

**CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N° 0205 DE 2017
CVC – UNIVALLE
MUNICIPIOS DE BOLÍVAR, ROLDANILLO Y VERSALLES**



Geología y Geomorfología para la zonificación de amenazas por inundación y movimientos en masa de la zona urbana del Municipio de Roldanillo

INFORME TÉCNICO



Santiago de Cali, octubre de 2018



CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°0205
CVC – UNIVALLE
MUNICIPIOS DE BOLIVAR, ROLDANILLO Y VERSALLES



PRESENTACIÓN

Para la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC, es una gran satisfacción aportar a los municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles, la evaluación de la amenaza, vulnerabilidad y escenarios de afectación o daño en el componente urbano municipal, en cumplimiento de la función dada por la Ley 1523 de 2012 sobre el apoyo a los municipios en el conocimiento del riesgo.

Conocedores de la importancia y responsabilidad que reviste abordar el tema del conocimiento de las amenazas y los riesgos, la CVC llevó a cabo una alianza con el Observatorio Sismológico y Geofísico del Suroccidente, OSSO, adscrito a la Universidad del Valle, con el fin de obtener los mejores resultados en estas evaluaciones. De igual forma, es necesario reconocer el aporte, contribución y compromiso de las administraciones municipales y sus propios habitantes, a lo largo de la ejecución de este estudio. Otro objetivo es fortalecer el conocimiento que tenemos de nuestro entorno para tener certeza y articular una adecuada planificación y ocupación de nuestros territorios.

Los estudios entregados son parte fundamental de la información que se requiere para que cada municipio formule su Ordenamiento Territorial de segunda generación y son evaluaciones que dan soporte para la reducción y la elaboración de planes de emergencia y contingencia.

La presente evaluación de las amenazas y riesgos deben estructuralmente permitirle al municipio reglamentar el uso del suelo en el componente urbano, de tal manera que, como lo define la política de gestión del riesgo y en esencia la constitución colombiana, se logre avanzar hacia un desarrollo sostenible, que ofrezca seguridad para la vida de los habitantes, sus bienes y medios de subsistencia, así como a toda la infraestructura del municipio.

Finalmente, la CVC con estas evaluaciones, a través de la Universidad, espera contribuir en la formación y fortalecimiento de la capacidad profesional de la región en este tipo de estudios.

Rubén Darío Materon Muñoz
Director General
CVC

AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Dirección Ambiental Regional CVC-DAR BRUT, a la Secretaría de Planeación del municipio de Roldanillo por la información suministrada y el acompañamiento por parte del señor José Hernando Valderrama, quien puso a nuestra disposición la información necesaria de lugares críticos por inundación y de movimientos en masa en la zona urbana del municipio en el marco del Convenio Interadministrativo N°0205 de 2017 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto *“Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación para las Áreas Urbanas de los Municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles en el Valle del Cauca”*.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA – CVC

DIRECTIVOS

RUBÉN DARÍO MATERÓN MUÑOZ

Director General

MARÍA CRISTINA VALENCIA RODRÍGUEZ

Secretaria General (C)

HÉCTOR FABIO ARISTIZABAL RODRIGUEZ

Director Técnico Ambiental (C)

PAULA ANDREA SOTO QUINTERO

Directora Territorial – Dirección Ambiental Regional BRUT

SUPERVISIÓN

Yuncely Gimena Bastidas B

Ingeniería Civil
Especialista en Diseño Estructural
Líder del proyecto 5001

Arelix Andrea Ordoñez Franco

Ingeniería Ambiental
Supervisora del Convenio Interadministrativo N° 0205 de 2017 CVC-Univalle

EQUIPO TÉCNICO

Omar Alberto Chaves M

Ingeniero Civil

Alejandra María Gómez

Ingeniera Civil
Doctora (Ph. D.) en Geotecnia

María Victoria Cross Garcés

Ingeniera Agrónoma
Especialización en Educación Ambiental

UNIVERSIDAD DEL VALLE

DIRECTIVOS

EDAGAR VARELA BARRIOS

Rector

LILIANA ARIAS CASTILLO

Vicerrectora Académica

INÉS MARÍA ULLOA VILLEGAS

Vicerrectora Administrativa

CLAUDIA SANTAMARÍA GAITÁN

Vicerrector de Bienestar Universitario

JAIME RICARDO CANTERA KINTZ

Vicerrector de Investigación

ANTONIO JOSÉ ECHEVERRY PÉREZ

Secretario General

GLADYS STELLA LÓPEZ JIMÉNEZ

Decana - Facultad de Humanidades

EQUIPO TÉCNICO

ELKIN DE JESÚS SALCEDO HURTADO

Director - Observatorio Sismológico y Geofísico del Sur Occidente Colombiano - OSSO
Doctor (Ph. D.) en Física-Matemáticas

GRUPO DE GEÓLOGIA

Lina María Ospina

Geóloga.
Doctor (Ph. D.) en Ciencias de la Tierra

Sandra Yackeline Bedoya Cuervo

Geóloga.

GRUPO DE CARTOGRAFÍA Y SIG

Jhon Jairo Barona

Doctor en Ing Geográfica
Coordinador

Vanessa García Cardona

Ing. Topográfica

Danny Alexander Cocuñame Ricardo

Geógrafo

María Camila Pomeo

Est. Ingeniería Topográfica

Carlos Mauricio Mosquera Pérez

Est. Ingeniería Topográfica

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	8
1 LOCALIZACIÓN.....	10
2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA.....	10
2.1 GEOLOGIA REGIONAL	11
2.1.1 COMPLEJO ULTRAMÁFICO DE BOLÍVAR – KU.....	12
2.1.2 FORMACIÓN VOLCÁNICA (KV).....	13
2.1.3 COMPLEJO ESTRUCTURAL DAGUA (KD).....	14
2.1.4 DEPÓSITOS.....	15
2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	16
2.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	17
2.3.1 MAPA GEOLÓGICO LOCAL.....	17
2.3.1.1. DEPÓSITOS DEL RÍO REY.....	29
2.3.1.2. DEPÓSITOS DEL ZANJÓN DEL GUACHAL	33
2.3.1.3. DEPÓSITOS ALUVIALES DEL ZANJÓN DE IPIRA O DE LOS MUDOS	34
2.3.1.4. DEPÓSITOS DEL RÍO CÁCERES	43
2.3.1.5. DEPÓSITOS COLUVIALES	49
2.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	50
2.4.1 FALLA INFERIDA CON INDICIOS GEOMORFOLÓGICOS, PERO SIN EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE.....	51
2.4.2 TRAZO FALLA REGIONAL SGC	51
2.5 MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES	51
2.5.1 UNIDAD DE ROCA DURA (RD)	52
2.5.2 UNIDAD DE SUELO TRANSPORTADO (St)	52
2.6 MAPA GEOMORFOLÓGICO	54
2.6.1 FASE 1.	54
2.6.2 FASE 2	58
2.6.3 FASE 3	67
2.6.4 ANÁLISIS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA.....	67
2.7 MOVIMIENTOS EN MASA	69
2.8 SECTORES AFECTADOS POR EROSIÓN	71
2.8.1 RÍO REY.....	71
2.8.2 RÍO ROLDANILLO.....	74
2.8.3 RÍO CÁCERES	76
2.9 INUNDACIONES	78
2.9.1 RÍO REY.....	79
2.9.2 ZANJÓN DEL GUACHAL	84
2.9.3 ZANJÓN DE IPIRA O DE LOS MUDOS	85
2.9.4 RÍO ROLDANILLO.....	90
2.9.5 RÍO CÁCERES	95
2.9.6 CANAL DEL CONJUNTO PORTAL DEL VALLE	98
CONCLUSIONES.....	101
REFERENCIAS	103
ANEXOS.....	105

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.	10
FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO PLANCHA 242 – ZARZAL (VALLE DEL CAUCA-COLOMBIA).....	12
FIGURA 3. MAPA DE ESTACIONES DE CAMPO ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	19
FIGURA 4. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.	20
FIGURA 5. ZONA MONTAÑOSA CONFORMADA POR ROCAS BASÁLTICAS DE LA FORMACIÓN VOLCÁNICA (KV) AL OESTE DE LOS BARRIOS LA CEIBA Y LAS COLINAS.	21
FIGURA 6. AFLORAMIENTOS DE BASALTO EN EL SECTOR DEL GUACHAL Y EL BARRIO LA CEIBA... 22	
FIGURA 7. A. AFLORAMIENTO DE BASALTO SUPRAYACIDO POR DEPÓSITO COLUVIAL TOBÁCEO. B. DETALLE DE METEORIZACIÓN ESFEROIDAL EN BASALTOS. VISTA SUR-NORTE.	23
FIGURA 8. RÍO REY. A. BASALTO SUPRAYACIDO POR DEPÓSITO ALUVIAL. B. DETALLE DE METEORIZACIÓN ESFEROIDAL EN LECHO DEL RÍO.	24
FIGURA 9. A. BASALTO SUPRAYACIDO POR DEPÓSITO COLUVIAL. B. DETALLE DE DEPÓSITO COLUVIAL. C. BASALTO SOBRE EL QUE ESTÁ CONSTRUIDO PARTE DEL BARRIO LA NUEVA ERMITA.	25
FIGURA 10. ESTACIÓN R138. BASALTO DIACLASADO Y METEORIZADO SOBRE LA VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDA CASCARILLO.	26
FIGURA 11. COMPLEJO ULTRAMÁFICO DE BOLÍVAR (KU). AFLORAMIENTO SOBRE VÍA PANORAMA AL SE DE ROLDANILLO. A. GABRO HORNBLÉNDICO CON CÚMULOS DE ANFÍBOLES Y ARENISCAS EN CONTACTO FALLADO A SU VEZ SUPRAYACIDAS POR DEPÓSITO DE TOBAS. B. ZONA DE BRECHA DE FALLA. C. DETALLE DE CONTACTO FALLADO.....	27
FIGURA 12. A. DEPÓSITO DE CENIZAS VOLCÁNICAS REPOSANDO DISCONFORMEMENTE SOBRE ROCAS DEL COMPLEJO OFIOLÍTICO DE BOLÍVAR. B. VIVIENDAS BARRIO VILLA ROSITA CONSTRUIDAS SOBRE DEPÓSITOS DE CENIZAS (QPcv).....	28
FIGURA 13. SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA EN EL RÍO REY. (A) ABANICOS ALUVIALES (TOPE) COMPUESTOS POR TOBAS BLANCAS MUY COMPACTAS QUE SUPRAYACEN DEPÓSITOS ALUVIALES (B) DETALLE DE LAS SECUENCIAS ALUVIALES ESPESAS DE GRAVAS GRUESAS A FINAS CON MATRIZ TOBÁCEA, INTERESTRATIFICADAS CON ARENAS TOBÁCEAS MASIVAS Y EN OCASIONES PRESENTAN LENTES CON LAMINACIÓN INCLINADA Y CRUZADA.	29
FIGURA 14. BASAMENTO BASÁLTICO DE LA FORMACIÓN VOLCÁNICA, SUPRAYACIDA POR DEPÓSITOS ALUVIALES	30
FIGURA 15. AFLORAMIENTO DE DEPÓSITOS DE ARENA TOBÁCEA QUE SUPRAYACE CONGLOMERADO CLASTOSOPORTADO.	31
FIGURA 16. ESTACIÓN R19. DEPÓSITO CONGLOMERÁTICO CLASTO SOPORTADO DE 4M DE ALTURA Y SIN GRADACIÓN, CON CLASTOS DE HASTA 20CM.	31
FIGURA 17. ESTACIÓN R23. A LA BASE CONGLOMERADO CLASTO SOPORTADO DE 0.4M, SUPRAYACIDO POR DEPÓSITO ALUVIAL DE TOBA MASIVA DE 3M CON PEQUEÑOS LENTES DE CONGLOMERADO Y EN EL TOPE CONGLOMERADO MATRIZ SOPORTADO DE 0.6M	31
FIGURA 18. ESTACIÓN R29. A LA BASE CONGLOMERADO CLASTOSOPORTADO CON CLASTOS DE HASTA 10CM, SUPRAYACIDO POR CONGLOMERADO MATRIZ SOPORTADO (NÓTESE EL CONTACTO EROSIVO ENTRE LOS DOS DEPÓSITOS) Y AL TOPE CONGLOMERADO CLASTOSOPORTADO CON CLASTOS MENORES A 5CM.	32

FIGURA 19. ESTACIÓN R30. A LA BASE CONGLOMERADO CLASTOSOPORTADO DE 1.5M DE ESPESOR, SUPRAYACIDO POR 1.5M DE ARENA TOBÁCEA MASIVA Y AL TOPE CONGLOMERADO MATRIZ SOPORTADO DE 2M DE ESPESOR Y CLASTOS DE 1 A 10CM.	32
FIGURA 20. ESTACIÓN R136. A LA BASE DEPÓSITO CONGLOMERÁTICO CLASTO SOPORTADO DE 0.6M DE ESPESOR, SUPRAYACIDO POR 4M DE ARENAS TOBÁCEAS MASIVAS.	33
FIGURA 21. SECUENCIAS ESTRATIGRÁFICAS IDENTIFICADAS EN LA PARTE MEDIA DEL ZANJÓN EL GUACHAL.....	34
FIGURA 22. SECUENCIA ESTRATIGRÁFICA DEL ZANJÓN DE LOS MUDOS, EN ESTA IMAGEN SE PUEDE OBSERVAR LA DINÁMICA DE DEPOSITACIÓN POR DIVAGACIÓN DEL CANAL. ESTACIÓN R36.	35
FIGURA 23. MATERIALES QUE CONFORMAN EL ABANICO ALUVIAL SOBRE EL QUE SE ESTÁ CONSTRUYENDO LA URBANIZACIÓN MIRADOR CAMPESTRE. A. DEPÓSITOS ZONA PROXIMAL DEL ABANICO. B. DEPÓSITOS ZONA MEDIA LATERAL DEL ABANICO.	36
FIGURA 24. ESTACIÓN R97. A. DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL EN EL HOTEL LLANO LINDO. B. DETALLE DE MATERIAL TOBÁCEO SUPRAYACIENDO CONGLOMERADOS CLASTOSOPORTADOS.....	37
FIGURA 25. ZANJÓN DE IPIRA. A. ESTACIÓN R128. DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL SOBRE VÍA QUE CONDUCE DE ROLDANILLO A ZARZAL. B. ESTACIÓN R127. ZANJÓN POCO PROFUNDO.	38
FIGURA 26. ESTACIÓN R96 A R93. A. DEPÓSITOS DE CANAL CONGLOMERÁTICOS CLASTOSOPORTADOS QUE LLEGAN A ALCANZAR LOS 3M DE ESPESOR, Y SUS CLASTOS PUEDEN SER HASTA DE 1M DE DIÁMETRO.	39
FIGURA 27. DEPÓSITOS ALUVIALES DEL RÍO ROLDANILLO A LA ALTURA DE LA ESTACIÓN R92. ...	40
FIGURA 28. AL NORTE DEPÓSITOS CONGLOMERÁTICOS ALUVIALES (QAL), A LOS SUR DEPÓSITOS DE ABANICO ALUVIAL (QCA).....	40
FIGURA 29. DEPÓSITO DE ABANICO ALUVIAL SUPRAYACIENDO DEPÓSITO CONGLOMERÁTICO DE CANAL.....	41
FIGURA 30. DEPÓSITO ALUVIAL (1) SUPRAYACIDO POR DEPÓSITO ANTRÓPICO (2).....	41
FIGURA 31. A. VISTA AL OCCIDENTE DEL RÍO ROLDANILLO DESDE EL PUENTE DE LA CALLE 5. B. VISTA AL ORIENTE DEL RÍO ROLDANILLO DESDE EL PUENTE DE LA CALLE 10.....	42
FIGURA 32. A. VISTA AL OCCIDENTE DEL RÍO ROLDANILLO DESDE EL PUENTE DE LA CALLE 10. B. VISTA AL ORIENTE DEL RÍO ROLDANILLO DESDE EL PUENTE DE LA CALLE 10.	42
FIGURA 33. SECUENCIA SEDIMENTARIA DEL RIO ROLDANILLO EN EL BARRIO LOS ALPES.	43
FIGURA 34. SECUENCIA SEDIMENTARIA DEL RIO ROLDANILLO EN SU PARTE BAJA, CERCA DE LA DESEMBOCADURA DEL RÍO.....	43
FIGURA 35. A. VISTA GENERAL DE LOS DEPÓSITOS DEL RÍO CÁCERES. B. SECUENCIA SEDIMENTARIA ALUVIAL AL SUR DE LA URBANIZACIÓN CIUDAD JARDÍN, ETAPA 3. C. SECUENCIA SEDIMENTARIA AL SUR DE LA FINCA SANTA MARTA. D. ARENAS FINAS TOBÁCEAS AL SUR DEL PROYECTO RESERVA DE LA CIÉNAGA.....	45
FIGURA 36. A. CASERÍO IRRUPÁ (ESTACIÓN R114), SECUENCIA SEDIMENTARIA ALUVIAL DE ARENAS MASIVAS TOBÁCEAS DE TAMAÑO FINO A MEDIO Y MUY COMPACTAS. B. AFLORAMIENTO DE ARENAS MASIVAS TOBÁCEAS DE TAMAÑO FINO (ESTACIÓN R115).	46
FIGURA 37. A. AVÍCOLA ALGECIRAS (ESTACIÓN R116), SECUENCIA SEDIMENTARIA ALUVIAL MATRIZ SOPORTADA Y DE MATRIZ TOBÁCEA MUY COMPACTA. B. AFLORAMIENTO DE ARENAS MASIVAS TOBÁCEAS DE TAMAÑO MEDIO (ESTACIÓN R118) EN FINCA LA CAMPIÑA.	47

FIGURA 38. A. DEPÓSITOS DE ABANICO QUE AFLORANTES EN LOS DIFERENTES BARRIOS DE ROLDANILLO. A. BARRIO EL PORTAL. B. BARRIO LA CEIBA. C. BARRIO LAS COLINAS. D. URBANIZACIÓN MIRADOR DEL CAMPESTRE. E. BARRIO HUMBERTO GONZÁLEZ NARVÁEZ F. BARRIO CIUDAD JARDÍN ETAPA 1.....	48
FIGURA 39. ESTACIÓN R139. VÍA QUE CONDUCE A LA VEREDA CARRASQUILLO. A. AFLORAMIENTO DE ABANICO ALUVIAL EN SU PARTE MÁS PROXIMAL. B. MATRIZ QUE CONFORMA EL ABANICO	49
FIGURA 40. ANTIGUA LADRILLERA ENTRE BARRIO LA CEIBA Y LAS COLINAS. A. COLUVIÓN CON CLASTOS DE TOBA QUE EVOLUCIÓN A SUELO. B. DETALLE DE CLASTOS TOBÁCEOS Y BASÁLTICOS EN COLUVIÓN. C. DEPÓSITO COLUVIAL (QCO) SUPRAYACIENDO FORMACIÓN VOLCÁNICA (Kv).	50
FIGURA 41. TRAZO DE FALLA INFERIDA CON INDICIOS GEOMORFOLÓGICOS, PERO SIN EVIDENCIAS DE ACTIVIDAD TECTÓNICA RECIENTE, AL OESTE DEL ÁREA URBANA.	51
FIGURA 42. MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES.....	53
FIGURA 43. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO CVC R368 FOTOS 127, 128 Y 129 DEL AÑO 1957	54
FIGURA 44. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO IGAC, 2695 FOTOS 58 A 62 DEL AÑO 2010.	55
FIGURA 45. MODELO DIGITAL DEL TERRENO.	56
FIGURA 46. MAPA DE PENDIENTES.	57
FIGURA 47. ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA PROPUESTA POR CARVAJAL (2012) CON BASE EN VELÁSQUEZ (1999), INGEOMINAS (2000).	58
FIGURA 48. TIPOS DE GEOFORMAS. A. DENUDACIONAL; B. FLUVIAL Y C. ANTRÓPICO	59
FIGURA 49. EJEMPLOS DE NOMENCLATURA DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS. CARVAJAL (2012).	60
FIGURA 50. ABANICO ALUVIAL (AMARILLO), DEPÓSITOS DE DERRUBIOS (VERDE), TERRAZA ALUVIAL (AZUL) EN ZONA NOROCCIDENTAL DEL ZANJÓN DE LOS MUDOS.	61
FIGURA 51. FORMAS DE ORIGEN FLUVIAL A. ABANICO ALUVIAL SECTOR EL GUACHAL AL NW DEL MUNICIPIO. B. ABANICO ALUVIAL SECTOR BARRIO CIUDAD JARDÍN ETAPA 1 AL SW DEL MUNICIPIO. C. ABANICO ALUVIAL URBANIZACIÓN MIRADOR DEL CAMPESTRE. D. ABANICO DE DEPÓSITOS DE TALUS, BARRIO EL GUACHAL. E. ABANICOS ALUVIALES DEL BARRIO LA CEIBA. F. TERRAZAS ALUVIALES DEL RÍO CÁCERES, SECTOR DEL HOSPITAL.	62
FIGURA 52. BARRIO REY BAJO, FORMAS DE ORIGEN FLUVIAL A Y B. NÓTESE LA PENDIENTE DEL TERRENO, TÍPICA DE ABANICOS ALUVIALES EN LA ZONA. C. PAISAJE DE ABANICO ALUVIAL SOBRE VÍA PANORAMA, 300M ANTES DE LA INTERSECCIÓN CON LA VÍA A LA UNIÓN.	63
FIGURA 53. ELEMENTOS DE ORIGEN DENUDACIONAL. A Y B. DEPÓSITO COLUVIAL EN EL SECTOR DE LA ANTIGUA LA DRILLERA ENTRE LOS BARRIOS LA CEIBA Y LAS COLINAS. DEPÓSITO DE TALUS EN EL SECTOR DEL GUACHAL. C. COLUVIONES AL NORTE DEL ZANJÓN DE LOS MUDOS EN EL SECTOR DEL MIRADOR CAMPESTRE.	64
FIGURA 54. GEOFORMAS TÍPICAS DE LOS DEPÓSITOS DE CENIZA AL SE DEL MUNICIPIO	64
FIGURA 55. A. JARILLÓN QUE BORDEA EL RÍO ROLDANILLO (BARRIO LOS ALPES). B. JARILLÓN ARTESANAL EN CONSTRUCCIÓN QUE BORDEA EL RÍO CÁCERES, ATRÁS DEL BARRIO CIUDAD JARDÍN ETAPA 3. C. JARILLÓN ARTESANAL QUE BORDEA EL RÍO REY (BARRIO EL PARAÍSO). D. JARILLÓN ARTESANAL QUE BORDEA EL RÍO REY (BARRIO DOÑA EMMA AL SE). E. JARILLÓN QUE BORDEA EL RÍO REY (BARRIO DOÑA EMMA AL NW).	65

FIGURA 56. A Y B. ASPECTO DE LOS LLENOS MIXTOS (ALL) EN INMEDIACIONES DEL ZANJÓN DE LOS MUDOS ESTACIÓN R63. C Y D. ESTACIÓN R133 Y R134, RESPECTIVAMENTE. BARRIO REY BAJO AL ORIENTE DE LA VÍA PANORAMA, RELLENO MIXTO DISPUESTO A MANERA DE JARILLÓN, NO SON CARTOGRAFIABLES A LA ESCALA DE ESTE ESTUDIO.	66
FIGURA 57. A. ASPECTO DE LOS LLENOS DE ROCA (ALLR) SOBRE EL CUAL SE CONSTRUYÓ EL CONJUNTO RESIDENCIAL ACACIAS (PORTAL DEL VALLE) ENTRE ETAPAS 2 Y 3. B. DETALLE DEL RELLENO DE ROCA MUERTA. ESTACIÓN R124.	66
FIGURA 58. LLENO DE ESCOMBROS (ALLE) AL SUR DEL BARRIO HUMBERTO GONZÁLEZ NARVÁEZ.	67
FIGURA 59. MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	68
FIGURA 60. BARRIO LA NUEVA ERMITA, VIVIENDAS CONSTRUIDAS SOBRE BASALTOS DE LA FORMACIÓN VOLCÁNICA (Kv).	69
FIGURA 61. BARRIO LA NUEVA ERMITA. A. DETALLE DEL PEQUEÑO CAUCE. B. VIVIENDAS QUE INTERFIEREN EL CAUCE. C. VISTA GENERAL.	70
FIGURA 62. RÍO REY ZONA EROSIVA AL ORIENTE DEL PUENTE VEHICULAR, BARRIOS LA PLAYITA Y ADOLFO LEÓN GÓMEZ.....	71
FIGURA 63. RÍO REY. A. MURO DE CONTENCIÓN AL ORIENTE DEL PUENTE QUE DE LA UNIÓN INGRESA A ROLDANILLO POR EL CEMENTERIO. B. ZONA EROSIVA DESPUÉS DEL MURO DE CONTENCIÓN.	71
FIGURA 64. RÍO REY. MURO DE CONTENCIÓN ARTESANAL PARA CONTRARRESTAR LA EROSIÓN. ..	72
FIGURA 65. RÍO REY. A. MURO DE CONTENCIÓN AL ORIENTE DEL PUENTE QUE DE LA UNIÓN INGRESA A ROLDANILLO POR EL CEMENTERIO. B. ZONA EROSIVA DESPUÉS DEL MURO DE CONTENCIÓN.	72
FIGURA 66. RÍO REY. ZONA EROSIVA BARRIO EL PARAÍSO.	73
FIGURA 67. RÍO REY, CURVA EROSIVA Y DE INGRESO DEL RÍO AL BARRIO EL PARAÍSO. A. VISTA DESDE EL LECHO DEL RÍO. B. VISTA DESDE ARRIBA.	73
FIGURA 68. RÍO REY, PUENTE VÍA PANAMERICANA. A. SEDIMENTACIÓN BAJO EL PUENTE, NÓTESE LA ALTURA REDUCIDA DEL MISMO. B. CURVA EROSIVA CON INFRAESTRUCTURA ARTESANAL.	74
FIGURA 69. RÍO REY, ZONA EROSIVA EN EL BARRIO REY BAJO.	74
FIGURA 70. RÍO ROLDANILLO ZONA EROSIVA SOBRE MARGEN IZQUIERDA. A. DETALLE. B. VISTA GENERAL.	75
FIGURA 71. RÍO ROLDANILLO ZONA EROSIVA. CALLE 2 #8-124 BARRIO LOS LLANITOS.....	75
FIGURA 72. RÍO ROLDANILLO ZONA EROSIVA Y DE DEPÓSITOS ANTRÓPICOS. A. VISTA SUR NORTE. B. VISTA ESTE-OESTE. BARRIO LOS LLANITOS.....	76
FIGURA 73. ZONA EROSIVA CERCA A LA DESEMBOCADURA DEL RÍO CÁCERES EN EL ROLDANILLO, ENTRE ESTACIONES R108 Y R109 A. LATERAL IZQUIERDO. B. LATERAL DERECHO.	76
FIGURA 74. EROSIÓN EN CURVA DEL RÍO CÁCERES, DETRÁS DEL RESTAURANTE RINCÓN TÍPICO DEL NORTE, SOBRE LA VÍA PRINCIPAL DE INGRESO AL MUNICIPIO.....	77
FIGURA 75. FRENTE A AVÍCOLA ALGECIRAS, ESTACIÓN R116. A. GAVIONES DISPUESTOS EN LADERA SUR DEL RÍO. B. DETALLE GAVIÓN ENTERRADO 1M POR DEBAJO DEL NIVEL DEL LECHO DEL RÍO. C Y D. JARILLÓN IMPROVISADO SOBRE LADERA SUR DEL RÍO.	78
FIGURA 76. CAUCE DEL RIO REY. A. ESTACIÓN R10. B. ESTACIÓN R11. C. ESTACIÓN R12, LUGAR DONDE HAY EXTRACCIÓN DE MATERIAL SOBRE EL LECHO DEL RÍO (MARCAS DE RETROEXCAVADORA). D. DISMINUCIÓN DE LA SECCIÓN DEL RÍO.	79

