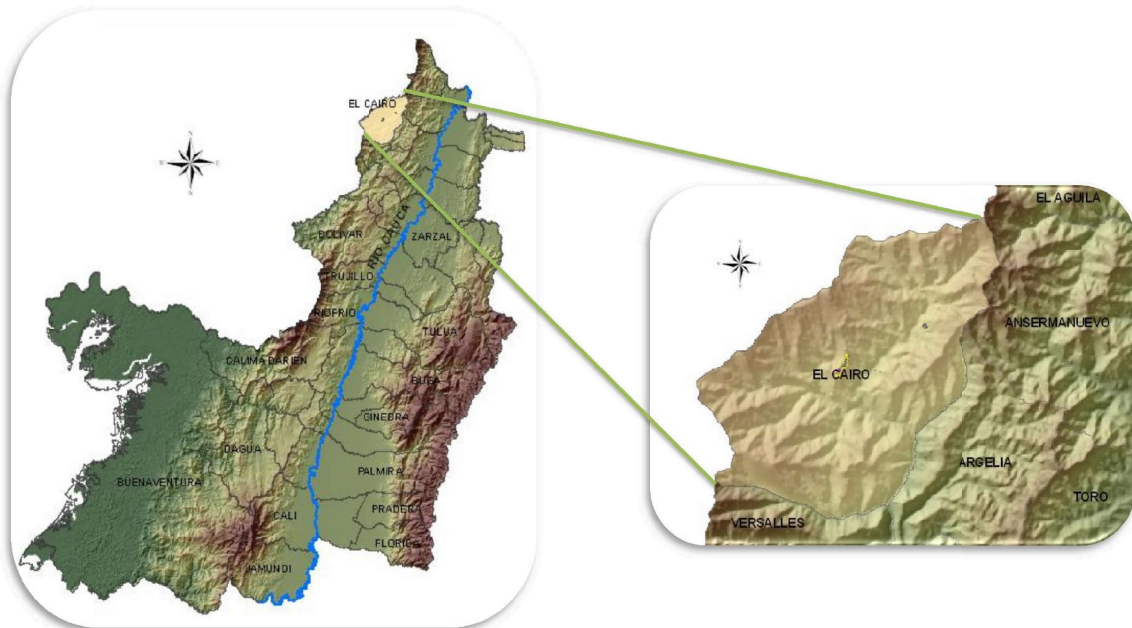


Figura 1.2 Localización del Municipio de El Cairo sobre la Cordillera Occidental al NE del departamento del Valle del Cauca.

Limita al norte con el municipio de El Águila, al occidente con el departamento del Chocó, al sur con el municipio de Versalles y al oriente con los municipios de Argelia y Ansermanuevo. A la fecha posee una población aproximada de 8763 habitantes en un área de 283 kms², repartidos en población urbana: 2.912 (31% del total del municipio) y población rural: 6.444 habitantes (69%).

Se encuentra a una altura de 1850 msnm, con temperatura promedio de 18° C. Presenta dos ríos importantes que no cruzan el casco urbano que son: Las Vueltas y Bonito. Su atractivo turístico es el Bosque natural Las Amarillas, en la serranía de los Paraguas. La actividad económica del municipio de El Cairo es muy diversa, sobresaliendo el agroturismo, el ecoturismo, la ganadería y el cultivo de productos como: café, plátano, frijol, hortalizas y frutales, entre otros.

En la Foto 1.1 se presenta una panorámica del municipio tomada desde el sector cercano al acueducto, ubicado al norte de la cabecera municipal.



Foto 1.1 Panorámica de la cabecera del municipio de El Cairo.

En la Tabla 1.1 se presenta un presenta de manera resumida las principales características geográficas del municipio.

Tabla 1.1. Información geográfica general del municipio de El Cairo.

Alcalde Actual	Dr. Gonzalo Corrales Arcila
Origen del nombre	Su primer nombre fue Los Paraguas, Luego se cambio por Haceldama y después lo cambiaron por el del Cairo.
Año de Fundación	1920 a orillas del Río las Vueltas.
Fundador	Pedro Arango y otros como Antonio Carmona, Rafael Velásquez y Ramón Marulanda.
Municipio desde:	1947 (Ordenanza No 45).
Población	8763 Habitantes Aprox.
Distancia desde Cali	252 Km
Altitud	1850 m.s.n.m.
Temperatura	18 Grados Centígrados.
Extensión	283 Km ² .
Características Geográficas	La mayor parte del territorio es Montañoso.
Ríos Principales	Las Vueltas y El Bonito.
Actividad Económica Principal	Agricultura y Ganadería.
Productos Principales	Café, Plátano, Frijol, Hortalizas y Frutales.
Atractivo Turístico	Bosque Natural Las Amarillas en la Serranía del Paraguas, donde mejor se conserva la típica arquitectura de la colonización paisa.
Artesanías	Experto en la elaboración de talla a mano.
Infraestructura Básica	Dispone de todos los Servicios Públicos, 2 Colegios, 38 Escuelas, Banco, Hospital y Correo.
Otras características	Es el municipio más alejado de Cali, es junto con Calima Darién el más Frio, es el 2° más alto después de Versailles y es el 5° más pequeño de la población.

Fuente: www.gobernaciondelvalle.gov.co

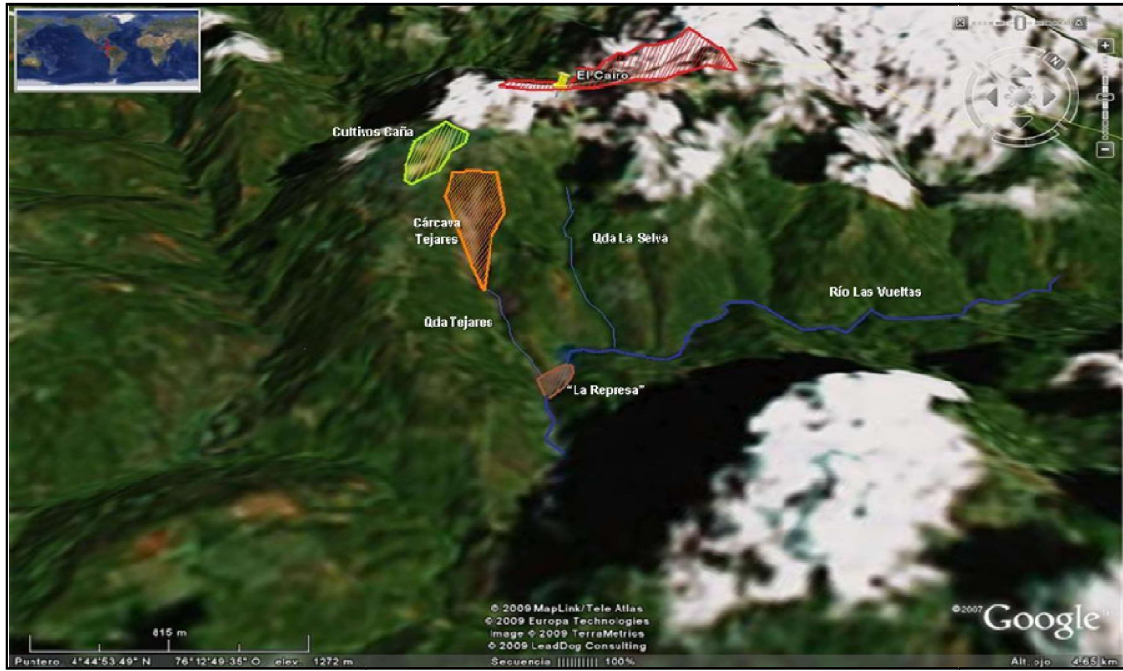


Figura 1.4 Imagen satelital de la cabecera del municipio de El Cairo y la zona de la cárcava Tejares.



Foto 1.2 Panorámica Cárcava Tejares.



Figura 1.5 Zona de depósito luego de la entrega de la microcuenca Tejares al río Las Vueltas.

1.1. DEFINICIÓN DE LÍMITES DE LA ZONA URBANA Y DE EXPANSIÓN

El perímetro urbano del municipio de El Cairo es el definido en la cartografía del esquema básico de ordenamiento territorial en formato DWG, el cual se exportó a formato SHAPE; el perímetro se encuentra en coordenadas planas proyectadas con el origen 3W con datum Bogotá, perímetro que corresponde al área definida en el acuerdo No.023 por medio del cual se adopta el esquema de ordenamiento territorial del municipio de El Cairo en el artículo 10.

En cuanto al perímetro de zona de expansión, en el documento del EOT no se designa ninguna zona con ésta característica, por lo tanto el perímetro de expansión urbana para el proyecto MIDAS será el definido por Julián Andrés García, jefe de la Oficina de Planeación Municipal, donde se tiene proyectado el barrio Silvio Arbeláez Urrea (Figura 1.6). Se anexa carta de confirmación de los límites adoptados por el proyecto, enviada por el director de planeación del municipio de El Cairo.

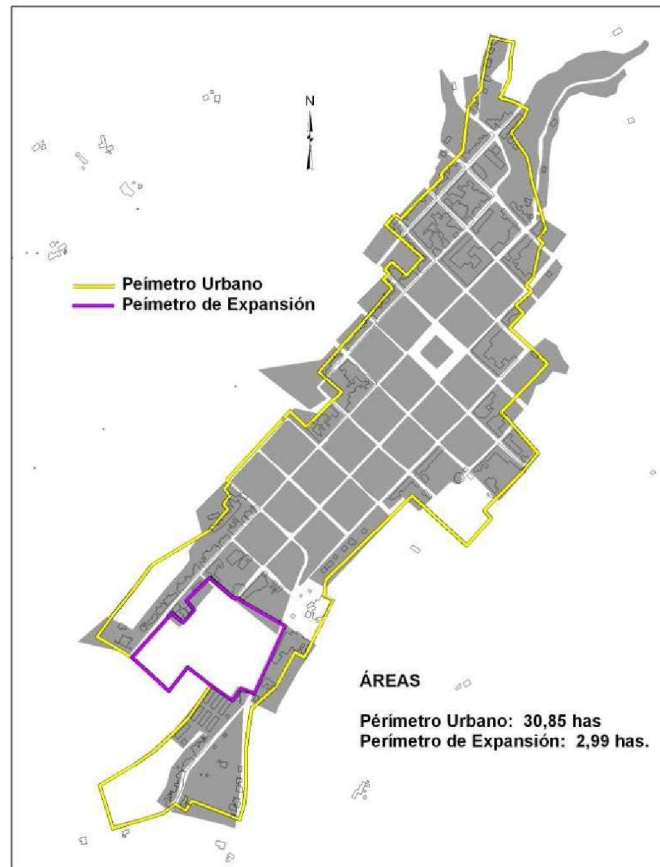


Figura 1.6 Perímetros de la zona urbana y de expansión del municipio de El Cairo, definidos en conjunto con la Oficina de Planeación Municipal.

2. HISTORICIDAD

2. HISTORICIDAD

El presente trabajo se propone establecer la historicidad de los eventos naturales ocurridos en la cabecera municipal de El Cairo, departamento del Valle del Cauca. El estudio está encaminado a evidenciar los factores de ocurrencia de los eventos, su frecuencia y sus consecuencias; además, las respuestas de instituciones como el CLOPAD para tales eventos. Se hace de paso la salvedad, de que no se logró ubicar documentos que constaten la ocurrencia de todos los eventos, pero se procura en este informe, con las fuentes primarias y documentos hemerográficos recolectados, hacer un registro histórico de los eventos sucedidos en el Municipio en los últimas dos décadas.

Los habitantes son generaciones descendientes de colonos tolimenses, antioqueños y caldenses, que llegaron a poblar y fundar varios de los municipios del norte vallecaucano. Evidencia de lo anterior es la conservación de la arquitectura de clara influencia antioqueña, con sus casas en bahareque con puertas y ventanas en madera, que hacen que el pueblo parezca detenido en el tiempo.

Llamado municipio desde 1947 con su primer alcalde Antonio Franco, deja de ser corregimiento de Versailles para convertirse en corregimiento de Albán. Gracias a su desarrollo demográfico y económico, esta situación cambió, convirtiendo a Albán en corregimiento de El Cairo.

Su economía se basa en la agricultura y ganadería hasta el día de hoy, se siembra principalmente caña de azúcar, café con sombrero, plátano y pastos para el ganado. La mayoría de los productos de uso cotidiano son llevados por las chivas desde Cartago.

Este Municipio consta de 38 veredas, cuyos caminos son los más afectados por los constantes deslizamientos de la zona, pero los deslizamientos más preocupantes son los que se dan en la llamada Cárcava de Tejares que, según el testimonio de los habitantes, no existía antes de 1950, aunque informes técnicos de la CVC, sugieren que su deterioro se presenta en la década de los sesenta:

“El Municipio de El Cairo presentó los primeros problemas de erosión del área urbana y suburbana a partir de la década de los 60. Este antecedente se refiere a una desestabilización a media ladera de la cabecera de la quebrada Guayabal, actualmente conocido como el sector de La Virgen. El problema se originó por la entrega inadecuada del primer emisario final que tuvo el alcantarillado del municipio.”¹

¹ Informe de visita a la microcuenca Tejares, 11 de marzo de 1996, elaborada por el Ing. Omar A. Chávez. División de Proyectos Técnicos, Grupo de infraestructura ambiental, Abril 25 de 1996. Archivo: 371-R-01.

2.1 METODOLOGÍA

La búsqueda de información se basa en el método intensivista, el cual se basa en que existe un previo conocimiento de la ocurrencia de un evento determinado y mediante la búsqueda de diversas fuentes que nos permiten precisar datos de hora y lugar de ocurrencia, efectos y daños causados y a establecer parámetros de medición como magnitud o intensidad para el caso de los eventos que así puedan ser medidos. Las fuentes usadas pueden ser primarias o secundarias principalmente.

Las fuentes son fichadas para su organización archivística y fueron complementadas y analizadas, al contrastarse con las otras fuentes a las que se tuvo acceso, como lo son, los testimonios, las actas y oficios del CLOPAD y los documentos y fotografías de Corposerraníaagua.

En apoyo a esto se tomó registro fotográfico digital de las noticias y documentos, así como fotocopias de otros, para facilitar su transcripción y organización.

Además, durante la visita de campo se estableció contacto con los habitantes, quienes mediante la indagación de sus recuerdos y opiniones al respecto apoyaron el reconocimiento de la problemática en las zonas afectadas. Esto permitió obtener una multiplicidad de versiones de los eventos históricos que afectan de manera sistemática a la población, que entre otras cosas, ve como su número de habitantes decrece, en contravía a los que sucede en otros municipios.

2.2. RELACIÓN DE FUENTES Y DOCUMENTOS CONSULTADOS

Con la aplicación del método intensivista se corre el riesgo de no poder acceder a algunos documentos importantes en el tiempo establecido para la consulta; así como también puede resultar que el resultado de la búsqueda sea infructífera porque con anterioridad no se conoce el estado de los documentos y si están siendo o no conservados por las instituciones encargadas de emitirlos.

En la visita de campo, elegimos al Comité Local Para la Atención de Desastres (CLOPAD) como nuestro principal sitio para la búsqueda información. Además de la visita al CLOPAD en la Alcaldía Municipal, previamente se consultaron los periódicos y afortunadamente se contó con la colaboración de habitantes que nos suministraron información sobre algunos de los eventos que mas recordaban; claro está, algunas referencias no eran precisas en cuanto al momento en que sucedió el evento. De esta manera, si se logró testimonios de residentes del municipio que nos dieron a conocer el punto de vista y las diversas versiones que sobre un mismo hecho existen.

A continuación se presenta una breve descripción de los documentos encontrados:

2.2.1. Actas del CLOPAD

- Acta del Comité local de Emergencia: recorrido de campo para diagnóstico de situación invernal. Noviembre 18 de 1999.

Se realiza una visita de las zonas que presenta amenaza a la población (Matadero Viejo, Costa Seca – salida Vallecitos, Cárcava de Tejares – Finca El Recreo – Vuelta del Mecato – Sector de La Nivia), cada una con las respectivas recomendaciones del CLOPAD.

- Acta N° 001 del Comité Local de Emergencia. Septiembre 3 de 1999.

En esta acta se discuten las posibles soluciones al problema que se presenta en la zona de El Recreo, por la cual pasa el alcantarillado del municipio de El Cairo, que genera problemas de erosión por la filtración de las aguas del mismo; erosión que se agrava por las extensas lluvias.

- Acta N° 004 del Comité Local de Emergencia. Diciembre 13 de 2002.

En la cual se registra que en la reunión hacen presencia, representantes de varias entidades, entre ellas: EPSA, Alcaldía Municipal, Núcleo Educativo, Bomberos, Corposerraniagua, Secretaria de Salud Municipal, entre otros. En el acta queda registro de las decisiones a tomar y de las acciones que debe llevar a cabo el Comité, además de una posible elección de nuevos miembros.

- Acta de CLOPAD N° 003 de Abril 6 de 2008.

En el acta se registra la reunión de los representantes de las diversas instituciones que constituyen el Comité, reunión en la cual se analiza el difícil estado en que se encuentran las diferentes vías interveredales a causa de los fuertes aguaceros que han azotado el municipio en los últimos días. La situación es sumamente preocupante porque los transportadores y los habitantes de los sectores rurales han manifestado que hay enormes huecos y zanjas en las vías, además de los numerosos derrumbes que impiden el tránsito. Por ello el CLOPAD, tras realizar una visita a las zonas afectadas, cree perentorio declarar el estado de urgencia manifiesta. También se hace mención del estado de la vía llamada La Pista, donde las aguas lluvias y de escorrentía han ocasionado el hundimiento de la misma, además de averías en las viviendas aledañas.

- Acta del CLOPAD N° 001 de enero de 2008.

En esta reunión se trató el problema de hundimiento de vías en el corregimiento de Albán, al parecer por una fractura en el sistema de alcantarillado, y del estado en que quedaron las carreteras interveredales a causa de las fuertes lluvias, la más afectada es la vía La Carbonera – Albán – El Cairo. Para lo cual, realizan oficios con copia a todas las instituciones departamentales y nacionales como el Comité Regional para la Atención y Prevención de Desastres (CREPAD).

- Acta del CLOPAD N° 012 de Noviembre 26 de 2008.

Se cita a una reunión extraordinaria del Comité, por la emergencia tras un fuerte aguacero ininterrumpido de 20 horas, que acarreo que todas las vías quedaran intransitables. El barrio Belisario también se encuentra afectado por un deslizamiento que amenaza 12 viviendas.

- Acta del CLOPAD N° 007 de Junio 29 de 2008.

Documento en el cual se registra una visita al Corregimiento de Albán para realizar un balance de los daños ocasionados por el torrencial aguacero que por espacio de tres horas azotó el sector el día sábado 28 de junio, en horas de la tarde, que provocó una avalancha de grandes proporciones y que dejó aproximadamente 30 familias damnificadas. Igualmente, se realizó un balance de los daños producidos en el sistema de alcantarillado y en la red de acueducto. Además, de las acciones de remoción de material en la vía principal hacia el sector de las Brisas, y demás graves afectaciones. Por lo cual el CLOPAD exige la declaración de la Urgencia Manifiesta en el Municipio.

- Decreto No. 300-019-011. Junio 29 de 2008. Por medio del cual se declara Urgencia Manifiesta en el municipio de El Cairo- Valle del Cauca.

En mención al Decreto correspondiente, se notifica acerca de la situación acontecida en el Corregimiento de Albán, en donde las fuertes lluvias, presentadas el sábado 28 de junio del año en mención, ocasionaron una avenida torrencial en la Quebrada Tejares, lo que conllevó a pérdidas materiales y riesgo para los habitantes. Se realizó, además, un recorrido por la zonas aledañas, notificándose el número de damnificados, la magnitud de los daños, y el estado de la vías que presentaban en su mayoría deslizamientos.

- Decreto N° 300-019-008, de abril 11 de 2008.

Por medio del cual se declara la urgencia manifiesta en el municipio de El Cairo Valle del Cauca. La urgencia se declara por la condición en que quedaron las vías después de lluvias prolongadas que causaron derrumbes en la carretera que conduce de El Cairo a Bellavista, por lo cual resultan afectadas las comunidades de las veredas: La Sonora, El Rocío, Bellavista, y la Camelia.

2.2.2. Oficios

- Oficio de la Corporación Serraniagua dirigida a la Alcaldía Municipal, que hace referencia a la visita del Grupo Técnico de Apoyo del POT, en zona de erosión de la microcuenca de Tejares. Diciembre 29 de 1999.

En el documento se establecen además una serie de recomendaciones, en lo que se refiere a la amenaza generada por el sistema de alcantarillado, propuestas por el equipo de los Ingenieros que realizaron la visita.

- Oficio del Comité Local de Emergencias de Albán, febrero 21 de 2001.

Por medio del cual se manifiesta la preocupación por el continuo agrietamiento y hundimiento que presenta la infraestructura física del Centro Educativo *Juan Bautista*

Mejía, y se solicita urgente visita técnica para valorar el riesgo. Una situación similar, es expuesta en el Acta No. 004 de diciembre 13 de 2002, donde además se notifica el proceso de reactivación de los sitios: Cárcava Tejares, Cárcava Los Chorros y el Sector del Matadero; se advierte sobre el hundimiento del terreno de la Escuela del Piñuelo y de la vereda de La Estrella.

- Oficio del Comité Local de Emergencia, de diciembre 14 de 2001.

En la cual se manifiesta a la Dirección General del C.V.C. su posición de inconformismo frente a las continuas visitas técnicas y periodísticas, realizadas en el Municipio desde la década de 1970, sin haberse traducido estos estudios en acciones concretas para su solución, y en este orden, solicita dentro del Plan de Acción Decenal, soluciones concretas a problemáticas ambientales de dimensión regional.

- Oficio del CLE dirigido a la Subgerencia Técnica de ACUAVALLE.

Diciembre 14 de 2001. Se solicita la construcción de un resumidero cerca de donde pasa el tubo de alcantarillado del Municipio, para prevenir la erosión que se viene presentando.

- Oficio de la Dirección Regional Norte-CVC. Diciembre 28 de 2001.

En la cual se propone una reunión que de cómo resultado una solución práctica, técnica y lógica a la situación de la Cárcava Tejares.

- Oficio de la Alcaldía Municipal de El Cairo, enero 25 de 2009.

Dirigida a la Secretaria de Vivienda y Desarrollo Departamental, en la cual el Alcalde señala que como consecuencia de la fuerte ola invernal de los últimos meses del año, trajo consigo varias familias damnificadas y hace hincapié en la emergencia del 25 de noviembre de 2008, donde se presentaron 300 derrumbes, que dejaron incomunicado el casco urbano. Adjunta a la carta un formato de registro de afectaciones por el invierno.

- Oficio Dirección Regional Norte-CVC, del 20 de diciembre de 2001.

Realizada por la Coordinación de la UMC de Alto Garrapatos. Se envía Informe Técnico del proceso de inestabilidad en el predio Palermo, vereda El Diamante. Donde se advierte de la Cárcava en predio Palermo, se enuncian sus causas y se plantean unas recomendaciones al respecto.

- Oficio de CLOPAD dirigido a la Coordinación del CREPAD, en Santiago de Cali. 23 de enero de 2008.

En este oficio se informa sobre las lluvias que por dos días se ha presentado en el municipio y que tiene en emergencia a los pobladores por las avalanchas, cerca de 300 derrumbes, deslizamientos y crecientes de ríos y quebradas; que superan la capacidad operativa del municipio, ya que 31 familias han perdido sus viviendas, que deben ser reubicadas definitivamente. Las bocatomas, tanque y redes de distribución de los acueductos veredales también resultaron afectados.

Este evento es registrado en otros oficios que solicitan apoyos técnico y económico, destinados a varias entidades de atención y prevención de desastres y a la Gobernación del departamento, debido a la emergencia que sucedió el 25 de noviembre y cuyos estragos excedían las capacidades de respuesta del Municipio.

- Acta extraordinaria. Enero 24 de 2008.

En la cual se registra una visita al barrio Belisario, uno de los barrios más afectados por los fenómenos de remoción de masa y cuya comunidad vive temerosa de estar en sus viviendas por la amenaza que representan. Existe preocupación pues el barrio en el E.O.T, fue declarado zona de alto riesgo y que debe ser reubicado.

2.2.3. Noticias

Se elaboraron fichas archivísticas, con base en las noticias que hacen referencia a los eventos y hechos relacionados, de interés para construir la historicidad. Algunas de las noticias tienen fecha de publicación porque no se precisa la fecha del evento, tentativamente el evento se presentó, uno o dos días antes de la publicación de la noticia, aunque cabe anotar, que hay eventos que por su magnitud, son noticia por varios días.

2.2.4. Informes Técnicos

- Informe técnico. Evaluación del estado de la Cárcava Tejares.

En este informe se registra una visita de evaluación de la cárcava, efectuada por técnicos de la CVC, el día 11 de marzo de 1996. El informe es entregado a la CVC el 25 de abril del mismo año. Se realiza este documento por solicitud del alcalde, quien solicitó la evaluación a la CVC, el 2 de febrero de 1996. Le envían el informe a la alcaldía el 26 de abril de 1996. Entre las conclusiones de la evaluación se encuentra la siguiente: “las condiciones del proceso erosivo, aunado a las condiciones del terreno, hacen que conceptualmente y por ahora no sea conveniente concebir obras civiles para ayudar a la recuperación. No hay garantías plenas para aprobar su construcción.”

- Informe técnico. Cárcava de la quebrada Tejares.

Este informe del 30 de septiembre de 1999, hace un seguimiento al proceso de carcavamiento de la quebrada Tejares, realizado por un ingeniero y una geóloga pertenecientes al Grupo de Infraestructura de la CVC, por solicitud de la UMC Alto Garrapatas. En el informe se contemplan unos antecedentes del problema, su situación actual, además de definir el problema y sus causas, finaliza con un concepto técnico y unas recomendaciones.

- Informe Técnico sobre la Microcuenca Tejares. Septiembre 13 de 2001.

En el documento se realiza una reseña histórica sobre el avance del carcavamiento presente en la zona; y como actualmente se lleva a cabo un proceso de demanda instaurada contra ACUAVALLE, por los habitantes que colindan la zona de la microcuenca Tejares, que se

han visto afectados por el cárcavamiento del terreno, ocasionado directamente por el sistema de alcantarillado, debido a esto se realizó dicho documento.

- Informe Técnico ACUAVALLE.

Como respuesta al trámite de oficio, de diciembre 14 del 2001, dirigido al Alcalde Municipal, donde se advierte sobre los constantes deslizamientos que se han presentado en el Municipio; a este se anexa un oficio del CLE (14 de diciembre de 2001), en el cual se solicita un estudio sobre la posibilidad de construir obras que mitiguen el impacto de las lluvias, que ocasiona la erosión presente; se realiza un documento que establece, en la necesidad de construir un colector de aguas lluvias, concertar un proceso de comisión conjunta entre las diferentes instituciones participes en el Municipio, tales como la Administración Municipal, CVC, Corporación Ambiental Serraniagua y ACUAVALLE S.A. E.S.P.

- Informe Técnico ACUAVALLE, Cárcava Microcuenca Quebrada Tejares (Memo No. 698 de 2001, del 13 de septiembre de 2001).

En el documento se referencia, en su componente principal, un seguimiento histórico del sitio de entrega del alcantarillado, y su directa relación con las condiciones del terreno, el cual sufre un proceso de inestabilidad; por ende se establecen acciones prioritarias para contrarrestar los efectos desestabilizantes del sistema de alcantarillado.

- Informe Comité Técnico Vereda Cuba, municipio El Cairo, junio 4 de 2008.

Documento en el cual se realiza visita técnica y se referencia el riesgo, en que se encuentran las viviendas aledañas a dos quebradas afluentes del río Albán, ocasionado por las fuertes lluvias del día sábado 28 de junio de 2008. Las fuertes precipitaciones generaron el sobredimensionamiento del caudal de las quebradas en la zona, en donde se presentó una avenida torrencial y el posible desprendimiento de material y generar posibles represamientos; se presentó además el socavamiento en caminos veredales, y la acumulación de material en el puente que comunica a la Vereda Cuba con el Corregimiento de Albán.

2.2.5. Comunicados

- Comunicado a la opinión pública de las comunidades campesinas de las veredas LLanogrande, La Selva y Costa Seca. Diciembre 25 de 1999.

A través de este comunicado los pobladores expresan que se sienten afectados y amenazados por los deslizamientos, hundimientos y cárcavas en varios sectores de la microcuenca Tejares. En el escrito se realiza una denuncia sobre la falta de solución a dichos problemas y se exige que las entidades encargadas realicen un Plan de Acción, que eviten los desastres que se presentan.

2.2.6. Testimonios

- Jesús Henao (Inspector de El Cairo - 1983, líder comunitario)

Lugar de origen: Herbeo (Tolima)

Llega a El Cairo en el año 1938.

Las preguntas realizadas a este habitante del municipio, adulto mayor, son parte de este texto de manera implícita, las apreciaciones y análisis que se realizan son guiados en parte por lo contado por esta persona, sin la cual, no hubiera sido posible aclarar detalles y momentos de la historia de este Municipio.

- Cesar Franco (Director Corposerraniagua).
- Julián Andrés García (Secretario del CLOPAD)

Como se constata en varias de las actas del CLOPAD de este municipio, que fueron conservadas, ha habido muchos damnificados por los deslizamientos y por inundaciones, algunas de tal magnitud, que se ha declarado la urgencia manifiesta. Afortunadamente frente a los problemas se han realizado operaciones de desalojo y reubicación de los damnificados y se ha procurado que las personas no construyan en zonas de amenaza, como lo contempla el E.O.T.

Se debe aclarar en este punto, que el archivo del CLOPAD, como tal, no existe. Lo que había, en su mayoría son documentos de gestión de la Alcaldía de años anteriores, que conforman una especie de archivo central, que tampoco goza de una buena organización.

Por lo tanto, en lo referente a los documentos del CLOPAD, sólo se logró extraer las pocas *actas* de diferentes años que reposaban en una carpeta, además de algunos informes técnicos y *oficios*; sin embargo, estos documentos, además del testimonio de algunos de sus habitantes, complementan la información suministrada de los periódicos consultados, aunque con mayor detalle. *Los informes técnicos* realizados por la CVC y la Corporación Serranía de Paraguas, son muy importantes porque muestran las problemáticas ambientales, climáticas y geográficas de la zona, además de advertir sobre las amenazas.

Con respecto a las soluciones, un problema como la Cárcava de Tejares y otras, además de los constantes fenómenos de remoción de masa, han sido tratados pero no solucionados, en gran parte, porque dichos fenómenos son tan antiguos como la serranía en que suceden; en parte porque la financiación de proyectos de solución a corto plazo, parecen poco viables. Evidencia de ello, son los numerosos estudios, visitas e informes que ha realizado la C.V.C, como por ejemplo, el que se cita a continuación:

Otros documentos importantes y de los cuales se tiene un registro riguroso son *los periódicos*. Se consultaron fundamentalmente los diarios El País y El Tiempo, las noticias fueron transcritas para adelantar simultáneamente una labor que viene realizando el nuevo Observatorio Sismológico y Geofísico de la Universidad del Valle con respecto al registro histórico de los eventos, organizados en una base de datos.

2.2.7. Antecedentes e inventario histórico de eventos

Informes realizados en los últimos años por entidades especializadas en prevención y atención de desastres muestran el aumento de la frecuencia de los efectos de los desastres naturales en el mundo, con pérdidas de vidas humanas e infraestructura importantes, en su mayoría en países en vía de desarrollo, los impactos llegan a modificar los sistemas socioculturales y socioeconómicos de dichos países. Debido a esto se han venido realizando actividades dirigidas a la prevención y atención de desastres, para el riesgo y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones. En los últimos años las instituciones regionales y municipales dedicadas a la prevención y atención de desastres han llevado un registro de los desastres en él; sin embargo se encontró que muchas veces los llamados “pequeños” desastres no son reportados por el respectivo municipio a los entes territoriales encargados, ya que sus efectos no son de consideración y el municipio puede afrontar la emergencia en una forma directa. Dificultades como esta, además del desorden en la información reflejado en las fichas de informes, hicieron de la recopilación una tarea ardua y lenta.

A partir del programa DesInventar en la Tabla 2.1 se realizó un inventario histórico para el municipio de El Cairo recopilando la cantidad de eventos ocurridos durante los últimos años, teniendo en cuenta que los fenómenos de interés son las inundaciones, deslizamientos y avenidas torrenciales. Cabe mencionar que se reportaron 20 eventos, en su totalidad correspondientes a deslizamientos con una persona muerta y 6.272 damnificados, cerca del 67% de la población en el municipio.

Tabla 2.1. Inventario histórico de eventos municipio de El Cairo

AÑO	LUGAR	CAUSA
20/10/1954		Otra causa
20/12/1960	La Playa	Otra causa
15/05/1972	Vía a Cartago	Desconocida
12/02/1974	Carretera Jamaica-El Cairo	Lluvias
07/07/1982		Erosión
06/08/1984	Zona Urbana	Erosión
15/09/1984	Vs.La Selva,Llanogrande	Desconocida
30/12/1988	Zona Rural	Lluvias
05/01/1986	V.Recreo	Desconocida
03/04/1986	Zona Urbana	Desconocida
06/04/1986	Zona Urbana	Lluvias
01/05/1993		Desconocida
13/03/1996		Lluvias
24/12/1999		Lluvias
11/10/1999	La Sanadera, 4 Km antes de la cabecera municipal	Desconocida
13/12/1999		Lluvias
28/12/1999		Lluvias
21/02/2000	La Sonadera	Lluvias
12/11/2000	Cto. Alban y La Carbonera	Lluvias
23/01/2007		Desconocida

Existe un aumento considerable en los registros en las últimas 3 décadas, que posiblemente se deba a factores sociales, como el incremento en la cobertura de información de los eventos ocurridos en el Departamento por parte de las entidades a cargo de monitorear y registrar estos eventos, al aumento en el número de instituciones con competencia en la problemática en los desastres naturales; al crecimiento demográfico de las zonas urbanas; al desarrollo de la urbanización en zonas de alto riesgo; existe además la posibilidad de un aumento en la frecuencia y la magnitud de las amenazas naturales por motivo del cambio global, sin que hasta ahora exista una base suficiente para esta hipótesis.

2.3. EVENTOS DE REMOCIÓN DE MASA RELEVANTES EN EL MUNICIPIO DE “EL CAIRO” – VALLE DEL CAUCA

Como fenómenos de remoción en masa son denominados todos los procesos o eventos que se dan en la superficie de la Tierra, generan el desplazamiento o movimiento lento o rápido de grandes volúmenes de material rocoso o suelo desde los niveles altos de una ladera hasta sitios más bajos, siendo el principal mecanismo de activación la fuerza de la gravedad. En zonas de altas precipitaciones la lluvia actúa como un factor detonante para la ocurrencia de fenómenos de remoción en masa.

Hablar de la Historia de los eventos naturales que traen consigo la declaración de emergencias y por ende unas afectaciones a la comunidad, es hacer referencia al poblamiento histórico de los municipios. El caso de la cabecera municipal de El Cairo, es muy particular, dadas las condiciones geomorfológicas del terreno y la distribución espacial de sus pobladores.

La microcuenca Tejares, lugar del problema ambiental más grave que presenta este municipio, está ubicada en el sector sur de la cabecera municipal y tiene un área aproximada de 100 hectáreas; el drenaje natural es tributario del río Albán, a su vez este último tributario del río Garrapatas. La Cárcava está situada dentro de la microcuenca, con un área, incluida la zona desestabilizada, de aproximadamente 38 hectáreas.

La Cárcava se originó por múltiples causas: las fallas geológicas, las condiciones de la tierra que circunda las quebradas, y las avenidas torrenciales constantes en varios meses del año, que generan deslizamientos, avalanchas e inundaciones. A estas causas se suman las de naturaleza antrópicas como: el inadecuado manejo de los suelos, la inadecuada planeación de obras como el acueducto y el alcantarillado, falta de resumideros. Son, según varios de sus habitantes, el detonante de múltiples emergencias en el municipio, ya sea por rupturas o por que las zanjas por donde corre el agua lluvia y las cajas a donde desembocan estas aguas, muchas veces no están acondicionadas para la cantidad de agua que producen los aguaceros en la zona. Así lo expresa el informe técnico de la C.V.C del año 1.999, con respecto a un estudio sobre la Cárcava Tejares:

“El factor detonante del proceso de carcavamiento y su constante evolución, es el agua proveniente, en un principio, del alcantarillado y luego de las fugas de los sistemas de

acueducto, las encauzadas por las vías y caminos, las aguas residuales de algunas viviendas que no están conectadas al sistema de alcantarillado y de las fincas asentadas en el área de la microcuenca”.²

Estas causas son las que han llevado a que se presente un proceso de cárcavamiento en varias partes como por ejemplo en la quebrada Los Chorros, La Selva y el sector de El Recreo, como se evidencia en las actas del CLOPAD.

Muchos de los habitantes que viven desde hace muchos años en El Cairo, coinciden y consideran que, en el año 1959 cuando se llevó a cabo las obras del alcantarillado, quienes lo realizaron no pensaron en las consecuencias de realizar una obra de tal envergadura en esa parte del municipio, lo que conllevó a que se produjera y acelerara un cárcavamiento del terreno al punto que se registra hoy y como se aprecia en la Foto 2.1.



Foto 2.1 Observación reactivación de la Cárcava de Tejares -12 de diciembre de 2003.
Fuente: Corposerraniagua.

El Cairo (Aprox. 11.000 habitantes) por ser un municipio con menos de 30.000 habitantes tiene contemplado en su Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T), un capítulo para las zonas expuestas a amenaza, donde plantea lo siguiente con respecto a la situación de amenaza en que se encuentra el municipio:

“El municipio de El Cairo esta dentro de la zona del país con mayor amenaza de eventos sísmicos debido a los fenómenos tectónicos del Pacífico y al sistemas de fallas de Romeral,

² Informe técnico. Cárcava Tejares, C.V.C, Grupo infraestructura. Realizado por: Jorge Antonio Llanos y Maria Janeth Sepúlveda. Septiembre 30 de 1999.

lo cual se ha evidenciado en los movimientos telúricos que han causado daños considerables a las construcciones”(EOT, Pág. 109).

Y más adelante se recalca que:

“Adicional a la anterior situación en el municipio se presentan factores de origen climático y sísmico que obran como detonantes a las amenazas geológicas dando como resultado la presencia frecuente de fenómenos de remoción en masa en diferentes escalas”(EOT, Pág. 109).

Al igual que la Cárcava de Tejares, existen otras cárcavas como lo son la de la quebrada Los Chorros y la del sector de La Selva, además de frecuentes deslizamientos, como consecuencia de las lluvias fuertes y prolongadas. Las lluvias son frecuentes a lo largo del año, en este estudio se pudo establecer que los años más críticos a causa de los aguaceros, son los años: 1996, 1999, 2000, 2001, 2002, 2008 y 2009, donde las autoridades y el CLOPAD han tenido que declarar, alertas naranja y urgencias manifiestas por las dimensiones de los eventos de remoción de masa e inundaciones. Uno de los eventos más críticos en los últimos años, fueron los generados por la ola invernal presentada a finales de diciembre de 2008 (Foto 2.2).

Los eventos son frecuentes por la ubicación del municipio, pero las emergencias no se han podido solucionar, al igual que los problemas ambientales, porque a pesar de las soluciones eventuales a los problemas ambientales y a las situaciones de emergencia, la zona sigue inestable en gran medida, por las causas antrópicas a las cuales nos referimos con anterioridad, que siguen igualmente reproduciéndose sin que se pueda solucionar los problemas invernales del municipio.



Foto 2.2 Emergencia invernal 30 de diciembre de 2008.
Foto: Corposerraniagua

La Corporación Serraniagua, es una ONG que ha realizado un registro de los problemas ambientales de El Cairo, y han conformado con el CLOPAD, un organismo para lidiar con las frecuentes emergencias en las veredas y corregimientos del Municipio que se ven afectadas. La labor de esta ONG, es muy importante, sobre todo por su trabajo ambientalista, pero también porque hacen parte de las instituciones que ayudan en las emergencias. Además, cuentan con un registro fotográfico de los deslizamientos, inundaciones y cárcavamiento del terreno que nos permite ver las dimensiones de las emergencias a las que se enfrentan los pobladores.

Los integrantes de esta ONG, a través de su director Cesar Franco, le han manifestado sus inquietudes y preocupaciones a la CVC, a través de oficios que fueron consultados. En una carta dirigida a esta entidad, del 29 de diciembre de 2009, se le sugiere a la CVC, que tome en cuenta el estudio realizado por el ingeniero Ernst Wooley, titulado “Estudio de factibilidad para un nuevo emisario final del alcantarillado”; que fue contratado por esta misma institución y en la cual se propone una alternativa de manejo de aguas y alcantarillado. La sugerencia se hizo debido a las constantes rupturas del sistema de alcantarillado provocadas por la remoción de masa.

El caso de El Cairo, por su cercanía con el Departamento del Chocó, hace de este municipio uno de los más afectados por las fuertes temporadas de invierno. Lo que genera que muchas carreteras queden taponadas y el municipio incomunicado tanto con los otros municipios, como con las veredas y corregimientos. Estos eventos, han sido registrados en los periódicos consultados, pero sólo los que han sido críticos o han llevado a la declaración de urgencia manifiesta o alerta naranja, como sucedió en los últimos meses del año 2008 (Foto 2.3.).



Foto 2.3 Derrumbe en la vía principal. Invierno de noviembre y diciembre de 2008.
Fuente: Corposerraniagua

Pero estos fenómenos son frecuentes y de vieja data, puesto que existe un registro fotográfico de eventos ocurridos en la década de 1970, en los cuales se muestra las condiciones tanto de la Cárcava de Tejares como de los deslizamientos y vulnerabilidad a que están expuestas zonas rurales de aquella época (Foto 2.4).



Foto 2.4 Cárcava de Tejares, miércoles 22 de mayo de 1974.
Fuente: Corposerraniagua

Con respecto a este problema, los pobladores de El Cairo siempre han manifestado su preocupación frente a la periódica reactivación de la Cárcava y la ocurrencia de deslizamientos y hundimientos en épocas de intensas lluvias; lo cual provoca, un estado de alerta, y coloca en alto grado de vulnerabilidad a los habitantes aledaños en la zona, por ello el CLE, actualmente CLOPAD, llevo a cabo censos e inventario de daños, además de realizar el desalojo y reubicación de las familias que estaban asentadas anteriormente allí. Aunque deben hacerse nuevas reubicaciones.

En términos generales, para el estudio de historicidad de eventos, de manera complementaria a los eventos históricos presentados en la sección 6, hidrología de este informe, se realizó la búsqueda de documentos en el periodo entre 1980 hasta la actualidad. El resultado se presenta a continuación y es soportado con las fichas bibliográficas que se anexan.

Eventos indicados en la informes anteriores sin documentos soporte.

- Julio 7 1982.
- Agosto 6 1984.
- Septiembre 15 1984.
- Mayo 1 1993.
- Diciembre 28 1999.
- Noviembre 1 1999.
- Diciembre 13 1999.
- Diciembre 24 1999.

Listado cronológico de eventos con documentos soporte encontrados. Ver Figura 2.1.

- Noviembre 18 de 1999. Lluvias prolongadas que causan deslizamientos en: sector Matadero Viejo, sector salida Vallecitos, sector de Costa Seca. Amenaza de ruptura del colector final del alcantarillado por deslizamiento. Deslizamientos, grietas y hundimientos en sectores aledaños a la Cárcava Tejares, en el sector de El Recreo y en el sector de la Vuelta del Mecato. Hundimiento en el sector La Nivia.
- Septiembre 03 de 1999. Erosión de las cuatro esquinas de la cabecera municipal por las lluvias y las aberturas que presentan las tuberías del alcantarillado. Deslizamientos en Llanogrande, La Selva y Costa Seca.
- Junio 28 de 2009. Avalancha corregimiento de Albán, desbordamiento de varias cañadas a partir del puente “La Bodega”, derrumbes en el sector “Las Brisas”.
- Febrero 21 de 2001. Hundimiento de la escuela “Juan Bautista Mejía” corregimiento de Albán.
- Diciembre 13 de 2001. Reactivación de las Cárcavas Tejares y Los Chorros.
- Junio 28 de 2008. Deslizamientos y daños causados en la vereda Cuba, desbordamiento de las quebradas afluentes del río Alban que dejaron en alto riesgo viviendas del sector.
- Abril 11 de 2008. Urgencia Manifiesta. Derrumbes en la vía El Cairo – Bellavista.
- Abril 6 de 2008. Derrumbes carretera principal e interveredales.
- Enero 5 de 2008. Ruptura del sistema de alcantarillado por deslizamiento, hundimiento de la vía principal de Albán.
- Noviembre 28 de 2008. Fuerte aguacero que se prolonga por varias horas. Emergencia en la totalidad de las vías del municipio. 60 derrumbes vía principal, sectores: La Virgen, Quebrada Los Chorros, La Piscina, El Tesoro, Sector Jamaica, entre La Carbonera y las Brisas. Vía La Bodega – Salmelia 30 derrumbes, vía El Cairo – La Guardia – La Guajira, perdida de banca en el sector de “Puerto Buñuelo”, 30 derrumbes en “Vuelta del Mecato”, vías afectadas: Guadualito – Bellavista, La Sonora – Guadualito, El Cairo – El Brillante – San José con 40 derrumbes, La Palmera – El Edén, sector El Pajui, sector La Miranda Camellones, Barrio Belisario en el casco urbano.
- Enero 30 de 2009. Movimiento de tierra en el sector conocido como “La Pista”.
- Enero 24 de 2009. Visita al barrio Belisario por movimientos de tierra que comprometen viviendas.

Noticias

Diario El Tiempo

- Marzo 13 de 1996. Es noticia el 19 de marzo de 1996. Deslizamientos y desbordamiento del río La Vieja.
- Junio 5 de 1996. deslizamientos.
- Febrero 21 de 2000. Deslizamiento y taponamiento de vías.
- Febrero 26 de 2000. Continúa el problema de las vías.
- Noviembre 12 de 2000. Derrumbes en Albán/La Carbonera.
- Junio 29 de 2008. Desbordamiento quebrada Los Chorros. Avalancha.
- Septiembre 25 de 2008. Deslizamiento, inundación.
- Octubre 29 de 2008. Daños en carretera que de El Crucero conduce a Galápagos.
- Noviembre 25 de 2008. Derrumbes en la vía principal.

Diario El País

- Diciembre 4 de 2008. Aproximadamente 300 derrumbes.

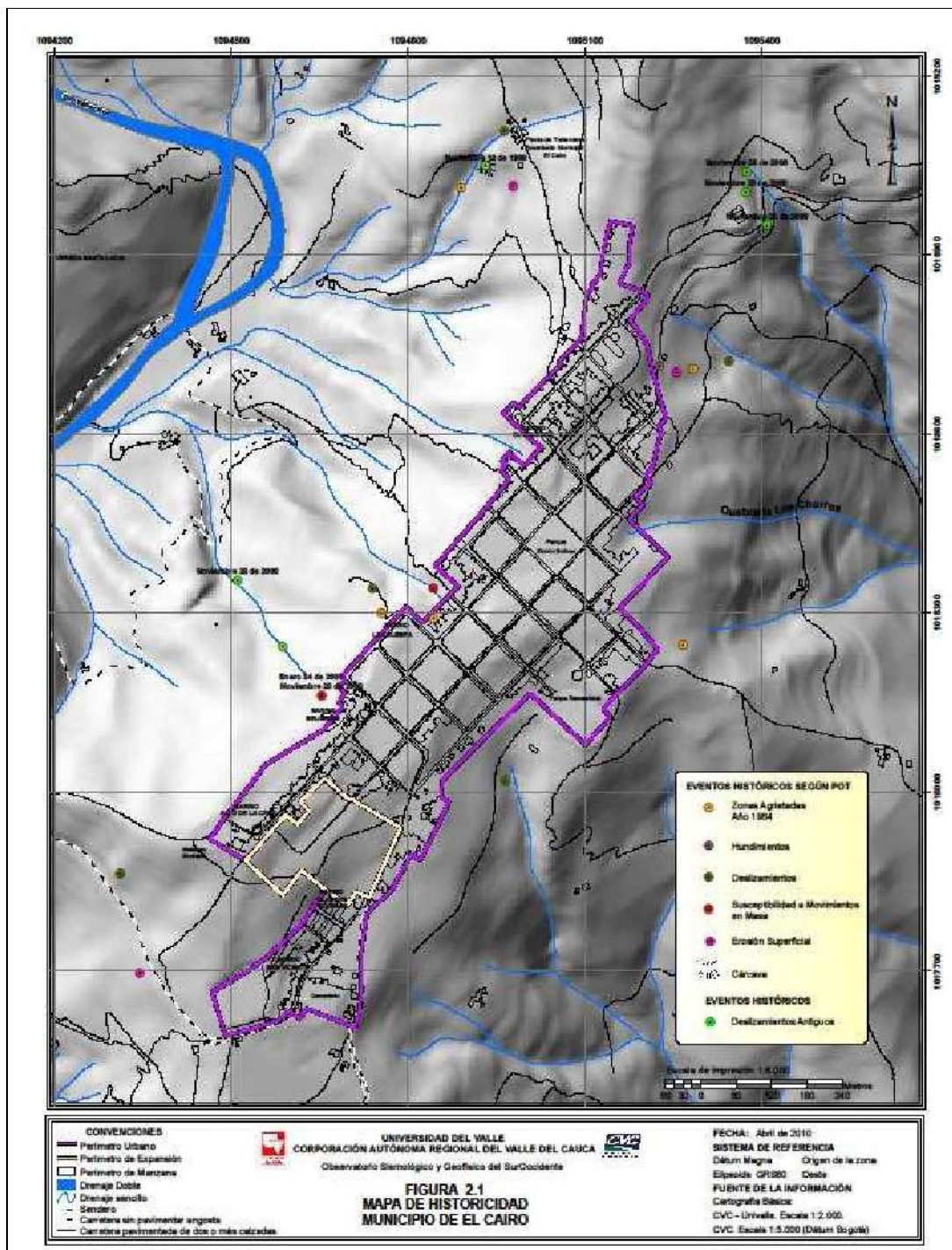


Figura 2.1 Mapa de Historicidad.

3. TOPOGRAFÍA Y CARTOGRAFÍA

3. TOPOGRAFÍA

3.1. DISEÑO DE RED DE FOTOCONTROL PARA CONTROL FOTOGRAMÉTRICO

Los puntos de control fotogramétrico proporcionan una referencia de coordenadas del marco geográfico del área cubierta por las fotografías. La adecuada distribución de estos puntos sobre las fotografías permite que en el proceso de aerotriangulación se establezcan relaciones fuertes en una red consistente de triángulos, arrojando como resultado modelos fotogramétricos correctamente ajustados y por ende la información que se extraiga de estos conserva alta precisión y mínima distorsión en toda el área útil de las fotografías.

Para la selección de los puntos se debe tener en cuenta: que el punto sea claramente identificable en las fotografías, tal como sucede en el caso de este proyecto si el tiempo transcurrido entre la toma de las fotografías y el posicionamiento de los puntos de control es considerable, se debe asegurar que los puntos seleccionados existan tanto en el terreno como en la imagen, son preferibles los detalles ubicados al nivel del piso, sin embargo esquinas de construcciones se pueden usar como control siempre y cuando cumplan con las otras características y se hagan los correspondientes cálculos y descripción clara de la cota o altura del punto, se recomiendan puntos con alto contraste tonal con su entorno, esto dentro de las principales características.

En el municipio de El Cairo se seleccionaron 11 puntos de control que dan cobertura a la totalidad de la zona útil de restitución. Estos puntos se identificaron en el terreno y se posicionaron por periodos acordes con la precisión del trabajo que oscilan entre 1 y 3 horas de observación; el acceso hasta los mismos se efectuó en campero en las zonas con carretables transitables y a caballo en las zonas de mayor dificultad, se recomienda precaución en el sector sur-este, sobre todo en la zona alta, pues por recomendaciones de las personas del sector y algunas autoridades, el acceso es de alto riesgo de seguridad por la operación de algunos grupos al margen de la ley (Ver Figura 3.1).

Se efectuó la georeferenciación de los puntos de fotocontrol con GPS, con precisión de 1 a 5 cm. Se utilizaron dos receptores GPS hiper lite + de la casa fabricante TOPCON y dos receptores GPS 4600 LS de la casa Trimble Navigation en el Anexo 3.1 se presentan las fichas técnicas de estos equipos.

Para el cálculo de los periodos de observación, se utilizó la expresión recomendada en estándares del IGS, definida como:

$$T = (5' \times K) + 25'$$

Siendo K el número de kilómetros entre estaciones observadas

Para el municipio de El Cairo se utilizó como punto de control el vértice MAGNA identificado como GPS DV3 localizado en el mismo municipio.

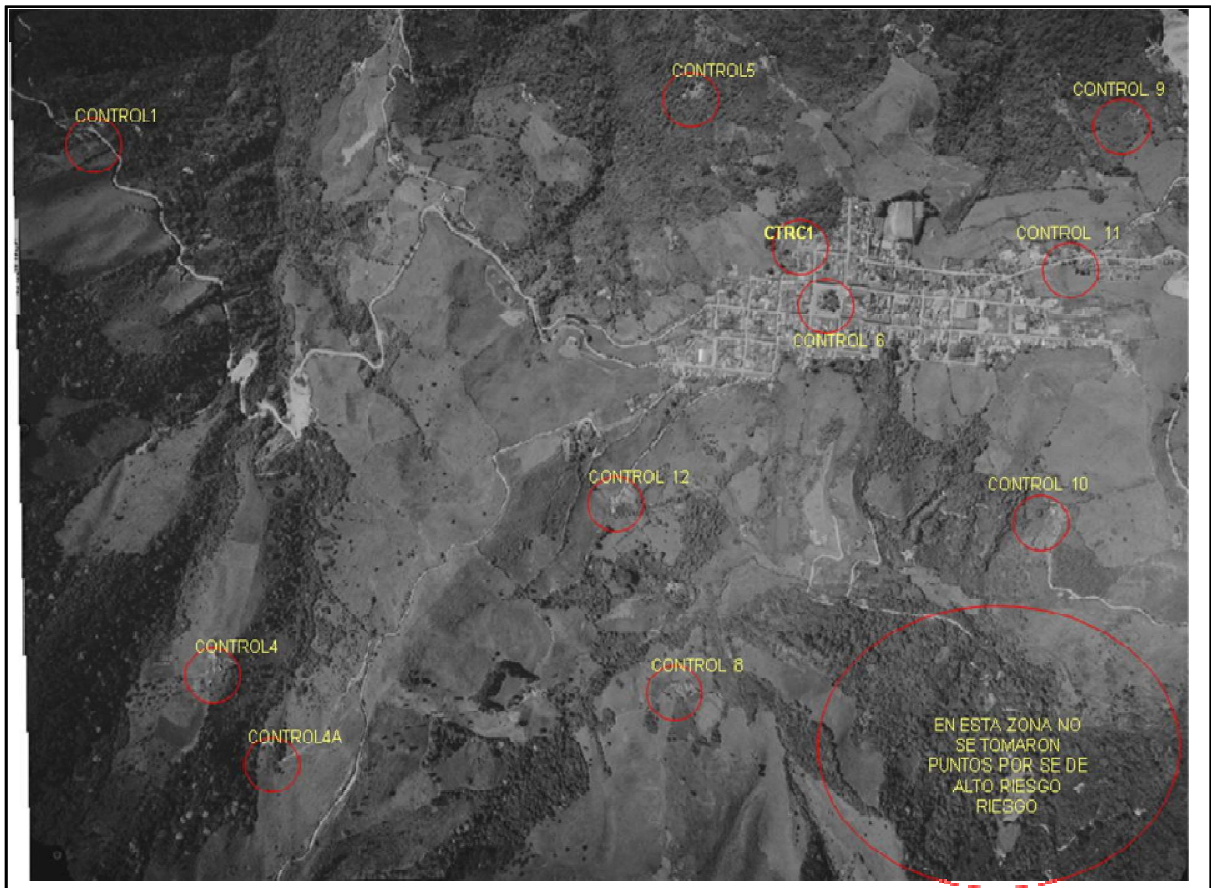


Figura 3.1 Selección de puntos de fotocontrol en el mosaico fotográfico.

3.2. LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

En el desarrollo de los levantamientos se construyeron dos poligonales principales de geometría cerrada y dos más de geometría abierta con cierre a pares de puntos de control.

Los resultados obtenidos en los levantamientos se montaron sobre el Ortofotomosaico con el fin de verificar su coherencia con el sistema de coordenadas de la restitución, dado que estos levantamientos se utilizaron para complementar y densificar la información restituida (Figura 3.2). Estos levantamientos se presentan en el Mapa 3.1.



Figura 3.2 Superposición de los levantamientos topográficos en el ortofotomosaico

El amarre topográfico se efectuó mediante el posicionamiento GPS de 6 puntos materializados en el terreno de los cuales 4 se materializaron con placas de aluminio (Figura 3.3).



Figura 3.3 Placas instaladas en el municipio de El Cairo

Las placas y puntos de control se georeferenciaron mediante Observaciones GPS ligadas al punto de control GPS-D-V-3 igual que los puntos de fotocontrol.

La Figura 3.4 ilustra el despliegue gráfico del procesamiento de puntos de control para los estudios topográficos del municipio de El Cairo.

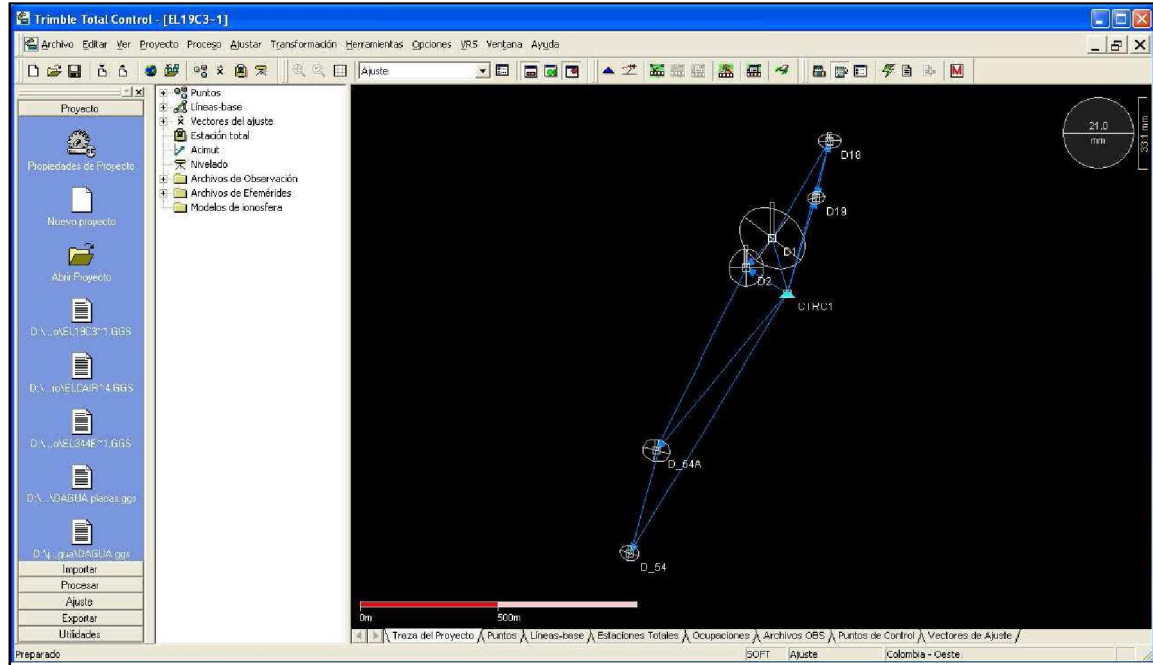


Figura 3.4 Despliegue gráfico del resultado de procesamiento de los puntos de fotocontrol.

Tabla 3.1 Puntos Ajustados en WGS84 (Coord. geog. y desv. estd.)

Punto	Latitud	σ	Longitud	σ	Altitud
D1	N 4° 45' .09858"	18.2mm	O 76° 13' 11.50880"	19.4mm	1936.7055m
D 54	N 4° 45' .00324"	4.6mm	O 76° 13' 28.33568"	5.7mm	1874.8727m
D 54A	N 4° 45' .19032"	6.8mm	O 76° .18156"	8.0mm	1913.8566m
CTR1	N 4°45' 2.58960"	0.0mm	O 76° 13' .82031"	0.0m	1931.3287m
D18	N 4° 46' .49548"	4.4mm	O 76° 13' .78446"	6.9mm	1927.1072m
D19	N 4° 45' .84228"	4.0mm	O 76° 13' .41196"	5.1 mm	1879.9747m
D2	N 4° 45' .63651"	10.9mm	O 76° 13' .64634"	10.1mm	1944.0576m

Tabla 3.2. Precisiones al 95% de confianza

Punto	Eje Semimayor	Eje Semimenor	Ángulo	95% confidence radius
D1	21.0mm	16.3mm	-52.3°	46.3mm
D_54	5.8mm	4.5mm	-71.9°	12.7mm
D_54A	8.0mm	6.7mm	-73.9°	18.2mm
CTRC1	0.0mm	0.0mm	90.0°	0.0mm
D18	6.9mm	4.4mm	88.5°	14.5mm
D19	5.1mm	3.9mm	80.7°	11.2mm
D2	10.9mm	10.1mm	0.5°	25.8mm

3.2.1. Levantamiento de la Cárcava Tejares.

En esta actividad se desarrollaron levantamientos topográficos mediante procedimientos de poligonometría con estación total, esta actividad se caracterizó por la gran dificultad que se presentó para desarrollar el trabajo de campo, pues el fenómeno de la cárcava está asociado a una gran cantidad de fenómenos adicionales que erosionan la parte interna de la misma y que generan todo tipo de accidentes físicos del terreno que al estar cubiertos por una gran cantidad de vegetación (Foto 3.1) dificultan la posibilidad de hacer un muestreo adecuado de datos. En muchos casos, fue necesario hacer uso de sogas e incluso escaleras para poder acceder a sitios que para efectos de ilustrar de forma general el terreno al interior de la cárcava era necesario ocupar (Foto 3.2). El levantamiento de la cárcava Tejares se presenta en el Mapa 3.2.



