

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



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

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 Mataron Muñoz**  
Director General  
CVC

## AGRADECIMIENTOS

A la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca y la Dirección Ambiental Regional BRUT, a la Secretarías de Planeación y la oficina de Gestión del Riesgo del municipio de Bolívar por la información suministrada y el acompañamiento durante las salidas de campo por parte de Iván Mondragón, quien puso a nuestra disposición la información necesaria de lugares críticos de inundación de 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, Versalles y Roldanillo 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

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	13
1 LOCALIZACIÓN .....	15
2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA .....	16
2.1 GEOLOGIA REGIONAL .....	16
2.1.1 COMPLEJO ULTRAMÁFICO DE BOLÍVAR.....	17
2.1.2 DEPÓSITOS.....	18
2.1.2.1 CONOS ANTIGUOS – QPCA.....	18
2.1.2.2 CENIZAS VOLCÁNICAS - QPCV .....	18
2.1.2.3 TERRAZAS – QTA, CONOS – QCA Y ALUVIONES – QAL.....	18
2.2 GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	19
2.3 GEOLOGÍA LOCAL.....	20
2.3.1 MAPA GEOLÓGICO LOCAL .....	21
2.3.2 COMPLEJO ULTRAMÁFICO DE BOLÍVAR (KUC).....	24
2.3.3 DEPÓSITOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (QPCV) .....	26
2.3.4 DEPÓSITOS DE CONOS ANTIGUOS (QPCA).....	26
2.3.4.1 DEPÓSITOS DEL ZANJÓN DE LA MINA .....	27
2.3.4.2 DEPÓSITOS DEL ZANJÓN GUABINEROS .....	29
2.3.4.3 DEPÓSITOS DEL ZANJÓN DEL RINCÓN.....	30
2.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	31
2.4.1 TRAZO FALLA REGIONAL SGC.....	32
2.5 MAPA DE UNIDADES GEOLOGICAS SUPERFICIALES .....	33
2.5.1 UNIDAD DE ROCA DURA (RD).....	33
2.5.2 UNIDAD DE SUELO TRANSPORTADO (ST).....	33
2.6 MAPA GEOMORFOLÓGICO .....	35
2.6.1 FASE 1.....	35
2.6.2 FASE 2 .....	39
2.6.3 FASE 3 .....	44
2.6.4 ANÁLISIS, RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LA GEOMORFOLOGÍA.....	46
2.7 MOVIMIENTOS EN MASA .....	46
2.7.1. SECTORES AFECTADOS POR EROSIÓN .....	46
2.7.1.1. RÍO PESCADOR.....	46
2.7.1.2. ZANJÓN DE LA MINA .....	48
2.7.1.3. ZANJÓN GUABINEROS.....	49
2.8. INUNDACIONES .....	50
2.8.1. RÍO PESCADOR.....	50
2.8.1.1. LA “MADRE VIEJA” (MEANDROS ABANDONADOS) DEL RÍO PESCADOR .....	53
2.8.2. ZANJÓN DE LA MINA .....	54
2.8.3. ZANJÓN GUABINEROS.....	56
2.8.4. ZANJÓN DEL RINCÓN .....	59
CONCLUSIONES .....	62
REFERENCIAS.....	64
ANEXOS .....	66

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. MAPA DE LOCALIZACIÓN ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	15
FIGURA 2. MAPA GEOLÓGICO DE BOLÍVAR. TOMADO DE PLANCHA 242 – ZARZAL (VALLE DEL CAUCA-COLOMBIA).....	17
FIGURA 3. MAPA DE ESTACIONES DE CAMPO ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE ROLDANILLO.....	22
FIGURA 4. MAPA GEOLÓGICO DEL ÁREA URBANA DEL MUNICIPIO DE BOLÍVAR.....	23
FIGURA 5. VISTA S-N (DESDE EL FUTURO BARRIO MIRAFLORES) DE LA ZONA MONTAÑOSA CERCANA AL CASCO URBANO DE BOLÍVAR. LAS ROCAS QUE CONSTITUYEN DICHA ZONA PERTENECEN AL COMPLEJO ULTRAMÁFICO DE BOLÍVAR. ....	24
FIGURA 6. ZANJÓN DEL RINCÓN. A. ESTACIÓN B61, MICROGABRO, COLOR GRIS OSCURO. B. ESTACIÓN B63, MICROGABRO (KU-A) EN CONTACTO FALLADO CON GABRO HORNBLÉNDICO (KU-B) DE TEXTURA FANERÍTICA. EF (ESPEJO DE FALLA), PF (PLANO DE FALLA).....	25
FIGURA 7. IZQUIERDA: CENIZAS VOLCÁNICAS COLOR HABANO “CALICHE” DEPOSITADAS SOBRE EL MATERIAL ALUVIAL DEJADO POR EL ZANJÓN DE LA MINA A LA ALTURA DEL BARRIO SAN JOSÉ (ESTACIÓN B2). DERECHA: CAPA DE 1 M DE “CALICHE” SOBRE LA CUAL SE HAN CONSTRUIDO LAS CASAS DEL BARRIO SAN JOSÉ (ESTACIÓN B4, ZANJÓN LA MINA). ....	26
FIGURA 8. IZQUIERDA: ASPECTO DE UNA SECCIÓN ALUVIAL ASOCIADA AL ZANJÓN DE LA MINA EN DÓNDE SE OBSERVAN DEPÓSITOS DE RELLENO DE ABANICOS CON EPISODIOS ESTRUCTIVAMENTE ALUVIALES. DERECHA: TOPOGRAFÍA PLANA CARACTERÍSTICA DEL CASCO URBANO DE BOLÍVAR HEREDADA DE LOS DEPÓSITOS ALUVIALES SOBRE LOS CUALES SE CONSTRUYÓ.....	27
FIGURA 9. ESTRATIGRAFÍA DEL ZANJÓN LA MINA A LA ENTRADA DEL BARRIO SAN JOSÉ (ESTACIÓN B1). NÓTESE AUSENCIA CAPA DE CENIZAS “CALICHE” REEMPLAZADA POR MATERIAL DE RELLENO ANTRÓPICO. ALTURA DEL ESCARPE 1.70 M.....	28
FIGURA 10. DETALLE SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA ZANJÓN LA MINA (BARRIO SAN JOSÉ), ESTACIÓN B4. LA CAPA SUPERIOR DE CENIZA (“CALICHE”) ES CONSERVADA. MARTILLO EN ESCALA 35CM.....	28
FIGURA 11. DESEMBOCADURA ZANJÓN DE LA MINA (IZQUIERDA) EN EL ZANJÓN GUABINEROS (DERECHA). NÓTESE LA SECCIÓN REDUCIDA DE LOS MISMOS EN DÓNDE SU PROFUNDIDAD Y ANCHURA SON INFERIORES A 1 M. FOTOGRAFÍA TOMADA VIENDO AL NOROESTE. ....	29
FIGURA 12. CAUCE DEL ZANJÓN GUABINEROS A LA ALTURA DE LA ESTACIÓN B8 (IZQUIERDA). NÓTESE LA SECCIÓN REDUCIDA DEL MISMO (110 CM DE ANCHO X 30 CM DE PROFUNDIDAD). DERECHA: DETALLE SECCIÓN MATERIALES ATRAVESADOS POR EL ZANJÓN GUABINEROS EN LA ESTACIÓN B20 EN DÓNDE JUSTO BAJO EL NIVEL DE SUELO ACTUAL SE OBSERVAN BLOQUES Y GUIJOS PERTENECIENTES AL ABANICO ALUVIAL SUBYACENTE (QPCA).....	30
FIGURA 13. DETALLE SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA ZANJÓN DEL RINCÓN (ÁREA ALEDAÑA AL BARRIO CIUDAD BOLÍVAR), ESTACIÓN B64. LA SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA ES DE APROXIMADAMENTE 3M.....	31
FIGURA 14. SILLETA DE FALLA AISLADA (SF) IDENTIFICADA AL NORESTE DEL ÁREA URBANA. IZQUIERDA, VISTA DESDE EL FUTURO BARRIO “MIRAFLORES”. DERECHA, HOMBREIRA	