FIGURA 77. CONTROL LITOLÓGICO QUE DESPLAZA EL CURSO DEL RIO REY DESDE LA ESTACIÓN R12.	80
FIGURA 78. A. MURO DE CONTENCIÓN ESTACIÓN R12. B. VIVIENDAS SOBRE CAUCE DEL RÍO, ESTACIÓN R15. C. PÉRDIDA DE SECCIÓN, ESTACIÓN R15. D. PUENTE QUE UNE BARRIO LA PLAYITA CON BARRIO ADOLFO LEÓN GÓMEZ, ESTACIÓN R16.	81
FIGURA 79. A. PÉRDIDA DE CAPACIDAD DE CARGA A 2.5M, ESTACIÓN R17. B. SE AMPLÍA NUEVAMENTE LA CAPACIDAD DE CARGA, ESTACIÓN R18 Y UBICACIÓN DE VIVIENDAS SIN MARGEN DE PROTECCIÓN.	81
FIGURA 80. A. LUZ DE PUENTE DE SOLO 2M DE ALTURA, ESTACIÓN R21. B. SECCIÓN DEL RÍO VARÍA DE 7M C. SE AMPLÍA NUEVAMENTE EL CAUCE A 7M.	82
FIGURA 81. A. MURO DE CONTENCIÓN ARTESANAL EN LA PARTE TRASERA DE UNA DE LAS VIVIENDAS (R22). B. CASA ABANDONADA POR INUNDACIONES (R23). C. INFRAESTRUCTURA ARTESANAL PARA COMPENSAR LA EROSIÓN POR INUNDACIONES (BARRIO EL PARAÍSO). D. REDUCCIÓN DE LA SECCIÓN DEL RÍO A 2.5M	83
FIGURA 82. A. PUENTE SOBRE LA VÍA PANAMERICANA. B. PUENTE BARRIO REY BAJO.	84
FIGURA 83. ESTACIÓN R131. URBANIZACIÓN PANORAMA. A. BOX COULVERT SOBRE VÍA PANORAMA B. CALLE SOBRE LA QUE CIRCULA EL AGUA QUE VIENE DEL NORTE CUANDO EL RÍO REY SE DESBORDA.	84
FIGURA 84. ZANJÓN DEL GUACHAL. CAUCE AMPLIO Y POCO PROFUNDO, ANTES DE CORTAR SU CURSO.	85
FIGURA 85. A. ZANJÓN DE LOS MUDOS ENTRE CALLES 4 Y 5. B. PUENTE SOBRE LA CALLE 4.	85
FIGURA 86. A. VIVIENDAS CONSTRUIDAS A AMBOS LADOS DEL ZANJÓN, ENTRE CALLES 5 Y 6. B. PARED MODIFICADA PARA EVACUAR EL AGUA QUE INGRESA AL BOX COULVERT EN ÉPOCA DE INVIERNO. C. SALIDA DEL BOX COULVERT.	86
FIGURA 87. A. VIVIENDAS QUE TIENEN SU ACCESO POR EL ZANJÓN. B. GARAJE CONSTRUIDO SOBRE EL ÁREA DEL ZANJÓN.	86
FIGURA 88. A. BOX COULVERT CALLE 9. B. ZANJÓN VEGETADO ESTACIÓN R64. C. PUENTES PEATONALES IMPROVISADOS. D. HUNDIMIENTO DE VÍA. E. PUENTE ESTACIÓN R66. F. PUENTE ESTACIÓN R67.	87
FIGURA 89. A. UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO, ENTRADA A BOX COULVERT. B. SALIDA BOX COULVERT DESPUÉS DE LA GLORIETA (ALTURA MENOR A 1M). C. ESTACIÓN R129, BOX COULVERT AL ORIENTE DE LA BOMBA DE GASOLINA LAS PALMAS, SE OBSERVA LA FALTA DE MANTENIMIENTO Y COMO LAS PLANTAS TIENEN LA ORIENTACIÓN DE LA CORRIENTE. D. A 40M AL ESTE DE LA BOMBA DE GASOLINA LAS PALMAS FINALIZA LA CANALIZACIÓN DEL ZANJÓN DE LOS MUDOS.	88
FIGURA 90. ESTACIÓN R128 (PUENTE COLONIAL) ZANJÓN DE IPIRA SIN CANALIZAR, AL NORTE JARILLÓN IMPROVISADO DE 1.5M DE ALTURA Y 2M DE ANCHO.	89
FIGURA 91. ESTACIÓN R127. ZANJÓN DE LOS MUDOS MUY VEGETADO Y SIN MANTENIMIENTO....	89
FIGURA 92. ESTACIÓN ESTACIÓN R126. SECTOR FINCA LOS ÁNGELES. A. ZANJÓN DE LOS MUDOS AL ORIENTE DEL INGRESO AL PREDIO. B. ZANJÓN DE LOS MUDOS AL OCCIDENTE DEL INGRESO AL PREDIO.	90
FIGURA 93. A. BLOQUES MÉTRICOS DEPOSITADOS EN LA PARTE ALTA DEL RÍO. B. PUENTE ESTACIÓN R94. C Y D. VIVIENDAS CONSTRUIDAS SIN DISTANCIA DE SEGURIDAD AL RIO R93. E. VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN LA RIBERA DEL RÍO ENTRE ESTACIONES R93 Y 92. F. VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN LA RIBERA DEL RÍO ESTACIÓN R91.	91

FIGURA 94.	VIVIENDAS EXPUESTAS A INUNDACIONES A. ESTACIÓN R91, BARRIO LOS LLANITOS. B. RIO ABAJO A 30M DE R91. C. RIO ARRIBA A 15M DE LA ESTACIÓN R90. D. ESTACIÓN R90. E. VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN LA RIBERA DEL RÍO ENTRE ESTACIONES R93 Y 92. F. VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN LA RIBERA DEL RÍO ESTACIÓN R91.	92
FIGURA 95.	A. ESTACIÓN R89, BOX COULVERT SECCIONADO. B. MURO DE CONTENCIÓN R89. C. VIVIENDAS CONSTRUIDAS EN LA RIBERA DEL RÍO VISTA AL ESTE DESDE LA CALLE 5. D. VISTA AL W DESDE LA ESTACIÓN R86. E. VISTA AL E DESDE CALLE 6 (R85). F. VISTA AL NW DESDE LA ESTACIÓN R84.	93
FIGURA 96.	A. ESTACIÓN R83 DESECHOS DE LATONERÍA Y ESCOMBROS, BOX COULVERT SECCIONADO. B. OCUPACIÓN DE LAS LADERAS DEL RÍO, VISTA AL W ENTRE ESTACIONES R81 Y R80. C Y D. VISTA DESDE ESTACIÓN R79. E. VISTA DESDE LA ESTACIÓN R78, DEL LADO IZQUIERDO SE OBSERVA JARILLÓN. F. VISTA AL E DESDE CALLE 6 (R85).	94
FIGURA 97.	A ESTACIÓN R107 VISTA AL SW. B. ESTACIÓN R105. JARILLÓN MEJOR CONFORMADO EN EL BARRIO LOS ALPES.	95
FIGURA 98.	ESTACIÓN R118 FINCA LA CAMPIÑA, RÍO CÁCERES. A. JARILLÓN QUE PROTEGE EL PREDIO DEL INGRESO DEL RÍO EN LA CURVA. B. LUGAR POR DONDE INGRESÓ EL AGUA EN LA INUNDACIÓN DEL 3 DE JUNIO DE 2018. C. BASURA ARRASTRADA CUANDO EL RÍO SUBE SU NIVEL. D. DEPÓSITO DE ARENA TOBÁCEA.	96
FIGURA 99.	ESTACIÓN R117. HOSTAL CAMPOS VERDES. FOTOGRAFÍAS DE LA INUNDACIÓN DEL 3 DE JUNIO DE 2018, LLEGÓ HASTA EL SECTOR DE LA GRANJA Y A LA URBANIZACIÓN PORTAL DEL VALLE.	97
FIGURA 100.	ESTACIÓN R117. HOSTAL CAMPOS VERDES. A. NIVEL DEL AGUA EN LA INUNDACIÓN DEL 3 DE JUNIO DE 2018. B. IMAGEN DEL LUGAR DESPUÉS DE LA INUNDACIÓN. C. EL NIVEL DEL AGUA LLEGÓ A 1,2M. D. EL AGUA INGRESO A LOS VEHÍCULOS.	97
FIGURA 101.	ESTACIÓN R120. A. MURO ROTO POR LA FUERZA DEL AGUA EN LA INUNDACIÓN DEL 3 DE JUNIO DE 2018. B. DETALLE DEL MURO ROTO. C. ZONA DE LA GRANJA QUE SE INUNDÓ EL 3 DE JUNIO. D. VÍA POR DONDE SE DIRECCIONÓ EL FLUJO DE AGUA HACIA LA URBANIZACIÓN PORTAL DEL VALLE.	98
FIGURA 102.	ESTACIÓN R130. BARRIO EL OASIS. A. ALCANTARILLA CON TUBO ABIERTO DONDE SALEN LAS AGUAS LLUVIAS HACIA TERRENO CONSTRUIBLE. B, C Y D. CURSO NATURAL DEL DRENAJE POR DONDE EVACUAN LAS AGUAS DE LA ALCANTARILLA EN DIRECCIÓN A BOX COULVERT SOBRE VÍA PANORAMA.	99
FIGURA 103.	ESTACIÓN R122. VÍA PANORAMA. A. AGUAS LLUVIAS QUE INGRESAN AL BOX COULVERT DESDE EL BARRIO EL OASIS. B. SALIDA DEL AGUA HACIA EL LOTE URBANIZABLE (URBANIZACIÓN PORTAL DEL VALLE) DE LA CONSTRUCTORA CONCIVILES.	100
FIGURA 104.	ESTACIÓN R125. LOTE URBANIZABLE CONCIVILES. A. CANAL QUE FUE PROFUNDIZADO A 2M POR LA CONSTRUCTORA CONCIVILES. B. CANAL MUY VEGETADO, NO SE OBSERVA LITOLÓGÍA. C. DESAGÜE DE AGUAS LLUVIAS DE LA URBANIZACIÓN ACACIAS (PORTAL DEL VALLE) EN EL CANAL. D. FRENTE A INGRESO A FINCA LOS ÁNGELES (ESTACIÓN R126), SE OBSERVA EL MISMO CANAL SIN INTERVENIR DENTRO DEL PREDIO URBANIZABLE DE CONCIVILES.	101

RESÚMEN

Con el propósito de definir la geología del área urbana del municipio de Roldanillo a escala 1:2.000, se efectuó la revisión bibliográfica de la información existente en los campos de la geología, geomorfología, cartografía e imágenes satelitales y de fotografías aéreas existentes en diferentes escalas. Con esta información se inició el trabajo de reconocimiento en el campo, definiendo los rasgos geomorfológicos, litológicos y estructurales de la cabecera del municipio. Adicionalmente, se obtuvo información acerca de los lugares que han sido afectados por inundaciones y por movimientos en masa o inestabilidad de laderas, con el fin de establecer los lugares de afectación y los sectores vulnerables en cuanto a población e infraestructura. Como resultado de las anteriores actividades se obtuvo los siguientes mapas: geológico, geomorfológico y unidades superficiales.

INTRODUCCIÓN

El presente informe de Geología y Geomorfología en la zona urbana del municipio de Roldanillo Valle del Cauca, hace parte del Convenio Interadministrativo N°0205 de 2017 entre la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca -CVC y La Universidad de Valle, el cual tiene como objeto *“Aunar Esfuerzos Técnicos y Recursos Económicos para la Elaboración de los Estudios de Zonificación de Amenaza y Vulnerabilidad y Escenarios de Afectación para las Áreas Urbanas de los Municipios de Bolívar, Roldanillo y Versalles en el Valle del Cauca.”*

Se inició con la revisión bibliográfica con el fin de obtener la información geológica y geomorfológica existente para el municipio, seguido de un estudio fotogeológico en el que se interpretó el vuelo: CVC, R368 fotos 127, 128 y 129 del año 1957 y el vuelo IGAC, 2695 fotos 58 a 62 del año 2010.

Posteriormente se realizaron actividades de reconocimiento en campo donde se corroboraron y definieron la geología, las unidades superficiales, la geomorfología y los procesos morfodinámicos y de remoción en masa; además de las áreas susceptibles a inundaciones y zonas erosivas o con movimientos en masa presentes en el área urbana del municipio de Roldanillo.

Finalmente se elaboró el mapa geológico, geomorfológico y de formaciones superficiales, además de construir el informe del trabajo realizado.

OBJETIVO GENERAL

Realizar el levantamiento de información Geológica y Geomorfológica a fin de generar la cartografía necesaria para la evaluación de susceptibilidad y amenaza por movimientos en masa e inundación en la zona urbana del municipio de Roldanillo en el departamento del Valle del Cauca.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Compilación y Revisión de la información geológica y geomorfológica, fotografías aéreas y satelitales.
2. Interpretación de las fotografías aéreas e imágenes satelitales disponibles para la identificación de rasgos geomorfológicos, litológicos y estructurales.
3. Control de campo con mapas en escala 1:2.000. (reconocimiento, comprobación de unidades Geomorfológicas y superficiales fotointerpretadas, ajuste de contactos, toma de datos estructurales, morfodinámicos y muestreo sistemático de roca y suelos.
4. Edición y presentación de la versión final de los mapas Geomorfológicos y de Unidades superficiales escala 1:2.000.

ALCANCE

Realizar la Geología y Geomorfología del área urbana del municipio de Roldanillo, Valle del Cauca a escala 1:2.000, además de identificar con el trabajo de campo las áreas susceptibles a inundaciones y zonas erosivas o con movimientos en masa presentes en el área urbana.

1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza en la zona urbana del municipio de Roldanillo ubicado al norte del departamento del Valle del Cauca, a 149 km de la ciudad de Cali. Limita al Norte con los municipios de la Unión y Versalles, al Sur con el municipio de Bolívar, al Este con los municipios de Zarzal y la Victoria, y por el Oeste con el municipio del Dovio (ver Figura 1). La cabecera municipal se encuentra a 966 m.s.n.m., y cuenta con una temperatura promedio de 24 °C.

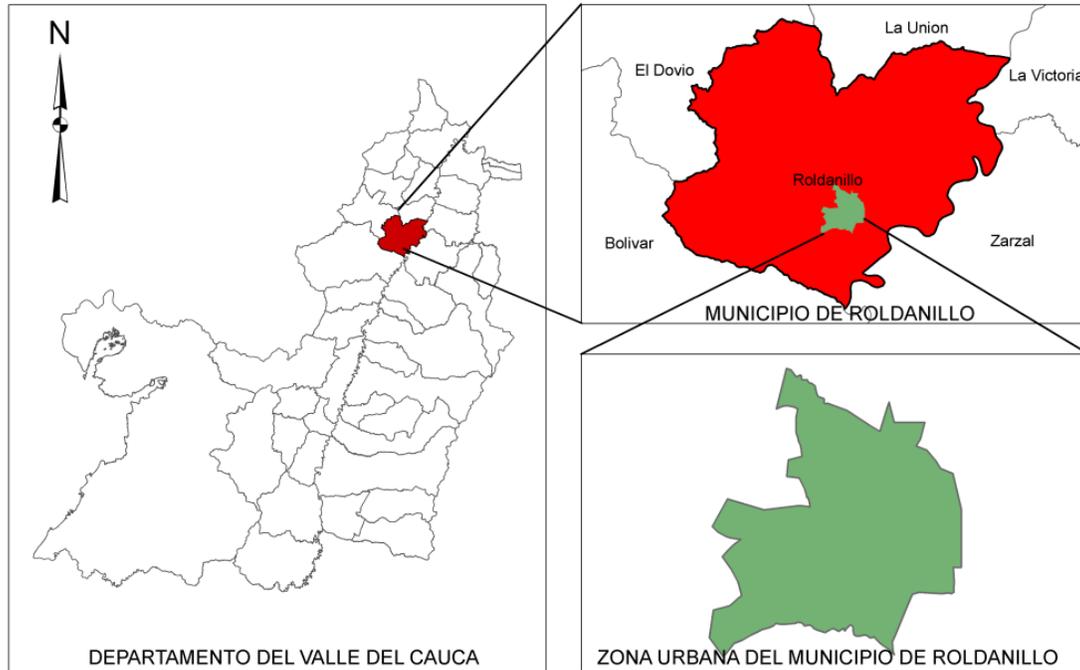


Figura 1. Mapa de localización zona urbana del municipio de Roldanillo.

Fuente: elaboración propia

La topografía del municipio es típicamente quebrada y montañosa, posee una extensión aproximada de 217 km². Su sistema hidrográfico está compuesto por las siguientes unidades: El Dovio, El Dovio-río Pescador, Cáceres, Río Roldanillo, El Rey, Santa Rita-Higueroncito, Río Cauca y Aguas subterráneas (Alcaldía de Roldanillo PBOT, 2000).

La topografía del municipio es plana al este, iniciando en el valle del río Cauca, entre los 900 y 1.000 m.s.n.m, mientras que al occidente es una zona montañosa (sobre la vertiente oriental de la Cordillera Occidental de los Andes) con elevaciones de hasta 2.100 m.s.n.m.

Para este estudio se considera importante detallar el sistema hidrográfico del área urbana el cual está conformado por los ríos Rey, Roldanillo y Cáceres, además de los zanjonés de los Mudos o Ipira y el Guachal.

2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En este apartado se presenta la geología regional del municipio de Roldanillo en la que se compilan las descripciones generales realizadas para la Formación Volcánica (Kv), el Complejo estructural

Dagua (Kd), los Depósitos sedimentarios o vulcanosedimentarios del Cuaternario (Conos Antiguos, Cenizas Volcánicas, terrazas, conos, aluviones); también se presenta la Geología Estructural donde se tiene en cuenta los trazos regionales basados en la información del Servicio Geológico Colombiano – SGC.

Con la relación a la geología local se muestra el Mapa Geológico resultante del trabajo en campo y las descripción de los afloramientos encontrados en el área urbana del municipio (ríos, zanjones, entre otros).

Se presenta el mapa de Unidades Geológicas Superficiales, (Unidades de Rocas duras y Suelos transportados), también se incluye el Mapa Geomorfológico (los respectivos análisis, resultados y discusiones) para lo que se cartografiaron los elementos geomorfológicos y se reconocieron geformas de origen estructural denudacional, denudacional, fluvial y antrópico.

2.1 GEOLOGIA REGIONAL

Según Moreno Sánchez y Pardo Trujillo (2003), el territorio colombiano se divide en dos provincias geológicas: el Oriente colombiano constituido por rocas ígneas y metamórficas del Precámbrico y del Paleozoico, intruídas por plutones granitoides (Nivia, 2001) separado del Occidente colombiano por el trazo de la Falla Cauca-Almaguer (Maya y González, 1995), o Falla Romeral (Case et al. 1971), ubicada a lo largo del flanco occidental de la Cordillera Central, considerada un rasgo continuo que viene desde Ecuador (Meissner, et al., 1976).

Para el presente estudio se utilizó como base la plancha geológica 242 Zarzal, Valle del Cauca (INGEOMINAS, 1995) a escala 1:100.000, adicionalmente se tomó como referente la nomenclatura usada en esta plancha, con el fin de unificar criterios en la denominación de las formaciones geológicas ya establecidos por el Servicio Geológico Colombiano y que ha sido utilizada en este tipo de trabajos a nivel nacional.

De acuerdo con la plancha geológica 242 Zarzal (ver Figura 2) la geología reportada para este municipio corresponde principalmente a rocas cretácicas volcánicas (Kv) y conos (Qca) en el área urbana, mientras que en la zona rural se reportan rocas Cretácicas Volcánicas (Kv), Conos (Qca), Aluviones (Qal) y rocas del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku). (Figura 2).

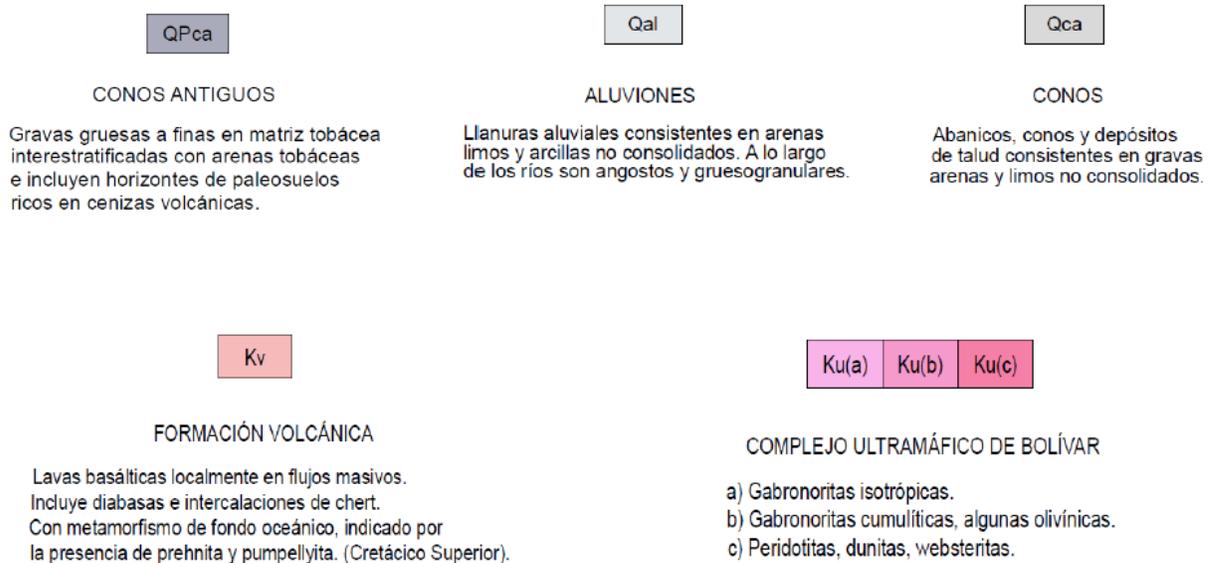


Figura 2. Mapa Geológico Plancha 242 – Zarzal (Valle del Cauca-Colombia).

Fuente: con datos de Nivia et al., 1995.

A continuación, se describen los conjuntos litológicos que afloran en el municipio de Roldanillo y que han tenido influencia en el desarrollo de depósitos cuaternarios como abanicos, coluviones, terrazas y aluviones.

2.1.1 Complejo Ultramáfico de Bolívar – Ku

Esta unidad aflora formando las estribaciones orientales de la Cordillera Occidental en la parte centro y sur de la Plancha 242 y se extiende al Occidente hasta la Falla Roldanillo que la pone en contacto con los basaltos de la Formación Volcánica. Fue definida por Barrero (1979), quien postula que el complejo esté intruído dentro de los basaltos y diabasas de la Formación Volcánica (Sic. Grupo Diabásico) y presenta una zonación concéntrica consistente en un núcleo de dunita,

rodeado por aureolas sucesivas de clinopiroxenita olivínica, clinopiroxenita y peridotita, por lo que se puede comparar con los complejos zonados del sur de Alaska descritos por Irvine en 1974 (en Barrero 1979; Nivia et al., 1995).

Nivia et al., 1995, proponen que el Complejo Ultramáfico de Bolívar consiste en una serie de bloques fallados que muestran diferentes niveles de la capa 3 de una secuencia ofiolítica, este se puede cartografiar a escala regional y describir en términos de los elementos que normalmente se reconocen en esta capa 3.

- Ku (a): Un horizonte superior formado por gabros carentes de bandeamiento magmático, en el que sus cristales componentes presentan orientación aleatoria, denominados normalmente gabros isotrópicos.
- Ku (b): Un horizonte de gabros de estructura bandeada que indica que la formación de cúmulos o bandeamiento magmático jugó papel importante durante su génesis.
- Ku (c): Un horizonte basal de rocas ultramáficas – dunitas, Iherzolitas y Werlitas- con evidencias claras de formación cumúlítica.

2.1.2 Formación Volcánica (Kv)

El nombre de esta formación fue propuesta por Aspden et al. (1985) y la definieron para las rocas volcánicas básicas (diabasas, basaltos, lavas almohadilladas e intrusiones de gabro) que afloran al Occidente de la Falla Cali-Patía, en el departamento del Valle del Cauca. También se menciona que no se encuentra bien definida la estructura y estratigrafía de esta unidad debido al desarrollo de regolitos espesos y a la presencia de fallas regionales principales. Sin embargo, las evidencias disponibles indican que la dirección de los flujos lávicos es aproximadamente paralela a la dirección principal de elongación de las escamas imbricadas que buzan en general, hacia el este. Estas mismas evidencias sugieren que la unidad es más joven hacia el oeste (Nivia, A., 2001).

Nivia et al., 1995, mencionan que esta unidad consiste esencialmente en lavas basálticas, silos y diques diabásicos con cataclasis intensa caracterizada por la presencia de cuñas y escamas de roca que varía dentro de un amplio espectro de tamaños y presenta también fracturamiento aleatorio con rellenos de cuarzo y epidota; características que indican que la roca fue sometida a un cizallamiento importante. En la vecindad de las fallas principales, que la ponen en contacto con otros tipos de roca, se presentan zonas de basaltos con una marcada deformación penetrativa –que en varios sectores puede alcanzar un ancho de 400 m- que se podrían describir como deformación milonítica. Localmente; sin embargo, se presentan flujos masivos de basaltos sanos con desarrollo ocasional de diaclasamiento columnar. También se observaron flujos de lavas almohadilladas. En general los basaltos son verde oliva a verdes grisáceos, afaníticos y afíricos, aunque, en el centro de algunos flujos masivos, se observaron variedades porfiríticas con fenocristales de piroxeno.