Foto 3.1 Zonas de erosión de la cárcava cubiertas por vegetación.



Foto 3.2 En algunos casos fue necesario utilizar Escaleras y otros accesorios para superar las dificultades del terreno.

Por aspectos de seguridad y protección del personal de campo no fue posible tomar un mayor número de datos que permitieran caracterizar mejor la topografía de la cárcava y lamentablemente no existen fotografías aéreas actualizadas a una escala adecuada para complementar esta información mediante procesos de restitución fotogramétrica (Foto 3.3).



Foto 3.3 Algunos accidentes abruptos en la zona de cárcava.

4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y CARTOGRAFÍA

4. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

4.1. RECOPIACIÓN, ANÁLISIS, CLASIFICACIÓN Y ADAPTACIÓN DE INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA

La información cartográfica recopilada y disponible en formato digital es la correspondiente al Esquema de Ordenamiento Territorial (EOT) del municipio y la suministrada por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca – CVC-, la cual se describe en las Tablas 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4. Esta información contribuyó a la creación del mapa cartográfico base usado por los diferentes grupos temáticos del proyecto para el levantamiento de su información.

Tabla 4.1. Información Cartográfica del EOT.

Tema	Dátum	Formato	Geometría	Escala	Año	Descripción
Amenazas urbanas	Bogotá	DWG	Punto	1:5000	2000	Hundimientos, susceptibilidad a movimientos en masa, deslizamientos, erosión superficial (sobrepastoreo), cárcava.
Equipamiento municipal	Bogotá	DWG	Polígono	1:5000	2000	Equipamiento urbano (hospital, iglesia, empresa de energía, etc.)
Mapa geológico	Bogotá	DWG	Línea	1:50000	2000	Fallas, formaciones geológicas (Ksb, Kcaa, Kg), rumbo y buzamiento.
Red hídrica	Bogotá	DWG	Línea	1:25000	2000	Red hídrica
Zonificación ambiental por áreas hidrográficas	Bogotá	DWG	Polígono			Zonas ambientales: Río Vallecitos, Río Las Vueltas, Quebrada Los Pitos, Quebrada las Golondrinas.
Perímetro urbano	Bogotá	DWG	Línea	1:5000	2000	Perímetro zona urbana El Cairo
Áreas de preservación y conservación	Bogotá	DWG	Polígono	1:50000	2000	Áreas de conservación activa por miscelánea en pendientes fuertes, preservación estricta, conservación activa por pastizales en pendientes fuertes, sistemas de producción, área de preservación estricta por estrato arbóreo, sistemas de producción en miscelánea, pendientes moderadas con pastizales densos, zonas de regeneración natural.
Áreas de protección y conservación del patrimonio arquitectónico	Bogotá	DWG	Polígono	1:2500	2000	Área de conservación arquitectónica, área de consolidación, área de renovación urbana, área de mejoramiento integral, área de redesarrollo, área de suelos de protección.
Uso actual del suelo	Bogotá	DWG	Polígono	S.I. ³	2000	Áreas clasificadas como bosque, pastizales, rastrojo, café-cultivos de pan coger, cultivos trimestrales-plátano-lulo-caña.
Uso del suelo urbano	Bogotá	DWG	Polígono	1:5000	2000	Manzanas clasificadas como residencial, comercial, institucional, agroindustrial bajo impacto, mixto, zonas verdes.
Distribución veredal	Bogotá	DWG	Línea	1:50000	2000	Líneas que definen las veredas del municipio.

³ S.I.: Sin Información.

Infraestructura vial	Bogotá	DWG	Línea	1:50000	2000	Vía intermunicipal pavimentada, vía intermunicipal no pavimentada, vía veredal no pavimentada.
Infraestructura vial urbana	Bogotá	DWG	Línea, polígono	1:2500	2000	Líneas: Vía arteria principal, vías sin asfaltar, vías a mejorar, vías peatonales. Polígono: Vías arterias secundarias, estación rutas veredales, estación buses intermunicipales.

Tabla 4.2. Información Cartográfica Básica de CVC de la Cuenca Garrapatas.

Tema	Dátum	Formato	Geometría	Escala	Año	Descripción
e2301	Bogotá	Coverage	Anotaciones			Construcciones
e2308	Bogotá	Coverage	Polígono			Área Construida
e2323	Bogotá	Coverage	Anotaciones			Construcción
e3101	Bogotá	Coverage	Línea			Vía Pavimentada
e3102	Bogotá	Coverage	Línea			Caminos
e3109	Bogotá	Coverage	Línea			Vías Peatonales
e3411	Bogotá	Coverage	Línea			Puentes
e5101	Bogotá	Coverage	Polígono			Ríos Dobles
e5103	Bogotá	Coverage	Línea			Acequias
e5124	Bogotá	Coverage	Línea			Ríos sencillos y Quebradas
e6101	Bogotá	Coverage	Línea			Curvas de Nivel
e7150	Bogotá	Coverage	Polígono			Límite
Texmarca	Bogotá	Coverage	Anotaciones			Texto Marca
Texsitio	Bogotá	Coverage	Anotaciones			Texto Sitio
Texvereda	Bogotá	Coverage	Anotaciones			Texto Vereda

Tabla 4.3. Información Cartográfica Temática de CVC de la Cuenca Garrapatas.

Tema	Dátum	Formato	Geometría	Escala	Año	Descripción
Isoyetas47_97	Bogotá	Coverage	Línea		1997	Isolíneas con el valor de la precipitación.
Isoyetas47_06	Bogotá	Coverage	Línea		2006	Isolíneas con el valor de la precipitación.
Suelo47_80	Bogotá	Coverage	Polígono		1980	Unidades de suelo, con Asociación (balsal, billar, canaveral, diamantina, dovio, fonda, fraile, galapago, nogales, playa, pueblo nuevo, riofrio, sevilla, sanabazo).
Pisos Térmicos47	Bogotá	Coverage	Polígono			Cálido, frío, medio, subpárrafo.
Provincias de Humedad47_06	Bogotá	Coverage	Polígono		2006	Perhúmedo, húmedo, subhúmedo, superhúmedo
Límite47	Bogotá	Coverage	Polígono			Límite cuenca Garrapatas
Erosión 47_90	Bogotá	Coverage	Polígono		1990	Moderada, severa, muy severa, natural, ligera.
Uso Potencial47_90	Bogotá	Coverage	Polígono		1990	Áreas de uso potencial del suelo con C2, C3, C4, F1, F2, F3, P, SE.
Conflicto47_90	Bogotá	Coverage	Polígono		1990	Áreas con conflicto por uso del suelo definidas como

						Sin conflicto y Alto
Uso Actual47_90	Bogotá	Coverage	Poligono		1990	Áreas con uso del suelo definidas como Árboles frutales, bosque de guadua, avicola, bosque natural, café-plátano, cana panelera, granadilla, lulo, hortalizas, maíz, plátano, rastrojo, zona urbana, pasto natural
Zonas de vida47_06	Bogotá	Coverage	Poligono		2006	Áreas definidas como Bosque húmedo montano bajo, bosque húmedo premontano, bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo montano bajo, bosque pluvial montano, bosque pluvial tropical, bosque seco premontano

Tabla 4.4. Información Cartográfica Básica de planchas 1:5000⁴

Plancha	Tema	Dátum	Formato	Geometría	Escala	Año	Descripción
223iic3e	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iic3e	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iic3e	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iic3e	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iic3e	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iic3d	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iic3d	c1003	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iic3d	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación
223iic3d	c1202	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Punto de cota
223iic3d	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iic3d	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones
223iic3d	c2310	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Muro
223iic3d	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iic3d	c3101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía pavimentada ancha
223iic3d	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iic3d	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iic3d	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iic3d	c4201	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Árboles
223iic3d	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iic3d	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iic4e	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iic4e	c1103	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Fotocontrol
223iic4e	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación
223iic4e	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iic4e	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones

⁴ Producto de restitución fotogramétrica realizada por FAL Ltda. para la CVC.

223iic4e	c3101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía pavimentada ancha
223iic4e	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iic4e	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iic4e	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iic4e	c4201	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Árboles
223iic4e	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iic4e	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iva1a	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iva1a	c1002	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1a	c1103	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Fotocontrol
223iva1a	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación
223iva1a	c1202	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos de cota
223iva1a	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iva1a	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones
223iva1a	c2310	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Muro
223iva1a	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iva1a	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iva1a	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iva1a	c3124	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1a	c3411	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		Puentes
223iva1a	c3420	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		Poste
223iva1a	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iva1a	c4201	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Árboles
223iva1a	c5101	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Ríos dobles
223iva1a	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iva1a	c5128	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Aljibe - jagüey
223iva1a	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iva1b	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iva1b	c1002	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1b	c1103	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Fotocontrol
223iva1b	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación

223iva1b	c1202	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos de cota
223iva1b	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iva1b	c2110	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Centros poblados
223iva1b	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones
223iva1b	c2307	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Canchas
223iva1b	c2309	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Zona parques
223iva1b	c2310	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Muro
223iva1b	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iva1b	c2330	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Loteo
223iva1b	c2332	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Perímetro manzana
223iva1b	c2341	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Tanque
223iva1b	c3101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía pavimentada ancha
223iva1b	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iva1b	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iva1b	c3121	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía pavimentada ancha(2 lados)
223iva1b	c3124	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1b	c3125	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía sin pavimentar ancha
223iva1b	c3411	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Puentes
223iva1b	c3414	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Línea de Transmisión
223iva1b	c3417	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Torres de energía
223iva1b	c3420	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1b	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iva1b	c4201	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Árboles
223iva1b	c5101	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Ríos dobles
223iva1b	c5103	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Acequias
223iva1b	c5112	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Lagos
223iva1b	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iva1b	c5128	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Jagüey - aljibe
223iva1b	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iva1b	c7430	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1c	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas

223iva1e	c1002	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1e	c1103	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Fotocontrol
223iva1e	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación
223iva1e	c1202	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos de cota
223iva1e	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iva1e	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones
223iva1e	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iva1e	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iva1e	c3121	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía pavimentada ancha(2 lados)
223iva1e	c3124	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1e	c3420	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Poste
223iva1e	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iva1e	c4201	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Árboles
223iva1e	c5101	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Ríos dobles
223iva1e	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iva1e	c5128	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Jagüey - aljibe
223iva1e	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iva1d	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iva1d	c1002	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva1d	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación
223iva1d	c1202	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos de cota
223iva1d	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iva1d	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones
223iva1d	c2307	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Canchas
223iva1d	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iva1d	c2341	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Tanque
223iva1d	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iva1d	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iva1d	c3121	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía pavimentada ancha(2 lados)
223iva1d	c3124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		
223iva1d	c3125	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Vía sin pavimentar ancha

223iva1d	c3411	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Puentes
223iva1d	c3420	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Poste
223iva1d	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iva1d	c5101	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Ríos dobles
223iva1d	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iva1d	c5128	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Jagüey - aljibe
223iva1d	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel
223iva2a	c1001	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cuadrícula y coordenadas
223iva2a	c1002	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		
223iva2a	c1201	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos aerotriangulación
223iva2a	c1202	Bogotá	Interoperability(E00)	Punto	1:5.000		Puntos de cota
223iva2a	c1999	Bogotá	Interoperability(E00)	Anotaciones	1:5.000		Coordenadas
223iva2a	c2301	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Construcciones
223iva2a	c2311	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Cercas
223iva2a	c3101	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Tanque
223iva2a	c3102	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Camino
223iva2a	c3108	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Senderos
223iva2a	c3124	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva2a	c3411	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Puentes
223iva2a	c4107	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Bosques
223iva2a	c4201	Bogotá	Interoperability(E00)		1:5.000		
223iva2a	c5101	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Ríos dobles
223iva2a	c5124	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Ríos sencillos y quebradas
223iva2a	c5128	Bogotá	Interoperability(E00)	Polígono	1:5.000		Jagüey - aljibe
223iva2a	c6101	Bogotá	Interoperability(E00)	Línea	1:5.000		Curvas de nivel

4.2. ESTRUCTURACIÓN DE LA INFORMACIÓN CARTOGRÁFICA Y GEOGRÁFICA

La información geográfica y cartográfica generada en el proyecto MIDAS a través de las diferentes actividades realizadas se estructura conforme a las políticas y estándares establecidos tanto a nivel nacional por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, como por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC.

La información cartográfica obtenida y generada en el sistema de referencia con dátum Bogotá es migrada al nuevo Sistema de Referencia Nacional MAGNA, conforme a la política nacional se utiliza el modelo de Molodensky Badekas y los parámetros de transformación de la región VI.

La información geográfica y cartográfica generada por el proyecto MIDAS es la correspondiente al uso del suelo urbano y cobertura de suelo de la zona de estudio, procesos morfodinámicos, geológico, unidades superficiales, isoyetas mensuales multianuales, puntos de infiltración, muestreos geotécnicos, líneas geofísicas, levantamientos topográficos, modelo digital de elevación y límites de manzanas.

Se presenta la propuesta de estructuración para la temática de uso de suelo urbano, cobertura de suelo, puntos de infiltración y muestreos geotécnicos, para las temáticas de procesos morfodinámicos, geológico, unidades superficiales, pendientes e isoyetas, se presenta la estructura con las adiciones propuestas. Se anexa propuesta de estructuración (Anexo 4.1) y de adiciones a la estructuración planteada por CVC (Anexo 4.2).

4.3. GENERACIÓN DE CARTOGRAFÍA

En el presente proyecto se estableció un flujo de procesos que parten de la captura de información primaria, por medio de restitución fotogramétrica, levantamientos topográficos de campo y levantamientos de información de los profesionales de diferentes grupos como historicidad, hidráulica, geología, geotecnia e hidrología, toda esta información se integra para su posterior edición y estructuración SIG para finalmente obtener los mapas temáticos con las especificaciones solicitadas por la CVC.

En la Figura 4.1, que ilustra el flujo de procesos y productos cartográficos del proyecto.

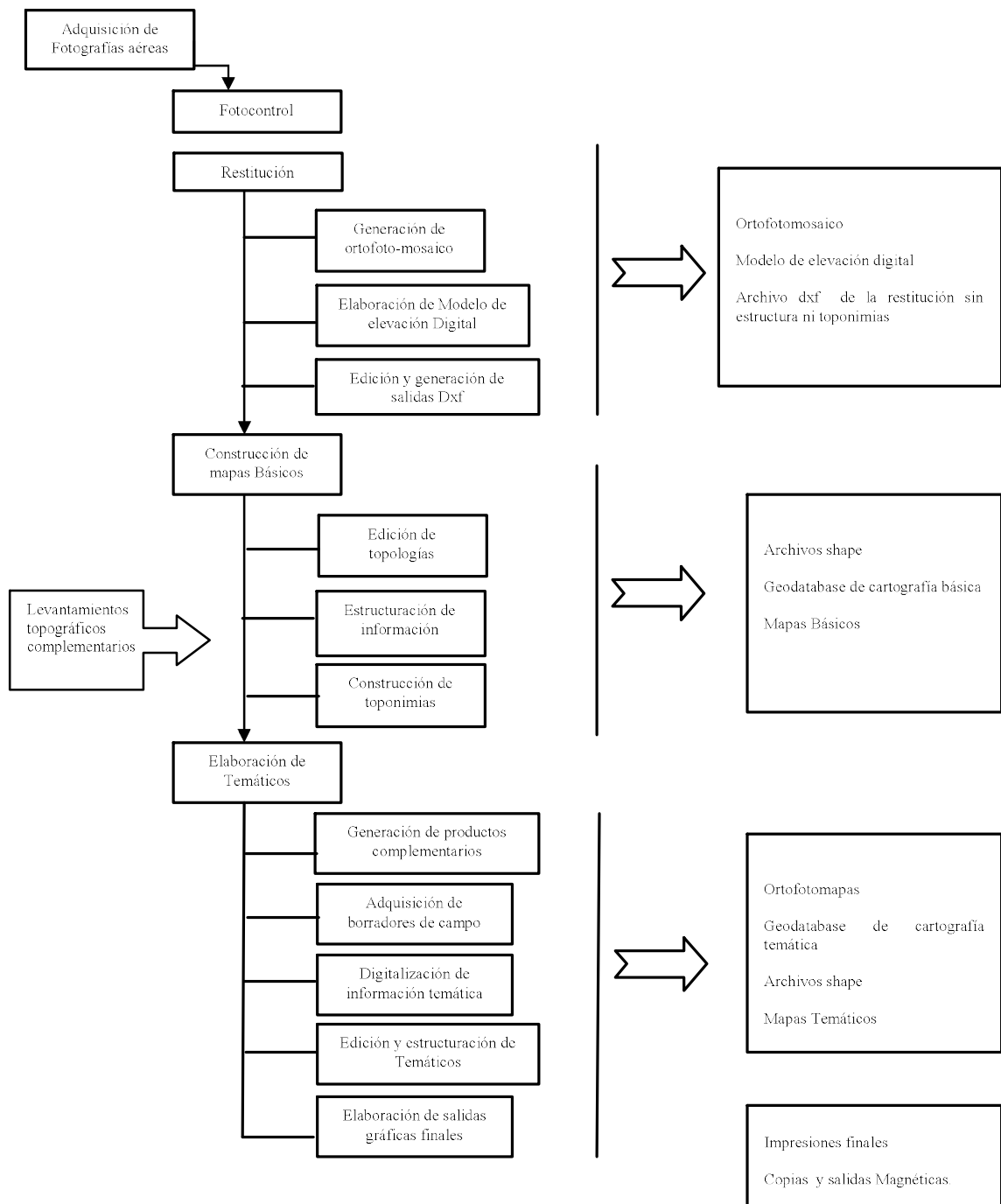


Figura 4.1 Flujo de procesos y productos cartográficos del proyecto.

4.3.1. Mapa Básico

El mapa básico de la zona urbana y de expansión del municipio de El Cairo se presenta en escala de impresión 1:2500 (mapa 4.1), y se realizó a partir de la información cartográfica a escala 1:2000, producto de restitución fotogramétrica de las fotografías aéreas disponibles y más recientes adquiridas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi a escala 1:10200 correspondientes a las 256, 257, 258 y 259 de la línea de vuelo C-2732 F-1 del año 2004 (Figura 4.2), escaneadas a una resolución de 15 micrones. La restitución se realizó en modo 3D utilizando herramientas CAD y software de fotogrametría, los archivos de salida son Archivos DGN y/o DXF, los elementos restituidos se relacionan en la Tabla 4.5.

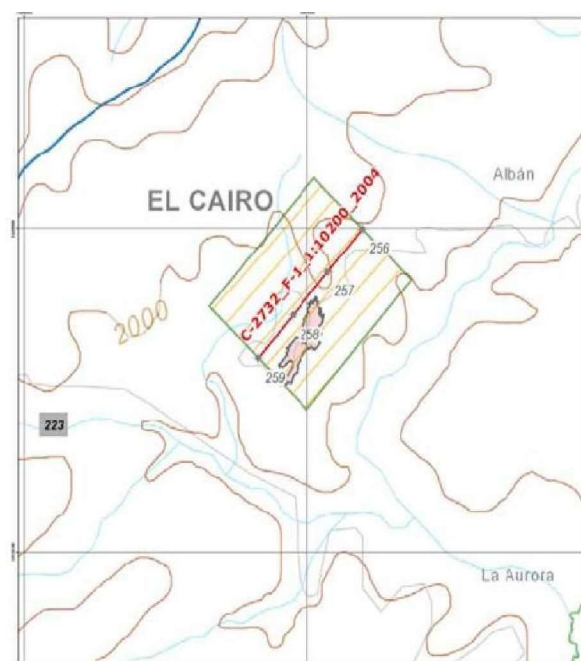


Figura 4.2 Cubrimiento de fotografías aéreas.

Fuente: IGAC

Tabla 4.5. Elementos restituidos

Modelo 2000	Descripción
5124	Drenaje sencillo
5101	Rio drenaje doble
5103	Canal sencillo
5112	Laguna
5114	Pantano
5102	Canal doble
2343	Terraplen
3103	Via ferrea
3105a	Sendero
3105b	Via peatonal urbana
3112a	Limite de via
3112b	Carreteable
	Camino
3120	Separador
3411a	Puente vehicular, viaducto
3411b	Puente ferreo
3411c	Puente peatonal
3414	Red alta tension
3415	Tuberia
3417	Torre
3418	Antena parabolica
3420	Poste
4107	Bosque
4102	Zona verde
	Grupo arboles
4202	Curva indice
6101a	Curva intermedia
6212b	Zona deportiva
2307	Parque
2309	Muro
2310	Cerca alambre
2311	Cerca viva
	Banco arena
5201	Limite manzana
2332	Limite manzana aproximada
2333	Tanque
2341	Piscina
2339	Edificacion

2301	Patio
2335	Tapa de camara
2336	Punto esteroscopico
1103	Punto aerotriangulacion
1201	Punto control fotogramétrico
1202	Esquema
	Breakline
	Via Pavimenda - Carretera
	Claro
	Jarillon
	Cultivos
	Cantera

Las curvas de nivel generadas por la restitución fotogramétrica se encuentran con intervalos de espaciamiento cada 1 metro, a éstas curvas se le integraron las curvas de nivel generadas cada 2 metros por los levantamientos topográficos realizados en el municipio, presentando en el mapa básico las curvas de nivel cada 5 metros.

Para la Cárcava Tejares se presentan las curvas de nivel generadas por el levantamiento topográfico realizado en ésta zona, con un espaciamiento entre curvas de 5 metros, a escala 1:2500. (Mapa 3.2)

4.3.2. Mapa Geológico Integrado

Se realizó el mapa geológico integrado con las unidades superficiales, procesos morfodinámicos, estructuras geológicas y geomorfología, a partir del trabajo de campo del grupo de Geología, la representación geométrica de estas temáticas se realizó a partir de la esquematización realizada por el grupo sobre cartografía a escala 1:2500.

En la temática de Geología, se tuvo en cuenta la unidad geológica correspondiente a la plancha 223 de Ingeominas a escala 1:100000, la cual corresponde a un solo polígono envolvente de la zona de estudio y unas unidades esquematizadas por el grupo de Geología al igual que la falla presente en la zona.

Este mapa es realizado en el sistema de referencia MAGNA sobre la base cartográfica a escala 1:2000, y está impreso a escala 1:2500 (Mapa 5.1).

4.3.3. Mapa de Uso de Suelo Urbano y Cobertura

Este mapa es el producto del trabajo de campo del grupo de Hidrología, el cual tomó como base el mapa de uso de suelo urbano del EOT, actualizando los usos sobre cartografía base a escala 1:5000, para la zona urbana y de expansión del municipio.

Para la definición de cobertura de suelo de las zonas adyacentes a la zona urbana y de expansión, se realizó una identificación previa sobre la ortofoto, digitalizando los polígonos

correspondientes a diferentes coberturas, las cuales fueron corroboradas y actualizadas en campo por el grupo de hidrología, con lo cual se creó esta capa de información y se integró a la de uso de suelo urbano.

Este mapa es realizado en el sistema de referencia MAGNA sobre la base cartográfica a escala 1:2000, y está impreso a escala 1:2500 (Mapa 7.1).

4.3.4. Mapa de Pendientes

A partir de las curvas de nivel de las planchas 1:5000, se generó el modelo digital de elevación para la zona de estudio, que se tomó como insumo para la generación de un mapa raster de pendientes en porcentaje clasificado teniendo en cuenta los parámetros definidos por CVC para esta temática (Figura 5.5). Para el análisis geológico fue necesaria la clasificación de este tema en pendientes superiores a 30 grados (Figura 5.4). Estos dos mapas de pendientes se utilizaron en el análisis preliminar del grupo de Geología.

4.3.5. Mapa de Isoyetas Mensuales Multianuales y Mapa de Precipitaciones Máximas con periodos de 24, 48 y 72 horas.

Para la generación de estas Isoyetas, el grupo de Hidrología recopiló la información necesaria de las estaciones, las cuales se encontraban en coordenadas geográficas, y fue necesario hacer la conversión a coordenadas planas, tomando como Dátum de coordenadas geográficas el de Bogotá y origen de proyección el Oeste.

Con la información compilada, el grupo de hidrología generó las isoyetas mensuales, anual e isolíneas con valores de precipitación máxima de periodos de 24, 48 y 72 horas cada uno con tasas de retorno de 10, 30 y 100 años en el sistema de referencia con dátum Bogotá, por tanto se procedió a realizar la conversión a coordenadas geográficas y la transformación a dátum Magna para la conversión a coordenadas planas Gauss Kruger con origen de proyección oeste. Esta información fue generada como geometría de tipo línea y fue necesario generar entidades con geometría de tipo polígono para representar regiones con promedio de precipitación entre isolíneas.

Los mapas de isoyetas mensuales y anual se realizaron sobre la base cartográfica de la CVC a escala 1:25000 a nivel de la cuenca de Garrapatas, previamente migrada al dátum Magna, e impresos a escala 1:100000.

Los mapas de precipitaciones máximas de 24, 48 y 72 horas se presentan con las tasas de retorno de 10, 30 y 100 años en tamaño 42x50 cm a escala 1:12500, en el sistema de referencia Magna (Mapa 7.2).

4.3.6. Levantamiento Topográfico

Los levantamientos topográficos realizados en el municipio de El Cairo, se presentan en un solo plano con la identificación de las zonas donde se realizaron los levantamientos (Mapa 3.1) y los respectivos levantamientos. La zona de la cárcava tejares se presenta en otro plano (Mapa 3.2).

4.3.7. Ortofotomapa

En el procesamiento de las fotografías aéreas adquiridas en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, se realizó el proceso de ortocorrección para eliminar los errores propios de la geometría de las imágenes, generando una ortofotografía en la cual se integró la información generada correspondiente a vías, red hídrica, manzanas y toponimia conformando de esta manera el ortofotomapa presentado en el Mapa 4.2.

4.3.8. Modelo Digital de Elevación

El modelo digital de elevación (MDE) que se presenta en el Mapa 4.3 es producto de la integración de las curvas de nivel generadas en el proceso de restitución fotogramétrica y los levantamientos topográficos realizados en el Municipio, éste MDE es utilizado como insumo para el grupo de geotecnia para los respectivos análisis para la determinación de la amenaza por fenómenos de movimientos en masa. El MDE es generado con resolución de 5 metros.

5. GEOLOGÍA

5. GEOLOGÍA

El objetivo del trabajo geológico desarrollado consiste en cartografiar a escala 1:2.000 las unidades litoestratigráficas, estructuras geológicas, suelos, formaciones superficiales y rasgos morfodinámicos de la zona, con énfasis en los movimientos de remoción en masa que afectan y han afectado el sector y las zonas de mayor susceptibilidad donde eventualmente pueden ocurrir nuevos fenómenos. Un aspecto notable del presente estudio es la revisión de los trabajos existentes sobre la cárcava activa de Tejares, su evaluación y la actualización del estado de su dinámica erosiva.

Metodológicamente, se desarrollaron actividades relacionadas con la consulta y evaluación de la información geológica existente, tanto en informes como en mapas realizados por diferentes entidades: INGEOMINAS, CVC, POT, empresas particulares y centros académicos. Compilación y resumen de la información más relevante. Interpretación de las fotografías aéreas Nos. 000145-000147 del IGAC, y de la imagen STRM de la NASA.

Mediante el trabajo de campo, se verificó la información geológica existente en los documentos consultados y la fotointerpretación preliminar realizada, con el fin de llevar a cabo la cartografía relacionada con la Geología, Unidades Superficiales, Geomorfología y Fenómenos de Remoción en Masa. A la Cárcava de Tejares se le hizo una visita detallada, con el fin de formular las acciones técnicas futuras, que se deben ejecutar, con el fin de mejorar su estabilidad, teniendo en cuenta los trabajos anteriores. Los datos de campo se compilaron en mapas a escala 1:5.000 y 1: 2.000.

Mediante líneas de refracción sísmica, se investigaron las laderas con sitios especiales de estabilidades críticas o susceptibles a la remoción en masa, tal como se describen en el capítulo relacionado con la Geofísica.

5.1. TRABAJOS ANTERIORES

Sobre el municipio de El Cairo, se han llevado a cabo varios estudios, y visitas geológicas e ingenieriles, relacionados principalmente con el problema de la cárcava presente en la quebrada Tejares, o “Cárcava de Tejares” situada al SE de la población. La CVC desde hace algunos años ha implementado una serie de obras con el fin de controlar el problema de inestabilidad de esta cárcava, y de algunos deslizamientos en la zona del antiguo matadero municipal. Dichos trabajos son:

Aya en el año de 1964, realizó el informe # 1468, en el que afirmó que los deslizamientos presentes en El Cairo son retrogresivos, rotacionales y derrumbamientos, propiciados por la disposición inadecuada de las aguas negras, producto de la falta de un alcantarillado que conduzca estas aguas y las aguas lluvias, hacia zonas que no afecten a la población. El autor, recomendó la conducción apropiada para el desagüe de las aguas negras a sitios más bajos, menos propicios a la erosión por medio de tubería; suprimir la acción erosiva del sobrante de los tanques de acueducto, regulando el caudal de la boca-toma o conduciéndolo por tubería; construcción de un filtro-colector a lo largo de la calle 5a que reciba las aguas de infiltración, lo mismo que la tubería del alcantarillado y drenarlo

hasta la Quebrada Vallecitos; construcción de una zanja de saneamiento paralela a la carretera, para protegerla y evitar los deslizamientos en la carretera Albán-Toro al nor-oriental del municipio; construcción de un filtro pequeño al final de la calle 9a con carrera 2a y por último recomendó el saneamiento a partir de una arborización adecuada para afirmar el suelo y proteger la zona del matadero.

Como obras complementarias para disminuir las infiltraciones y consolidar los terrenos, el autor recomendó: la pavimentación general de las calles de la población, en especial aquellas cercanas a las zonas afectadas; la arborización general de las áreas adyacentes a las zonas agrietadas, sugiriendo la plantación de eucaliptos y plantas de raíces profundas y con gran poder de desecación; tapar y rellenar las grietas formadas con material arcilloso e impermeable y por último, suavizar los taludes en la parte de la carretera. Y concluyó que aunque la situación no es grave, es preciso comenzar las obras de defensa para evitar perjuicios mayores que afecten la estabilidad del pueblo.

Achinte (1974) recomendó la construcción de un muro de contención sobre la vía a Llano Grande, con una altura de 20 metros y 26 metros de longitud. Esta solicitud fue descartada y reemplazada por la construcción de una variante de la vía por la parte alta de la misma. Además la CVC propuso el manejo de la cárcava por medio de correctores de torrentes en madera y canastillas metálicas para el control de la erosión.

Gómez, Cajiao y Asociados CIA (1975), atribuyó los deslizamientos a la acción de las aguas meteóricas y posiblemente por aguas subterráneas; igualmente por la acción erosiva de las quebradas torrentosas al pie de taludes naturales empinados los cuales arrastran el material suelto. Además mencionó dos zonas de inestabilidad de origen antrópico inducido que afecta la cabecera de la Quebrada Tejares hasta 200 m aguas abajo a lo largo del lecho de la misma en donde los taludes de erosión son prácticamente verticales. El autor encontró un avance lateral izquierdo perceptible por la inexistencia de cobertura vegetal y la presencia de grietas profundas, indicando como causa directa, la entrega de la red del alcantarillado en el lecho de la Q. Tejares.

Como medidas paliativas frente a este fenómeno, propuso un relleno parcial (granular semicompactado) sostenido por un muro en concreto reforzado de baja altura con los respectivos dispositivos de drenaje (filtros) y la empedradización de los taludes de excavación y relleno, esto para proteger la vía El Cairo – Llano Grande, además consideró como indispensable la supresión de la descarga del alcantarillado a la Quebrada Tejares.

Achinte y Castillo, en 1980, elaboraron un informe de visita a la Cárcava Tejares, por petición de la gobernación del Valle, la cual refirió como causa determinante del problema, la entrega deficiente del antiguo colector del alcantarillado municipal, para lo que recomendaron la construcción de una variante del colector final a la Quebrada Vallecitos, la construcción de una cuneta revestida a lo largo de la carretera para eliminar las aguas de escurrimiento superficial, entre otras obras como muros de contención, filtros, canales y sumideros; suspender la entrega del alcantarillado a la Quebrada Tejares y aprovechar parte del emisario existente hasta la Quebrada Costa Seca.

En diciembre del mismo año, mediante informe de visita, realizado por la CVC, se informó del incremento acelerado de desestabilización al pasar de 12,5 has en septiembre de 1985 a 37,4 has en febrero de 1986, además el invierno aceleró el proceso erosivo, y se observan grietas de tensión y asentamientos de hasta 300 metros en la margen derecha de la quebrada Tejares, se observó asentamiento sobre la carretera El Cairo – Llano Grande, presumiendo fractura o dislocación de la tubería de 33” del emisario del alcantarillado, la línea de conducción de 2” del acueducto de la Federación de Cafeteros (El Cairo – Llano Grande) presentó fugas y roturas grandes en la zona del asentamiento citado anteriormente, la construcción del emisario final del alcantarillado no ha sido concluida, Se generó una nueva cárcava (parte alta de la quebrada La Selva) cerca del casco urbano causada por el escurrimiento de aguas lluvias de la carretera.

Para lo cual se recomendó la construcción de obras de contención paralela al emisario final en construcción; aislar totalmente la microcuenca Tejares de cualquier intervención humana; dejar el área en regeneración natural; estudiar la viabilidad de construir terrazas sobre la zona desestabilizada de la cárcava y suspender la entrega del alcantarillado a la Quebrada Tejares.

Chávez en el año de 1996, conceptuó sobre la cárcava Tejares a petición de la alcaldía de El Cairo y concluyó, que no era conveniente en ese momento, concebir obras civiles para ayudar en la recuperación y que no había garantías plenas para recomendar su construcción, considerando la gran magnitud de las obras a construir; también recomendó, adelantar un plan de trabajo educativo con los dueños de los predios vecinos a la cárcava sobre el uso adecuado del suelo, aislando y dejando franjas del terreno para recuperar el área para repoblación natural con riego de semillas arbustivas de la región; no practicar el pastoreo; construir trinchos o pantallas de pared sencilla en esterilla para retener el suelo; aplicar barreras vivas en las terracetas existentes; monitorear el emisor final del alcantarillado para detectar posibles fugas y por último evaluar la posibilidad de construir un nuevo emisor final.

Padilla en el año de 1996 en su elaboración del concepto geológico sobre la zona de la Cárcava Tejares concluyó que la zona corresponde a una antigua zona de erosión rejuvenecida, evidenciada, en la formación de valles estrechos y muy profundos (sobre-excavados), drenaje desadaptado (inconsecuente), paisajes sobrepuestos y cerros testigos e inconformidades topográficas; el deslizamiento es translacional a lo largo del suelo y de la roca meteorizada y fracturada; la zona potencial de falla involucra las zonas por donde discurre la tubería del emisor. A lo que recomendó un estudio geológico-geotécnico detallado, acompañado por exploraciones geofísicas por refracción y aislamiento de la zona real y potencialmente desestabilizada.

Funcionarios del Grupo de Infraestructura de la CVC en el año 2002, realizan informe de visita para evaluar la evolución de la Cárcava Tejares, su estado y el manejo a implementar; en él concluyeron que, el uso del suelo, es un factor acelerador de los procesos de inestabilidad. A lo que recomendaron, evaluar una nueva alternativa de trazo del emisario del alcantarillado, aislar toda la cárcava, construir en algunos sectores obras biomecánicas acompañadas de cambio de uso del suelo.

Valencia, en el año de 2002, en informe sobre su trabajo titulado: ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS DE INGENIERÍA PARA EL NUEVO EMISARIO FINAL DE ALCANTARILLADO DEL MUNICIPIO DE EL CAIRO (V), muestra las características físicas de la zona destinada para la construcción del emisor final y realiza una descripción de la geomorfología y geología de El Cairo, así como un recuento histórico de los diferentes estudios y visitas al sector hasta la composición de su trabajo.

Por último, Arango en el año 2006, realiza un informe de visita a la Cárcava Tejares, en el que concluyó, que la composición litología del sector, el material altamente inestable, los suelos susceptibles a ser erosionados, la pendiente topográfica de moderadas a altas del sector y las aguas de afloramiento que temporalmente vierten sus aguas hacia la cárcava; y sumado a todo lo anterior, el uso del suelo dedicado a cultivos limpios y pastos para ganadería y los antiguos aportes de aguas del emisor final de baja capacidad hidráulica (residuales + lluvias), definieron que el fenómeno erosivo con deslizamientos de tipo retrogresivo, presentará un nivel de riesgo de moderado a alto, para la población de El Cairo; puesto que, se incrementa por la saturación del suelo en épocas invernales prolongadas y avanza paulatinamente alcanzando proporciones importantes. A lo cual recomendó, la construcción de obras en la vía (colectores transversales) y obras biomecánicas (incluido aislamiento con cambio de uso del suelo) en sector de la cárcava; una recomendación complementaria fue la de construir un nuevo emisor final.

Arango en el año 2006 hace referencia a un informe elaborado en el año de 1983, en el cual se consideraba que la solución al vertimiento de las aguas del alcantarillado, y se visualiza el nuevo sitio de entrega del mismo. Posteriormente, en el año de 1985 en las memorias de diseño para el emisario final del alcantarillado de El Cairo, realizadas por la Subdirección técnica de la CVC, se sugirió aprovechar parte del emisario existente hasta la Q. Costa Seca.

5.1.1. Síntesis de las obras recomendadas y ejecutadas

En la cárcava Tejares, a partir del año de 1964, tal como se resume en los párrafos anteriores, se han realizado diversos estudios a diferentes escalas. De todas las recomendaciones realizadas por los autores desde tal año, sobresale la construcción de un segundo canal de evacuación de las aguas negras del municipio, el cual se encuentra actualmente en uso. Otras sugerencias, como las dadas por Gómez en 1975 y Anchite en 1980, no fueron acatadas por las autoridades respectivas, o en caso de haberse realizado, no fueron suficientes para la contención o mitigación del fenómeno pues hoy en día no existen. Solo los trabajos de elaboración de trinchos o pantallas de pared sencilla en esterilla para la retención del suelo, sugeridos por Chávez en 1996, fueron realizados, pero estos no lograron el objetivo propuesto pues la agresividad del fenómeno superó con el tiempo su capacidad de mitigación. De estos trinchos, actualmente persisten en pie 2, los cuales están a punto de venirse abajo por la acción erosiva de la cárcava.

5.2. GEOLOGÍA REGIONAL

A continuación se describen los conjuntos litológicos que afloran hacia el NW del departamento del Valle del Cauca, en la Cordillera Occidental, tal como se muestra en el Mapa Geológico que se ilustra en la Figura 5.1, y que afloran en la región de El Cairo y en los municipios vecinos de Argelia, Versalles y Anserma, entre otros. Estos conjuntos de rocas o formaciones geológicas, se extienden desde el sur de dicha cordillera, en la República del Ecuador y en los departamentos de Nariño y Cauca, hasta el Departamento de Antioquia.

Las variaciones locales en la composición litológica son notables, pero en términos generales, se conservan los tipos generales de rocas de origen oceánico: volcánicas y sus sedimentos asociados, con variado grado de metamorfismo de bajo grado. Las direcciones tectónicas en general se ajustan al patrón general de la cordillera.

5.2.1. Geología regional y evolución reciente de la Cordillera Occidental

La Cordillera Occidental es la más nueva de las tres cordilleras de los Andes colombianos, en cuya parte septentrional se encuentra la población de El Cairo. En su proceso evolutivo esta cordillera ha sufrido cambios notables derivados de la mecánica de acrecimiento de sus rocas al continente desde el fondo oceánico, como consecuencia de los procesos de subducción de las placas Farallones y Nazca, de la interacción con las placas Suramericana y Caribe, y, en especial del levantamiento tectónico, el cual ha afectado la posición original de sus flujos basálticos, e intrusivos de diabasa y gabro, conocidos como Formación Volcánica o PLOCO.

La deformación y los cambios de presión y temperatura han producido el metamorfismo de sus intercalaciones sedimentarias originales, tales como chert, caliza y sedimentos finos, anteriormente conocidos como Grupo Dagua. Estos conjuntos rocosos cuyas edades pueden estar alrededor de 80 – 60 millones de años, han dado lugar a morfologías variadas y contrastantes, dependientes de la abundancia relativa de sus rocas, composición, geometría, y actitud de sus fallas y diaclasas, y de los procesos exógenos de interperismo y erosión que han actuado sobre todo el conjunto rocoso durante milenios.

Entre estos procesos se ha identificado un prolongado período erosivo y denudativo, actuante durante una relativa quietud tectónica, que condujo al “aplanamiento” o peniplanación de gran parte de la Cordillera Occidental, supuestamente durante el Terciario superior (25 millones de años o algo más). El tectonismo posterior, que ha continuado hasta el presente, deformó las superficies de peniplanación, las falló mediante varios pulsos de eventos neotectónicos, creando una serie de mesetas desplazadas en forma escalonada, cuyos remanentes aún conservan sus rasgos semi-planos, dando lugar a un paisaje ondulado con inclinaciones suaves, y con remanentes de rocas más resistentes, en forma de promontorios topográficos, notables en la región de La Cumbre, Pavas, Bitaco, Restrepo, y de menor extensión hacia sectores rurales de Versalles, Argelia, el Dovio, en la parte septentrional de la cordillera. La superficie plana y horizontal sobre la cual se encuentra la población de El Cairo, parece corresponder a un remanente erosivo de esta antigua peniplanicie,

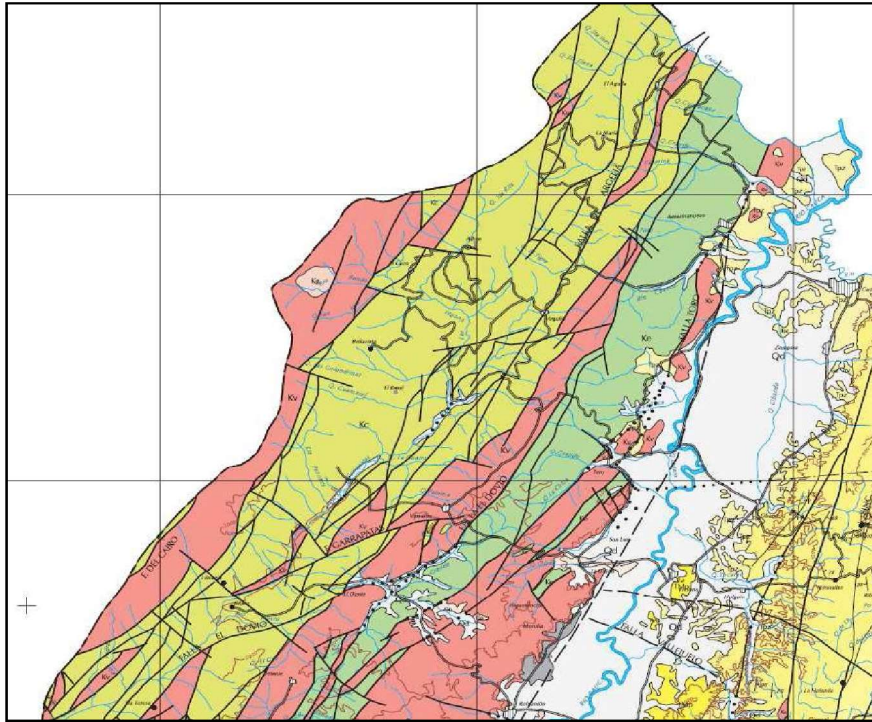


Figura 5.1 Mapa Geológico generalizado de la Cordillera Occidental al Norte del Departamento del Valle del Cauca.

Kv: Formación Volcánica Ke: Formación Espinal Kc: Formación Cisneros

Fuente: INGEOMINAS, 1992

Los anteriores rasgos morfológicos están ligeramente borrados de la topografía en regiones de mayor levantamiento tectónico de la cordillera, donde se facilita la destrucción del paisaje por procesos denudativos; sobre la vertiente oriental de la Cordillera Occidental próxima al valle del río Cauca, o en el frente montañoso, sólo quedan vestigios aislados de esta peniplanicie.

El escalonamiento tectónico a lo largo de las fallas principales de dirección NNE, se hace más notable hacia la región del Queremal y Dagua y se extiende por centenares de kilómetros cuadrados hacia el norte del Valle, a través de la región de Calima – Darién- El Cairo.

La vertiente occidental de la Cordillera Occidental es más larga desde la divisoria de aguas hasta la llanura del Pacífico, que la vertiente oriental entre la divisoria de aguas y el valle del río Cauca. Esta asimetría es debida, a que esta última vertiente hizo parte del borde tectónico occidental, que a lo largo de este frente originó la depresión del valle geográfico del río Cauca, entre las cordilleras Occidental y Central.

Rocas sedimentarias de la Formación Zarzal del Cuaternario, hacia la población de Toro, en el borde oriental de la Cordillera, constituyen rasgos morfológicos distintivos y

contrastantes con las formaciones geológicas del Cretáceo, debido a la composición litológica de sus capas, que consisten de diatomitas, arenisca, limolita y conglomerado, y una posición estructural casi horizontal, con estructuras de deformación recientes: fallas y ligeros pliegues.

En la región de Pavas, Restrepo y Darién, el desarrollo de suelos lateríticos espesos, bajo los remanentes de la peni-planicie, ha dado lugar a formas topográficas suaves, onduladas y extensas, que localmente se extienden hacia diferentes lugares del departamento del Valle, y con las cuales se puede correlacionar la región de El Cairo.

El municipio de El Cairo, se sitúa regionalmente dentro del contexto geológico de rocas asociadas al complejo de rocas cretácicas volcánico- sedimentarias, de origen oceánico, con ligero o poco grado de metamorfismo. A lo ancho de la Cordillera Occidental, tal como se ilustra en el mapa de la Figura 5.1, se presenta un conjunto de rocas volcánicas (Kv) básicas, conocidas como la Formación Volcánica, que consiste de flujos de basalto, lavas almohadilladas, diques de diabasa y en menor cantidad gabro y rocas ultramáficas. Hacia la parte central de la cordillera, donde se encuentra el Cairo, predomina un grupo de rocas meta-sedimentarias correspondientes a la Formación Cisneros (Kc), las cuales están conformadas principalmente por filita y pizarra y en menor cantidad por meta-caliza y meta-chert, deformadas y afectadas por metamorfismo regional de bajo grado. El metamorfismo cataclástico es común en numerosos sectores de la cordillera. Hacia el sector más oriental aflora un grupo de rocas conocidas como la formación Espinal (Ke) que comprende una secuencia de sedimentitas silíceas y chert, las cuales en algunos sectores tienen un gran parecido a la formación Cisneros.

Hacia el extremo oriental de la cordillera, en proximidades del valle del río Cauca, y en localidades más restringidos, afloran los sedimentos la formación Zarzal (TPz), con notables bancos de conglomerado, arenisca, limolita y capas de diatomita.

El sistema estructural dominante en el área, corresponde al sistema de fallas de dirección N a N20°E, común en toda la Cordillera Occidental. Dicho sistema comprende la falla de Cali-Patía que bordea la base del frente montañoso de la cordillera y el cual se extiende de sur a norte del país, por centenares de kilómetros. Dentro de la Cordillera, numerosas fallas geológicas de menor tamaño muestran una actitud similar, tales como las fallas de Dagua-Calima, El Dovio, El Cairo, Trujillo y Roldanillo, entre otras. Se asume que las fallas de dirección NN-E, situadas al norte de la latitud de Buga, por lo general, tienen una componente de movimiento horizontal sinistral y al sur de dicha población, el movimiento es dextral. Un segundo sistema notable en la región, corresponde a las fallas transversales que tienen una dirección que varía entre N40°-50°W, y por lo general son fracturas de menor longitud. Hacia la región de El Cairo, dichas fallas transversales tienen unos 60° a 70° de dirección al NW. Se supone que son fracturas causadas por una distensión en dirección SW-NE, asociadas a la colisión del arco Panamá-Chocó con el continente, las cuales dan lugar a fallas normales con un componente oblicuo. A la mayoría de estas fallas transversales no se les ha asignado un nombre oficial en la literatura geológica. Un rasgo estructural notable es la falla de Garrapatas, transversal al sistema NNE, situada al sur, cuyas fallas satélites se extienden hacia la región de El Cairo.

5.3. SECTOR DE EL CAIRO

A continuación se describen la geología, las unidades superficiales, la geomorfología y los procesos morfodinámicos o de remoción en masa, en la cabecera municipal de El Cairo y sus proximidades.

5.3.1. Mapa geológico de la región de El Cairo

La geología de El Cairo, corresponde a las rocas de la formación Cisneros que infrayacen la cabecera municipal y sus alrededores. Los afloramientos son escasos y por lo común predominan a lo largo de los taludes de las carreteras de acceso al municipio. Los suelos residuales limo-arcillosos, cubren la casi totalidad de la zona comprendida por el presente estudio.

5.3.1.1. Litología local

La población de El Cairo yace directamente sobre los suelos derivados de un conjunto de pizarra y lutita pizarrosa, cuya esquistosidad varía de finamente laminada a masiva, en capas que varían de pocos centímetros a 10cm en promedio. En menor proporción se presenta limólita silícea masiva, en capas de unos 8 cm. Estas rocas son por lo general de color gris oscuro a negro y meteorizan a colores amarillos, con variaciones entre amarillo claro y tonos ladrillo. Las superficies de esquistosidad meteorizan a tonos amarillos más claros, lo cual hace sospechar de la presencia de láminas de mica muy pequeñas, que marcan dichas superficies. Las pizarras presentes en la zona, de acuerdo al mapa de INGEOMINAS, corresponden a la formación Cisneros, aunque la textura y composición de estas rocas muestra una marcada diferencia con los esquistos, pizarras y filitas, atribuíos a dicha formación en la vía Loboguerrero-Buenaventura. Por lo tanto, estas formaciones podrían corresponder a rocas sedimentarias del Cretáceo, que aún no han sido suficientemente descritas y entendidas.

Los mejores afloramientos de estas rocas, en vecindades de la población, se encuentran a lo largo de la carretera que de El Cairo conduce a Ansermanuevo, algunos de los cuales se describen en las estaciones de campo, señaladas en el Mapa 5.1 y la Figura 5.2 como R1, R2, R3 y R4, cerca al Cairo, tal como se muestra en la Foto 5.1 y se relacionan en la Tabla 5.1. Son exposiciones de la roca, destapadas por el corte y la remoción de la ladera durante la construcción de la vía, es decir que hacen parte del talud de la carretera. Su extensión como afloramiento es muy limitada y en todos los casos se puede identificar su contacto con el suelo residual, hacia arriba y a los lados, el cual aparentemente tiene espesores que varían de 3 a 6 m. y que en los máximos grados de descomposición dan lugar a una arcilla amarillosa ligeramente plástica.

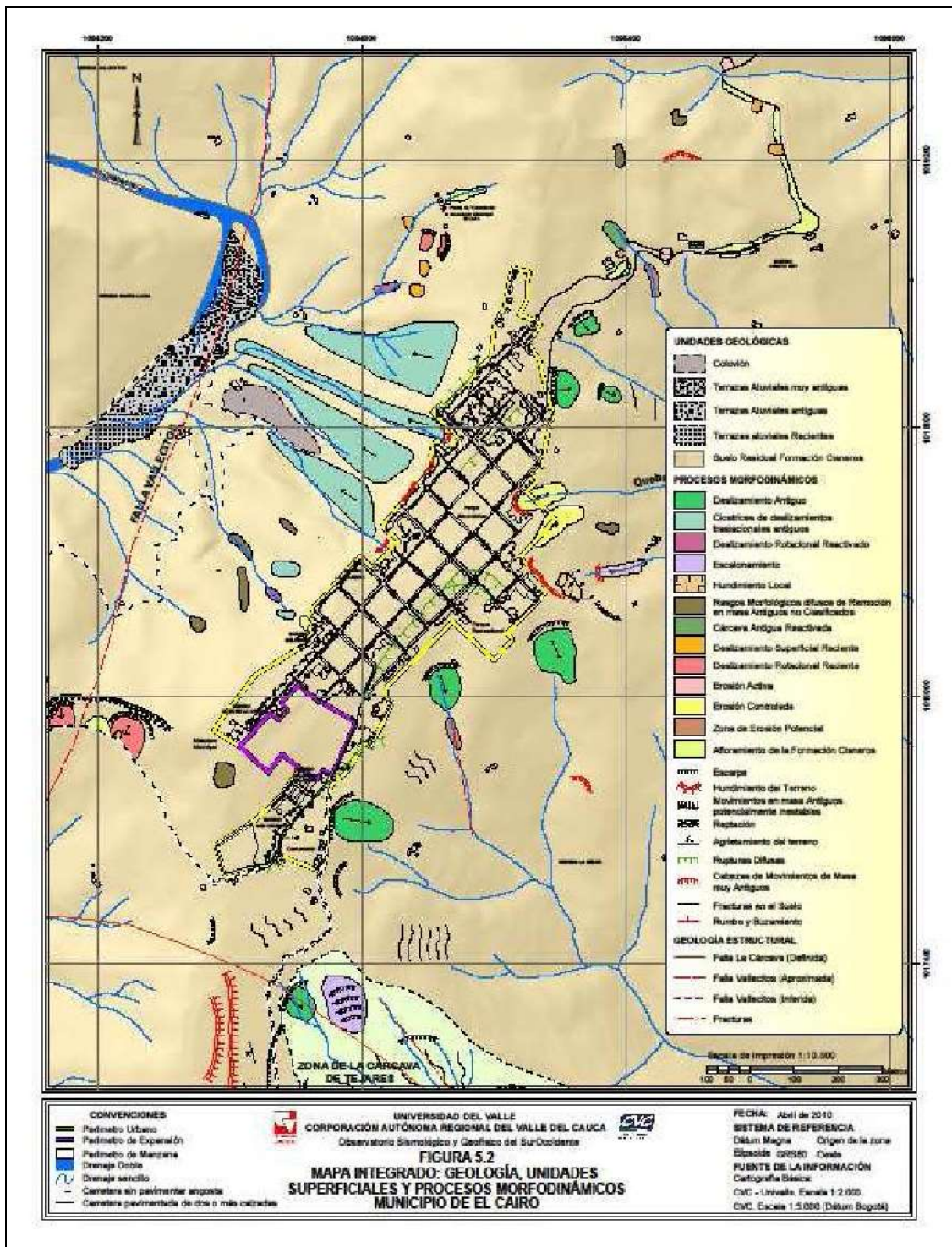


Figura 5.2 Mapa geológico de El Cairo.

Tabla 5.1. Afloramientos

AFLORAMIENTOS				
ESTACIÓN	LOCALIZACIÓN	TIPO DE ROCA	ACTITUD	OBSERVACIONES
R1	N del Cairo en la vía a Ansermanuevo	Capas de filita pizarrosa, ligeramente meteorizada, color café claro, con espesores entre 4 a 5 cm.	N20°E/45°NW	Presencia de estrías de fricción en el extremo derecho del afloramiento, posiblemente por falla oculta en el cauce de la quebrada situada a 80 m del afloramiento hacia NNW, en la curva de la carretera.
R2	N del Cairo en la vía a Ansermanuevo	Afloramiento de capas de meta limolita silícea, plegadas, que meteorizan a color amarillo, con espesores entre 4 a 5 cm.		Resultado del despegue y arrastre de capas superiores y espesas del material sedimentario, con buzamiento al E. Posiblemente deslizado en esa dirección, induciendo en las capas inferiores deformación por plegamiento.
R3	N del Cairo en la vía a Ansermanuevo	Afloramientos de un banco grueso de meta limolita ligeramente meteorizada de color amarillo pardo, con espesores entre 8 a 10 cm.	N60°E/34°SE	El afloramiento se destaca en la topografía con una altura de 8 m
R4	N del Cairo en la vía a Ansermanuevo	Afloramiento de metalimolita silícea, con laminación fina, ligeramente meteorizada, con espesores entre 10 a 15 cm.	N10°W/20°W	Afloramiento presente en la región del monumento de Cristo Rey.

5.3.1.2. Estructura: fracturas y fallas.

Los datos estructurales vecinos al Cairo se documentaron a lo largo de la carretera que conduce a Ansermanuevo en capas de rocas de la Formación Cisneros. Las grandes fallas regionales pasan por fuera del área de interés, pero se hace mención a ellas debido a su influencia en el desarrollo morfológico de la región.

Los rumbos y buzamientos de las capas, a lo largo de la vía, no muestran una tendencia preferencial, lo cual parece indicar varios episodios de plegamiento menor con diferentes direcciones tectónicas. Sin embargo la deformación más visible parece ser pos-metamórfica, aparentemente no asociada con una nueva foliación y mineralización de silicatos, la cual parece mantener el rumbo regional de NNW a NNE con un buzamiento general al NE y SE.

De acuerdo al mapa de INGEOMINAS (1999), al oriente y sur de El Cairo pasan unas fallas de carácter regional, con direcciones N10-20°E y N70°W, respectivamente, tal como puede observarse en el mapa de la Figura 5.1 y que con algún detalle se muestran en la imagen de la Figura 5.2. Ambas fallas corren alejadas por fuera del área de trabajo comprendida en el presente trabajo y por tal razón no se ilustran en los mapas a escala 1:2.000, que acompañan este informe.



Foto 5.1 Afloramiento de limolita silícea, plegada por el sobre-escurrimiento de bancos gruesos de estratos superiores.

Al occidente de El Cairo transcurre la Falla de Vallecitos, con dirección aproximada N10| a 20° E y con buena expresión morfológica hacia el SW de la población, la cual se muestra en el Mapa 5.1, y en la imagen de la Figura 5.3. Dicha falla da lugar a un lomo topográfico diagnóstico de su actividad, el cual se muestra en la Foto 5.2. Por algunos centenares de metros las geoformas asociadas a la deformación del terreno inducido por falla, parecen estar destruidas por la erosión de las aguas que drenan por la ladera occidental de El Cairo hacia Vallecitos.

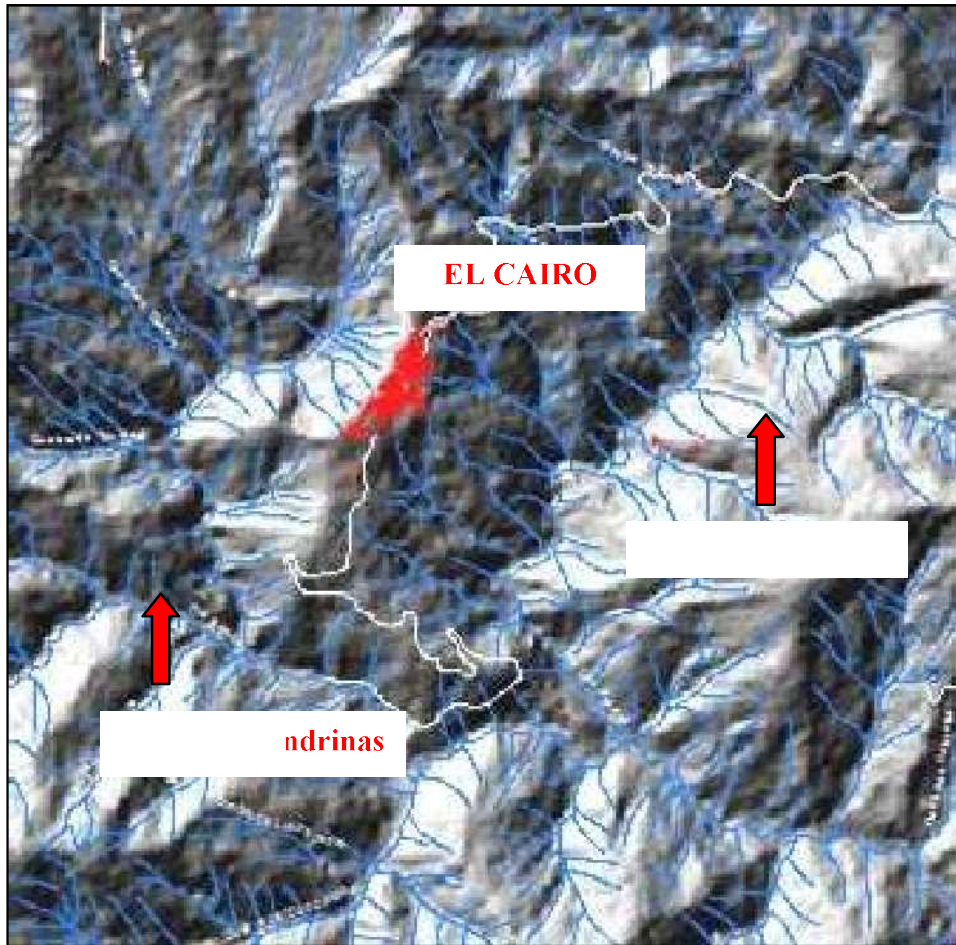


Figura 5.3 Patrón de drenaje área de El Cairo.