DE FALLA AISLADA (HF) IDENTIFICADA AL SURESTE, FOTOGRAFÍA TOMADA DESDE LA ESTACIÓN B61.....	32
FIGURA 15. ZANJÓN DEL RINCÓN. A. ESTACIÓN B63, MICROGABRO (KU-A) EN CONTACTO FALLADO CON GABRO.....	32
FIGURA 16. MAPA DE UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES.....	34
FIGURA 17. FOTOINTERPRETACIÓN DEL VUELO CVC, R368 FOTOS 132 A 134 DEL AÑO 1957 .....	35
FIGURA 18. MODELO DIGITAL DEL TERRENO. ....	37
FIGURA 19. MAPA DE PENDIENTES .....	38
FIGURA 20. ESQUEMA DE JERARQUIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA PROPUESTA POR CARVAJAL (2012) CON BASE EN VELÁSQUEZ (1999), INGEOMINAS (2000). ....	39
FIGURA 21. GEOFORMAS PRESENTES CERCA DEL ÁREA URBANA MUNICIPIO DE BOLÍVAR. A. ORIGEN ESTRUCTURAL DENUDACIONAL Y FLUVIAL (CÍRCULO NARANJA MUESTRA UN TRACTOR PARA EFECTOS DE ESCALA) Y B. ANTRÓPICO (JARILLÓN (1M DE ALTO) ZANJÓN GUABINEROS, ESTACIÓN B13). ....	40
FIGURA 22. EJEMPLOS DE NOMENCLATURA DE ELEMENTOS GEOMORFOLÓGICOS. CARVAJAL (2012) .....	41
FIGURA 23. CAUCE ACTUAL RÍO PESCADOR (FAC). IZQUIERDA, A LA ALTURA DE LA ESTACIÓN B41. NÓTESE BARRA LATERAL EN LA PARTE CENTRAL DE LA FOTO. DERECHA, CAUCE ACTUAL RÍO PESCADOR (FAC) Y DEPÓSITO DE BARRA LATERAL DESDE LA ESTACIÓN B49. ....	42
FIGURA 24. MORFOLOGÍA Y ESTRATIGRAFÍA DE ABANICO ALUVIAL (FAA). NÓTESE TOPOGRAFÍA LIGERAMENTE ONDULADA A PLANA CON DISMINUCIÓN DE LA PENDIENTE EN DIRECCIÓN W- E (FLECHA NARANJA) DESDE LA ESTACIÓN B20. B). ALGUNOS DE ESTOS ABANICOS SE ENCAUZARON POR EL RÍO PESCADOR. LA PARTE SUPERIOR CORRESPONDE CON LIMOS ARENOSOS (TOBÁCEOS) DE COLOR PARDO ROJIZO QUE SUPRAYACEN DEPÓSITOS ALUVIALES DEL RÍO PESCADOR (C) EN LA ESTACIÓN B37. ....	42
FIGURA 25. LADERAS ESTRUCTURALES ALREDEDOR DEL CASCO URBANO DE BOLÍVAR (SL). FOTOGRAFÍA VIENDO AL SUR. ....	43
FIGURA 26. FORMAS ORIGEN ANTRÓPICO: A Y B LLENOS DE JARILLÓN (ALLJ) RÍO PESCADOR ESTACIÓN B47. C. ESTRUCTURA INTERNA DEL JARILLÓN (BLOQUES ORDENADOS ANTRÓPICAMENTE SOBRE ARENAS TOBÁCEAS) FRENTE AL BARRIO ESPAÑA (ESTACIÓN B52), D. LLENO DE JARILLÓN (ALLJ) DEL ZANJÓN GUABINEROS ATRÁS DEL POLIDEPORTIVO MUNICIPAL (ESTACIONES B31-B32), E. ANTIGUO LAGO DE PESCA Y SU JARILLÓN PROTECTOR (ESTACIÓN B19) Y F. APARIENCIA LLENOS MIXTOS (ALL) EN EL SECTOR DEL FUTURO BARRIO MIRAFLORES (ESTACIÓN B10). ....	44
FIGURA 27. MAPA GEOMORFOLÓGICO.....	45
FIGURA 28. EROSIÓN MARGEN DERECHA RÍO PESCADOR (ESTACIÓN B44) FRENTE A LA FINCA TAPIAS. NÓTESE LA PRESENCIA DE RAÍCES EXPUESTAS DE ALGUNOS DE LOS ÁRBOLES QUE SE ENCUENTRAN LOCALIZADOS AL BORDE DEL TALUD Y DE ÁRBOLES DERRUMBADOS. ALTURA DEL TALUD 3.40M. ....	47
FIGURA 29. EROSIÓN SOBRE MARGEN IZQUIERDA RÍO PESCADOR (ESTACIÓN B46) CAUSADA POR EL DESARROLLO DE UN MEANDRO.....	47
FIGURA 30. EROSIÓN SOBRE MARGEN IZQUIERDA RÍO PESCADOR (CHARCO DEL INDIO, ESTACIÓN B48) PROVOCANDO VOLCAMIENTO Y COLAPSO DE UNA ESTRUCTURA DE MITIGACIÓN (GAVIONES). DIMENSIÓN ESTRUCTURA 70 M LARGO. ....	48

FIGURA 31. EROSIÓN EN AMBAS MÁRGENES DEL ZANJÓN LA MINA. NÓTESE LA OCUPACIÓN DE AMBAS MÁRGENES POR LA CONSTRUCCIÓN DE LOS CERCOS DE ALGUNAS VIVIENDAS Y LA INCORRECTA DISPOSICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (BASURAS). .....	49
FIGURA 32. EROSIÓN EN AMBAS MÁRGENES DEL ZANJÓN GUABINEROS. A. MARGEN DERECHA A LA ALTURA DE LA ESTACIÓN B33. B. EROSIÓN MARGEN IZQUIERDA A LA ALTURA DE LA ESTACIÓN B12. NÓTESE LAS RAÍCES DEL ÁRBOL DE PAPAYA EXPUESTAS.....	49
FIGURA 33. ASPECTO CAUCE ABANDONADO RÍO PESCADOR EN LA ESTACIÓN B39. NÓTESE LA PRESENCIA DE VEGETACIÓN DENTRO DEL MISMO. FOTOGRAFÍA TOMADA EN DIRECCIÓN W – E. LA PERSONA DENTRO DEL CAUCE MIDE 1.70 M.....	51
FIGURA 34. CAPACIDAD DE CARGA RÍO PESCADOR A LA ALTURA DE LA ESTACIÓN B40 EVIDENCIADO POR LA PRESENCIA DE BLOQUES PLURIDECIMÉTRICOS DE ROCAS MÁFICAS (HORNBLENDITAS). .....	51
FIGURA 35. ASPECTO JARILLÓN RÍO PESCADOR AL NE DEL BARRIO CHIMINAGOS (MARGEN DERECHA). FOTOGRAFÍA TOMADA EN SENTIDO W – E. NÓTESE QUE DICHA ESTRUCTURA NO ES CONTINUA A LO LARGO DEL MARGEN. ....	52
FIGURA 36. PUENTE SOBRE EL RÍO PESCADOR QUE COMUNICA A BOLÍVAR CON ROLDANILLO. LUZ DEL PUENTE 2.5M DE ALTO. EL NIVEL DEL AGUA OBSERVADO EN LA FOTO SE ALCANZÓ DESPUÉS DE UN EPISODIO DE LLUVIA DE 1.5 HORAS. ....	53
FIGURA 37. ASPECTO MEANDROS ABANDONADOS DEL RÍO PESCADOR EN EL AÑO 2010. IMAGEN GOOGLE EARTH 2010. ....	54
FIGURA 38. A. ASPECTO CAUCE ZANJÓN LA MINA EN EL BARRIO SAN JOSÉ (PARTE ALTA, ESTACIÓN B6). B. CARGA DE FONDO DEL ZANJÓN LA MINA. NÓTESE EL TAMAÑO DE LOS BLOQUES (MARTILLO EN NARANJA COMO ESCALA 35 CM). ALTURA DEL TALUD A LA IZQUIERDA 2M.....	55
FIGURA 39. DEPÓSITO DE AVENIDA TORRENCIAL GENERADO EN LA TEMPORADA INVERNAL 2010 – 2012. LA FLECHA NARANJA INDICA LA LOCALIZACIÓN DE LAS CASAS DESTRUIDAS EN AQUELLA OCASIÓN. LA FLECHA ROJA SEÑALA BLOQUE PLURI MÉTRICO DETENIDO POR EL ÁRBOL EN EL CENTRO DE LA FOTO QUE SALVÓ LA FAMILIA QUE HABITA EN LA CASA INDICADA POR LA FLECHA AZUL.....	55
FIGURA 40. ESTACIÓN B1 A LA ENTRADA DEL BARRIO SAN JOSÉ VIENDO AGUAS ARRIBA EL ZANJÓN LA MINA. ASPECTO PUENTE VEHICULAR CON LUZ INFERIOR A 2 M Y HACIA EL CENTRO DE LA FOTO LA PRESENCIA DE MONTÍCULOS DE COMPOSICIÓN MIXTA: BASURA, MATERIA VEGETAL Y ROCA EN EL LECHO DEL RÍO. FOTOGRAFÍA TOMADA EN DIRECCIÓN W-E. ....	56
FIGURA 41. ASPECTO DEL ZANJÓN GUABINEROS EN EL CASCO URBANO DE BOLÍVAR. A. CAUCE ANTIGUO Y JARILLÓN (FLECHA AMARILLA) DEL ZANJÓN ATRÁS DEL BARRIO NUEVO HORIZONTE. B. COLMATACIÓN TOTAL DEL CAUCE ANTIGUO (ESTACIÓN B24) CON MATERIA VEGETAL, BASURAS Y CRECIMIENTO DE VEGETACIÓN (INDICADO POR LAS FLECHAS). C. OBSTRUCCIÓN CAUCE ZANJÓN POR CONSTRUCCIÓN MURO DIVISORIO (ESTACIÓN B27). D. ESTACIÓN B7 MOSTRANDO ALTO GRADO DE COLMATACIÓN DEL CAUCE DEL ZANJÓN BAJO EL PUENTE AL LADO DEL ANTIGUO MATADERO MUNICIPAL. LA LUZ BAJO EL PUENTE ES DE SÓLO 1.35 M Y LA FLECHA SEÑALA TUBO DE ACUEDUCTO MUNICIPAL EN RIESGO Y COMO FACTOR DE RIESGO EN CASO DE INUNDACIÓN. ....	57