Dentro de los basaltos se presentan horizontes delgados de rocas sedimentarias que varían en espesor entre 70 y 90 cm. Están constituidos por limolitas silíceas, lodolitas y cherts. Los cherts son negros a grises oscuros y exhiben cataclasis intensa manifiesta por la presencia de numerosas venillas de cuarzo distribuidas al azar; en las limolitas y arcillolitas la estratificación original ha sido obliterada por el desarrollo de foliación de tipo clivaje pizarroso. En algunos afloramientos estas rocas se encuentran tan intensamente mezcladas con los basaltos que la única manera de

describirlas es como 'zonas de melange' en el cual los basaltos, cherts y sedimentitas terrígenas se presentan intensamente replegados y fallados.

2.1.3 Complejo Estructural Dagua (Kd)

De acuerdo con Nivia et al., 1995, éste Complejo, agrupa todas las rocas que presentan evidencias de acumulación por procesos sedimentarios durante su génesis y que han sido deformados, en mayor o menor grado, por procesos tectónicos. Algunas de ellas, sin embargo, como tobas y aglomerados presentan además un componente importante de acumulación por procesos de actividad volcánica y están claramente relacionados con los basaltos de la *Formación volcánica (Kv)*.

El rasgo más importante de las rocas de esta unidad lo constituye la presencia de una deformación penetrativa de los componentes de la roca que conduce a la generación de clivajes o foliaciones. Esta deformación es diferente para cada tipo de roca y depende de su comportamiento mecánico. Ésta ha conducido a la formación de milonitas de diferentes características texturales. En general las rocas pelíticas como arcillolitas o lodolitas dan origen a milonitas y ultramilonitas, mientras que aquellas de protolito samítico como arenitas y wacas resultan en protomilonitas y milonitas. *Protomilonitas a milonitas de protolito samítico – Kd (a)*. Estas rocas son abundantes al occidente de la Plancha 242. Se trata esencialmente de wacas líticas o grawacas, cuyos componentes sedimentarios han sido rotados, elongados y soldados produciendo una marcada foliación. Donde se presentan intervalos espesos de estas rocas se conserva claramente la estratificación original que exhibe estratos de espesor medio con estratificación plana paralela, continua.

Milonitas y ultramilonitas de protolito pelítico – Kd (b). Esta es la roca más abundante dentro de esta unidad y sus áreas de afloramiento principal se encuentran hacia el oriente de la cordillera. Se trata de rocas finogranulares que en muestra fresca presentan color gris oscuro a negro, pero que comúnmente se encuentran alteradas a tonos de amarillo ocre y crema.

Brechas y aglomerados – Kd (c). Estas rocas se diferencian en el campo por la presencia de gravas muy gruesas a cantos de tobas verde claras embebidas en una pasta o matriz basáltica verde oscura. El tamaño de los fragmentos varía ampliamente desde arena muy gruesa hasta aproximadamente 15 cm de intercepto. Su forma es irregular de baja esfericidad y buena redondez. En los sitios donde estas rocas afloran en la vecindad de milonitas y ultramilonitas han sido deformadas intensamente. Durante esta deformación los fragmentos presentan comportamiento menos incompetente que la matriz por lo que normalmente son estirados y budinados o fragmentados, mientras que la matriz fluye claramente por entre estos. Siguiendo la terminología de Higgins (1971) estas rocas deformadas se pueden describir en campo como neis-milonitas.

Tobas – Kd (d). Estas ocurren normalmente en estratos que varían de espesor de medio a muy grueso, que internamente muestran una estructura fluidal desarrollada sobre bandas irregulares alternantes de color negro, verde oliva y verde pálido.

Cherts - Kd (e). Asociado principalmente a las milonitas y ultramilonitas de protolito pelítico, a los basaltos y también a las fallas que limitan tipos principales de roca se presentan cherts negros y grises pálidos –con color de meteorización característico a blanco- en bancos delgados de estratificación plana, paralela, continua, normalmente deformados en pliegues similares y

disarmónicos. Las características de deformación presentadas por estos cherts, tales como fracturamiento cataclástico, relleno por numerosas venillas de cuarzo y budinamiento de los estratos cuando ocurren interestratificados con lodolitas y limolitas, indican que estos cherts fueron las rocas que comportaron ante los esfuerzos de manera más competente en esta unidad. Budines individuales aislados de cherts que pueden alcanzar 1 m de largo se presentan asociados principalmente a milonitas y ultramilonitas de protolito pelítico.

Calizas – Kd (f). Horizontes que no sobrepasan los 25 m de espesor de bancos delgados interestratificados de calizas negras micríticas, lodolitas mixtas de terrígenos y carbonatos y bancos de cherts se presentan en varias localidades dentro de esta unidad. En estos horizontes la estratificación es plana, paralela, continua y se presenta deformada en pliegues similares.

2.1.4 Depósitos

Corresponde a todas aquellas acumulaciones de materiales sedimentarios o volcano-sedimentarios mal cementados que no presentan evidencias de haber sufrido un proceso de diagénesis. Se incluyen materiales cuya edad se cree sea pliocena o más joven y que se extienden sin diferenciación sobre toda el área de la Plancha 242, tanto sobre las cordilleras como sobre el valle aluvial del río Cauca (Nivia et al., 1995).

Conos Antiguos – QPca.

Suprayacen las rocas anteriormente descritas, se presentan localmente esparcidos a lo largo de estribaciones de la Cordillera Central, son depósitos de gravas de extensión limitada. Estos depósitos se encuentran por encima del nivel del valle aluvial y están siendo sometidos a erosión. En cercanías al municipio de Andalucía están asociados a penillanuras o a llanuras aluviales levantadas relativamente extensas, se presentan asociados a conos aluviales que tiene ápices hacia los cañones de algunos de los principales ríos que drenan la cordillera. Estas llanuras documentan claramente un evento de levantamiento reciente en los bloques de corteza que limitan el valle aluvial del río Cauca (Nivia et al., 1995).

Cenizas Volcánicas - QPcv

En los alrededores de la Primavera, el Naranjal y el Dovia se presentan depósitos de cenizas volcánicas de composición dacítica a riolítica que pueden alcanzar 20 m de espesor. En muchas partes, sobre la Cordillera Occidental, al oriente de la línea definida por la extensión de la Q. Cajamarquita existe una delgada capa (esp. máx. 30-40 cm) de cenizas que cubre toda la topografía preexistente y que varía en espesor dependiendo de esta topografía, siendo normalmente más gruesa en las depresiones –donde se ha conservado- y muy delgada o inexistente en áreas de relieve pronunciado –de donde ha sido lavada-. En los alrededores de la Unión y de Toro han sido involucradas en procesos sedimentarios y se han depositado formando abanicos aluviales constituidos esencialmente por estas cenizas volcánicas.

Es aceptado que los centros de emisión de cenizas volcánicas están ubicados en la Cordillera Central, proporcionando los depósitos de cenizas encontrados en la Cordillera Occidental; estos son atribuidos al complejo Ruiz-Tolima y al Cerro Machín (Modificado de Nivia et al., 1995).

Terrazas – Qta, Conos – Qca y Aluviones – Qal

Asociados a los ríos y corrientes principales, se presentan depósitos sedimentarios de materiales sueltos con amplia variación en cuanto a su composición y tamaño de grano. Una característica interesante de aquellos asociados a las rocas terciarias es que debido a que se están denudando conglomerados, los aluviones son ricos en componentes sedimentarios cuyo desgaste y redondeamiento ocurrió durante el proceso de formación de los conglomerados. Algunos de los aluviones más extensos están siendo sometidos a erosión e incluso algunos presentan aluviones confinados entre las caras de erosión. Esto implica que se ha presentado un rejuvenecimiento del ciclo de erosión, y por esta razón estos aluviones han sido separados como terrazas. La magnitud del rejuvenecimiento es, sin embargo, ligera y las diferencias de nivel entre los aluviones depositados entre estas terrazas y la altura de ellas no es muy grande. Hacia el valle aluvial del río Cauca las terrazas pasan al valle a través de una transición más, que dé un paso o escalón de terraza bien definido. (Nivia et al., 1995).

2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En la Plancha 242 se reconocen dos tipos de deformación:

1. D1, observable únicamente en las rocas cretácicas de la Cordillera Occidental, evidenciada por una marcada foliación o clivaje S1. Nivia et al., (1995), argumentan que es el resultado de un proceso continuo de acreción por subducción y la consecuente formación de un prisma acrecionario donde la deformación principal se produce por imbricación de cuñas o escamas de los fragmentos corticales involucrados en el prisma.
2. D2, afecta las rocas cretácicas de la Cordillera Occidental y se manifiesta por el desarrollo de pliegues isoclinales, plegamiento en chevrón de los planos de foliación S1 y fallas de cabalgamiento con movimiento en sentido E-W. También afecta las rocas pre-pliocenas de la Cordillera Central generando pliegues amplios con vergencia hacia el noroccidente. Los mismos autores sustentan que corresponde al reajuste mecánico de este prisma y la deformación de los sedimentos depositados por encima de este, durante la orogenia andina.

Las rocas en esta zona se encuentran afectadas por un complejo sistema de fallas regionales, donde predominan direcciones de fallamiento N20°-30°E, N60°-70°E y N40°-50°W, (Nivia et al., 1997).

Nivia et al., (1995), señalan que el lineamiento principal es el de dirección N20-30E y el N40-50W es secundario, además que corresponden a su vez con los principales sistemas de fallamiento identificados, también identifican un sistema principal de fallamiento definido por superficies de falla con rumbo N60-70E.

Los cinturones litológicos definidos para el análisis estructural comprenden dos fajas basálticas y dos miloníticas; sus límites están representados, por fallas con dirección N20-30W que han sido segmentadas y desplazadas localmente por otros sistemas de fallamiento (Nivia et al., 1995).

Fallamiento N20°-30°E. Las relaciones entre los tres sistemas de falla principales parecen indicar que este sistema de fallas es el más antiguo, cuyas fallas al poner en contacto tipos diferentes de rocas, definen los cinturones litológicos principales del área que tienen una marcada tendencia NNE-SSW (Nivia et al., 1995).

Las fallas Cali-Patía y Dagua-Calima en la Cordillera Occidental, son fallas inversas de alto ángulo y rumbo deslizantes (INGEOMINAS, 2005). McCourt et al. (1984) postulan que la Falla Cauca-Almaguer (Sic. Falla de Romeral), pertenece a este sistema de fallamiento.

Las fallas de este sistema en la Plancha 242, de Oriente a Occidente son: la Falla de Roldanillo (presenta una tendencia general de orientación Norte-Sur y rumbo de N17°E), con componente principalmente inversa, y es considerada potencialmente activa (Peña-Martínez y Mosquera-Antury, 2010). Para Barrero (1979), esta falla separa las rocas ultramáficas del cinturón de basaltos UP. Estos a su vez están limitados al occidente por la Falla Toro (Parra et al., 1984)-Andinapolis (Barrero 1979) que los pone en contacto con un cinturón de metapelitas QD. Este está limitado al Occidente por la Falla del Dovio que pone a su vez en contacto hacia el Occidente estas metapelitas con basaltos del cinturón VN (Nivia et al., 1995).

Fallamiento N40°-50°W. Se presentan en trazos segmentados dispuestos a manera de “echelon” donde se producen movimientos sinestrales que algunas veces desplazan las fallas del Sistema N20°-30°E (Lozano, 1986). La falla Naranjal hace parte de este sistema y atraviesa la Cordillera Occidental. En el área de la Plancha 242 controla la depresión sobre la cual se formó el valle intramotano del Dovio y la Falla de las Cañas que desplaza el valle aluvial del río Cauca.

Fallamiento N60°-70°E. No tiene una relación temporal clara con el sistema de fallamiento N20-30E, pero se observan movimientos laterales derechos que desplazan cuñas de roca limitados por fallas orientadas N40-50W. McCourt et al, (1984) postulan que el sistema de fallas N40-50E es más joven que el N60-70E porque a diferencia de este, el primero corta la superficie discordancia entre las unidades sedimentarias Paleógenas y Neógenas aflorantes en las estribaciones de la Cordillera Occidental (INGEOMINAS, 2005).

2.3 GEOLOGÍA LOCAL

En este capítulo se describen la geología, las unidades superficiales, la geomorfología y los procesos morfodinámicos y de remoción en masa; además de las áreas susceptibles a inundaciones y zonas erosivas o con movimientos en masa presentes en el área urbana del municipio de Roldanillo.

2.3.1 Mapa Geológico local

Para la definición de la geología del área urbana del municipio se hizo el reconocimiento mediante el recorrido de campo donde se realizaron puntos de chequeo y observación de las características geológicas, geomorfológicas y estructurales del área; estas estaciones fueron graficadas en un mapa de estaciones de campo (ver Figura 3) y fue una de las herramientas para la elaboración de los mapas objeto de este estudio.



CONVENIO INTERADMINISTRATIVO N°0205
CVC – UNIVALLE
MUNICIPIOS DE BOLÍVAR, ROLDANILLO Y ROLDANILLO



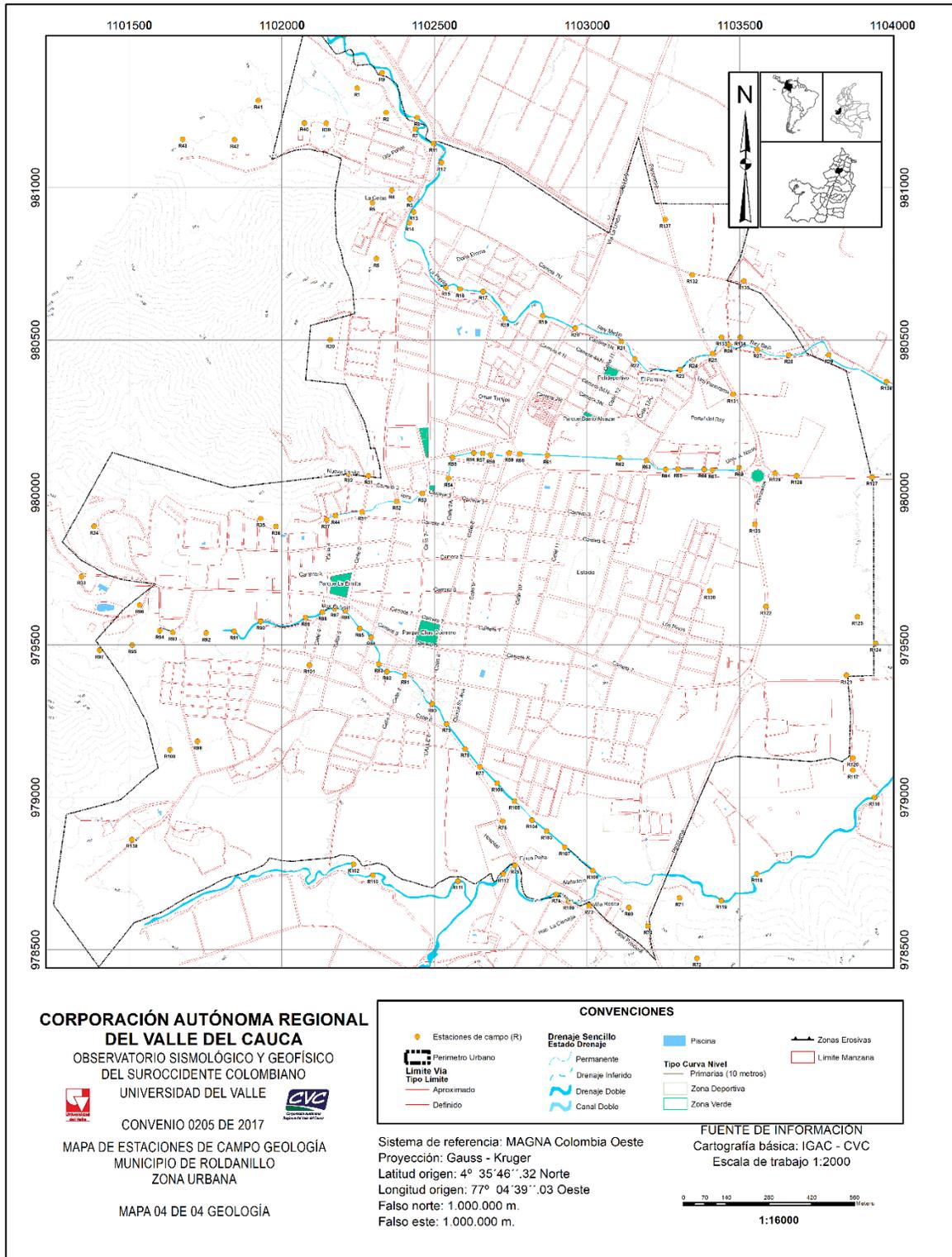


Figura 3. Mapa de Estaciones de Campo área urbana del municipio de Roldanillo.
Fuente: elaboración propia

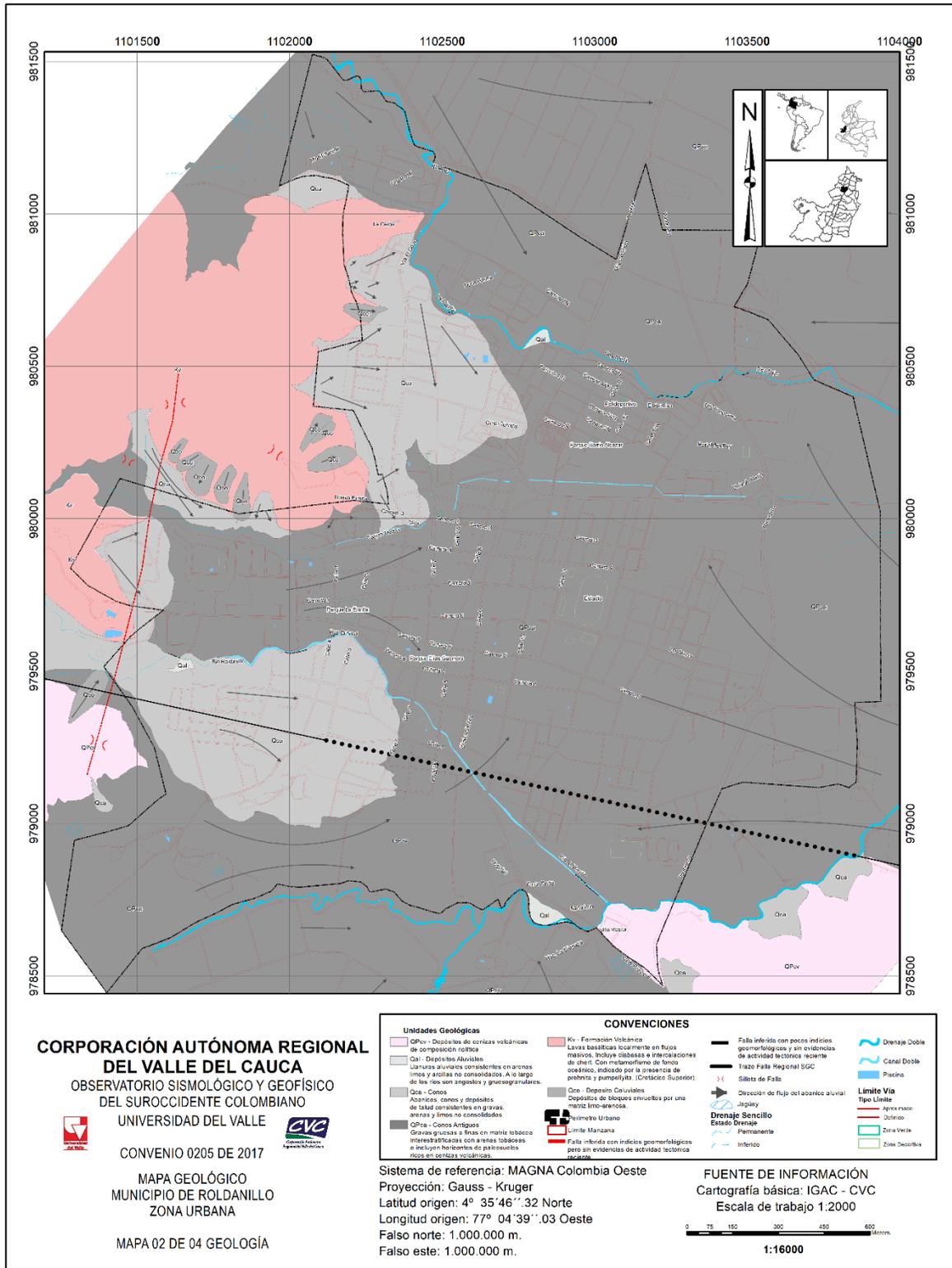


Figura 4. Mapa Geológico del área urbana del municipio de Roldanillo.
Fuente: elaboración propia.

En la Figura 4 se muestra la Geología de la área urbana del municipio de Roldanillo, la cual, está conformada de base a techo por rocas basálticas de la Formación Volcánica (*Kv*), suprayacidas por un sistema de depósitos de abanicos aluviales provenientes del piedemonte de la Cordillera Occidental, que se han ido remontando durante el período Cuaternario y que fueron conducidos por los diferentes drenajes ubicados en el área urbana y rural. Pueden alcanzar los 6m de espesor visible. También se encontraron secuencias de depósitos aluviales de 3 a 6m de espesor asociadas a los ríos Rey, Roldanillo, Cáceres y al zanjón de Ipira; mientras que al Sur-Este sobre la vía Panorama se observan afloramientos de gabro hornbléndico del Complejo Ultramáfico de Bolívar (*Ku*).

*Formación volcánica (*Kv*)*

Esta formación está conformada en el área urbana por rocas basálticas de color gris verdoso, con alto grado de meteorización (en algunos sectores presenta meteorización esferoidal) y diaclasamiento. Aflora en la zona montañosa del área urbana (alrededores del Sector del Guachal, Barrio La Ceiba, Las Colinas y La Nueva Ermita (ver Figura 5). En el camino que conduce del Guachal a la Planta de potabilización de agua del acueducto comunitario el Rey aflora un basalto que presenta vacuolas de cuarzo.



Figura 5. Zona montañosa conformada por rocas basálticas de la formación Volcánica (*Kv*) al oeste de los barrios la Ceiba y Las Colinas.

Fuente: fotografía propia.

En la Figura 6 se puede observar el detalle de la formación volcánica para el sector de Guachal y el barrio la Ceiba, donde ésta es la roca basamental y presenta un alto grado de diaclasamiento.



b.



c.

Figura 6. Afloramientos de basalto en el sector del Guachal y el Barrio la Ceiba.
a. Cruce entre la vía al Dovio y el barrio el Guachal (Estación R3). **b.** Basaltos con alto grado de meteorización esferoidal en ladera del barrio La Ceiba. **c.** Detalle de la meteorización esferoidal en basaltos (Estación R5).

Fuente: fotografía propia.

Diaclasamiento encontrado en la estación R3:

N10E/66SE

S9W/4NW

N16E/45NW

N59E/36SE

N65W/65SW

En el sector de la
antigua ladrillera, entre

los barrios La Ceiba y Las Colinas, se encuentra contacto entre basamento basáltico diaclasado y con alto grado de meteorización esferoidal, suprayacido por dos depósitos coluviales de material tobáceo de color blanco (ver Figura 7).



Figura 7. a. Afloramiento de basalto suprayacido por depósito coluvial tobáceo. **b.** Detalle de meteorización esferoidal en basaltos. Vista Sur-Norte.

Fuente: fotografía propia.

Diaclasamiento encontrado en la R6:

N83E/37SE
N88E/57SE
S23W/79NW

N41W/54SW
N32W/90

El único afloramiento de la Formación Volcánica (Kv) visible y expuesto por erosión del río fue encontrado en el lecho del río Rey (Estación R13), cuyo espesor visible fue de 1.5m de basalto que presenta meteorización esferoidal y diaclasamiento. Se encuentra suprayacido por un depósito aluvial de aproximadamente 3.0m de espesor (ver Figura 8).

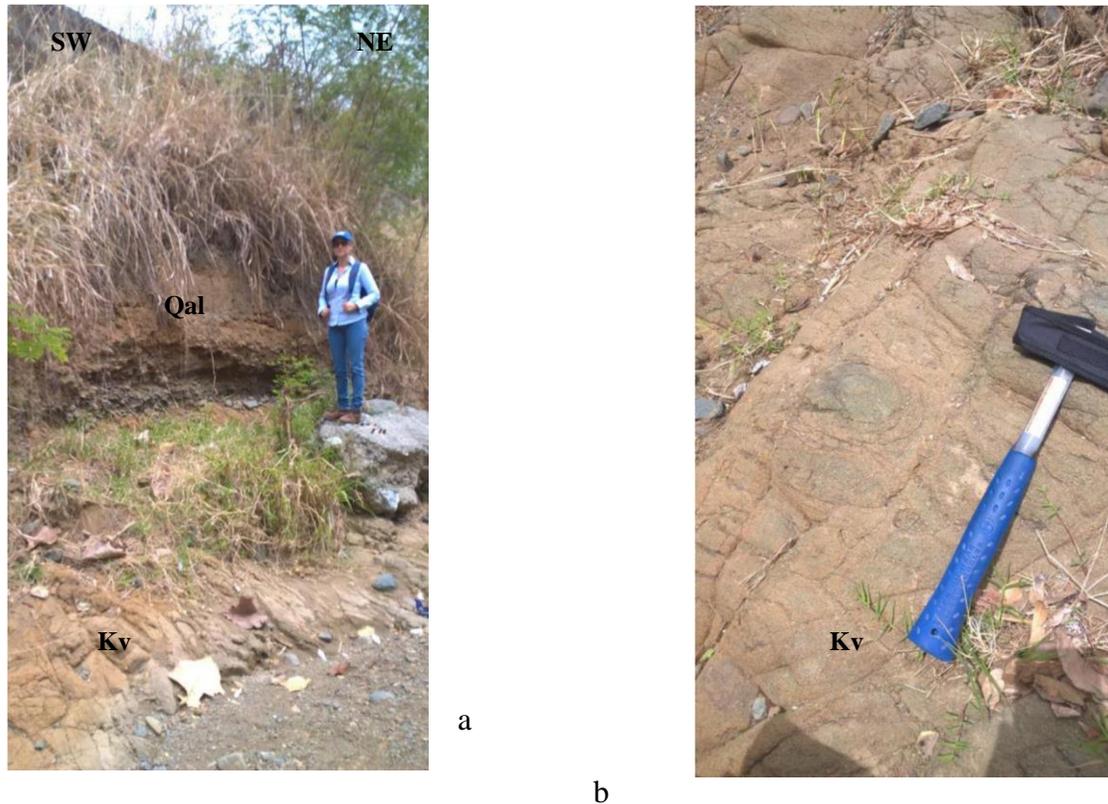


Figura 8. Río Rey. a. Basalto suprayacido por depósito aluvial. b. Detalle de meteorización esferoidal en lecho del río.