El patrón de drenaje sigue las principales direcciones estructurales alrededor de El Cairo (en rojo). Nótese el control estructural del drenaje por la falla regional con dirección NNE (rio Las Vueltas), al oriente de la población, y otra con dirección NWW al sur de ella (Q, Las Golondrinas). El lineamiento oscuro más pequeño, a pocos metros al occidente de El Cairo, corresponde a la falla de Vallecitos. Las corrientes menores con dirección aproximada NW-SE, posiblemente corresponden a un fracturamiento distensivo. La población tiene unos 1.200 m de norte a sur (de arriba hacia abajo en la imagen).-Modelo de sombras generado a partir de un DEM obtenido por la misión SRTM de la NASA-

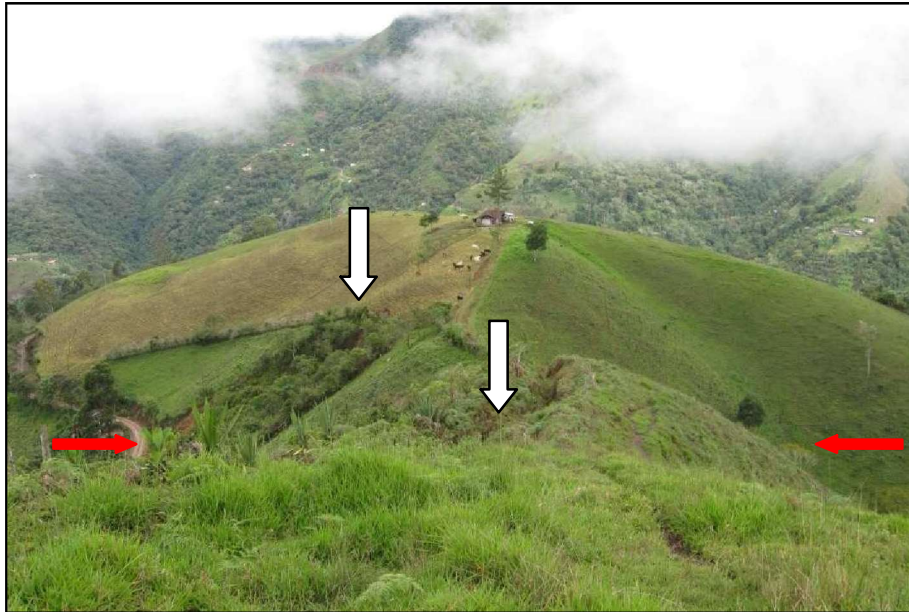


Foto 5.2 Rasgo topográfico en forma de lomo.

Este rasgo topográfico indica el paso de la falla Vallecitos (Flechas rojas). La flecha blanca lejana indica un antiguo deslizamiento rotacional reactivado, y, la más cercana, la cicatriz de otro deslizamiento activo, asociados a la fragmentación y cataclasis de la roca por los continuos movimientos de la falla Vallecitos, a través del tiempo. Vista hacia el W.

Este es un proceso más rápido que el desplazamiento tectónico, y en consecuencia el trazo de la falla se torna incierto, es decir queda enmascarado por los procesos denudativos hacia la parte baja de la ladera. Sin embargo, hacia la parte norte de la zona de falla, pasando el puente Vallecitos, el drenaje allí bien marcado, parece estar controlado en centenas de metros por la zona de falla, que de acuerdo al campo de esfuerzos NW-SE, calculado para el Cuaternario reciente, el movimiento de esta y otras fallas paralelas, debería ser sinistral.

Por lo general el fallamiento transversal a la dirección de fallas NNE, con dirección muy general NW-SE, presente en la parte septentrional de la Cordillera Occidental corresponde a fracturas tensionales menores, paralelas a la dirección del campo de esfuerzo mayor o σ_1 , en la orientación arriba citada. De igual manera se asume que dichas fracturas están presentes en el sector de El Cairo y parecen controlar el drenaje menor que se ajusta a dicha dirección de fracturamiento. Su incidencia directa en la estabilidad de la zona no ha sido precisada, pero no se descarta su influencia en la ocurrencia de dichos fenómenos.

En cuanto a las fallas geológicas activas o sismogénicas, durante el presente trabajo, no se identificaron rasgos neotectónicos diagnósticos de dicho fallamiento. Sin embargo, es preciso mencionar que la alta capacidad erosiva de las corrientes mayores de agua, puede haber destruido tales rasgos en las fallas que corren a lo largo de las corrientes mayores; al ser los movimientos neo-tectónicos mucho más lentos que la tasa de erosión fluvial. Por otra parte se debe tener en cuenta que las facetas triangulares, que comúnmente son morfologías diagnósticas de movimientos tectónicos recientes, al presentarse a lo largo de las corrientes de aguas encañonadas, como en el río Las Vueltas, son simples rasgos

modelados por la erosión, que no tienen significado tectónico, al igual que algunos escarpes presentes a lo largo de ellas.

Algunas fracturas transversales localizadas al sur de El Cairo, por fuera de la zona del proyecto MIDAS, tienen direcciones muy marcadas cercanas a N70°W (Q. Golondrinas) lo cual es una situación excepcional, con relación a la tendencia general de la mayoría de las fracturas transversales en la Cordillera Occidental, que por lo general son de tendencia NW-SE.

Dependiendo del ángulo que las fracturas tensionales hagan con la dirección del esfuerzo principal, sus movimientos normales pueden tener también un componente oblicuo con comportamiento sinistral o dextral. La escasez de afloramientos de roca, con suficientes estrías de fricción, no permitió precisar estos modelos de comportamiento tectónico, por lo cual quedan planteados como un tema de trabajo futuro en geología, por fuera de este proyecto.

Es preciso anotar que la naturaleza textural de algunas rocas afectadas por las fallas, puede dar lugar a amplias zonas de deformación y de fracturamiento intenso, que incrementan la permeabilidad del terreno favoreciendo la filtración y percolación del agua, el aumento de presión de poros y la lubricación de superficies pre-existentes de despegue, facilitando el deslizamiento y escurrimiento de los suelos y roca fracturada. Por otra parte, el intenso fracturamiento local de estas rocas en profundidad, asociadas a las zonas y planos de falla, debajo del suelo residual y del saprolito, conforma zonas propicias, para la iniciación o la reactivación de deslizamientos rotacionales antiguos. Tal fenómeno, por ejemplo, ocurre a lo largo de la falla Vallecitos en el cruce con la carretera que conduce a la localidad del mismo nombre, tal como se ilustra en los deslizamientos 13 y 14 en el Mapa 5.1.

5.3.2. Mapa de Unidades Superficiales

El propósito de este mapa es identificar, clasificar y cartografiar las diferentes unidades de suelo residual y transportado, roca en los diferentes estados de meteorización y unidades de tipo aluvial, coluvial y fluvio torrencial.

Es preciso anotar que en los alrededores del casco urbano de la población de El Cairo, la unidad superficial dominante es suelo residual. Los afloramientos de roca, ligeramente meteorizada a muy meteorizada, sólo se presentan en los destapes de los taludes de la carretera, con una ocurrencia menor al 1% en el área de interés. Los depósitos aluviales, fluvio-torrenciales, coluviales y otros depósitos superficiales similares, no ocurren dentro del área prevista para el presente estudio, debido a la notable elevación topográfica de El Cairo sobre las corrientes de agua mayores. Por esta homogeneidad composicional del suelo en el sector de estudio y al predominio de suelos residuales que constituyen una sola unidad cartografiable, el mapa de formaciones superficiales se presenta como un elemento temático asociado con otros rasgos geológicos y morfodinámicos.

5.3.2.1. Suelos residuales

Los suelos presentes en el área de estudio, corresponden en su totalidad a suelos residuales provenientes de la descomposición física y predominantemente química de las rocas de tipo pizarroso y fílitico, y otros meta-sedimentos de grano fino que conforman la formación

Cisneros, los cuales infrayacen la población de El Cairo y sus alrededores. Los suelos transportados sólo se encuentran en el cuerpo y pata de algunos deslizamientos rotacionales, generalmente antiguos, los cuales se tratan en el capítulo correspondiente a los fenómenos morfodinámicos.

En algunos afloramientos de suelo se puede observar la gradación desde el saprolito hasta el material arcilloso indicativo de la alteración total de la roca, tal como se ilustra en la Foto 5.3. Cerca a la superficie del terreno, el desarrollo del perfil del suelo ha transformado totalmente el material rocoso parental en material puramente arcilloso a ligeramente limo-arcilloso, el cual presenta notable plasticidad. Debajo de la capa orgánica superficial de suelo, hay presencia de ceniza volcánica totalmente meteorizada a material arcilloso, de color gris claro a blanco. Dicha capa de ceniza, hace parte de un depósito extendido por gran parte del occidente del país, el cual se cree que proviene de la actividad de los volcanes de la cordillera Central durante el Plio-Cuaternario.

El suelo que domina el sector de El Cairo generalmente es visible en los destapes expuestos en la superficie de los deslizamientos actuales, en especial en las laderas empinadas y a lo largo de las vías. El suave paisaje morfológico regional es indicativo de estos suelos, donde las formaciones rocosas no sobresalen en superficie por estar ocultas debajo de varios metros de suelo.

En el sustrato próximo a la superficie sobre la cual reposa la población, sólo se encontró suelo residual arcilloso espeso, sin ningún vestigio de roca in situ.



Foto 5.3 Roca fracturada y suelo de tipo arcilloso.

Obsérvese el paso de la roca fracturada y meteorizada, en la parte inferior, a suelo de tipo arcilloso de color amarillo en la parte superior. La capa de color gris claro corresponde posiblemente a ceniza volcánica meteorizada. Vista al W sobre la carretera a Vallecitos.

5.3.3. Geomorfología

A continuación se definen y caracterizan las diferentes geoformas del terreno, los procesos de erosión y los movimientos en masa antiguos y recientes. Las unidades aluviales cuaternarias no se presentan dentro del área comprendida en el estudio del municipio de El Cairo, debido a que los ríos o quebradas que tienen depósitos cuaternarios, se encuentran alejados del casco urbano.

5.3.3.1. Geoformas locales del terreno

La geoforma alineada de los ríos mayores, como el río Las Vueltas, el Vallecitos, y la quebrada Golondrinas, parecen tener un control estructural, que se ajusta a los lineamientos tectónicos regionales hacia el NNE y hacia el NWW y NW-SE.

Los alrededores de El Cairo, hasta varios kilómetros a la redonda, permiten visualizar y describir las características morfológicas de la región, derivadas de la evolución de la Cordillera Occidental, pues la sola localidad restringida donde se encuentra el casco urbano del municipio no arroja suficiente información al respecto.

Debe destacarse que la población de El Cairo, se encuentra sobre una meseta de unos 800 m de longitud y unos 250 m de anchura, a una altura promedio sobre el nivel del mar de 1850 m.

Esta meseta, parece corresponder a los remanentes de la antigua *superficie de erosión*, correlacionable con rasgos similares presentes en particular en la región de Restrepo y el Lago Calima, al sur, indicativa del largo período de peni-planación o denudación a que fue sometida la cordillera, durante una prolongada quietud tectónica. La posterior reanudación del ascenso tectónico de la cordillera elevó la superficie de erosión, rejuveneció el paisaje, y los ríos entallaron de nuevo la región, hasta generar el paisaje morfológico que hoy día observamos. Los materiales geológicos que por lo común se hallan debajo de estas superficies de erosión consisten de suelos residuales, ligeramente espesos y generalmente lateríticos, que en la región citada llegan a tener decenas de metros de espesor.

Es preciso anotar que las rocas basálticas, de la Formación Volcánica, presentes en numerosos sectores de la Cordillera Occidental, debido a su composición rica en minerales formados a altas temperaturas, se alteran con mayor facilidad en condiciones de temperatura y presión ambientales, que los meta-sedimentos asociados a la formación Cisneros. Dicha formación en el sector de El Cairo, contiene rocas silíceas y silicatos de bajas temperaturas, que dan como resultado suelos de menor profundidad que los suelos provenientes de materiales volcánicos. Se estima que debajo del casco urbano de El Cairo, los suelos residuales puedan alcanzar unos varios metros en promedio. Aparentemente son suelos estables en la zona plana, que a medida que aumenta la pendiente del terreno, ladera abajo, han dado lugar a deslizamientos y procesos de erosión variados.

Teniendo en cuenta la morfología actual de la meseta de El Cairo, asociable con el resto de sectores peni-planeados de la cordillera, se asume que dicha meseta fue mucho más extensa durante el Cuaternario, la cual debió tener mayor extensión, en toda dirección, pero en especial hacia el oriente de la actual ubicación. Los proto-ríos de la región (Las Vueltas y

otros), que inicialmente corrían a nivel de la peni-planicie, supuestamente durante finales del Terciario, fueron entallando la zona a través de procesos erosivos, con notable incisión vertical, hasta llegar al nivel topográfico que tienen hoy día, controlado por el nivel base del río Cauca. El entallamiento profundo de todo el sistema de drenaje, dio lugar al desarrollo de las laderas y en general al paisaje morfotectónico, tal como lo observamos en la actualidad, dejando como remanente la meseta de El Cairo, reducida a pocos kilómetros cuadrados.

Por fuera de la meseta, la morfología de las laderas hasta el nivel de las corrientes mayores de agua, está definida por la litología, su grado de meteorización, y por la estructura geológica de la Formación Cisneros en el sub suelo, cuyas capas tienen una actitud general de NNE/SE. Esta estructura, bajo el continuo proceso erosivo del drenaje mayor, y de las corrientes de agua menores, ha dado lugar a la diferencia morfológica entre las dos laderas de El Cairo; la oriental y la occidental, tal como se muestra en los mapas de pendientes (Ver Figuras 5.4 y 5.5), que aunque es una diferencia casi sutil, marca el contraste con relación al tipo de los movimientos de masa. En la ladera oriental las capas buzanan a favor de la pendiente, es decir hacia el oriente. En cambio en la ladera occidental las capas buzanan en contra de la pendiente. Este hecho probablemente define el predominio de los numerosos deslizamientos rotacionales, en la ladera oriental y de los “planares” y golpes de cuchara en la occidental. La notable asimetría entre las dos laderas está relacionada con la actitud de las capas de meta-sedimentos; la ladera oriental, que sigue el buzamiento de las capas es más larga que la occidental, que se desarrolla en contra de su buzamiento, asimetría que de hecho también se refleja en el desarrollo del drenaje; a favor o en contra de la dirección del buzamiento.

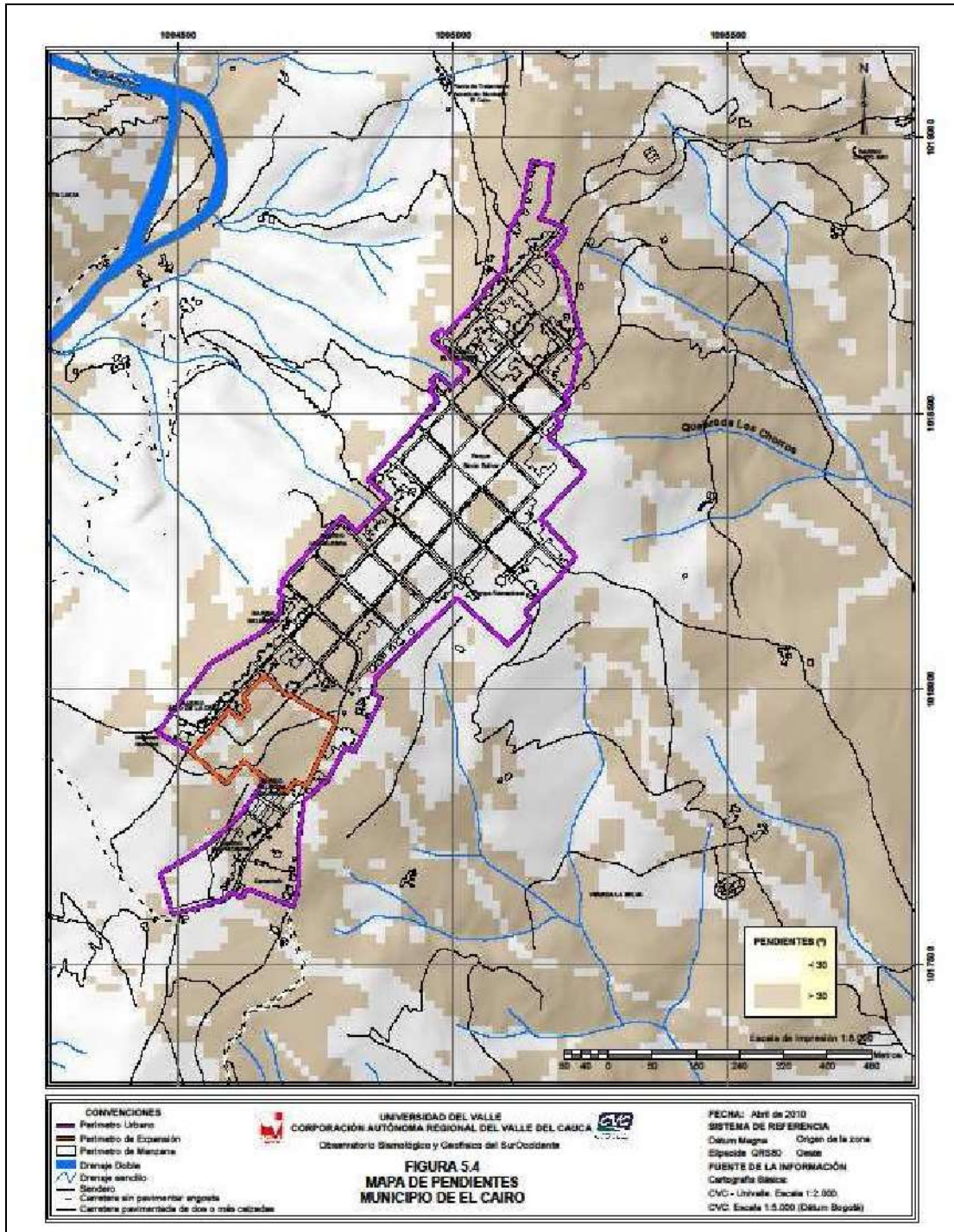


Figura 5.4 Mapa de pendientes en grados.

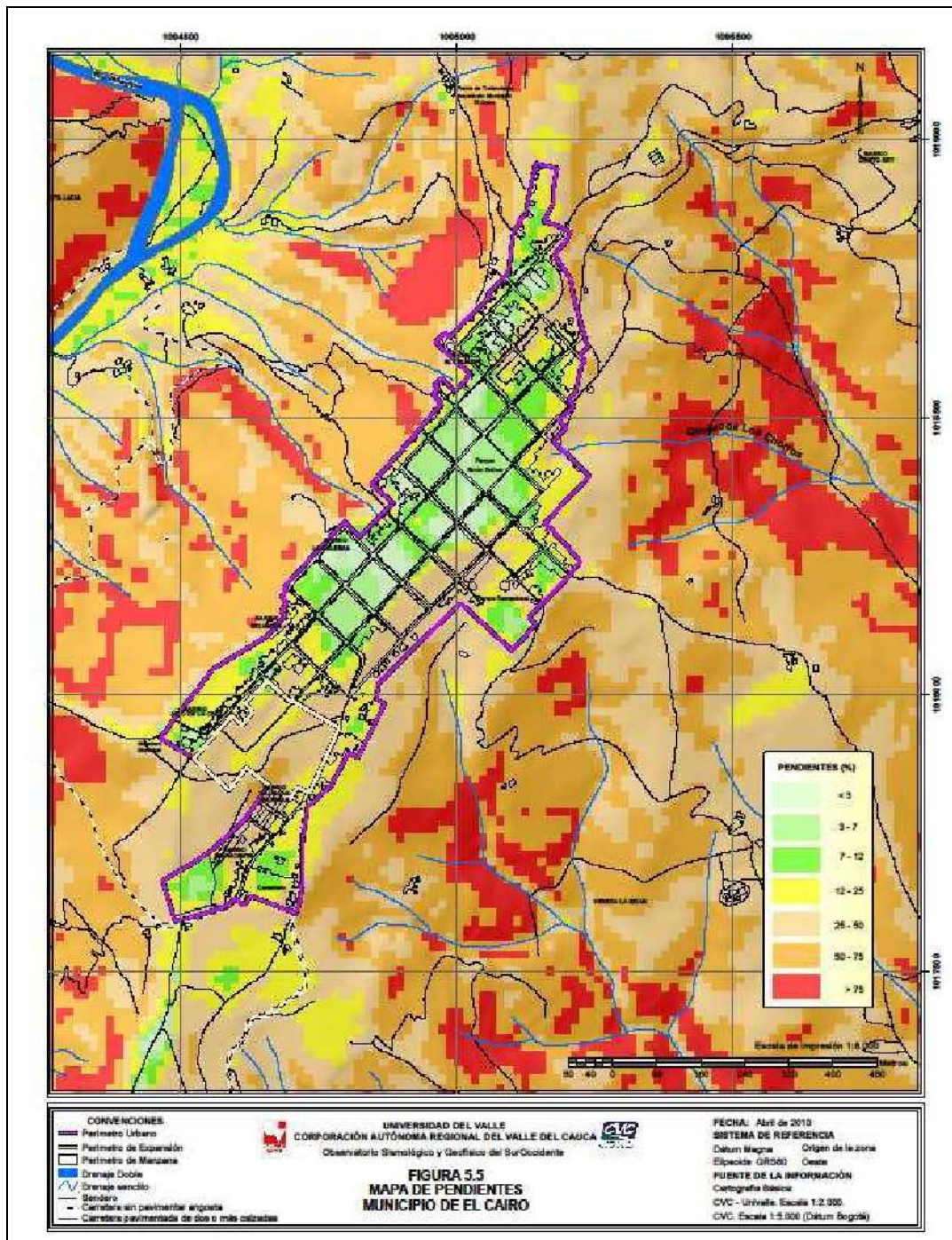


Figura 5.5 Mapa de pendientes en porcentaje.

5.3.3.2. Movimientos de remoción en masa

Los movimientos de remoción en masa en los alrededores del casco urbano de la población, consisten principalmente de deslizamientos de suelo y en menor proporción de suelo y roca. La erosión es principalmente de tipo laminar y en algunos casos conforma nichos y cárcavas de tamaño moderado. La conocida cárcava de Tejares es un fenómeno complejo, que comprende procesos de erosión con nichos y pequeñas cárcavas y deslizamientos internos rotacionales y traslacionales. En consecuencia La Cárcava de Tejares se trata en un párrafo individual, al final.

5.3.3.2.1. Deslizamientos.

Los deslizamientos por lo general se clasifican dentro de dos categorías; rotacionales y traslacionales, o combinación de ellos. En general los deslizamientos rotacionales son superficies de falla curvadas, comunes en zonas húmedas. La presión de poros juega un papel importante en ellos. Los deslizamientos traslacionales por lo general se desarrollan a lo largo de planos de debilidad y pueden estar acompañados de deslizamientos de rocas y bloques de rocas. Estos últimos no se identifican fácilmente en la región de El Cairo.

En la cartografía morfodinámica, los deslizamientos se separaron en dos clases dominantes, deslizamientos planares y rotacionales, tal como se muestran en el Mapa 5.1.

Los primeros son deslizamientos casi verticales, con radio de curvatura muy largo, los cuales se desarrollan en pendientes empinadas, con predominio en la ladera occidental y a lo largo de la carretera que conduce a Ansermanuevo. No presentan una corona definida, tienen aspecto planar (se denominaran informalmente "*planares*" por no existir la terminología apropiada), y el material movido se acumula directamente al pie de la cicatriz que deja el suelo removido. Es posible que el casco urbano hubiera sido afectado en el pasado en la ladera occidental de la población.

Sobre la carretera que conduce a Ansermanuevo, al norte de El Cairo, se presentan algunos de estos deslizamientos que en numerosas ocasiones han taponado la vía de acceso a la población, uno de cuyos ejemplos se ilustra en la Foto 5.4, localizado en el sector de Cristo Rey. Y se representa con el No. 7 en el Mapa 5.1.



Foto 5.4 Deslizamiento de suelo en el talud de la carretera que conduce a Ansermanuevo.

Deslizamiento de suelo (No. 7 en el Mapa 5.1) en el talud de la carretera que conduce a Ansermanuevo. La casa a mano izquierda se encuentra amenazada por el fenómeno. Vista tomada hacia el Cairo, hacia el Sur.

Los segundos son deslizamientos rotacionales generalmente antiguos, con radio de curvatura corto, los cuales se desarrollan en pendientes moderadas, en particular en la ladera oriental de El Cairo. Por lo común muestran un escarpe en la corana con forma de herradura y un cuerpo deslizado que ha rotado a posiciones casi horizontales o ligeramente inclinadas. El casco urbano de la población de El Cairo, parece no haber sido afectada severamente por estos fenómenos, pero están presentes en las laderas de sus alrededores y en algunos casos, a lo largo de las vías de acceso al municipio, tal como se ilustran en el Mapa 5.1, con los números 8 al 14 y se relacionan en la Tabla 5.2.

En la región del “Antiguo Matadero” al NW de la población, se han desarrollado algunos deslizamientos en suelos con pendientes altas, los cuales se ilustran en el Mapa 5.1 con los números 1 y 2, y que se muestran en la Foto 5.5. Allí también se presentan cicatrices de deslizamientos rotacionales antiguos, en pendientes moderadas, parcialmente reactivados, que igualmente se muestran con los números 3 y 4. Pendiente arriba del sector del matadero y a lo largo de la quebrada, se encuentra un antiguo nicho de erosión (5), hoy día estabilizado y colonizado por vegetación arbórea.

La ladera occidental de El Cairo supuestamente es la más propensa a futuros movimientos de masa, si se tiene en cuenta el mapa de pendientes de las Figuras 5.2 y 5.3. En el pasado (dentro de un lapso desconocido) ocurrieron números fenómenos de remoción en masa, hoy día destruidos en parte por la denudación y erosión de las pendientes. En la Foto 5.6, se ilustra la geoforma de dicha ladera, donde se insinúan los antiguos movimientos de masa. Sin embargo no se evidencia rasgos morfológicos de deslizamientos, que representen un

peligro inminente, en el momento de este estudio, y que amenacen la zona urbana próxima a las laderas empinadas que circundan el casco urbano.

Tabla 5.2. Relación de deslizamientos

NOMBRE	Numeración	Área	Norte	Este
DESIZAMIENTO ANTIGUO	1	0.02686717	1019000	1095570
DESIZAMIENTO ANTIGUO	2	0.17854442	1018820	1095330
DESIZAMIENTO ANTIGUO	3	0.33692758	1018680	1095280
DESIZAMIENTO ANTIGUO	4	0.12143033	1018670	1095380
DESIZAMIENTO ANTIGUO	5	0.85078488	1018090	1095260
DESIZAMIENTO ANTIGUO	6	0.5137091	1018010	1095000
DESIZAMIENTO ANTIGUO	7	0.98346567	1017710	1094810
DESIZAMIENTO ANTIGUO	8	0.3620549	1017330	1094660
DESIZAMIENTO ROTACIONAL RECIENTE	9	0.09236456	1018900	1094870
DESIZAMIENTO ROTACIONAL RECIENTE	10	0.06981356	1018220	1094610
ESCALONAMIENTO	11	0.99129603	1017300	1094780
HUNDIMIENTO LOCAL	12	0.20337873	1018230	1095290
ZONA DE EROSION POTENCIAL	13	0.13480164	1018920	1095480
ZONA DE EROSION POTENCIAL	14	0.46999482	1018440	1095220
CARCAVA ANTIGUA REACTIVADA	15	0.20209039	1019020	1095390
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	16	0.05320867	1019050	1094920
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	17	0.0558713	1019310	1095710
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	18	0.07570811	1019220	1095760
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	19	0.06776509	1018950	1094960
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	20	0.03002789	1019020	1095740
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	21	0.07571505	1018900	1094940
DESIZAMIENTO SUPERFICIAL RECIENTE	22	0.03109801	1018980	1095400
DESIZAMIENTO ROTACIONAL REACTIVADO	23	0.09425845	1019010	1094960
DESIZAMIENTO ROTACIONAL REACTIVADO	24	0.05104672	1019000	1095000
DESIZAMIENTO ROTACIONAL REACTIVADO	25	0.20452682	1017940	1094140
DESIZAMIENTO ROTACIONAL REACTIVADO	26	0.48020629	1017900	1094280
EROSION ACTIVA	27	0.07638778	1018980	1095500
EROSION ACTIVA	28	0.24948816	1018270	1095410
EROSION CONTROLADA	29	0.15125032	1019120	1095050
EROSION CONTROLADA	30	0.53727253	1018380	1095260
EROSION CONTROLADA	31	0.06697706	1018150	1094690
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	32	0.09213536	1019200	1095400
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	33	0.08061909	1019280	1095530
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	34	0.12774083	1018330	1094540
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	35	0.05536146	1018370	1094650
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	36	0.08664588	1018370	1095370
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	37	0.17054962	1018230	1094550
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	38	0.08946538	1018150	1094440
RASGOS MORFOLOGICOS DE RM NO CLASIFICADOS	39	0.21990803	1017810	1094500
CICATRICES DE DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	40	3.19761249	1018760	1094890
CICATRICES DE DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	41	1.51664585	1018670	1094780
CICATRICES DE DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	42	2.50079759	1018580	1094780
CICATRICES DE DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	43	1.54049726	1018460	1094750
CICATRICES DE DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	44	0.20011407	1018270	1094640
CICATRICES DE DESLIZAMIENTOS TRASLACIONALES	45	0.0658832	1018170	1094640
ZONA DE SUCEPTIBILIDAD A FUTUROS MOVIMIENTOS DE RM	46	0.18588869	1019110	1095410
ZONA DE SUCEPTIBILIDAD A FUTUROS MOVIMIENTOS DE RM	47	0.23990791	1018890	1095420
ZONA DE SUCEPTIBILIDAD A FUTUROS MOVIMIENTOS DE RM	48	0.1938753	1018720	1095770
ZONA DE SUCEPTIBILIDAD A FUTUROS MOVIMIENTOS DE RM	49	0.47861356	1017680	1095070

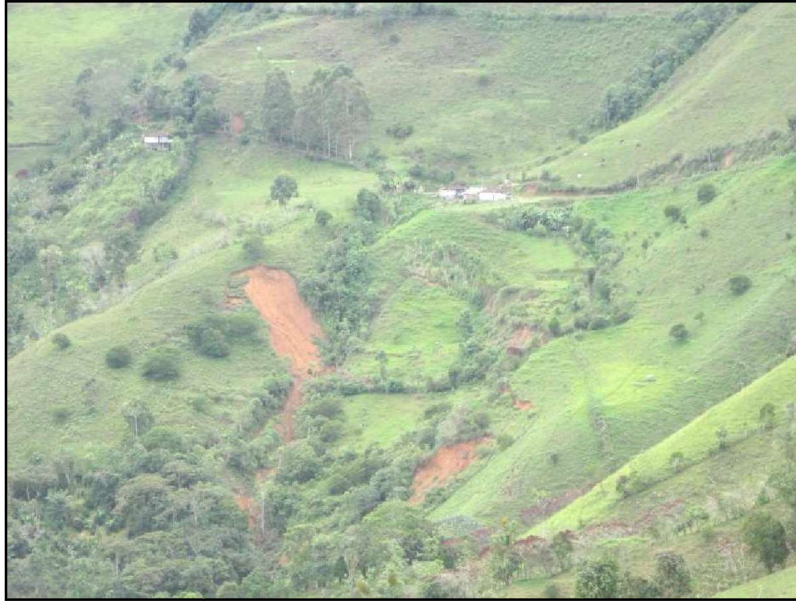


Foto 5.5 Deslizamientos en el “Antiguo Matadero”. Deslizamientos “planares”.

Deslizamientos en el “Antiguo Matadero”. Deslizamientos “planares” 2 y 3, ocurridos recientemente. Deslizamientos rotacionales 4 y 5, antiguos. Al fondo a la derecha, 6, se observa un nicho de erosión estabilizado y colonizado por vegetación arbórea. En el sector existen algunas obras de control realizadas por CVC, las cuales han logrado mitigar el problema, pero este se ha trasladado a otros sitios cercanos. Vista al Norte.

Es preciso destacar que la ladera oriental de El Cairo muestra un mayor número de deslizamientos rotacionales, aparentemente estables, en comparación con el número de ellos presentes en la ladera occidental. Aunque a lo largo del drenaje de la pendiente oriental, las paredes de las quebradas presentan pendientes muy altas, el rango de inclinación próximo al casco urbano, es menor que el correspondiente en la ladera occidental, lo cual parece explicar la distribución areal de estos fenómenos.



Foto 5.6 Ladera occidental de El Cairo donde se observan movimientos de remoción en masa antiguos.

En esta ladera se observan movimientos de remoción en masa antiguos (flechas), hoy día estable de manera temporal, debido a la misma evolución del proceso morfodinámico. Vista hacia el Sur Este.

5.3.3.2.2. Hundimientos locales

En algunos sectores, existen procesos locales de hundimiento del terreno, que no superan los 20m de diámetro y profundidades de 3m máximo, tal como se muestra en la Foto 5.7. Estos fenómenos están asociados a procesos de movimientos de agua en el suelo.



Foto 5.7 Hundimientos locales del terreno.

En estos hundimientos se marca una forma de batea plana en el medio. Imagen tomada en sentido SE.

5.3.3.2.3. Erosión

La erosión comprende el desprendimiento transporte y posterior depósito de materiales de suelo o roca por acción de la fuerza del agua en movimiento y en menor proporción por acción del viento, la gravedad y los organismos. Los fenómenos de erosión predominan a lo largo del cauce de las quebradas que descienden por las laderas, las cuales en algunos casos han producido nichos de erosión remontante, como en el caso de la quebrada aguas arriba del “Antiguo Matadero” o en el barrio Belisario, tal como se indica en el Mapa 5.1, en los sitios 2, 3, 4, 5, en los cuales el fenómeno parece estar controlado temporalmente. Algunos sitios pueden presentar efectos potenciales de erosión remontante tales como al final de la calle 6, al W, en la ladera occidental; también entre las calles 9 y 10, sobre la misma ladera en la zona del Vivero de la Corporación Serraniagua, en la ladera oriental.

Una cárcava activa se presenta en la localidad 15 del Mapa 5.1, la cual se ilustra en la Foto 5.8, formada aguas arriba hacia las cabeceras de quebrada que cruza la carretera a Ansermanuevo. Esta cárcava se considera activa y al igual que la mayoría de estos fenómenos, involucra deslizamientos rotacionales pequeños y otros fenómenos menores de remoción en masa.



Foto 5.8 Cárcava generada aguas arriba de la carretera con una quebrada en las afueras de El Cairo en la vía a Ansermanuevo.

Se aprecia material deslizado, vista tomada al NW.

5.3.3.2.4. Zonas con rasgos morfológicos difusos de remoción en masa (NC).

Son rasgos *no clasificados* de antiguos desplazamientos superficiales del terreno, los cuales se identificaron mediante interpretación de fotografías de campo horizontales y observación directa en el terreno desde diferentes ángulos. Son rasgos que parecen muy antiguos y estabilizados, la mayoría de los cuales han sido atenuados por la denudación lenta del terreno. Algunos parecen llegar hasta el borde de la meseta en parte urbana de El Cairo, en especial en la ladera occidental.

Las zonas susceptibles a la remoción en masa (S).

Estas zonas se han cartografiado en el Mapa 5.1, con un color y la letra S. A estas zonas se les ha asignado un área de posible afectación no precisada, debido a que sus límites son inciertos y sólo se sospecha de ellas por las características del terreno donde han ocurrido eventos similares.

5.4. CÁRCAVA TEJARES

La Cárcava Tejares se desarrolla a lo largo de la microcuenca de la Quebrada Tejares, tal como se muestra en el Mapa 5.1. De la recopilación bibliográfica realizada para el proyecto, se asigna un tamaño de cárcava aproximado a los 130 Ha. Del trabajo realizado en el campo, se calcula un tamaño de cárcava aproximado de 80 – 90 Ha.

Este proceso erosivo remontante se caracteriza por la geoforma típica de cono tal como se muestra en la Foto 5.9, sobresaliendo el ancho en la parte media – inferior. La parte inferior de la cárcava presenta afloramientos de desprendimientos en masa a 100 – 150m del cauce

con el río Las Vueltas; sin embargo, por las constantes geoformas cóncavas y algunas evidencias de movimientos en masa enmascarados por la vegetación, se deduce actividad actual en esta parte baja de la cárcava. Hacia la parte central, es evidente la actividad reciente del proceso remontante; es en este sector donde se observa la zona más afectada, sin que haya transcurrido tiempo suficiente para que se enmascare el terreno con nueva vegetación. La parte superior está cubierta en su mayoría por pastos y arbustos de hasta 3m de alto, enmascarando los fuertes procesos de agrietamiento y erosión lenta presente en este sector. Esta zona es una de las que presenta mayor vulnerabilidad por la presencia de algunas viviendas habitadas, cultivos y establos con ganado. Adicional a esto, en el cruce de la carretera a La Miranda con la parte superior de la cárcava, se observa el tubo de aguas negras del municipio, el cual está siendo afectado por el hundimiento en este sector por acción de la cárcava. En este mismo sector existe un cultivo de caña que tapa constantemente la parte superior de la cárcava. Dentro de la cárcava, aparecen procesos independientes que aceleran el proceso de erosión remontante típico del carcavamiento. Dichos procesos son:



Foto 5.9 Vista general de la Cárcava Tejares.

Imagen tomada en sentido NNW. Nótese el hundimiento del terreno en la parte superior del proceso y la cicatriz que se resalta en la parte media del mismo.

5.4.1. Hundimiento del terreno

En algunos puntos de la zona afectada por la cárcava y en otros por fuera del área de influencia de ésta, se observa el hundimiento del terreno en grandes y medianas proporciones, sobresaliendo formas cóncavas en las partes medias de las laderas. Asociadas a estas concavidades se observan zonas de acumulación de humedad en el terreno. Este fenómeno se aprecia con facilidad en la parte superior de la cárcava como se ilustra en la Foto 5.10.



Foto 5.10 Hundimiento del terreno en el área de influencia de la Cárcava Tejares.

Imagen tomada en sentido NNW

5.4.2. Escalonamiento

Es el resultado de antiguos movimientos de masa de tipo desgarre o desprendimiento, que han generado cicatrices en el terreno en forma de escarpe de hasta 3m de alto con sus respectivas coronas. En la base de estos escarpes se encuentra el material desprendido, en forma de depósitos tipo talus, aclarando que estas acumulaciones son de suelos y no de rocas. Este fenómeno es repetitivo, generando una superficie escalonada. Las zonas de acumulación muestran nuevos agrietamientos generados por el proceso erosivo general. En la zona de escalonamiento, dentro de la cárcava, existen aproximadamente tres viviendas habitadas que pueden estar en riesgo.

5.4.3. Escarpes

En la zona de la cárcava se presentan numerosos escarpes que dan evidencia de procesos recientes, aunque algunos muestran inactividad prolongada. Hacia la parte central se observan los escarpes de mayor tamaño tal como se muestra en la Foto 5.11, donde algunos alcanzan hasta los 15 – 20m de altura. Este sector no permite un fácil acceso, hecho que implica la descripción de los procesos a distancia.

5.4.4. Movimientos en masa antiguos, potencialmente inestables

En estos sitios se observan depósitos y zonas de movimientos en masa antiguos, causados principalmente por la acción de la gravedad, que en el presente pueden convertirse en zonas potenciales de nuevos movimientos. Es común observar las zonas por donde pudo haber sido transportado el material en el pasado, con las respectivas cicatrices de movimiento totalmente revegetalizadas. Estas zonas pueden llegar a abarcar hasta los 50m de ancho y dar la evidencia de toda una susceptibilidad regional a los movimientos en masa a través del tiempo, quizás causado por la escarpada topografía de la región.



Foto 5.11 Vista de los escarpes que muestran la zona más afectada de la cárcava.

Nótese la fuerte pendiente. Imagen tomada aguas abajo en sentido SE

5.4.5. Agrietamiento del terreno

En la cárcava es común encontrar zonas de agrietamiento que dan evidencia de un proceso constante a través de los años y que muestra la actividad reciente de ésta; evidencia de esto es la presencia de algunos agrietamientos antiguos que presentan algún tipo de relleno con material transportado por corrientes de escorrentía y otros procesos superficiales. Otras zonas agrietadas pueden alcanzar los 2m de ancho y una profundidad no medida en forma directa, pero por comentarios de los habitantes de la región pueden tener profundidades hasta de 10m o algo más.

5.4.6. Reptación

Fenómeno de movimiento en masa que generalmente abarca cantidades importantes del terreno, de velocidad muy baja y que es apreciable por características particulares de la zona sometida a dicho proceso, como el desarrollo de barrigas en el suelo, crecimiento no rectilíneo de los árboles, es observable en varias laderas de la zona de El Cairo, tanto en la cárcava como en las laderas del municipio. Este fenómeno puede ser acelerado en algunos sectores por el tránsito constante de ganado, en especial en la ladera oriental del casco urbano.

6. GEOFÍSICA

6. GEOFÍSICA

Se realizó una exploración con métodos indirectos sobre el terreno (ensayos de refracción sísmica), con el objeto de determinar la continuidad lito-estratigráfica del sector, alcanzándose los siguientes objetivos a saber:

- Explorar el subsuelo para definir los diferentes horizontes de velocidad de los materiales existentes en el sector.
- Determinar los espesores de dichos horizontes.
- Con los valores de velocidad definir la consistencia de dichos materiales.
- Definir los sectores donde se realizara la (Geotecnia) exploración directa del subsuelo.
- Definir la profundidad de perforación para la toma de muestras a ser analizadas en laboratorio.

6.1. LOCALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS

La exploración se realizó en los alrededores del casco urbano y la cárcava de Tejares. Se ejecutaron un total de 17 líneas de refracción sísmica así; 3 líneas dentro del área urbana, 4 líneas en el costado de la ladera occidental y 10 líneas entre la cabecera municipal y la cárcava de tejares.

La longitud de las líneas de refracción sísmica en superficie alcanzo entre 130 a 210 pies, para una profundidad de exploración entre 15.00 a 25.00 metros, el espaciamiento entre geófonos se realizó cada 3.00 y 5.00 metros.

6.2. METODOLOGÍA

Los métodos de prospección geofísica, se caracterizan por el estudio de las variaciones en el espacio de un parámetro físico de las rocas o los suelos. Entre los métodos más utilizados frecuentemente son la prospección eléctrica o de resistividades y la prospección sísmica por refracción. Constituyen medidas indirectas tomadas en superficie.

La metodología usada en este estudio corresponde como cualquier exploración convencional a saber:

- Recolección de la información del sector.
- Visita preliminar al área del proyecto.
- Levantamiento geológico detallado del sector.
- Toma en campo de los respectivos ensayos geofísicos (líneas de refracción sísmica).
- Interpretación de los sismogramas obtenidos.
- Calculo de las velocidades y profundidades de los diferentes horizontes explorados.
- Elaboración de perfiles geofísicos.
- Correlación geológico-Geofísica.
- Informe final.

●
6.2.1. Equipo utilizado

El equipo corresponde a un Sismógrafo Modelo RAS-24 (Foto 6.1), con doce geófonos (Foto 6.2), conectados a través de un cable de emisión (Foto 6.3). Para generar las ondas sísmicas de los puntos específicos de las líneas sísmicas, se utilizó una platina de hierro y un “mazo” de 20 libras de peso (Foto 6.4).

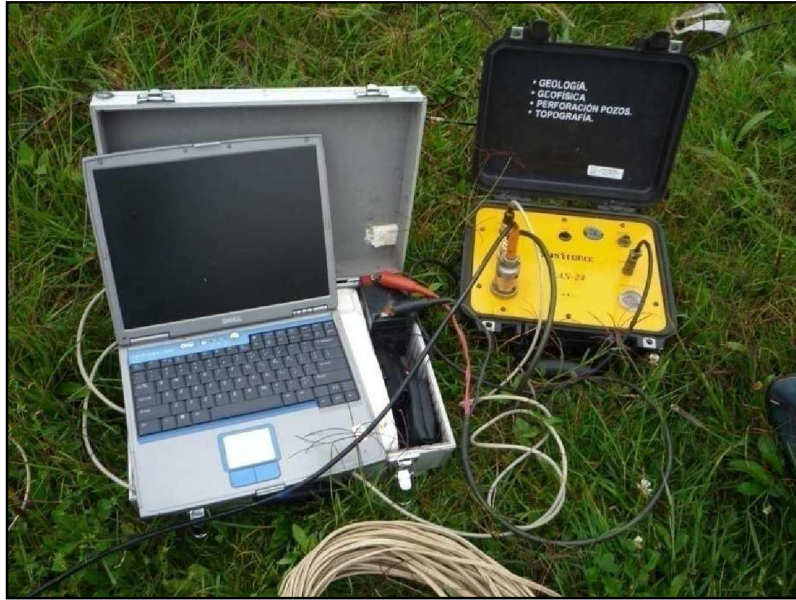


Foto 6.1 Sismógrafo modelo Ras-24, para refracción sísmica.



Foto 6.2 Geófonos para recepción de ondas.



Foto 6.3 Cable de emisión.



Foto 6.4 Platina y Mazo utilizado como fuente de energía.

6.2.2. Método Exploratorio

Previa a la iniciación de las labores de campo, se localizaron cada una de las líneas para realizar los ensayos geofísicos: Líneas de Refracción Sísmica.

La prospección sísmica estudia la propagación en el subsuelo de una sacudida producida por una explosión. El parámetro medido es el tiempo de recorrido, función de la elasticidad de las rocas.

El dispositivo de medida consta en superficie de una fuente de explosión (E) y una línea de receptores sonoros (geófonos) regularmente espaciados y un registrador (sismógrafo) (Figura 6.1). En la línea de recepción los geófonos regularmente espaciados, están agrupados en 12 en cada línea, la longitud es función de la profundidad de investigación y de la precisión del trabajo en la prospección.

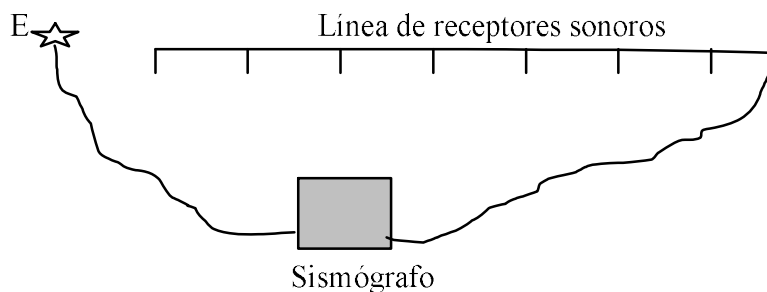


Figura 6.1 Dispositivo de prospección sísmica y disposición de los geófonos sobre el terreno.

Si en un punto del terreno se provoca una sacudida, ésta se propaga amortiguándose; el tiempo necesario para que llegue a los receptores (geófonos), dependiendo de la naturaleza y disposición de las formaciones geológicas. Los geófonos transmiten los impulsos que reciben al sismógrafo y el registro obtenido es un sismograma, para calcular dichos tiempos de recorrido se utiliza habitualmente el registro de la primera onda llegada al geófono considerado. Para el cálculo de las diferentes velocidades de las capas se realiza mediante una grafica de coordenadas X y Y a la cual se denomina dromocrónica.

6.2.3. Interpretación Geofísica

Se ejecutó mediante la interpretación de cada una de las dromocrónicas de los ensayos de refracción sísmica afinada en un programa de computación, se realizaron 17 líneas de refracción sísmica distribuidas en toda el área del proyecto, de acuerdo a las condiciones geológicas del sector. Para la interpretación de los sismogramas se utilizó el programa SEISVIEW, la profundidad de exploración alcanza entre los 15.00 a 25.00 metros. Ver Figura 6.2.

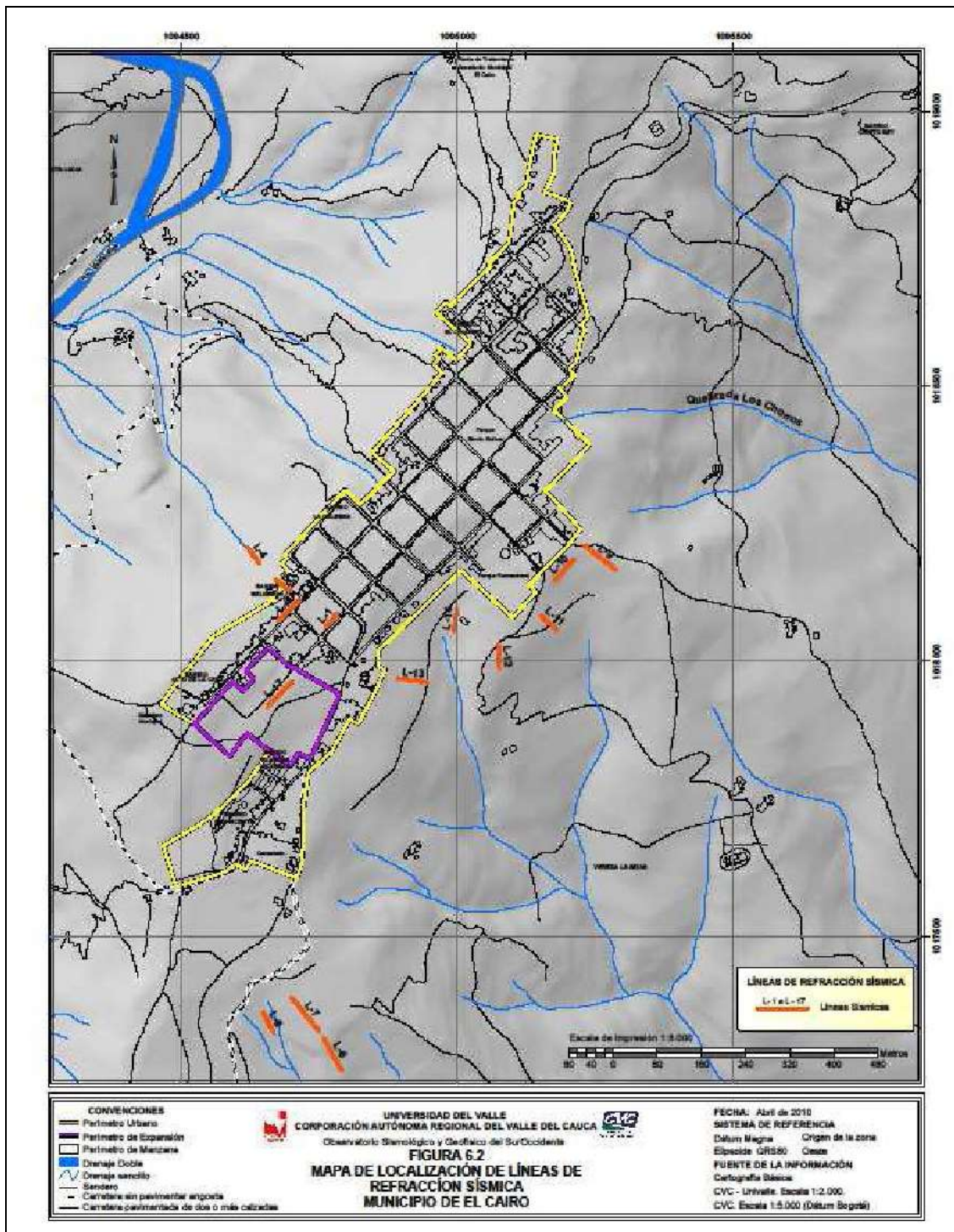


Figura 6.2 Localización líneas sísmicas

6.2.3.1. Línea Sísmica L-1

Se corrió cerca a la estación de servicio de gasolina, calle 3ª con carrera 4ª (Foto 6.5) en dirección NE-SW y una longitud de 35 metros, para una profundidad de exploración cercana a los 15.00 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.3).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.50	130	Limos arcillosos.
2.50 – 7.50	300	Limos arcillosos.
> 7.50	554	Roca meteorizada.

Resultados que nos definen tres horizontes de velocidad; el primer horizonte constituido por limos arcillosos de consistencia muy blanda, alcanzan una profundidad de 2.50 metros y velocidad de 130 metros/segundo. El segundo horizonte alcanza una profundidad de 7.50 metros y velocidad de 300 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El tercer horizonte corresponde a la roca meteorizada de consistencia dura, con velocidad de 554 metros/segundo.



Foto 6.5 Localización Línea de Refracción Sísmica L-1, realizada cerca a la estación de gasolina en la cabecera municipal.

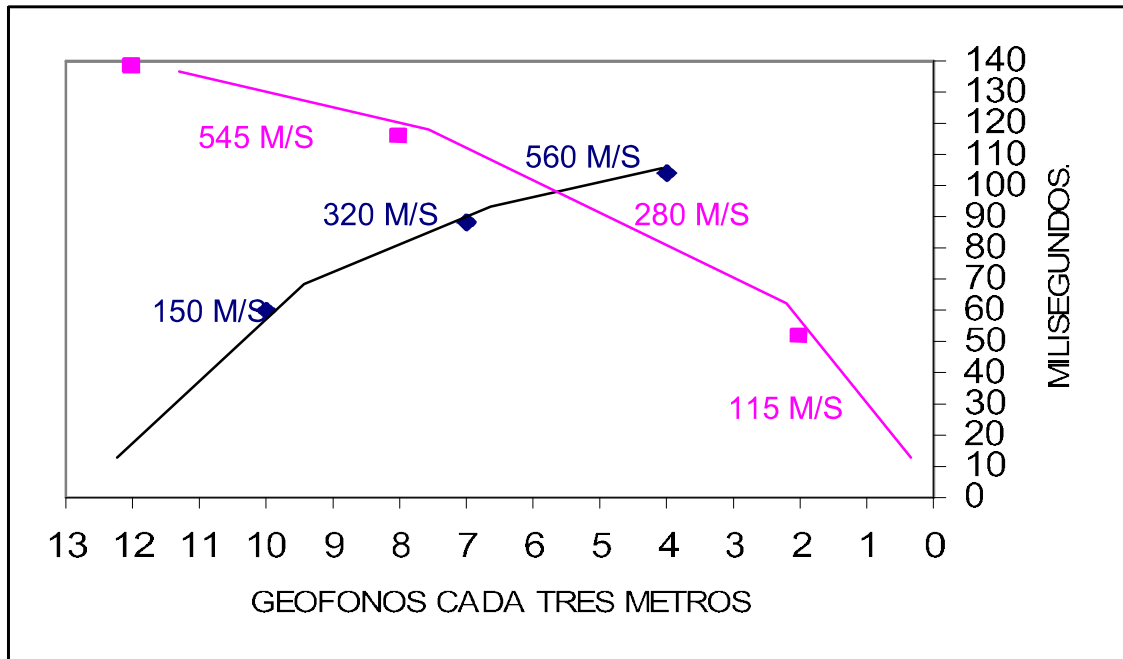


Figura 6.3 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-1.

6.2.3.2. Línea Sísmica L-2

Se corrió en el barrio Belisario (Foto 6.6) en dirección NE-SW y longitud de 36.5 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.4).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 1.20 SW	200	Material transportado.
1.20 – 5.00 SW 0.00 - 1.90 NE	280	Suelo limo-arcilloso.
> (1.90)(5.00)	390	Roca meteorizada.



Foto 6.6 Localización Línea de Refracción Sísmica L-2, en la carrera 5A del barrio Belisario.

De acuerdo a los resultados obtenidos se identifica un horizonte de 201 metros/segundo hasta una profundidad de 1.20 metros en el extremo SW de la línea de refracción sísmica, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda. El segundo horizonte alcanza profundidades entre 1.90 y 5.00 metros con velocidad de 281 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El basamento corresponde a la roca meteorizada con velocidad de 390 metros/segundo, correlacionable con limos-arcillosos a arcillas-limosas de consistencia media.

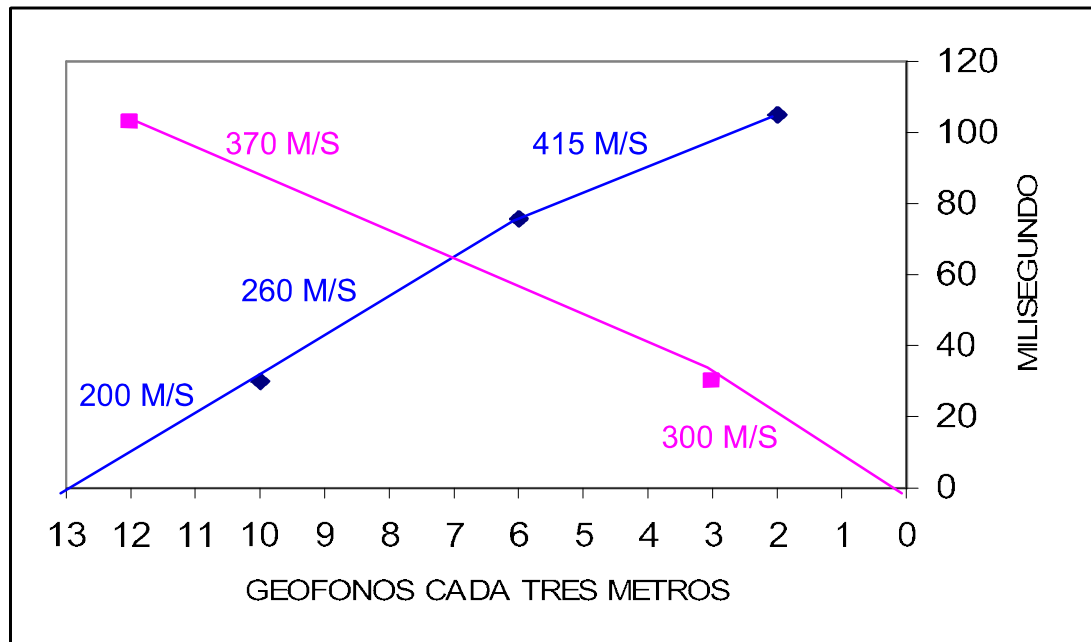


Figura 6.4 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-2.

6.2.3.3. Línea Sísmica L-3

Se corrió en la ladera del barrio Belisario (Foto 6.7) permite plantear la siguiente solución (Figura 6.5).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 1.50	100	Material transportado.
1.50 – 4.50	195	Limos arcillosos.
> 4.50	410	limos-arcillosos o arcillas-limosas.

Resultados que definen tres horizontes de velocidad; el primero alcanza una profundidad de 1.50 metros y velocidad de 100 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda. El segundo horizonte alcanza una profundidad promedio de 4,50 metros y velocidad de 195 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. Infrayaciendo se presenta un material con velocidad de 410 metros/segundo de consistencia media a juzgar por su valor de seguridad.



Foto 6.7 Localización Línea de Refracción Sísmica L-3, laderas del barrio Belisario.

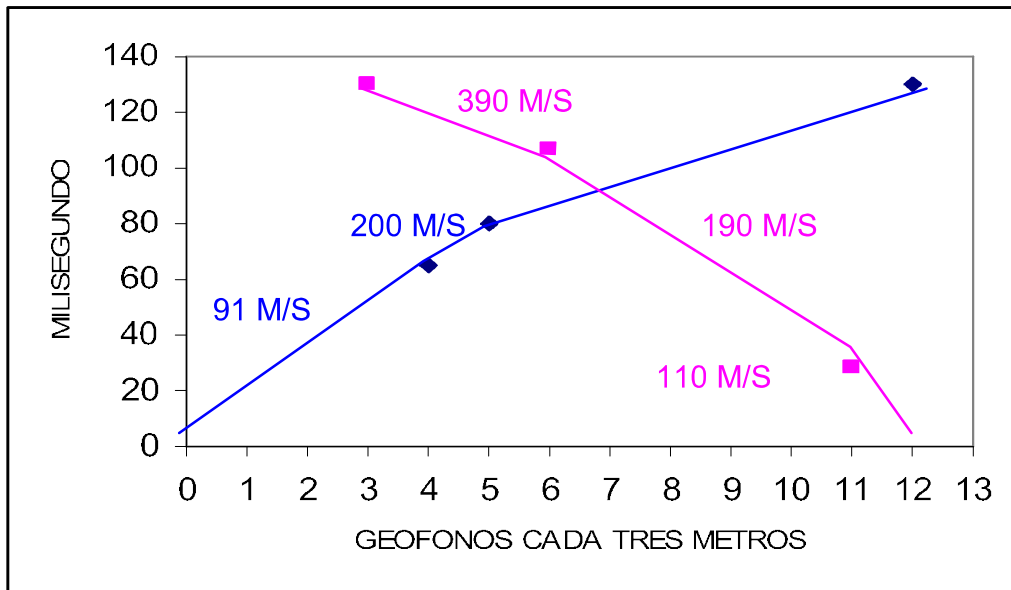


Figura 6.5 Dromocrónica Línea de Refracción sísmica L-3.

6.2.3.4. Línea Sísmica L-4

Se corrió al costado noroccidental de la línea de refracción sísmica L-3 (Foto 6.8), en dirección NW-SE y una longitud de 35 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.6).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 1.60 NW 0.00 – 3.20 SE	180	Material transportado.
(1.60)(3.20) – 8.50	450	Roca meteorizada.
> 8.50	1040	Basamento.

Se definen tres horizontes; el primero hasta una profundidad de 1.60 y 3.20 metros con velocidad del orden de 180 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El segundo horizonte corresponde a materiales de consistencia dura, alcanza una profundidad de 8.50 metros y velocidad de 450 metros/segundo, correlacionable con la roca meteorizada perteneciente a la Formación Cisneros. El basamento está constituido por rocas fracturadas de filitas y pizarras de la Formación Cisneros con velocidad de 1040 metros/segundo.

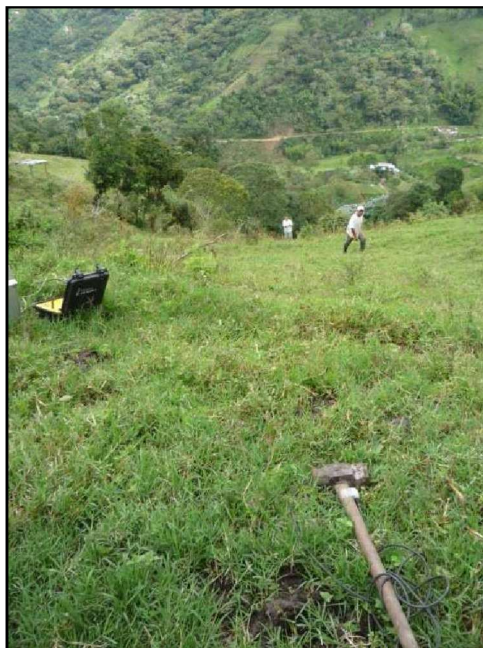


Foto 6.8 Localización Línea de Refracción Sísmica L-4 en la ladera del barrio Belisario.