FIGURA 42. ASPECTO ZANJÓN GUABINEROS AL CRUZAR EL BALNEARIO MUNICIPAL (ESTACIÓN B29). NÓTESE SU SECCIÓN REDUCIDA Y BAJA PROFUNDIDAD. FOTOGRAFÍA ORIENTADA W – E.....	58
FIGURA 43. TAPA DE ALCANTARILLA LOCALIZADA EN LA ESQUINA DE LA CALLE 2 CON CRA 3 (BARRIO SAMANES) QUE SE HA CONVERTIDO EN UNA DE LAS HERRAMIENTAS DE MITIGACIÓN DE INUNDACIONES EN EL BARRIO. FOTOGRAFÍA ORIENTADA S – N. ....	58
FIGURA 44. A. ASPECTO CAUCE ZANJÓN DEL RINCÓN ESTACIÓN B61, NÓTESE EL TAMAÑO DE LOS BLOQUES. B. PROFUNDIDAD DEL CAUCE EN LA ESTACIÓN B62. ....	59
FIGURA 45. ASENTAMIENTO INDÍGENA UBICADO EN LA RIVERA DEL ZANJÓN, NÓTESE LA AUSENCIA EN EL MANEJO DE LAS BASURAS. ....	60
FIGURA 46. A. SECCIÓN DEL ZANJÓN DEL RINCÓN ESTACIÓN B67. B. SECCIÓN DEL ZANJÓN DEL RINCÓN ESTACIÓN B68, NÓTESE COMO SE AMPLÍA AL ESTE.....	60
FIGURA 47. ESTACIÓN B70 SE EVIDENCIA LA COLMATACIÓN DEL CAUCE DEL ZANJÓN DEL RINCÓN Y LA FALTA DE MANTENIMIENTO EN EL LUGAR. ....	61

## 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, 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 Bolívar 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, Versalles y Roldanillo 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 132 a 134 del año 1957 en escala (1:20.000).

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 inundación en la zona urbana del municipio de Bolívar en el departamento del Valle del Cauca.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

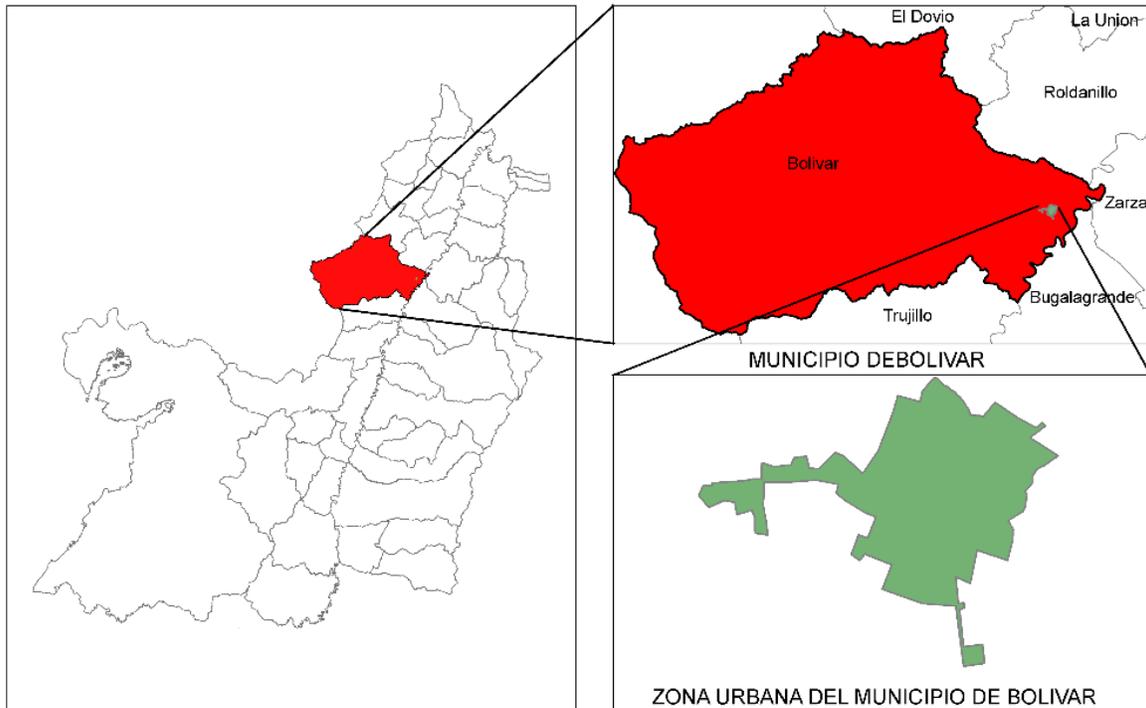
1. Compilación y Revisión de la información geológica y geomorfológica, fotografías aéreas y satelitales.
2. Interpretación de las fotografías aéreas e imágenes satelitales disponibles para la identificación de rasgos geomorfológicos, litológicos y estructurales.
3. Control de campo con mapas en escala 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 Bolívar, 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 Bolívar ubicado en la región Norte del Departamento del Valle del Cauca, a 117 km de la ciudad de Cali. Limita con los municipios del Dovio y Rodanillo al Norte, al Sur con el municipio de Trujillo, con los municipios de Bugalagrande y Zarzal al Este y con el departamento del Chocó al Oeste (ver Figura 1). La cabecera municipal se encuentra a 978 m.s.n.m. y presenta una temperatura promedio de 23 °C.



**Figura 1.** Mapa de localización zona urbana del municipio de Bolívar.

**Fuente:** elaboración propia

El relieve del municipio se puede dividir en dos regiones principales: una típicamente quebrada y montañosa hacia el Occidente y una parte plana (en dónde se localiza el casco urbano del municipio) que se extiende hasta el río Cauca al Este. Posee una extensión total de 780 Km<sup>2</sup> en dónde 196.76 Km<sup>2</sup> pertenecen a la cabecera urbana. Sus principales recursos hídrico son: río Sanquininí, río Cajamarca, río Naranjalito, río Cajones, río Lindo, río Garrapatas, río Dovio, río Zabaletas, río Azul, río Calamar, río Pescador, río Cauca. El río Pescador y el río Calamar son los afluentes que surten de agua al embalse de Guacas (Alcaldía Municipal de Bolívar, 2018).

Para este estudio se considera importante detallar el sistema hidrográfico que influencia el área urbana, el cual está representado por los zanjones La Mina, Gubineros y el Rincón, la acequia la Molina y el río Pescador.

## 2 GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

En este apartado se presenta la geología regional del municipio de Bolívar en la que se compilan las descripciones generales realizadas para la Formación Volcánica (Kv), el Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku), los Depósitos sedimentarios o vulcano-sedimentarios del Cuaternario (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 la descripción de los afloramientos encontrados en el área urbana del municipio.

Se presenta el mapa de Unidades Geológicas Superficiales, (Unidades de Roca dura, 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, 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 en el área urbana, corresponde principalmente rocas del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku), conos (Qca) y los depósitos aluviales del río Cauca (Qal).



de rocas ultramáficas (dunitas, lherzolitas y werlitas) y rocas gabroides ricas en olivino y piroxeno, que presentan bandas alternadas; gabronoritas cumúlíticas y gabronoritas isotrópicas (Modificado de SGC, 2014). Las rocas de esta unidad son cortadas por diques orientados preferencialmente en sentido E-W, consistentes en cristales muy gruesos de hornblenda y cantidades variables de plagioclasa y cuarzo que encierran xenolitos de serpentina y gabro (Nivia et al., 1995). El grado de meteorización es moderado, y hay desarrollo de suelos de colores amarillo o crema (SGC, 2014).

### **2.1.2 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).

#### **2.1.2.1 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).

#### **2.1.2.2 Cenizas Volcánicas - QPcv**

Depósitos de cenizas volcánicas se identifican en los alrededores de Primavera, Naranjal, El Dovio y al norte de La Unión; la composición es dacítica a riolítica. En los alrededores de La Unión y Toro han sido involucradas en procesos sedimentarios, y se han depositado formando abanicos aluviales constituidos esencialmente por estas cenizas volcánicas (Nivia et al., 1995).

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).

#### **2.1.2.3 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. Nivia et al., (1995), 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 las siguientes direcciones de fallamiento: N20°-30°E, N60°-70°E y N40°-50°W, (Nivia et al., 1997).

(Nivia et al., 1997), 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 falla 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). Adicionalmente, Gómez y Suárez (2009) asocian las fallas Dagua-Calima-Buenavista y Toro-Andinópolis dado que limitan la secuencia esencialmente masiva de basaltos que conforman la porción oriental de la Cordillera Occidental. En dónde al Occidente de la secuencia esencialmente masiva de basaltos se presentan varios cinturones regionales de basaltos, intercalados con metapelitas del Complejo Estructural Dagua limitados por las fallas El Dovio, Ristales (Barrero 1979), La Argelia, El Cairo, Río Blanco Este y Río Blanco Oeste (Parra, et al., 1984).