Fuente: fotografía propia.

En el sector del barrio La Nueva Ermita se encuentra un afloramiento de aproximadamente 15m de altura, donde afloran rocas basálticas altamente diaclasadas y meteorizadas, suprayacido por un coluvión de 1m de espesor (ver Figura 9).



a.



b.



c.

Figura 9. a. Basalto suprayacido por depósito coluvial. **b.** detalle de depósito coluvial. **c.** Basalto sobre el que está construido parte del barrio La Nueva Ermita.

Fuente: fotografía propia.

La Formación Volcánica (Kv) aflora nuevamente en la zona del barrio Mirador Campestre, suprayacido por los depósitos de un abanico aluvial; también se puede observar esta formación aflorando en la vía que conduce a la vereda Cascarillo (ver Figura 10).



Figura 10. Estación R138. Basalto diaclasado y meteorizado sobre la vía que conduce a la vereda Cascarillo.

Fuente: fotografía propia.

Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku)

En la cabecera municipal se reconocieron macroscópicamente gabros hornbléndicos (60% de plagioclasa, 40% de anfíboles de hasta 2cm de largo y con clivaje, con cúmulos de anfíboles). Son rocas muy duras y densas, con alto grado de oxidación, además presentan diaclasamiento. Una descripción más detallada requiere la elaboración de secciones delgadas

Se tomaron los siguientes diaclasamientos en la estación R71:

S76E/25NE	N20W/19SW
N17W/51SW	S8W/62NW

Estas rocas afloran únicamente al Sur-Este sobre la vía Panorama. Adicionalmente en la ladera oriental de la vía se observa una brecha de falla donde la roca está muy triturada y con un grado de serpentización. Este plano de falla tiene una orientación N54E/53NW y pone a los gabros hornbléndicos en contacto con unos estratos inclinados de areniscas finas con contenido de chert, jaspe y cuarzo; probablemente pertenecientes al grupo Dagua (Kd). En contacto discordante y suprayaciendo estas rocas se observa un depósito de ceniza volcánica de color habano, muy duro y poroso (toba) que contiene líticos de tamaño menor a 1 cm de chert y jaspe, su espesor puede llegar a los 3m (ver Figura 11).

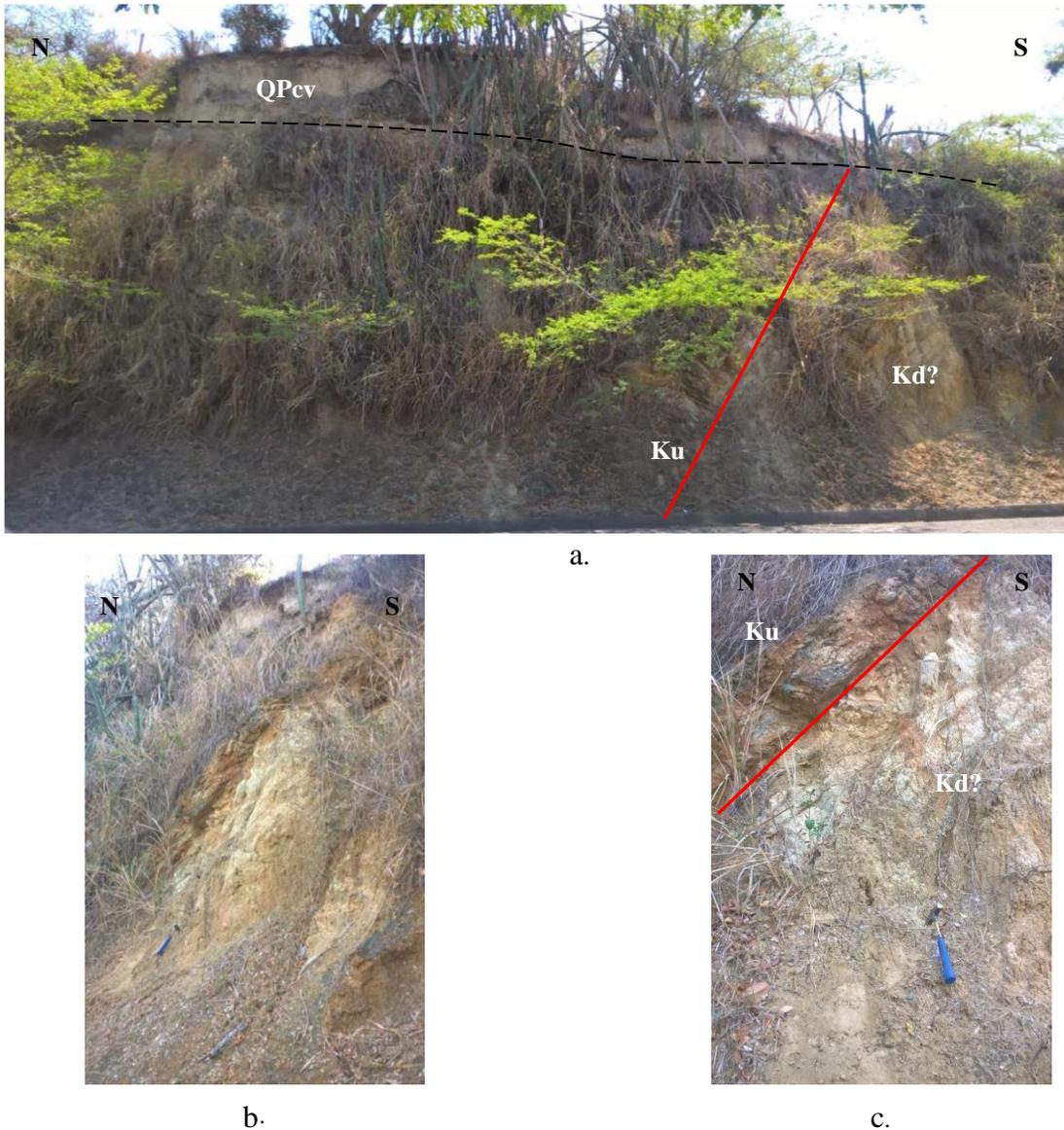


Figura 11. Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku). Afloramiento sobre vía Panorama al SE de Roldanillo. **a.** Gabro hornbléndico con cúmulos de anfíboles y areniscas en contacto fallado a su vez suprayacidas por depósito de Tobas. **b.** Zona de brecha de falla. **c.** Detalle de contacto fallado.

Fuente: fotografía propia.

Depósitos de Cenizas Volcánicas (QPcv)

Esta unidad está conformada por cenizas volcánicas porosas y muy compactas, de composición dacítica (cuarzo, plagioclasa, biotita, anfíbol, matriz vítrea) también contiene líticos 80% de tamaño menor a 1cm y 20% mayores a 1cm. Estas cenizas están dispuestas de manera disconforme sobre las rocas del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku) y las rocas del Grupo Dagua (Kd). Afloran únicamente al Sur-Este sobre la vía Panorama; en donde el barrio o urbanización Villa Rosita está construida sobre este depósito (ver Figura 12).



a.



b.

Figura 12. a. Depósito de cenizas volcánicas reposando disconformemente sobre rocas del Complejo Ofiolítico de Bolívar. **b.** Viviendas barrio Villa Rosita construidas sobre depósitos de cenizas (QPcv).

Fuente: fotografía propia.

Depósitos de Conos Antiguos (QPca)

El municipio de Roldanillo se construyó sobre un sistema de abanicos y depósitos aluviales, donde los materiales que los conforman son provenientes del piedemonte oriental de la Cordillera Occidental. A esta formación pertenecen los materiales depositados por los ríos Rey, Roldanillo, Cáceres y los zanjones del Guachal y de los Mudos (Ipira).

Estos depósitos están conformados por gravas gruesas a finas de matriz tobácea, interestratificadas con arenas tobáceas muy compactas y en algunas ocasiones contienen horizontes de paleosuelos de cenizas volcánicas.

2.3.1.1. *Depósitos del Río Rey*

La secuencia estratigráfica tipo en el río Rey está representada por abanicos y depósitos aluviales. Esta ha sido expuesta por el curso del río al nor-occidente del barrio El Portal (Estación R10); donde se pueden observar de base a techo unas secuencias espesas de conglomerados gruesos a finos, matriz soportados de color amarillo ocre, donde el 60% son clastos (cuarzo y basalto de hasta 15 cm, subangulosos, sin gradación) y el 40% restante corresponde a una matriz tobácea. Estos conglomerados están interestratificados con arenas tobáceas con un contenido del 30% de clastos, que en ocasiones presentan horizontes de paleosuelos compuestos de cenizas volcánicas. Estos depósitos poseen 3.5m de espesor; también se observan lentes de arenas con laminación inclinada y cruzada. Suprayaciendo estos paquetes se observa un depósito matriz soportado de tobas muy compactas y de color blanco a habano, contiene clastos donde el 80% de estos son de tamaño menor a 1cm, un 15% tienen tamaños entre 1 y 3cm y un 5% son mayores a 5cm, el espesor de este paquete es de 3m aproximadamente (ver Figura 13).



Figura 13. Secuencia estratigráfica en el río Rey. (a) Abanicos Aluviales (tope) compuestos por tobas blancas muy compactas que suprayacen depósitos aluviales (b) Detalle de las secuencias aluviales espesas de gravas gruesas a finas con matriz tobácea, interestratificadas

con arenas tobáceas masivas y en ocasiones presentan lentes con laminación inclinada y cruzada.

Fuente: fotografía propia.

En la Estación R13 (localizada entre el barrio La Ceiba y el barrio doña Ema), aflora el basamento basáltico de la Formación Volcánica (Kv), suprayacida por depósitos aluviales (ver Figura 14).



Figura 14. Basamento basáltico de la formación Volcánica, suprayacida por depósitos aluviales

Fuente: fotografía propia

A la altura de la Estación R15, se observan de base a techo un conglomerado clastosoportado de 1.5m de espesor suprayacido por 4.5m de arena tobácea (ver Figura 15).



Figura 15. Afloramiento de depósitos de arena tobácea que suprayace conglomerado clastosoportado.

Fuente: fotografía propia.

En las Figura 16, 17, 18, 19 y 20 se pueden observar los diferentes depósitos río abajo, mostrando una dinámica que varía de períodos de depósito agresivos y de fuerza del río (conglomeráticas) a períodos de menos fuerza con depositación de bancos de arenas tobáceas.



Figura 16. Estación R19. Depósito conglomerático clasto soportado de 4m de altura y sin gradación, con clastos de hasta 20cm.

Fuente: fotografía propia.



Figura 17. Estación R23. A la base conglomerado clasto soportado de 0.4m, suprayacido por depósito aluvial de toba masiva de 3m con pequeños lentes de conglomerado y en el tope conglomerado matriz soportado de 0.6m

Fuente: fotografía propia.



Figura 18. Estación R29. A la base conglomerado clastosoportado con clastos de hasta 10cm, suprayacido por conglomerado matriz soportado (nótese el contacto erosivo entre los dos depósitos) y al tope conglomerado clastosoportado con clastos menores a 5cm.

Fuente: fotografía propia.



Figura 19. Estación R30. A la base conglomerado clastosoportado de 1.5m de espesor, suprayacido por 1.5m de arena tobácea masiva y al tope conglomerado matriz soportado de 2m de espesor y clastos de 1 a 10cm.

Fuente: fotografía propia.



Figura 20. Estación R136. A la base depósito conglomerático clasto soportado de 0.6m de espesor, suprayacido por 4m de arenas tobáceas masivas.

Fuente: fotografía propia.

2.3.1.2. *Depósitos del Zanjón del Guachal*

La geología de este zanjón corresponde básicamente a secuencias de arenas tobáceas espesas interestratificadas con conglomerados gruesos de matriz tobácea (ver Figura 21), en algunas ocasiones se observan horizontes de suelo de hasta 0.3m en medio de la secuencia estratigráfica que llega a tener 6m de espesor; esto fue identificado en la parte media del zanjón.

En la parte baja del zanjón no se pudo observar la secuencia aluvial ya que el cauce fue rellenado con fines de urbanización y por ende el curso de este fue desviado y actualmente no se observan sus depósitos en el área urbana.



a.

b.

c.

Figura 21. Secuencias estratigráficas identificadas en la parte media del zanjón El Guachal. Recorrido Este-Oeste. **a.** Paquetes de arenas tobáceas masivas. **b.** Paquetes de arenas tobáceas masivas intercaladas con pequeños estratos de conglomerados y algunos horizontes de suelo. **c.** Paquetes de conglomerados clastosoportados de distribución aleatoria.

Fuente: fotografías propias

2.3.1.3. *Depósitos Aluviales del zanjón de Ipira o de los Mudos*

Los depósitos de este zanjón se observan únicamente en el curso del mismo entre los barrios Mirador del Campestre y los inicios del barrio la Ermita; ya que desde allí el zanjón ha sido intervenido y modificado (canalizado), adicionalmente es un zanjón muy vegetado que dificulta la identificación de sus depósitos.

La secuencia estratigráfica tipo está definida por secuencias espesas de gravas gruesas a finas con matriz tobácea, interestratificadas con arenas tobáceas masivas, en ocasiones presentan horizontes de paleosuelos compuestos de cenizas volcánicas (ver Figura 22).



Figura 22. Secuencia estratigráfica del zanjón de los Mudos, en esta imagen se puede observar la dinámica de depositación por divagación del canal. Estación R36.

Fuente: fotografía propia.

En los alrededores del zanjón de Ipira al occidente, específicamente en el sector del Mirador Campestre se encontró que este condominio se está construyendo sobre la parte alta de un depósito de abanico aluvial que suprayace a los basaltos de la Formación Volcánica (Kv). Este depósito aflora como un conglomerado clastosoportado que contiene bloques de rocas básicas, cuarzo, gabros y rocas serpentinizadas de hasta 0.6m, subredondeadas a angulosas en una matriz tobácea, y corresponden a una zona más proximal del abanico (ver Figura 23).



Figura 23. Materiales que conforman el abanico aluvial sobre el que se está construyendo la urbanización Mirador Campestre. a. Depósitos zona proximal del abanico. b. Depósitos zona media lateral del abanico.

Fuente: fotografías propias

Estos sedimentos también afloran en la vía que conduce al Club Campestre (Hotel Llano Lindo) y forman parte de una zona más distal del abanico. Están suprayacidos por un depósito tobáceo de color blanco que contiene clastos de tamaño menor a 1cm (ver Figura 24).



Figura 24. Estación R97. **a.** Depósitos de abanico aluvial en el Hotel Llano Lindo. **b.** Detalle de material tobáceo suprayaciendo conglomerados clastosoportados.

Fuente: fotografías propias

Al Oriente del municipio sobre la vía que conduce de Roldanillo hacia el municipio de Zarzal, a 50m (Estación R127) aproximadamente de la Estación de servicio Las Palmas, es posible observar un zanjón que ya no está canalizado y que tiene una profundidad de sedimentos aproximada de 1m; estos sedimentos corresponden a arenas tobáceas muy finas (ver Figura 25 a), más al oriente en la Estación R127 se observa que el zanjón se hace menos profundo, llegando a tener 0.7m (ver Figura 25 b),



a.



b.

Figura 25. Zanjón de Ipira. **a.** Estación R128. Depósitos de abanico aluvial sobre vía que conduce de Roldanillo a Zarzal. **b.** Estación R127. Zanjón poco profundo.

Fuente: fotografías propia

2.3.1.1 Depósitos del río Roldanillo

La estratigrafía del río Roldanillo está representada por secuencias de arenas tobáceas espesas interestratificadas con gravas gruesas de matriz tobácea. La característica de este río es su capacidad de carga y por lo tanto la depositación de bloques métricos en la parte alta; donde afloran principalmente conglomerados clastosoportados con espesor de 3m y bloques de hasta 1m (ver Figura 26).



Figura 26. Estación R96 a R93. a. Depósitos de canal conglomeráticos clastosoportados que llegan a alcanzar los 3m de espesor, y sus clastos pueden ser hasta de 1m de diámetro.

Fuente: fotografías propias

En el sector del barrio Llanitos se encuentran afloramientos que a la base los conforman conglomerados clastosoportados pobremente seleccionados, de material grueso hasta 0.4m y sin gradación; interestratificados con capas de arenas gruesas; mientras que la capa de conglomerado clastosoportado al tope tiene clastos de máximo 0.1m y presentan buena selección, esto se puede verificar en la Figura 27.



Figura 27. Depósitos aluviales del río Roldanillo a la altura de la Estación R92.
Fuente: fotografía propia.

En la zona sur del Barrio José Obrero sobre el río Roldanillo se puede observar la diferencia entre depósitos aluviales al lado norte y los depósitos de abanico aluvial del lado Sur (estos cuentan con mayor altura) (ver Figura 28).



Figura 28. Al norte depósitos conglomeráticos aluviales (Qal), a los sur depósitos de abanico aluvial (Qca).
Fuente: fotografía propia.

En la Estación R91, se observa que los depósitos están conformados por capas de ceniza volcánica transportada muy compacta (caliche), estos pertenecen a la parte media del abanico aluvial y

suprayacen depósitos aluviales conglomeráticos clastosoportados pobremente seleccionados y sin gradación (ver Figura 29).



Figura 29. Depósito de Abanico aluvial suprayaciendo depósito conglomerático de canal.

Fuente: fotografías propias

Entre la calle 4 y la calle 5 en la Estación R88, aflora de base a techo un conglomerado clastosoportado de 0.65m, con 85% de clastos (diorita y basalto), subangulosos a angulosos, no gradados de tamaños 1 a 7 cm, pero en la base se observa un bloque de 0.6m; la matriz es de arena media a gruesa. Lo suprayace un depósito de origen antrópico de 0.2m matriz soportado, los clastos tienen hasta 3cm, subredondeados de alta esfericidad y la matriz es de arena media a muy gruesa (85% líticos, 5% cuarzo y 10% ladrillo); al tope un pequeño depósito de material antrópico de 0.3m que contiene tela, basura, clastos y arena (ver Figura 30).



Figura 30. Depósito aluvial (1) suprayacido por depósito antrópico (2).

Fuente: fotografía propia.

A partir del puente vehicular de la calle 5 el curso del río se le han construido muros de contención, canalización y otros tipos de infraestructura para evitar la erosión y el deslizamiento de las laderas (ver Figura 31). Son escasos los lugares donde se puede observar la geología del río Roldanillo a

partir de la Estación R87 hasta la Estación R78. A partir de este punto en la calle 10 el río ya no está canalizado y se pueden observar sus depósitos (ver Figura 32).



a.

b.

Figura 31. a. Vista al occidente del río Roldanillo desde el puente de la calle 5. b. Vista al oriente del río Roldanillo desde el puente de la calle 10

Fuente: fotografías propias



a.

b.

Figura 32. a. Vista al occidente del río Roldanillo desde el puente de la calle 10. b. Vista al oriente del río Roldanillo desde el puente de la calle 10.

Fuente: fotografías propias

En el barrio Los Alpes (Estación R104) se pueden observar 3m de secuencia sedimentaria, a la base 0.3m de conglomerado clastosoportado y al tope 2m de sedimentos tobáceos finos (ver Figura 33).



Figura 33. Secuencia sedimentaria del río Roldanillo en el barrio Los Alpes.

Fuente: fotografía propia.

Al norte del antiguo matadero cerca de la desembocadura del río Cáceres en el río Roldanillo (Estación R107), se observa una secuencia sedimentaria de 3.6m de espesor que de base a techo se describe como un paquete de arena media, masiva de color café de 2m de espesor, compuesta por 60% líticos y 40% cuarzo. La suprayacen 1.6m de arena conglomerática con clastos de hasta 2cm de líticos redondeados a subredondeados, algunos de alta esfericidad, sin gradación; la matriz contiene cuarzo 40% y líticos 60% (ver Figura 34).



Figura 34. Secuencia sedimentaria del río Roldanillo en su parte baja, cerca de la desembocadura del río Cáceres

Fuente: fotografía propia.

2.3.1.4. *Depósitos del río Cáceres*

El río Cáceres es una corriente poco intervenida y la urbanización apenas está cerca del curso del río, por ende, se conserva su cauce natural y su vegetación nativa.

Al sur de la nueva urbanización Ciudad Jardín etapa 3 (Estación R103), afloran 3.5m de depósitos aluviales que de base a techo se describen así: paleosuelo de color negro 0.3m, lo suprayace 1m de material aluvial tobáceo muy compacto de color café, arriba de este un depósito de material aluvial tobáceo muy compacto de color habano a amarillo y suprayaciendo toda esta secuencia se observan 1.2m de material aluvial de tamaño ceniza muy fina de color amarillo ocre (ver Figura 35 a, b).

En la Estación R111 al sur de la finca Santa Marta se observa una secuencia de 5m de material aluvial tobáceo muy fino, masivo y muy compacto (ver Figura 35c).

Al sur del proyecto Reserva de la Ciénaga afloran depósitos de arena tobácea muy fina (Estación R109) con espesor promedio de 2.5m (ver Figura 35 d).



Figura 35. **a.** Vista general de los depósitos del río Cáceres. **b.** Secuencia sedimentaria aluvial al sur de la Urbanización Ciudad Jardín, etapa 3. **c.** Secuencia sedimentaria al sur de la finca Santa Marta. **d.** Arenas finas tobáceas al sur del proyecto Reserva de la Ciénaga.

Fuente: fotografías propias

En la Estación R114 en el caserío Irrupá sobre el río Cáceres, afloran 3m de arenas masivas tobáceas de tamaño fino a medio, color café, muy compactas (ver Figura 36a). En la Estación R115 se observó un afloramiento de 1m de espesor de arenas tobáceas masivas de color café y tamaño fino; estas arenas con la humedad tienen un comportamiento plástico (ver Figura 36b).



a.



b.

Figura 36. a. Caserío Irrupá (Estación R114), Secuencia sedimentaria aluvial de arenas masivas tobáceas de tamaño fino a medio y muy compactas. b. Afloramiento de arenas masivas tobáceas de tamaño fino (Estación R115).

Fuente: fotografías propias

Al sur oriente en la Avícola Algeciras (Estación R116), el río Cáceres muestra una secuencia sedimentaria aluvial matriz soportado de 3,5m de altura, contiene clastos subredondeados de disposición aleatoria, pobremente seleccionados, de roca básica; los tamaños varían de 1 a 5 cm. La matriz es tobácea de grano fino muy compacta, (ver Figura 37a). Mientras que en la Finca la Campiña (Estación R118) los depósitos de arena tobácea masiva son de tamaño de grano medio, color café y solo alcanzan 1,5m de espesor (ver Figura 37b).



Figura 37. a. Avícola Algeciras (Estación R116), Secuencia sedimentaria aluvial matrizsoportada y de matriz tobácea muy compacta. **b.** Afloramiento de arenas masivas tobáceas de tamaño medio (Estación R118) en Finca la Campiña.

Fuente: fotografías propias

Depósitos de Conos (Qca)

Consisten en depósitos de abanicos y depósitos de pie de talud, localizados estratigráficamente por encima de los depósitos de abanicos aluviales o conos antiguos (QPca). Estos depósitos afloran en los barrios El Portal (Estación R1), la Ceiba (Estación R6), las Colinas (Estación R31), Mirador del campestre (Estación R35 y R97), Humberto González Narváez (Estación R100) y el barrio Ciudad Jardín Etapa 1 (Estación R99). Se caracterizan por ser sedimentos aluviales conformados por arena tobácea de color habano, de aspecto masivo y muy compacta que contiene clastos de hasta 1cm de cuarzo y rocas básicas; eventualmente se encuentran clastos de mayor tamaño, son depósitos no consolidados (ver Figura 38).



a.



b.



c.



d.



e.



f.

Figura 38. a. Depósitos de abanico que afloran en los diferentes barrios de Roldanillo. **a.** Barrio El Portal. **b.** Barrio la Ceiba. **c.** Barrio las Colinas. **d.** Urbanización Mirador del campestre. **e.** Barrio Humberto González Narváez **f.** Barrio Ciudad Jardín Etapa 1.

Fuente: fotografías propias

Sobre la vía que conduce a la vereda Cascarillo, estación R139 Finca La Suiza; se observan los depósitos de la zona más proximal de un abanico aluvial que está conformado por 5% bloques de basalto de hasta 1m (subredondeados y de baja esfericidad), un 20% de clastos de basalto (subredondeados y de baja esfericidad, con tamaños de 5 a 40 cm) (ver Figura 39a). El 75% restante corresponde a la matriz, conformada por arena tobácea de tamaño fino a medio y de color habano claro. El espesor del afloramiento es de hasta 2m (ver Figura 39b).



Figura 39. Estación R139. Vía que conduce a la vereda Carrasquillo. **a.** Afloramiento de abanico aluvial en su parte más proximal. **b.** Matriz que conforma el abanico

Fuente: fotografías propias

Depósitos Aluviales (Qal)

Son depósitos de llanura aluvial y de terrazas aluviales, consistentes en arenas tobáceas muy finas y en ocasiones conglomerados clastosoportados de matriz tobácea, identificados a lo largo de los ríos. Son depósitos inconsolidados.

2.3.1.5. *Depósitos Coluviales*

Corresponden a materiales depositados a la base de colinas o laderas de pendiente moderada tras un corto recorrido y como consecuencia de la acción erosiva derivada de la esorrentía. Se ubican sobre divisorias, o sobre los flancos de las colinas, nunca sobre áreas de drenaje. En la cabecera municipal de Roldanillo se identificaron en los sectores cercanos al área montañosa.

Específicamente en la antigua ladrillera ubicada entre los barrios La Ceiba y Las Colinas, se identificó un depósito coluvial de material tobáceo que en su parte más distal muestra clastos de basalto redondeados de hasta 5 cm, su distribución es aleatoria, también se diferencian clastos de toba con evolución a suelo (color gris) de hasta 20cm, la matriz también es tobácea; este depósito está infrayacido por el basamento basáltico (ver Figura 40).

También fueron identificados estos depósitos en inmediaciones del barrio Las Colinas, en el barrio Nueva Ermita y en la zona montañosa que bordea el zanjón de los Mudos.



Figura 40. Antigua ladrillera entre barrio La Ceiba y Las Colinas. **a.** Coluvión con clastos de toba que evoluciona a suelo. **b.** Detalle de clastos tobáceos y basálticos en coluvión. **c.** Depósito Coluvial (Qco) suprayaciendo Formación Volcánica (Kv).

Fuente: fotografía propia.