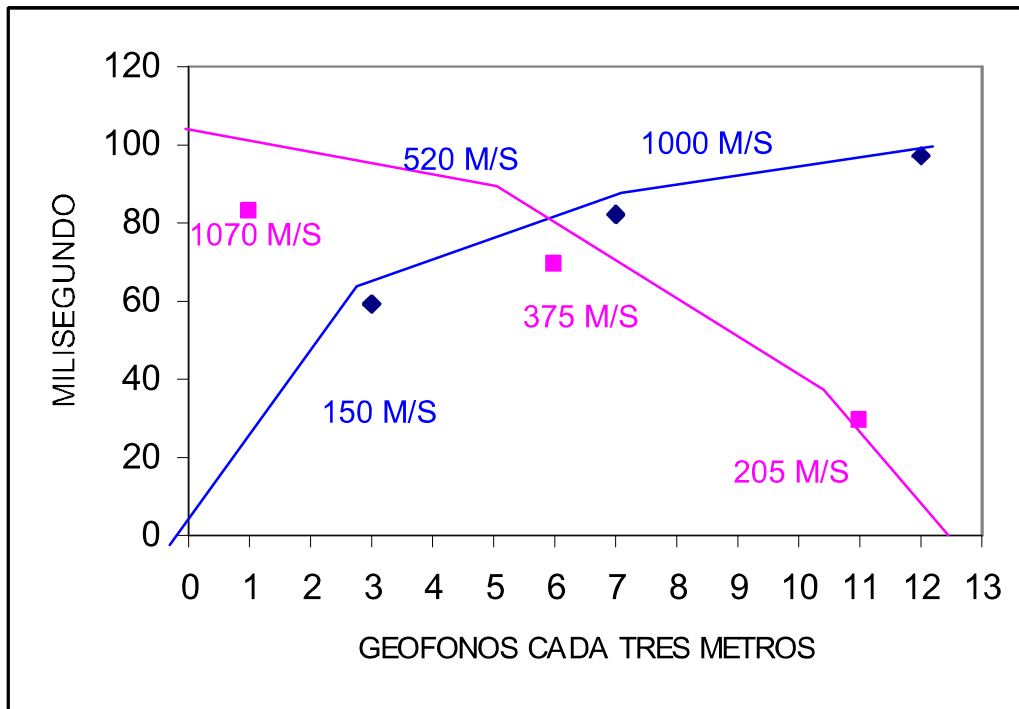


Figura 6.6 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-4.

6.2.3.5. Línea Sísmica L-5

Se corrió en la carrera 5ª con calles 3ª y 4ª del barrio La Culebra, en dirección SW-NE y una longitud de 64 metros, para una profundidad de exploración cercana a los 25.00 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.7).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 3.10 SW 0.00 – 1.60 NE	90 a 145	Materiales transportados.
3,10 – 7.30 SW 1.60 - 4.30 NE	185 a 315	Limos-arcillosos o arcillas-limosas.
> (4.30)(7.30)	515	Basamento.

El primer horizonte alcanza una profundidad de 1.60 y 3.20 metros con velocidad entre 90 a 145 metros/segundo, correlacionable con materiales transportados de consistencia muy blanda a blanda. El segundo horizonte alcanza profundidades entre 4.30 y 7.30 metros con velocidad de 185 a 315 metros/segundo, correlacionado con materiales de consistencia blanda a media. El basamento está constituido por rocas meteorizadas de la Formación Cisneros con velocidad de 515 metros/segundo de consistencia media a dura.

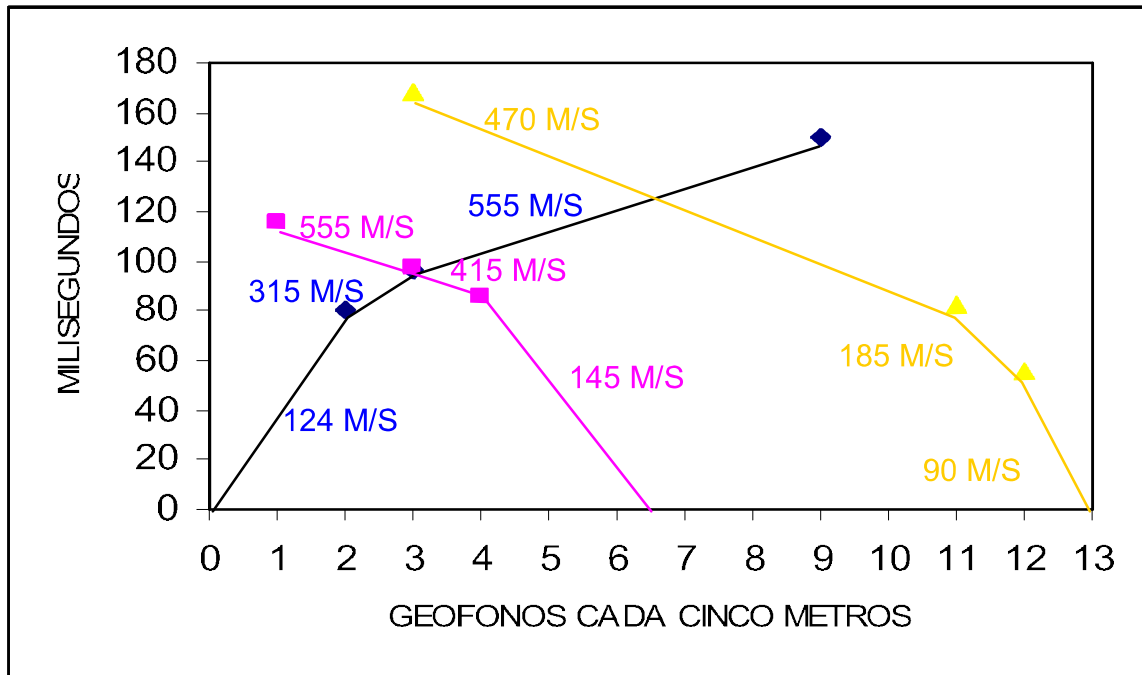


Figura 6.7 Dromocrónica Linea de Refracción Sísmica L-5.

6.2.3.6. Línea Sísmica L-6

Se corrió al oriente del cementerio (Foto 6.9) en dirección NW-SE y una longitud de 64 metros, para una profundidad de exploración cercana a los 25.00 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.8).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.50	195	Material transportado.
2.50 – 9.50	345 a 500	Roca meteorizada.
> 9.50	780	Basamento.

Se define el primer horizonte hasta una profundidad de 2.50 metros y velocidad de 195 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda, infrayeciendo se presenta un horizonte de consistencia media a dura, correlacionable muy posiblemente con la roca meteorizada de la Formación Cisneros, hasta una profundidad de 9.50 metros y velocidad entre 345 a 500 metros/segundo. El basamento está constituido por materiales de consistencia muy dura con velocidad de 780 metros/segundo.

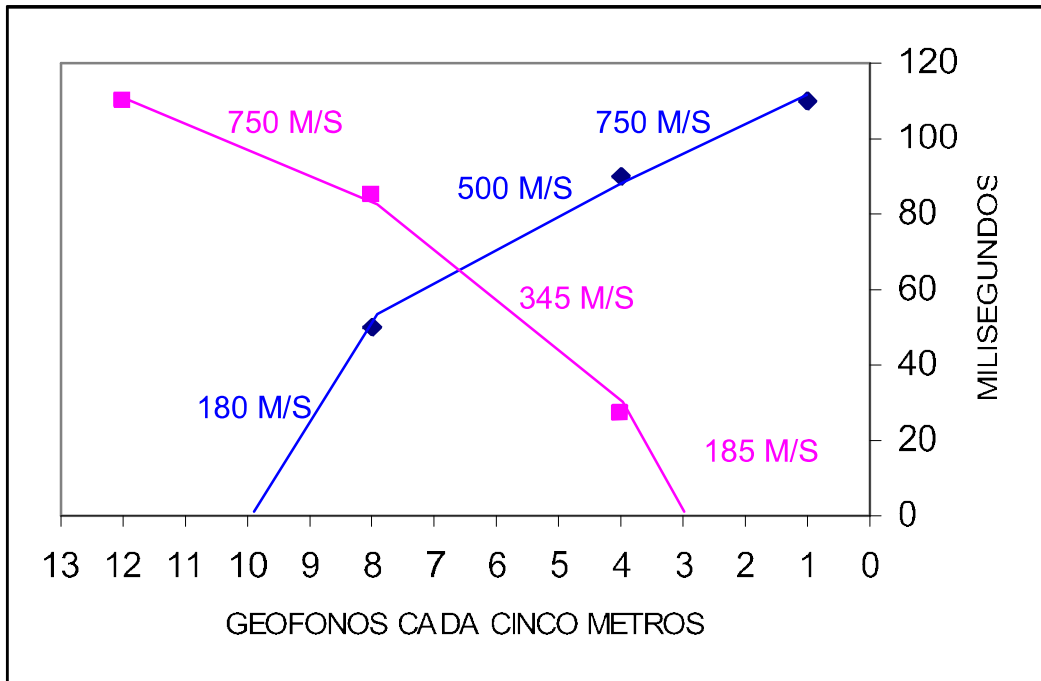


Figura 6.8 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-6.



Foto 6.9 Localización Línea de Refracción Sísmica L-6, al costado oriental del Barrio El Cementerio.

6.2.3.7. Línea Sísmica L-7

Se corrió al occidente de la línea de refracción sísmica L-6 (Foto 6.10) en dirección SE-NW y una longitud de 64 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.9).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2,50	215	Material transportado.
2.50 – 8.50	465	Limos-arcillosos o arcillas-limosas.
> 8.50	600	Basamento.



Foto 6.10 Localización Línea de Refracción Sísmica L-7, en el lado oriental del Barrio El Cementerio.

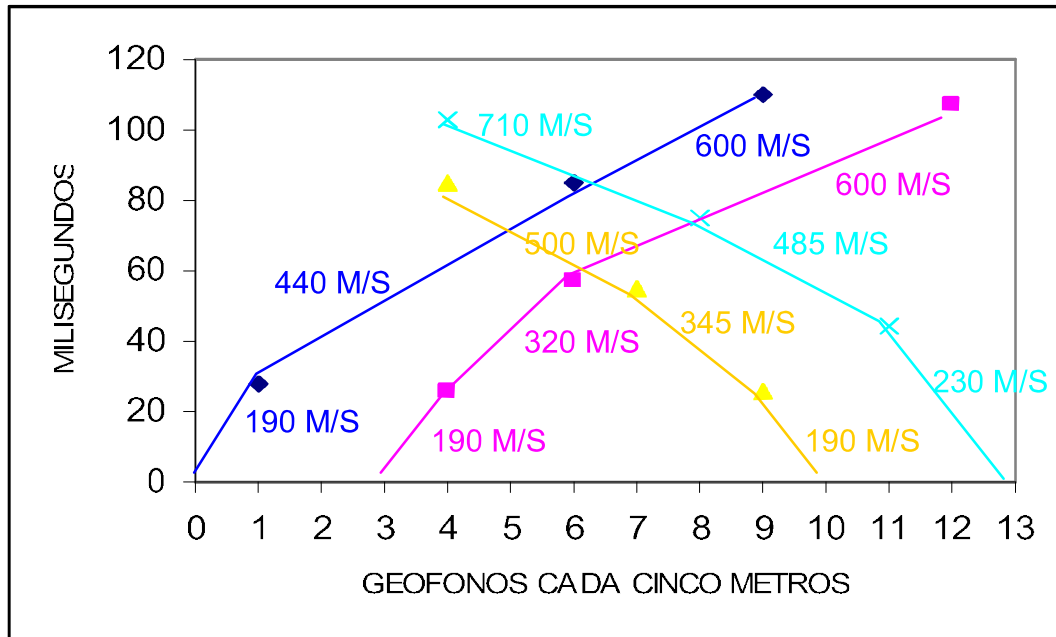


Figura 6.9 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-7.

Resultados que nos define tres horizontes de velocidad; el primero hasta una profundidad de 2.50 metros y velocidad de 200 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El segundo hasta una profundidad de 8.50 metros y velocidad de 460 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia media-dura. El basamento lo constituye la roca meteorizada con velocidad de 600 metros/segundo a profundidades mayores de 8.50 metros.

6.2.3.8. Línea Sísmica L-8

Se corrió al sur de la línea de refracción sísmica L-6 (Foto 6.11), en dirección E-W y una longitud de 64 metros, para una profundidad de exploración cercana a los 25.00 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.10).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.30	190	Materiales transportados.
2.30 – 9.00	525	Roca meteorizada.
> 9.00	805	Basamento.

Resultados que definen tres horizontes; el primero alcanza los 2.50 metros y velocidad de 190 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El segundo hasta una profundidad de 9.00 metros y velocidad de 525 metros/segundo, muy posiblemente correlacionable con la roca meteorizada de consistencia media-dura. El basamento está constituido por rocas fracturadas pertenecientes a la Formación Cisneros con velocidades promedio de 805 metros/segundo, de consistencia muy dura.

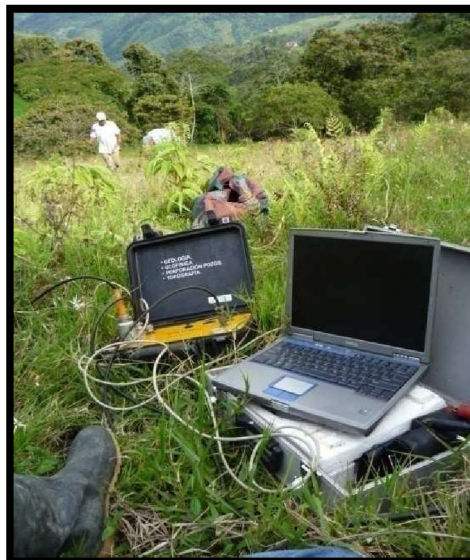


Foto 6.11 Localización Línea de Refracción Sísmica L-8, en la finca La Selva.

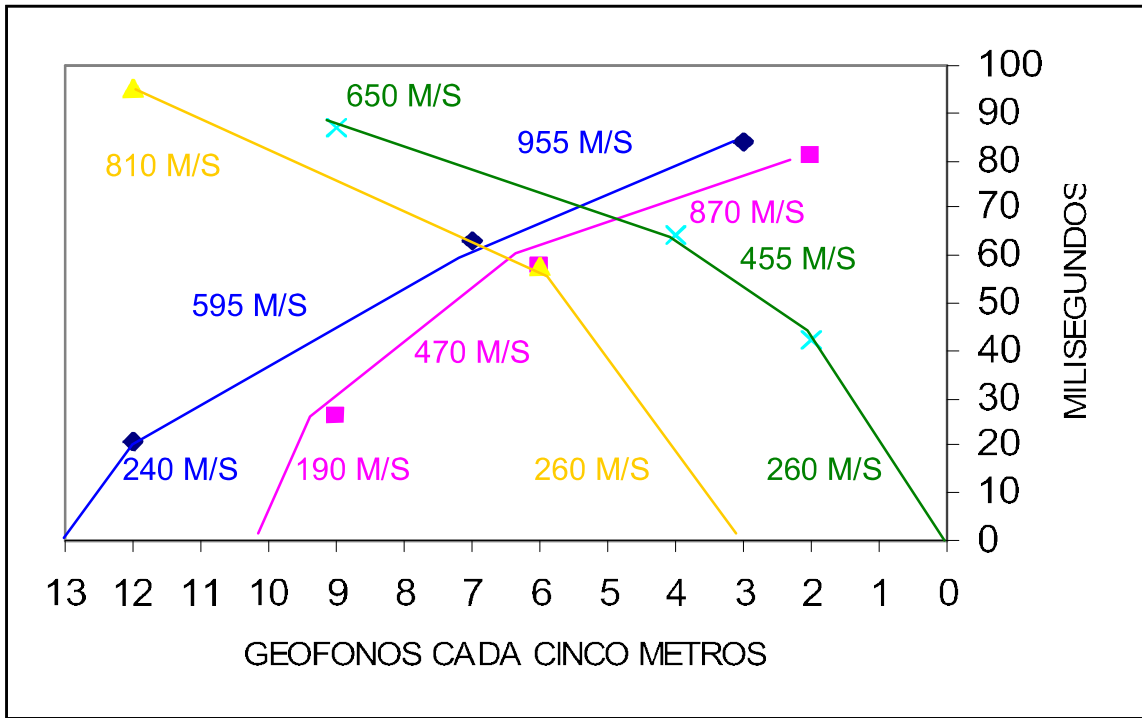


Figura 6.10 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-8.

6.2.3.9. Línea Sísmica L-9

Se corrió al terminar la calle 8ª (calle de los llanos) con carrera 1ª (Foto 6.12), en dirección E-W y una longitud de 64 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.11).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 1.80	180	Material transportado.
1.80 – 5.70 E	350	Suelo residual.
1.80 – 5.70 W > 5.70 E	480	Limos-arcillosos o arcillas-limosas.
> 5.70 W	760	Basamento.

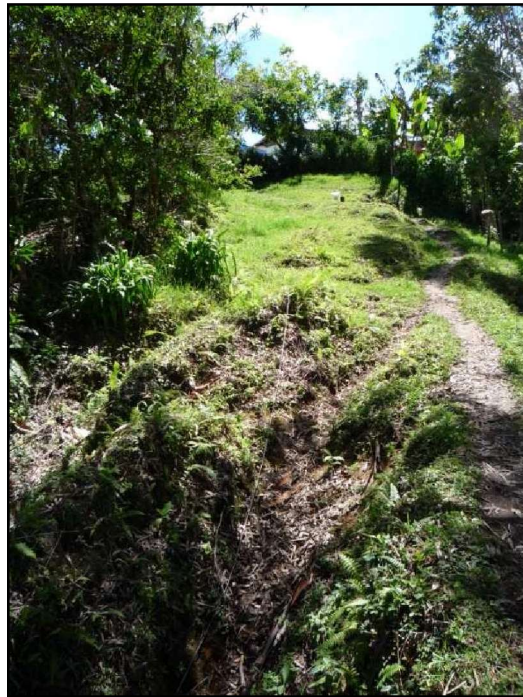


Foto 6.12 Localización Línea de Refracción Sísmica L-9 en la ladera de la calle de Los Llanos.

Se definen un primer horizonte hasta una profundidad de 1.80 metros y velocidad de 180 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda; infrayaciendo al oriente de la línea de refracción sísmica se presenta un suelo residual hasta una profundidad de 5.70 metros y velocidad de 350 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia media. Por debajo de los 5.70 metros se presenta al oriente materiales de consistencia media-dura con velocidad de 485 metros/segundo; mientras que al occidente de la misma línea se presenta la roca fracturada a juzgar por su velocidad de 760 metros/segundo.

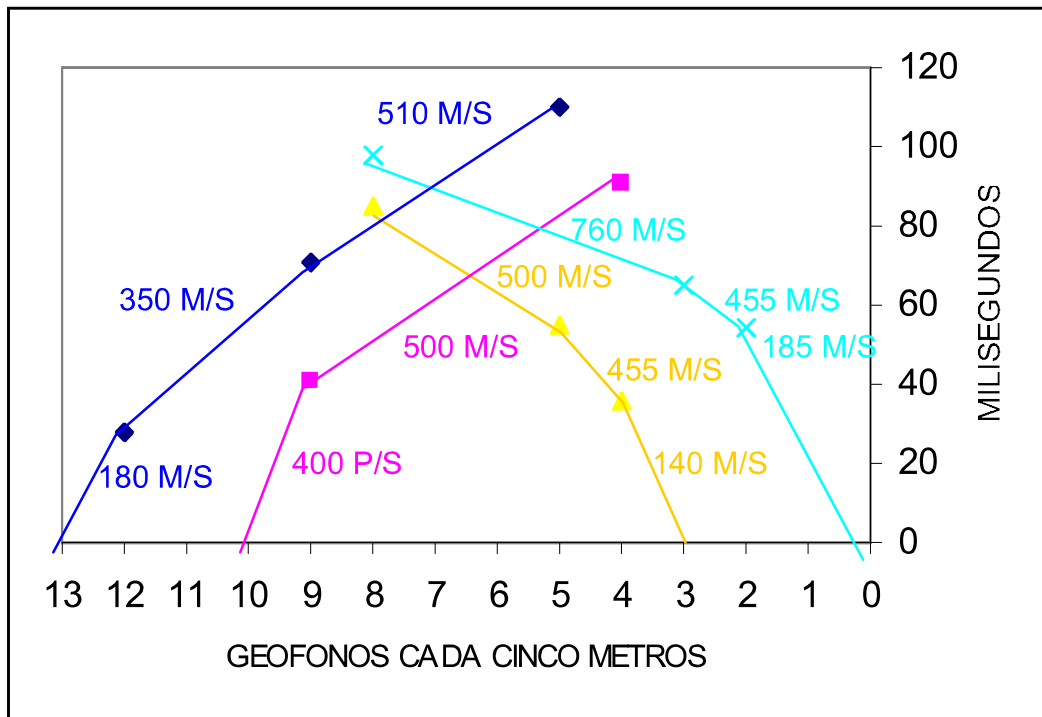


Figura 6.11 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-9.

6.2.3.10. Línea Sísmica L-10

Se corrió por la carrera 1ª con calle 7ª (Foto 6.13), en dirección SW-NE y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.12).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 1.50	110	Material transportado.
1.50 – 3.30	210	suelo residual
> 3.30	595	Basamento.



Foto 6.13 Localización Línea de Refracción Sísmica L-10, al norte del parque recreacional.

Resultados que nos indican la litología típica del sector, donde el primer horizonte corresponde a materiales transportados con una profundidad de 1.50 metros y velocidad de 110 metros de consistencia muy blanda; infrayeciendo se presentan suelos residuales hasta una profundidad de 3.30 metros y velocidad de 210 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El basamento está constituido por la roca meteorizada de velocidad de 595 metros/segundo de consistencia dura a juzgar por su valor de velocidad.

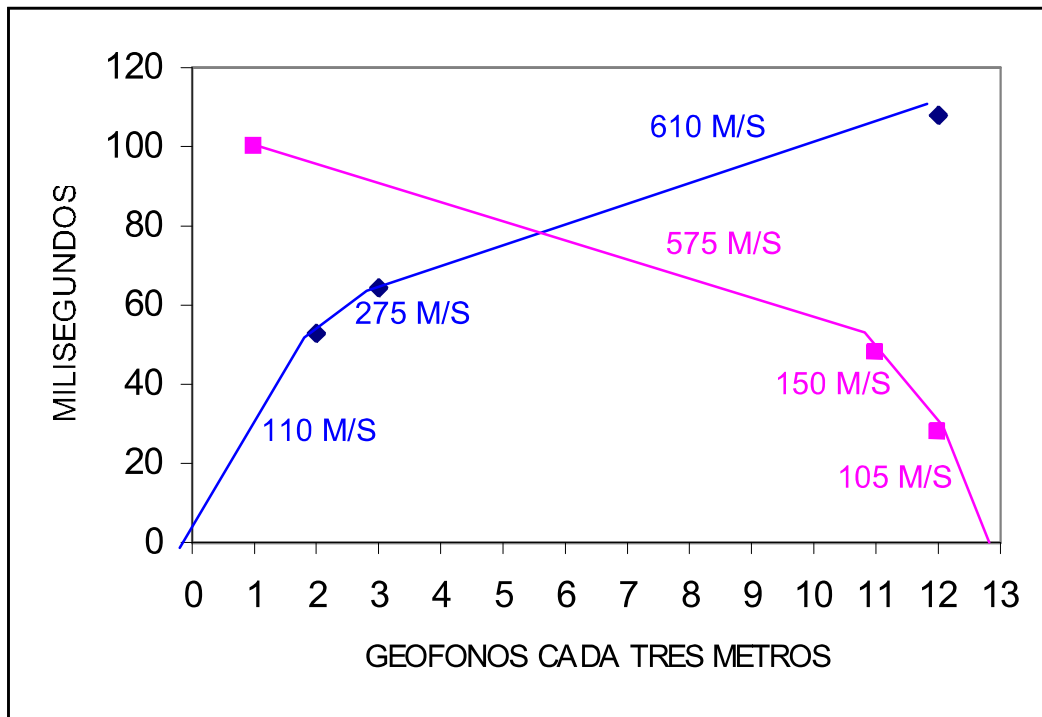


Figura 6.12 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-10.

6.2.3.11. Línea Sísmica L-11

Se corrió en la ladera perpendicular a la cancha de fútbol (Foto 6.14), en dirección NW-SE y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.13).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.60	130	Materiales transportados.
2.60 – 6.00	370	Suelo residual.
> 6.00	580	Basamento.

Nos define la litología típica del sector; el primer horizonte hasta una profundidad de 2.60 metros y velocidad de 130 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda. Infrayeciendo se presenta el suelo residual hasta una profundidad de 6.00 metros y velocidad de 370 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia media. El basamento lo constituye la roca meteorizada perteneciente a la Formación Cisneros a profundidades mayores de 6.00 metros y velocidad del orden de 580 metros/segundo.



Foto 6.14 Localización Línea de Refracción Sísmica L-11.

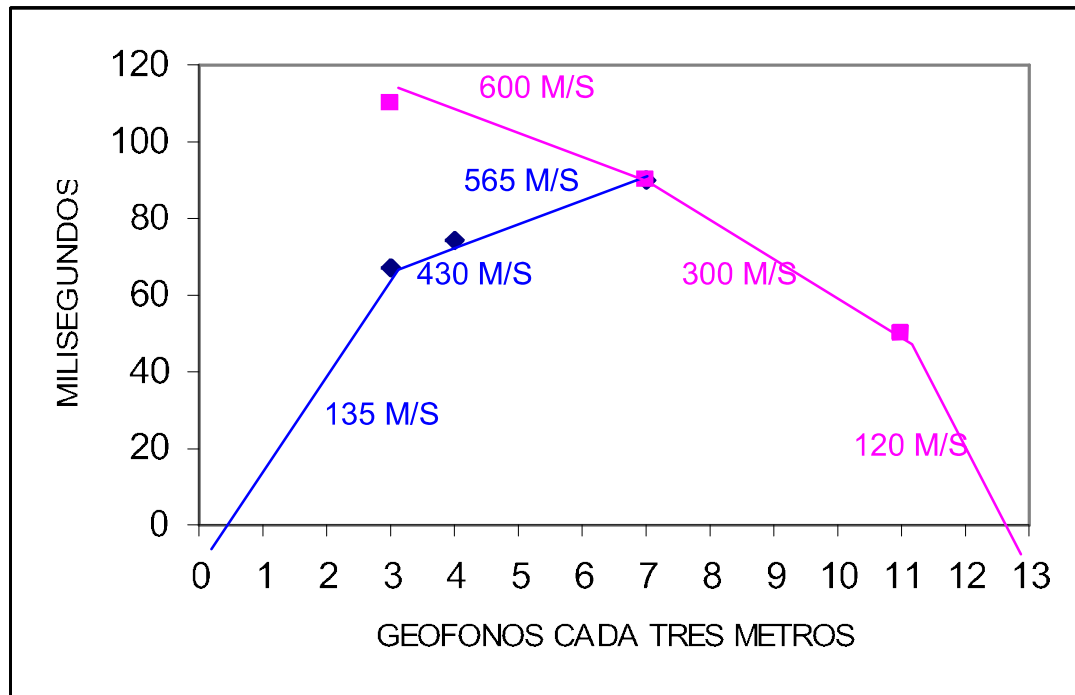


Figura 6.13 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-11.

6.2.3.12. Línea Sísmica L-12

Se corrió en el extremo más norte del lote en estudio, paralela a la línea de refracción sísmica L-11, en dirección E-W y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.14).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 0.80	130	Material transportado.
0.80 – 3.00	250	Suelo residual.
> 3.00	400	Limo-arcilloso o arcilla-limosa

El primer horizonte alcanza una profundidad de 0.80 metros y corresponde al suelo orgánico con velocidad de 130 metros/segundo de consistencia muy blanda. El segundo horizonte corresponde al suelo residual hasta una profundidad de 3.00 metros y velocidad de 250 metros/segundo de consistencia blanda. El tercer horizonte presenta una velocidad de 400 metros/segundo, se presenta a profundidades mayores de 3.00 metros, posiblemente se correlacione con la roca meteorizada de consistencia media.

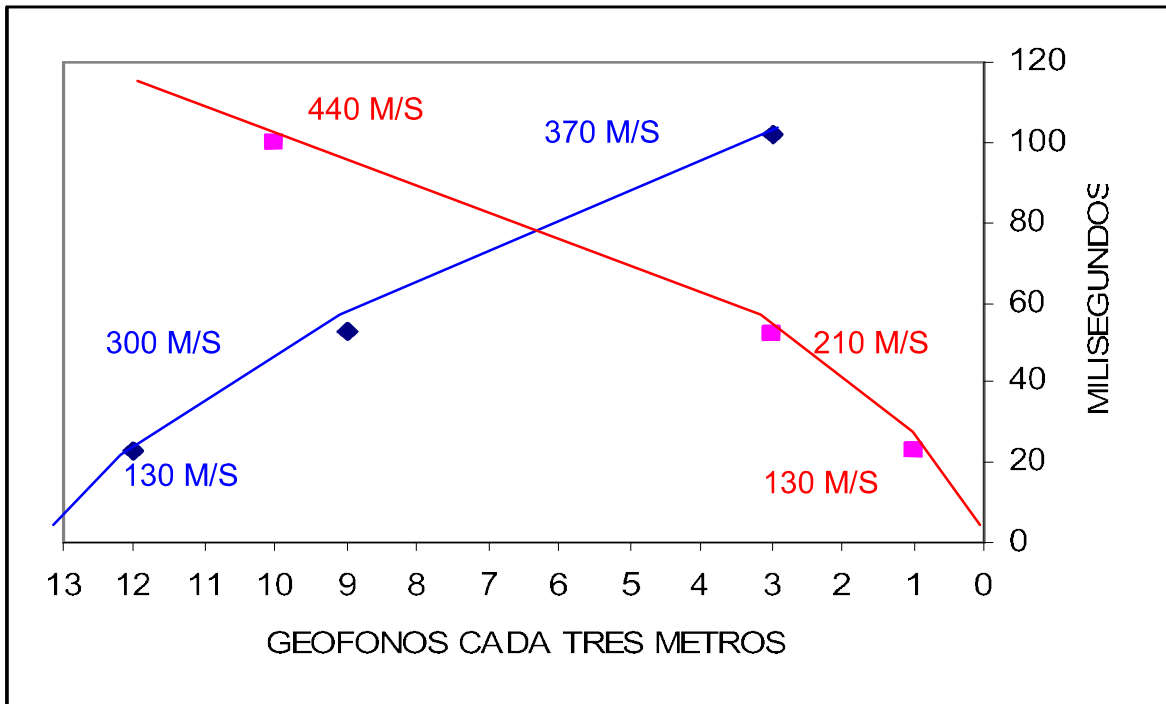


Figura 6.14 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-12.

6.2.3.13. Línea Sísmica L-13

Se corrió en la ladera oriental del barrio El cementerio (Foto 6.15), en dirección E-W y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.15).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.00	120	Material transportado.
2,00 – 4.30	260	Suelos residuales.
> 4.30	420	Basamento.



Foto 6.15 Localización Línea de Refracción Sísmica L-13 en la ladera del Barrio El Cementerio.

Se definen tres horizontes el primero hasta los 2.00 metros de profundidad y velocidad de 120 metros/segundo de consistencia muy blanda. El segundo horizonte hasta una profundidad de 4.30 metros y velocidad de 260 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia blanda. El basamento posiblemente corresponde a la roca meteorizada con velocidad de 420 metros/segundo, materiales de consistencia media.

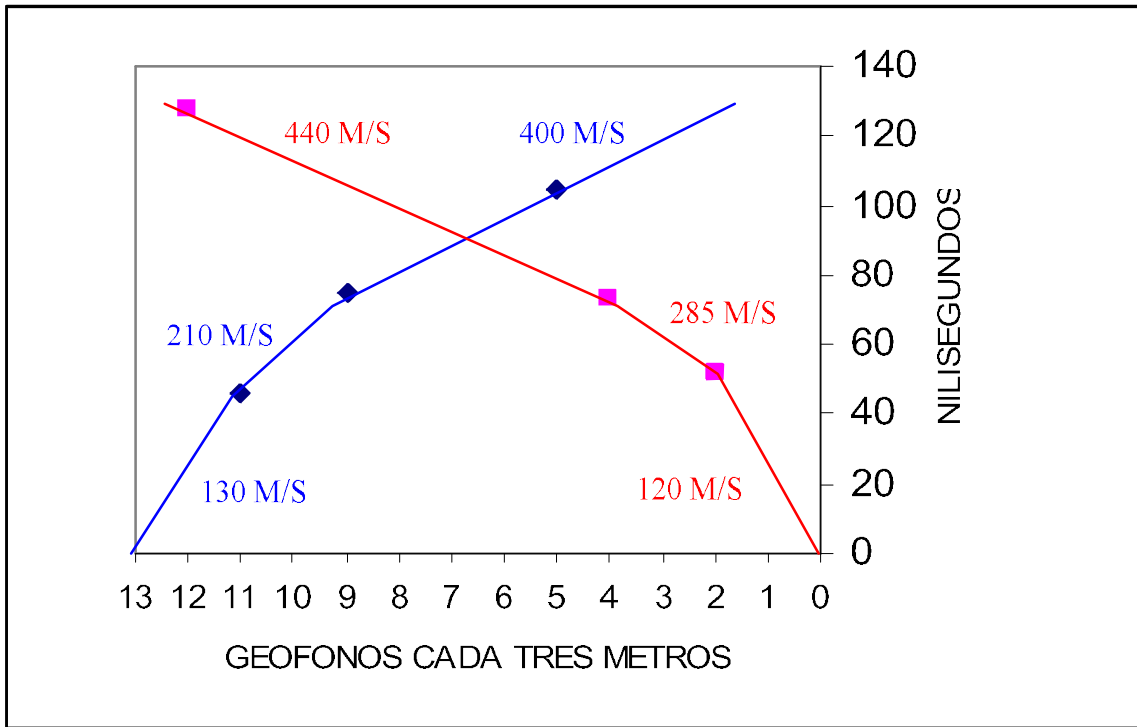


Figura 6.15 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-13.

5.2.3.14. Línea Sísmica L-14

Se corrió entre el barrio El Cementerio y la cancha de fútbol (Foto 6.16), en dirección N-S y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.16).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.20	120	Material transportado.
2.20 – 7.00	350	Roca meteorizada.
> 7.00	840	Basamento.

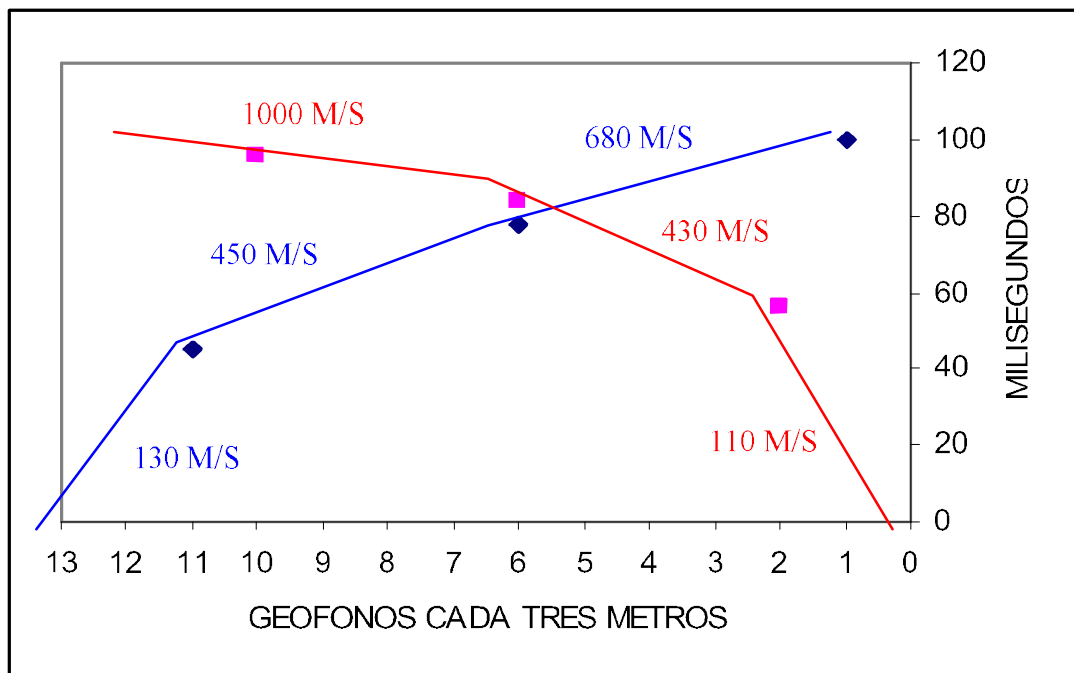


Figura 6.16 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-14.

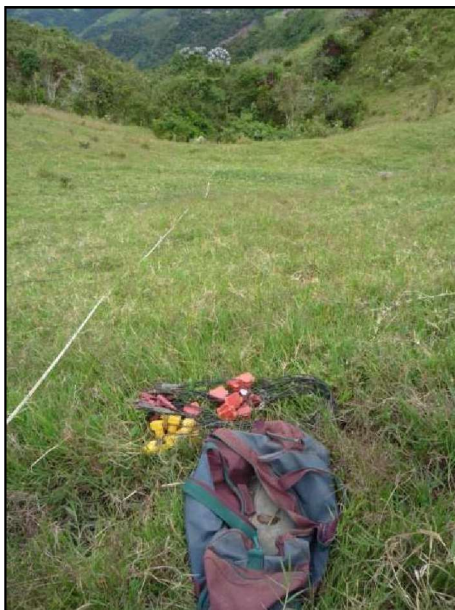


Foto 6.16 Localización Línea de Refracción Sísmica L-14 entre el barrio El cementerio y el parque recreacional.

Resultados que definen tres horizontes de velocidad; el primero hasta una profundidad de 2.20 metros y velocidad de 120 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda. El segundo horizonte hasta una profundidad de 7.00 metros y velocidad del orden de basamento presenta velocidades del orden de 440 metros/segundo, correlacionable con rocas fracturadas pertenecientes a la Formación Cisneros.

6.2.3.15. Línea Sísmica L-15

Se corrió cerca al tubo de aguas residuales de ACUEVALLE (Foto 6.17), se corrió en dirección W-E y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.17).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.30 W 0.00 – 4.00 E	150	Materiales transportados.
> (2.30)(4.30)	440	Basamento.

Resultados que definen dos horizontes de correlación; el primero alcanza profundidades de 2.30 y 4.30 con velocidad de 150 metros/segundo, correlacionable a materiales de consistencia muy blanda. El segundo horizonte muy posiblemente corresponde a la roca meteorizada con velocidad del orden de 440 metros/segundo de consistencia media a dura.

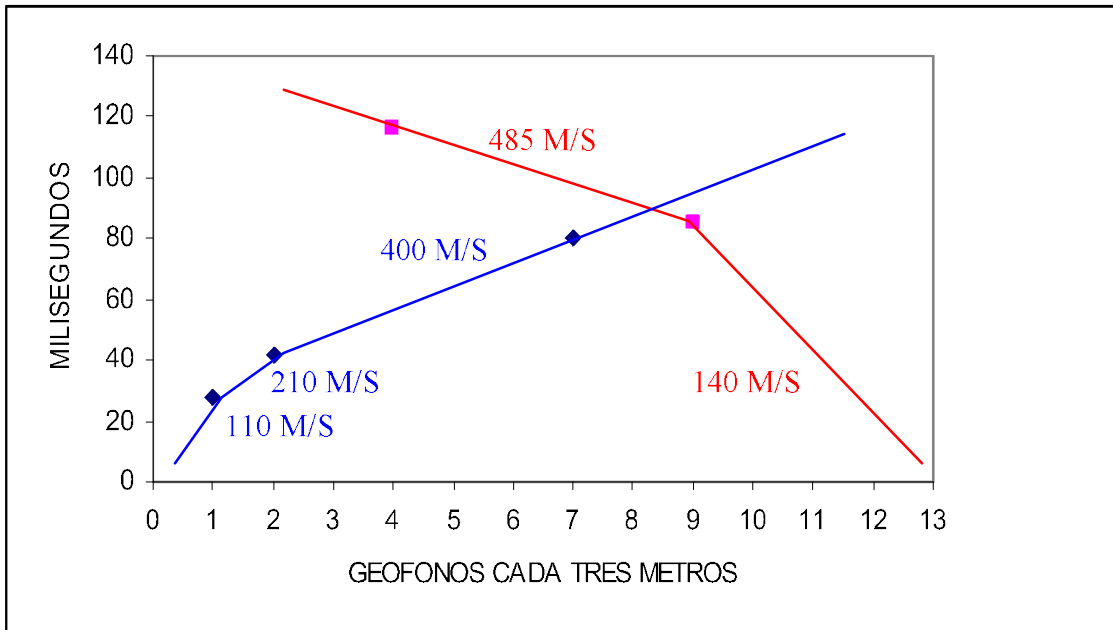


Figura 6.17 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-15.

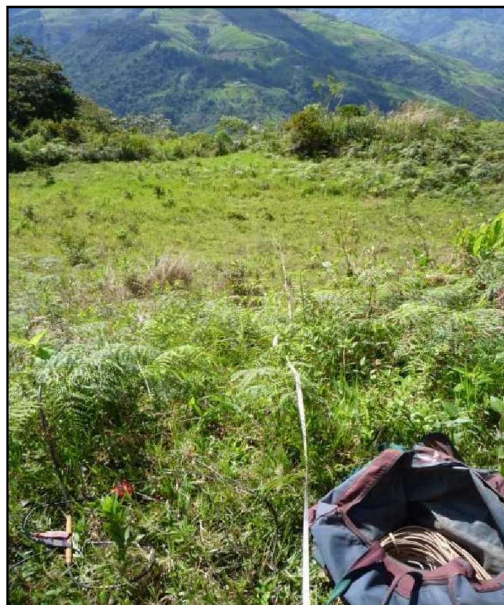


Foto 6.17 Localización Línea de Refracción Sísmica L-15, frente a la tubería de aguas residuales de ACUEVALLE.

5.2.3.16. Línea Sísmica L-16

Se corrió en la parte media de la caña de la finca Toledo (Foto 6.18), en dirección N-S y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.18).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 2.00 N	100	Material transportado.
2.00 – 5.00 N > 0.00 S	280	Suelo residual.
> 5.00 N	460	Basamento.

Se definen tres horizontes al norte de la línea de refracción sísmica; el primero de 2.00 metros y velocidad de 100 metros/segundo, correlacionable con material de consistencia muy blanda; el segundo horizonte hasta una profundidad de 5.00 metros y velocidad de 280 metros/segundo de consistencia blanda y mayor de 5.00 metros con velocidad de 460 metros/segundo correlacionable con rocas meteorizadas de consistencia media-dura. Al sur de la línea de refracción sísmica se presenta un solo horizonte de 280 metros/segundo, correlacionable con suelo residual de consistencia blanda.



Foto 6.18 Localización Línea de Refracción Sísmica L-16 en la finca Toledo.

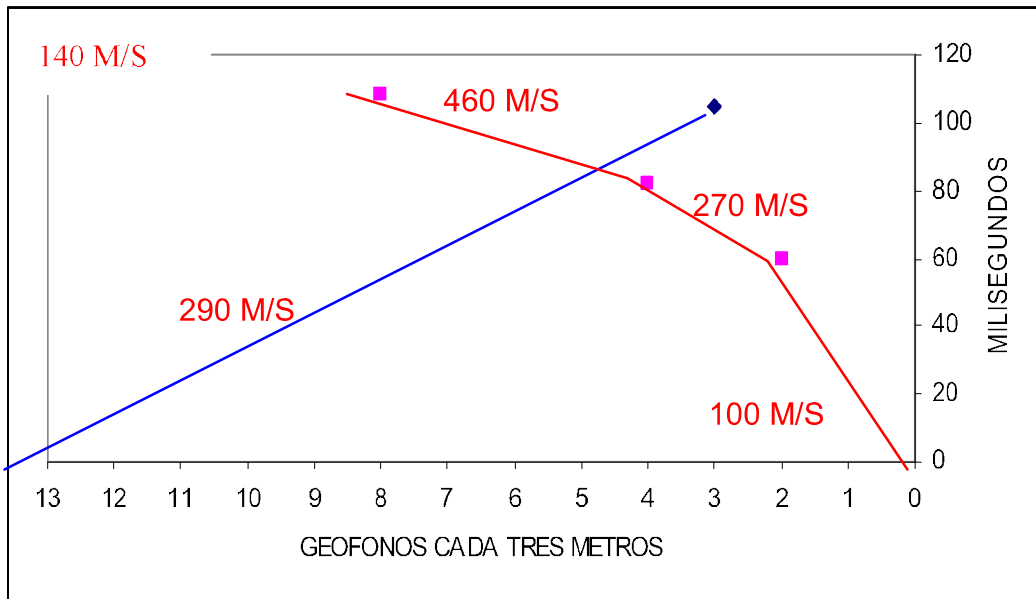


Figura 6.18 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-16.

5.2.3.17. Línea Sísmica L-17

Se corrió al oriente del barrio Alto de La cruz (Foto 6.19), en dirección NE-SW y una longitud de 36 metros. La interpretación de la dromocrónica permite plantear la siguiente solución (Figura 6.19).

Profundidad (m.)	Velocidad (m/s)	Correlación Litológica
0.00 – 1.50	160	Material transportado.
1.50 – 5.50	270	Suelo residual.
> 5.50	670	Basamento.

Se define la litología típica del sector; el primer horizonte alcanza una profundidad de 1.50 metros y velocidad de 160 metros/segundo, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda. El segundo horizonte alcanza una profundidad de 5.50 metros y velocidad del orden de 270 metros/segundo, materiales de consistencia blanda. El basamento está constituido por rocas meteorizadas pertenecientes a la Formación Cisneros de consistencia dura, se presentan a profundidades mayores de 5.50 metros y velocidades del orden de 670 metros/segundo.



Foto 6.19 Localización Línea de Refracción Sísmica L-17 en el Barrio Alto de La Cruz.

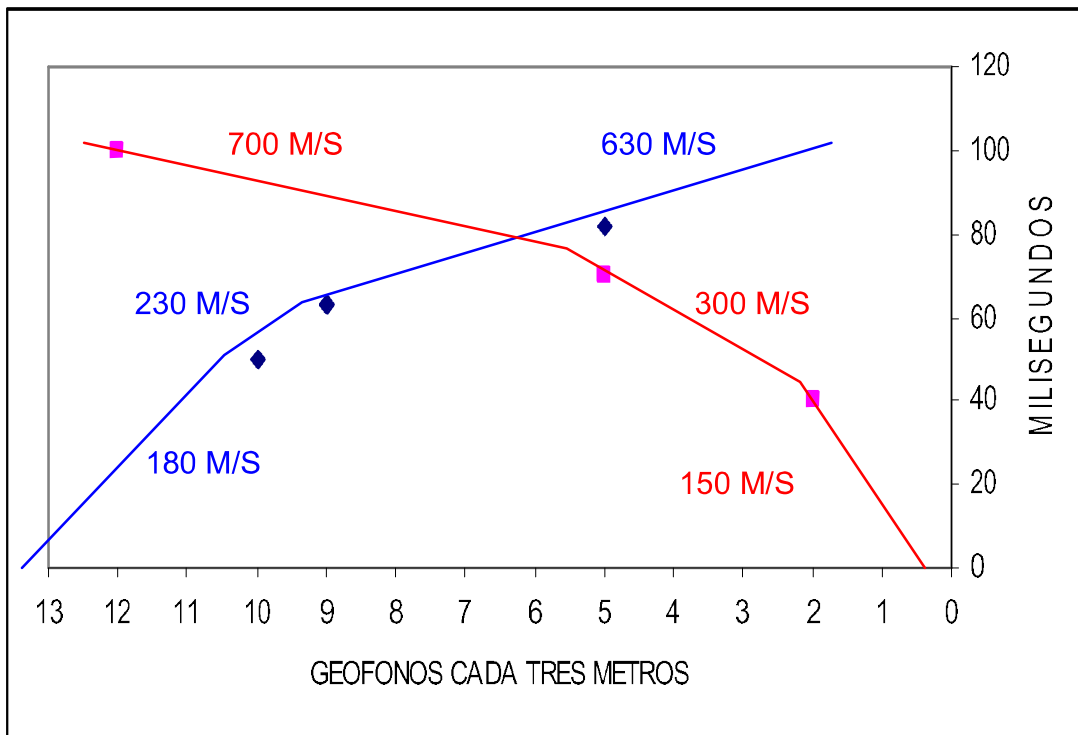


Figura 6.19 Dromocrónica Línea de Refracción Sísmica L-17.

6.3. CORRELACIÓN GEOFÍSICA

Se realizó mediante tres secciones de interpretación y correlación de las diferentes líneas de refracción sísmica que se localizan a lo largo de la sección. De acuerdo a los resultados se identificaron diferentes horizontes de velocidad a saber:

6.3.1. Sección de Correlación A – A”

Enlaza las líneas de refracción sísmica L-4, L-3, L-2, L-1 y L-13, en dirección NW-SE. Se identificaron seis horizontes de velocidad a saber:

HORIZONTE A, corresponde a materiales transportados de consistencia muy blanda con velocidades de 100 metros/segundo y profundidad de 1.50 metros, se presenta en la línea de refracción sísmica L-3, en las laderas del barrio Belisario.

HORIZONTE B, constituido por materiales de consistencia blanda, alcanza profundidades de 2.00 a 4.50 metros, velocidades de 120 a 150 metros/segundo, aflora en toda el área explorada.

HORIZONTE C, corresponde a materiales de consistencia blanda, se presenta en la parte plana del casco urbano y ladera suroccidental, alcanza profundidades máximas de 5.00 metros y velocidades de 210 a 310 metros/segundo.

HORIZONTE D, constituido por materiales arcillo-limosos o limo-arcillosos de consistencia media, se presenta en las laderas del casco urbano, alcanzan profundidades hasta de 8.50 metros y velocidades entre 330 a 490 metros/segundo.

HORIZONTE E, corresponde a la roca meteorizada perteneciente a la Formación Cisneros de consistencia dura, se presenta a profundidades mayores de 8.00 metros y velocidades comprendida entre 520 a 760 metros/segundo.

HORIZONTE F, corresponde a la roca fracturada de la Formación Cisneros, solamente se identifico en la ladera del barrio Belisario L-4 y en la L-1 estación de servicio de gasolina, sus velocidades son del orden superior a 760 metros/segundo.

6.3.2. Sección de Correlación B – B”

Trazada en dirección SW-NE en la ladera del parque recreacional y la cancha de fútbol y enlaza las líneas de refracción sísmica L-9, L-10, L-11 y L-12, se identificaron cinco horizontes a saber:

HORIZONTE A, aflora en la mayor parte de esta área, alcanza profundidades de 1.00 a 2.50 metros y velocidades de 110 a 150 metros/segundo, corresponde a materiales transportados de consistencia muy blanda.

HORIZONTE B, se presenta al noreste del parque recreacional, alcanza profundidades entre 2,50 a 3.50 metros, corresponde a materiales de consistencia blanda a juzgar por sus valores de velocidad.

HORIZONTE C, se presenta al suroccidente del área explorada cerca al parque recreacional, a profundidades entre 1.00 a 3.00 metros y velocidad de 250 metros/segundo, corresponde a materiales de consistencia blanda.

HORIZONTE D, se presenta en las laderas del parque recreacional con velocidades de 370 a 400 metros/segundo, alcanza profundidades mayores de 6.00 metros, corresponde a suelos residuales de consistencia media.

HORIZONTE E, corresponde a materiales de roca meteorizada muy posiblemente de la Formación Cisneros de consistencia dura, se presenta al noreste del parque recreacional a profundidades mayores de 5.00 metros y velocidades del orden de 590 a 450 metros/segundo, no aflora en el área explorada.

6.3.3. Sección de Correlación C – C”

Enlaza las líneas de refracción sísmica L-7, L-8 y L-15, trazada al sur del casco urbano en los sectores remontantes de la cárcava Tejares, se identificaron cuatro horizontes de velocidad a saber:

HORIZONTE B, aflora en toda el área explorada, alcanza profundidades de 2.50 a 4.00 metros y velocidades entre 150 a 210 metros/segundo, corresponde a materiales de consistencia blanda.

HORIZONTE D, infrayace al horizonte B y alcanza profundidades hasta de 8.50 metros con velocidades del orden de 440 a 460 metros/segundo corresponde a materiales de consistencia media a dura

HORIZONTE E, se presenta en los inicios de la cárcava Tejares, corresponde a materiales de consistencia dura pertenecientes a la roca meteorizada con velocidades de 520 a 600 metros/segundo, en los cauces se presenta a profundidades mayores de 2.50 metros mientras en las laderas a profundidades mayores de 8.50 metros.

HORIZONTE F, solamente se definió en la línea de refracción sísmica L-8 a una profundidad mayor de 9.00 metros y velocidad de 800 metros/segundo, correlacionable con rocas fracturadas pertenecientes a la Formación Cisneros.

7. HIDROLOGÍA

7. HIDROLOGÍA

El presente informe es el resultado del trabajo realizado por el grupo de Hidrología en el primer trimestre del proyecto “Zonificación de Amenazas y Escenarios de Riesgo por Movimientos en Masa, Inundaciones y Crecientes Torrenciales del Área Urbana y de Expansión de los Municipio de Buga, Riofrío, Dagua, El Cairo y La Unión” (MIDAS).

Durante este periodo de trabajo en el municipio de El Cairo, se realizó una revisión de información secundaria, se recolectó y analizó información hidrometeorológica de estaciones cercanas, para lo cual se consultó algunas instituciones como CVC, CENICAFE, e IDEAM. Se realizaron dos visitas al municipio, la primera de reconocimiento y la segunda con el fin de analizar el uso del suelo, la infiltración y los perfiles de suelo, además se visitaron la zona baja de la cárcava Tejares y las corrientes (Río Las Vueltas, Quebrada Tejares) con el fin de observar el posible impacto de estas en el municipio.

Con los datos de las estaciones seleccionadas se realizó un análisis temporal y espacial de la precipitación para determinar precipitaciones máximas, el régimen de humedad en la zona, también se generaron algunos mapas con las isoyetas para el municipio y por último se hizo el análisis de intensidad frecuencia y duración de las lluvias máximas.

7.1. REVISIÓN DE INFORMACIÓN

Informes realizados en los últimos años por entidades especializadas en prevención y atención de desastres muestran el aumento de la frecuencia de los efectos de los desastres naturales en el mundo, con pérdidas de vidas humanas e infraestructura importantes, en su mayoría en países en vía de desarrollo, los impactos llegan a modificar los sistemas socioculturales y socioeconómicos de dichos países. Debido a esto se ha venido realizando actividades dirigidas a la prevención y atención de desastres, para el riesgo y reducir la vulnerabilidad de las poblaciones.

En los últimos años las instituciones regionales y municipales dedicadas a la prevención y atención de desastres han llevado un registro de los desastres en él; sin embargo se encontró que muchas veces los llamados “pequeños” desastres no son reportados por el respectivo municipio a los entes territoriales encargados, ya que sus efectos no son de consideración y el municipio puede afrontar la emergencia en una forma directa. Dificultades como esta, además del desorden en la información reflejado en las fichas de informes, hizo de la recopilación una tarea ardua y lenta.

Los antecedentes y el inventario histórico de eventos recopilado de los informes revisados se encuentran en detalle en el capítulo 2 de Historicidad, en el numeral 2.2.7.

7.1.1. Análisis EOT-2000 del municipio de El Cairo

El municipio de El Cairo, forma parte integral del ecosistema estratégico denominado “Serranía de los Paraguas”, con territorio montañoso de relieve quebrado y ocupa la totalidad de la cuenca alta del río Garrapatas que en su nacimiento recibe el nombre de río Albán o río las Vueltas.

De acuerdo con el EOT 2000; en los últimos años debido a los fenómenos climáticos como El Niño y La Niña, el régimen y distribución de las lluvias se alteró completamente presentando prolongados periodos con déficit o exceso de humedad que alteraron el ciclo normal de los cultivos como el café y generando la aguda crisis por la que atraviesa actualmente la población.

7.1.1.1. Hidrografía

De acuerdo con el EOT-2000; hidrográficamente el Municipio se encuentra dentro de la vertiente del Pacífico en el Chocó biogeográfico, dentro de la Serranía de los Paraguas, en la cuenca de los ríos Garrapatas – Sipí – San Juan.

El río Garrapatas conforma el cañón que determina la Serranía de los Paraguas y la separa de la cordillera Occidental. Este río nace en el municipio de El Cairo en la región del Alto Galápagos, con las quebradas Santa Rita y Alto Bonito que al unirse forman el río Las Vueltas, hasta cercanías de la cabecera municipal de El Cairo, donde cambia su curso entre las quebradas La Rochela y Tejares y retorna al sentido a partir de la quebrada Los Pitos.

Como se observa en la Figura 7.1 la red hídrica del municipio está formada por cuatro (4) subcuencas (Las Vueltas, Vallecitos, Golondrinas, Los Pitos) que a su vez se componen de cuarenta y cinco (45) microcuencas, que finalmente drenan al río Las Vueltas o Alto Garrapatas.

Subcuenca Las Vueltas: Con las microcuencas de las quebradas El Oso, El Paujil, La Rochela, Los Chorros, La Selva, Tejares, La Sonadora, El Piñuelo, La Pedregala, La Robada, Alto Bonito, El Pacífico, Charco Azul, Santa Rita, El Diamante (La Vaca), El Marrano, La Floresta, La Cristalina, La Siberia, Las Ánimas, El Pital, Buenos Aires, La Nubia y Guayabal.

Subcuenca Vallecitos: Con las microcuencas de las quebradas Guayaquil, Cordoncillal, La Italia, El Eden, San José, Rio Bonito, La Trinidad, La Cidreira, El Jordán y La Primavera.

Subcuenca Las Golondrinas: Con las microcuencas de las quebradas Carambolas, El Tabor, La Cascada, La Mejora, Bellavista, La Sonora, La Guajira y La Cristalina.

Subcuenca Los Pitos: Con las microcuencas de las quebradas Aguas Lindas, La Alejandría, las Brisas y El Rincón.

Sector de La Selva: Justo en el límite del perímetro urbano hay cicatrices de deslizamientos y hundimientos que se han estabilizado frágilmente con cobertura vegetal. Es una zona muy pendiente que registra un fenómeno de cárcava remontante a 500 metros falda abajo al oriente del casco urbano.

Sector del Recreo – Cárcava Tejares: ubicado al sur del municipio, es una zona ya alcanzada por la cárcava Tejares y que amenaza la vía interveredal y los asentamientos humanos adyacentes. La cárcava Tejares es por su tamaño, repercusión y deterioro la principal amenaza a la que está expuesto el municipio.

- La Morelia: presenta riesgos para una vivienda y la carretera intermunicipal.
- El Edén: afecta la carretera a esta vereda.
- Salmelia
- San José de El Cairo

De igual modo, otro factor de riesgo lo representa la vía principal del municipio, que en el sector comprendido entre la entrada al municipio y la microcuenca La Sonadora, ha sido particularmente afectado por continuos derrumbes y deslizamientos, por lo cual el municipio debe realizar en el corto y mediano plazo una evaluación integral de esta vía, un plan de manejo para suelos y aguas lluvias, con las consecuentes obras de arte y franja de protección con cobertura vegetal y un programa de mantenimiento periódico.

El progresivo deterioro que han tenido los suelos en la microcuenca Tejares desde finales de la década de los 60, ha conformado una zona de amenaza cuya magnitud le da un carácter supramunicipal, ya sea por los recursos técnicos y económicos necesarios para su recuperación y estabilización o por la magnitud de los recursos humanos, de infraestructura, ambientales y económicos afectados por la misma (EOT 2000).

De acuerdo con el EOT 2000; la microcuenca Tejares ubicada al sureste del casco urbano del municipio de El Cairo como se observa en las Figuras 2.5 y 2.6 (Capítulo 2 de este informe) tiene un área total aproximada de 100 hectáreas, más de la mitad de la cual está comprometida con la cárcava, hace parte en su totalidad de la vereda Llanogrande, una de las veredas más ricas, fértiles y mejor conformadas topográficamente en el municipio.

El origen y factor desencadenante de esta gran cárcava, es la presencia de aguas lluvias y servidas a media ladera por la línea de alcantarillado, inicialmente por la descarga de las aguas en la parte alta de la microcuenca y posteriormente por ruptura y deterioro de la tubería. Otras obras de infraestructura como la carretera a Llanogrande y el acueducto veredal de esta región, presentes en el mismo sector y paralelas a la línea de alcantarillado, han favorecido el agravamiento posterior del problema.

Se han realizado diferentes informes, visitas y diagnósticos sobre el estado de la misma, cabe mencionar los informes técnicos de la CVC: “Reconocimiento del Estado actual de la Cárcava Tejares” 1986, “Informe Técnico SGA-I-016-99. Cárcava quebrada Tejares Municipio de El Cairo” de Septiembre de 1999, el informe técnico preparado para Acuavalle por el geólogo Luis Eduardo Padilla en Agosto de 1999 entre otros, por lo cual

es necesario pasar ya a la etapa de ejecución del “Proyecto de Recuperación y Estabilización de la Cárcava Tejares” el cual adquiere el carácter de prioritario dada la dimensión del problema.