**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.

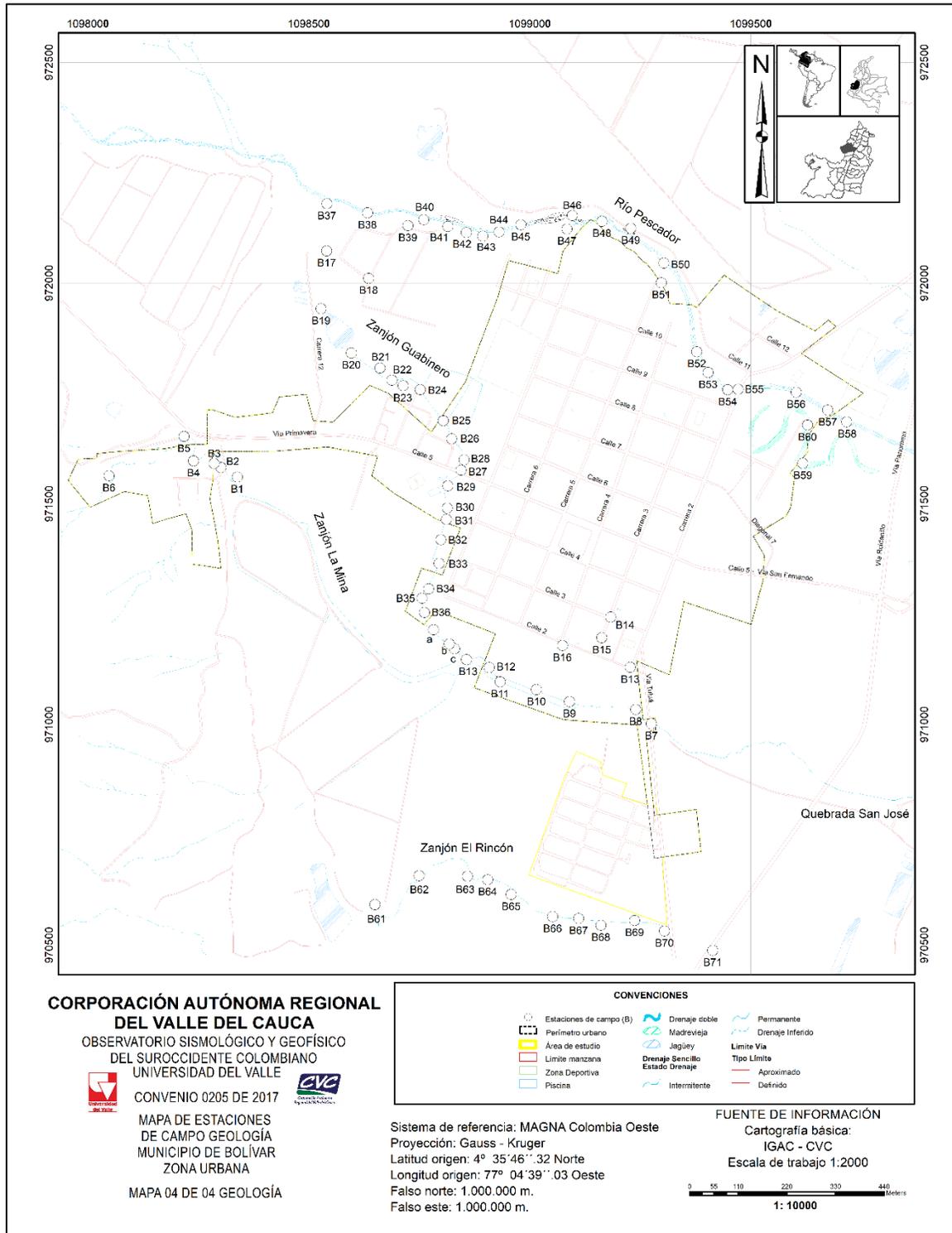
**Fallamiento N60°-70°E.** No tiene una relación temporal clara con el sistema de fallamiento N20-30E, pero se observan movimientos laterales derechos que desplazan cuñas de roca limitados por fallas orientadas N40-50W. McCourt et al (1990) postulan que el sistema de fallas N40-50E es más joven que el 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 las áreas susceptibles a inundaciones en el área urbana del municipio de Bolívar.

### **2.3.1 Mapa Geológico local**

Para la definición de la geología del área urbana del municipio se hizo el reconocimiento o 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.



**Figura 3.** Mapa de Estaciones de Campo área urbana del municipio de Roldanillo.

**Fuente:** elaboración propia.



En la Está conformada de base a techo por rocas de composición máfica (gabro hornbléndico) del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku), suprayacidas por un sistema de depósitos de abanicos aluviales provenientes del piedemonte de la Cordillera Occidental, generados durante el período Cuaternario y que fueron conducidos por los diferentes drenajes ubicados en el área urbana del tipo Zanjón del Rincón y Zanjón La Mina. También se encontraron secuencias de depósitos aluviales variando entre 1.20m a 2.70 m de espesor asociadas principalmente al río Pescador. Sin embargo, los afloramientos de gabro hornbléndico del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku) se observan por fuera del perímetro urbano establecido; principalmente al oeste y al sur del casco urbano de Bolívar.

### 2.3.2 *Complejo Ultramáfico de Bolívar (Kuc)*

Como se indicó anteriormente, dentro de los límites de la cabecera municipal no se observan afloramientos asociados con este Complejo. Este cuerpo se encuentra conformando las zonas montañosas observadas alrededor de la cabecera municipal de Bolívar (ver Figura 5).



**Figura 5.** Vista S-N (desde el futuro Barrio Miraflores) de la zona montañosa cercana al casco urbano de Bolívar. Las rocas que constituyen dicha zona pertenecen al Complejo Ultramáfico de Bolívar.

Afloramientos de esta roca (Microgabro, diaclasado) fueron observados en la zona rural estación B61 (ver Figura 6a), sobre la ladera Sur del Zanjón del Rincón; muy cerca del barrio Ciudad Bolívar.

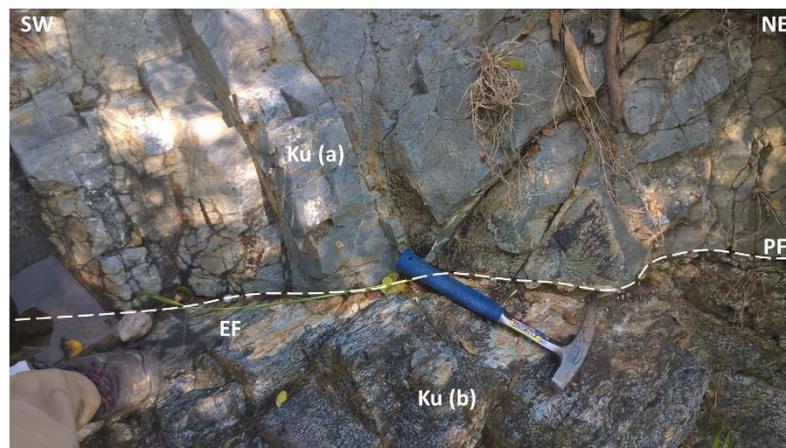
Se clasificó la roca como un Migrogabro, de color gris oscuro, compuesta de 50% piroxenos, 45 % plagioclasas y 5% de olivinos.

En la estación B63 (ver Figura 6b), se encontró un afloramiento de Microgabro de 2m de ancho por 2m de alto sobre el lecho del zanjón, esta roca se encuentra en contacto fallado con un gabro hornbléndico de textura fanerítica, compuesto de 45% plagioclasas, 50% hornblendas y 5% cuarzo.

El espejo de falla tiene una orientación N12E/6NW (ver Figura 6b)



a.



b.

**Figura 6.** Zanjón del Rincón. a. Estación B61, Microgabro, color gris oscuro. b. Estación B63, Microgabro (Ku-a) en contacto fallado con gabro hornbléndico (Ku-b) de textura fanerítica. EF (Espejo de Falla), PF (Plano de Falla).

**Fuente:** fotografía propia

Fragmentos de rocas del Complejo Ultramáfico de Bolívar de diferentes tamaños y formas (clastos) constituyen el material de lecho del río Pescador y del zanjón del Rincón.

Adicionalmente fragmentos de roca de este Complejo han sido involucrados en los materiales depositados por la acción conjunta de fenómenos gravitacionales y fluviales responsables de la formación del conjunto de abanicos aluviales sobre los que se asentó el casco urbano del municipio de Bolívar.

### 2.3.3 Depósitos de Cenizas Volcánicas (QPcv)

Esta unidad está conformada por cenizas volcánicas porosas y muy compactas, denominadas “caliche” por los lugareños. Sin embargo, no afloran de manera continua y sus espesores no superan los 1.8m (razón por la cual *no son cartografiables* a la escala del presente trabajo (ver Figura 7). Fueron observadas en el Zanjón de la Mina en el barrio San José (estaciones B3 a B5), Barrio España (estaciones B51 y B52) y en la estación B58 “Casa Mosoco”. De color habano claro y de composición dacítica (cuarzo, plagioclasa, biotita, anfíbol, matriz vítrea) y líticos.