2.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Dentro del área de estudio, se pueden diferenciar pocos rasgos en superficie que permiten identificar fallas geológicas. Se observaron algunas silletas de falla que no son contundentes para definir con certeza los trazos de las mismas. Se representaron los siguientes rasgos estructurales:

2.4.1 Falla inferida con indicios geomorfológicos, pero sin evidencias de actividad tectónica reciente

Corresponden a trazos marcados por la presencia de silletas de falla, colinas y cauces deflectados identificados en campo y en fotografías aéreas. Sin embargo, no se encontraron evidencias geomorfológicas tales como escarpes o planos de falla para verificar su desplazamiento.

Al Oeste del perímetro urbano se encuentra una de estas fallas. Tiene una dirección NE-SW (ver Figura 41).



Figura 41. Trazo de falla inferida con indicios geomorfológicos, pero sin evidencias de actividad tectónica reciente, al oeste del área urbana.

Fuente: fotografía propia.

2.4.2 Trazo Falla Regional SGC

Corresponde a un trazo de falla reportado en el Mapa Geológico Plancha 242 – Zarzal (Nivia et al., 1995). Este trazo no se evidenció en el trabajo de campo, pero existen evidencias regionales que permiten ubicarlo en el mapa local.

2.5 MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES

Las Unidades Geológicas Superficiales se consideran como el conjunto de materiales que conforman la superficie del terreno hasta profundidades del orden de decenas de metros, e incluyen rocas con diferentes grados de meteorización y fracturamiento, así como suelos y depósitos inconsolidados (Ibañez et al., 2012).

En los límites urbanos de Roldanillo se definieron las unidades geológicas superficiales, identificándolas inicialmente de acuerdo a su origen: Rocas (R) o Suelos (S), y posteriormente por sus características litoestratigráficas (composición y estructura) y relieve. Las unidades geológicas superficiales corresponden a Roca dura (Rd) y suelos que se diferenciaron entre transportados (St) y antrópicos (Sa).

2.5.1 Unidad de Roca dura (Rd)

Comprende macizos rocosos en los que el material se presenta como roca ligeramente meteorizada, sin embargo, la roca es dura y tienen resistencia alta. Dentro de esta unidad se incluyen únicamente las rocas de la Formación Volcánica (Kv) que están presentes en la zona montañosa caracterizada por laderas de pendiente alta.

2.5.2 Unidad de suelo transportado (St)

Son materiales que han sufrido algún tipo de transporte, ya sea por medios naturales de tipo fluvial o aluvial, eólico, glaciario, gravedad o por medios relacionados con las actividades del hombre (antrópicos). Están conformados por materiales heterogéneos, cuya composición depende de la fuente de origen, no están consolidados, son susceptibles a generar movimientos en masa (en las zonas de mayor pendiente) y se distribuyen desde las zonas semiplanas hasta las zonas de baja pendiente.

Dentro de las unidades de suelo transportado para Roldanillo se definieron las siguientes (ver Figura 42):

- Suelo transportado de ceniza (Stc).
- Suelo transportado aluvial antiguo (Staa). Corresponde a los depósitos de abanicos antiguos.
- Suelo transportado aluvial reciente (Star). Corresponde a los depósitos de abanicos recientes.
- Suelo transportado aluvial de terrazas (Stat).
- Suelo transportado coluvial (Stco).
- Suelo transportado de cono de talus (Stct).
- Suelo antrópico mixto (Sa). Conformados por (plástico, madera, escombros, basura, etc.)
- Suelo antrópico de relleno de escombros (Sale).
- Suelo antrópico jarillón (Saj).
- Suelo antrópico de roca (Sar). Conformados por roca muerta

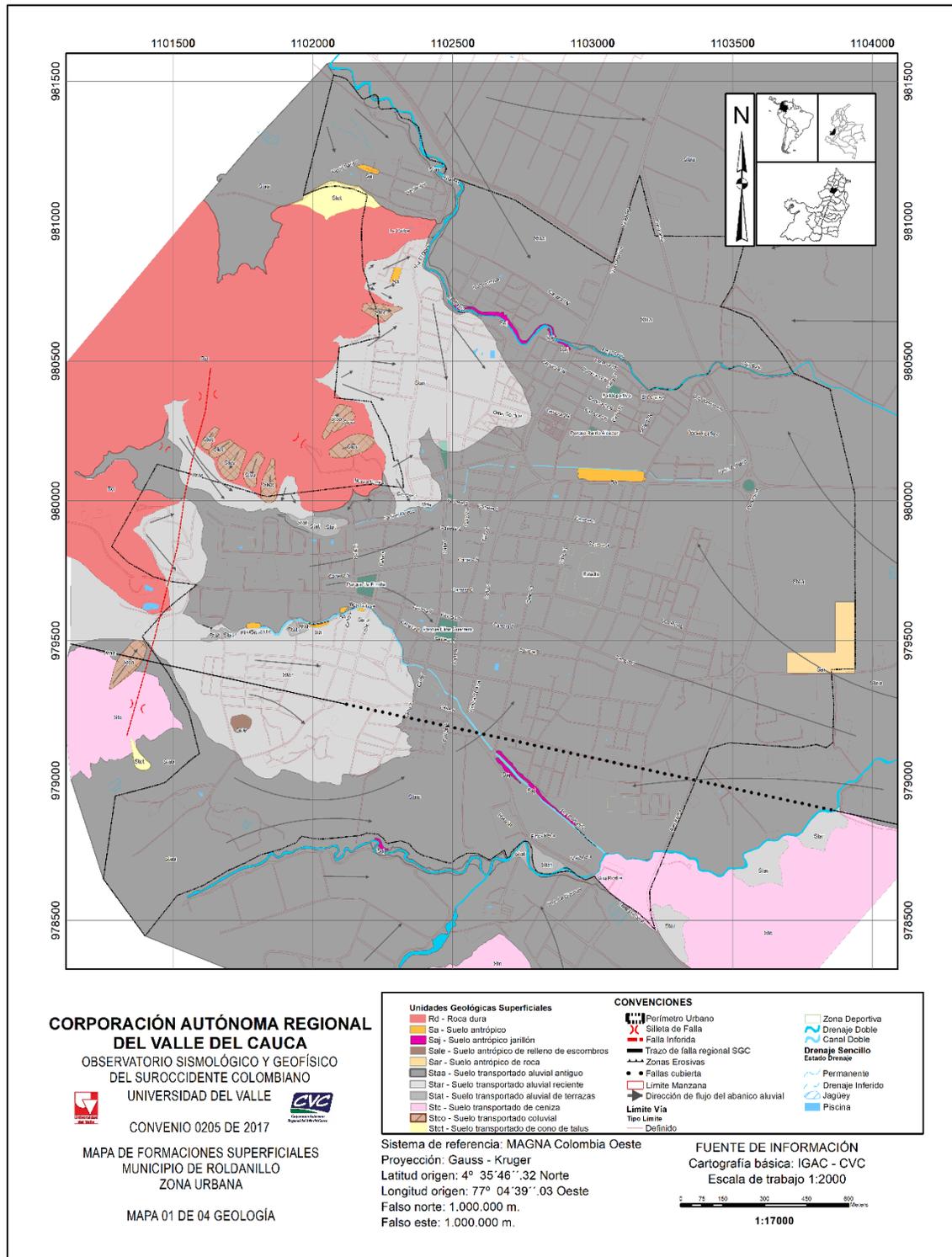


Figura 42. Mapa de Unidades Geológicas Superficiales
Fuente: elaboración propia con datos tomados en campo

2.6 MAPA GEOMORFOLÓGICO

La actual dinámica global en referencia al cambio climático y la exposición cada vez mayor de la población, hacen necesario generar conocimiento sobre la dinámica del paisaje físico. Un estudio geomorfológico puede convertirse en una herramienta muy útil en la zonificación de la amenaza por fenómenos de remoción en masa e inundaciones.

El presente estudio se hizo siguiendo 3 fases: Fotointerpretación, control de campo y definición de elementos geomorfológicos y elaboración de mapas.

2.6.1 Fase 1.

Por medio de la foto-interpretación se definieron las distintas formaciones superficiales, se identificaron formaciones geomorfológicas de origen tanto natural como antrópico de acuerdo a la evolución de la depositación del material.

Se realizó un análisis multitemporal de las fotografías aéreas existentes del municipio. El vuelo CVC, R368 fotos 127, 128 y 129 del año 1957 (Ver Figura 43) es un vuelo de muy buena calidad y escala, en el que se pudieron definir claramente las unidades geomorfológicas y las unidades superficiales de gran escala. También se foto interpretó el vuelo IGAC, 2695 fotos 58 a 62 del año 2010; es un vuelo de buena escala, sin embargo, es de calidad muy regular (alta nubosidad) y por lo tanto de difícil interpretación (ver Figura 44). No obstante, las fotografías se interpretaron y fueron de gran ayuda y complemento para el conocimiento de la geomorfología del área.

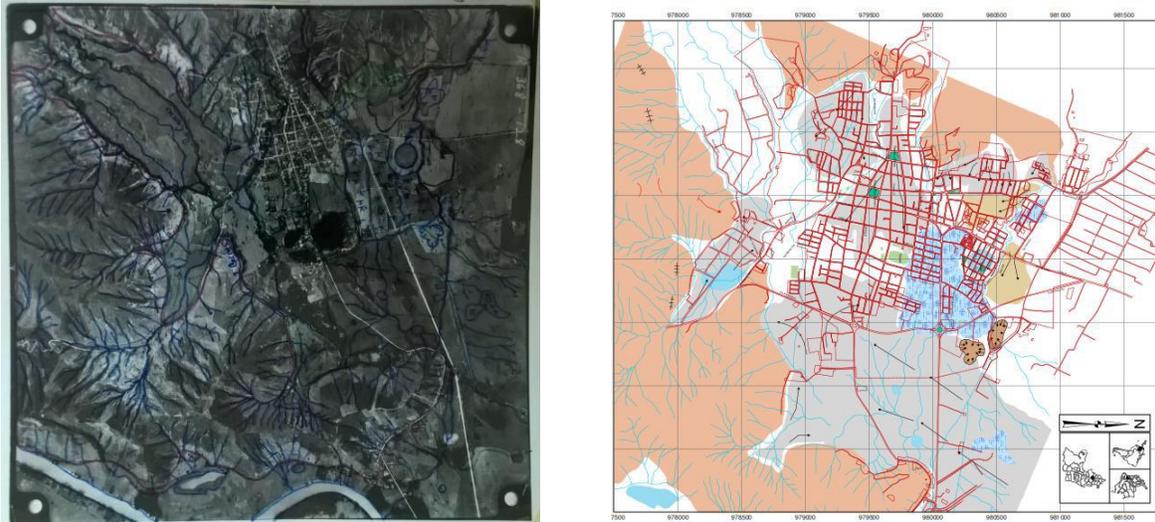


Figura 43. Fotointerpretación del vuelo CVC R368 fotos 127, 128 y 129 del año 1957

Fuente: elaboración propia

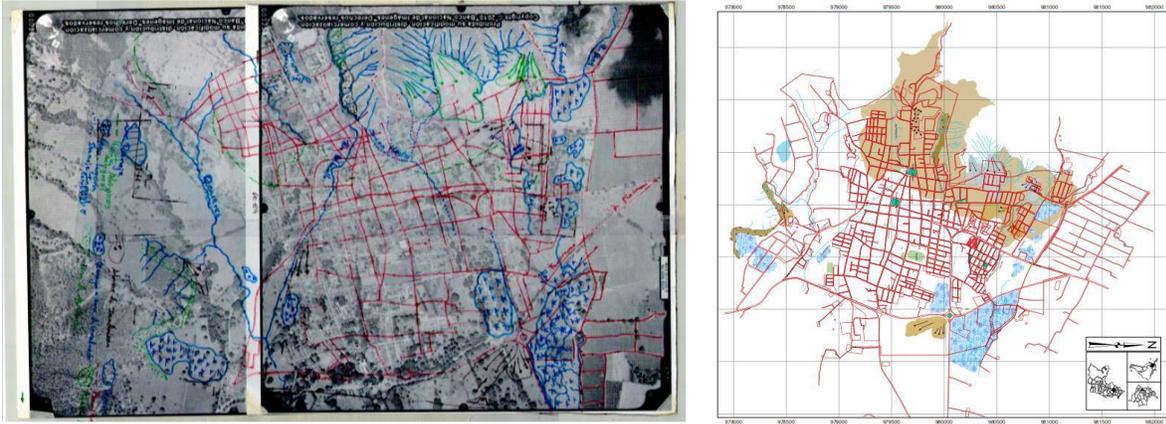


Figura 44. Fotointerpretación del vuelo IGAC, 2695 fotos 58 a 62 del año 2010.

Fuente: elaboración propia

Adicionalmente, se analizó el modelo digital del terreno y el mapa de pendientes (ver Figura 45 y Figura 46) para verificar las características de la superficie y se complementó con el análisis de las fotografías aéreas. Con estas tres herramientas se obtuvo un insumo muy importante en la determinación de las unidades Geomorfológicas y se definió que el área urbana de Roldanillo corresponde en un bajo porcentaje a un relieve de Montañas con pendientes muy empinadas y de laderas largas, por otro lado, predomina un relieve de piedemonte con pendientes que varían de suaves a muy suaves y finalmente una zona plana o de transición.

Se determinaron las características morfológicas y los ambientes morfogenéticos recientes y antiguos que de alguna manera han contribuido a la evolución del paisaje; se zonificaron áreas homogéneas caracterizando y delimitando las unidades geomorfológicas.

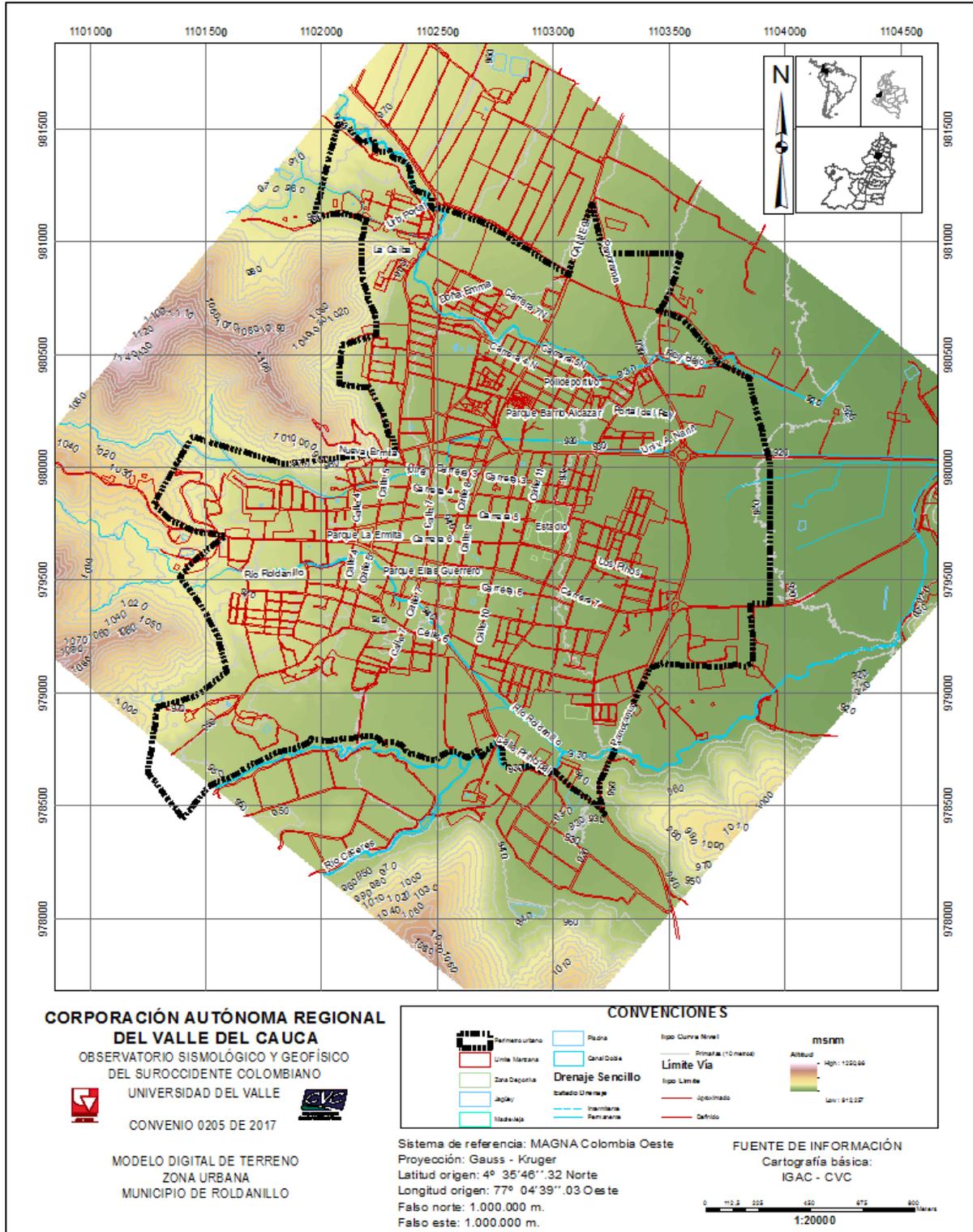


Figura 45. Modelo Digital del Terreno.
Fuente: información suministrada por CVC para este estudio

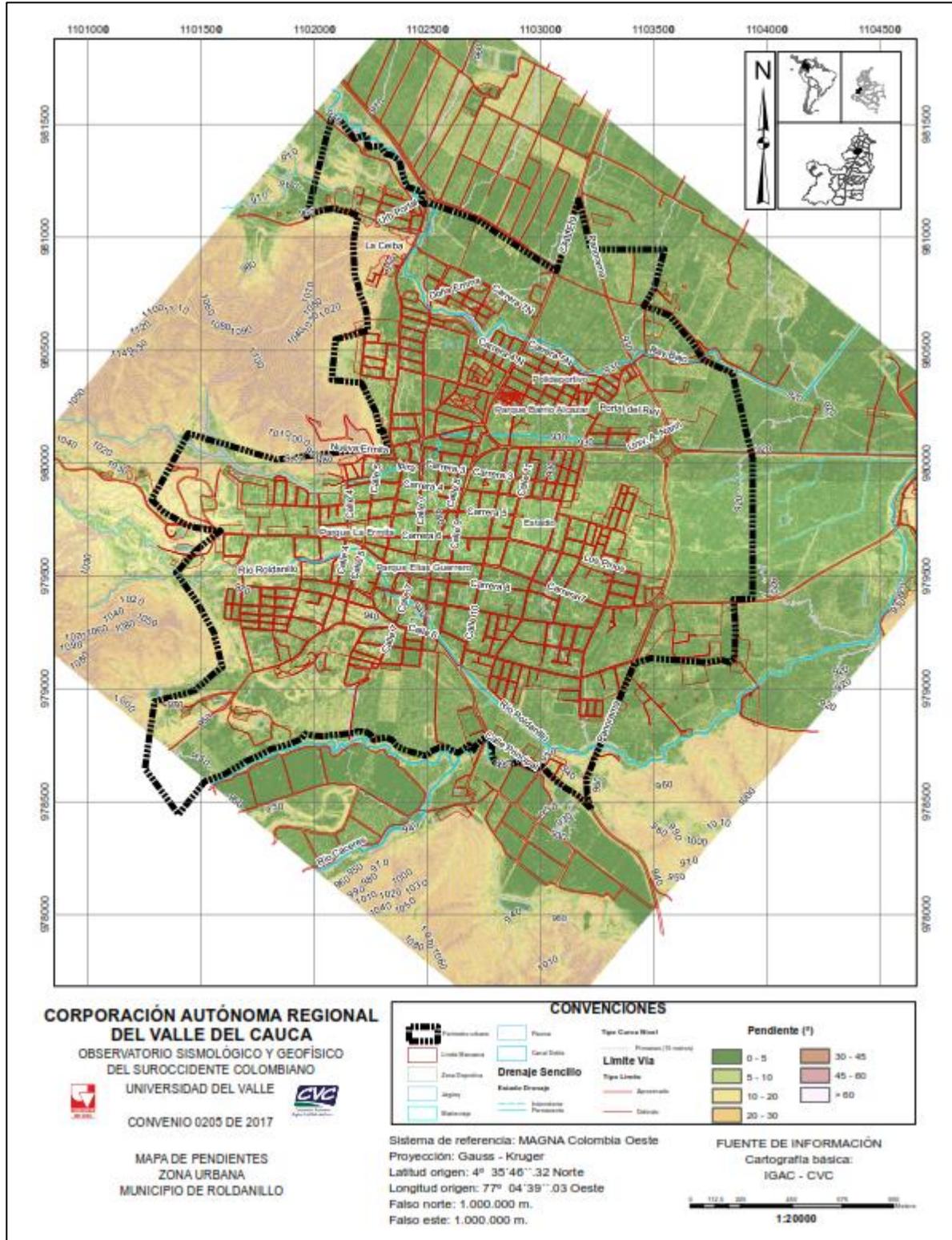


Figura 46. Mapa de pendientes.
Fuente: información suministrada por CVC para este estudio

2.6.2 Fase 2

Posteriormente, esta información fue corroborada en campo realizando un análisis y corrección de las mismas, obteniendo una delimitación más cercana a la realidad.

Dada la escala de trabajo (1:2.000), se cartografiaron elementos geomorfológicos de acuerdo con la jerarquización mostrada en la Figura 47.

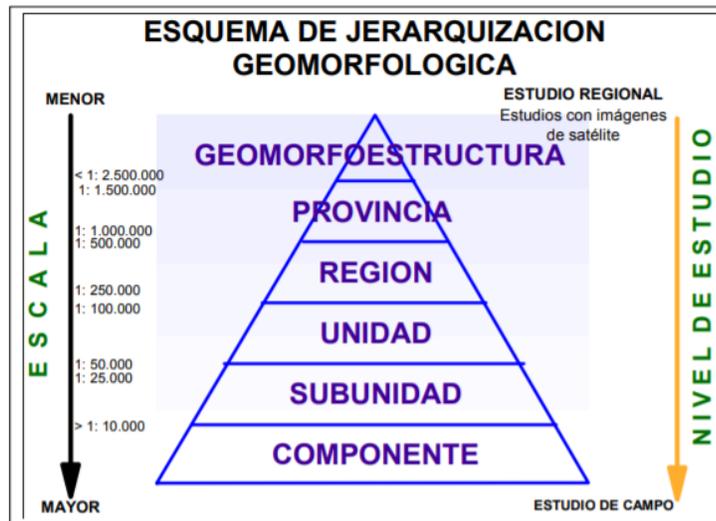


Figura 47. Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2012) con base en Velásquez (1999), Ingeominas (2000).

Fuente: Tomado de Ibañez et al., (2012).

Regionalmente el municipio de Roldanillo se ubica sobre el piedemonte de la Cordillera Occidental, conformado al occidente por un relieve irregular, montañoso, de origen estructural; dominado principalmente por altas pendientes. Por otro lado, se encuentran los depósitos del periodo Cuaternario donde el relieve irregular y montañosos fue cubierto por espesos depósitos de ceniza provenientes del complejo Ruiz-Tolima y Cerro Machín; que modificaron el paisaje, suavizando las crestas y generando nuevas geoformas de origen denudativo y agradacional, con depositación lenta o súbita, por la acción libre o conjunta de los agentes de transporte y la gravedad. En la parte baja del municipio donde dominan los abanicos aluviales depositados por los ríos y zanjones que conforman el área urbana, generando procesos de erosión y depositación fluvial, dieron origen a geoformas que ocupan las zonas aledañas a los mismos y sobre los que se construyó el municipio, estos datan del período Cuaternario.

De otra parte, la actividad antrópica, especialmente por la urbanización espontánea, modificó en algunos sectores la morfología del paisaje natural, generando nuevas formas y nuevos procesos que modifican el terreno (jarillones y rellenos), que tratan de evitar inundaciones en las áreas urbanizadas aledañas a los ríos y zanjones que se convierten en amenazas para sus habitantes. Esto se puede observar en las inmediaciones de algunos sectores de los ríos Rey, Roldanillo y en menor proporción el río Cáceres.

Se destacan tres tipos de morfología en el área urbana de Roldanillo:

1. Sectores montañosos conformados principalmente por rocas del Cretácico, Formación Volcánica (Kv); cubiertos por cenizas volcánicas que han suavizado las crestas, pero aún con predominio de pendientes altas, localizadas en el 5% del casco urbano del municipio.
2. Zonas de abanicos aluviales, terrazas y depósitos aluviales, donde se tienen básicamente depósitos Cuaternarios de origen fluvial, asociados con la actividad de los ríos y zanjones del municipio; estas geoformas cubren en 90% del casco urbano.
3. Zonas asociadas a actividad antrópica, sobre los anteriores paisajes, que han generado geoformas recientes, especialmente relacionadas con rellenos realizados con fines de urbanización, protección para inundaciones y escombreras.

Con base en su origen, en el casco urbano del municipio de Roldanillo se reconocieron cuatro tipos de geoformas: De origen estructural denudacional, denudacional, fluvial y antrópico (ver Figura 48).