7.1.1.2.1. Deslizamientos:

Carretera El Cairo – Las Brisas: Esta carretera está afectada en todo su recorrido, por lo cual requiere de un mayor control sobre las aguas de escorrentía y una franja de protección alrededor de la misma. Como puntos críticos en la misma se referencia:

- Vereda El Diamante: Derrumbe del talud superior de la carretera afectando la vía intermunicipal y presentando riesgos para la vivienda de la finca El Jazmín.
- Vereda El Diamante – Finca Jamaica: Hundimiento en la vía a la altura de las partidas para El Chocó y deslizamientos en toda esta área.
- Vereda El Diamante – Sector La Proveedora: Derrumbe talud superior de la vía y entre este punto y la vivienda de la Finca Jamaica.
- Vereda La Alejandría: desplazamiento de la banca y muro de contención entre Las Brisas y La Carbonera afectando la estabilidad de la carretera. En este sector se observan pequeños hundimientos y grietas que puede detonar en una remoción en masa de mayores proporciones.
- Corregimiento de Albán - Finca La Morelia: Derrumbe talud superior de la carretera.
- Deslizamiento parte inferior de la carretera arrastrando material hasta el río Albán y presentando amenaza para la vivienda de esta finca.
- Vereda El Piñuelo – sector La Nibia: hundimiento banca de la carretera (flujo lento de masa).

Sector de La Virgen: Las viviendas de este sector fueron demolidas y reubicadas las familias en el Barrio Villegas junto con los damnificados del sismo del 95, aunque persisten 2 viviendas en la zona que deben ser reubicadas. Este sector ha sido afectado por el alcantarillado inicial del municipio retirado de la zona a finales de los 60's y por las aguas lluvias canalizadas por la vía del sector. La magnitud del fenómeno y el riesgo sobre el casco urbano exigen un pronto plan de acción para este problema.

Costa Seca: la erosión sobre esta zona es propiciada por el inadecuado manejo de aguas lluvias en la vía veredal al Brillante y representa un riesgo alto para la línea de alcantarillado que pasa por la zona en la finca Los Alpes de propiedad de Martín Arias.

Las Margaritas: el deslizamiento producido en esta zona aplastó una vivienda sin consecuencias fatales. Se presentan deslizamientos también en: Fonda Negra, San José de El Cairo, La Mesa, El Retiro, El Pacífico, Alto Bonito, La Siberia, Alto Cielo, La Alejandría, Miraflores, y La Selva.

Miraflores: Remoción en masa en la finca de Uriel Ramírez afectando la vía a Bellavista con amenaza para la quebrada La Quebra del Indio.

7.1.1.2.2. *Hundimientos y grietas:*

Se presentan asentamientos y grietas en los siguientes sectores: la Nibia, La Cancana, La Alejandria, Nápoles, La Mesa, El Piñuelo, Miraflores y El Diamante (Fotografía 6.1).

En el perímetro urbano del corregimiento de Albán se presenta un hundimiento por flujo lento de masa en la zona posterior a la Iglesia.



Foto 7.1 Hundimiento de vivienda sector La Nibia.

En la imagen anterior se observa que la estructura de la casa que anteriormente se encontraba al mismo nivel de la carretera se ha hundido completamente

7.1.1.2.3. *Inundaciones*

En la zona de influencia del presente estudio, no se presentan amenazas por inundaciones aunque en las orillas de los ríos y quebradas principalmente en los ríos Las Vueltas y Vallecitos se presentan algunos de estos fenómenos, ninguno de los cuales cruza la zona del proyecto, sin embargo representa una amenaza para viviendas rurales aisladas.

En la cancha de fútbol y caseta comunal de la vereda las Margaritas se reconstruye un muro de contención sobre el río Albán con el fin de mitigar la amenaza de inundación sobre este lugar.

Hasta la actualidad no se han presentado eventos de inundación que comprometan viviendas, posiblemente porque estas corrientes de agua están relativamente bien reguladas por el ecosistema de la serranía. A principios de la década del 80 se produjo una represa en el río las Vueltas por los grandes volúmenes de tierra que se desprendieron por la cárcava Tejares, que afortunadamente desapareció en forma natural.

7.2. CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS DE LA ZONA

7.2.1. Conformación de la base de datos hidrometeorológica

Para el municipio de El Cairo se utilizaron datos de registros históricos de precipitación de estaciones pluviométricas, pluviográficas y climatológicas representativas localizadas en las subcuencas del municipio teniendo en cuenta las estaciones de las redes de medición de CVC, CENICAFE e IDEAM.

Usando los criterios como cobertura, tiempo de registro (estaciones con 20 o más años de registro) y calidad de la información, se seleccionaron 11 estaciones con información de precipitación, teniendo en cuenta que el porcentaje máximo permisible de datos faltantes en una estación no puede ser superior al 10% dentro del periodo de referencia 1982 - 2007. La Figura 7.2 muestra el número y la ubicación de estaciones utilizadas.

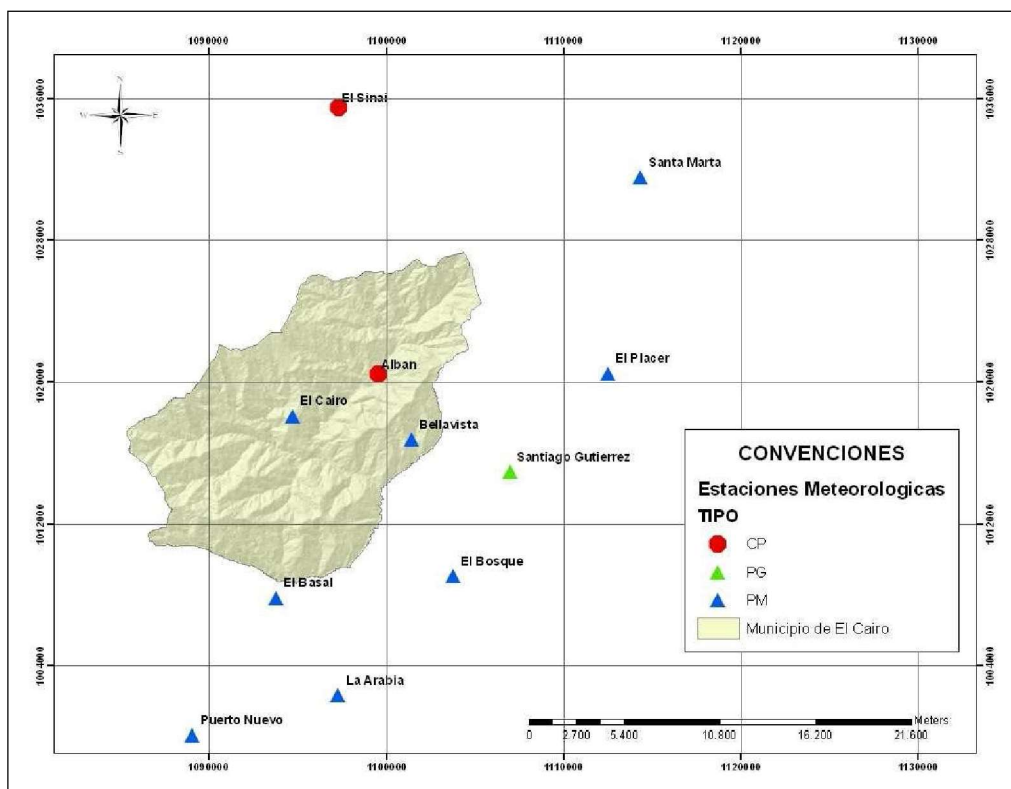


Figura 7.2 Estaciones meteorológicas utilizadas en el municipio de El Cairo

Los datos faltantes de las series fueron estimados aplicando el método de los k vecinos más cercanos. De esta forma se conformaron dos bases de datos georeferenciadas para la realización del análisis de la precipitación. La primera con registros mensuales y la segunda con valores diarios de precipitación de las 11 estaciones que se muestran a continuación (Tabla 7.1).

Tabla 7.1. Estaciones seleccionadas para el análisis de precipitaciones que cumplieron los criterios definidos de selección.

ESTACIÓN	*NORTE	*ESTE	ELEVACIÓN m.s.n.m.	ENTIDAD	PERIODO REGISTRO	TIPO
El Basal	1.007.826,74	1.093.764,30	1.553	CVC	1982 – 2007	PM
El Bosque	1.009.040,90	1.103.801,91	1.622	CVC	1982 – 2007	PM
El Cairo	1.018.082,70	1.094.707,26	1.914	CVC	1982 – 2007	PM
La Arabia	1.002.288,29	1.097.291,76	1.512	CVC	1982 – 2007	PM
Santiago Gutiérrez	1.014.924,03	1.106.985,41	1.530	CENICAFE	1972 - 2007	PG
Santa Marta	1.031.524,82	1.114.357,95	1.764	CENICAFE	1979 – 2007	PM
El Placer	1.020.461,95	1.112.525,45	1.744	CENICAFE	1971 - 2007	PM
Bellavista	1.016.759,81	1.101.434,91	1.528	CENICAFE	1974 - 2007	PM
Albán	1.020.443,94	1.099.580,80	1.510	CENICAFE	1975 – 2007	CP
Puerto Nuevo	1.000.054,95	1.089.070,33	959	CVC	1982 – 2007	PM
El Sinaí	1.035.501,65	1.097.330,46	2.034	IDEAM	1982 – 2007	CO

* Punto de referencia Datun Bogotá, Origen Oeste.

A continuación se presentan algunas fotos de las estaciones que se visitó en las salidas de campo, entre las que se encuentran Las Brisas-IDEAM, El Cairo-CVC y Santiago Gutiérrez-CENICAFE. En la primera se encontró errores en la medición y algunos de los instrumentos utilizados no funcionan correctamente.



Foto 7. 2 Estación Las Brisas – IDEAM visitada el día 30 de Abril de 2009.

En la estación El Cairo (Foto 7.3) se observó que su ubicación no es la más recomendable debido a que hay interferencia de algunas estructuras como edificaciones o cercas que se encuentran muy próximas.



Foto 7. 3 Estación El Cairo – CVC visitada el día 9 de Junio de 2009.

En el caso de la estación Santiago Gutiérrez de CENICAFE (Foto 7. 4 y 7.5) se encontró que no presenta ningún inconveniente en el registro de los datos.



Foto 7. 4 y 7.5 Estación Santiago Gutiérrez – CENICAFE visitada el día 9 de Junio de 2009.

7.2.1.1. Verificación de la calidad de la información

En la Tabla 7.2 se presentan organizadas las estaciones de acuerdo a la proporción de datos faltantes o ausentes, lo cual se considera sumamente importante en el inicio del proyecto ya que la observación de datos faltantes actúa como un primer filtro en el estudio de la

confiabilidad de los datos. Se encuentra que algunas de las estaciones poseen una gran cantidad de datos faltantes lo cual resulta inconveniente en el marco del proyecto, dichas estaciones son el Placer y Santa Marta.

Tabla 7.2. Porcentaje de Datos Faltantes de las Estaciones (Base Diaria)

Estaciones	Total	Proporción	Faltantes	Proporción	Validos	Proporción
La Arabia	9862	100%	409	4,15%	9453	95,85%
El Cairo	9862	100%	712	7,22%	9150	92,78%
El Bosque	9862	100%	508	5,15%	9354	94,85%
El Balsal	9862	100%	524	5,31%	9338	94,69%
Santiago Gutiérrez	13149	100%	382	2,91%	12767	97,09%
Santa Marta	10226	100%	1105	10,81%	9121	89,19%
Albán	12053	100%	5	0,04%	12048	99,96%
El Placer	13514	100%	2614	19,34%	10900	80,66%
Bellavista	12418	100%	112	0,90%	12306	99,10%

Se calcularon los datos estadísticos de tendencia central y de dispersión con la finalidad de realizar una primera mirada al comportamiento de las series de precipitación de cada estación encontrando que las series no presentan variaciones significativas con respecto a la media y a la varianza exceptuando la estación Santa Marta la cual presentó la desviación estándar más alta. Es importante tener en cuenta que las variaciones en la desviación estándar presentes en la estación Santa Marta se deben principalmente a la presencia de los datos faltantes en esta serie.

Como las estaciones estudiadas no presentan una distribución normal, se realizaron pruebas no paramétricas para analizar la estabilidad de la media y la varianza en las series de precipitación. A partir de las pruebas de estabilidad se puede concluir de acuerdo a los resultados del análisis estadístico que las estaciones seleccionadas para el municipio de El Cairo pueden ser utilizadas para la aplicación del análisis hidrológico.

7.3. MEDICIONES Y DETERMINACIONES DE CAMPO

7.3.1. Visita 1; Reconocimiento de la zona de estudio

En la visita realizada al municipio del Cairo el día 6 de abril de 2009, el grupo de hidrología fue recibido por el doctor Gonzalo Corrales Arcila actual alcalde de esa localidad, el cual manifestó que el principal problema de la localidad es la susceptibilidad de los suelos a procesos de deslizamientos principalmente una cárcava llamada Tejares la cual se encuentra cercana al casco urbano de la localidad del Cairo.

Otro de los problemas que quedo en evidencia en la visita fue el taponamiento de las vías de acceso al municipio de El Cairo, debido principalmente por la lluvia, la cual actúa como un factor detonante de deslizamientos y activa el proceso de erosión.

En la Foto 7.6 se puede evidenciar como el deslizamiento tapona la carretera que conduce al municipio del Cairo, este tipo de fenómenos ocurren frecuentemente según lo manifestaron los pobladores del Cairo, lo cual afecta la economía de esa localidad.



Foto 7.6 Deslizamiento en la carretera Las Brisas.

En la Foto 7.7 se muestra como el agua en forma de escorrentía superficial procedente de la lluvia, activa el movimiento del suelo lo cual genera la erosión, esto se encuentra relacionado con la inestabilidad de los suelos.



Foto 7.7 Deslizamiento activado por la escorrentía superficial sobre la carretera Las Brisas.

Durante esta visita se socializó acerca de la realización de este proyecto con diferentes dependencias de la alcaldía, ver Foto 7.8, Corporación Serraniagua, CVC y otras personas de la comunidad.



Foto 7.8 Deslizamiento activado por la escorrentía superficial sobre la carretera Las Brisas.

7.3.2. Visita 2; Reconocimiento del uso del suelo

En la visita técnica el día 27 de abril de 2009 se realizó un recorrido por el municipio de El Cairo para analizar temas como la cobertura del suelo, puntos críticos donde se presentan deslizamientos y un reconocimiento a fondo de toda la zona de estudio.

Se visitó la posible área de expansión conocida como sector de la casa atravesada, además se observó el barrio Silvio Arbeláez Urrea, como se muestra en la Foto 7.9.



Foto 7.9 Zona de expansión municipio de El Cairo; sector la casa atravesada.

7.3.3. Visita 3; *Visita 3; Análisis y uso actual del suelo, según las necesidades del grupo Geotecnia.*

De acuerdo a las necesidades técnicas del grupo de geotecnia, se realizó un levantamiento de coberturas del suelo en el área delimitada por la ventana usada por el profesor Gabriel Paris dentro de la cartografía que generó. Se tomó como base la cartografía de uso actual del suelo, generado por el grupo de hidrología (en el mismo proyecto), polígonos preliminares de cobertura elaborados a partir del análisis de la ortofoto actual del municipio, y cartografía base disponible en el proyecto.

Teniendo en cuenta los elementos anteriores se diseñaron unos recorridos para levantar la información. En el caso particular del municipio de El Cairo, su ubicación en la cima de una montaña permite ubicar algunos puntos que den una buena panorámica de las laderas a los costados de la zona urbana.

Con una buena identificación de las curvas de nivel como referencia y el control con el GPS, se pudo hacer el levantamiento de las coberturas con un buen nivel de detalle y precisión. Ya establecidas las categorías que van a ser asignadas (Ver Tabla 7.3), para la realización del mapa de usos de suelo, mediante el trabajo de campo y los levantamiento de información espacial antes mencionadas, se obtuvo información georeferenciada de asentamientos urbanos y sus respectivos atributos. Posteriormente se utilizó el software ArcGIS 9.3 para digitalizar las coberturas y definir el sistema de coordenadas.

Tabla 7.3. Categorías de Usos del suelo

Pastos
Rastrojo
Bosque
Cultivos
Asentamientos

El primer día de trabajo se destinó a contactar personas que pudieran orientar el desarrollo de la salida a los sitios más indicados para obtener un panorama amplio del municipio y sus alrededores, además se visitó en la alcaldía, la división de Planeación municipal, así como la Corporación Serraniagua; de la cual nos acompañó un funcionario en el segundo día y nos hizo un corto recorrido por el municipio.

Se contó con el acompañamiento de un funcionario de la Corporación Serraniagua y se realizó el levantamiento de los usos del suelo de la ladera occidental, desde dos puntos diferentes: desde el matadero (Ver fotos 7.10, 7.11, 7.12 y 7.13); desde el acueducto (7.14, 7.15 y 7.16). La ladera occidental presenta en mayor proporción pastos, el bosque es visible en las áreas que rodean las quebradas y el río Vallecitos, se aprecia en menor proporción cultivos de caña y unas pequeñas áreas con rastrojo.

Se realizó el levantamiento de los usos del suelo de la ladera oriental desde la vereda Buenos Aires (ver fotos 7.17, 7.18, 7.19, y 7.20), en esta área se destaca la presencia de café asociado a plátano o guamo, en las pendientes de hasta 25%. En las pendientes

mayores al 25% se encuentran el uso del suelo en pasto y rastrojo y bosque en el área de las quebradas.

Por último se realizó una caminata hacia la parte occidental del acueducto para tener una mejor visual de la ladera occidental y el valle del río Vallecitos.

Todo lo anterior dio como resultado el Mapa del levantamiento complementario de cobertura de suelo (Ver Figura 7.14).

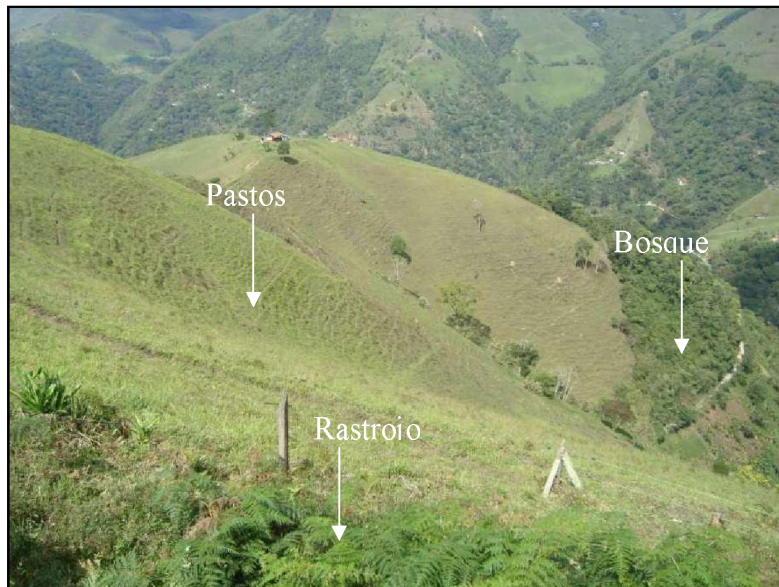


Foto 7.10 Vista al sur-occidente. Uso del suelo pastos.

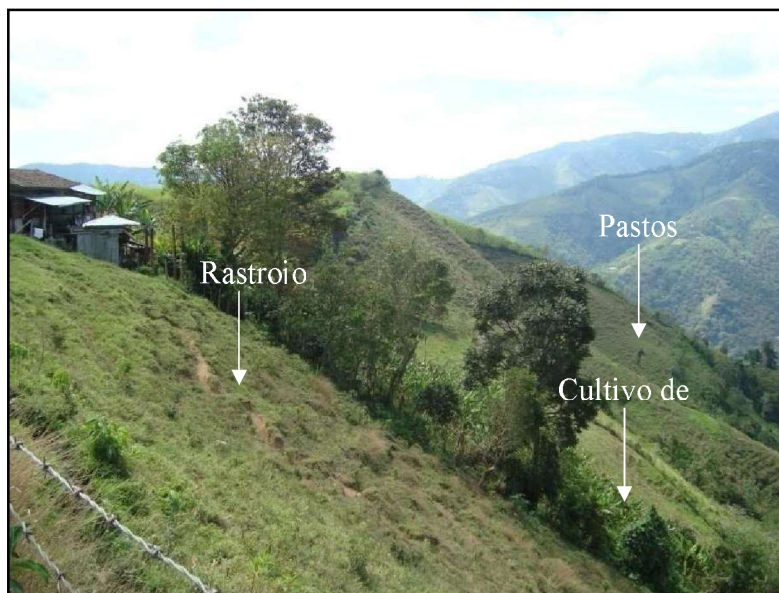


Foto 7.11 Vista al sur-occidente. Uso del suelo: pastos, cultivo de café asociado a plátano.

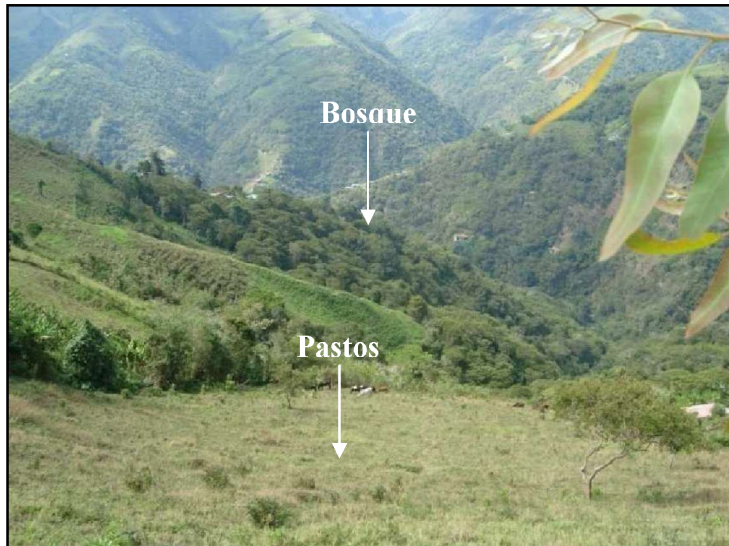


Foto 7.12 Uso del suelo: pastos, al fondo bosque.



Foto 7.13 Uso del suelo: pastos y rastrojo.



Foto 7.14 Vista desde el acueducto, hacia el sur-occidente.



Foto 7.15 Valle del río Vallecitos. Uso del suelo: pastos, bosque alrededor de las quebradas, pequeñas extensiones sembradas en café y plátano.

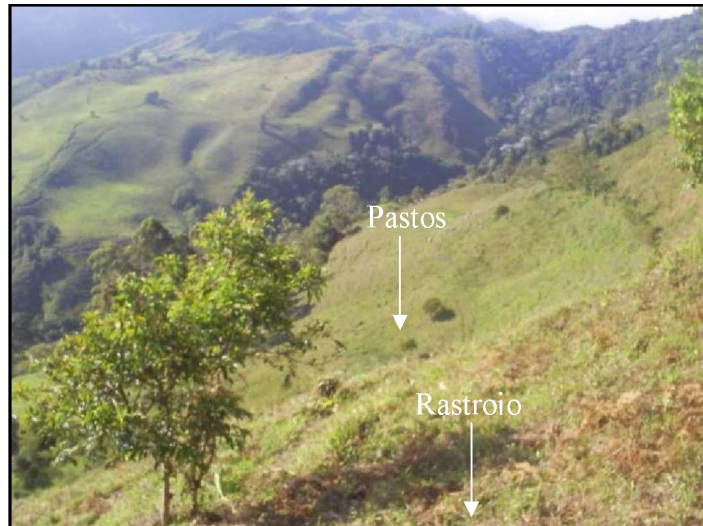


Foto 7.16 Vista desde el acueducto, hacia el nor-occidente. Uso del suelo: pastos y rastrojo.



Foto7.17 Desde la vereda Buenos Aires, vista hacia el sur occidente, ladera oriental, el principal uso del suelo: cultivo de café asociado a guamo.

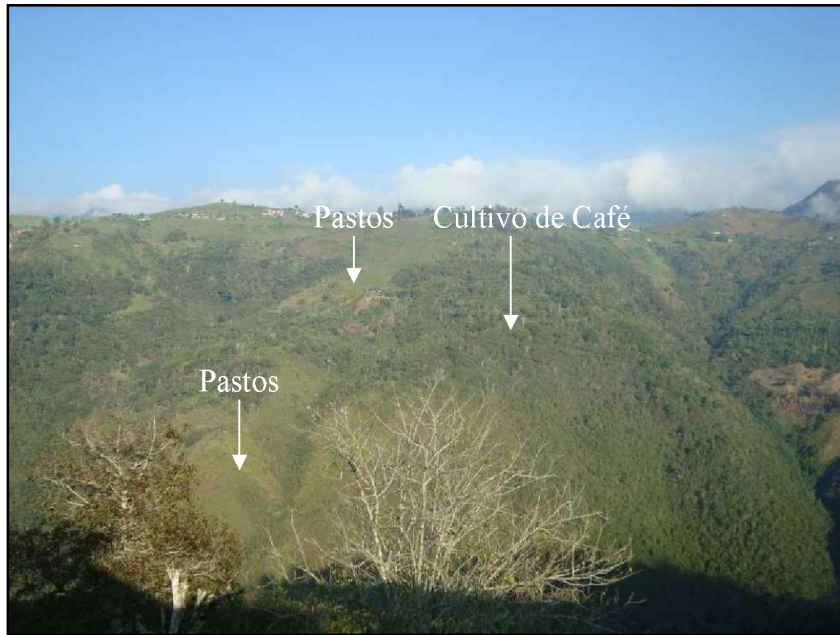


Foto 7.18 Al fondo municipio de El Cairo, ladera oriental, uso del suelo: pastos hacia la parte superior y baja de la ladera, cultivo de café asociado a guamo.



Foto 7.19 Ladera oriental, uso del suelo: cultivo de café asociado a guamo.



Foto 7.20 Ladera oriental, vista hacia el nor-occidente, uso del suelo: pastos y cultivo de café asociado a guamo.

7.3.4. Uso actual del suelo

Inicialmente se reconoció el terreno y algunas de sus características por medio de cartografía básica como el límite municipal y el área conocida. Se conceptualizaron previamente algunas categorías de uso de suelo de la siguiente manera:

- **Agrícola:** las tierras, aguas y bosques cuyo uso corresponde a las actividades del sector primario de manera permanente, por lo que son susceptibles de explotación renovable agrícola, pecuaria, piscícola o forestal.
- **Dotación:** comprende las instalaciones para alojar las funciones requeridas como satisfactores de necesidades comunitarias. Se pueden incluir dentro de esta categoría. Se consideran como usos condicionados, requiriendo para su aprobación, la revisión de su localización, la determinación de las características del uso propuesto y su compatibilidad con los usos circundantes asegurándose de que no cause perjuicio a los vecinos.
- **Industria:** es la unidad económica de producción o transformación de materias primas; propiedad de uno o varios individuos acreditada como tal por constancia o certificación del Ministerio de Industria. Las actividades industriales se clasifican en diferentes categorías, que van desde la industria artesanal hasta la industria pesada.
- **Comercial:** Entiéndase por uso comercial la actividad destinada al intercambio de bienes al por mayor o al detal.
- **Residencial:** Todo terreno que de acuerdo con el concepto general de urbanización se adecue específicamente para el uso principal de la vivienda, constituye un

desarrollo urbanístico residencial; éstos se podrán desarrollar en cualquier parte del área urbana, con excepción de las zonas que específicamente se restringen por razones de incompatibilidad con otros usos asignados, inestabilidad, seguridad u otras razones ambientales.

- **Mixto:** En estas zonas se admiten predominantemente las actividades relacionadas con la generación de empleos y comprenden indiscriminadamente al conjunto de actividades heterogéneas como comercio, servicios, industrias no molestas, institucionales e incluso residenciales de mediana y alta densidad, ya sea aisladas o combinadas en una misma parcela.
- **Pedio no edificado:** son predios urbanos cuyas construcciones o edificaciones tengan un área inferior al 20% al área del terreno y un avalúo catastral en el que su valor sea inferior al veinticinco por ciento (25%) del valor del terreno.

Se decidió por trabajar con levantamiento topográfico, planimétrico y poligonal directamente debido a las características y extensión de la zona urbana que se quería representar.

Ya establecidas las categorías que van a ser asignadas para la realización del mapa de usos de suelo, mediante el trabajo de campo y los levantamiento de información espacial antes mencionadas, se obtuvo información georeferenciada de asentamientos urbanos y sus respectivos atributos. Posteriormente se utilizó el software adecuado para digitalizar las coberturas y definir el sistema de coordenadas. Las siguientes imágenes muestran el uso de suelo en el municipio de El Cairo (Tabla 7.4):

Tabla 7.4. Uso de suelo en el municipio de El Cairo



Cabecera municipal desde el acueducto



Panorámica desde el Acueducto



Sector Bomba de servicio



Vista barrio Silvio Arbeláez Urrea



Sector La Casa Atravesada



Barrio Belisario



Foto 7. 21 Ocupación del terreno en el municipio de El Cairo

A continuación se presenta la clasificación de acuerdo al área (Tabla 7.5).

Tabla 7.5. Uso del suelo (Abril 27 del 2009)

Uso	Área (m ²)	Porcentaje
Agrícola	6685,64	3,17
Comercial	19882,78	9,42
Dotacional	52933,39	25,08
Industrial	3583,08	1,70
Mixto	12368,28	5,86
Predio no edif.	4182,06	1,98
Residencial	111441,27	52,80
Total	211076,5059	100

En la Figura 7.3 se pueden observar los diferentes usos del suelo en la zona del proyecto, se debe tomar en cuenta que esta figura es una reducción del mapa en la escala adecuada, el cual se incluye en el documento correspondiente a los mapas del proyecto. Se presenta el plano en la escala adecuada con la determinación de las áreas según el uso del suelo.

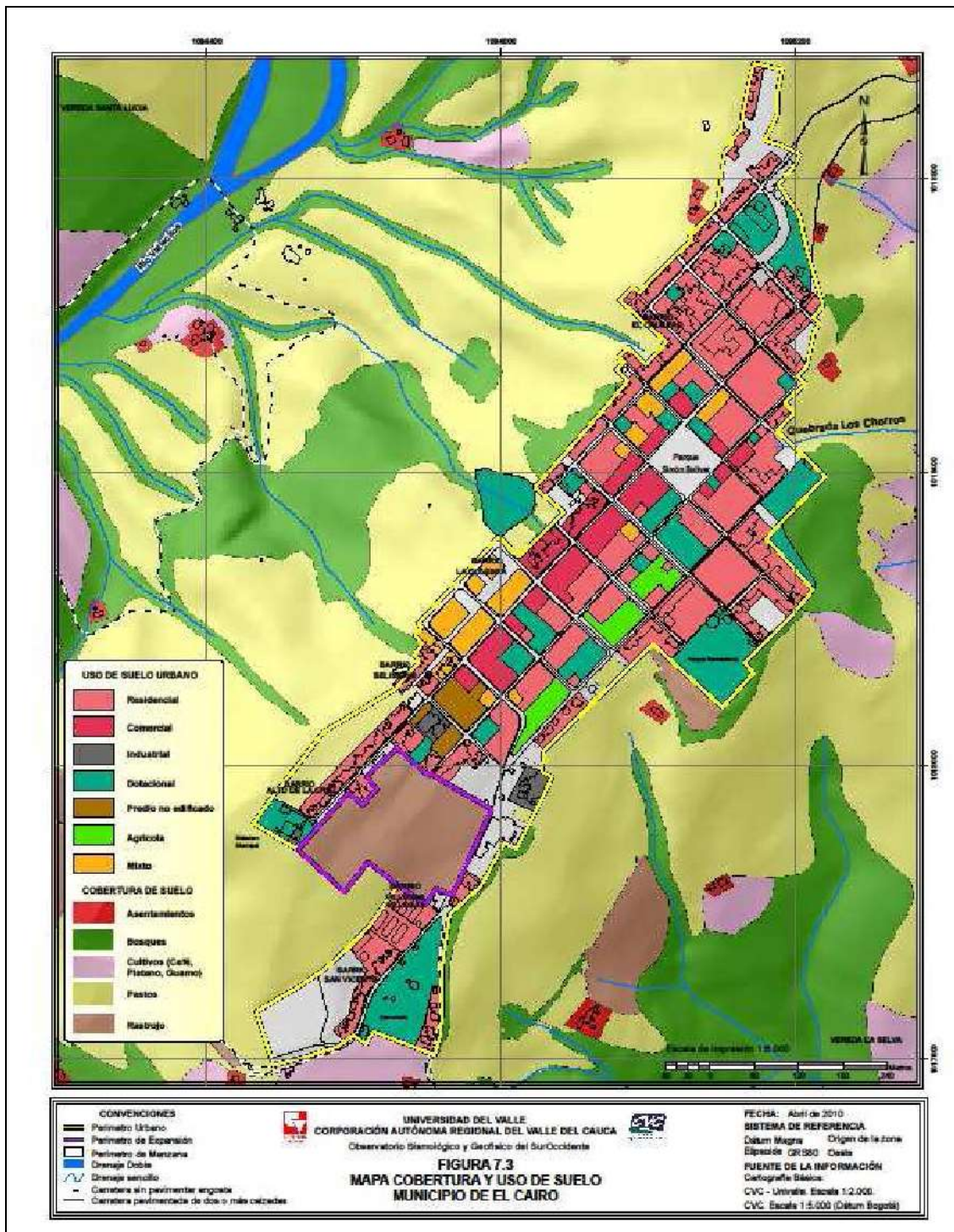


Figura 7.3 Mapa de uso de suelo en el municipio de El Cairo (Abril de 2010)

7.3.5. Uso potencial del suelo

El estudio de los conflictos por el uso del suelo inicia con la recopilación de información disponible para estos casos en zonas urbanas de Colombia. Efectivamente se procede a consultar las oficinas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, en donde se manifiesta que la zonificación de tierras, se hace de manera independiente en cada ciudad y en el caso de la CVC, se emplea el criterio basado en principios de zonificación para suelos agrícolas y forestales de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO.

Con base a las visitas y consultas adelantadas, se encuentra que el país no cuenta con criterios estandarizados para la definición de conflictos de uso del suelo; por esta razón y de acuerdo con la interventoría del proyecto y de la CVC, se acordó emplear los criterios adoptados en la CVC en zonas rurales. El análisis de vulnerabilidad que se desarrolla en la zona de estudio, área urbana y de expansión, de cada uno de los municipios, permite determinar los diferentes riesgos que presentan en el territorio.

7.3.5.1 Metodología

El proceso se inicia con la recopilación de la información básica y la consecución de la información temática. Para tal efecto se hace una copia de la información digital de los archivos que contienen la información de las curvas de nivel, la red hídrica, la línea divisoria de aguas, el mapa de clasificación de pendientes, obtenido a partir del modelo de elevación digital, el mapa de uso de suelo, el mapa de erosión, y el mapa de suelos.

De las revisiones metodológicas que se encontraron para uso del suelo potencial en la zona rural se seleccionaron los criterios que tienen la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) en el estudio de suelos del Valle del Cauca que viene haciendo El Uso Potencial, según la CVC⁵, se define como la capacidad natural que poseen las tierras para producir o mantener una cobertura vegetal. Esta información temática permite analizar y asociar características y propiedades de los suelos con base en su capacidad para producir plantas cultivadas a nivel general. Este sistema de clasificación pretende que los suelos tengan un uso adecuado para conservar, mantener y garantizar la calidad del recurso suelo y el medio ambiente. Tiene como propósito dentro del estudio de riesgo proporcionar una componente para determinar conflictos de uso del suelo.

El Valle del Cauca presenta tres grandes regiones con características particulares como son la región andina que comprenden el flanco oriental de la cordillera Occidental y el flanco occidental de la cordillera Central, la zona plana o Valle geográfico del Río Cauca y la vertiente del pacífico, para cada región la CVC ha establecido una metodología para elaborar el estudio de uso potencial. Por lo que el sistema de clasificación actual es una composición de tres sistemas de clasificación generados a partir de cada región, en nuestro

⁵ Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, 1997. Estudio General de suelos zona andina (Unidades de Suelo). Cali, Colombia.

caso utilizaremos solo los sistemas de ladera y de la región plana que abarcan los municipios objetos de estudio del proyecto.

Uso potencial para los suelos de la zona de ladera

Tierras para cultivos C: Terrenos con aptitud para la agricultura, el tipo de agricultura depende de las condiciones específicas del terreno; se tienen áreas planas mecanizadas y en las zonas de ladera en donde las labores pueden ser todas manuales. Esta aptitud presenta algunas divisiones, como se presenta en la siguiente tabla.

Clasificación de tierras para cultivo.

CATEGORÍA	CARACTERÍSTICAS	OBSERVACIONES
Tierras para cultivos C1	Pendiente plana, 0 – 3%. Suelos desde superficiales a profundos	Admiten amplia gama de cultivos, plena mecanización, no son susceptibles a la erosión, se recomiendan cultivos limpios y semilimpios.
Tierras para cultivos C2	Pendiente entre 3 y 12%. Suelos desde superficiales a profundos	Exigen prácticas sencillas de conservación y con restricciones para la mecanización. Pueden presentar erosión ligera; se recomiendan cultivos semilimpios y limpios con prácticas de conservación de suelos
Tierras para cultivos C3	Pendiente entre 12 y 25% Suelos desde superficiales a profundos	Mecanización restringida a maquinaria de tracción animal. Se pueden establecer cultivos densos con buena cobertura al suelo, alta capacidad radical y de macollamiento y no exijan muchas labores agronómicas y culturales; son exigentes en prácticas de conservación de suelos, pueden presentar erosión ligera a moderada.
Tierras para cultivos C4	Pendiente entre 25 y 50% Suelos desde muy superficiales a muy profundos	Cultivos que den cobertura de semibosque o cultivos de multiestrato como café y cacao con sombrío, también algunos frutales. Exigentes en prácticas de conservación de suelos, necesarias y de carácter obligatorio, y se deben hacer a mano.

Fuente: Corporación Autónoma Regional del Valle de Cauca.

Tierras para Praderas de Pastoreo P: Se trata de tierras de bajas pendiente y tierras fuertemente onduladas con pendientes de hasta de 25%. En esta categoría los suelos tienen una profundidad entre 25 y 50 cm. Estos terrenos pueden tener limitaciones de su profundidad ya sea por condiciones físicas o químicas.

Tierras para Recuperación AF: Son tierras que presentan un grado de erosión severa o mayor, con una alta susceptibilidad a la pérdida del suelo; pueden ser terrenos que debido a su localización pueden tener un gran valor para la sociedad.

Tierras Forestales F: Se agrupan en esta categoría, los terrenos susceptibles a la degradación y que debido a sus condiciones naturales y legales, deben permanecer bajo cubierta boscosa. Entre estas se encuentran:

Tierras forestales productoras (F1): Los territorios que facilitan una extracción continua y controlada de los productos del bosque, siempre y cuando se empleen prácticas de aprovechamiento que no afecten el ciclo hidrológico y suelos de la cuenca. Estas tierras las caracteriza el relieve con pendientes menores al 50%, suelos profundos o medianamente profundos, poca erosión y lluvias anuales mayores a 1500mm.

Tierras forestales productoras - protectoras (F2): Terrenos con pendientes entre el 50 al 75%, suelos moderadamente profundos, grado de erosión entre moderada a severa y lluvias de más de 1250mm al año. Estos suelos por sus condiciones requieren permanecer bajo cobertura boscosa, solo permiten la extracción selectiva de sus productos y requiere el empleo de prácticas de conservación de sus aguas y suelos.

Tierras forestales protectoras (F3): Se trata de terrenos con pendientes mayores al 75%, suelos superficiales que presentan afloramientos de rocas, tierras cenagosas, playas inundables, cauces antiguos, escombros de antiguas explotaciones mineras, lluvias menores a 1000mm o mas de 3000mm. Debido a la susceptibilidad, estos territorios solo permiten su cobertura boscosa permanente acorde con los requerimientos de protección.

Tierras del Sistema de Parques Nacionales (R): Cuando el terreno presenta características excepcionales de tipo natural, cultural histórico, se consideran como patrimonio nacional; estas tierras presentan normatividad especial para su manejo y protección.

Con base a los criterios de profundidad del suelo y pendiente, la CVC establece un sistema de clasificación que se presenta en la tabla que se presenta a continuación.

Matriz de relación profundidad y pendiente para designación de uso potencial.

		PROFUNDIDAD							
Pendiente	S %	< 25	25 - 50	50 - 90	90 - 150	> 150			
a	0 - 3	P	C1	C1 F1	C1 F1	C1 F1	PRA DE RAS	CUL TI VOS	FO RES TA LES
b	3 - 7	P	C2	C2 F1	C2 F1	C2 F1			
c	7 - 12	P	C2	C2 F1	C2 F1	C2 F1			
d	12 - 25	P	C3	C3 F1	C3 F1	C3 F1			
e	25 - 50	C4	C4	C4 F1	C4 F1	C4 F1			
f	50 - 75	F3	F3	F2	F2	F2			
g	> 75	F3	F3	F3	F3	F3			
Prof.Efec		< 25	25-50	50-90	90-150	> 150			
		PRAD	CULTIVOS						
			FORESTAL						

C : Cultivos
P : Praderas
F : Forestales

Potencial del suelo en el valle geográfico del Río Cauca

El uso potencial de los suelos se basa en las características del suelo con base al riesgo de deterioro por uso, a la forma cómo responden tanto al uso, como a su manejo. En el caso del Valle del Cauca, la CVC, aplica el sistema utilizado por el Departamento de Agricultura de los Estado Unidos USDA (1995) con modificaciones y adaptaciones realizadas por la subdirección de agrología del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

El sistema de clasificación presenta tres categorías: Clase, Subclase y Unidad de uso y manejo (Unidad de Capacidad). En total se consideran ocho clases de suelos, nombrados en números romanos entre el I y el VIII. Los suelos entre las clases I y IV son aptos para la mecanización, uso en la mayor parte de los cultivos, pastos ó bosques productivos de acuerdo a las condiciones de suelo, topografía y clima del terreno; estos suelos presentan pocos riesgos de deterioro en su laboreo.

En los suelos de clases mayores a la IV presentan limitaciones de uso, en este caso exigen para su buen manejo el empleo de técnicas de conservación de los mismos. A medida que aumentan las limitaciones de uso de los suelos, se incrementa el número con que se clasifica el mismo; de esta misma forma se incrementan los requerimientos de medidas para su protección y manejo. Los suelos clase V incluye tierras de uso limitado, por ser inundables, pantanosos, pedregosos, con problemas de salinidad o sodio; si bien el empleo de estos suelos es limitado, con técnicas de recuperación y adecuación pueden ser utilizados.

Los terrenos en donde se presentan especies endémicas y en riesgo, son los de clase VI y VII, se emplean para ciertos cultivos y pastos, aunque requieren altas inversiones para su

aprovechamiento. Los suelos clase VIII tienen grandes limitaciones para el aprovechamiento agrícola, por lo que se recomienda su empleo en protección y conservación de recursos naturales y en ciertos casos protección de fuentes hídricas.

La Subclase se refiere a la subdivisión de la clase que tiene iguales factores y condiciones de uso; sin embargo por alguna condición puede presentar cierta limitación; en este caso se emplean letras minúsculas asociadas al factor limitante del suelo, en donde:

- e: erosión susceptible o presentada anteriormente,
- h: humedad o inundación,
- s: problema (físico ó químico) en el suelo en la zona de raíces,
- c: condiciones del clima.

Con base a las categorías de clase y subclases descritas previamente, se establecen unidades de manejo del suelo, de forma que cada unidad presenta condiciones comunes y recomendaciones para el uso y manejo. Cada unidad se nombra con base al número romano de clase, seguido por la letra de la subclase y un número arábigo final; en total se tienen 28 unidades, las cuales pueden ser consultadas en el *Estudio Semidetallado de Suelos del Valle Geográfico del Río Cauca*, elaborado por IGAC – CVC, en el año 1980.

Clasificación de uso potencial y representación gráfica

Para la representación gráfica se ha agregado la clase de humedales en la que se diferencian tres niveles dependiendo del grado de intervención. La simbología para las áreas homogéneas representadas en el mapa de uso potencial se establece de acuerdo con las Convenciones empleadas en la *Guía rápida para el usuario SIG* del Grupo de Sistema de Información Ambiental de la CVC, como se presenta en la siguiente tabla.

Clasificación de uso potencial del suelo, (basado en Guía SIG, CVC).

Nombre de Uso Potencial	Código	Color
Tierras para recuperación	AF	
Tierras para cultivos limpios	C1	
Tierras para cultivos limpios - Tierras forestales de producción	C1-F1	
Tierras para cultivos semilimpios	C2	
Tierras para cultivos semilimpios – Tierras forestales de producción	C2 – F1	
Tierras para cultivos densos	C3	
Tierras para cultivos densos - Tierras forestales de producción	C3-F1	
Tierras para cultivos en multiestrato	C4	
Tierras para cultivos en multiestrato - Tierras forestales de producción	C4-F1	
Tierras forestales de producción	F1	
Tierras forestales de producción – protección	F2	
Tierras forestales de protección	F3	
Humedales de producción	H1	
Humedales de producción – protección	H2	
Humedales de protección	H3	
Tierras para praderas de pastoreo	P	
Tierras del sistema de PNN	R	
Clase agrológica I	I	
Clase agrológica IIs	IIs	
Clase agrológica IIIs	IIIs	
Clase agrológica IIIh	IIIh	
Clase agrológica IIIsh	IIIsh	
Clase agrológica IIIes	IIIes	
Clase agrológica IVs	IVs	
Clase agrológica IVh	IVh	
Clase agrológica IVsh	IVsh	
Clase agrológica IVes	IVes	
Clase agrológica Vs	Vs	
Clase agrológica Vh	Vh	
Clase agrológica Vsh	Vsh	
Clase agrológica VIes	VIes	
Clase agrológica VIIes	VIIes	
Infraestructura	INF	
Sin evaluar	SE	
Zona urbana	ZU	

Después de validar en campo la información de uso potencial se incluyen las zonas de protección (F3) de 30 metros en las rondas de los ríos.

A continuación se presentan las áreas de usos potenciales en el municipio de El Cairo.

Código de uso potencial	Uso potencial	Área en m²	Ha	Porcentaje
F1	Tierras forestales de producción	1384879,62	138,49	36
F2	Tierras forestales de producción - protección	2077349,68	207,73	55
ZU	Zona Urbana	338490,71	33,85	9
		3800720,01	380,07	

Se utilizó únicamente la clasificación de usos potenciales para la zona andina, la mayor potencialidad que se pueden destinar este emplazamiento son para tierras forestales dedicadas únicamente a tierras forestales de producción (F1) con un 36 % y forestal de producción-protección (F2), debido a que la mayor parte del municipio está en laderas de pendientes altas con poca profundidad de suelo sobre todo las del sur del área. Se pueden establecer algunas producciones agrícolas como café de sombra asociado guamo en el área destinada a uso potencial F1. El área correspondiente a la zona urbana (ZU) no cuenta como un uso potencial simplemente se indica el área por fuera de la evaluación de uso potencial. La Figura 7.4 ilustra los usos potenciales del suelo en El Cairo.

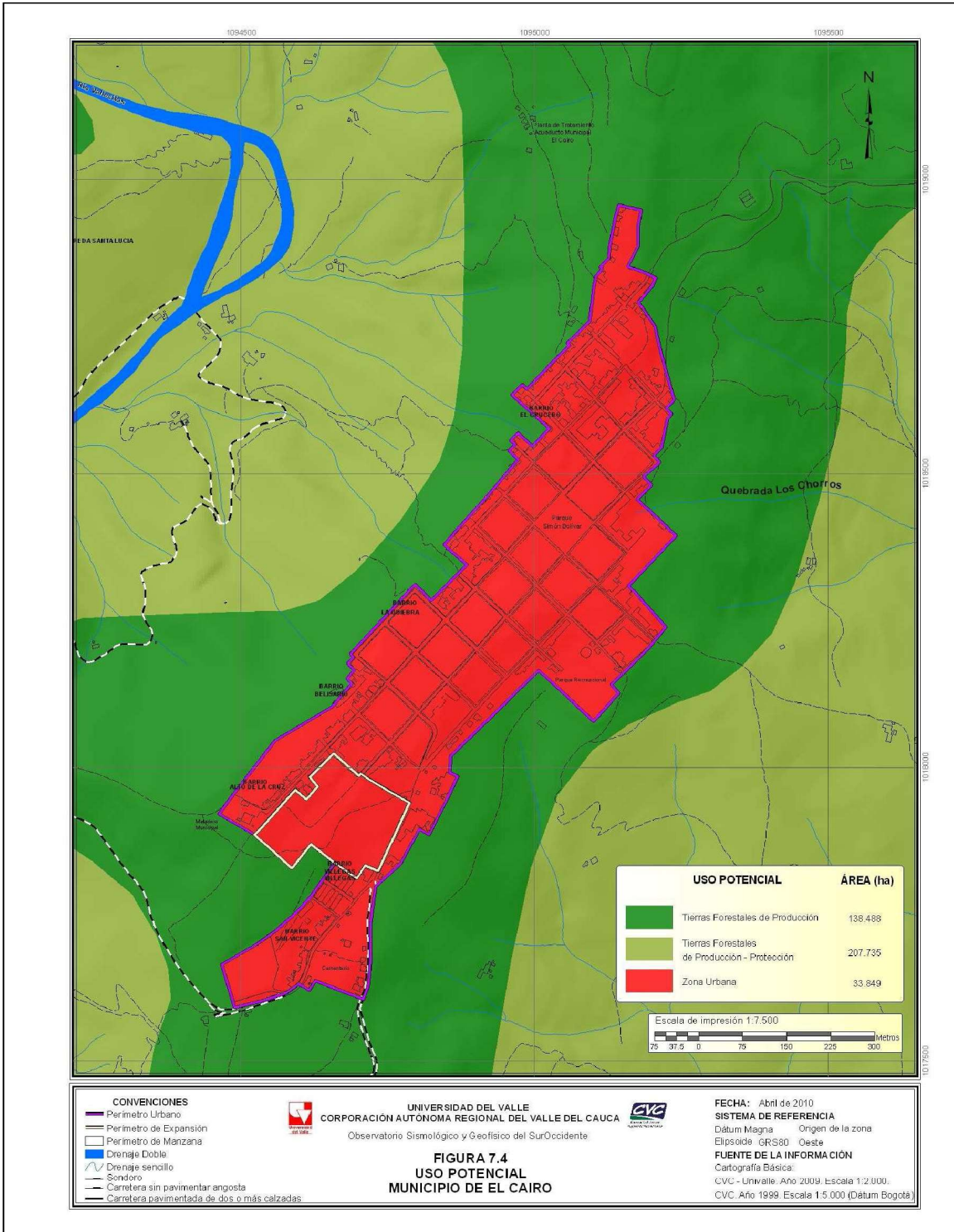


Figura 7.4 Mapa de uso potencial del Suelo – Municipio de El Cairo.

7.3.6. Conflictos de uso del suelo

El conflicto por uso del suelo se presenta cuando el uso del suelo no corresponde al uso potencial del mismo, es decir, que las exigencias de la cobertura vegetal establecida son diferentes a la capacidad natural ofrecida por el suelo. Los conflictos en el uso del suelo son el resultado de la divergencia entre el uso que el hombre hace actualmente del medio natural y aquel que debería tener de acuerdo con la oferta ambiental en términos de sus potencialidades con fines productivos y limitaciones naturales.

El conflicto por uso de suelo en el Valle del Cauca, según la CVC, se determina combinando dos sistemas de clasificaciones de acuerdo a sus particularidades: uno para la región andina que comprenden el flanco oriental de la cordillera Occidental y el flanco occidental de la cordillera Central, y para la vertiente del pacífico.

La CVC califica el conflicto por uso del suelo, por grados: Alto, Moderado, Sin Conflicto y Sin Evaluar; el conflicto alto y moderado se diferencian por los niveles de deterioro que puede ocasionar la cobertura establecida en un terreno no apto para ella. Sin conflicto son las zonas en equilibrio y sin evaluar los territorios donde no se ha desarrollado el estudio. El IGAC Plantea una clasificación con categorías más detalladas dependiendo de una amplia gama de usos actuales (IGAC-CVC, 2004). Sin embargo, debido a las clases utilizadas en las coberturas de uso actual generadas dentro del proyecto, se seleccionó como más adecuadas las metodología realizada por la CVC.

Conflicto del suelo para la zona de la región pacífica

Para la clasificación del conflicto por uso en la región del Pacífico se deben tener en cuenta las consideraciones de la tabla que se presenta a continuación.

Criterios para establecer conflicto por uso del suelo en la región Pacífica.

USO ACTUAL	USO POTENCIAL	GRADO DE CONFLICTO
Rastrojo RA	Tierras forestales de producción – protección F2	Moderado
Rastrojo RA	Tierras forestales de protección F3	Alto
Rastrojo RA	Tierras del sistema de PNN R	Alto

Fuente CVC.

Conflicto del suelo para la zona de la región Andina

El conflicto por uso del suelo se obtiene empleando los criterios de clasificación del Conflicto producida por el Grupo de Suelos de la CVC, como se aprecia en la de la siguiente tabla.

Criterios de conflicto por uso del suelo en la zona de andina.

USO ACTUAL COBERTURAS		CONFLICTO POR USO DEL SUELO									
Vegetación de Páramo	VP										
Bosque Natural	BN										
Rastrojo	RA										
Pastos Naturales	PN										
Bosque Plantado	BP										
Cultivos Permanentes	CP										
Silvo agrícola	SA										
Silvo pastoril	SP										
Cultivos Semi permanentes	CS P										
Pastos - Ganadería Extensiva	PN										
Cultivos Transitorios	CT										
Parcelaciones	PR										
Canteras	TD										
PENDIENTE		0 - 3	3 - 12	12- 25	25- 50	50-75	>7 5				
USO POTENCIAL		Producción					*PD PT	Protección		PROFUNDIDAD AD	
Pecuario	P	Pa	Pb	Pc						< 25 cms	
Agrícola	C	C1	C2	C3	C4					> 25 cms	
Forestal	F	F1a	F1b	F1c	F1d	F2	F3			> 50 cms	
Zonas De Reserva	R								R	A F	

	Conflicto Alto
	Conflicto Moderado
	Sin Conflicto

* Producción-Protección

La clasificación del conflicto y su simbología se representa en el mapa de conflicto por uso de suelo, como se presenta en la tabla que se presenta a continuación

Clasificación y símbolos de los conflictos de uso de suelo.

GRADO DE CONFLICTO	CÓDIGO	Color
Alto	Código de uso actual / Código de uso potencial	
Moderado	Código de uso actual / Código de uso potencial	
Sin Conflicto	SC	
Sin evaluar	SE	

El conflicto de uso del suelo en una cierta región, es el resultado de la intersección del uso potencial que tiene el suelo, versus el uso que presenta en un momento, ó uso actual del suelo. El conflicto de uso de suelo se determina para la zona acordada para tal fin por parte del proyecto, la cual corresponde a una ventana de extensión variable de acuerdo con la extensión y escala de trabajo del municipio. Esta ventana de forma cuadrada, circunscribe la zona urbana y la zona de expansión de cada municipio.

La siguiente tabla presenta las áreas con conflicto en el municipio de El Cairo

Conflicto	Área en m²	Ha	Porcentaje
Alto	656718,77	65,67	17,27
Sin conflicto	2805510,52	280,55	73,81
Zona Urbana	338490,71	33,85	8,90
	3800720,00	380,07	

El área en conflicto alto en el uso del suelo en El Cairo representa el 17,27% con respecto al área estudiada. Este conflicto corresponde a la existencia de praderas en la zona de ladera generalmente, alguna asociada a ganadería extensiva, donde el uso potencial debe ser de zonas forestales de producción (F1) o zonas forestales de producción-protección (F2). Sobre todo se ubica las zonas con mayor pendiente cercanas a la Zona Urbana donde el suelo ha sufrido mucho por la erosión ocasionada por el proceso de deforestación y la ganadería como antes se mencionó. La zona urbana no son coberturas en donde se ha evaluado el conflicto por uso del suelo solo se añaden para conservar el área de estudio. La Figura 7.5, ilustra los tipos de conflictos de uso del suelo presentes en la zona estudiada del Municipio El Cairo.

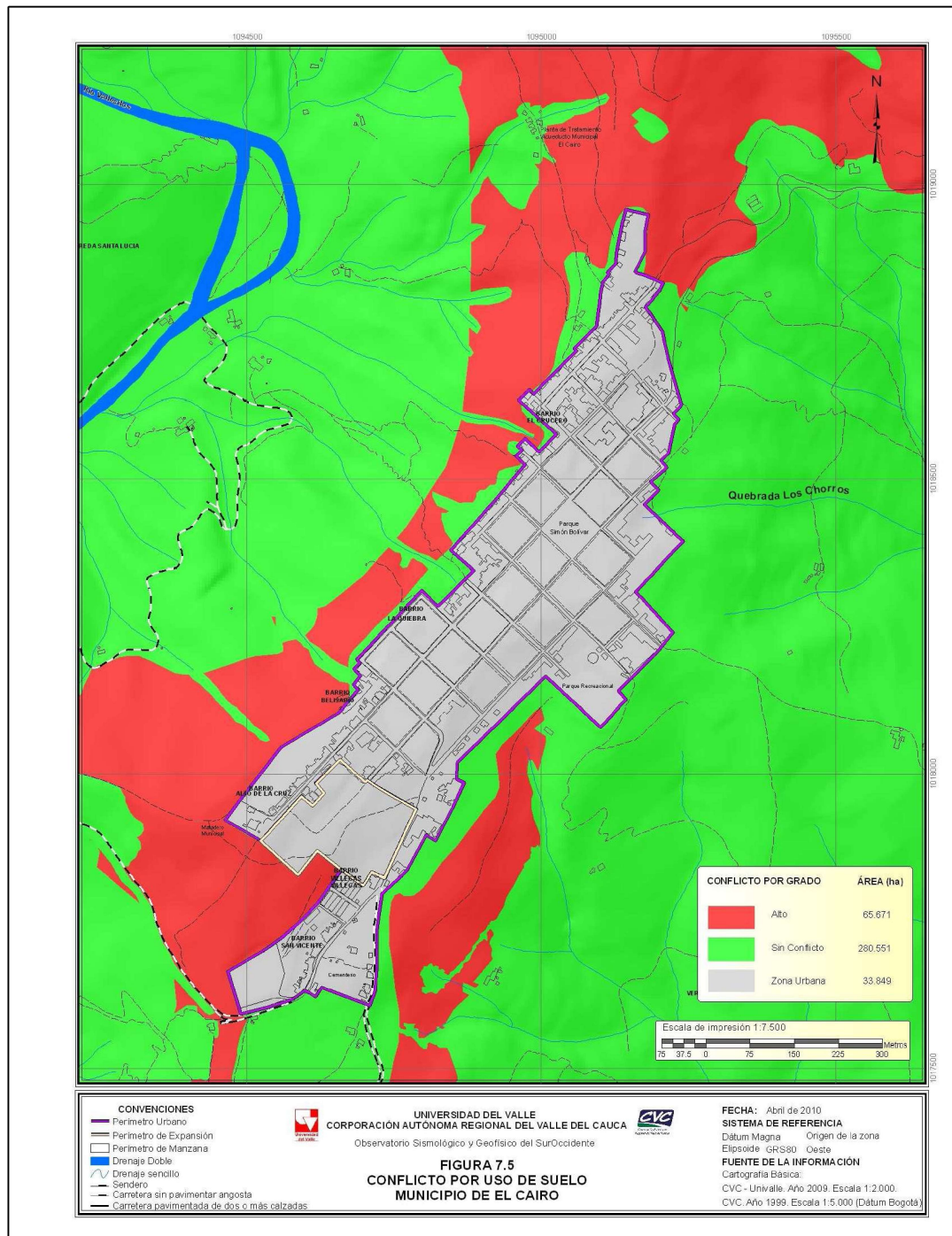


Figura 7.5 Mapa de conflicto de uso del suelo – Municipio de El Cairo.

7.3.7. Evaluación de la infiltración y perfiles del suelo

El análisis de infiltración y los perfiles del suelo se desarrolló en 10 puntos en diferentes sectores del municipio del Cairo, tres de los cuales se localizan en cercanías de la Cárcava Tejares.

En las fotos que se muestran a continuación se puede observar una de las pruebas con los anillos infiltrómetros y el análisis del perfil de suelo.



Foto 7.22 Prueba de infiltración, Barrio Belisario.



Foto 7.23 Análisis perfil del suelo; Sector Matadero Viejo




En la Tabla 7.6 se relacionan los valores que permiten clasificar la velocidad de infiltración, según el IGAC

Tabla 7.6 Clasificación de la velocidad de infiltración (IGAC, 1990)

Velocidad de infiltración (cm/hora)	Interpretación
<0.1	Muy lenta
0.1 – 0.5	Lenta
0.5 – 2.0	Moderadamente lenta
2.0 – 6.3	Moderada
6.3 – 12.7	Moderadamente rápida
12.7 – 25.4	Rápida
>25.4	Muy rápida

Para facilitar la interpretación de la variación espacial de la infiltración de los suelos de la zona de estudio, se asigna los siguientes rangos: Infiltración Lenta menores a 1,0 cm/hora, Infiltración Media entre 1.0 y 10.0 cm/hora e Infiltración Rápida mayores a 10.0 cm/hora. La Figura 7.6 presenta la localización de los puntos de las pruebas de infiltración; a cada punto se le ha dado un color que facilita la interpretación de la velocidad de infiltración. En la Tabla 7.7 se presenta la nueva clasificación.

Tabla 7. 7 Rango y calificación general de la velocidad de infiltración.