Estas cenizas están dispuestas de manera conforme sobre los depósitos de Conos (Qca) y depósitos aluviales (Qal) asociados a las llanuras de inundación de los ríos Pescador y Cauca.



**Figura 7.** Izquierda: cenizas volcánicas color habano “caliche” depositadas sobre el material aluvial dejado por el Zanjón de la Mina a la altura del barrio San José (estación B2). Derecha: Capa de 1 m de “caliche” sobre la cual se han construido las casas del Barrio San José (estación B4, Zanjón la Mina).

**Fuente:** fotografía propia

### 2.3.4 Depósitos de Conos Antiguos (QPca)

De la misma manera que su vecino más cercano (Roldanillo), el casco urbano del municipio de Bolívar se construyó íntegramente, sobre un sistema de abanicos y depósitos aluviales (ver Figura 8), en donde los materiales que los conforman son provenientes del piedemonte oriental de la Cordillera Occidental. A esta formación pertenecen los materiales depositados por el río Pescador y los zanjones de La Mina, Guabineros y del Rincón. El resultado de ésta interacción es la topografía principalmente plana característica de Bolívar (ver Figura 8).

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.



**Figura 8.** Izquierda: Aspecto de una sección aluvial asociada al Zanjón de La Mina en dónde se observan depósitos de relleno de abanicos con episodios estrictamente aluviales. Derecha: Topografía plana característica del casco urbano de Bolívar heredada de los depósitos aluviales sobre los cuales se construyó.

**Fuente:** fotografías propias

#### **2.3.4.1 Depósitos del Zanjón de la Mina**

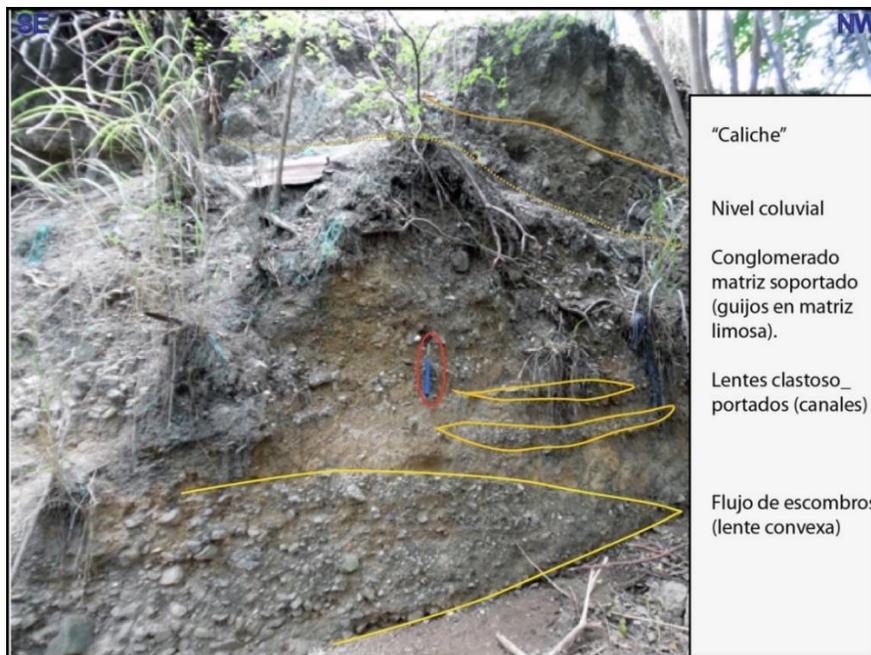
La secuencia estratigráfica tipo asociada al Zanjón La Mina, está representada por intercalaciones de depósitos de abanicos y depósitos aluviales. Esta se puede observar siguiendo el Zanjón aguas arriba en dirección del Barrio San José (estaciones B1 a B6).

Se pueden observar de base a techo (ver Figura 9) conglomerados gruesos a finos, que varían de clasto soportados a matriz soportados de color verde oscuro predominante. Se reconocen bloques decimétricos de rocas de composición gabroica y diorítica, sin gradación aparente. Hacia la parte superior se observan depósitos de un canal lateral (evento aluvial, Figura 9) en dónde hay mejor selección y de composición monomítica (rocas máficas). Estos conglomerados están acompañados de un nivel matriz soportado con escasos bloques (matriz areno limosa). En algunos lugares esta capa puede alcanzar hasta 2 m y estar constituida por lentes clasto-soportados sin selección ni sorteamiento aparente (ver Figura 10). Hacia la parte superior es común encontrar niveles estrictamente coluviales con espesores que varían entre los 15 cm y los 50 cm (reconocidos en las estaciones B1, B5 y B6). Se reconocen por ser depósitos clasto soportados sin imbricación, mal seleccionados y de angularidad elevada. Finalmente, y según el grado de intervención humana, esta secuencia puede conservar la capa de “caliche” o ser reemplazada por depósitos de rellenos antrópicos (ver Figura 9 y Figura 10).



**Figura 9.** Estratigrafía del Zanjón la Mina a la entrada del Barrio San José (estación B1). Nótese ausencia capa de cenizas “caliche” reemplazada por material de relleno antrópico. Altura del escarpe 1.70 m

**Fuente:** fotografía propia



**Figura 10.** Detalle sección estratigráfica Zanjón la Mina (Barrio San José), estación B4. La capa superior de ceniza (“Caliche”) es conservada. Martillo en escala 35cm.

**Fuente:** fotografía propia

La quebrada La Mina al salir del barrio “San José” sigue su curso en dirección sur-este atravesando zona rural por una zona muy plana y se une al Zanjón Guabineros a la altura de la estación B12. Su sección se reduce en anchura ( $< 1$  m) y profundidad ( $< 50$  cm) como se ilustra en la Figura 11. El cauce se observa colmatado por material tamaño fino (gránulos) proveniente de la Mina de magnesita. Para el casco urbano, el fenómeno de colmatación de cauces (con excepción del río Pescador) es generalizado y se evidenció para todos los drenajes que atraviesan el municipio de Bolívar.



**Figura 11.** Desembocadura Zanjón de la Mina (izquierda) en el Zanjón Guabineros (derecha). Nótese la sección reducida de los mismos en dónde su profundidad y anchura son inferiores a 1 m. Fotografía tomada viendo al noroeste.

**Fuente:** fotografías propias

#### **2.3.4.2 Depósitos del Zanjón Guabineros**

Respecto de los depósitos aluviales asociados al Zanjón Guabineros, el cual atraviesa el área urbana de Bolívar en dirección “aproximada” NW – SE (este zanjón ha sido el más intervenido antrópicamente), se puede describir que corre atravesando los depósitos de abanicos aluviales QPca (ver Figura 4) con incisión muy superficial (decimétrica) de manera general.

El material observado en superficie bajo el suelo orgánico corresponde con bloques y guijos de diferentes esfericidades y redondeces de composición máfica (gabros) y dioritas como se ilustra en la Figura 12.



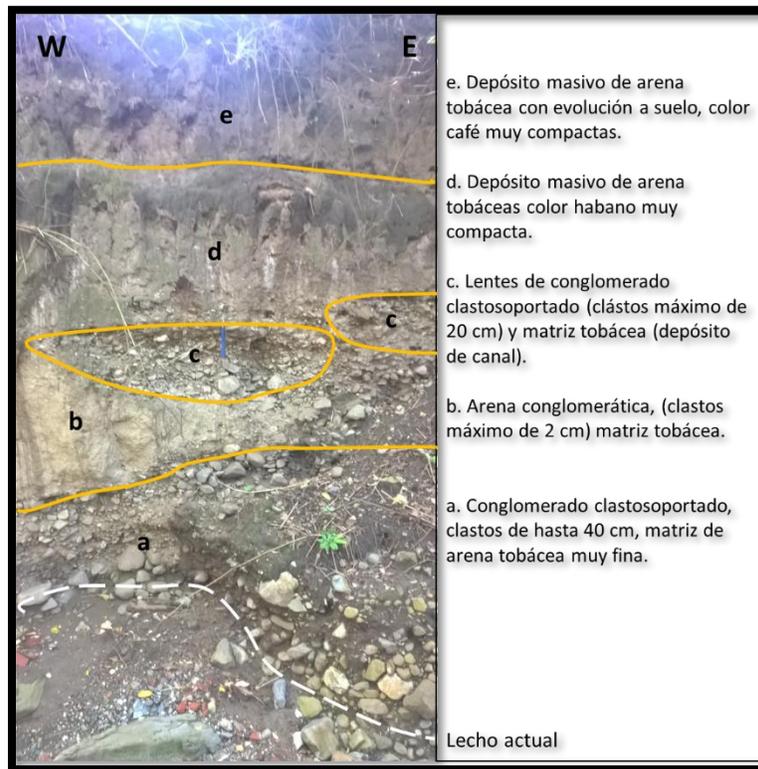
**Figura 12.** Cauce del Zanjón Guabineros a la altura de la estación B8 (izquierda). Nótese la sección reducida del mismo (110 cm de ancho x 30 cm de profundidad). Derecha: Detalle sección materiales atravesados por el Zanjón Guabineros en la estación B20 en dónde justo bajo el nivel de suelo actual se observan bloques y guijos pertenecientes al abanico aluvial subyacente (QPca).