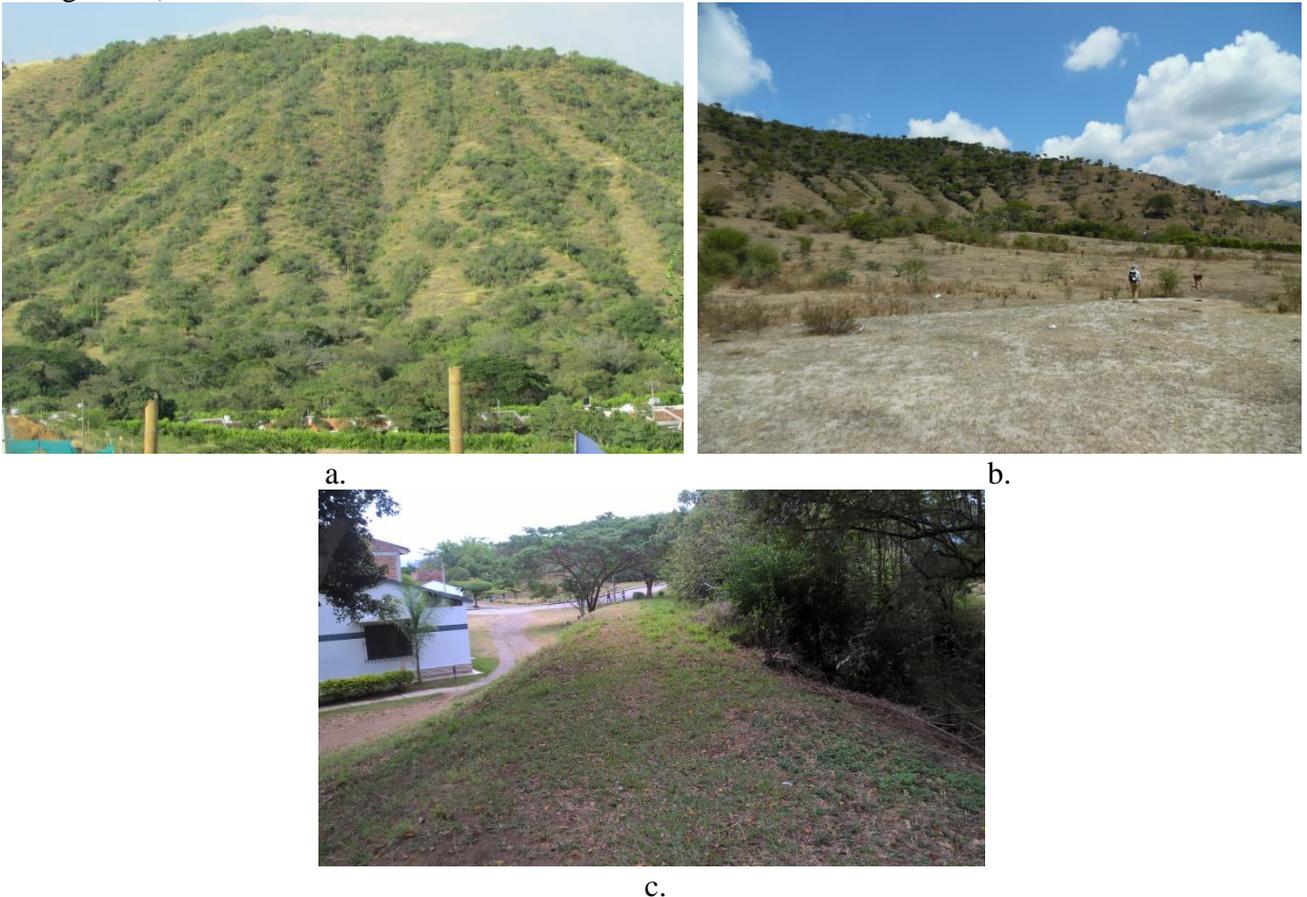


Figura 48. Tipos de geoformas. **a.** Denudacional; **b.** Fluvial y **c.** Antrópico

Fuente: fotografía propia.

Una vez establecidos el ambiente morfogenético del área de estudio y los posibles elementos geomorfológicos presentes, se define la nomenclatura asociada, la cual se ajustará de acuerdo con la caracterización de los elementos en campo. El sistema propuesto es el siguiente:

- La primera letra, en mayúscula, indica el origen de la geoforma: morfoestructural (S), volcánico (V), denudacional (D), fluvial (F), marino-costero (M), glacial (G), eólico (E), kárstico (K), antropogénico (A).

- A partir de la segunda letra, en minúscula, se indican características particulares del elemento, rasgo o proceso geomorfológico.

En la Figura 49 se presentan ejemplos de nomenclatura de elementos geomorfológicos, según algunos estudios de caso realizados por el Servicio Geológico Colombiano (2014) en ambientes sedimentarios y volcánicos, en los que se ha adoptado el sistema de clasificación morfogenética del International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC). Otros ejemplos pueden encontrarse en Carvajal (2012).

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	NOMBRE DEL ELEMENTO	NOMENCLATURA	
ESTRUCTURAL DENUDACIONAL	Estas geoformas se originan por la influencia de la actividad tectónica sobre roca y suelos, generando expresiones en el terreno que se combinan con los procesos denudacionales.	Gancho de falla	Sgf	
		Lomo de presión	Slp (Sle)	
		Cerro estructural	Sce	
		Charco de falla (Sag Pond)	Scf	
VOLCÁNICO DENUDACIONAL	Son geoformas desarrolladas por estructuras volcánicas y su actividad asociada a materiales arrojados por los mismos, los cuales se encuentran sometidos a procesos denudacionales de clima tropical.	FLUVIO-VOLCÁNICA	Superficie de abanico	Va
		SUBORIZONTALES A INCLINADOS	Escarpe de abanico	Vea
			Lomo residual	Vlr (Dlr)
			Cimas anchas	Vca (Dca)
			Colina residual	Vcr (Dcr)
			Superficie Plana o Sub-horizontal	Vlpf (Dlp)
			Ladera suave	Vls (Dls)
			Ladera moderada	Vlm (Dlm)
			Ladera inclinada a escarpada	Vle (Del)
DENUDACIONAL	Estas geoformas están relacionadas con los procesos denudacionales normales que se presentan en las zonas de clima tropical, caracterizadas por erosión; depositación y movimientos en masa	Microcuencas denudacionales	Dmc	
		Depósitos de lavado	Ddl	
		Depósitos de ladera o coluviales	Dco	
FLUVIAL	Son geoformas derivadas de la actividad agradacional y degradacional de las corrientes fluviales. Incluyen cauces actuales de las corrientes y niveles de las terrazas dejadas por sedimentación de cauces, incisión y eventos fluvio -torrenciales	Cauce o lecho actual del río	Fca	
		Nivel de terraza bajo	Ftb	
		Nivel de terraza medio	Ftm	
		Nivel de terraza alto	Fta	
		Escarpe de terraza	___Fet___	
		Cono de deyección	Fcd	
ANTROPOGÉNICO	Corresponden a geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el fin de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías.	Canteras	Ac	
		Llenos Mixtos	Allm	
		Llenos de escombros	Alle	
		Terrazas y conos explanados con llenos	Abe	
		Ladera terraceda	Alt	

Figura 49. Ejemplos de nomenclatura de elementos geomorfológicos. Carvajal (2012).

Los elementos asociados con dichas geoformas se presentan a continuación:

Las **formas de origen fluvial** son geoformas desarrolladas a partir del material erosionado y transportado pendiente abajo desde las zonas montañosas aledañas por acción de las corrientes o por acción de la gravedad (modificado de Ibañez et al., 2012). Se incluyen los elementos correspondientes al cauce o lecho actual de los ríos Rey, Roldanillo y Cáceres (**Fca**). Los depósitos aluviales, abanicos aluviales antiguos, abanicos aluviales recientes y terrazas de las quebradas y los ríos Rey, Roldanillo, Cáceres y los de los zanjones Guachal y de los Mudos (Ipira); en el mapa geomorfológico se denominarán **Faaa** (Deposito de abanico aluvial antiguo), **Faar** (Deposito de

abanico aluvial reciente), **Fta** (Deposito de Terraza aluvial), **Fa** (Depósito aluvial) (ver Figura 50 y Figura 51).

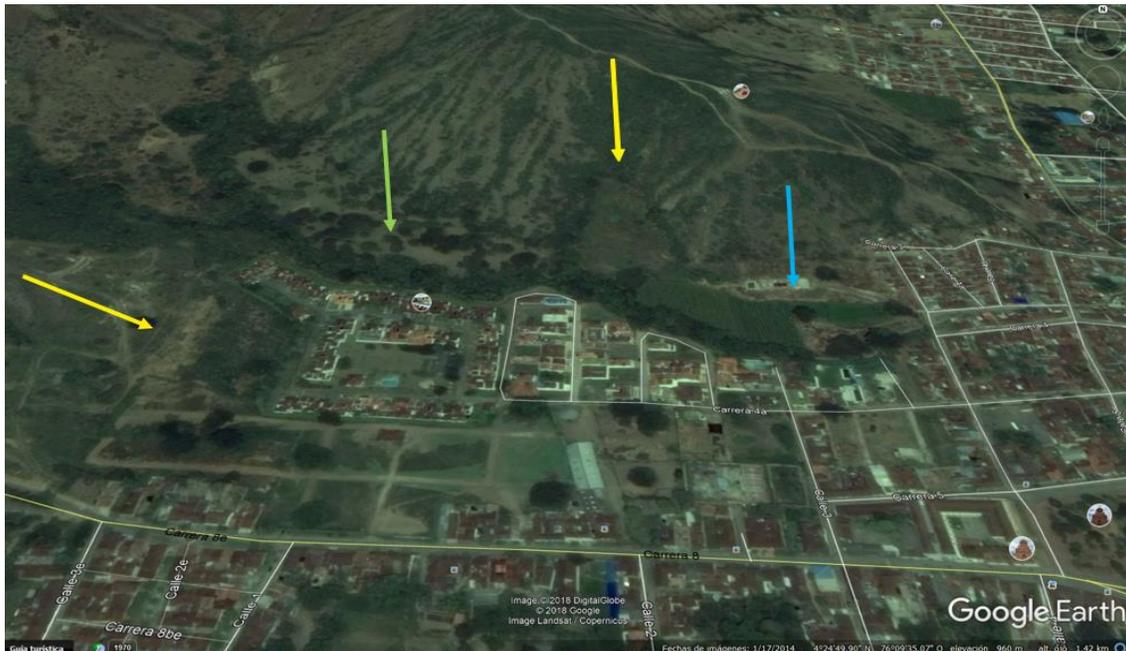


Figura 50. Abanico Aluvial (amarillo), depósitos de derrubios (verde), terraza aluvial (azul) en zona noroccidental del zanjón de los mudos.

Fuente: Imagen tomada de Google Earth (2018)

En la Figura 50, se pueden observar en las riveras del zanjón de los Mudos, geofomas de depósitos de terraza aluvial, depósitos de abanicos aluviales con influencia de depósitos de derrubios y abanicos aluviales.



a.



b.

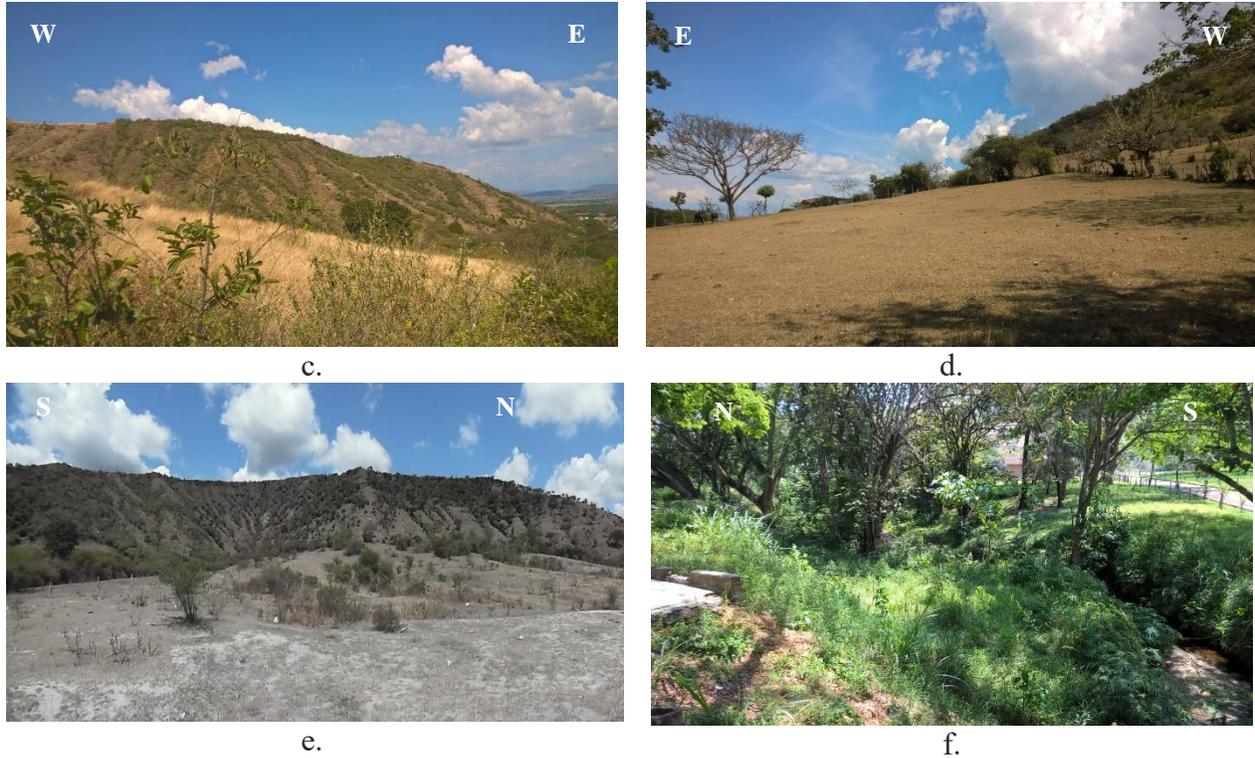


Figura 51. Formas de origen fluvial **a.** Abanico aluvial sector El Guachal al NW del municipio. **b.** Abanico aluvial Sector barrio Ciudad Jardín etapa 1 al SW del municipio. **c.** Abanico aluvial urbanización Mirador del campestre. **d.** Abanico de depósitos de Talus, barrio el Guachal. **e.** Abanicos aluviales del barrio La Ceiba. **f.** Terrazas aluviales del río Cáceres, sector del Hospital.
Fuente: fotografía propia.

En la estación R132 y R137, definidas como puntos de observación hacia el barrio Rey Bajo, evidencian que geomorfológicamente la zona corresponde a un abanico aluvial, (ver Figura 52).





Figura 52. Barrio Rey Bajo, formas de origen fluvial **a y b**. Nótese la pendiente del terreno, típica de abanicos aluviales en la zona. **c.** Paisaje de abanico aluvial sobre vía Panorama, 300m antes de la intersección con la Vía a la Unión.

Fuente: fotografía propia.

Mientras que las **formas de origen denudacional** son el resultado de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y producto principalmente de procesos de meteorización, erosión y movimientos en masa, sobre geoformas preexistentes (Carvajal, 2012; modificado). En este ambiente, también se consideran aquellas geoformas que se crean a partir de la acumulación de sedimentos (INGEOMINAS, 2012).

Por lo tanto, dentro de los elementos de éste origen se incluyen las zonas de depósitos coluviales Dco (Deposito de ladera o coluvial), y depósitos de talus Dt (ver Figura 53)

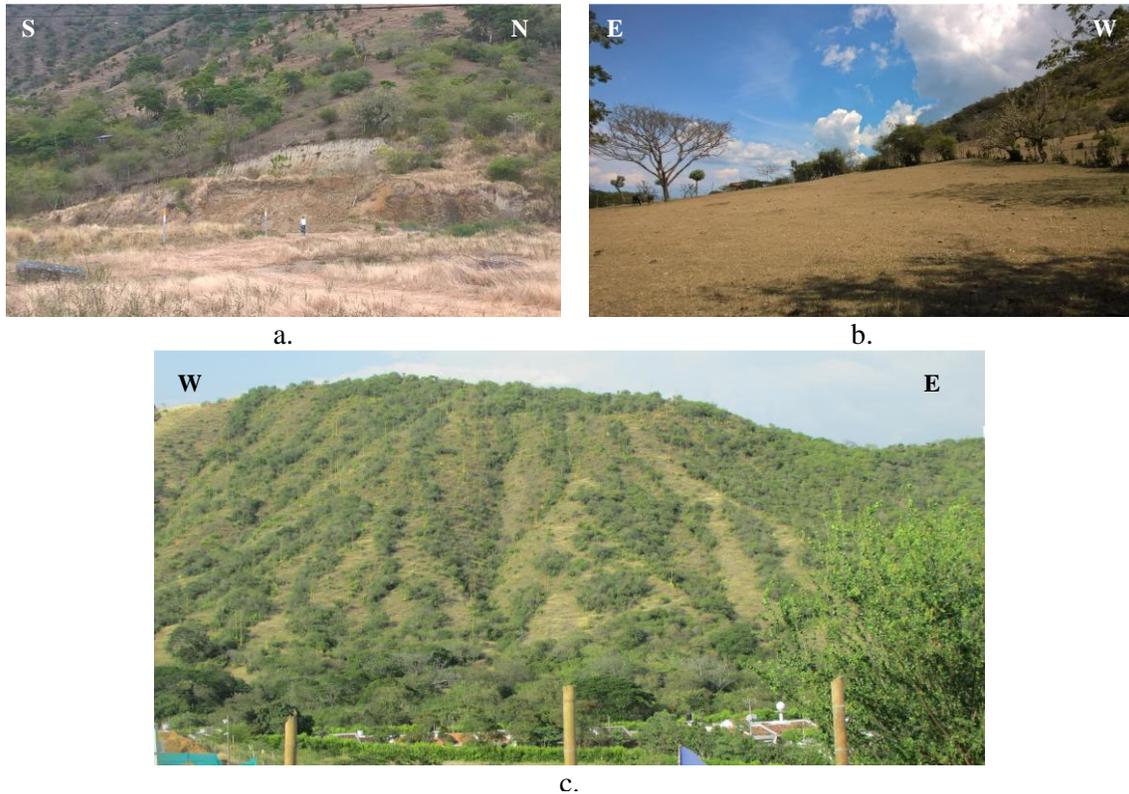


Figura 53. Elementos de origen denudacional. **a y b.** Depósito Coluvial en el sector de la antigua la drillera entre los barrios La Ceiba y Las Colinas. Depósito de talus en el sector del Guachal. **c.** Coluviones al norte del Zanjón de los Mudos en el sector del Mirador Campestre.

Fuente: fotografía propia.

Las **formas de origen volcánico** corresponden con las geoformas generadas, tanto por la intrusión como por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la Tierra (Carvajal, 2012). En la zona de estudio solo se identificó un elemento asociado a este origen y están constituidos por los depósitos de ceniza identificados como **Vcz** en el mapa (ver Figura 54).



Figura 54. Geoformas típicas de los depósitos de ceniza al SE del municipio

Fuente: fotografía propia.

Las **formas de origen antrópico** corresponden a geoformas que han sido modeladas como producto de las actividades realizadas por el hombre, durante sus procesos de adaptación y

aprovechamiento del territorio (Ibañez et al., 2012). Los elementos identificados con estas geoformas se definieron en el mapa como **Allj (Llenos jarillón)**, ver Figura 55, **All (Llenos mixtos)**, ver Figura 56, **Allr (Llenos de roca)**, ver Figura 57 y **Alle (Lleno de escombros)**, ver Figura 58.



Figura 55. a. Jarillón que bordea el río Roldanillo (barrio Los Alpes). **b.** Jarillón artesanal en construcción que bordea el río Cáceres, atrás del barrio Ciudad Jardín etapa 3. **c.** Jarillón artesanal que bordea el río Rey (barrio El Paraíso). **d.** Jarillón artesanal que bordea el río Rey (barrio Doña Emma al SE). **e.** Jarillón que bordea el río Rey (barrio Doña Emma al NW).

Fuente: fotografía propia.

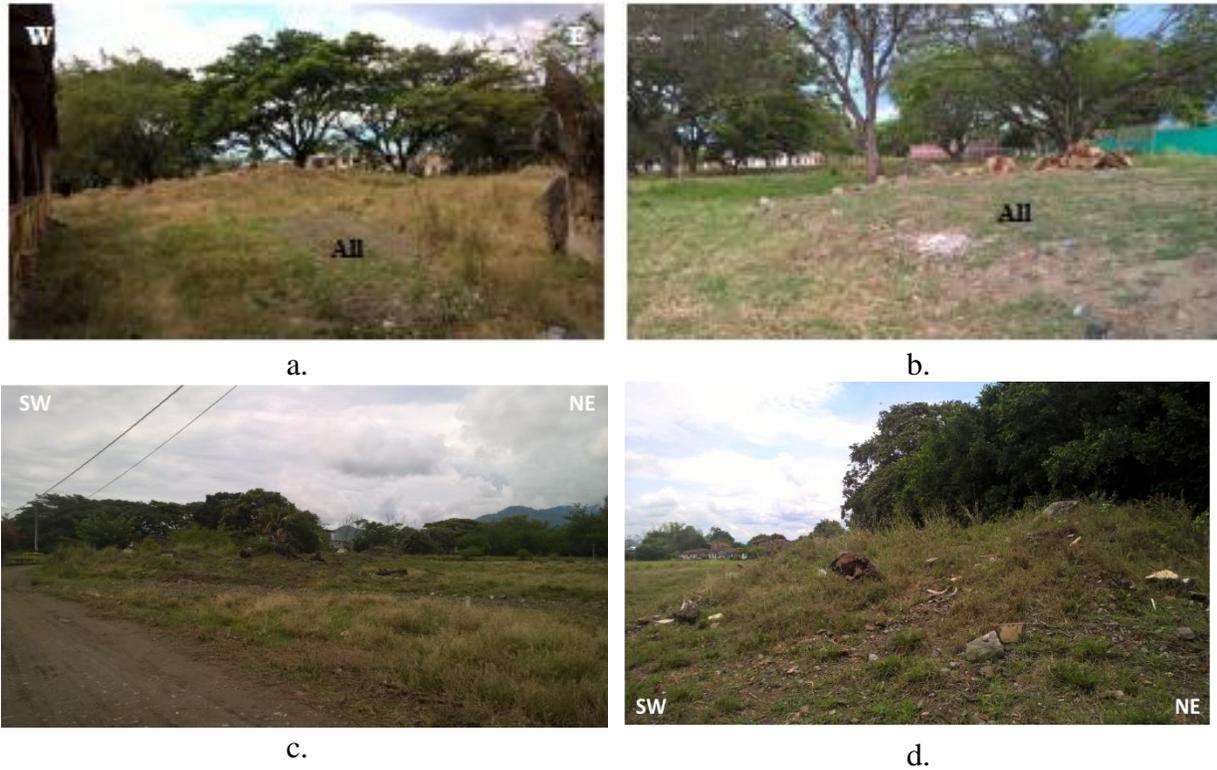


Figura 56. a y b. Aspecto de los Llenos Mixtos (All) en inmediaciones del zanjón de los mudos Estación R63. **c y d.** Estación R133 y R134, respectivamente. Barrio Rey Bajo al oriente de la vía Panorama, relleno mixto dispuesto a manera de jarillón, no son cartografiables a la escala de este estudio.

Fuente: fotografía propia.



Figura 57. a. Aspecto de los Llenos de roca (Allr) sobre el cual se construyó el Conjunto Residencial Acacias (Portal del Valle) entre Etapas 2 y 3. **b.** Detalle del relleno de roca muerta. Estación R124.

Fuente: fotografía propia.



Figura 58. Lleno de escombros (Alle) al sur del barrio Humberto González Narváez.
Fuente: fotografía propia.

2.6.3 Fase 3

El resultado de la integración de las fases 1 y 2 del trabajo de geomorfología permitió definir el mapa geomorfológico (o de elementos geomorfológicos) de acuerdo a la escala de detalle del presente trabajo, este mapa se muestra en la Figura 59.

2.6.4 Análisis, resultados y discusión de la geomorfología

De acuerdo a la jerarquización geomorfológica (IDEAM, 2013), la zona de estudio se localiza en la geomorfoestructura correspondiente a la parte septentrional del cinturón orogénico de los Andes colombianos, en la provincia geomorfológica: Cordillera Occidental, flanco oriental. Este sistema montañoso se formó por procesos denudacionales y levantamientos orogénicos y epirogénicos, con deformaciones de origen compresional y distensional asociados localmente con diferentes grados de metamorfismo de composición y edad variada que han determinado el relieve y la morfología a través del tiempo desde el Paleozoico.

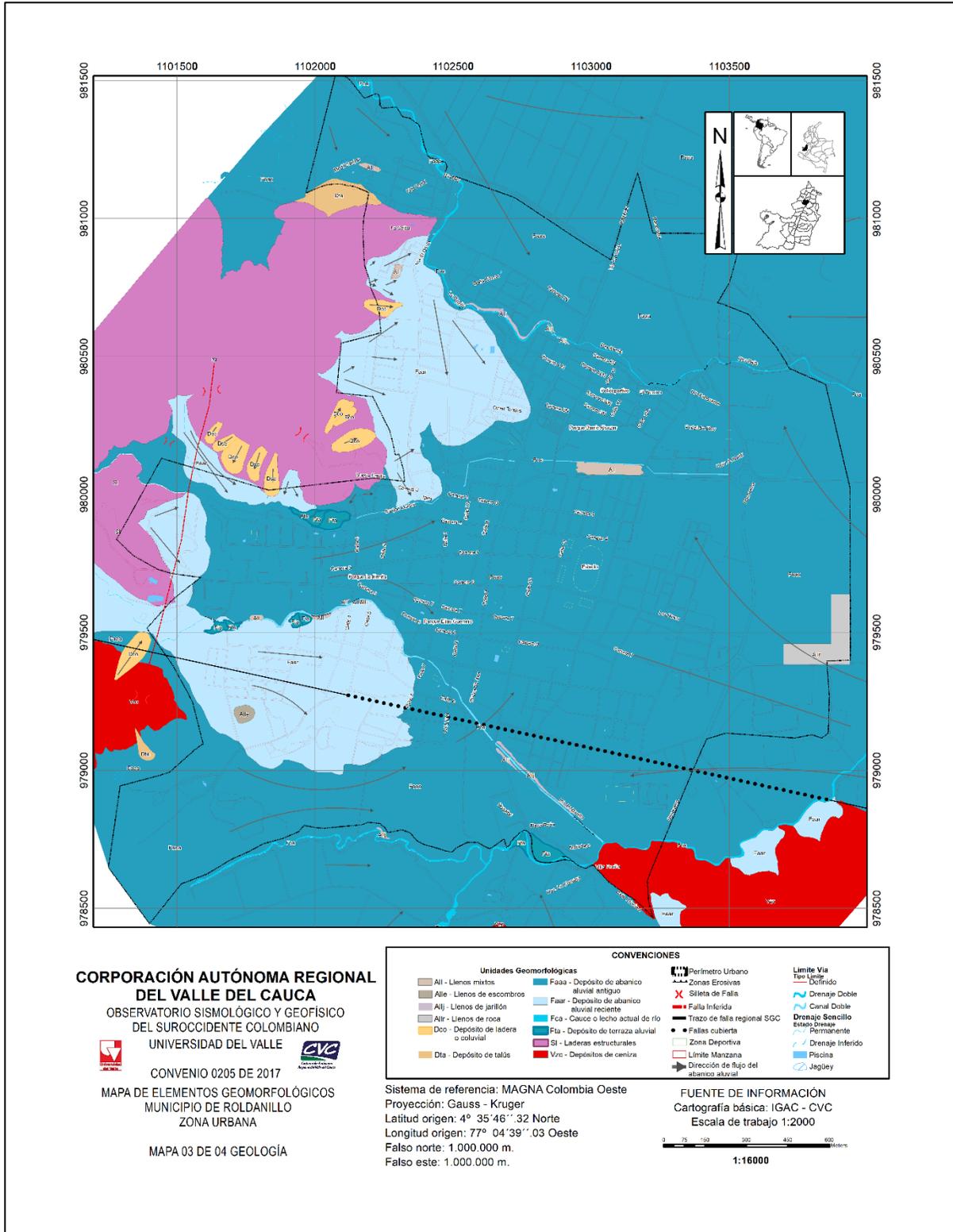


Figura 59. Mapa Geomorfológico.
Fuente: elaboración propia

2.7 MOVIMIENTOS EN MASA

El fenómeno de movimientos de remoción en masa no se evidenció en la zona urbana del municipio de Roldanillo, se observan algunas zonas erosivas principalmente ocasionadas por la actividad fluvial en las laderas de los ríos y zanjones.