Velocidad de infiltración (cm/hora)	Interpretación	Color
< 1	lenta	
1.0 – 10	Moderada	
> 10	Rápida	

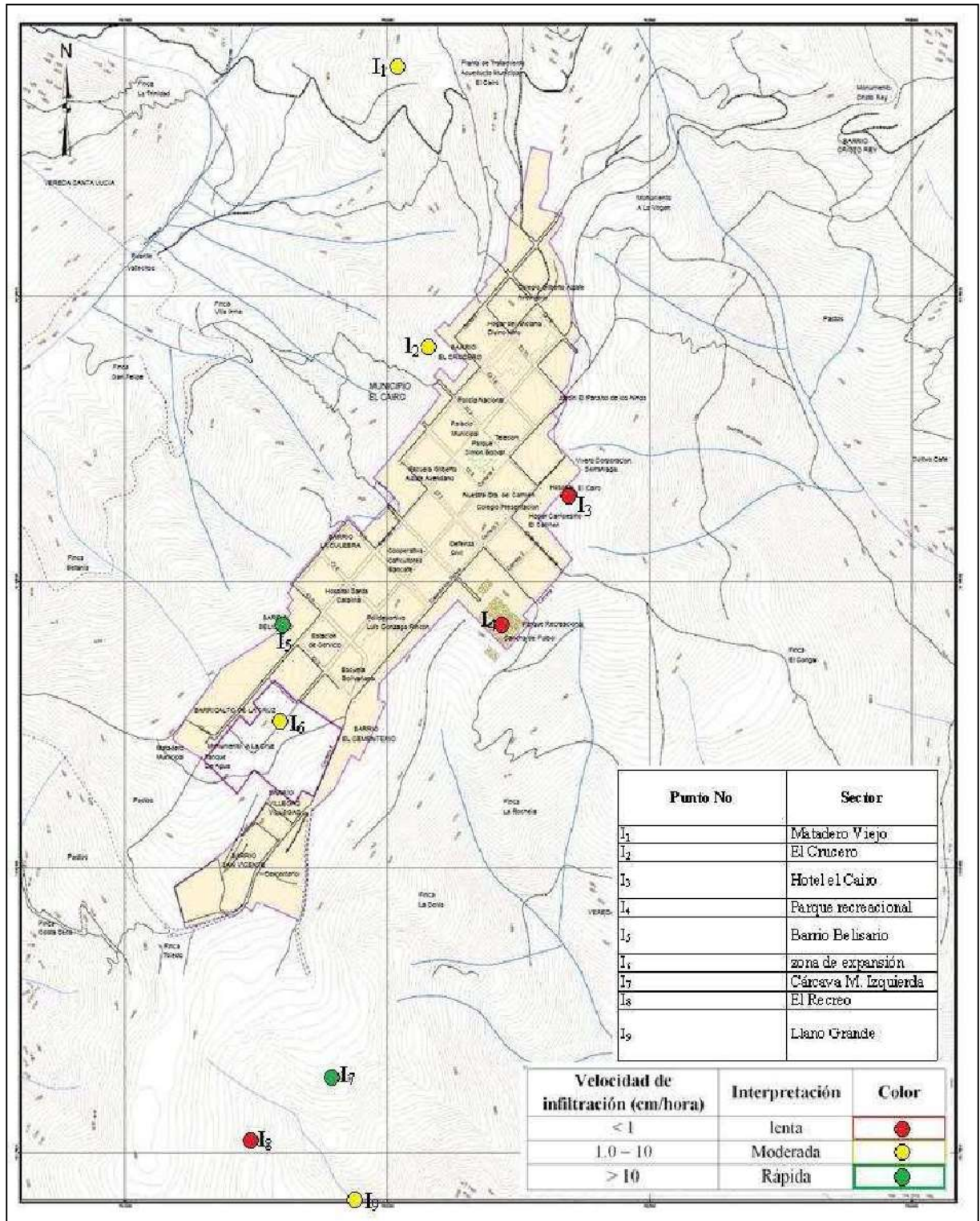


Figura 7.6 Ubicación de los puntos para las pruebas de infiltración.

En cada uno de los puntos en donde se evaluó la infiltración se hizo doble prueba de manera simultánea. Además se hizo un barrenado con el fin de describir en forma general el suelo hasta una profundidad de 2m. Los resultados para una de las pruebas se presentan a continuación:

7.3.8. Sector Matadero Viejo

Fecha	28/04/2009
Lugar	Matadero Viejo
Prueba	2
Humedad del Suelo	35%
Cobertura	Pasto
Latitud	4°45'46.9"
Longitud	76°13'38.6"
Altura	1830 m.s.n.m.

Una vez obtenidos los datos, se organizaron y procesaron en Excel para obtener las respectivas ecuaciones y gráficas. Se aplicó el modelo matemático de Kostiakov, cuyos parámetros se determinaron por medio de regresiones de tipo potencial con las cuales fue posible elaborar las curvas de velocidad de infiltración y lámina acumulada en función del tiempo (Figuras 7.7 y 7.8, respectivamente).

$$L = 8,623 T^{0,561}$$

Donde:

L: Lámina de infiltración acumulada en mm.

T: Tiempo en minutos.

La siguiente ecuación representa la velocidad de infiltración en función del tiempo, la cual se obtuvo en la prueba de infiltración realizada en el sector del Matadero.

$$I = 290,37 T^{-0,44}$$

Donde:

I: Velocidad de infiltración en mm/hora

T: Tiempo en minutos.

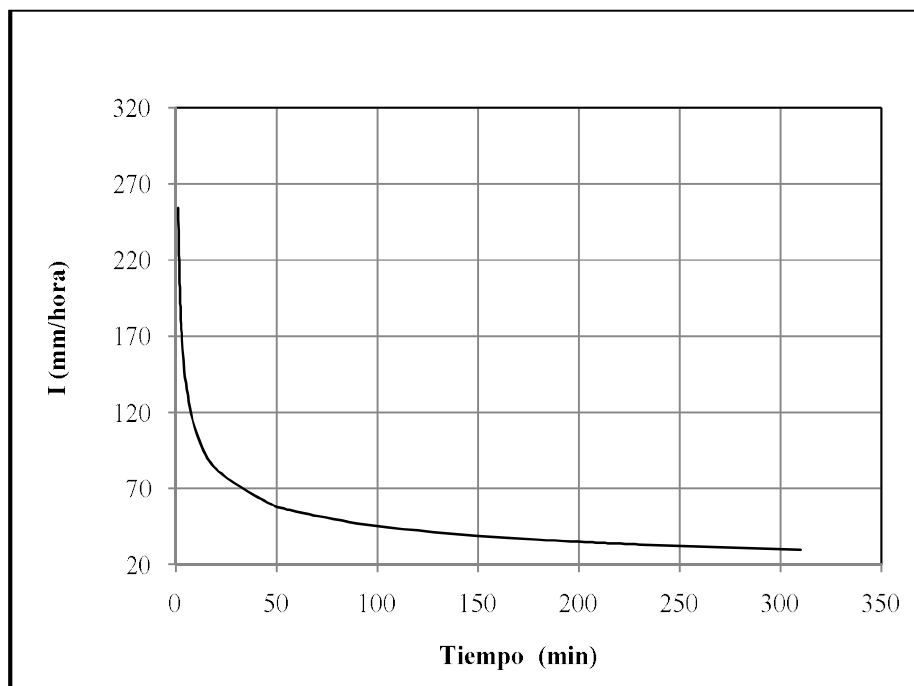


Figura 7.7 Curva de velocidad de infiltración Matadero Viejo; Prueba 2.

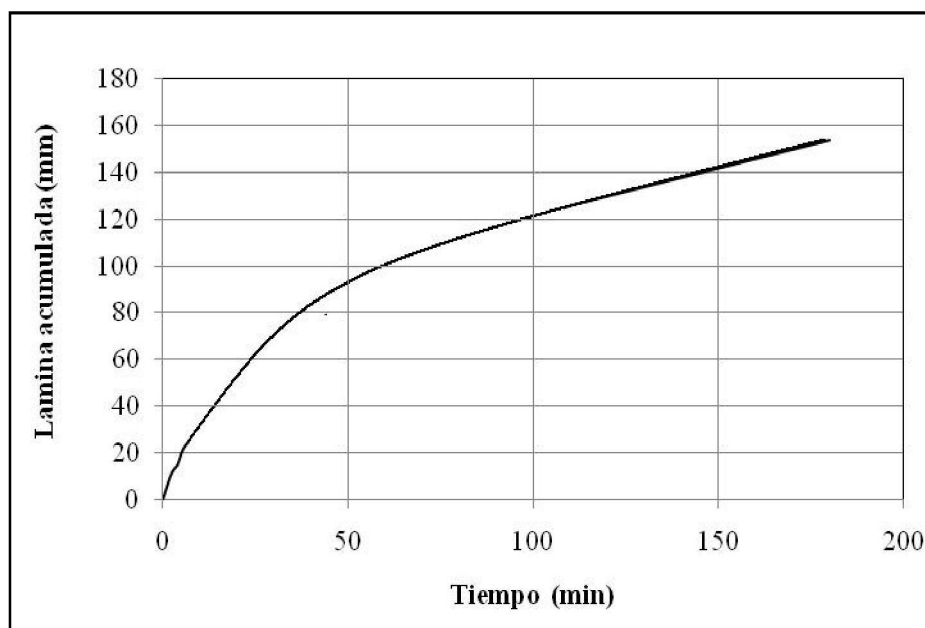





Figura 7.8 Infiltración acumulada Matadero Viejo; Prueba 2.

De acuerdo a los resultados de la ecuación y la grafica de velocidad de infiltración de 254,32 mm/h corresponde a una infiltración muy rápida.

A continuación se puede observar en la Tabla 7.8 el análisis del perfil del suelo, para el sector Matadero Viejo a menos de 500 metros al noroeste del casco urbano.

Tabla 7.8. Perfil del suelo sector Matadero Viejo – Municipio de El Cairo

	<p>0-46 cm Horizonte A Arcillo-Limoso Color: Gris muy Oscuro</p>
	<p>46-120 cm Horizonte B Franco Arcilloso Color: Pardo amarillento oscuro</p>
	<p>120-200 cm Horizonte C Franco Arcilloso Color: Pardo amarillento claro</p>

En las siguientes tablas (Tabla 7.9 y Tabla 7.10) se muestra un resumen de infiltración y la clasificación de la velocidad de infiltración:

Tabla 7.9 Infiltración Municipio de El Cairo

Punto No	Sector	Ecuación Lamina Infiltrada (L en mm, T en min)	Ecuación Velocidad de Infiltración (I en mm/h, T en min)
I ₁	Matadero Viejo	$L = 8.62 T^{0.561}$	$I = 290.37 T^{-0.44}$
I ₂	El Crucero	$L = 3.27 T^{0.599}$	$I = 117.59 T^{-0.40}$
I ₃	Hotel el Cairo	$L = 0.21 T^{0.984}$	$I = 12.44 T^{-0.02}$
		$L = 8.62 T^{0.561}$	$I = 15.75 T^{-0.39}$
I ₄	Parque recreacional	$L = 0.36 T^{0.77}$	$I = 16.60 T^{-0.23}$
I ₅	Barrio Belisario	$L = 2.45 T^{0.926}$	$I = 138.50 T^{-0.07}$
		$L = 20.09 T^{0.73}$	$I = 884.26 T^{-0.27}$
I ₆	zona de expansión	$L = 6.15 T^{0.53}$	$I = 193.92 T^{-0.47}$
I ₇	Cárcava M. Izquierda	$L = 8.274 T^{0.82}$	$I = 407.28 T^{-0.18}$
I ₈	El Recreo	$L = 1.056 T^{0.672}$	$I = 42.60 T^{-0.33}$
I ₉	Llano Grande	$L = 10.04 T^{0.678}$	$I = 408.23 T^{-0.32}$
		$L = 3.199 T^{0.4796}$	$I = 92.076 T^{-0.52}$

Tabla 7.10 Calificación del terreno según los datos obtenidos de infiltración.

Sector	Norte	Este	Velocidad de infiltración básica (cm/hora)	Calificación
Matadero Viejo	1094885	1019095	2,3	Moderada
El Crucero	1094947	1018604	1,2	Moderada
Hotel el Cairo	1095222	1018352	0,7	lenta
Parque recreacional	1095087	1018124	0,5	Lenta
Barrio Belisario	1094673	1018121	14,0	Rápida
Zona de expansión	1094673	1017952	1,3	Moderada
Cárcava M. Izquierda	1094773	1017329	14,6	Rápida
El Recreo	1094619	1017221	0,7	lenta
Llano Grande	1095042	1016638	3,3	Moderada

7.4. ANÁLISIS DE LA PRECIPITACIÓN

A continuación se resume la metodología empleada para el análisis temporal y espacial de información meteorológica empleada.

7.4.1. Análisis espacial de la precipitación

A continuación se presenta el análisis espacial de la precipitación en el municipio de El Cairo incluyendo la zona urbana y de expansión, para lo cual se utilizaron 11 estaciones con registros de precipitación de la red de monitoreo de algunas instituciones como el IDEAM, CVC y CENICAFE. Las estaciones fueron seleccionadas teniendo en cuenta la cercanía con la zona de estudio y la calidad de la información, En la Tabla 7.1 se presenta una descripción general de las estaciones utilizadas para el estudio.

La distribución espacial de la precipitación en el municipio de El Cairo presenta un rango de variación que se encuentra entre los 1.500 mm a valores superiores a los 2.900 mm en promedio al año. En gran parte de la región predominan las lluvias entre 1.650 y 1.950 mm en dirección Sur-Noroccidente.

Se puede distinguir un amplio núcleo de precipitación con valores entre 1.800 y 1.650 mm anuales, hacia la parte norte, de la zona urbana del municipio de El Cairo. En las Figuras 7.9 y 7.10 se puede observar la distribución espacial anual y mensual de la precipitación para el municipio de El Cairo.

La distribución espacial de la precipitación en la zona urbana y de expansión de la cabecera municipal presenta un rango de variación que va desde los 90 mm a valores superiores a los 200 mm en promedio al mes. En gran parte de la región predominan las lluvias entre 90 y 160 mm, las precipitaciones aumentan en dirección Sur-Noroccidente.

En la Figura 7.11 y 7.12 se puede observar la distribución espacial anual y mensual de la precipitación analizada dentro del periodo de referencia 1982 – 2007, para el municipio de El Cairo y la zona urbana del mismo a escala 1:2000.

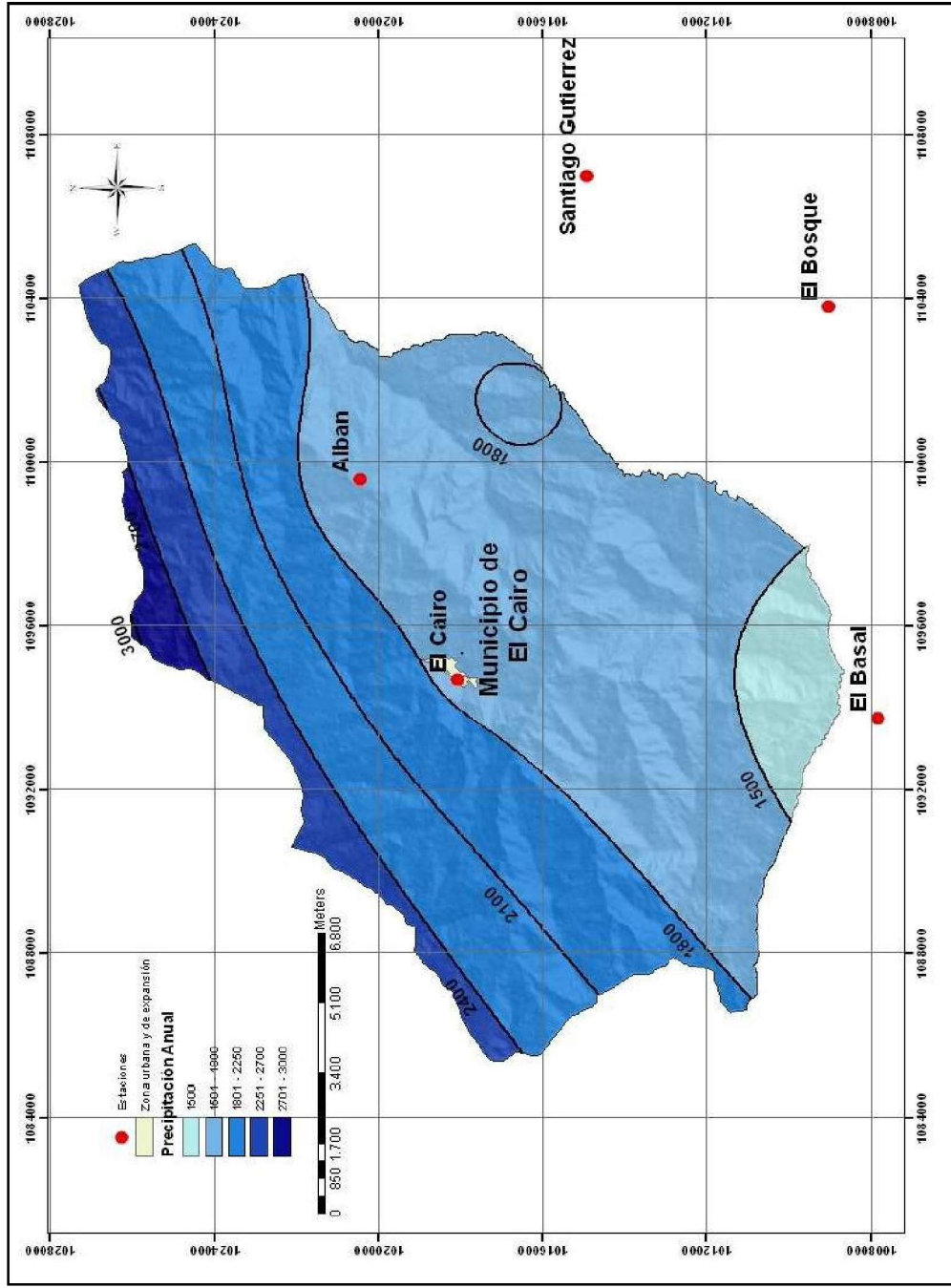


Figura 7.9 Distribución anual multimensual de la precipitación en el municipio de El Cairo.

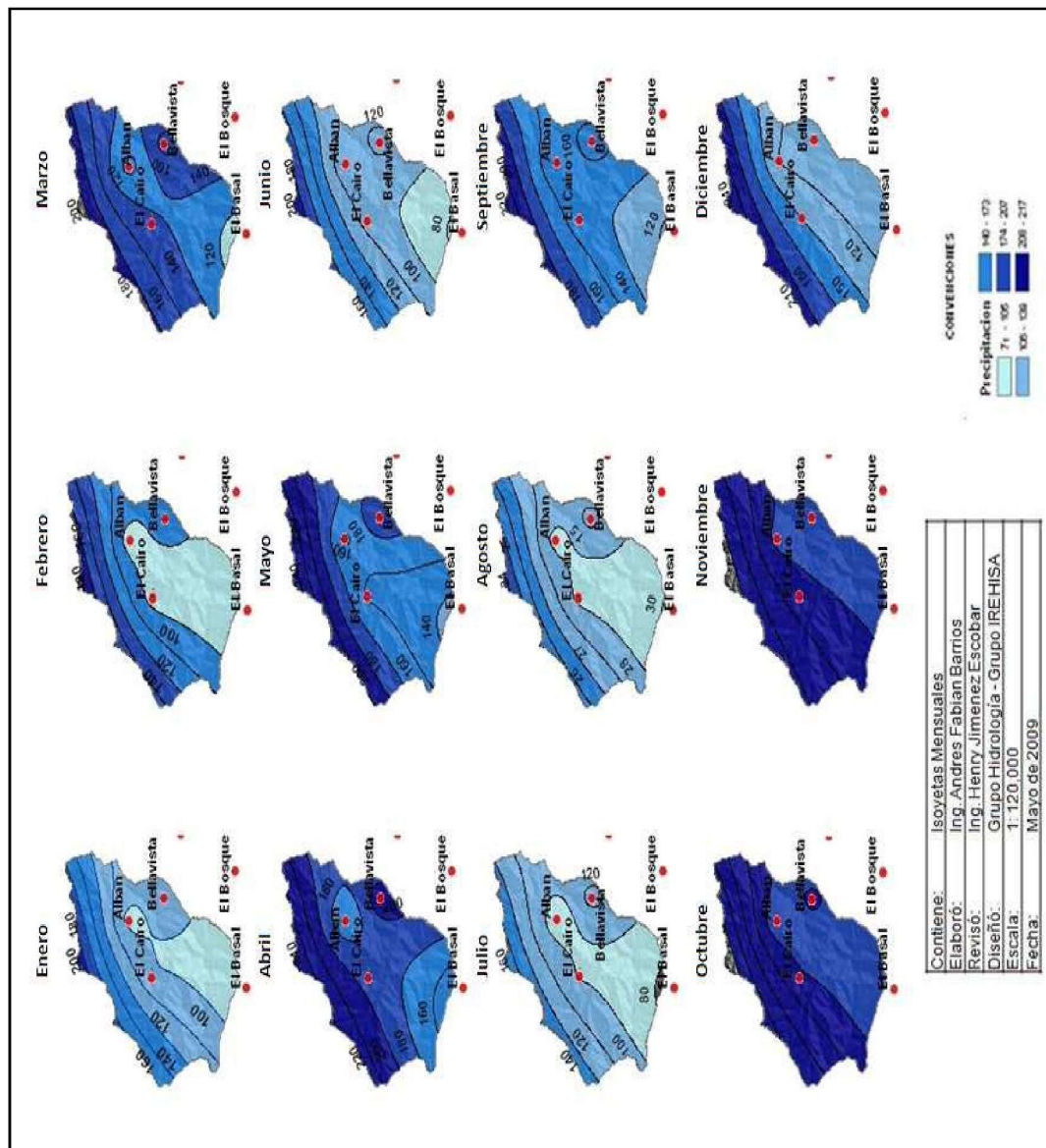


Figura 7.10 Distribución mensual de la precipitación en el municipio de El Cairo.
(Pm: precipitación media)

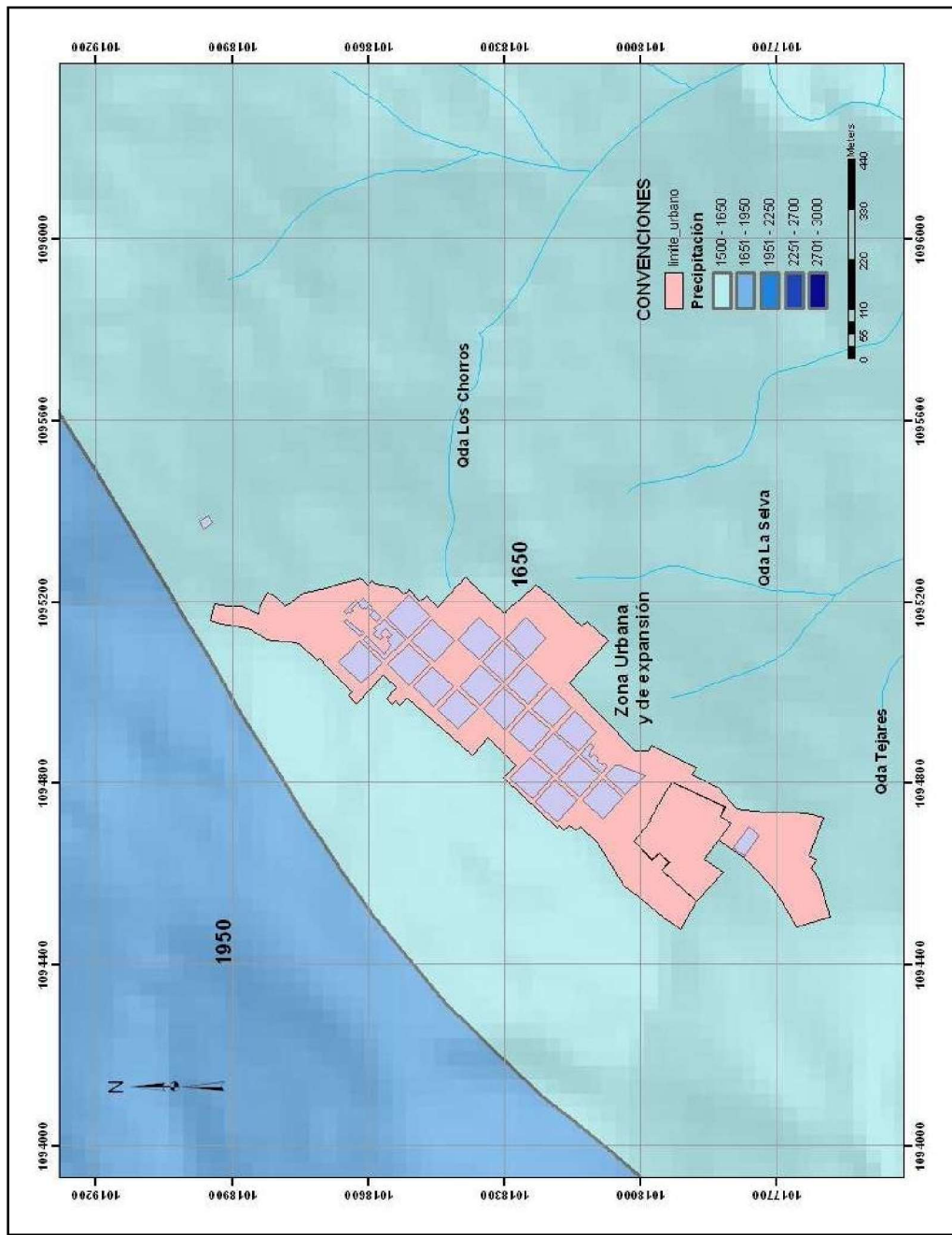


Figura 7.11 Distribución anual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de El Cairo.

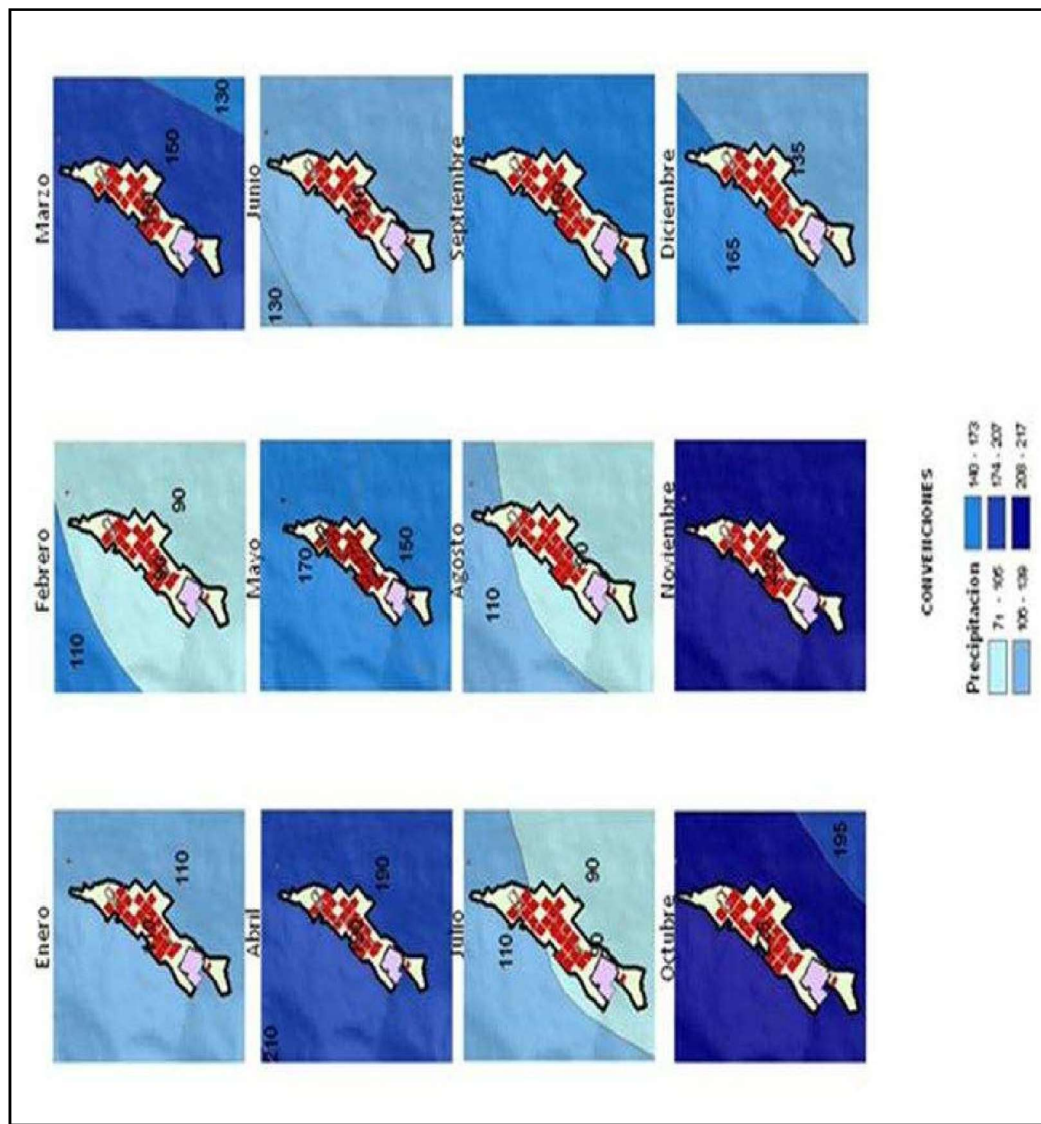


Figura 7.12 Distribución mensual de la precipitación en la zona urbana y de expansión el municipio de El Cetro.

7.4.2. Análisis temporal de la precipitación

Para el caso de este proyecto el análisis temporal de la precipitación comprende la evaluación del régimen de humedad, el análisis de las precipitaciones máximas y la evaluación de las curvas de intensidad-frecuencia-duración, como se presenta a continuación:

7.4.2.1. Régimen de humedad

Para el municipio de El Cairo el régimen de humedad fue obtenido con la precipitación media mensual las 11 estaciones analizadas y para la zona urbana se realizó con la estación El Cairo, ya que es la estación más cercana a la zona de estudio que tiene registros de precipitación. De acuerdo con la Figura 7.13, se puede visualizar comportamiento bimodal de las precipitaciones con dos periodos secos y dos periodos húmedos, los cuales son diciembre, enero y febrero y un segundo periodo seco entre junio, julio y agosto, siendo este último mes uno de los más secos junto con febrero, donde las precipitaciones son menores a 95 mm. Los meses más húmedos también se dividen en dos periodos, uno en los meses de marzo, abril y mayo y el segundo periodo en los meses de septiembre, octubre y noviembre. En esta zona las precipitaciones más altas se presentan en el mes de noviembre (222 mm).

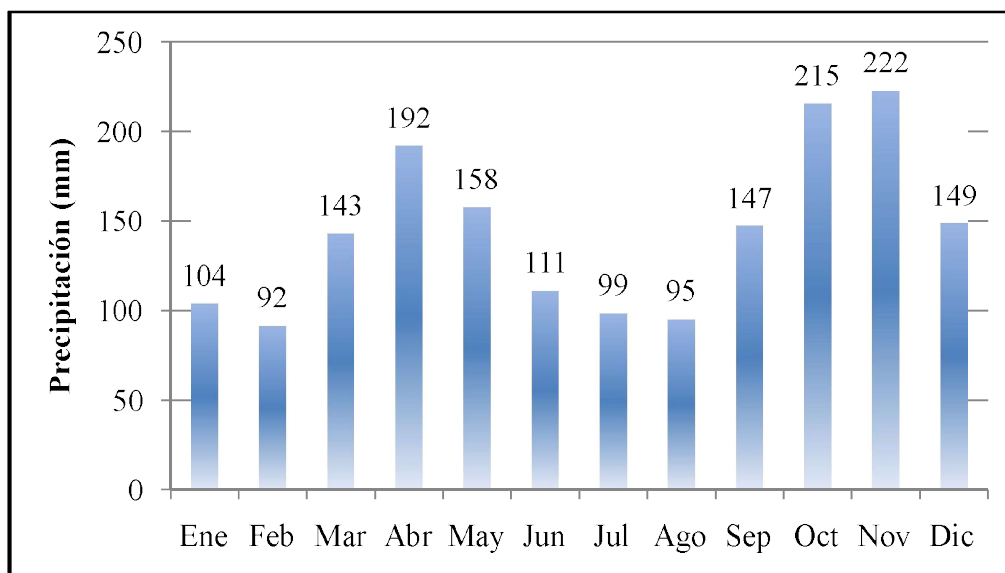


Figura 7.13 Distribución temporal de las precipitaciones en la estación El Cairo – Municipio El Cairo (1982 – 2007).

7.4.2.2. Curvas de variación estacional

Para la construcción de las curvas de variación estacional se tuvo en cuenta los datos de la estación pluviométrica El Cairo, a partir de los cuales se obtuvo los siguientes resultados:

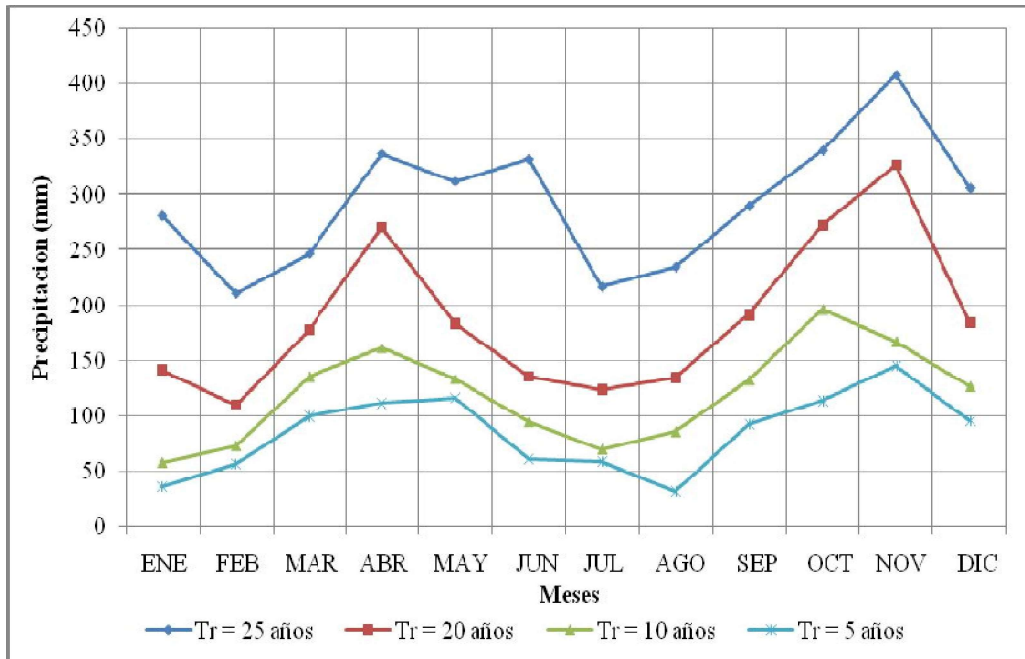


Figura 7.14 Curvas de variación estacional estación El Cairo. Periodo: 1982 – 2007.

De acuerdo a la figura anterior, se observa que el 90% de las precipitaciones de la zona oscilan entre 20mm y 120 mm al mes, presentando un comportamiento promedio de 60 mm. Por el contrario se presentan lluvias extremas (10%) superiores a 350 mm con precipitaciones máximas en los meses de abril, octubre y noviembre, con lo cual se concluye que es en estos meses es muy probable que se generen deslizamientos en la zona debido a las altas precipitaciones que se presentan en ellos.

7.4.2.3. Precipitaciones máximas

Para la determinación de las máximas precipitaciones, se parte de la hipótesis de que las precipitaciones son variables aleatorias e indefinidas, sujetas a una distribución estocástica determinada.

Las variables que definen una determinada precipitación son:

- Tiempo de duración del aguacero
- Período de retorno correspondiente a la lluvia.

En función de los datos de las estaciones suministradas, el procedimiento más indicado consiste en el estudio de las precipitaciones máximas diarias, ambos datos que se obtienen de las estaciones pluviométricas, pluviográficas, climatológicas y general cualquier estación donde se monitoree la precipitación.

A partir de los datos de las estaciones seleccionadas en la zona de proyecto, se calculan las precipitaciones máximas en 24 horas para los periodos de retorno de 2, 3, 5, 10, 25, 50 y 100 (según términos de referencia) años. Se aplican distintas distribuciones para identificar cual es la distribución que mejor se ajusta a la información de precipitación. Las distribuciones de probabilidad aplicadas son: Normal, Log normal, Pearson tipo III y Gumbel.

Dentro de los estudios estadísticos en hidrología se han identificado varias distribuciones de probabilidad. Algunas series de datos se ajustan mejor a determinado tipo de distribución. Para determinar la distribución que mejor ajustaba en este caso, se utilizó el método gráfico que consiste en graficar los puntos obtenidos en la serie con los puntos de la distribución. Escogiendo la distribución que se ajustaba mejor a los puntos reales. Las Estaciones con datos de precipitación utilizadas para el cálculo de las precipitaciones máximas fueron Albán, Santiago Gutiérrez, Bellavista y El Cairo debido a la cercanía que tienen estas estaciones con la cabecera del municipio de El Cairo. Basado en las metodologías de las distribuciones de probabilidad utilizadas y a partir de las series de datos de cada estación, se calcularon los valores de Precipitaciones Máximas en 24, 48 y 72 horas asociadas a diferentes periodos de retorno que se ilustran en la siguiente tabla:

Tabla 7.11 Resultados del análisis de precipitaciones máximas estación El Cairo. Periodo: 1982 – 2007.

Tr (años)	10	30	100
P24	82,32	99,37	117,64
P48	109,77	133,23	158,38
P72	131,65	159,11	188,56

A pesar que algunas distribuciones de probabilidad presentó mejores desviaciones estándar respecto a los datos originales, El análisis gráfico realizado a los parámetros de distribución para valores de precipitación con tiempos de retorno mayores de 2 a 100 años dio como resultado que el parámetro de mejor ajuste fue el de la distribución de Gumbel a pesar que con el método de Pearson tipo III también se obtuvo muy buenos resultados, los datos de predicción por el método de Gumbel para diferentes tiempos de retorno se aproximan más a los datos reales. A continuación se presentan los isoyetas para cada uno de periodos de retorno utilizando las cuatro estaciones con las cuales se calculó las precipitaciones máximas. Ver Figuras 7.15 – 7.17 y Ver Anexo 7.1.

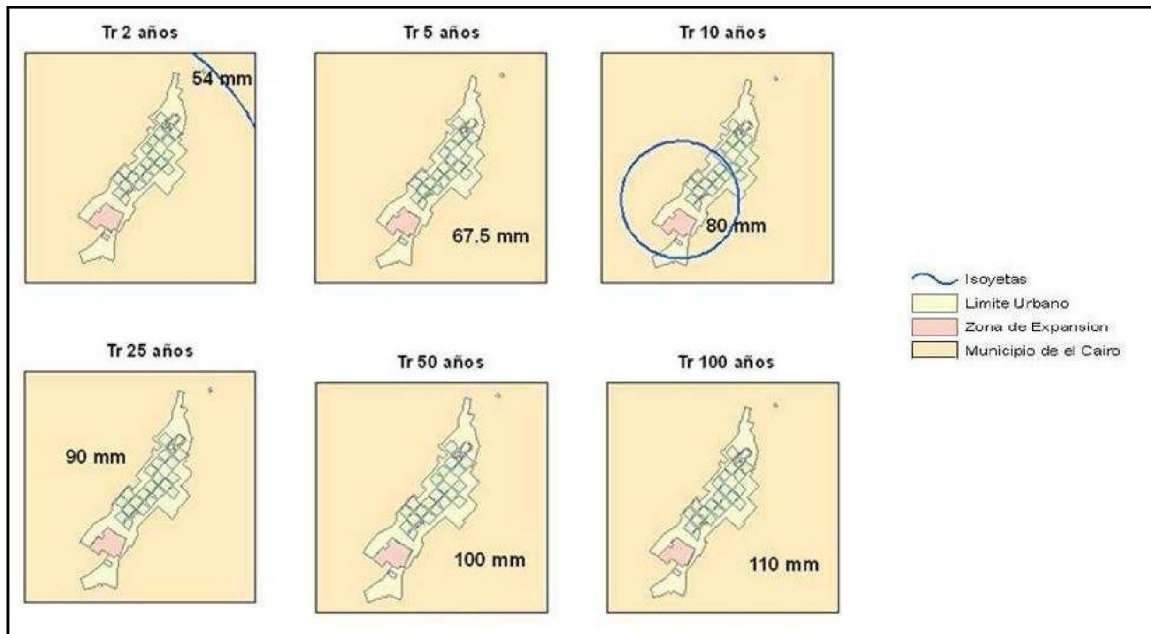


Figura 7.15 Isoyetas mensuales multianuales de precipitaciones máximas – P24.

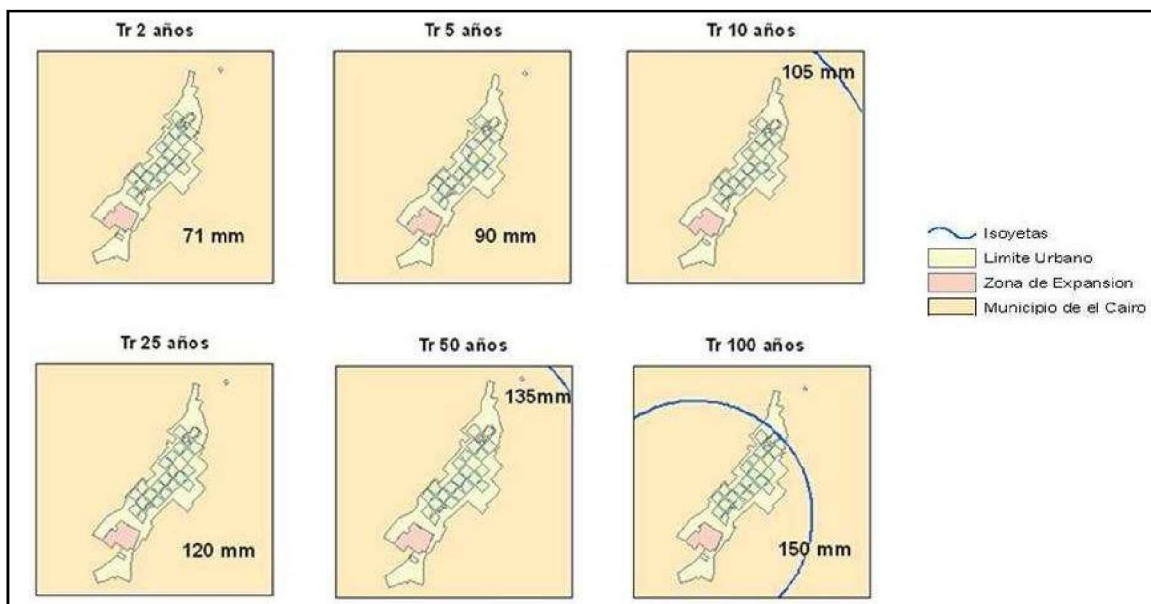


Figura 7.16 Isoyetas mensuales multianuales de precipitaciones máximas – P48.

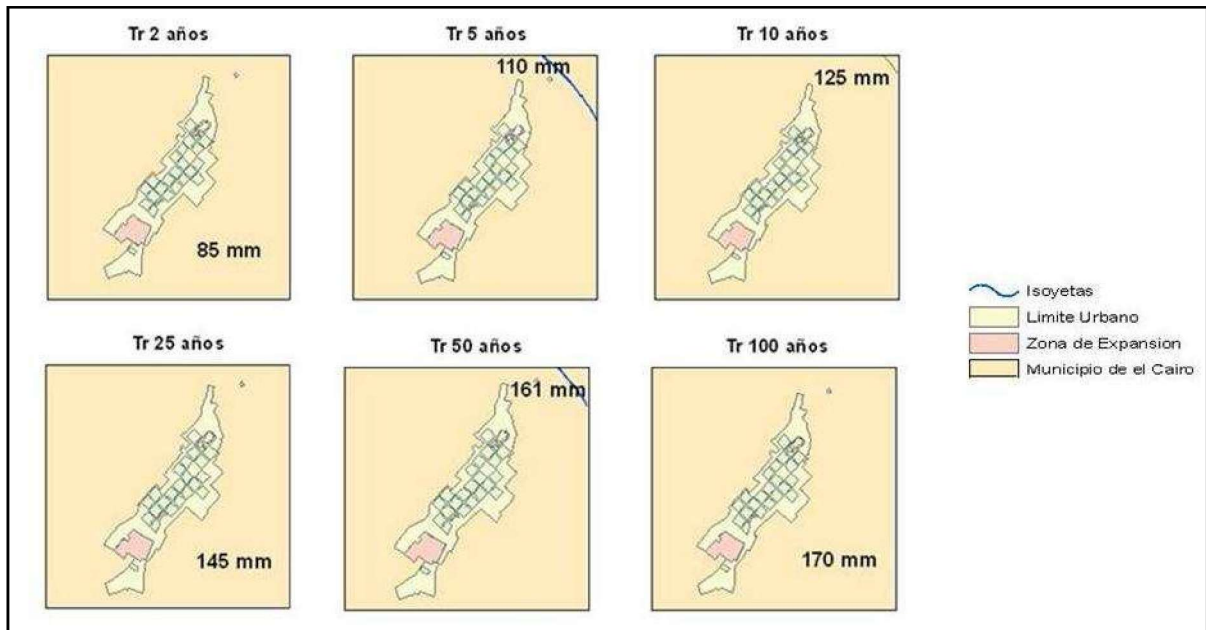


Figura 7.17 Isoyetas de precipitaciones máximas – P72.

En la siguiente tabla se presentan eventos históricos de deslizamientos registrados en la base de datos DesInventar que ocurrieron en la zona urbana del municipio de El Cairo y la respectiva precipitación acumulada correspondiente a cada uno de los eventos con el fin de observar el comportamiento de la precipitación días antes y durante el deslizamiento.

Tabla 7. 12 Deslizamientos ocurridos en el municipio de El Cairo y su respectiva precipitación antecedente.

Fecha Evento	Causa	Precipitación Acumulada (mm)								
		24 Horas	48 Horas	72 Horas	96 Horas	120 Horas	144 Horas	168 Horas	15 Días	30 Días
03/04/1986	Desconocida	0	0	0	0	20	0	0	43	117
06/04/1986	Lluvias	26	0	0	0	0	0	0	61	107
01/05/1993	Desconocida	4	0	10	0	24	0	13	77	176

En la Tabla 7.12 se aprecia claramente que los deslizamientos presentan una alta variabilidad y no se le puede atribuir siempre de forma total a la acción de un evento aislado (una sola precipitación), sino también a la acumulación de varios de precipitación, además de la lluvia otros factores que influyen en el fenómeno de deslizamiento son la estabilidad de los suelos y actividades antrópicas (agricultura, ganadería), en la zona de estudio este tipo de fenómenos se presentan principalmente en las zonas de alta pendiente.

El evento ocurrido el día 6 de abril del año 1986 donde se observan registros pluviométricos de 26 mm para el día en que ocurrió el deslizamiento y los días anteriores no se presentó lluvia alguna. Por el contrario en el evento ocurrido el 1 de mayo de 1993 se observa claramente que el día del evento se presentó una precipitación muy baja, registrando solo 4mm pero los días anteriores se presentaron lluvias frecuentes lo que ocasionó que el suelo se fuese saturando y ganando más peso con cada una de las lluvias que se presentaron antes del deslizamiento y la pequeña lluvia que cayó el 1 de mayo fue el evento detonante que ocasionó el deslizamiento. Además, los deslizamientos se pueden producir por otros factores distintos a la precipitación como en el evento del 3 de abril de 1986 donde prácticamente no se presentó lluvias los días anteriores al deslizamiento y el cual pudo haber sido ocasionado por situaciones antrópicas, fallas geológicas, e inestabilidad de los suelo.

La mayor parte de los deslizamientos que se originan en laderas de zonas montañosas ocurren después de lluvias intensas, lo que hace necesario para cualquier estudio de amenazas conocer la cantidad de lluvia necesaria para detonarlos, a la que se suele llamar lluvia crítica. Una manera de establecer esta relación sería determinando lluvias críticas, su duración y periodo de retorno a partir de información diaria y mensual precedente a los eventos, obtenidos de estaciones cercanas a los mismos.

Durante el procesamiento de la información se elaboran histogramas de precipitación anual, mensual y diaria, con los cuales se observa la variación de la precipitación en el tiempo. La elaboración de las graficas de lluvias máximas acumuladas y sus promedios para diferentes duraciones, junto con la precipitación diaria acumulada que antecede al evento, permiten observar la magnitud de la precipitación que pudo producir el movimiento.

Mediante un análisis de probabilidad de las lluvias máximas acumuladas con el uso de las curvas de distribución, se determina estadísticamente el periodo de retorno de la lluvia para diferentes duraciones. A continuación se presenta la curva de precipitación y frecuencia para la estación El Cairo.

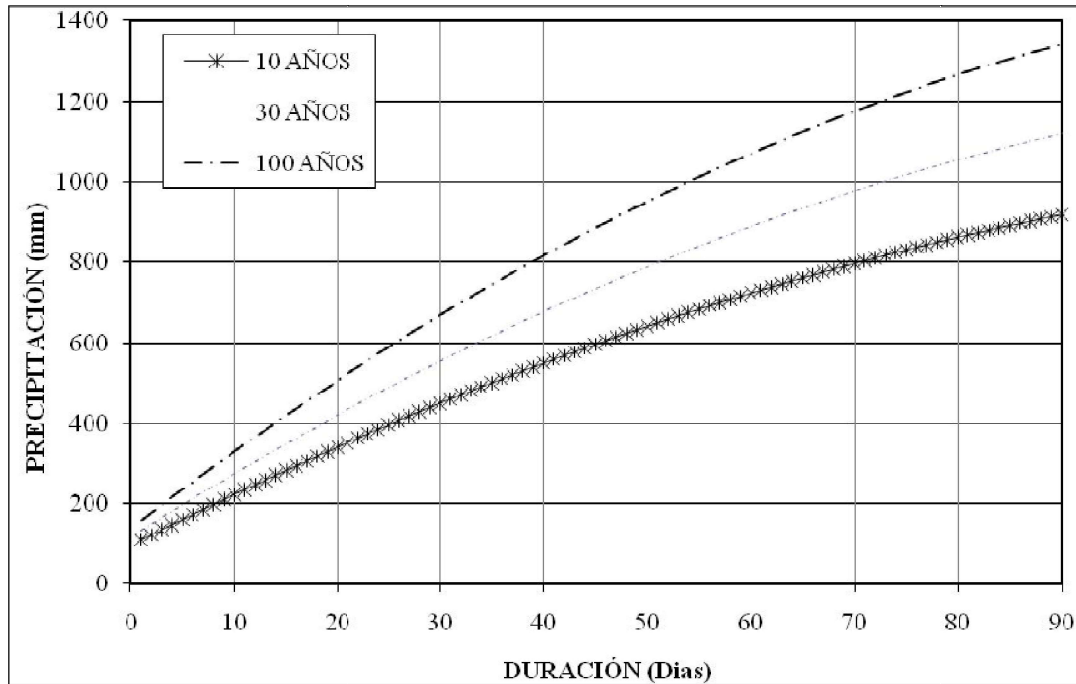


Figura 7.18 Curva de precipitación y frecuencia – Estación El Cairo.

7.4.3. Análisis de intensidad-frecuencia-duración

Recolección de la Información Requerida:

Las curvas de *intensidad-frecuencia-duración* para el municipio de El Cairo se utilizó las bandas pluviográfica de la estación Santiago Gutiérrez la cual pertenece a la red de monitoreo de CENICAFE, esta estación se encuentra localizada en el municipio de Argelia, la selección de la estación pluviográfica Santiago Gutiérrez se hizo principalmente por su cercanía al municipio de El Cairo, para generar finalmente los registros de lluvia cada 10 minutos. Es de reconocer el apoyo de CENICAFE con el suministro de la información.

Determinación de intensidades máximas: Con los registros de las lluvias máximas cada 10 minutos, se generó las alturas máximas de precipitación para tiempos de 10, 20, 30, ..., 150 minutos. Luego, se toman los valores de cada una de las series y se dividen por su duración D en (minutos), obteniéndose así las intensidades en mm/ min. Cabe mencionar que para cada uno de los periodos de las intensidades máximas analizadas se debe determinar la media y la desviación estándar.

Ajuste de los datos a la función de distribución de probabilidad de Gumbel. Una vez se obtienen los valores de intensidad máxima de precipitación, estos se deben ajustar en función de distribución de probabilidad de Gumbel.

Determinación de las pruebas de bondad de ajuste: Una vez ajustada la función de Gumbel, se determina las pruebas de bondad de ajuste, utilizándose como medidas de bondad al test de Kolmogorov-Smirnov y el Coeficiente de Determinación R^2 .

Cálculo de las curvas IFD para la estación Santiago Gutiérrez

En la Figura 7.19 se muestra las curvas IFD generadas a partir de las bandas pluviográficas máximas de la estación Santiago Gutiérrez., Argelia.

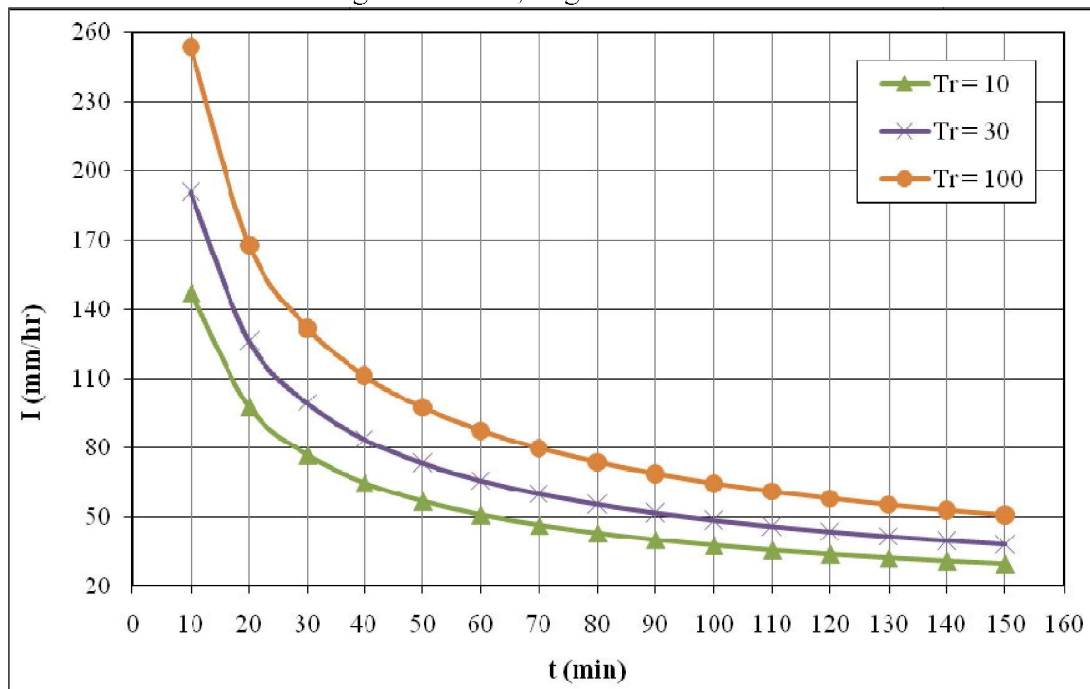


Figura 7.

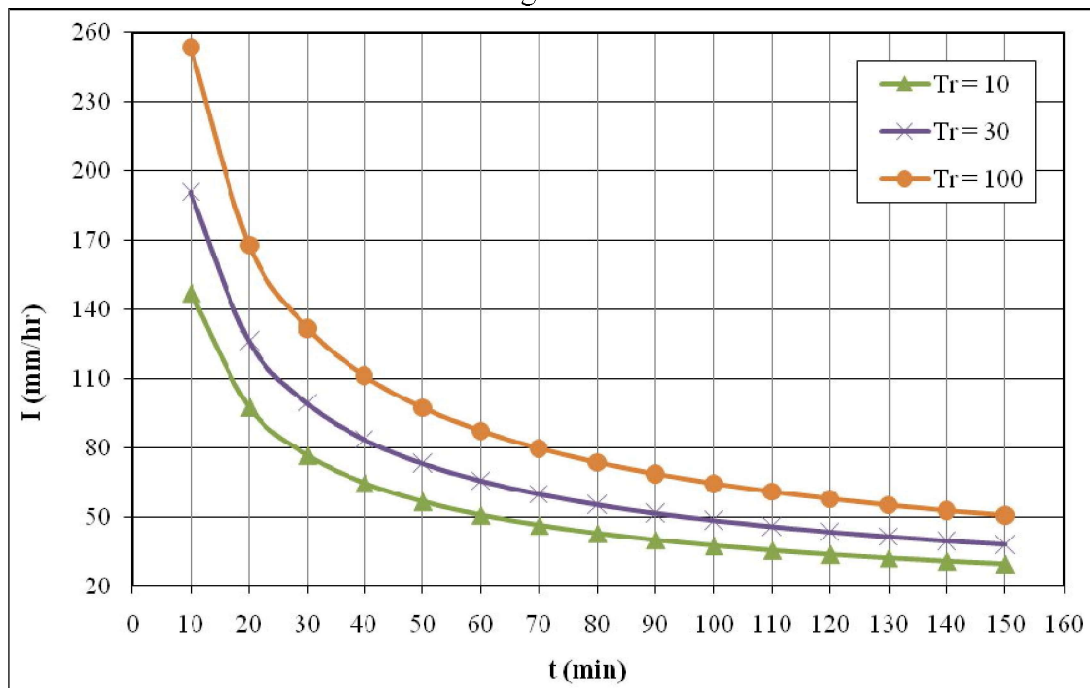


Figura 7. 19 Curva IFD con periodos de retorno de 10, 30 y 100 años; Estación Santiago Gutiérrez, Argelia.

7.5. ANÁLISIS DE ESCURRIMIENTO

De la Figura 7.1 de la red hídrica del municipio de El Cairo, mencionada anteriormente, cabe mencionar que ninguna de las quebradas o ríos principales pasa por el perímetro urbano o área de expansión, sin embargo las quebradas Tejares, La Selva y Los Chorros son las más cercanas.

7.5.1. Reconocimiento zona de la cárcava Tejares, del Río las Vueltas y la Qda Tejares

En el recorrido de campo el día 27 de abril de 2009; se llevó a cabo una inspección visual de la zona baja de la quebrada Tejares y de la zona del río Las Vueltas, en el sector del río las vueltas comprendido entre la desembocadura de la Quebrada La Selva y 200m aguas debajo de la desembocadura de la Quebrada Tejares; como se presenta en la Figura 7.20, se practicó algunos aforos por el método del molinete registrando los siguientes caudales en las mismas como se muestra en la Tabla 7.13.

Tabla 7.13 Resultados de los aforos realizados en la salida técnica al municipio de El Cairo

RIO Y/O QUEBRADA	SITIO DE AFORO	CAUDAL (m ³ /s)
Quebrada Tejares	100 m antes de la desembocadura al río Las Vueltas (Punto 1)	0,03
Río Las Vueltas	100 m antes de la desembocadura del río Tejares	4,5

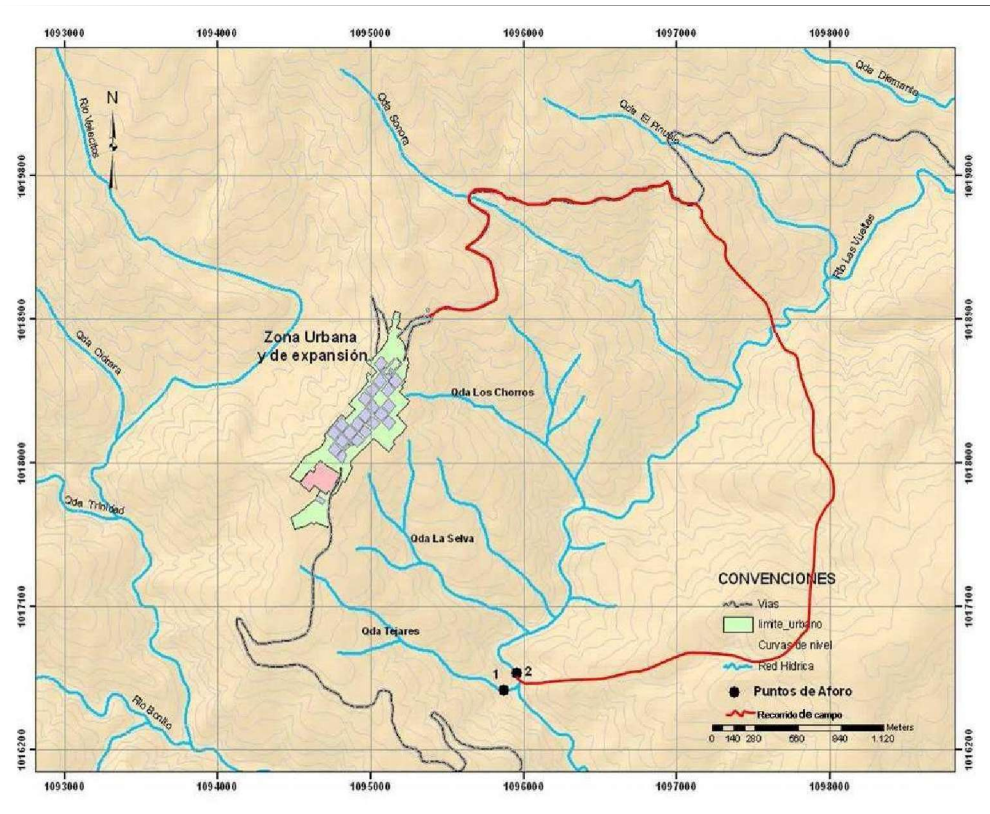


Figura 7.20 Ubicación de los puntos de Aforo

Se puede observar la presencia de una gran cantidad de material rocoso, el cual se depositó en el lecho del río Las Vueltas, el cual fue originado por deslizamientos ocurridos en la cárcava Tejares.