**Fuente:** fotografías propias

### 2.3.4.3 Depósitos del Zanjón del Rincón

La secuencia estratigráfica tipo asociada al Zanjón del Rincón, está representada por intercalaciones de depósitos de abanicos y depósitos aluviales. Esta se puede observar en la estación B64 en cercanías al barrio Ciudad Bolívar.

Se pueden describir de base a techo (ver Figura 13) un conglomerado clastosoportado (1.5 m de espesor) de disposición aleatoria, con clastos de gabros, microgabros y basaltos de hasta 40 cm y matriz areno limosa, este evento se encuentra suprayacido por una arena conglomerática (90% matriz y 10% clastos de basaltos, gabros y microgabros de hasta 2 cm). Embebidos en esta arena conglomerática se observan depósitos de canal (eventos aluviales) conformados por conglomerados clastosoportados (clastos redondeados a subredondeados, de baja esfericidad, compuestos de gabros, gabros anfibolíticos y piroxenitas); la matriz es areno limosa. Suprayaciendo la arena conglomerática se observan dos eventos de arena tobácea masiva muy compacta “caliche”, cada uno de 1.5m de espesor.



**Figura 13.** Detalle sección estratigráfica Zanjón Del Rincón (área aledaña al Barrio Ciudad Bolívar), estación B64. La sección estratigráfica es de aproximadamente 3m.

**Fuente:** fotografía propia

## 2.4 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

Dentro del área de estudio, se diferenciaron pocos rasgos en superficie que permitieran identificar la existencia de fallas geológicas. Se reconocieron algunos indicios aislados (ver Figura 14) en los cerros colindantes a Bolívar (por fuera del área urbana) pero con dudosa continuidad. Adicionalmente en la estación B61 se evidenció un plano de falla con orientación N12E/6NW (ver Figura 15), que se puede alinear con una hombrera de falla identificada al sureste, pero que no se alinea con la silleta de falla identificada al Noreste del municipio; dada esta condición, no es posible presentar con certeza el trazo de dicha estructura.



**Figura 14.** Silleta de falla aislada (SF) identificada al noreste del área urbana. Izquierda, vista desde el futuro barrio “Miraflores”. Derecha, Hombreira de falla aislada (HF) identificada al sureste, fotografía tomada desde la estación B61.

**Fuente:** fotografías propias



**Figura 15.** Zanjón del Rincón. a. Estación B63, Microgabro (Ku-a) en contacto fallado con gabro hornbléndico (Ku-b). EF (Espejo de Falla), PF (Plano de Falla). b. Detalle del plano de falla.

**Fuente:** fotografías propias

#### 2.4.1 Trazo Falla Regional SGC

Corresponde a un trazo de falla de dirección SW – NE reportado en la Plancha 242 – Zarzal (Nivia et al., 1995; Revisión) que atravesaría el Este de Bolívar, tal y como es representado en la Figura 2. Este trazo no se evidenció en el trabajo de campo, pero se reporta por provenir de la cartografía oficial del SGC.

## 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 Bolívar 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)

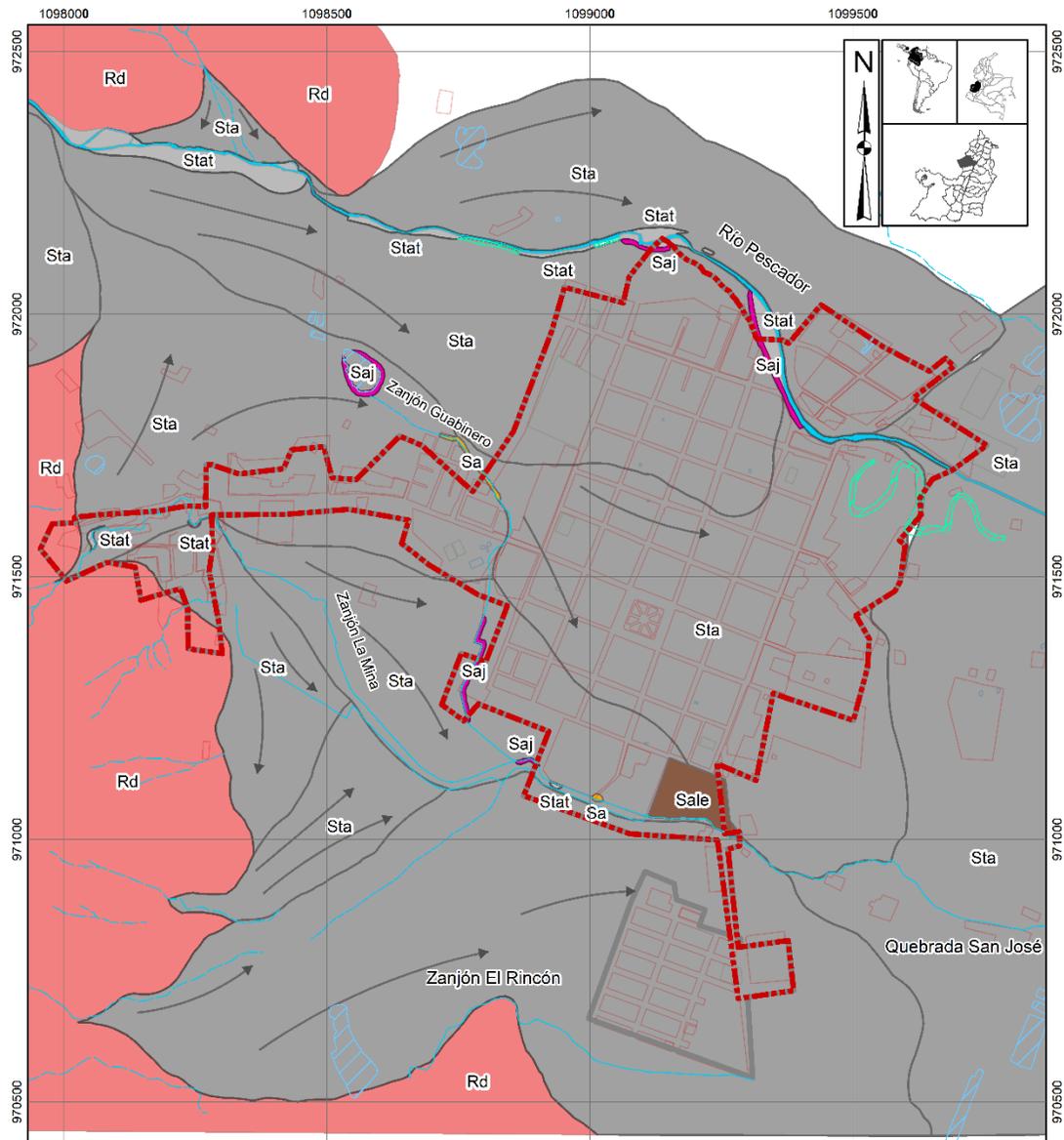
Comprende macizos rocosos en los que el material se presenta como roca ligeramente meteorizada, sin embargo, la roca es dura y tienen resistencia alta. Dentro de esta unidad se incluyen únicamente las rocas del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku) que están presentes en la zona montañosa alrededor de Bolívar y que salvo a la altura del Barrio San José, no afloran dentro del casco urbano de Bolívar. Esta unidad está 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 planas.

Dentro de las unidades de suelo transportado definidas para Bolívar se encuentran las siguientes (ver Figura 16):

- Suelo transportado aluvial (Sta).
- Suelo transportado aluvial de terrazas (Stat).
- Suelo antrópico (Sa). Conformados por (plástico, madera, escombros, basura, etc.)
- Suelo antrópico de relleno de escombros (Sale).
- Suelo antrópico jarillón (Saj).



**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA**  
OBSERVATORIO SISMOLÓGICO Y GEOFÍSICO DEL SUROCCIDENTE COLOMBIANO  
UNIVERSIDAD DEL VALLE  
CONVENIO 0205 DE 2017  
MAPA DE FORMACIONES SUPERFICIALES MUNICIPIO DE BOLIVAR ZONA URBANA  
MAPA 01 DE 04 GEOLOGÍA

Unidades Geológicas Superficiales	CONVENCIONES
Rd - Terciaria	Zonas erosivas
Sa - Suelo antropológico	Tierras de falla regional SGC
Rk - Suelo antropogénico jardín	Falla cubierta
Sa - Suelo antropogénico de relleno de escombros	Perimetro urbano
Sta - Suelo transportado aluvial	Área de estudio
Stat - Suelo transportado de aluvial de terrazas	Límite manzana
	Drenaje eólico
	Juglar
	Madrugada
	Trinchera
	Zona Depresiva
	Drenaje Sencillo
	Estado Drenaje
	Intermitente
	Permanente
	Drenaje Intermitente

Sistema de referencia: MAGNA Colombia Oeste  
Proyección: Gauss - Kruger  
Latitud origen: 4° 35' 46" .32 Norte  
Longitud origen: 77° 04' 39" .03 Oeste  
Falso norte: 1.000.000 m.  
Falso este: 1.000.000 m.