En los barrios con influencia de relieve de montaña como el barrio la Nueva Ermita y La Ceiba, se tiene una alta tasa de meteorización y fracturamiento, sin embargo, no muestran fenómenos de inestabilidad en este momento.

En el caso particular del barrio la Nueva Ermita se encontró que las viviendas están edificadas sobre rocas basálticas de la Formación Volcánica (Kv) que presentan alto grado de diaclasamiento (ver Figura 60). Este fracturamiento facilita la circulación de agua hacia las casas, transportando sedimentos finos producto de la meteorización (Estación R33).



Figura 60. Barrio la Nueva Ermita, viviendas construidas sobre basaltos de la Formación Volcánica (Kv).

Fuente: fotografía propia.

Otro aspecto importante en este barrio es la construcción de viviendas que interrumpen el cauce de pequeñas quebradas intermitentes que solo llevan agua de escorrentía en temporada invernal (ver Figura 61), y que bajan de la parte alta de la montaña. Resultado de esto, dichas viviendas se ven “afectadas” por el ingreso del agua proveniente de las mismas.



a.



b.



c.

Figura 61. Barrio la Nueva Ermita. **a.** Detalle del pequeño cauce. **b.** Viviendas que interfieren el cauce. **c.** Vista general.

Fuente: fotografía propia.

En el barrio La Ceiba se han reportado procesos de inestabilidades que de acuerdo a lo observado no están asociados con fenómenos de naturaleza geológica, ya que este barrio se encuentra construido sobre depósitos de abanicos aluviales que corresponden a un relieve en forma de cono invertido que presenta pendientes moderadas a bajas (entre 1 y 5 grados). Se forman por la erosión de materiales en las partes altas de las montañas en que son depositados en su base (pie de monte) cuando una corriente de agua fluye rápidamente y entra en una zona más amplia y de menor pendiente haciendo que su velocidad disminuya.

Esta estructura geomorfológica y los depósitos asociados no representan ningún riesgo, y no es inestable por la naturaleza de los materiales que la constituyen.

Un aspecto importante a tener en cuenta en los depósitos del barrio la Ceiba es la presencia de un material tobáceo de color blanco y muy fino con clastos de basalto, que, en condiciones de exceso de aporte de agua, puede ocasionar erosión e inestabilidad. Esto fue lo que se observó en esta área, donde el manejo de aguas residuales y aguas lluvias no es el adecuado, por lo tanto, se han generado fenómenos de inestabilidad que podríamos llamar de origen antrópico.

2.8 SECTORES AFECTADOS POR EROSIÓN

En esta sección se describen e identifican los sectores de los ríos El Rey, El río Roldanillo y El Cáceres que han sido afectados por erosión.

2.8.1 Río Rey

Para iniciar esta descripción es importante recalcar que el río Rey tiene la particularidad de aumentar y disminuir su sección a lo largo de su recorrido, siendo una de las causas de erosión y desbordamiento en varios sectores del municipio.

En la Estación R16 al oriente del puente vehicular que une el barrio La Playita con el barrio Adolfo León Gómez se observa una alta erosión en la ladera sur del río (ver Figura 62).



Figura 62. Río Rey zona erosiva al oriente del puente vehicular, barrios La Playita y Adolfo León Gómez

Fuente: fotografía propia.

Aproximadamente a 20m río abajo de la Estación R21, se encuentra una zona erosiva que seguramente se magnifica por la construcción de un muro de contención unos metros río arriba, (ver Figura 63). Este tipo de construcciones, tienen el poder de aumentar la velocidad del agua en las secciones construidas y por ende la capacidad de erosión en las zonas que no se encuentran protegidas por este tipo de muros.



Figura 63. Río Rey. **a.** Muro de contención al oriente del puente que de La Unión ingresa a Roldanillo por el cementerio. **b.** Zona erosiva después del muro de contención.

Fuente: fotografías propias

Estación R22, se observan muros hechos con costales para contrarrestar la erosión en la parte trasera de las viviendas (ver Figura 64).



Figura 64. Río Rey. Muro de contención artesanal para contrarrestar la erosión.

Fuente: fotografías propias

Río abajo a 40m de la estación R23, se encuentra otra zona erosiva frente a muro de contención, existen vestigios de una casa abandonada en este lugar (ver Figura 65).



a.



b.

Figura 65. Río Rey. **a.** Muro de contención al oriente del puente que de La Unión ingresa a Roldanillo por el cementerio. **b.** Zona erosiva después del muro de contención.

Fuente: fotografías propias

También se puede observar, 50m abajo del puente peatonal artesanal, que este es un sector de gran erosión, entre estaciones R23 y R24 (Barrio El Paraíso) (ver Figura 66).



Figura 66. Río Rey. Zona erosiva barrio EL Paraíso.
Fuente: fotografías propias

Estación R24, se observa una curva muy erodada, se ve que es un punto por donde ha desbordado el río (ver Figura 67).



Figura 67. Río Rey, curva erosiva y de ingreso del río al barrio El Paraíso. **a.** Vista desde el lecho del río. **b.** Vista desde arriba.
Fuente: fotografías propias

Estación R26, sobre puente de vía Panamericana, se observa alta tasa de sedimentación (1m) bajo el puente de 1.8m de altura, esta puede ocasionar taponamiento si no se realiza mantenimiento, también se localiza en este lugar un muro de contención artesanal para evitar la erosión de la ladera (Ver Figura 68).



Figura 68. Río Rey, puente vía Panamericana. **a.** Sedimentación bajo el puente, nótese la altura reducida del mismo. **b.** Curva erosiva con infraestructura artesanal.

Fuente: fotografías propias

Unos metros más abajo del puente vehicular, estación R27 (Barrio Rey Bajo), se aprecia zona erosiva. Adicionalmente, se encontró muro de contención artesanal (ver Figura 69).



Figura 69. Río Rey, zona erosiva en el barrio Rey Bajo.

Fuente: fotografías propias

2.8.2 Río Roldanillo

Entre las estaciones R95 y R94 se encontró zona erosiva que afecta principalmente el margen izquierdo (ver Figura 70).



Figura 70. Río Roldanillo zona erosiva sobre margen izquierda. **a.** Detalle. **b.** Vista general.

Fuente: fotografías propias

En la Estación R91, zona erosiva que afecta depósitos conglomeráticos (ver Figura 71).



Figura 71. Río Roldanillo zona erosiva. Calle 2 #8-124 barrio Los Llanitos.

Fuente: fotografías propias

Entre estaciones R90 y R91 (Barrio Llanitos) es un sector que sufre erosión en el margen derecho del río Roldanillo debido a las fuertes corrientes en época de invierno. Adicionalmente, este punto fue deforestado para realizar una canalización del río que nunca fue llevada a cabo. Por otro lado, la comunidad ha depositado material para reemplazar el material que el río erosiona y esto contribuye al aumento de la misma. Las viviendas están ubicadas a menos de 5m de la ribera del río en este sitio (ver Figura 72).



Figura 72. Río Roldanillo zona erosiva y de depósitos antrópicos. **a.** vista sur norte. **b.** Vista Este-Oeste. Barrio Los Llanitos.

Fuente: fotografías propias

Al Este, a unos metros de donde el río Cáceres desemboca en el río Roldanillo (Estaciones R108 y R109), se encontraron zonas erosivas que afectan depósitos tobáceos que sostienen árboles de gran envergadura, que pueden venirse abajo y causar represamiento (ver Figura 73).



Figura 73. Zona erosiva cerca a la desembocadura del río Cáceres en el Roldanillo, entre estaciones R108 y R109 **a.** lateral izquierdo. **b.** Lateral derecho.

Fuente: fotografías propias

2.8.3 Río Cáceres

Estación R75. Se observa una curva del río Cáceres donde la erosión es tan alta que los habitantes de las viviendas están construyendo un muro (no autorizado por CVC o por la alcaldía según declaración del funcionario acompañante ese día) con llantas para mitigar este efecto que aumenta en tiempos de lluvias (ver Figura 74).



Figura 74. Erosión en curva del río Cáceres, detrás del restaurante Rincón Típico del Norte, sobre la vía principal de ingreso al municipio.

Fuente: fotografías propias

Estación R116. En la Avícola Algeciras, sobre el río Cáceres la erosión es muy alta, los habitantes de la avícola están disponiendo a la fecha tres gaviones de 1m de altura cada uno y posteriormente lo están cubriendo de cemento para proteger la ladera de la erosión (ver Figura 75 a y b). La comunidad manifiesta que esta estructura también sirve de protección ante las inundaciones, para lo que también han construido un jarillón artesanal de 1.2m sobre la margen sur del río (ver Figura 76 c y d).



Figura 75. Frente a Avícola Algeciras, estación R116. **a.** Gaviones dispuestos en ladera Sur del río. **b.** Detalle gavión enterrado 1m por debajo del nivel del lecho del río. **c y d.** Jarillón improvisado sobre ladera sur del río.

Fuente: fotografías propias

2.9 INUNDACIONES

En el municipio de Roldanillo no se han conservado las distancias permitidas entre los cursos de agua y la infraestructura de viviendas, que de acuerdo con el artículo 83 del Decreto-Ley 2811 de 1974 “Salvo derechos adquiridos por particulares, son bienes inalienables e imprescindibles del Estado:” (...) “d.-_Una faja paralela a la línea de mareas máximas o a la del cauce permanente de ríos y lagos, hasta de treinta metros de ancho;”. De acuerdo con el mencionado Decreto-ley, en su artículo 84, los bienes de dominio público, como aguas, cauces y la franja paralela a la que se refiere el literal d) del artículo 83 del mismo, no pueden ser objeto de adjudicación de un baldío. (Decreto 2245, 29 diciembre de 2017).

Esto se pudo verificar en todos los ríos y zanjones que tienen inferencia en el área urbana. A continuación, se realizará una descripción de lo observado en el trabajo de campo para cada uno de los drenajes, donde se identificaron las zonas erosivas que en su mayoría corresponden con lugares donde los ríos tienen salidas hacia las áreas urbanizadas. Otra condicionante importante es la construcción de obras civiles en lugares puntuales que tienen el efecto de aumentar la velocidad del agua en esos puntos y causan erosión en aquellos sitios que no poseen dichas obras, por lo tanto, las inundaciones se presentan donde no hay infraestructura de protección. También existe

infraestructura ilegal construida por las personas que viven en los linderos de los ríos y que fueron edificados sin ningún diseño o conocimiento técnico, afectando a sus vecinos e incrementando el problema aguas abajo. Otro condicionante es que los puentes que cruzan los cauces, en su mayoría no presentan las alturas requeridas o presentan divisiones que impiden que el agua corra sin ser retenida.

2.9.1 Río Rey

Como se mencionó en el anterior capítulo este río tiene la particularidad de aumentar y disminuir su sección en el transcurso de su recorrido; este es un río del tipo intermitente (en temporada invernal cuenta con agua y en verano está seco).

Al NW de la urbanización El Portal este río presenta buena capacidad de carga con un cauce amplio y profundo; esto se puede observar en el recorrido entre las estaciones R10, R9, R8; en la estación se observa un cambio donde la sección del río aumenta de R7 hasta R12 (7m aproximadamente) y aproximadamente 20m antes del puente que cruza en dirección al barrio Doña Emma disminuye su sección (4m aproximadamente) (ver Figura 76).

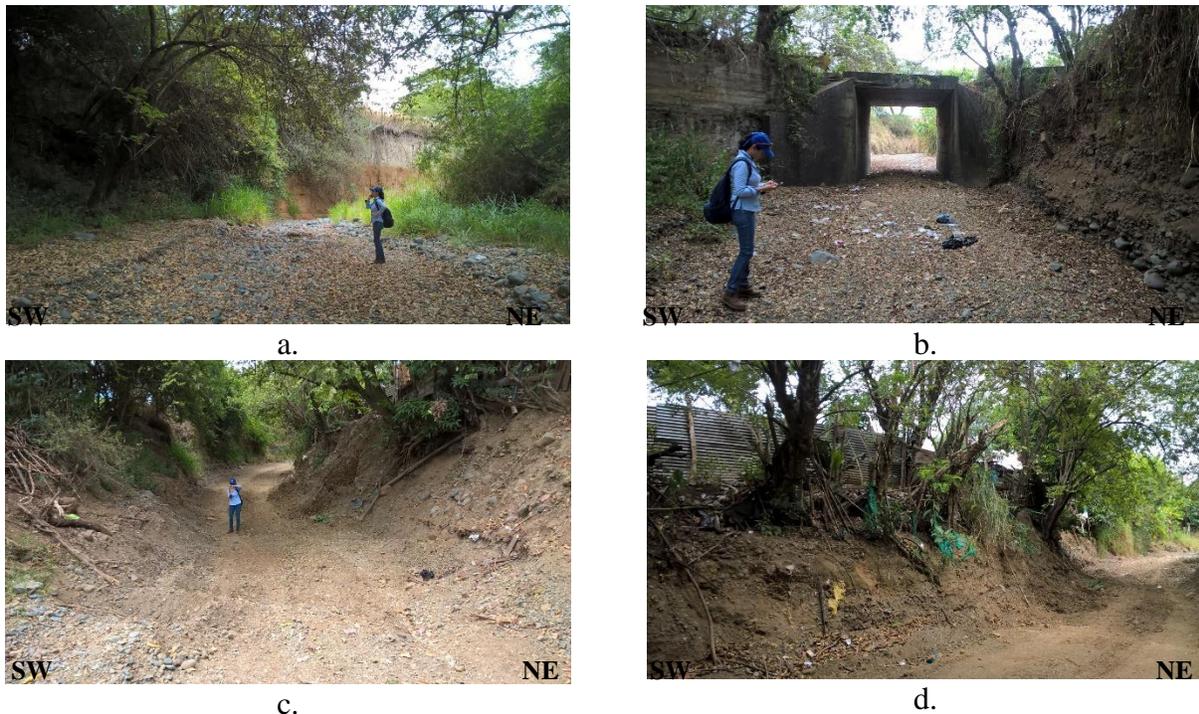


Figura 76. Cauce del Río Rey. a. Estación R10. b. Estación R11. c. Estación R12, lugar donde hay extracción de material sobre el lecho del río (marcas de retroexcavadora). d. Disminución de la sección del río.

Fuente: fotografías propias

Adicionalmente se observó un desplazamiento del cauce del río a partir de la estación R11, se reconoció que no es de origen estructural, sino que hace parte de un control litológico, producido por la depositación de un abanico aluvial en dirección al SE, que cambió la dirección del cauce el

cual inicialmente corría al SE y ahora la dirección del cauce es SW, posteriormente el cauce toma una dirección paralela a la parte distal del abanico en sentido SE (ver Figura 77).

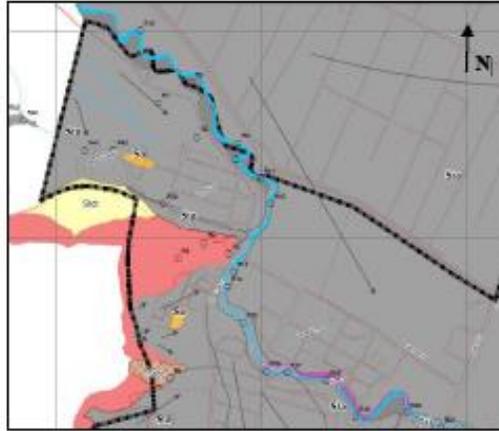


Figura 77. Control litológico que desplaza el curso del río Rey desde la estación R12.

Fuente: elaboración propia

En la estación R14 se observa muro de contención de 3.5m de altura aproximadamente, del lado derecho del cauce, esto ocasiona aumento de la velocidad del agua, además coincide con otro cambio en la dirección del río (al SE) ya atribuido a un control litológico, la sección en este lugar es cercana a los 7m. En el punto donde finaliza el muro se observan viviendas construidas casi sobre el cauce del río, desde este punto hay una pérdida en la sección disminuyendo a 4m aproximadamente. En la estación R16 inicia jarillón construido para proteger al barrio Doña Emma de inundaciones (este jarillón no cuenta con zona húmeda del lado del río, tiene 2,5m de ancho y la zona húmeda interna, está siendo usada como vía). El puente que une el Barrio La Playita con Adolfo León Gómez tiene una altura de 3.5m aproximadamente y no está en muy buen estado (tiene obras de protección) la sección del río en el lugar es de 4 a 5m (ver Figura 78).



Figura 78. a. Muro de contención estación R12. **b.** viviendas sobre cauce del río, estación R15. **c.** Pérdida de sección, estación R15. **d.** Puente que une barrio La Playita con Barrio Adolfo León Gómez, estación R16.

Fuente: fotografías propias

En la estación R17 la sección del río se reduce a un valor de 2,5m de ancho, en la estación R18 se vuelve a ampliar a 4m, también se observa la ubicación de viviendas al borde del cauce y sin ningún margen de protección (ver Figura 79). En la estación R20 la sección del río aumenta nuevamente alcanzando los 7m.



Figura 79. a. Pérdida de capacidad de carga a 2.5m, estación R17. **b.** Se amplía nuevamente la capacidad de carga, estación R18 y ubicación de viviendas sin margen de protección.

Fuente: fotografías propias

El puente de la entrada de la Unión a Roldanillo por el cementerio (estación R21, aquí inicia el barrio Rey Medio), tiene poca altura (2m aproximadamente), esto puede ser causal de represamiento. Pasando el puente en dirección de la corriente, se observan costales dispuestos de manera artesanal para evitar la erosión y el desbordamiento, nuevamente el cauce se angosta a 4m donde está dispuesto el muro y se amplía al terminar el mismo a 7m; la profundidad del cauce en esta área es de 2m (ver Figura 80).



Figura 80. a. Luz de puente de solo 2m de altura, estación R21. **b.** Sección del río varía de 7m **c.** Se amplía nuevamente el cauce a 7m.

Fuente: fotografías propias

En la estación R22 nuevamente el cauce se reduce a 4m de ancho, las personas han hecho muros de contención de hasta 4m de altura en sus patios, debido a que no conservan ningún tipo de distancia de seguridad para construir sus casas al borde del cauce. Mientras que 40m río abajo de la estación R23 se encontró muro de contención en el margen derecho del río y frente a este una casa abandonada evidentemente por motivos de inundación. Río abajo en inmediaciones de puente peatonal artesanal se observan desechos, chamizos y basura; además de una nueva reducción de la sección del río a 2.5m (ver Figura 81).



a.



b.



c.



d.

Figura 81. a. Muro de contención artesanal en la parte trasera de una de las viviendas (R22). **b.** Casa abandonada por inundaciones (R23). **c.** Infraestructura artesanal para compensar la erosión por inundaciones (barrio El Paraíso). **d.** Reducción de la sección del río a 2.5m

Fuente: fotografías propias

En la estación R24 el cauce se amplía a 5m, es una zona reportada por inundaciones esto se evidencia con la presencia de lonas de arena que rellenan el espacio por donde ingresó el río.

Otro puente de poca altura es el que cruza el río Rey en la avenida Panamericana (estación R26), cuenta con aproximadamente 1.8m. Presenta abundante acumulación de sedimentos debajo, aumentando la posibilidad de taponamiento; el ancho del cauce en este sitio es de 2.5m aproximadamente. El puente (estación R27) del barrio Rey Bajo que cruza este mismo río tiene 2.5m de altura aproximadamente, pasando este puente río abajo 20m el cauce se amplía nuevamente a cerca de 7m; mientras que en la estación R28 el cauce vuelve y se angosta a 4.5m, a 20m río abajo de la estación R29 se angosta a 2.5m (Ver **Figura 83**).



Figura 82. a. Puente sobre la vía Panamericana. **b.** Puente barrio Rey Bajo.
Fuente: fotografías propias

En la estación R131. Urbanización Panorama, se observa box coulvert que cruza la vía Panorama y que sirve para desagüe de aguas lluvias. La señora Olivia Martínez menciona que cuando el río Rey se desborda, el agua corre desde el Norte y se acumula entre el borde de la vía y las casas, debido a que este nivel es más bajo y no hay una canal que direcciona el agua para que llegue directamente al box coulvert (ver Figura 83).



Figura 83. Estación R131. Urbanización Panorama. **a.** Box coulvert sobre vía Panorama **b.** Calle sobre la que circula el agua que viene del Norte cuando el río Rey se desborda.

Fuente: fotografías propias

2.9.2 Zanjón del Guachal

Este zanjón tiene un cauce amplio y poco profundo al NW de la Urbanización El Portal, sin embargo, se le cortó su curso deliberadamente, así que en invierno este curso de agua, busca salida por la vía principal que da ingreso al barrio; inundando las casas que bordean la vía y busca salida al río Rey cruzando la carretera que conduce a la Unión (ver Figura 84).



Figura 84. Zanjón del Guachal. Cauce amplio y poco profundo, antes de cortar su curso.
Fuente: fotografía propia

2.9.3 Zanjón de Ipira o de los Mudos

Desde la estación R37 este zanjón se encuentra canalizado, todas las casas se construyeron al borde del cauce sin dejar alguna margen de seguridad (este zanjón no presenta circulación de agua al momento del estudio). Los puentes que cruzan el curso de este zanjón en su mayoría presentan poca altura (entre 1m y 1.2m aproximadamente), el de la calle 4 tiene una altura de 1.2m aproximadamente y 2m de ancho de base y ancho al tope 4m (ver Figura 85).



a.



b.

Figura 85. a. Zanjón de los Mudos entre calles 4 y 5. **b.** Puente sobre la calle 4.

Fuente: fotografías propias

El puente que cruza en la calle 5 tiene altura de 1,7m y en este sector las casas están construidas a lado y lado del zanjón. En el sector de la Plaza de Mercado se construyó un box coulvert, de muy baja altura (menos de un metro) que en época de invierno se rebosa y por esta razón fue abierto un espacio en la pared que lo cubre para que el agua salga por la calle (adicionalmente unos metros antes de esta estructura se instalaron unas rejas que pueden causar represamiento), finalmente la salida de esta estructura también tiene muy poca altura (estación R55) (ver Figura 86).



a.



b.



c.

Figura 86. a. Viviendas construidas a ambos lados del zanjón, entre calles 5 y 6. **b.** Pared modificada para evacuar el agua que ingresa al box coulvert en época de invierno. **c.** Salida del box coulvert.

Fuente: fotografías propias

En cercanías a la estación R58 se observan casas que tienen su acceso por el zanjón y en la estación R60 se encontró un box coulvert que pasa por debajo de la calle 8 y tiene una altura de 1m; en este lugar construyeron un garaje sobre el zanjón (ver Figura 87).



a.



b.

Figura 87. a. Viviendas que tienen su acceso por el zanjón. **b.** Garaje construido sobre el área del zanjón.

Fuente: fotografías propias

Bajo la calle 9 (estación R60) pasa box coulvert de 1m de ancho y 1.2m de alto, se observan depósitos de lodo acumulados en el mismo evidenciando falta de mantenimiento. Esta estructura sale al Centro de Diagnóstico Automotor donde recibe las aguas del lavadero de carros. En las estaciones R62 y R64 se evidenció falta de mantenimiento por el exceso de vegetación, esto puede generar represamiento y colmatación. En la estación R65 se observaron puentes peatonales improvisados que pueden generar represamientos por su poca altura. En la estación R66, se encontró que la vía se está hundiendo hacia el lado del zanjón antes de llegar al puente que cuenta

con 1.2m de altura. El puente localizado en la estación R67 cuenta con una altura de 1m (ver Figura 88).



Figura 88. a. Box culvert calle 9. **b.** Zanjón vegetado estación R64. **c.** Puentes peatonales improvisados. **d.** Hundimiento de vía. **e.** Puente estación R66. **f.** Puente estación R67.

Fuente: fotografías propias

En el pasado la Universidad Antonio Nariño, ha sido afectada por inundaciones debido a la poca altura (menor a 1m) que tiene el box culvert ubicado en este lugar. Adicionalmente cuenta con rejas instaladas dentro del zanjón, este box culvert cruza la vía panamericana y al salir después de la glorieta está dividido por la mitad con un muro, además se encuentran una serie de box culvert y puentes que se hicieron para dar ingreso a la estación de servicio Las Palmas (ver Figura 89).



a.



b.



c.



d.

Figura 89. a. Universidad Antonio Nariño, entrada a box culvert. **b.** Salida box culvert después de la glorieta (altura menor a 1m). **c.** Estación R129, box culvert al oriente de la bomba de gasolina Las Palmas, se observa la falta de mantenimiento y como las plantas tienen la orientación de la corriente. **d.** A 40m al Este de la bomba de gasolina Las Palmas finaliza la canalización del zanjón de los Mudos.

Fuente: fotografías propias

De la estación R129 al Oeste el zanjón de Ipira se encuentra canalizado, contando con una sección de 2m y una altura de 1.2m; mientras que de este lugar al Este el zanjón no está canalizado y pasa a tener una sección de 2m y una altura menor a 1m.

En la estación R128 el zanjón tiene profundidad de 1m aproximadamente; se diferencia un jarillón improvisado del lado norte de aproximadamente 1,5m de altura y 2m de ancho (ver Figura 90), esto es un indicador de que la zona ha sufrido inundaciones; la distancia a la casa más próxima es de cerca de 30m.



Figura 90. Estación R128 (Puente colonial) zanjón de Ipira sin canalizar, al Norte jarillón improvisado de 1.5m de altura y 2m de ancho.

Fuente: fotografías propias

En la estación R127 el zanjón se encuentra muy vegetado y con basura (poco mantenimiento), al parecer de poca profundidad y ancho 1,5 m (ver Figura 91).



Figura 91. Estación R127. Zanjón de los Mudos muy vegetado y sin mantenimiento.

Fuente: fotografías propias

Estación R126 Finca Los Ángeles, sobre vía que conduce a Zarzal costado Norte. Esta finca se inunda cuando se desborda el zanjón de los Mudos o de Ipira e ingresa al norte hasta 80m comenta Luis Roberto Cadena (hijo de la propietaria).

El zanjón en este punto se encuentra sin canalizar, tiene de 1 a 1,5 m de ancho y una profundidad máxima de 0,6 a 1m el puente que da ingreso al predio está completamente taponado con sedimentos, basura y materia orgánica (ver Figura 93).



a.



b.