En 1983 se reportó la formación de un represamiento o taponamiento que sufrió el río Las Vueltas debido a la acumulación de material proveniente de la cárcava Tejares; este fenómeno se conoce entre la comunidad como “represa” (Foto 25).



Foto 7. 24 Imagen de la “represa” en el río Las Vueltas (tomada por Serraniagua 1983)

7.5.2. Caudales máximos zona urbana y de expansión municipio de El Cairo

El presente estudio tiene como objetivo determinar los caudales máximos de crecidas utilizando el método de la fórmula racional en la zona urbana y de expansión del municipio de El Cairo. Para la determinación de los caudales máximos se definió 7 sectores los cuales se obtuvieron partiendo de la delimitación de las microcuencas que se han identificado dentro del límite urbano y de expansión del municipio. En la Figura 7.21 se muestran las zonas de interés para el presente estudio.

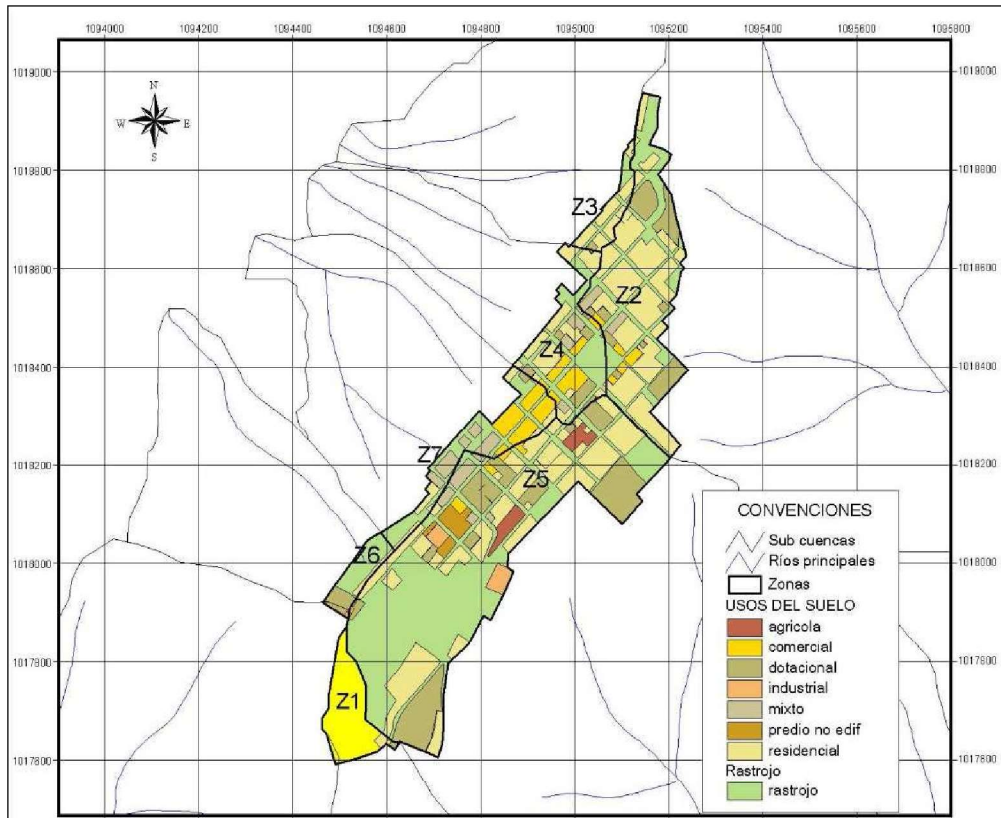


Figura 7. 21 Ubicación de los sectores para el cálculo de los caudales máximos.

Los caudales máximos se determinarán a nivel de caudales máximos instantáneos para los siguientes períodos de retorno: 10; 30 y 100 años.

Para la aplicación del Método Racional, es necesario tener en cuenta las respectivas restricciones y una de ellas es que se recomienda su aplicación para áreas inferiores a 80 hectáreas, ya que para áreas mayores su aplicación directa produce desviaciones significativas, dando lugar a valores de caudales muy altos.

Para determinar el coeficiente de escorrentía superficial C , para cada una de las unidades de drenaje se toma en cuenta las características, usos del suelo, pendiente del terreno y el período de retorno del evento de lluvia.

En la Tabla 7.14 se presentan los valores de coeficiente de escurrimiento superficial C para los 7 sectores en que fue dividida el área de estudio.

Tabla 7. 14 Valores de coeficiente de escurrimiento superficial C para cada uno de las zonas.

Zona	Uso del suelo	Área (m ²)	Pendiente en %	Textura	C	C Ponderado
Z1	Residencial	699	25	-	0.50	0.32
	Vías pavimentadas	381		-	0.80	
	Rastrojo	17985		Arcilloso	0.30	
Z2	Residencial	56211	17	-	0.50	0.51
	Vías pavimentadas	12091		-	0.80	
	Rastrojo	12306		Arcilloso	0.30	
Z3	Residencial	6106	3	-	0.50	0.51
	Vías pavimentadas	1363		-	0.80	
	Rastrojo	1617		Arcilloso	0.30	
Z4	Residencial	20533	7	-	0.50	0.49
	Vías pavimentadas	5222		-	0.80	
	Rastrojo	9060		Arcilloso	0.30	
Z5	Agrícola	4470	34	Arcilloso	0.55	0.48
	residencial	86556		-	0.50	
	Vías pavimentadas	26786		-	0.80	
	Rastrojo	60765		Arcilloso	0.30	
Z6	Residencial	3311	10		0.50	0.62
	Vías pavimentadas	4640			0.80	
	Rastrojo	1329		Arcilloso	0.30	
Z7	Residencial	16237	21		0.50	0.47
	Vías pavimentadas	2811		Arcilloso	0.80	
	Rastrojo	9058		Arcilloso	0.30	

La intensidad máxima de precipitación se calculó utilizando las curvas de intensidad, frecuencia y duración de la estación Santiago Gutiérrez ubicado en el municipio de Argelia, donde la ecuación está dada por la siguiente expresión:

$$I = \frac{337,38 * TR^{0,24}}{t^{0,60}}$$

Donde:

I: Intensidad máxima de la precipitación [mm/h].

TR: Tiempo de retorno en años.

t : Tiempo de duración de la lluvia en min.

En este estudio se determino el tiempo de duración como el tiempo de concentración de cada una de las zonas. El tiempo de concentración se calculo utilizando la formula de Kirpich.

Con esta ecuación se determinó las intensidades de lluvia para los diferentes tiempos de concentración correspondientes a los diferentes sectores del área de estudio, para finalmente calcular el caudal esperado. La intensidad de la ecuación está dada en mm/h. En la Tabla 7.15 se presenta los resultados de intensidades para diferentes períodos de retorno.

Tabla 7. 15 Intensidades máximas horarias para las zonas en estudio

Zona	Área (m ²)	Intensidad para diferentes Tr en (mm/h)		
		10	30	100
Z1	19065	337.1	438.8	585.9
Z2	80609	359.9	468.5	625.5
Z3	9086	264.2	344.0	459.2
Z4	34815	299.7	390.1	520.8
Z5	178576	362.3	471.7	629.7
Z6	9280	343.0	446.4	596.0
Z7	28106	467.3	608.3	812.1

Con los antecedentes entregados se procedió al cálculo de los caudales máximos resultantes para cada una de los sectores, los resultados son los siguientes:

Tabla 7.16 Caudales máximos según formula racional

Zona	Área (m ²)	Coeficiente de escurrimiento superficial C	Caudales para diferente Tr en m ³ /s		
			10	30	100
1. Z1	2. 19065	3. 0.32	4. 0.57	5. 0.74	6. 0.98
7. Z2	8. 80609	9. 0.51	10. 0.98	11. 1.28	12. 1.70
13. Z3	14. 9086	15. 0.51	16. 0.71	17. 0.93	18. 1.24
19. Z4	20. 34815	21. 0.49	22. 0.78	23. 1.02	24. 1.36
25. Z5	26. 178576	27. 0.48	28. 0.92	29. 1.19	30. 1.59
31. Z6	32. 9280	33. 0.62	34. 1.13	35. 1.47	36. 1.96
37. Z7	38. 28106	39. 0.47	40. 1.15	41. 1.50	42. 2.00

8. GEOTÉCNIA

8. GEOTÉCNIA

8.1. EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO

Con el propósito de identificar y caracterizar tanto espacialmente como en profundidad las propiedades geomecánicas del material aflorante y obtener los perfiles estratigráficos y la profundidad del material inestable, se realizó el plan de exploración del subsuelo correspondiente a once apiques a una profundidad máxima de 2.0 metros, complementadas con tres sondeos mecánicos.

Con el fin de caracterizar geomecánicamente la zona de estudio, la exploración se realizó por sectores que abarcan la totalidad de la misma, teniendo como base el mapa de unidades geológicas superficiales realizado durante el presente estudio. Se realizaron en total tres perforaciones mecánicas a 18 m, 19.50 m y 19.50 m de profundidad respectivamente, y se localizaron de tal forma que los resultados fueran representativos del comportamiento del subsuelo. La primera perforación (S-1) se localizó dentro del perímetro urbano cerca a la zona donde se encuentran deslizamientos traslacionales antiguos; la segunda (S-2) por la salida del cementerio cerca a la cárcava Tejares; y la tercera (S-3) al lado del matadero municipal cerca a la zona de expansión. En la Figura No. 8.1 se ilustra la ubicación de las perforaciones y de los apiques, mientras que en la Tabla No. 8.1 se presentan las características de los puntos de exploración: coordenadas, tipo de exploración y profundidad. Los registros fotográficos y descripciones de cada uno de los apiques realizados se incluyen en el Anexo 8.1.

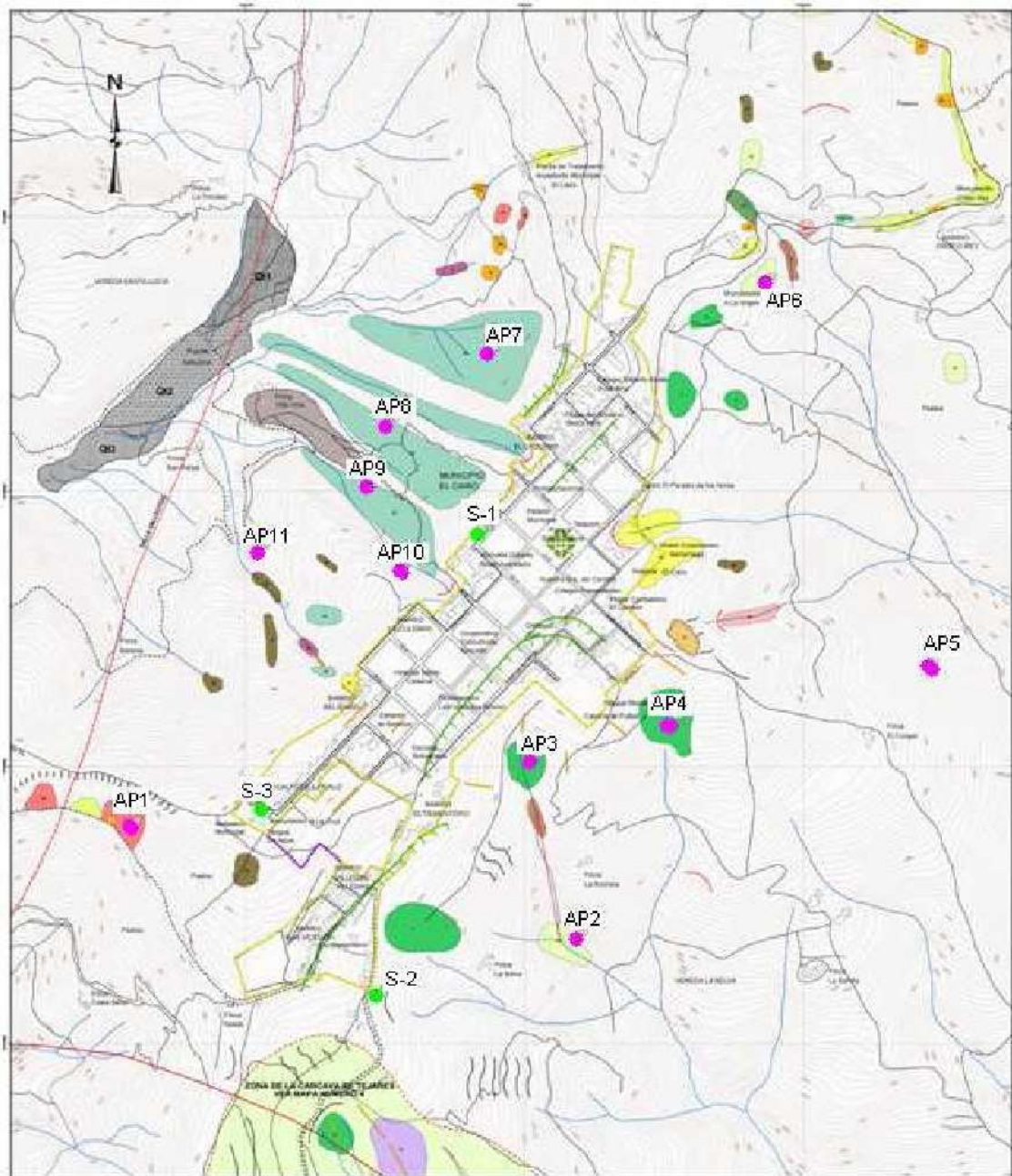


Figura 8.1 Ubicación de apiques y sondeos mecánicos.

Tabla 8.1 Características de los apiques y sondeos mecánicos realizados.

ID	COORDENADAS MAGNA		TIPO DE EXPLORACIÓN	PROFUNDIDAD [m]	NIVEL FREÁTICO [m]
	NORTE	ESTE			
S-1	1018432	1094910	SONDEO	(0,00-18,00)	18
S-2	1094723	1017599	SONDEO	(0,00-19,50)	19.5
S-3	1094510	1017932	SONDEO	(0,00-19,50)	19.5
AP1	1094280	1017900	APIQUE	(0,00-1,90)	No se encontró
AP2	1095080	1017700	APIQUE	(1.10-1.75)	No se encontró
AP3	1095000	1018020	APIQUE	(0.0-1.80)	No se encontró
AP4	1095250	1018090	APIQUE	(0.50-1.90)	No se encontró
AP5	1095710	1018190	APIQUE	(0.0-1.70)	No se encontró
AP6	1095420	1018890	APIQUE	(1.20-1.80)	No se encontró
AP7	1094920	1018760	APIQUE	(1.50-2.10)	No se encontró
AP8	1094740	1018630	APIQUE	(1.70-2.20)	No se encontró
AP9	1094700	1018510	APIQUE	(1.70-2.20)	No se encontró
AP10	1094760	1018360	APIQUE	(1.20-1.90)	No se encontró
AP11	1094510	1018400	APIQUE	(0.50-1.80)	No se encontró

En las Figuras No. 8.2, 8.3 y 8.4 se ilustran los perfiles estratigráficos representativos de los tres sondeos realizados; en general y según el subsuelo explorado, se destaca que el material que aflora es bastante homogéneo, destacándose las siguientes características:

- En la zona dentro del perímetro urbano, la profundidad del nivel freático es de 6.30 m, el suelo se caracteriza principalmente por la presencia de arcillas de resistencia muy baja y alta permeabilidad, además a los 16.5 m se encontró arena arcillosa consolidado pero muy suelta. En la Foto 8.1 se puede observar el montaje de la maquinaria para realizar el sondeo en esta zona (S-1).
- Cerca a la cárcava Tejares se tiene un perfil estratigráfico muy homogéneo caracterizado principalmente por arcillas plásticas y la profundidad del nivel freático es de 5.60 m. En este sondeo (S2), por otro lado, se destaca la presencia de materia orgánica entre 8.0 y 12.0 metros de profundidad, lo cual puede ser atribuible a un antiguo deslizamiento que se presentó sobre esta ladera.
- En la zona cerca al matadero el nivel freático se encuentra a los 4.00 m, se tiene un perfil estratigráfico caracterizado principalmente por suelo arcillo arenoso y a los 18 m se encontró arcillolita muy fracturada.

Es importante destacar que los sondeos muestran una capa de arcillas homogéneas que poseen la característica de ser muy blandas, de grano fino, plásticas y permeables lo que facilita la infiltración y explica el exceso de humedad en las muestras recuperadas. Esta capa en profundidad va aumentando de resistencia encontrándose un suelo consolidado impermeable pero muy fracturado y meteorizado lo cual no favorece la estabilidad del terreno de la población, en la Foto 8.2 se puede observar una muestra típica del material encontrado a profundidad en el sondeo mecánicos (S-3).

Los diferentes materiales encontrados tanto en los apiques como en las perforaciones serán sometidos a un riguroso plan de ensayos de laboratorio, con el fin de caracterizar las propiedades geomecánicas de los materiales aflorantes en la zona de estudio.

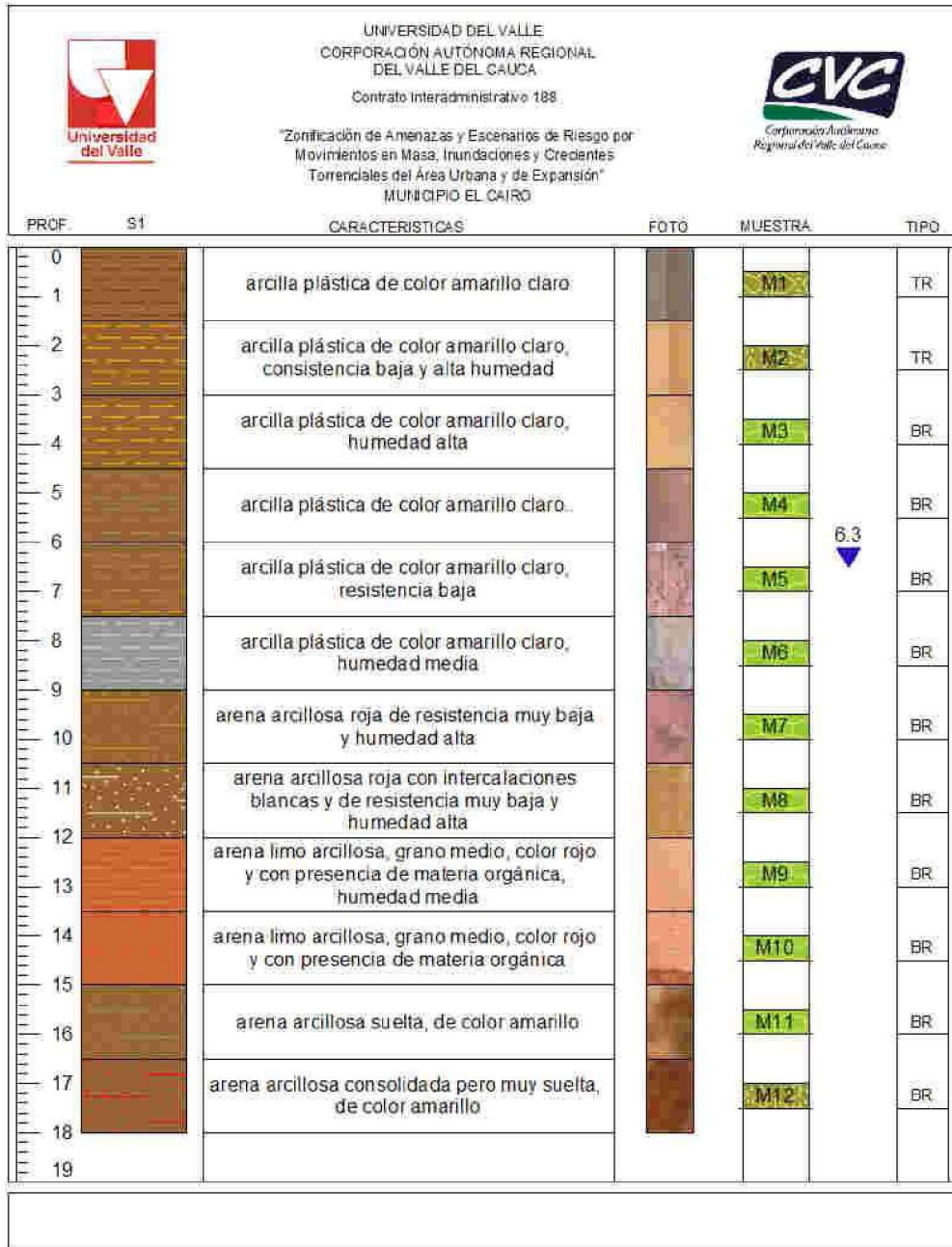


Figura 8.2 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-1.

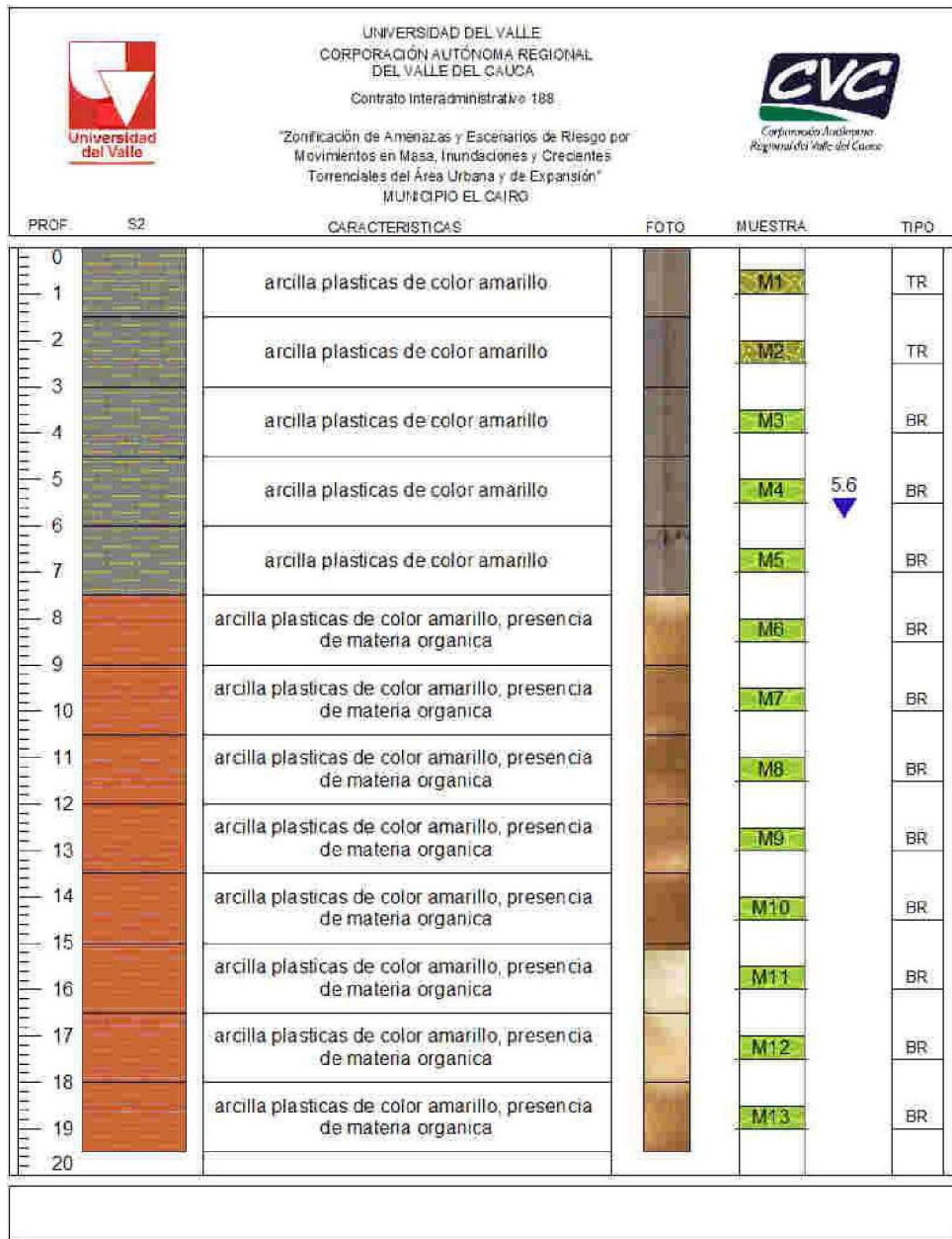


Figura 8.3 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-2.

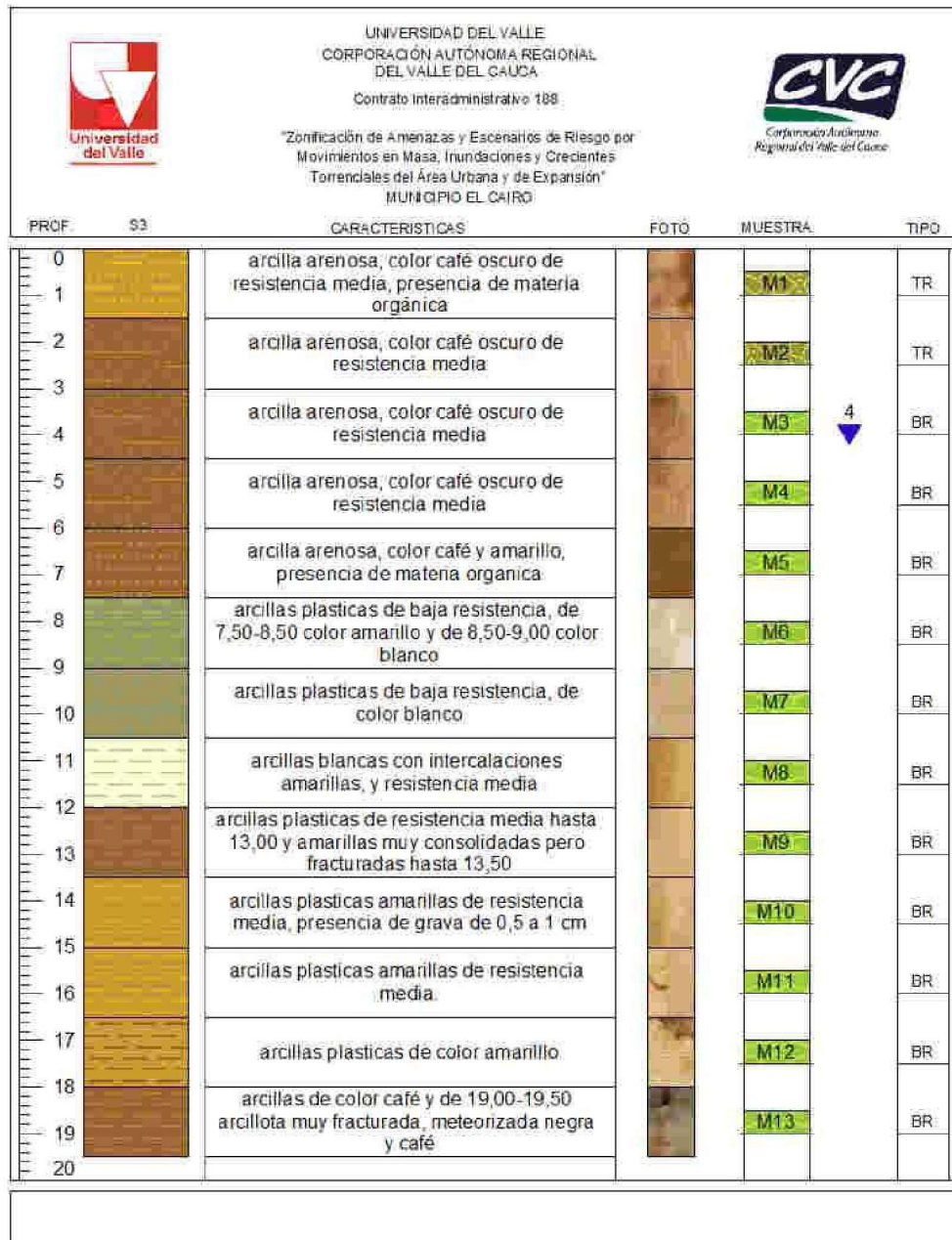


Figura 8.4 Perfil estratigráfico de sondeo mecánico S-3.



Foto 8.1 Montaje para exploración S-1.



Foto 8.2 Muestra típica de material consolidado encontrado en S-3. Nótese la presencia de materia orgánica.

8.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Con el fin de caracterizar las propiedades índices y geomecánicas del material aflorante en la zona de estudio, se realizaron ensayos de clasificación y resistencia sobre las muestras recuperadas durante la fase exploratoria. A continuación presentaremos los resultados obtenidos sobre las diferentes muestras analizadas (ver Anexo 8.2).

8.3. ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN

Se realizaron estos ensayos con el fin de caracterizar las propiedades de la fracción fina del material aflorante, dichos ensayos corresponden a los Límites de Atterberg. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 8.2 destacándose los siguientes aspectos:

- La primer capa superficial del suelo aflorante es homogéneo, con un espesor aproximado de 7.50 mts, correspondiente a un limo arcilloso orgánico de plasticidad media a alta, lo que implica que el material puede ser erodado fácilmente por el agua, aumentando así la susceptibilidad a movimientos en masa, más aun teniendo en cuenta los altos porcentajes de humedad que se presentan en la zona.
- En profundidad se encuentran limo arcilloso orgánico de baja plasticidad. de características muy similares a la primera capa encontrada.
- En la Figura 8.5 se puede observar que, según la carta de plasticidad de Casagrande, los suelos encontrados corresponden a limos arcillosos de plasticidad alta a muy alta.

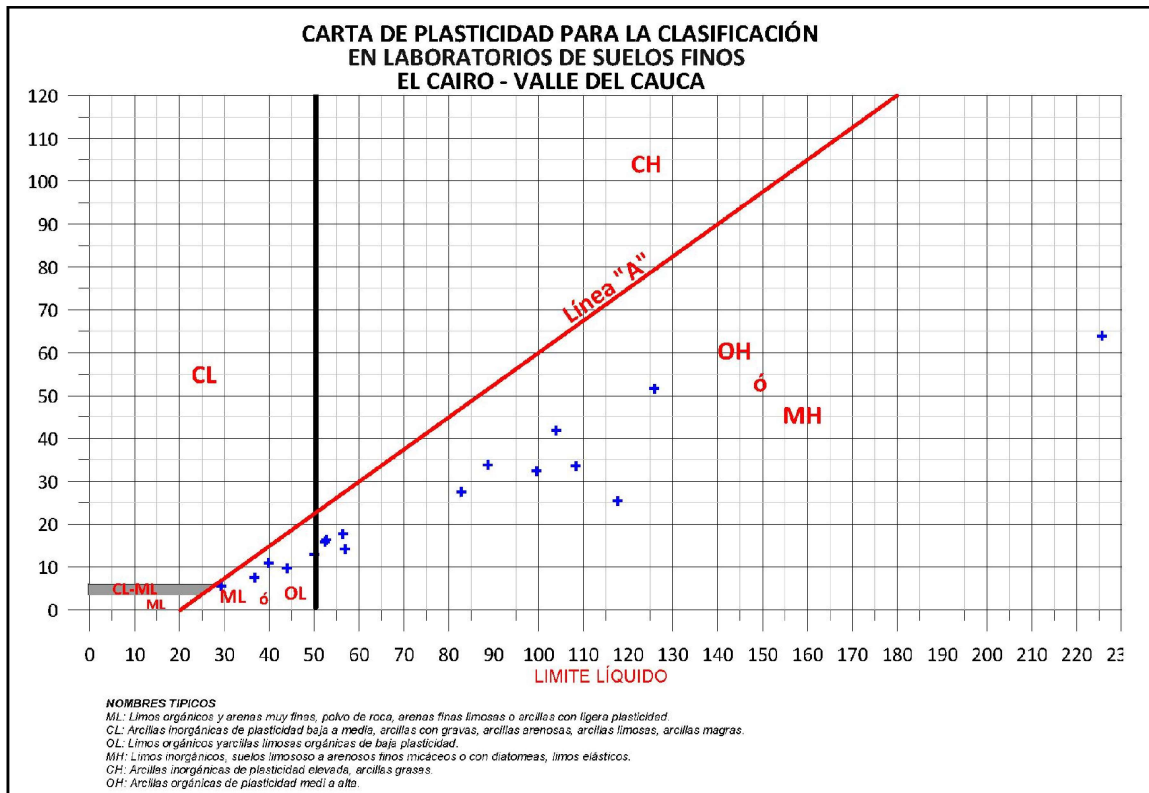


Figura 8.5 Carta de plasticidad de Casagrande.

Tabla 8.2 Resultados de ensayos de clasificación.

ID	PROFUNDIDAD (m)	HUMEDAD WN (%)	Límites de Att.			% PASA Tamiz 200	Clasif. USCS	gr/cm ³	seco
			LL %	LP %	IP %				
S-1	3.00 - 4.50	109.4	125.9	74.3	51.6		MH		
S-1	4.50 - 6.00	35.5	52.4	36.5	15.9		MH	1.80	1.33
S-1	6.00 - 7.50	36.8	56.4	38.6	17.8		MH	1.86	1.36
S-1	7.50 - 9.00	27.0	36.7	29.2	7.5		ML	1.85	1.46
S-1	12.00 - 13.50	26.4	N. P.	N. P.	N. P.	55.4	.-.-		
S-1	15.00 - 16.50	24.5	N. P.	N. P.	N. P.	38.8	.-.-		
S-2	0.00 - 3.00	74.2	99.6	67.2	32.4		MH		
S-2	3.00 - 4.50	50.1	82.9	55.4	27.5		MH	1.66	1.10
S-2	4.50 - 6.00	52.8	117.7	92.3	25.4		MH		
S-2	7.50 - 9.00	41.8	56.9	42.7	14.2		MH	1.67	1.18
S-2	9.00 - 10.50	31.9							
S-2	10.50 - 12.00	39.5							
S-2	13.50 - 15.00	46.7							
S-2	15.00 - 16.50	38.4	50.1	37.2	12.9		MH		
S-2	16.50 - 18.00	29.1							
S-2	18.00 - 19.50	28.8							
S-3	4.50 - 6.00	91.5	104.0	62.1	41.9		MH	1.42	0.74
S-3	6.00 - 7.50	193.5	225.6	161.7	63.9		MH		
S-3	7.50 - 9.00	62.8						1.61	0.99
S-3	9.00 - 10.50	38.1							
S-3	10.50 - 12.00	35.0						1.87	1.38
S-3	12.00 - 13.50	34.0							
S-3	13.50 - 15.00	37.7						1.77	1.29
S-3	15.00 - 16.50	32.9	52.8	36.4	16.4		MH		
S-3	18.00 - 19.50	23.2	39.9	28.9	11.0		ML		
AP 1	0.00 - 1.90	18.4	44.0	34.3	9.7		ML	1.62	1.37
AP 2	0.00 - 1.75	69.2						1.35	0.80
AP 3	0.00 - 1.80	64.6							
AP 5	0.00 - 1.70	87.7	108.4	74.8	33.6		MH	1.32	0.71
AP 6	0.00 - 1.80	70.4	88.7	54.9	33.8		MH	1.33	0.78
AP 9	0.00 - 2.00	22.5	29.3	23.7	5.6		ML		

8.4. ENSAYOS DE RESISTENCIA

8.4.1 Ensayos Triaxiales consolidados no drenados (CU)

Mediante esta prueba, se pretende determinar los parámetros de resistencia de Mohr-Colulomb, en términos de esfuerzos efectivos. Para tal fin, las pruebas realizadas fueron consolidando ala muestra a presiones similares a las existentes en el terreno y posteriormente, llevándolas a la falla en condición no drenada. En las Fotos 8.3 y 8.4, se ilustra tanto el equipo triaxial utilizado, como la configuración final de una muestra que ha sido llevada a la falla.



Fotos 8.3 y 8.4 Equipo triaxial.

En la Figura 8.6 se presentan las curvas esfuerzo-deformación características de la unidad superficial “suelo residual formación Cisneros”. De las curvas se puede deducir que el material tiene comportamiento dúctil.

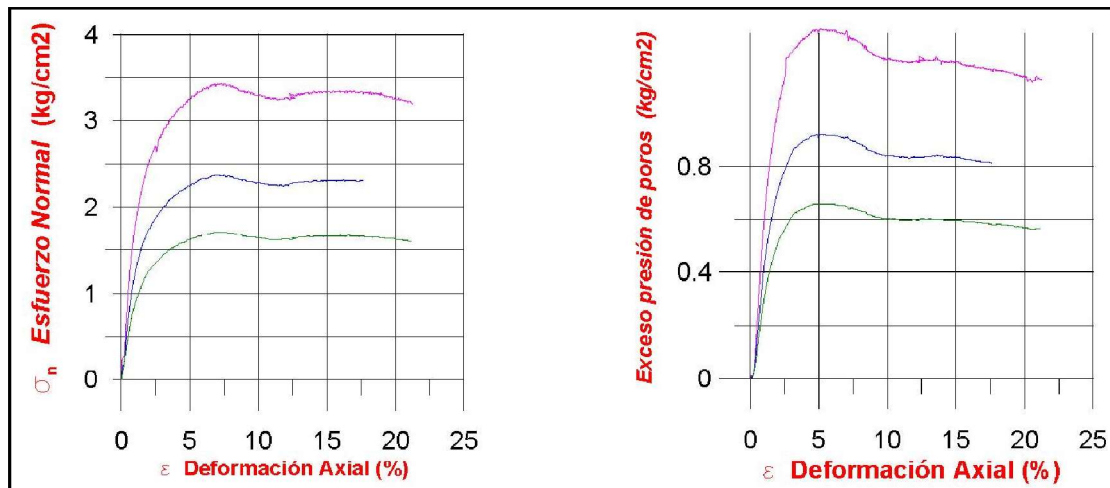


Figura 8.6 a) Curva esfuerzo - deformación b) Incremento en exceso de presión con la deformación. Muestra 5 del sondeo S-2 (6.00-7.50).

Las envolventes de resistencia típica se presentan en la Figura 8.7, los parámetros obtenidos en los ensayos triaxiales de cada una de las muestras se presentan en la Tabla 8.3 y además en la Foto 8.5 se puede apreciar una de las muestras ensayadas después de la falla.

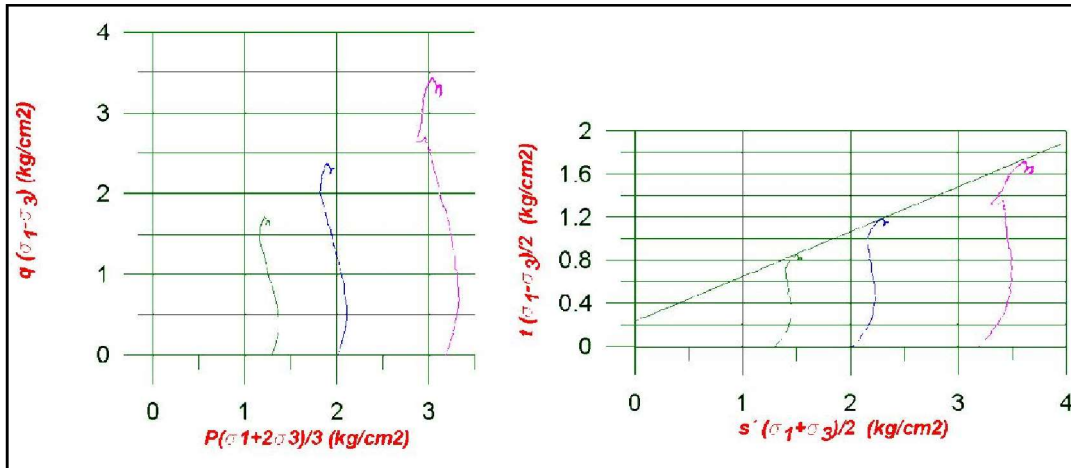


Figura 8.7 Envolvente de falla S-2 (6.00-7.50).



Foto 8.5 Muestra después de la falla.

Tabla 8.3. Resultados de ensayos triaxiales

ID	PROF. (m)	θ (°)	C' (kg/cm ²)
S-1	(10.5-12.00)	26.05	0.4
S-1	(13.5-15.00)	25.4	0.6
S-2	(6.00-7.50)	23	0.21
S-2	(12.13.5)	28.8	0.35
S-3	(1.5-3.00)	18	0.2
S-3	(3.00-4.50)	35.5	0.2
S-3	(16.50-18.00)	20.6	0.5

Tabla 8.4. Parámetros iniciales de los ensayos triaxiales

ID	PROF. (m)	PUNTO DE ENSAYO	ESFUERZO FECTIVO INICIAL (Kg/cm²)	HUMEDAD INICIAL (%)
S-1	(10.5-12.00)	1	1.5	24
		2	2.4	25.9
		3	3.8	24.8
S-1	(13.5-15.00)	1	1.1	16.5
		2	2	12.1
		3	3.6	12.4
S-2	(6.00-7.50)	1	1.3	14
		2	2	15.9
		3	3.2	13.9
S-2	(12.13.5)	1	1.6	17.9
		2	2.6	19.3
		3	4	18.6
S-3	(1.5-3.00)	1	1.8	17.4
		2	3	17.9
		3	4.7	16.6
S-3	(3.00-4.50)	1	1.4	27.8
		2	2.7	24.2
		3	3.9	25.4
S-3	(16.50-18.00)	1	1.1	12.4
		2	2.9	12.8
		3	4.5	11.7

8.5. RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA

Con el fin de determinar la resistencia al corte no drenada en esfuerzos totales, se realizaron dos ensayos de compresión inconfiada. Con estos parámetros se pretende básicamente, evaluar en algunos sectores la capacidad portante del terreno. En la Figura 8.8, se ilustra una curva típica esfuerzo-deformación, donde se observa que la resistencia al corte no drenada, está alrededor de 2.5 Kg/cm².

Finalmente, se menciona el hecho de que los parámetros de resistencia obtenidos en esta sección, así como los resultados de los ensayos de infiltración serán utilizados en el modelo geológico-geotécnico, que es la base para los posteriores análisis de estabilidad.

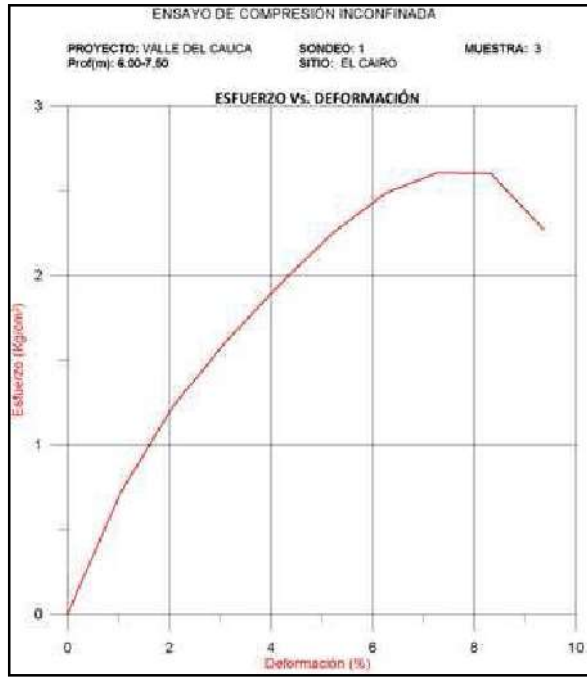


Figura 8.8 Curva esfuerzo-deformación S-1 (6.00-7.50).

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1. CONCLUSIONES

Después de realizar la visita de campo al municipio de El Cairo y de constatar sus emergencias invernales tanto en los pocos documentos que se conservan en la alcaldía, como en los pocos registros noticiosos, se agradece a los habitantes que ofrecieron su colaboración al proyecto, al contarnos su perspectiva de los problemas por los que atraviesa el municipio por los constantes deslizamientos que los dejan afectados e incomunicados.

Por ello, la mayoría de la comunidad siente que frente a las emergencias por las cuales pasan, las instituciones encargadas de ayudar y apoyar en la solución de los desastres que trae consigo el invierno, no realizan una labor eficaz e inmediata, los mismos habitantes deben socorrerse unos a otros mientras llega la ayuda solicitada. De hecho cuando se viaja por la carretera principal que de Cartago conduce a El Cairo, se puede observar que quienes trabajan en las vías, despejándolas, son habitantes del pueblo que diariamente realizan la labor de limpieza de los canales para que las aguas vayan a las cajas recolectoras de aguas lluvias.

Es por eso que algunos habitantes coinciden en que los esfuerzos por solucionar los problemas de deslizamiento, cárcavamiento y mejoramiento de vías no los realizan las entidades encargadas por que, para ellos existe una especie de abandono por parte de las instituciones departamentales.

Con respecto a la Cárcava Tejares, sostienen que es un problema progresivo que debe ser asumido por la CVC y Acuavalle, como entidades que deben velar por el mejoramiento de las condiciones ambientales y de manejo del agua de la zona.

Con respecto al trabajo documental que se realizó en éste proyecto, la historicidad de los eventos se dificultó, porque, aunque el Archivo General de la Nación, dispuso una ley de organización de archivos públicos, las entidades y organizaciones no realizan el ejercicio juiciosos de conservación que se espera, para poder realizar una historicidad de todos los eventos. Igualmente, el registro de noticias es muy poco, a excepción de si la emergencia fue de gran envergadura. Pero por lo general, son pocos las noticias que se logran encontrar.

Afortunadamente en este estudio se contó con varias fuentes, pero hay vacíos de los eventos que sucedieron en la década de los ochenta, parte de los noventa a excepción de 1996 y 1999, y los años 2004, 2005, 2006 y 2007. Sin embargo, de los eventos más críticos si se encontró registro, lo que permitió que se pudiera establecer una frecuencia en la ocurrencia de los eventos.

Geológicamente el área de estudio en el Municipio de El Cairo presenta afloramientos muy escasos de la Formación Cisneros, que infrayace toda la región. La tectónica es solo evidente en los alrededores lejanos de la cabecera municipal. Los suelos residuales dominan un alto porcentaje de la zona, y los depósitos aluviales cuaternarios se hallan alejados de la población y del área de estudio; en consecuencia las formaciones

superficiales alrededor de El Cairo se limitan sólo a la capa de suelo residual. Los deslizamientos rotacionales por lo general son antiguos ya estabilizados y dominan en la ladera oriental. Algunos se presentan en el sector del “Antiguo Matadero”, al NW de la población y uno, reciente, se presenta al occidente del barrio Belisario. Un notable número de deslizamientos superficiales se presentan a lo largo de la carretera a Ansermanuevo, y, varios de ellos muy antiguos, casi totalmente enmascarados y notablemente desgastados por la denudación, se presentan en la ladera occidental de la población.

Parece que la ladera occidental, por causa de las altas pendientes, sería la más susceptible a la remoción en masa vecina a la población.

La Cárcava de Tejares es el problema de remoción en masa más notable; el cual consiste de varios deslizamientos internos tanto traslacionales como rotacionales, hundimientos, cárcavas pequeñas y zonas de erosión lineal y laminar.

Es de recordar que los ensayos ejecutados corresponden a medidas indirectas tomadas en superficie; por lo tanto; dichos resultados serán una base para la toma de decisiones.

Geofísicamente el área explorada corresponde a materiales transportados, suelos residuales, roca meteorizada, roca fracturada, pertenecientes a la Formación Cisneros.

La profundidad de exploración oscilo entre los 15.00 a 25.00 metros.

La refracción sísmica nos define seis horizontes de velocidad a saber:

- HORIZONTE A, corresponde a los materiales transportados, alcanza profundidades máximas de 1.50 a 2.50 metros y velocidades menores de 400 pies/segundo, correlacionable con materiales de consistencia muy blanda.
- HORIZONTE B, se presenta en la mayor parte del área explorada, alcanza profundidades entre 2.00 a 3.50 metros con velocidades del orden de 400 a 700 pies/segundo, correlacionable con suelos residuales de consistencia blanda.
- HORIZONTE C, corresponde a materiales que alcanzan entre 3.00 a 7.500 metros de profundidad con velocidades del orden entre 700 a 1000 pies/segundo, correlacionables con materiales de consistencia blanda-media, se presenta en toda la zona donde se encuentra asentada la población.
- HORIZONTE D, corresponde a materiales de consistencia media a media-dura con velocidades entre 1000 a 1600 pies/segundo, se presenta principalmente en zonas de ladera a profundidades mayores de 4.00 metros en promedio.
- HORIZONTE E, correlacionable con rocas meteorizadas pertenecientes a la Formación Cisneros, generalmente se presenta a profundidades mayores de 8.00 metros y velocidades del orden de 1600 a 2500 pies/segundo, su consistencia es dura.
- HORIZONTE F, correlacionable con rocas fracturadas pertenecientes a la formación Cisneros, solamente se identifico en los ensayos de refracción sísmica que se realizaron cerca a los cauces intermitentes, en las zonas de ladera alta no se definió, presenta velocidades de onda mayores de 2500 pies/segundo y los sitios donde se definió corresponden a profundidades mayores de 8.50 metros.

De acuerdo a los resultados obtenidos se deduce que los tres primeros horizontes (A, B, C) corresponden al suelo orgánico y residual, infrayaciendo se presenta un material entre residual y meteorizado correspondiente al horizonte D, seguidamente se identifico la roca meteorizada (horizonte E) y finalmente la roca fracturada (horizonte F).

Los resultados geofísicos nos indican la litología típica del sector y a su vez nos deduce que las laderas de la cabecera municipal son susceptibles a los fenómenos de remoción en masa de acuerdo a sus valores de velocidad, indicándonos materiales de consistencia muy blanda, blanda, media-blanda y media.

9.2. RECOMENDACIONES

Debido a la complejidad de los fenómenos descritos anteriormente en el capítulo 4 sobre la Cárcava de Tejares, se recomienda llevar a cabo un levantamiento topográfico en toda su extensión, a escala 1:2000 con el respectivo amarre al sistema de coordenadas empleadas por el IGAC en la cartografía de Colombia. Dicho levantamiento debe ir acompañado con un muestreo geotécnico para realizar los análisis de suelo pertinentes. El levantamiento topográfico debe también extenderse a los alrededores de la población, dentro de un área enmarcada por un polígono retirado unos 150m del borde de la zona urbana. Es además, importante llevar a cabo algunos cortes geofísicos con el fin de determinar la profundidad a la roca firme. De esta manera se sacarán conclusiones válidas para formular y llevar a cabo soluciones prácticas de control o mitigación del problema de estabilidad, debido a que muchas de las recomendaciones y obras de control realizadas en años anteriores, de alguna manera han fallado.

Con relación a las viviendas que existen en el sector de la Cárcava, en principio se recomienda su traslado o reubicación en otro sector de la población, pues por las características complejas del movimiento de masa, parece que el fenómeno continuara actuando en la cuenca de la quebrada Tejares por algún tiempo.

Debido a que la carretera El Cairo- Ansermanuevo, ha presentado varios deslizamientos que han bloqueado el acceso a El Cairo durante varios días. Se recomienda un estudio geológico especial de la vía, ya que en la intersección de esta con algunas quebradas, se han presentado problemas de derrumbe de la banca, y bloqueo de las alcantarillas y puentes, generando serios problemas de inestabilidad.

Se recomienda para las perforaciones y apiques, ejecutarlos en lo posible hasta el horizonte donde aflora la roca meteorizada, ya que de acuerdo a las observaciones en el terreno los deslizamientos se presentan en el horizonte A, B, C, y D.

10. BIBLIOGRAFIA

10. BIBLIOGRAFÍA

La bibliografía se relaciona por temáticas.

Geología

ALCALDÍA DEL MUNICIPIO DE EL CAIRO Y CORPOSERRANIAGUA. Esquema de Ordenamiento Territorial. 2000. [Archivo de computador].

ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

AYA C. Enrique. Informe 1468. Deslizamientos en El Cairo – Departamento del Valle. Vol. 1. [CD-ROM]. Bogotá. 1964.

BARRERO, D. Geology of the central Western Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia. Publicaciones Geológicas Especiales de INGEOMINAS, 4. 1979. 75p.

CASE, J.E; BARNES, J; PARIS, G; GONZÁLES, I.H Y VIÑA, A. TransAndean geophysical profile, Souththtern Colombia. Geological Society of America Bulletin, 84, 1973.

-----; DURAN, S.L.G; LÓPEZ, A Y MOORE, W.R. Tectonic investigations on Western Colombia and Eastern Panama. Geological Society of America Bulletin, 82. 1971.

CASTILLO. José María y ACHINTE. Rafael. Informe de visita : Cárcava Tejares. 1980. Citado en : ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

CVC. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección Técnica División Estudios Especiales. Memorias de diseño para el emisario final del alcantarillado de El Cairo. 1985. Citado en : ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

CVC. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Subdirección Técnica. Informe de visita a la Cárcava Tejares. 1985. Citado en : ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

CHAVEZ. Omar. Subdirección Técnica. Grupo de Infraestructura Ambiental. (CVC). Informe de visita. 1996. ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

GARCÍA, López. Manuel. Problemas de inestabilidad de laderas en zonas urbanas. Seminario Sobre construcciones en ladera – Cali, octubre de 1997.

GÓMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS CIA. Estudios del Control contra erosión en el municipio de El Cairo. 1975. Citado en : ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

INGEOMINAS. Mapa geológico del Valle del Cauca. Memorias del Valle del Cauca.

KELLOG, J.N; GODLEY, V.M; ROPAIN, C.A Y BERMUDEZ, A. Gravity anomalies and tectonic evolution of northwestern South America. 10a. Conferencia Geológica del Caribe. Cartagena. Memorias. 1983. p.18-31.

KERR, A; MARRINER, G.F; TARNEY, J; NIVIA, A; SAUNDERS, A.D; THIRWALL, M.F Y SINTON, C. Cretaceous basaltic terranes in Western Colombia : Elemental, chronological and Sr – Nd isotopic constraints on petrogenesis. Journal of Petrology, 38/6. 1997. p.677 – 702.

MILLWARD, D; MARRINER, G Y VERDUGO, G. La geoquímica del Grupo Diabásico en la Cordillera occidental al oeste de Cali, Valle, Colombia. Geología Norandina, 5. 1985. p.39 – 45.

-----;----- Y SAUNDES, A.D. Cretaceous tholeiitic volcanic rocks from the Western Cordillera of Colombia. Journal of the Geological Society, London, 141. 1984. p. 847 – 860.

NIVIA, A. Geochemistry and origin of the Amaime and Volcanic Sequences, South Western Colombia. (Unpublic. Mphil. Thesis). University de Leicester. Leicester. U.K. 1987. 163p.

-----Y ASPDEN, J. Ocurrencia, composición y génesis del oro aluvial en la Cordillera Occidental y en la llanura costera del Departamento del Valle del Cauca – Colombia. INGEOMINAS – MISION BRITÁNICA (British Geological Survey – BGS). Informe N° 5 (inédito). Cali. 1984. 16p.

PADILLA. Eduardo. Acuavalle. Informe sobre causas genético – mecánicas del movimiento de remoción en masa de la Cárcava Tejares. 1996. Citado en : ARANGO S. Juan Guillermo. Informe técnico: Cárcava Tejares, El Cairo. Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca. Dirección Ambiental Regional Norte. Cartago. 2006. Comunicación personal.

PARRA, E; CABALLERO, H; MUÑOZ, R; ZAPATA, E Y ZULUAGA, J. Compiladores. Mapa geológico de Colombia. Escala 1: 100.000, plancha 223 – El Cairo. Ingeominas. Bogotá. 1984.

SLOPE STABILITY. Department of the army . U.S. Army Corps of engineers. Washington DC. 20314-1000. Manual N° 1110-2 1902. 31 october.

SPADEA, P; ESPINOSA, A Y ORREGO, A. High-Mg extrusive rocks from the Romeral zone ophilites in southwestern Colombian Andes. Chemical Geology, 77. 1984. p. 303 - 321.

VALENCIA ESCOBAR. Carlos Alberto. Estudios y diseños definitivos de ingeniería para el nuevo emisario final de alcantarillado del municipio de El Cairo – Valle. 2002.

Bibliografía recomendada por geología

CASTELLANOS J., Ramiro, " Lluvias críticas en la evaluación de amenaza de eventos de remoción en masa". Tesis presentada como requisito para optar al título de Magister en Geotecnia, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2 Vol.1996.

COLAS G. y PILOT G. "Description et classification des glissements de terrain". En: Stabilité des Talus I - Versants Naturels, Bulletin de liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, Numéro Spécial II, Ministère de L'Equipement, Paris. 1976.

GARCÍA L., Manuel. "Deslizamientos", Taller Regional sobre Manejo de Desastres PNUD - UNDRO, Bogotá, 13 de mayo.1991.

GARCÍA L., Manuel. "Manual de Estabilidad de Taludes", Instituto Nacional de Vías, Trabajo No. 1539 de Ingeniería y Geotecnia Ltda, Bogotá. 1996.

GARCÍA L., Manuel. "Diagnóstico sobre el estado del conocimiento para la estabilidad de taludes en las carreteras de Colombia y la eventual necesidad de usar nuevas tecnologías", Instituto Nacional de Vías. Trabajo elaborado en Ingeniería y Geotecnia Ltda, Bogotá. 1996.

GARCÍA L, Manuel y MARTÍNEZ R, Juan Manuel. "Riesgos por Deslizamientos y Avalanchas en Utica-Colombia", I Simposio Suramericano de Deslizamientos, Sociedad Colombiana de Geotecnia, Paipa. 1989. p. 649-662.

KOCKELMAN W.J.,(1984) "Techniques for Reducing Landslide Hazards". Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program, USGS, Denver. Part II.

MARTÍNEZ R., Juan Manuel y GARCÍA L., Manuel "Riesgo Geotécnico en el Campo San Francisco".I Simposio Suramericano de Deslizamientos, Sociedad Colombiana de Geotecnia, Paipa. 1989. P. 502-518.

RODRÍGUEZ ORDOÑEZ, Jorge A., (1986), "Análisis dinámico de taludes naturales". Proyecto de Grado, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ROYSTER D., 1979: "Landslides remedial measures". Bulletin of the Association of Engineering Geologists. Vol. XVI, No. 2.

SARRIA, Alberto, "Ingeniería Sísmica", Ediciones Uniandes-Ecoe Ediciones, 2a.71 edición, Bogotá. 1995.

SCHUSTER R.L., and FLEMING R.W. "Socioeconomic Significance of Landslides and Mudflows" , Proceedings of the Geologic and Hydrologic Hazards Training Program,USGS, Denver. Part II. 1984.

SCHUSTER R. L. AND KRIZEK R. J., Editores, "Landslides-Analysis and Control", Special Report 176, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1978..

TERZAGHI K. "Mechanism of Landslides", en: Application of Geology to Engineering Practice. Berkey Volume, Geological Society of America. 1950.

- Base de datos estaciones CVC
- Base de datos estaciones CENICAFE
- Base de datos estaciones CENICAÑA
- Base de datos estaciones IDEAM
- Base de datos DesInventar

Hidrología

Base de datos estaciones CVC

Base de datos estaciones CENICAFE

Base de datos estaciones CENICAÑA

Base de datos estaciones IDEAM

Base de datos DesInventar

CRC, 2007. Determinación del índice de Escasez y tasa por uso del agua en tres subcuencas hidrográficas del departamento del Cauca. Tomo I

CVC, 2001. Evaluación del riesgo por fenómenos de remoción en masa: Guía metodológica.

CVC, 2007. Estudio de actualización de la precipitación media en el Valle del Cauca y elaboración de las isóneas de las variables brillo solar, evaporación y temperatura.

CUSTODIO Y LLAMAS. 2001. Hidrología Subterránea - Tomo I.

El Cairo, 2000. EOT municipal, perteneciente a El Cairo

FLORES, J. s.f. Modelación de lluvias máximas en el estado de Tabasco y sus alrededores.