Año de elaboración 2018  
FUENTE DE INFORMACIÓN  
Cartografía básica: CVC  
Escala de trabajo 1:2000  
0 55 110 220 330 440  
1:10000  
Metros

**Figura 16.** Mapa de Unidades Geológicas Superficiales.  
**Fuente:** elaboración propia.

## 2.6 MAPA GEOMORFOLÓGICO

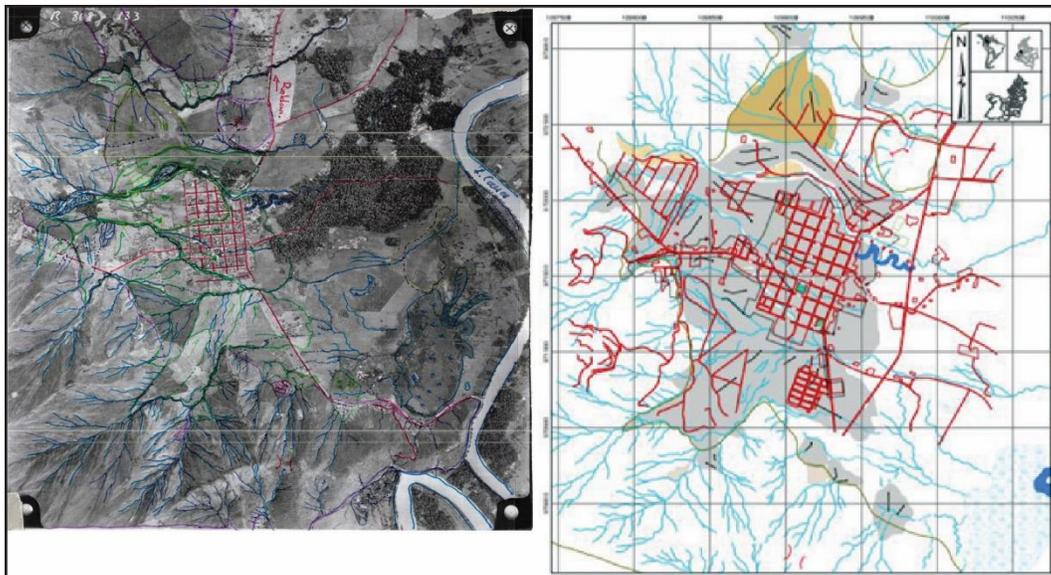
La actual dinámica global en referencia al cambio climático y la exposición cada vez mayor de la población, hacen necesario generar conocimiento sobre la dinámica del paisaje físico. Un estudio geomorfológico puede convertirse en una herramienta muy útil en la zonificación de la amenaza por fenómenos 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 el análisis de las fotografías aéreas existentes del municipio, correspondientes al vuelo CVC R368 fotos 132 a 134 del año 1957 es un vuelo de buena escala (1:20.000) y de buena calidad (ver Figura 17). El trabajo de fotointerpretación es fundamental en este tipo de trabajos, las fotos fueron de gran ayuda y permitieron un mejor conocimiento de la geomorfología del área.

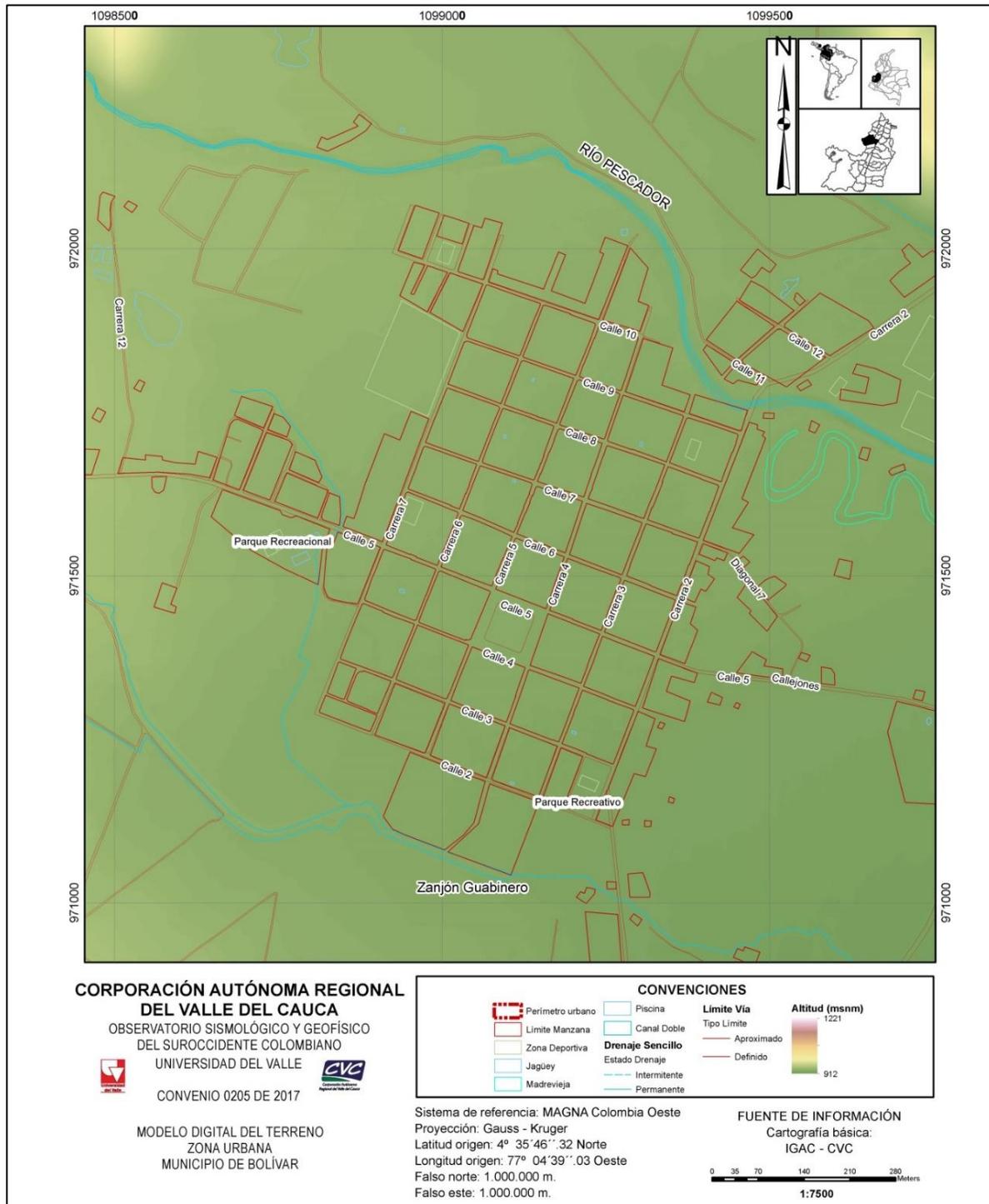


**Figura 17.** Fotointerpretación del vuelo CVC, R368 fotos 132 a 134 del año 1957

Adicionalmente se analizaron el modelo digital del terreno y el mapa de pendientes (ver Figuras 18 y 19 respectivamente) para verificar las características de la superficie y se complementó con el análisis de las fotografías aéreas y las fotos Lidar existentes para la zona de estudio. Con estas