Figura 92. Estación Estación R126. Sector Finca Los Ángeles. a. Zanjón de los Mudos al oriente del ingreso al predio. b. Zanjón de los mudos al occidente del ingreso al predio.

Fuente: fotografías propias

2.9.4 Río Roldanillo

En la parte alta se evidencia la capacidad de carga de este río, donde se pueden observar bloques de tamaños métricos en zonas donde se han construido viviendas; esto nos muestra que un drenaje que transporta y deposita bloques de estos tamaños podría ocasionar gran daño. En la estación R94 se localiza un puente vehicular que tiene 2m de altura aproximadamente y el tamaño de los bloques de roca pueden llegar a los 2m, esto podría generar taponamiento e inundación en una eventual crecida del río (sin contar con una eventual destrucción de la estructura). Lo anteriormente descrito se puede observar desde la estación R98 a la R91 (ver Figura 93).

Es importante tener presente que el río Roldanillo presenta circulación de agua al momento de realizar el estudio y que en su parte alta se construyeron las alcantarillas en el cauce del río.

En la estación R94 las viviendas se encuentran construidas sin conservar distancias de seguridad y en las paredes de las casas se detallan marcas de humedad con altura de hasta 0.6m (ver Figura 93c).



Figura 93. a. Bloques métricos depositados en la parte alta del río. **b.** puente estación R94. **c y d.** Viviendas construidas sin distancia de seguridad al río R93. **e.** Viviendas construidas en la ribera del río entre estaciones R93 y 92. **f.** Viviendas construidas en la ribera del río estación R91.

Fuente: fotografías propias

En la estación R91, el dueño del predio Calle 2 No.8-124, manifiesta que el curso del río en este punto no era el actual; sino que este fue desplazado hace 40 años desde el Norte (donde hacia una curva más amplia) y fue movido hacia el Sur para la construcción de viviendas (ver Figura 94).



a.



b.



c.



d.

Figura 94. Viviendas expuestas a inundaciones **a.** Estación R91, barrio los Llanitos. **b.** Río abajo a 30m de R91. **c.** Río arriba a 15m de la estación R90. **d.** Estación R90. **e.** Viviendas construidas en la ribera del río entre estaciones R93 y 92. **f.** Viviendas construidas en la ribera del río estación R91.

Fuente: fotografías propias

En la calle 4 (R89) construyen muro de contención de aproximadamente 2.4m en margen derecho del río y un box coulvert seccionado en dos partes, un vecino menciona que desde hace 22 años el río se represa cuando trae carga de rocas y troncos desbordando sus aguas sobre la vía e inundando las 4 casas más cercanas. A partir de esta estación ya no se observan bloques métricos, sin embargo, se observan mayor cantidad de viviendas ubicadas en la ribera del río (ver Figura 95). Desde la calle 5 el curso del río empieza a ser modificado con muros de contención, canalizaciones, etc, con el fin de evitar daños a las viviendas aledañas.





Figura 95. a. Estación R89, box coulvert seccionado. b. Muro de contención R89. c. Viviendas construidas en la ribera del río vista al Este desde la calle 5. d. Vista al W desde la estación R86. e. Vista al E desde calle 6 (R85). f. Vista al NW desde la estación R84.

Fuente: fotografías propias

Desde la estación R83 se puede observar que se depositan escombros y latonería en el cauce del río que podría ocasionar represamiento. Adicionalmente el lavadero La Ceiba vierte sus aguas de lavado directamente en el río. A partir de la estación R78 el río ya no está canalizado y desde el mismo punto se construyó de manera artesanal un jarillón sobre la ladera izquierdo del río para protección de los barrios circundantes (ver Figura 96).





c.



d.



e.

Figura 96. a. Estación R83 desechos de latonería y escombros, box coulvert seccionado. **b.** Ocupación de las laderas del río, vista al W entre estaciones R81 y R80. **c y d.** Vista desde estación R79. **e.** Vista desde la estación R78, del lado izquierdo se observa jarillón. **f.** Vista al E desde calle 6 (R85).

Fuente: fotografías propias

En las estaciones R107, R106, R105, R104 y R108, se construyó un jarillón a manera de acumulaciones de escombros de hasta 1.5m de alto y de 2 a 3m de ancho. Está ubicado sobre ambas márgenes del río. Del lado izquierdo del río los barrios conservan una distancia de 20m aproximadamente en las estaciones R107 y R106, pero en la estación R105 las viviendas del barrio Los Alpes están separadas del jarillón por una vía. Este jarillón se encuentra mejor conformado, no es tan artesanal, aunque no se comprobó su composición o estructura por estar completamente cubierto de vegetación (ver Figura 97).



Figura 97. a Estación R107 vista al SW. **b.** Estación R105. Jarillón mejor conformado en el barrio los Alpes.

Fuente: fotografías propias

2.9.5 Río Cáceres

Como se mencionó anteriormente el río Cáceres ha sido un afluente con poca intervención antrópica por lo tanto conserva su curso natural; sin embargo, desde la estación R57 (detrás del restaurante Rincón Típico del Norte) hacia el Este, se observó que la comunidad realizó algunas obras improvisadas para evitar la erosión en época de invierno.

A la altura de la estación R118 en la Finca La Campiña el río aún conserva su naturaleza, no tiene mayor intervención antrópica, es de anotar que en este punto el río Cáceres ya ha recibido las aguas del río Roldanillo y de la quebrada Aguas lindas, por lo tanto, en temporada invernal el volumen de agua es alto.

El propietario del predio Uriel Contreras, Comenta que el 3 de junio de 2018, se desbordó el río alcanzando 0,7m de altura y que adicionalmente tenía corriente, dice que antes se desbordaba, pero no con estas dimensiones; el propietario da información del lugar por donde ingreso el río en la estación R119 y además señaló el límite de la inundación y menciona que desde allí se direccionó hacia el sector de La Granja y hacia el Hostal Campo Verdes o Paraje del Rincón.

La casa se encuentra construida a 3m del cauce y en la curva de erosión del río; la alcaldía le construyó un jarillón improvisado de 1m de altura x 2m de ancho (ver Figura 98).





c.



d.

Figura 98. Estación R118 Finca La Campiña, río Cáceres. **a.** Jarillón que protege el predio del ingreso del río en la curva. **b.** Lugar por donde ingresó el agua en la inundación del 3 de junio de 2018. **c.** Basura arrastrada cuando el río sube su nivel. **d.** Depósito de arena tobácea.

Fuente: fotografías propias

Estación R117. Hostal Campos Verdes, conocido como Paraje el Rincón. El señor Mario Llanos propietario del predio, reporta una inundación del río Cáceres el 3 de junio de 2018, donde el agua ingresa a su predio y alcanza una altura de 1,2 m dentro de su casa (ver Figura 99 y Figura 100), dice que sus muebles llegaron hasta la Urbanización Portal del Valle y que es la primera vez que sucede esto en 30 años. También menciona que el agua que paso por su predio llegó hasta el sitio conocido como la Granja.

El señor Mario comenta que antes de que canalizaran el río Roldanillo este pasaba por su predio y que la casa está ubicada sobre la madre vieja del río.



Figura 99. Estación R117. Hostel Campos Verdes. Fotografías de la inundación del 3 de junio de 2018, llegó hasta el Sector de la Granja y a la Urbanización Portal del Valle.

Fuente: fotografías Mario Llanos



a.



b.



c.



d.

Figura 100. Estación R117. Hostel Campos Verdes. **a.** Nivel del agua en la inundación del 3 de junio de 2018. **b.** Imagen del lugar después de la inundación. **c.** El nivel del agua llegó a 1,2m. **d.** El agua ingreso a los vehículos.

Fuente: fotografías Mario Llanos

Estación R120. La vivienda de don Gonzalo Sánchez también se inundó el 3 de junio de 2018, el agua subió hasta 20 cm dentro de su casa, también menciona que la avícola se ha inundado en otras ocasiones con las crecientes del río.

El señor Gonzalo muestra como el agua rompió el muro del predio del Hostal campos Verdes y por allí circuló para su casa, para La Granja y por toda la vía hasta llegar a la Urbanización Portal del Valle.

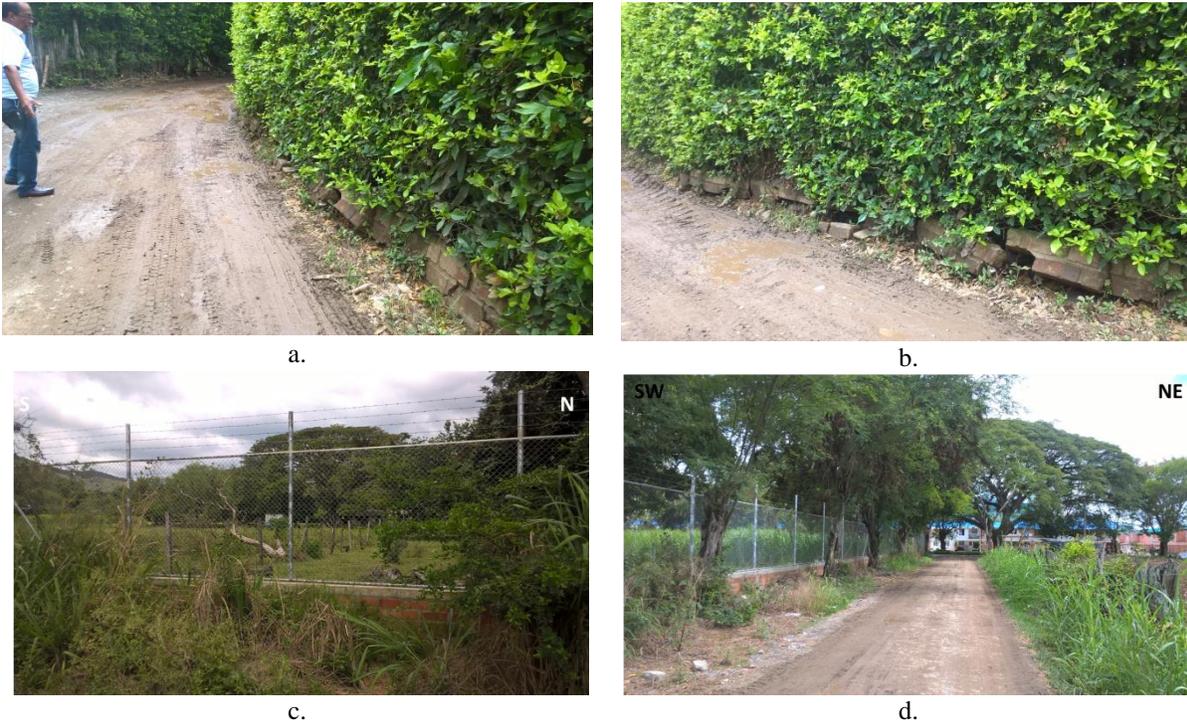


Figura 101. Estación R120. **a.** Muro roto por la fuerza del agua en la inundación del 3 de junio de 2018. **b.** Detalle del muro roto. **c.** Zona de la Granja que se inundó el 3 de junio. **d.** Vía por donde se direccionó el flujo de agua hacia la Urbanización Portal del Valle.

Fuente: fotografías propias

Estación R121. Urbanización Portal del Valle (Ceibas I). Con el desbordamiento del río Cáceres el 3 de junio, el agua pasó por encima del muro de la granja e ingreso a dos de las casas, la corriente pasaba por el frente de las mismas en la primera calle de la urbanización, a pesar que el nivel de la urbanización es de 20 cm aproximadamente por encima del nivel de la vía (Testimonio de Isabel García - Cra 7 #19-87).

2.9.6 Canal del Conjunto Portal del Valle

En el barrio el Oasis al finalizar la carrera 5, se observa una alcantarilla (Estación R130) que recibe las aguas lluvias de este barrio, sin embargo, esta alcantarilla tiene un tubo abierto que deja salir el agua hacia el potrero, este tubo está taponado con sedimento y genera acumulación de agua en el sector; también se puede observar en dirección Oeste, el drenaje natural por el cual se evacuan estas aguas (ver Figura 102)



a.



b.



c.



Figura 102. Estación R130. Barrio el Oasis. a. Alcantarilla con tubo abierto donde salen las aguas lluvias hacia terreno construable. b, c y d. Curso natural del drenaje por donde evacuan las aguas de la alcantarilla en dirección a box coulvert sobre vía Panorama.

Fuente: fotografías propias

Estas aguas son evacuadas hacia el lote urbanizable de la constructora CONCIVILES por el box coulvert localizado en la estación R122 sobre la vía Panorama (ver Figura 103).

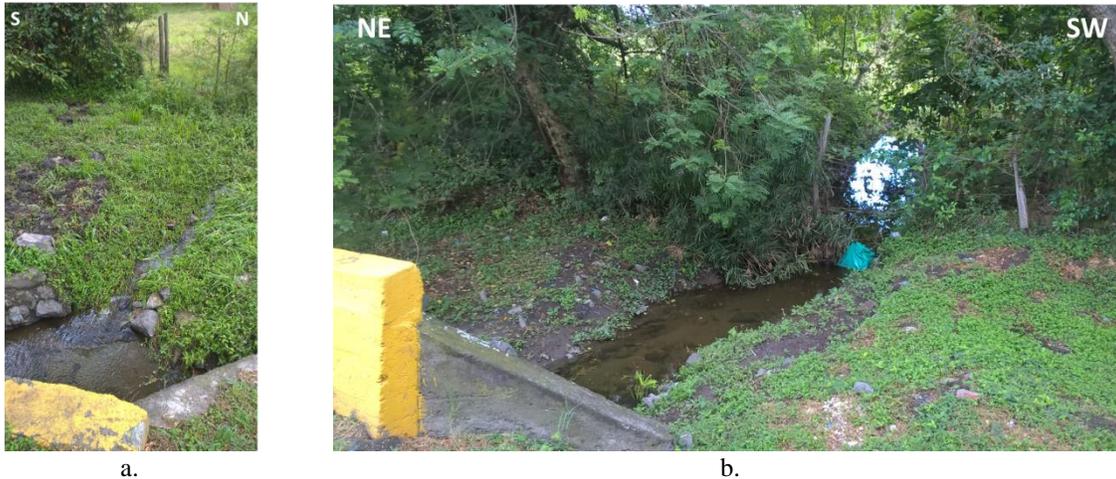


Figura 103. Estación R122. Vía Panorama. a. Aguas lluvias que ingresan al box coulvert desde el barrio El Oasis. b. Salida del agua hacia el lote urbanizable (Urbanización Portal del Valle) de la constructora CONCIVILES.

Fuente: fotografías propias

En la sala de ventas, la señora Norma Reyes de CONCIVILES informa que las aguas que conduce el box coulvert ubicado en la estación R122 hacia el terreno de la urbanización serán manejadas por la constructora; que en el momento se profundizó hasta 2m el canal existente, que además se conserva su curso natural y el canal no se cubrirá con cemento, sino que se conservará en tierra. Este canal será adaptado hasta que desemboque en el río Cáceres en el sector de Irrupá.

El Arquitecto de la constructora menciona que en la alcaldía tienen el estudio de inundabilidad del proyecto, el cual fue realizado por Guillermo Moreno.

También hace claridad de que el box coulvert localizado en la estación R123 aún no se ha intervenido porque el proyecto no ha iniciado en ese sector.

Adicionalmente aclara que las aguas lluvias están siendo conducidas al canal natural que se adaptó y que el alcantarillado es independiente.

En la estación R125, con el acompañamiento de Norma Reyes, se corroboró que el canal fue adaptado como lo menciona la constructora, este sigue su curso natural, pero se profundizó a 2m.

El ancho del canal es de aproximadamente 2m, Se encuentra vegetado y no es posible diferenciar su litología; las aguas lluvias de la urbanización Acacias (Portal del Valle), ya se están vertiendo en este canal y se observa la tubería de desagüe en el canal (ver Figura 104).

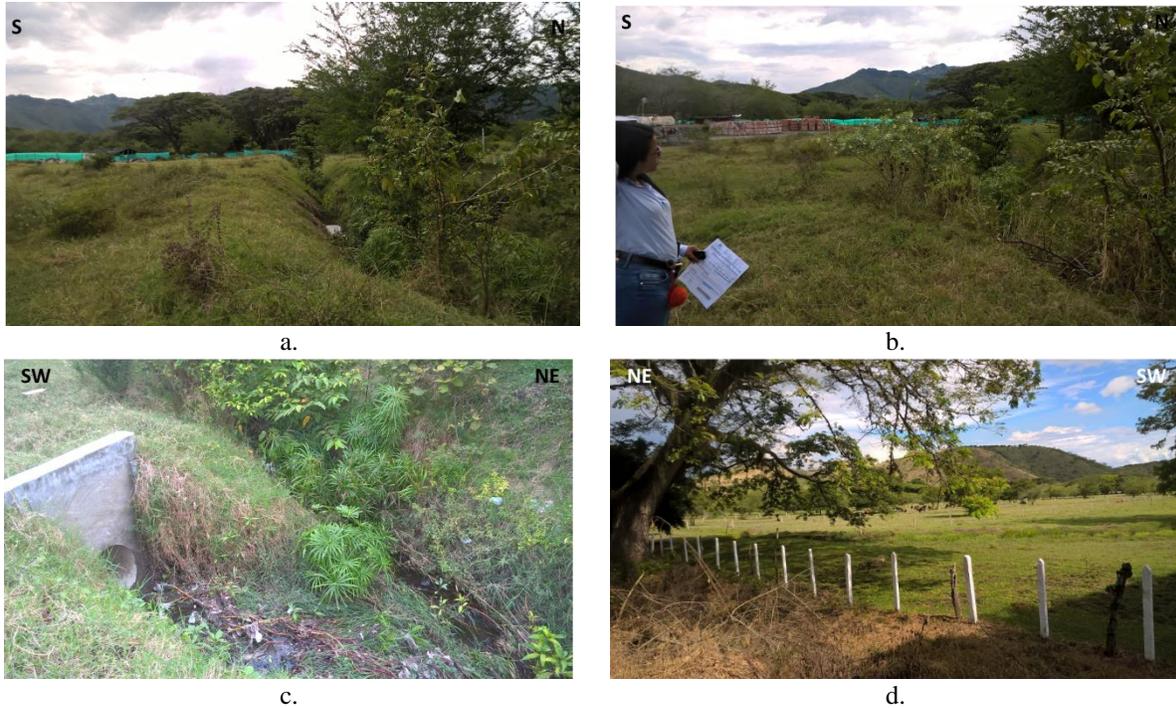


Figura 104. Estación R125. Lote urbanizable CONCVILES. a. Canal que fue profundizado a 2m por la constructora CONCVILES. b. Canal muy vegetado, no se observa litología. c. Desagüe de aguas lluvias de la Urbanización Acacias (Portal del Valle) en el canal. d. Frente a ingreso a Finca los Ángeles (Estación R126), se observa el mismo canal sin intervenir dentro del predio urbanizable de CONCVILES.

Fuente: fotografías propias

CONCLUSIONES

- El río Rey tiene la particularidad de aumentar y disminuir su sección a lo largo de su recorrido, siendo ésta una de las causas de erosión y desbordamiento en varios sectores del municipio. Adicionalmente el mal manejo de basuras contribuye en gran medida con esta situación en temporada invernal, sumado a las bajas alturas (luces) de los puentes que cruzan el río que también pueden contribuir al taponamiento.
- No existió un control urbanístico en el municipio al momento de la construcción de viviendas en las riberas de los ríos, donde se exigiera conservar un margen de seguridad en los barrios y así evitar inundaciones.
- Los puentes construidos en el zanjón de Ipira tienen alturas entre 0.9m y 1.2m, esto causa represamiento y por ende son un detonante de inundaciones.
- En el zanjón de Ipira no se identificaron zonas erosivas, ya que en un 90% se encuentra canalizado y el 10% restante es una zona boscosa y encañonada en la que no fue identificado este fenómeno.

- El río Roldanillo en su parte alta evidencia su capacidad de carga, donde se pueden observar bloques de tamaños métricos en zonas donde se han construido viviendas; esto nos muestra que podría ocasionar gran daño en temporada invernal si se configura una avenida torrencial en ese sector.
- En su mayoría los jarillones construidos en el municipio se han edificado de manera artesanal no cuentan con un lado seco y un lado húmedo para que realmente cumplan con su función de protección por inundaciones.
- El fenómeno de movimientos de remoción en masa no se evidenció en la zona urbana del municipio de Roldanillo, se observan algunas zonas erosivas principalmente ocasionadas por la actividad fluvial en las laderas de los ríos y zanjones.
- En los barrios con influencia de relieve de montaña como el barrio la Nueva Ermita y La Ceiba, se tiene una alta tasa de meteorización y fracturamiento, sin embargo, no muestran fenómenos de inestabilidad en este momento.
- En el caso particular del barrio la Nueva Ermita se encontró que las viviendas están edificadas sobre rocas basálticas de la Formación Volcánica (Kv) que presentan alto grado de diaclasamiento (fracturamiento), el cual facilita la circulación de agua hacia las casas, transportando sedimentos finos producto de la meteorización al interior de las mismas.
- Un aspecto importante en el barrio La Nueva Ermita, es la construcción de viviendas que interrumpen el cauce de pequeñas quebradas intermitentes que solo llevan agua de escorrentía en temporada invernal y que bajan de la parte alta de la montaña. Resultado de esto, dichas viviendas se ven “afectadas” por el ingreso del agua proveniente de las mismas.
- En el barrio La Ceiba se han reportado procesos de inestabilidades que de acuerdo a lo observado no están asociados con fenómenos de naturaleza geológica, ya que este barrio se encuentra construido sobre depósitos de abanicos aluviales que corresponden a un relieve en forma de cono invertido que presenta pendientes moderadas a bajas (entre 1 y 5 grados); esta estructura geomorfológica y los depósitos asociados no representan ningún riesgo, y no es inestable por la naturaleza de los materiales que la constituyen.
- Debe tener en cuenta en los depósitos del barrio la Ceiba, la presencia de un material tobáceo de color blanco muy fino con clastos de basalto que, en condiciones de exceso de aporte de agua, puede ocasionar erosión e inestabilidad. Esto fue lo que se observó en esta área, donde el manejo de aguas residuales y aguas lluvias no es el adecuado, por lo tanto, se han generado fenómenos de inestabilidad que podríamos llamar de origen antrópico.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Roldanillo (2002). Plan Básico de Ordenamiento Territorial Municipal - Valle del Cauca.
- Alcaldía de Roldanillo (2012). Plan Municipal para Gestión del Riesgo - Valle del Cauca.
- Aspden, J.; Nivia, Á. y Millward, D. (1985). Mapa geológico preliminar. Plancha 279 Dagua. Escala 1:100.000. INGEOMINAS, Bogotá.
- Barrero, D. 1979. Geology of the central Western Cordillera, West of Buga and Roldanillo, Colombia. Publicaciones Geológicas Especiales de INGEOMINAS, 4, 75p.
- Carvajal, J.H. (2012). Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia. Colección Guías y Manuales, Servicio Geológico Colombiano. Bogotá

- Case, J. E., L. G. Duran, A. Lopez, y R. Moore, 1971, Tectonic investigations in western Colombia and eastern Panama: Geological Society of America Bulletin, v. 82, 10, p. 2685-2712.
- Ibañez, D., Castro, E., Arturo J., Perez, R. y Cuellar M. (2012). Geología y Geomorfología para la evaluación de la amenaza por movimientos en masa en el municipio de Soacha, Cundinamarca, Colombia. Servicio Geológico Colombiano.
- INGEOMINAS (2005). Estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Cali. Convenio INGEOMINAS-DAGMA, Bogotá.
- INGEOMINAS (2012). Propuesta metodológica sistemática para la generación de mapas geomorfológicos analíticos aplicados a la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:100.000. Bogotá D.C. 88p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, IDEAM, (2013). Unidades Geomorfológicas del Territorio colombiano.
- Irvine, T.N. (1974). Petrology of the Duke Island ultramafic complex, south Eastern Alaska. Geology society of America Memoir, 138, 240pp.
- Lozano, H. (1986). Oro y plata en Colombia, Áreas promisorias. I Taller Latinoamericano sobre Exploración y Explotación de Oro Aluvial, Memorias, I, 56p
- Maya, M. y Gonzalez H. (1995). Unidades Litodémicas en la Cordillera central de Colombia: Boletín Geológico. INGEOMINAS, 35/2-3, 43-57.
- McCourt, W. J., (1984). The Geology of the Central Cordillera in the Department of Valle del Cauca, Quindío and NW Tolima: British Geological Survey Report, v. Series 84, p. 8- 49.
- Meissner, R.O., Flueh, E.R., Stibane, F.R. y Berg, F. (1976). Dynamics of the active plate boundary in southwest Colombia according to recent geophysical measurements. Tectonophysics, 35: 115-136.
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible (2017). Decreto 2245 del 29 de diciembre de 2017. República de Colombia,
- Moreno - Sanchez M y Pardo - Trujillo A (2003). Stratigraphical and sedimentological constrains on Western Colombia: Implications on the Evolution of the Caribbean Plate. In Bartolini C., Buffle, R. and Blickwede (eds), The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics, AAPG Memoir N° 79, Chapter 40 López, M. (2006). Análisis de deformación tectónica en los piedemontes de las cordilleras

- Nivia, A., Galvis, N., y Maya, M. (1995). Geología de la Plancha 242, Zarzal. INGEOMINAS. (1997). Mapa geológico de Colombia. Geología de la plancha 242-Zarzal. Escala 1:100.000. Memoria explicativa, Bucaramanga, INGEOMINAS. Bogotá.
- Nivia, A. (2001). Mapa geológico departamento del Valle del Cauca. Escala 1:250.000. Memoria explicativa, INGEOMINAS. Bogotá.
- Parra, E., Caballero, H., Muñoz, R. Zapata, G. y Zuluaga, J. (1984). Pág. 24. Mapa Geológico de Colombia - Escala 1:100000, Plancha 223 - El Cairo. INGEOMINAS. Bogotá.
- Peña M, C. y Mosquera A, C. (2010). Reevaluación de la amenaza sísmica en la ciudad de Cali por medio de un método de análisis integral de la información sísmológica. geofísica y geológica. Memoria de Tesis para optar al título de Ingeniero Civil. Escuela de Ingeniería Civil y Geomática. Universidad del Valle. Santiago de Cali. Colombia,122p.

ANEXOS

- ANEXO 1. Mapa de Estaciones de Campo Geología municipio de Roldanillo. Zona Urbana.
ANEXO 2. Mapa Geológico municipio de Roldanillo. Zona Urbana.
ANEXO 3. Mapa de Formaciones Superficiales municipio de Roldanillo. Zona Urbana.
ANEXO 4. Mapa de Elementos Geomorfológicos municipio de Roldanillo. Zona Urbana.