Herramienta Google Earth, revisado el 29 de mayo de 2009

11. ANEXOS

Anexo 3.1: Topografía – Ficha técnica equipos



GPS HIPER LITE+

TOPCON

Ficha Técnica

SERIE HIPER	
DESCRIPCIÓN	Receptor/antena GPS+ Integrado de 40 canales con interfaz MINTER.
ESPECIFICACIONES DE SEGUIMIENTO	
Canales de seguimiento	L1: 40 L1 GPS, L1+L2: 20 GPS L1+L2 (GD), 20 GPS L1+L2+GLONASS (GGD) (Hiper GGD & Hiper+) Código C/A, Código P y Fase L1/L2 y GLONASS
Observables seguidas	
PRESTACIONES	
Especificaciones	(1 sigma)
Precisión Línea Base	3mm + 1ppm para L1 + L2; 5mm + 1.5ppm para L1
Precisión RTK (OTF)	10mm + 1.5ppm para L1 + L2; 15mm + 2ppm para L1
Inicialización en Frío	<60 segundos
Inicialización en Caliente	<10 segundos
Readquisición	<1 segundo
ESPECIFICACIONES DE ENERGÍA	
Batería	Baterías internas de Iones de Litio más un puerto de alimentación externo
Autonomía	14+ horas
Entrada Energía Externa	5 a 26 voltios DC
Consumo de Energía	Menos de 4.2 watts (Hiper sin modem menos de 3.0 Watts)
ESPECIFICACIONES AMBIENTALES	
Cubierta	Aluminio extruido, Impermeable
Temperatura Operación	-30°C a 60°C
Dimensiones	159 x 172 x 69 mm
Peso	1.66 kg
ESPECIFICACIONES ANTENA GPS+	
Antena GPS / GLONASS	Integrada (Hiper GGD & Hiper+)
Tipo Antena	Microstrip (Hiper/HiperGGD)/ Antena UHF centrada (sólo Hiper+)
Plano de Tierra	Antena sobre estrecho plano de tierra
ESPECIFICACIONES DE RADIO	
Radio Modem UHF	interno Rx o Externo Tx/Rx
Modem CDPD & GS	Modelo Opcional
COMUNICACIÓN INALÁMBRICA	
Comunicación	Bluetooth® versión 1.1 comp.**† (sólo Hiper+)
ENTRADA / SALIDA	
Puertos Comunicación	4x serie (RS232)
Otras señales E/S	1pps, Marcador de Eventos
Indicador de estado	4 LEDs x 3 colores (Verde, Rojo, Naranja), 2 teclas de función (MINTER)
Unidad de Control y Pantalla	Externa: FC-1000, Ranger, u otra
MEMORIA Y REGISTRO	
Memoria Interna	Hasta 96MB (Hiper/HiperGGD) ó 1 GB(sólo Hiper+)
Registro Datos Brutos	Hasta 20 veces por segundo (20Hz)
Tipo de Datos	Código y Fase L1 y L2, GPS y GLONASS
SALIDA DE DATOS	
Salida de datos en tiempo real	RTCM SC104 versión 2.1, 2.2, 2.3, CMR, CMR+
Salida ASCII	NMEA 0183 versión 2.2
Otras Salidas	Formato TPS
Rollo de Salida	Hasta 20 veces por segundo (20Hz)



GPS 4600 LS

Trimble Navigation

Ficha Técnica

4600LS

Economical, fully integrated single-frequency GPS survey unit

STANDARD FEATURES

- RTCM Version 2 input
- NMEA-0183 output
- Internal memory

TECHNICAL SPECIFICATIONS

Physical

Size:	22.1 cm (8.7") Dia. x 11.8 cm (4.64") H
Weight:	1.4 kg (3.1 lbs)
	1.7 kg (3.7 lbs) with batteries for >32 hours

Electrical

Receiver power:	<1 Watt receiver only 5 VDC with C-size batteries. 9 to 20 VDC external supply
Battery life (typical):	>32 hours continuous receiver operation on 4 standard C-size alkaline batteries
Certification:	FCC & CE mark approved

Environmental

Operating temp:	-40°C to +65°C (-40°F to +149°F)
Storage temp:	-55°C to +75°C (-67°F to +167°F)
Humidity:	100%, fully sealed. Buoyant
Shock:	2 m (6ft) accidental pole drop

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

Static Survey Performance

Modes:	Quick-Start, L1 FastStatic
Accuracy:	
Horizontal:	±5 mm + 1 ppm (≤10 km)
Vertical:	±10 mm + 2 ppm (≤10 km)
Azimuth:	±1 arc second + 5/baseline length in kilometers

Kinematic Survey Performance (Postprocessed)

(Requires TSC1 data collector with Trimble Survey Controller at rover)

Modes:	Continuous, Stop-&-go
Accuracy:	
Horizontal:	±1 cm + 1 ppm
Vertical:	±2 cm + 1 ppm
Occupation:	
Continuous:	1 measurement
Stop & go:	2 epochs (min) with 5 satellites
Fastest datalogging rate:	1 Hz

General Performance

Start-up:	<30 seconds from power-on to start survey with recent ephemeris
Measurements:	L1 C/A-code, L1 full-cycle carrier
Number of channels:	12
Datalogging:	In internal memory; in optional TSC1 data collector; or on TSC1 optional removable PC card
Receiver data storage:	64 hours internal memory of L1 data, 5 satellites, 15 second interval (typical) 4.5 hours internal memory of L1 data, 5 satellites, 1.0 seconds (minimum) Unlimited data storage using optional TSC1 and PC data card

OPTIONS AND ACCESSORIES

Survey options:	2 m rangepole 2 m adjustable height tripod Rugged transit cases
Datalogging options:	TSC1 data collector with Trimble Survey Controller software GPS Configurator software
Batteries:	Camcorder battery (24 hours of operation) 6 Ah battery (72 hours of operation) 10 Ah battery (120 hours of operation)
Support:	Extended hardware warranty Firmware and software update agreement Training on-site or at factory
Software:	Trimble Geomatics Office — <i>The total GPS and conventional survey data processing solution.</i> GPS Configurator software — <i>Free software that runs on a CE or iPAQ device to control static surveys.</i>

ORDERING INFORMATION

For further information please contact your nearest Trimble Authorized Distributor or Trimble Office. You may also visit our website at <http://www.trimble.com>.

Anexo 4.1: SIG - Propuesta de Estructuración

DATASET: USO DEL SUELO**Feature Class:** uso_urbano**Nombre de la capa:** Usourbano**Geometría:** Polígono

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
USO_SUELO	Texto	30		Uso suelo urbano	Dom_Uso_Urbano
TIPO_USO	Texto	50		Tipo de destino según económica	Dom_Tipo_Uso
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Nombre del dominio: Dom_Municipio

Código	Definición
76001	Cali
76020	Alcala
76036	Andalucia
76041	Ansermanuevo
76054	Argelia
76100	Bolivar
76109	Buenaventura
76111	Guadalajara de Buga
76113	Bugalagrande
76122	Caicedonia
76126	Calima
76130	Candelaria
76147	Cartago

76233	Dagua
76243	El Aguila
76246	El Cairo
76248	El Cerrito
76250	El Dovio
76275	Florida
76306	Ginebra
76318	Guacari
76364	Jamundi
76377	La Cumbre
76400	La Union
76403	La Victoria
76497	Obando
76520	Palmira
76563	Pradera
76606	Restrepo
76616	Riofrio
76622	Roldanillo
76670	San Pedro
76736	Sevilla
76823	Ansermanuevo
76828	Trujillo
76834	Tulua
76845	Ulloa
76863	Versalles
76869	Vijes
76890	Yotoco
76892	Yumbo
76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

Nombre del dominio: Dom_Uso Urbano

Código	Definición
01	Residencial
02	Comercial
03	Industrial
04	Dotacional
05	Predio no edificado
06	Agrícola
07	Pecuaria
08	Agropecuaria
09	Agroindustrial
10	Forestal
11	Mixto

Nombre del dominio: Dom_Tipo_Uso

Código	Definición
0101	Unifamiliar puntual
0102	Unifamiliar agrupada
0103	Multifamiliar puntual
0104	Multifamiliar agrupado
0201	Local
0202	Zonal
0203	Metropolitana
0301	Transformadora tipo 1
0301	Transformadora tipo 2
0302	Transformadora tipo 3
0401	Asistenciales
0402	Educativos
0403	Culturales
0404	Administrativos y de seguridad
0405	Recreativos y deportivos
0406	De abastecimiento
0407	Servicios urbanos y especiales
0408	De culto o religioso
0501	Urbanizable no urbanizado
0502	No urbanizable
0503	Urbanizado no edificado
0601	Todo tipo
0701	Todo tipo
0801	Todo tipo
0901	Todo tipo
1001	Todo tipo
1101	Vivienda y comercio
1102	Vivienda e institucional
1103	Comercio e institucional

DATASET: COBERTURA DE SUELO

Feature Class: cobertura_suelo

Nombre de la capa: CoberturaSuelo

Geometría: Polígono

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
COBER_SU	Texto	30		Cobertura de suelo según nivel 2 de CLC ⁶	Dom_cober_su
TIPO_COBER_SU	Texto	50		Tipo de cobertura de suelo según nivel 3 de CLC.	Dom_Tipo_cober_s u
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Nombre del dominio: Dom_Municipio

Código	Definición
76001	Cali
76020	Alcala
76036	Andalucia
76041	Ansermanuevo
76054	Argelia
76100	Bolivar
76109	Buenaventura
76111	Guadalajara de Buga
76113	Bugalagrande
76122	Caicedonia

⁶ CLC: Corine Land Cover. Colombia

76126	Calima
76130	Candelaria
76147	Cartago
76233	Dagua
76243	El Aguila
76246	El Cairo
76248	El Cerrito
76250	El Dovio
76275	Florida
76306	Ginebra
76318	Guacari
76364	Jamundi
76377	La Cumbre
76400	La Union
76403	La Victoria
76497	Obando
76520	Palmira
76563	Pradera
76606	Restrepo
76616	Riofrio
76622	Roldanillo
76670	San Pedro
76736	Sevilla
76823	Toro
76828	Trujillo
76834	Tulua
76845	Ulloa
76863	Versalles
76869	Vijes
76890	Yotoco
76892	Yumbo
76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

Nombre del dominio: Dom_cober_su

Código	Definición
11	Zonas urbanizadas
12	Zonas Industriales o comerciales
13	Zonas de extracción mineras y escombreras
14	Zonas verdes artificializadas, no agrícolas
21	Cultivos anuales o transitorios
22	Cultivos Permanentes
23	Pastos
24	Áreas agrícolas heterogéneas
31	Bosques
32	Áreas con vegetación herbácea y/o arbustiva
33	Áreas abiertas, sin o con poca vegetación
41	Áreas húmedas continentales
42	Áreas húmedas costeras
51	Aguas Continentales
52	Aguas marítimas

Nombre del dominio: Dom_Tipo_cober_su

Código	Definición
111	Tejido urbano
112	Centros poblados
121	Zonas industriales o comerciales
122	Redes viarias, ferroviarias y terrenos asociados
123	Zonas portuarias
124	Aeropuertos
125	Obras Hidráulicas
131	Zonas de extracción minera
132	Escombreras y vertederos
141	Zonas verdes urbanas
142	Instalaciones recreativas
211	Otros cultivos anuales o transitorios
212	Algodón
213	Arroz
214	Papa
221	Otros cultivos permanentes
222	Caña de Azucar
223	Caña panelera
224	Platano y banano
225	Café
226	Cacao
227	Palma de aceite
228	Frutales
229	Cultivos confinados
231	Pastos limpios
232	Pastos arbolados
233	Pastos enmalezados o enrastrados

241	Mosaico de cultivos
242	Mosaico de pastos y cultivos
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
244	Mosaico de pastos con espacios naturales
311	Bosque natural denso
312	Bosque natural fragmentado
313	Bosque de galería y/o ripario
314	Bosque de mangle
315	Bosque plantado
321	Pastos naturales y sabanas
322	Arbustos y matorrales
323	Vegetación esclerófila y/o espinosa
324	Vegetación de páramo y subpáramo
325	Vegetación rupícola
331	Playas, arenales y dunas
332	Afloramientos rocosos
333	Tierras desnudas o degradadas
334	Zonas quemadas
335	Zonas nivales o glaciares
411	Zonas pantanosas
412	Turberas
413	Esteros
414	Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
421	Marismas costeras
422	Salinas
423	Zonas intermareales
511	Ríos

512	Lagunas, lagos y ciénagas artificiales
513	Canales
514	Embalses y cuerpos de agua
521	Lagunas costeras
522	Estuarios
523	Mares y océanos
524	Arrecifes coralinos
525	Estanques piscícolas

DATASET: PUNTOS DE INFILTRACIÓN

Feature Class: puntos_infiltracion

Nombre de la capa: Infiltracion

Geometría: Puntos

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
VEL_INFILTRACION	Double	2	2	Velocidad de infiltración	
CLAS_INFILTRACION	Texto	10		Clasificación Puntos de infiltracion	Dom_clas_infiltracion
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Nombre del dominio: Dom_Municipio

Código	Definición
76001	Cali
76020	Alcala
76036	Andalucia
76041	Ansermanuevo
76054	Argelia
76100	Bolivar
76109	Buenaventura
76111	Guadalajara de Buga
76113	Bugalagrande
76122	Caicedonia
76126	Calima
76130	Candelaria
76147	Cartago
76233	Dagua
76243	El Aguila
76246	El Cairo
76248	El Cerrito
76250	El Dovio
76275	Florida
76306	Ginebra
76318	Guacari
76364	Jamundi
76377	La Cumbre
76400	La Union
76403	La Victoria
76497	Obando
76520	Palmira
76563	Pradera
76606	Restrepo
76616	Riofrio

76622	Roldanillo
76670	San Pedro
76736	Sevilla
76823	Toro
76828	Trujillo
76834	Tulua
76845	Ulloa
76863	Versalles
76869	Vijes
76890	Yotoco
76892	Yumbo
76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Politico-Administrativa de Colombia”

Nombre del dominio: Dom_vel_infiltracion

Código	Definición
01	Lenta
02	Moderada
03	Rápida

DATASET: PUNTOS GEOTECNICOS

Feature Class: ensayos_geotecnicos

Nombre de la capa: puntos_geotecnicos

Geometría: Puntos

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_MUNICIPIO	Texto	11		Código DANE del Municipio	Dom_Municipio
TIPO_MUESTREO	Texto	20		Tipo de Muestreo	Dom_tipo_muestreo
TIPO_ENSAYO	Texto	40		Tipo de Ensayo	Dom_tipo_ensayo
TIPO_MUESTRA	Texto	20		Tipo de muestra	Dom_tipo_muestra
PROFUNDIDAD	Texto	15		Profundidad	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Nombre del dominio: Dom_Municipio

Código	Definición
76001	Cali
76020	Alcala
76036	Andalucia
76041	Ansermanuevo
76054	Argelia
76100	Bolivar
76109	Buenaventura
76111	Guadalajara de Buga
76113	Bugalagrande
76122	Caicedonia
76126	Calima
76130	Candelaria
76147	Cartago
76233	Dagua
76243	El Aguila
76246	El Cairo
76248	El Cerrito
76250	El Dovia

76275	Florida
76306	Ginebra
76318	Guacari
76364	Jamundi
76377	La Cumbre
76400	La Union
76403	La Victoria
76497	Obando
76520	Palmira
76563	Pradera
76606	Restrepo
76616	Riofrio
76622	Roldanillo
76670	San Pedro
76736	Sevilla
76823	Toro
76828	Trujillo
76834	Tulua
76845	Ulloa
76863	Versalles
76869	Vijes
76890	Yotoco
76892	Yumbo
76895	Zarzal

Observación: El dominio Municipio propuesto corresponde a la codificación para Departamentos y Municipios del territorio nacional generado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística, DANE, en su documento “División Político-Administrativa de Colombia”

Nombre del dominio: Dom_tipo_muestreo

Código	Definición
01	Apique
02	Sondeos
03	Lecho del Río

Nombre del dominio: Dom_tipo_ensayo

Código	Definición
1	CD o Clasificación
2	Granulometría, hidrometría

Nombre del dominio: Dom_tipo_muestra

Código	Definición
10	Alterada
20	Inalterada

Anexo 4.2: SIG - Propuesta de Adiciones a la Estructuración propuesta por CVC

Feature Class: Geología_estructural**Nombre de la Capa:** Geología Estructural**Geometría:** Línea

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_CUENCA	Texto	11		Código de Cuenca	Dom_Cuenca
TIPO_ESTRUCTURA	Texto	6		Tipo Estructura Geológica	Dom_Estructura_Geologica
NOMBRE_ESTRUCTURA	Texto	50		Nombre Estructura Geológica	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Descripción de Dominios:**Nombre del Dominio:** Dom_Estructura_Geologica

Código	Definición
100000	Falla definida
100100	Falla inferida
100200	Falla incierta
100300	Falla cubierta
180000	Lineamiento fotogeológico
180500	Falla fotogeológica
200000	Contacto definido
200100	Contacto inferido
200200	Contacto incierto
200400	Contacto discordante
400000	Sinclinal definido
400300	Sinclinal cubierto
430000	Sinclinal volcado
430300	Sinclinal cubierto volcado
500000	Anticlinal definido
500300	Anticlinal cubierto
530000	Anticlinal volcado
530300	Anticlinal cubierto volcado

Los códigos asignados al dominio de estructura geológica son correspondientes con los utilizados por el INGEOMINAS; los códigos fueron tomados del documento “Estándares Cartográficos y Manejo de Información Geográfica para mapas Geológicos Departamentales y Planchas 1:100.000” Versión 1.1 - 2001.

Feature Class: Morfodinámica_Lineas**Nombre de la Capa:** Morfodinámica de líneas**Geometría:** Línea

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_CUENCA	Texto	11		Código de Cuenca	Dom_Cuenca
CODIGO_PROCESO	Integer	4		Código proceso morfolodinámico	Dom_Procesos_Linea
TIPO_LEVANTAMIENTO	Texto	2		Tipo de Levantamiento	Dom_Tipo_Levantamiento
TIPO_PROCESO	Texto	2		Tipo de proceso Morfolodinámico	Dom_Tipo_Proceso_Morfolodinámico
FECHA_EVENTO	Date			Fecha de ocurrencia o reporte del proceso morfolodinámico	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Descripción de Dominios:**Nombre del Dominio:** Dom_Tipo_Levantamiento

Código	Definición
01	Campo
02	Fotointerpretación
03	Análisis de Imágenes de Satélite

Nombre del Dominio: Dom_Tipo_Proceso Morfolodinamico

Código	Definición
01	Remoción
02	Acumulación
03	Remoción y Acumulación

Nombre del Dominio: Dom_Procesos_Linea

Código	Definición
3000	Deslizamiento activo de 0 – 3 ha
3001	Deslizamiento - avalancha
5902	Terraza
5917	Vertiente en roca
5920	Borde superior de valle glaciar en U
5921	Garganta sub-glacial
5923	Paleocanal en la llanura aluvial
5925	Cresta monoclinal con talud abrupto
5926	Cresta divisoria
5927	Escarpe erosivo bien preservado
5930	Corredor de debris flow activo
5931	Corredor de debris flow inactivo
5933	Circo glaciar
5934	Cárcava areal activa
5935	Cárcava areal inactiva
5936	Debris flow activo
5937	Debris flow inactivo
5938	Morrena terminal
5943	Deslizamiento mayor de 3 ha
5944	Corona de deslizamiento antiguo
5945	Corredor inactivo de flujo de lodo
5946	Corredor activo de flujo de lodo
5947	Escarpe erosivo con caída activa de bloques
5948	Caída de rocas
5950	Deslizamiento inactivo de 0 - 3 ha
5955	Depósito de vertiente
5956	Relleno aluvial
5957	Desgarre superficial activo
5959	Socavamiento del lecho del río
5960	Solifluxión - Reptación
5962	Cárcava lineal inactiva
5963	Cárcava lineal activa
5964	Zona afectada por carcavamiento activo
5965	Erosión laminar intensa
5966	Vertiente con inestabilidad manifiesta
5967	Vertiente con inestabilidad manifiesta inactiva
5968	Esguerramiento difuso
5975	Erosión laminar
5980	Escarpe erosivo
5981	Agrietamiento del terreno
5982	Reptación
5983	Hundimiento del terreno

Feature Class: Morfodinámica_Poligonos**Nombre de la Capa:** Morfodinámica de polígonos**Geometría:** Polígono

Atributo	Tipo de datos	Longitud del tipo de dato		Nombre del Alias	Nombre del Dominio
		Ent	Dec		
CODIGO_CUENCA	Texto	11		Código de Cuenca	Dom_Cuenca
CODIGO_PROCESO	Integer	4		Código morfo dinámico proceso	Dom_Procesos_Linea
TIPO_LEVANTAMIENTO	Texto	2		Tipo de Levantamiento	Dom_Tipo_Levantamiento
TIPO_PROCESO	Texto	2		Tipo de proceso Morfo dinámico	Dom_Tipo_Proceso_Morfodinámico
FECHA_EVENTO	Date			Fecha de ocurrencia o reporte del proceso morfo dinámico	
AÑO_ESTUDIO	Short integer	4		Año de Estudio	
AÑO_AJUSTE	Short integer	4		Año de Ajuste	

Descripción de Dominios:**Nombre del Dominio:** Dom_Procesos_Poligono

Código	Definición
5901	Llanura aluvial del río Cauca
5902	Terraza
5903	Llanura aluvial
5904	Cono – abanico antiguo
5905	Abanico aluvial
5906	Abanico intracolinado
5907	Abanico colinado muy antiguo
5908	Deposito de flujo de lodo
5909	Llanura aluvial de piedemonte
5910	Abanico reciente y subreciente
5911	Abanico: cuerpo y pie
5914	Morrena
5917	Vertiente en roca
5918	Circo glaciar
5919	Depresión cerrada por sobre-excavación
5932	Colina aislada circundada por depósitos cuaternarios
5933	Colina sobresaliente en relieve denudativo
5934	Cárcava areal activa
5935	Cárcava areal inactiva
5943	Corona de deslizamiento antiguo inactivo
5954	Zona afectada por desgarres superficiales
5955	Depósito de vertiente
5956	Relleno aluvial
5957	Relleno fluvio-torrencial
5958	Relleno aluvial intracolinado sin diferenciar
5959	Depósito de río
5964	Zona afectada por cárcavamiento antiguo
5965	Zona con erosión laminar intensa
5966	Vertiente con inestabilidad manifiesta
5967	Vertiente con inestabilidad manifiesta inactiva
5968	Vertiente con inestabilidad manifiesta activa
5969	Zona de alta concentración de cárcavas lineales y areales inactivas
5970	Erosión antrópica
5971	Depósito coluvial
5972	Depósito coluvio-aluvial
5973	Flujo de escombros
5976	Zona afectada por erosión concentrada
5977	Zona en proceso de reactivación de cárcavas
5978	Tierras malas
5979	Erosión por terracetas
5982	Zona de alta concentración de deslizamientos
5990	Depósito glaciar
5991	Zona de alta concentración de movimientos en masa pequeños
5992	Vertiente en roca con expresión nítida de sus estructuras
5993	Rocas aborregadas
5994	Depresión cerrada por sobre-excavación glaciar
5995	Laguna
5998	Superficie heredada en la cima de bloques montañosos
5999	Colina aislada

6000	Playa – Arenal
6001	Afloramiento de roca
6002	Deslizamiento antiguo
6003	Deslizamiento rotacional reactivado
6004	Erosión controlada
6005	Erosión activa
6006	Rasgos morfológicos de remoción en masa antiguos no clasificados
6007	Zona de erosión potencial

Observación: El dominio Dom_Tipo_Levantamiento y Dom_Tipo_Proceso_morfodinamico es igual que el del feature Morfodinámica_Líneas.

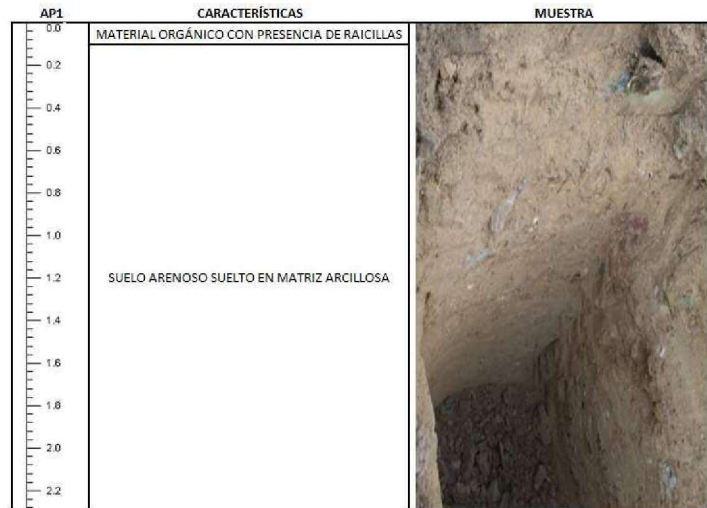
Anexo 7.1: Hidrología – Isoyetas mensuales multianuales

Anexo 8.1: Geotecnia - Registro de exploración del subsuelo (Apiques)

**REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO MUNICIPIO DE BUGA
AP1**

Coordenadas: N 923221

E 1088345



AP2

Coordenadas: N 923418

E 1088110



AP3

Coordenadas: N 923256

E 1087819

AP3	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	LIMO ORGANICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4	LIMO ARENO ARCILLOSO COLOR CAFÉ, CON PRESENCIA DE OXIDACIONES Y GRAVAS REDONDEADAS DE 2-3 CM	
0.6		
0.8		
1.0		
1.2		
1.4		
1.6	LIMO ARENO ARCILLOSO COLOR AMARILLO	
1.8		
2.0		

AP4

Coordenadas: N 923754

E 1087984

AP4	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4	ARENA SUELTA DE GRANO MEDIO CON PRESENCIA DE CANTOS RODADOS DE 15 CM	
0.6		
0.8		
1.0		
1.2		
1.4		
1.6	SUELO ARENOSO SUELTO EN MATRIZ ARCILLOSA CON PRESENCIA DE ROCAS DE MENOR TAMAÑO	
1.8		
2.0		
2.2		

AP5

Coordenadas: N 924111

E 1088098

AP5	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
	SUELO ARCILLOSO DE CONSISTENCIA MEDIA	

AP6

Coordenadas: N 924764


E 1088423

AP6	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
	SUELO ARCILLOSO DE BUENA CONSISTENCIA	

AP7

Coordenadas: N 925613

E 1088514

AP7	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4		
0.6		
0.8		
1.0	SUELO DE MEDIA RESISTENCIA, ARENOSO	
1.2		
1.4		
1.6		
1.8		
2.0		

AP8

Coordenadas: N 926587

E 1088936

AP8	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0		
0.2		
0.4		
0.6		
0.8	LIMO ARENO ARCILLOSO DE COLOR CAFE CLARO	
1.0	CON PRESENCIA DE OXIDACIONES, DE UNA	
1.2	CONSISTENCIA MEDIA	
1.4		
1.6		
1.8		

AP9

Coordenadas: N 921354

E 1087857



AP10

Coordenadas: N 921164

E 1088267



AP11

Coordenadas: N 920685

E 1087587

AP11	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0	MATERIAL ORGÁNICO CON PRESENCIA DE RAICILLAS	
0.2		
0.4	SUELO LIMO ARCILLOSO CON PRESENCIA DE OXIDACIONES Y CANTOS DE GRAN TAMAÑO	
0.6		
0.8		
1.0		
1.2		
1.4	SUELO LIMO ARCILLOS DE CONSISTENCIA MEDIA Y PRESENCIA DE OXIDACIONES	
1.6		
1.8		
2.0		

AP12

Coordenadas: N 925735

E 1088847

AP12	CARACTERÍSTICAS	MUESTRA
0.0		
0.2		
0.4		
0.6		
0.8		
1.0	SUELO ARENOSO DE RESISTENCIA , COLOR AMARILLO	
1.2		
1.4		
1.6		
1.8		
2.0		

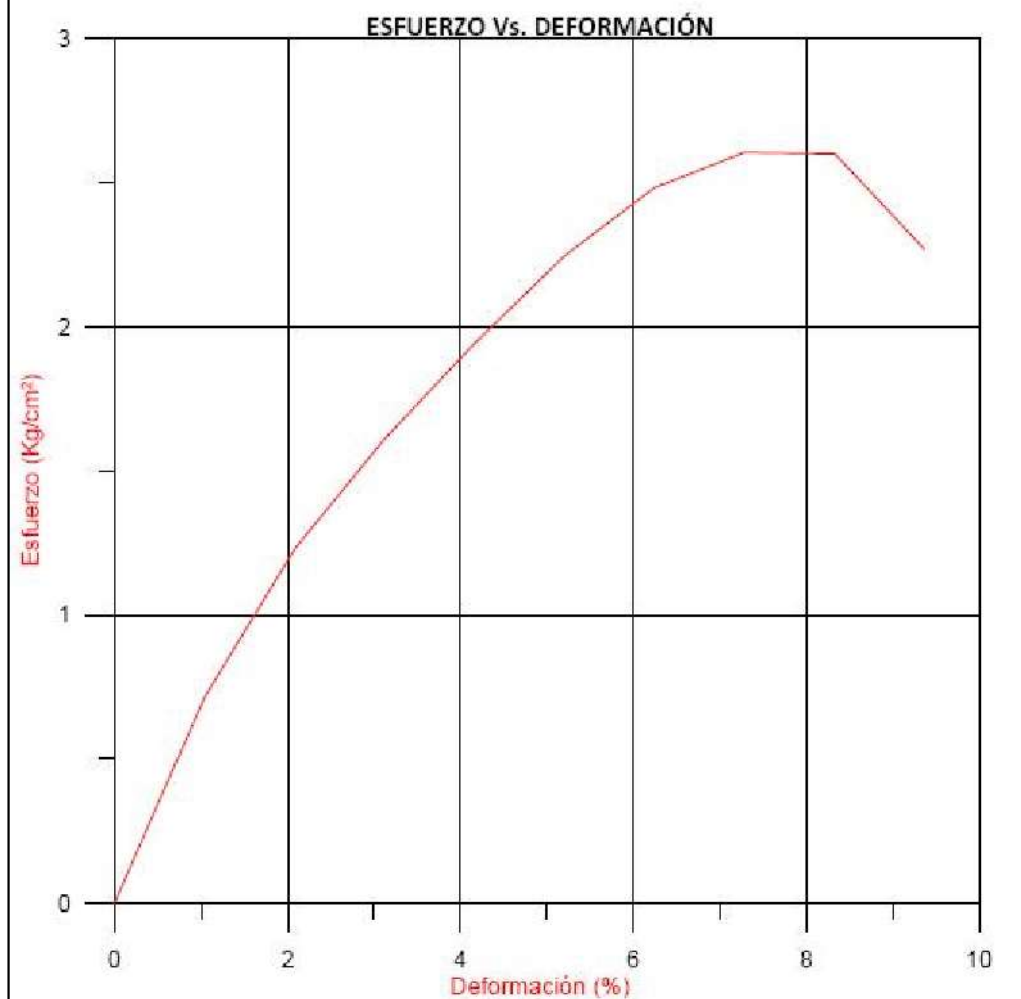
Anexo 8.2: Geotecnia - Resultados de ensayos de laboratorio

ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Prof(m): 6.00-7.50

SONDEO: 1
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: 3

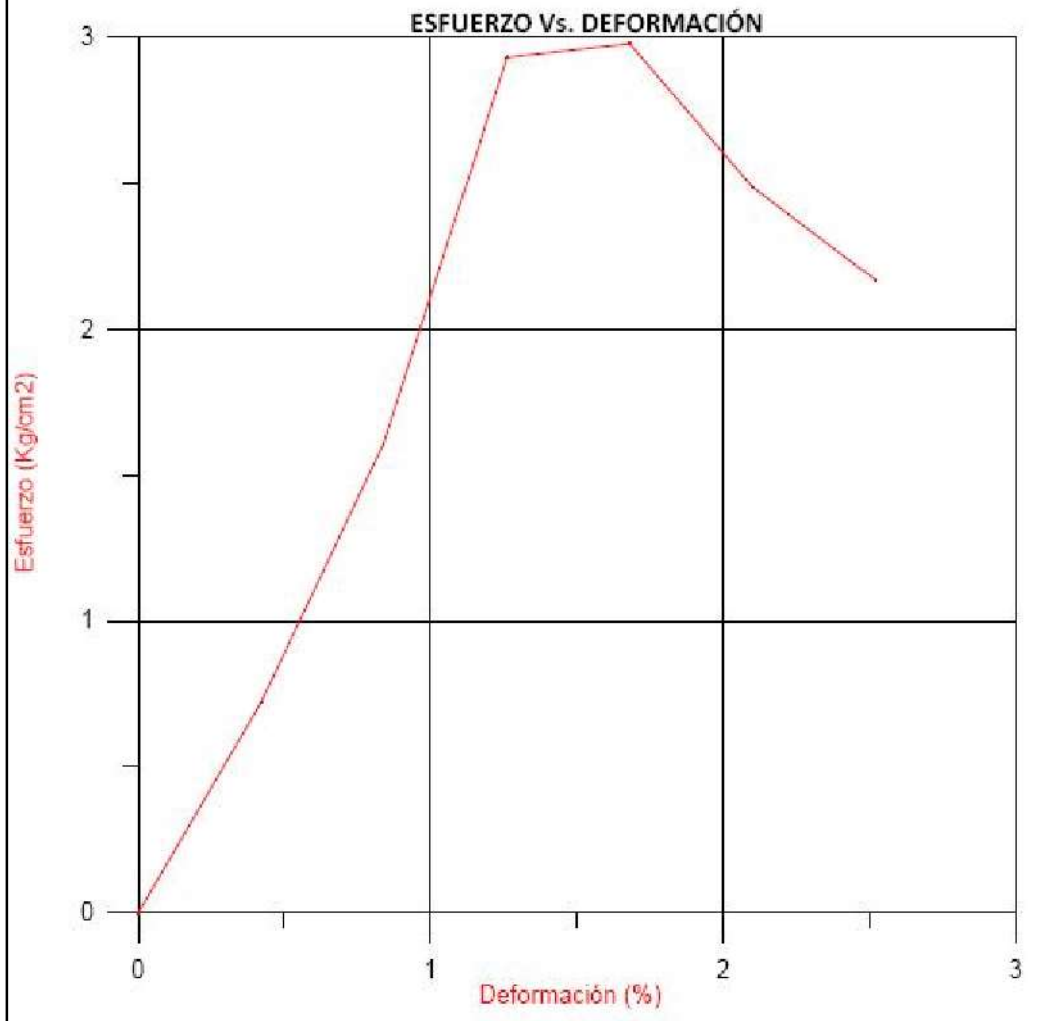


ENSAYO DE COMPRESIÓN INCONFINADA

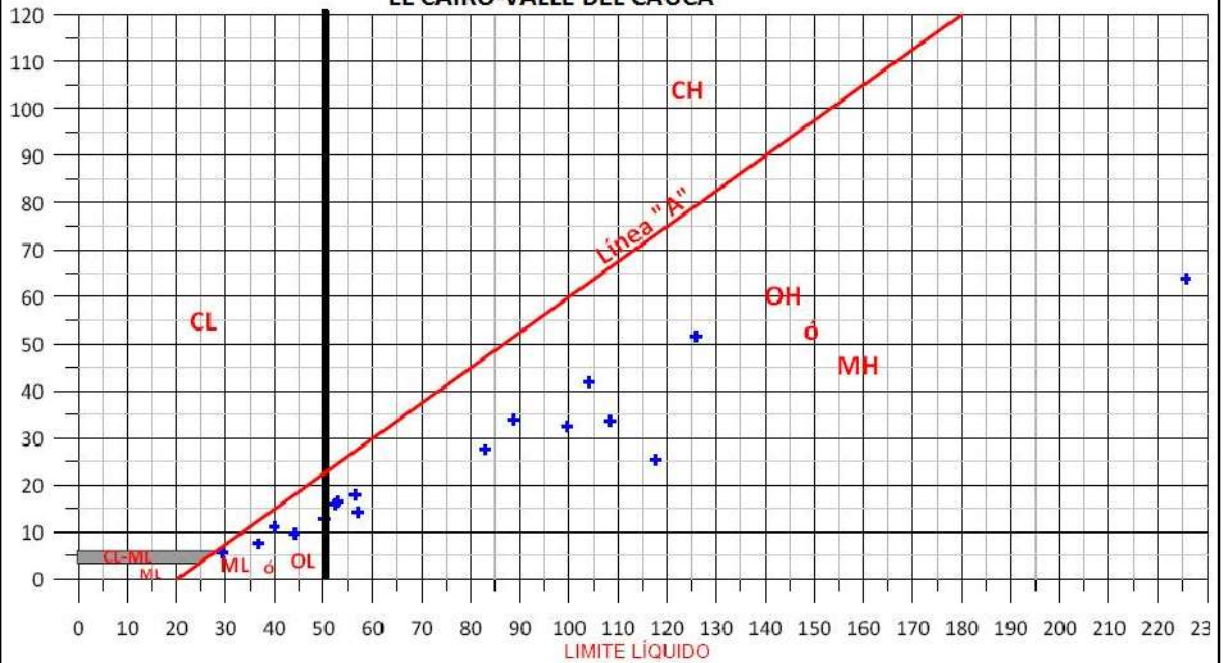
PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Prof(m): 0.00-1.70

APIQUE: 5
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M5



**CARTA DE PLASTICIDAD PARA LA CLASIFICACIÓN
EN LABORATORIO DE SUELOS FINOS
EL CAIRO-VALLE DEL CAUCA**



NOMBRES TÍPICOS

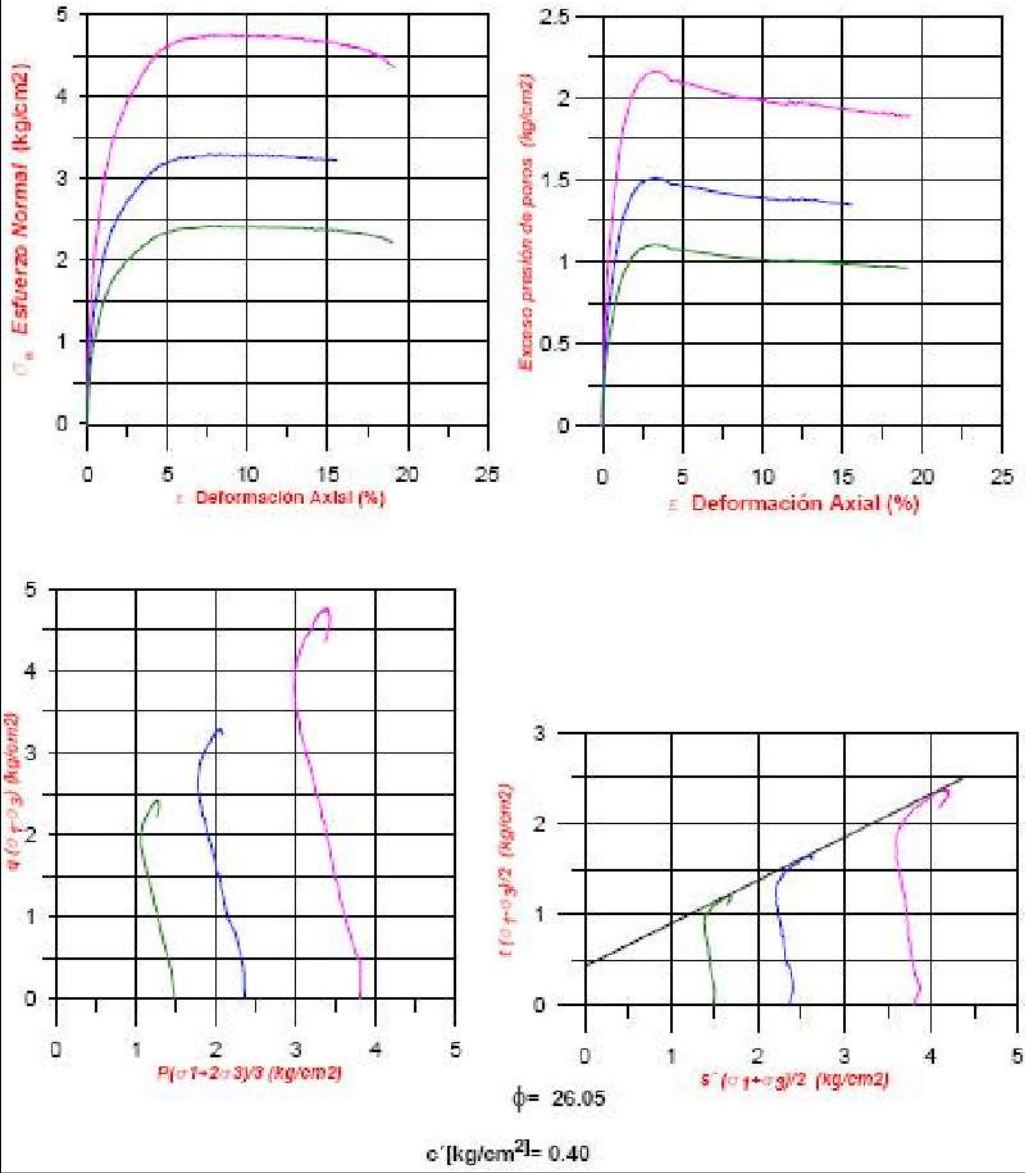
- ML: Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillas con ligera plasticidad.*
- CL: Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con gravas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.*
- OL: Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.*
- MH: Limos inorgánicos, suelos limosos a arenosos finos micáceos o con diatomeas, limos elásticos.*
- CH: Arcillas inorgánicas de plasticidad elevada, arcillas grasas.*
- OH: Arcillas orgánicas de plasticidad media alta.*

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
 Prof(m): 10.50-12.00

SONDEO: 1
 SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M8

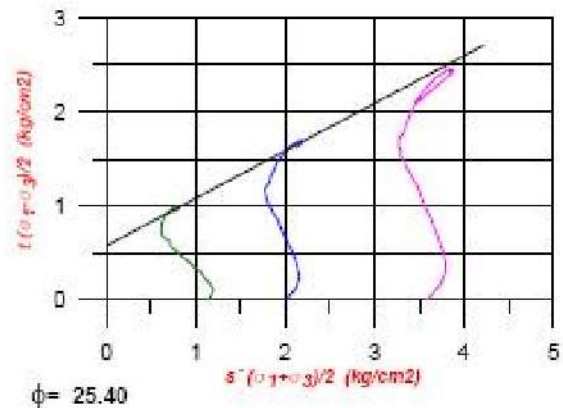
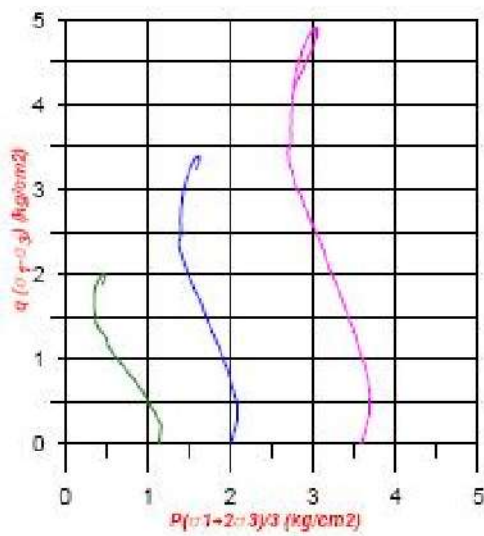
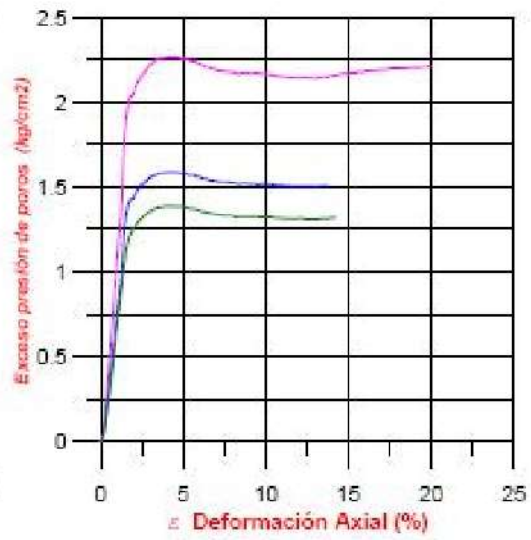
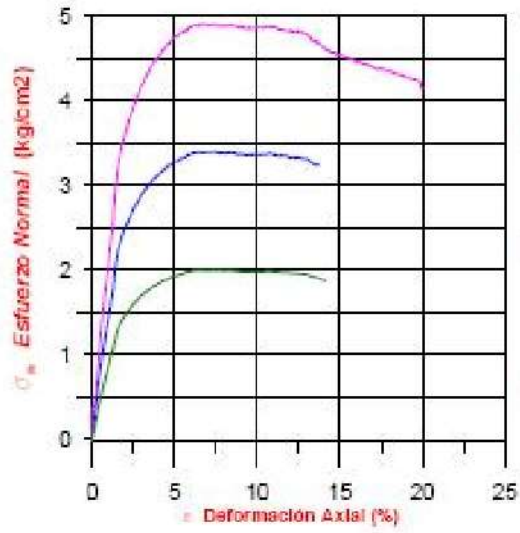


ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Profund: 13.50-15.00

SONDEO: 1
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M10



$c' [kg/cm^2] = 0.60$

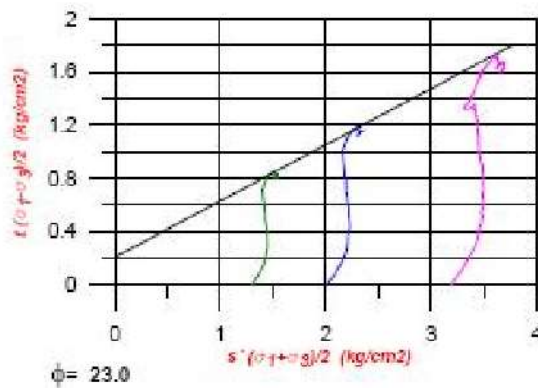
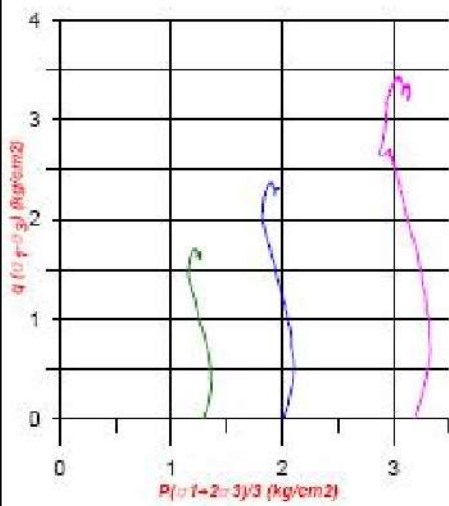
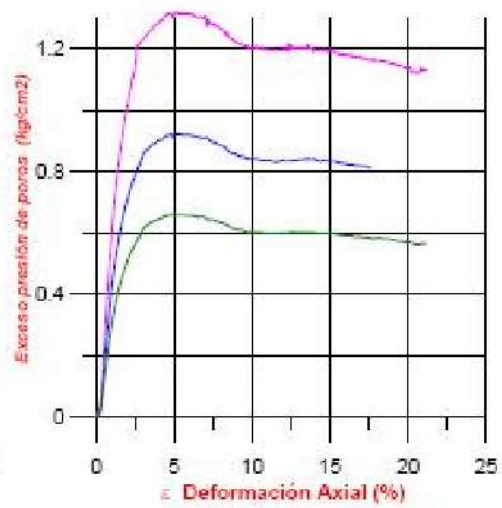
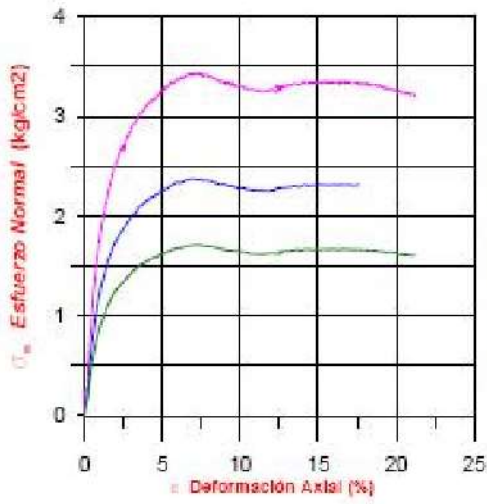
$\phi = 25.40$

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Prof(m): 6.00-7.50

SONDEO: 2
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M5



$c' [\text{kg/cm}^2] = 0.21$

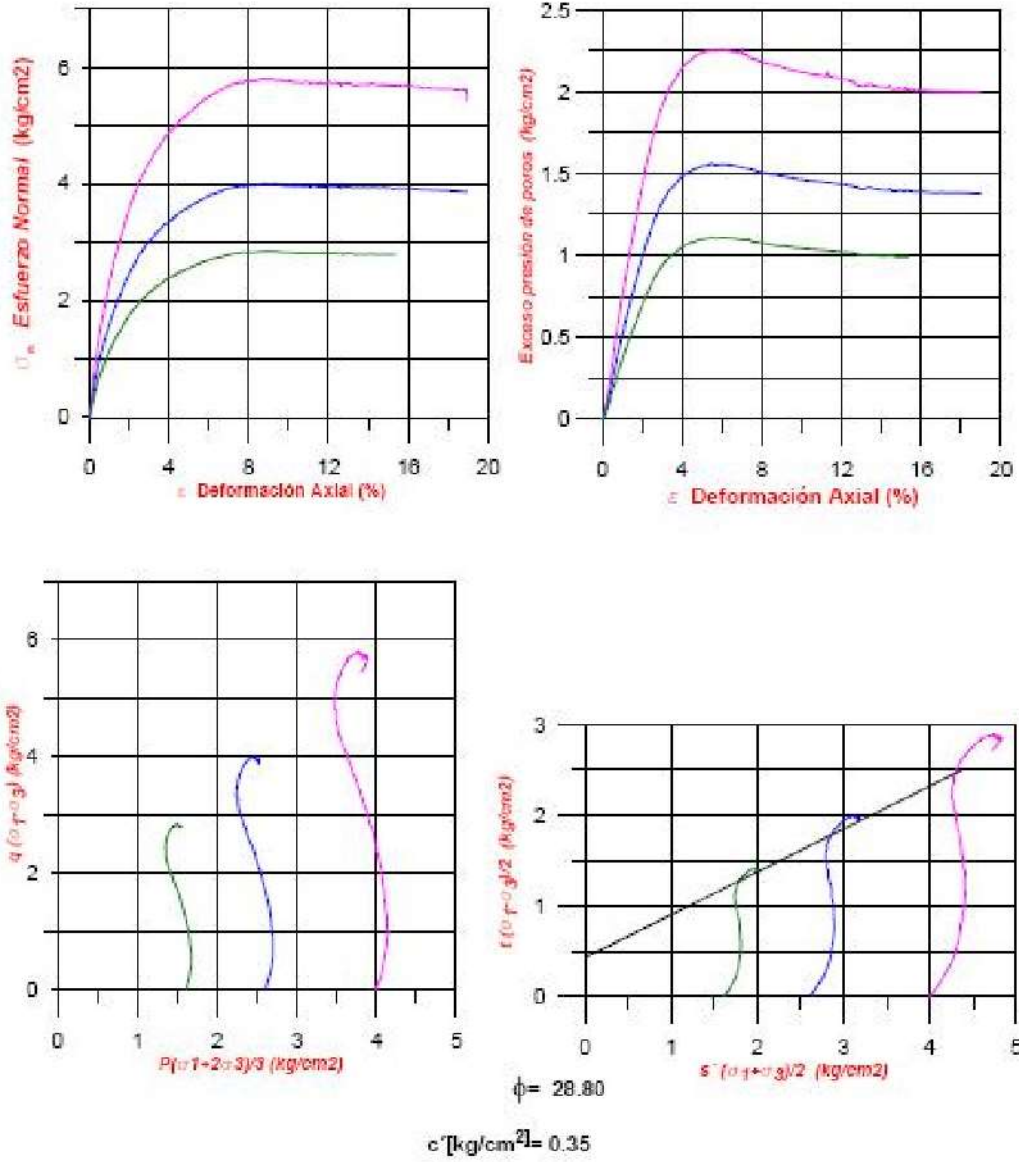
$\phi = 23.0$

ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Prof(m): 12.00-12.50

SONDEO: 2
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M5

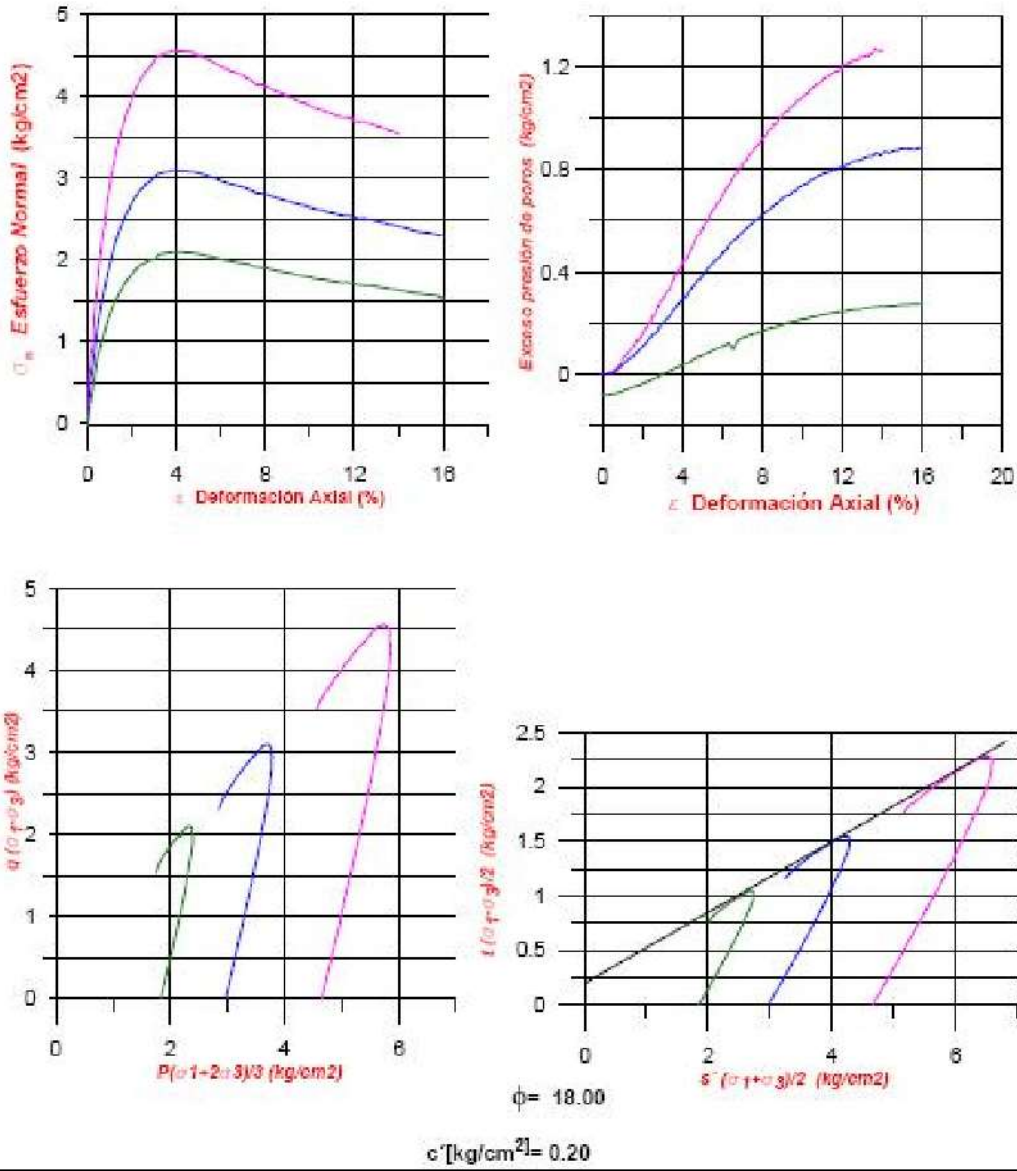


ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Profund: 1.50-3.00

SONDEO: 3
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M2

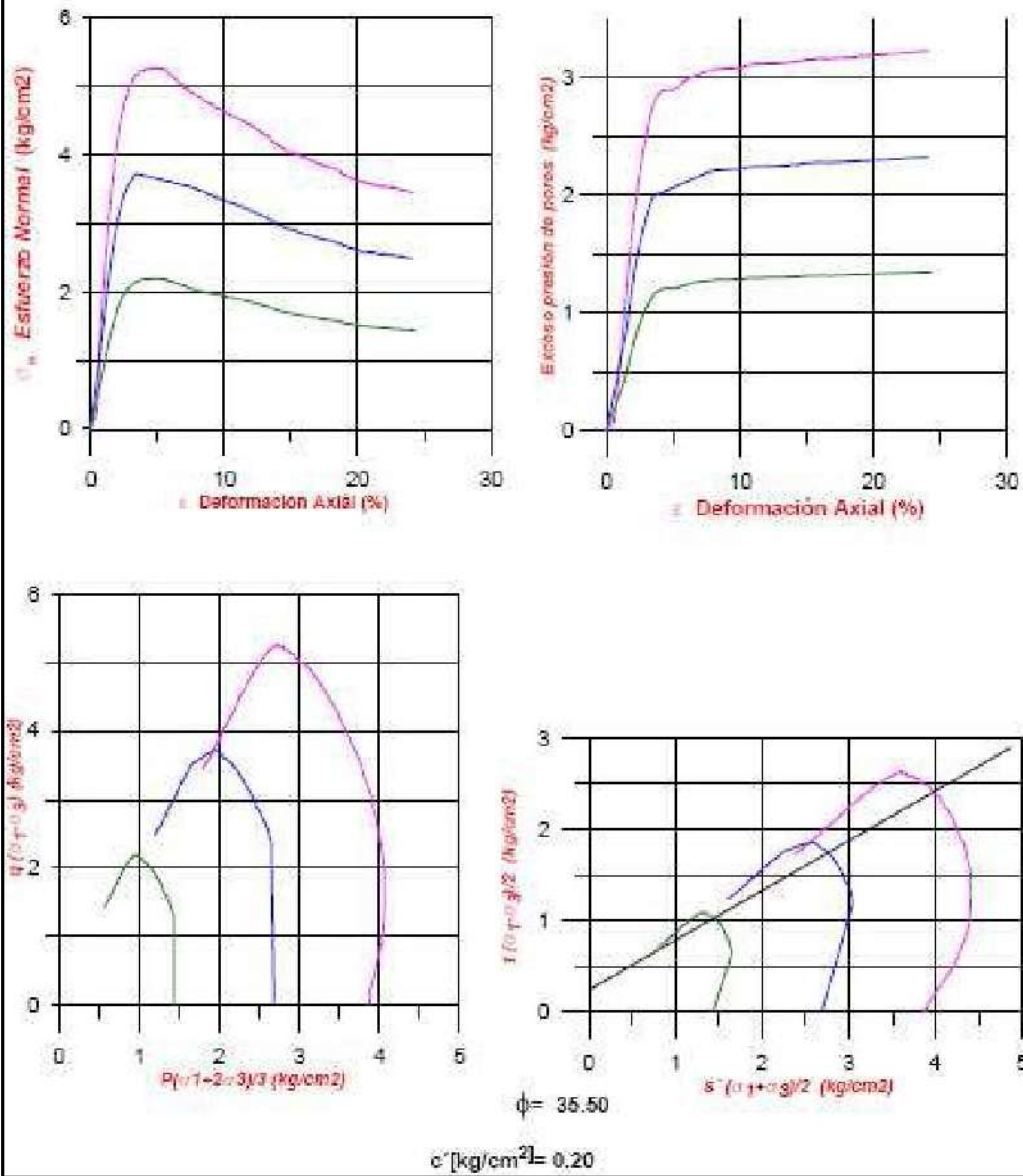


ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Profund: 3.00-4.50

BONDEO: 8
BITID: EL CAIRO

MUESTRA: M3

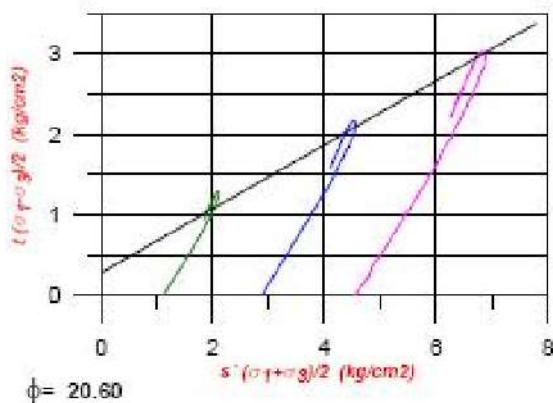
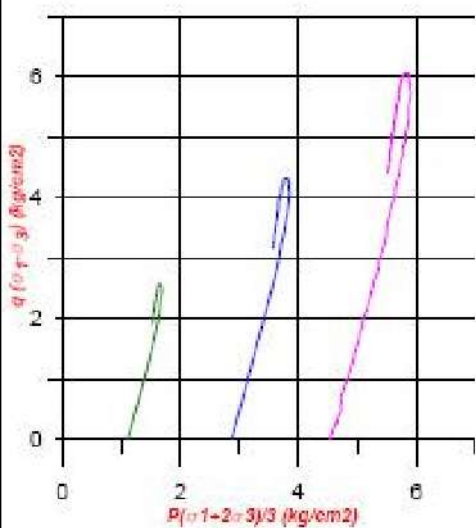
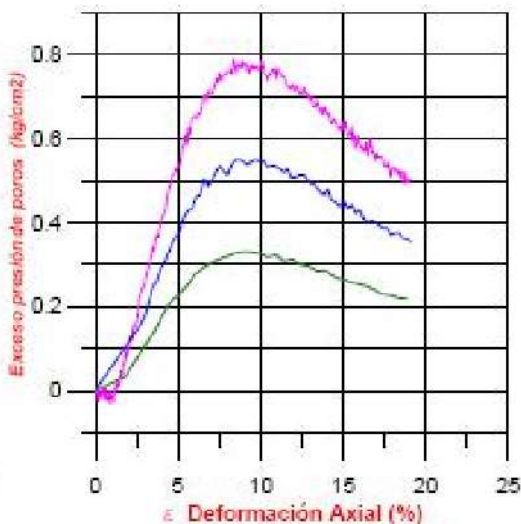
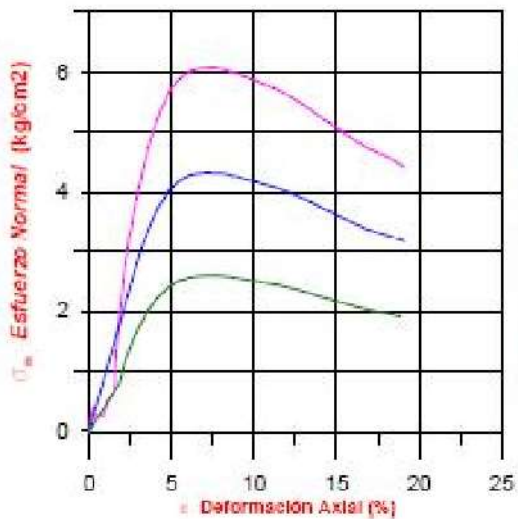


ENSAYO TRIAXIAL CONSOLIDADO NO DRENADO

PROYECTO: VALLE DEL CAUCA
Prof(m): 16.50-18.00

BONDEO: 3
SITIO: EL CAIRO

MUESTRA: M12



$c' [\text{kg/cm}^2] = 0.50$

$\phi = 20.60$