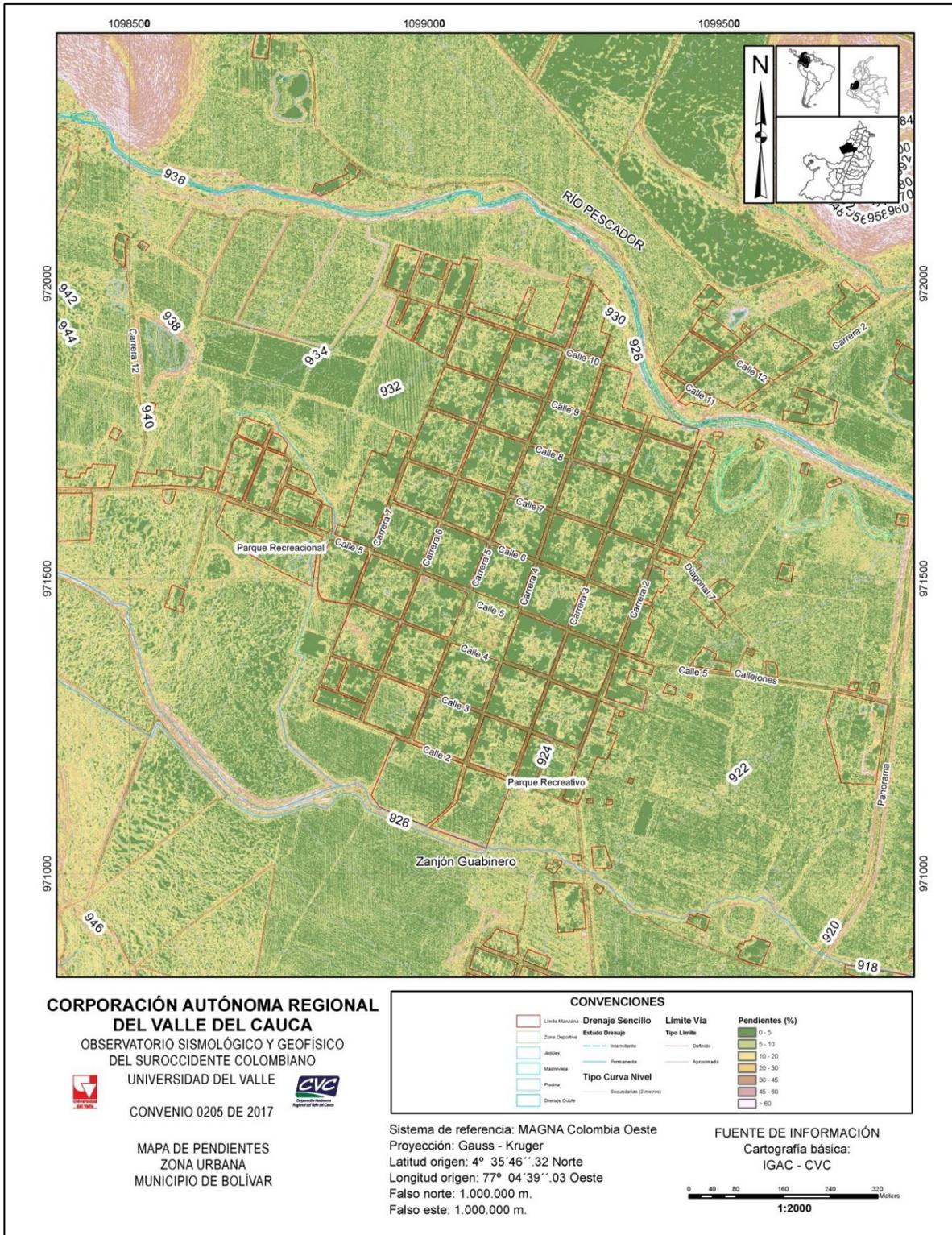
herramientas se obtuvo un insumo muy importante en la determinación de las unidades geomorfológicas y se estableció que el área urbana de Bolívar está caracterizada por una zona con pendientes bajas (zona plana) dónde el ambiente fluvial es dominante y está asociado a la dinámica del río Cauca y otros cauces principales.

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 se delimitaron los elementos geomorfológicos.



**Figura 18.** Modelo digital del Terreno.

**Fuente:** información suministrada por CVC para este estudio



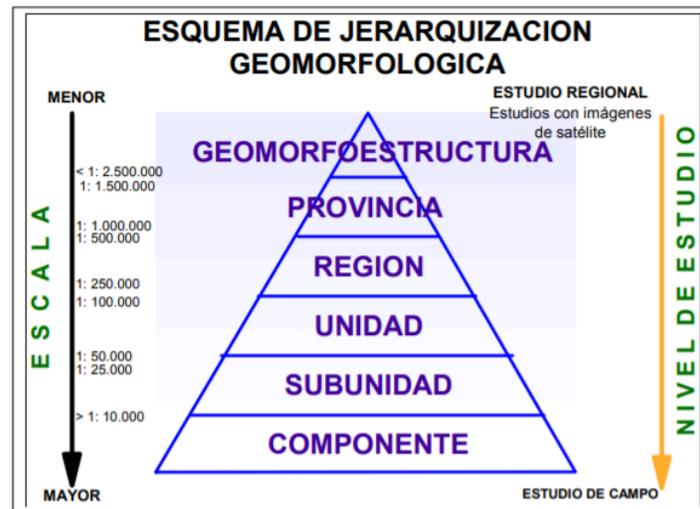
**Figura 19.** Mapa de pendientes

**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 20.



**Figura 20.** Esquema de jerarquización geomorfológica propuesta por Carvajal (2012) con base en Velásquez (1999), Ingeominas (2000).

**Fuente:** Tomado de Ibañez et al., 2012.

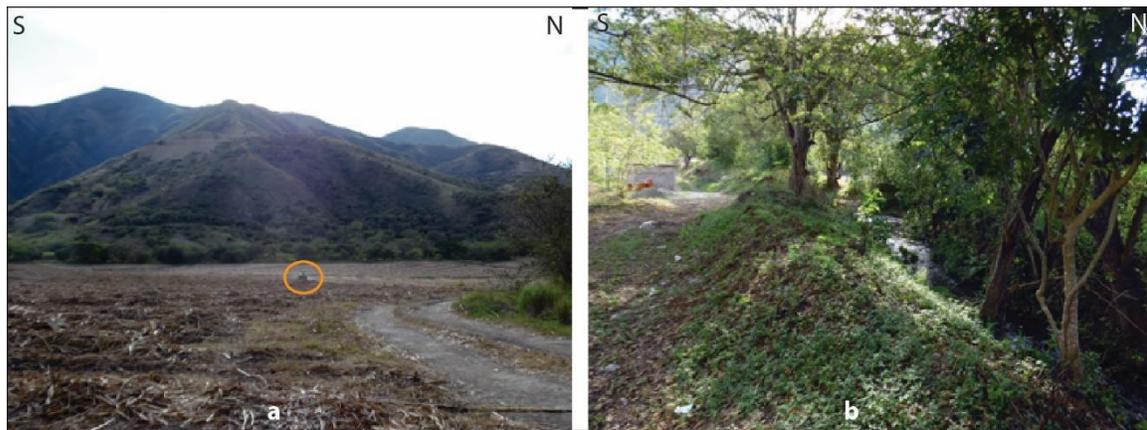
Regionalmente el casco urbano del municipio de Bolívar se encuentra entre dos relieves fuertemente contrastantes: Las estribaciones del piedemonte oriental de la Cordillera Occidental al oeste y la llanura de inundación del río Cauca. Está caracterizado por un relieve de origen denudacional y fluvial principalmente. En el municipio dominan los abanicos aluviales depositados por los ríos y zanjones que atraviesan el área urbana, generando procesos de erosión y depositación fluvial, dando 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, se constata que la actividad antrópica y su proceso de urbanización, modificó y sigue modificando en algunos sectores la morfología del paisaje natural, generando nuevas formas y nuevos procesos que modifican el terreno (jarillones y rellenos). En algunos casos éstas intervenciones tratan de evitar inundaciones en las áreas urbanizadas aledañas a los ríos y zanjones, pero en otros las mismas acciones se convierten en amenazas para sus habitantes. Esto se puede observar en las inmediaciones de algunos sectores del río Pescador y en menor proporción asociado a los zanjones que atraviesan Bolívar.

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

1. Sectores montañosos conformados principalmente por rocas del Cretácico del Complejo Ultramáfico de Bolívar (Ku), con predominio de pendientes altas como se muestra en la figura 16 y localizadas por fuera 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 zanjonés del municipio; estas geoformas cubren en 95% 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 Bolívar se reconocieron tres tipos de geoformas: De origen estructural denudacional, fluvial y antrópico (ver Figura 21).



**Figura 21.** Geoformas presentes cerca del área urbana municipio de Bolívar. a. Origen estructural denudacional y fluvial (círculo naranja muestra un tractor para efectos de escala) y b. antrópico (jarillón (1m de alto) Zanjón Guabineros, estación B13).

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 22 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 morfo-genética del International Institute for Aerospace Survey and Earth Science (ITC). Otros ejemplos pueden encontrarse en Carvajal (2012).

ORIGEN	CARACTERÍSTICAS	NOMBRE DEL ELEMENTO	NOMENCLATURA	
<b>ESTRUCTURAL DENUDACIONAL</b>	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	
<b>VOLCÁNICO DENUDACIONAL</b>	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
			Escarpe de abanico	Vea
		SUBORIZONTALES A INCLINADOS	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)
<b>DENUDACIONAL</b>	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	
<b>FLUVIAL</b>	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	
<b>ANTROPOGÉNICO</b>	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 22.** 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** del río Pescador (**Fca**). Los tramos curvos abandonados asociados con antiguos cursos del río Pescador se denominarán **meandros abandonados (Fma)**.

Los depósitos aluviales, abanicos aluviales y terrazas asociadas a los Zanjones La Mina, Guabineros, del Rincón y los ríos Pescador y Cauca. En el mapa geomorfológico se denominarán **Faa (Deposito de abanico aluvial)**, **Fta (Deposito de Terraza aluvial)**, **Fpi (plano o llanura de inundación)**, (ver Figuras 23 y 24).



**Figura 23.** Cauce actual río Pescador (Fac). Izquierda, a la altura de la estación B41. Nótese barra lateral en la parte central de la foto. Derecha, cauce actual río Pescador (Fac) y depósito de barra lateral desde la estación B49.

**Fuente:** fotografías propias



**Figura 24.** Morfología y estratigrafía de abanico aluvial (Faa). Nótese topografía ligeramente ondulada a plana con disminución de la pendiente en dirección W- E (flecha naranja) desde la estación B20. b). Algunos de estos abanicos se encauzaron por el río Pescador. La parte superior corresponde con limos arenosos (tobáceos) de color pardo rojizo que suprayacen depósitos aluviales del río Pescador (c) en la estación B37.

**Fuente:** fotografías propias

Mientras que las **formas de origen estructural denudacional** son geoformas afectadas por procesos denudacionales antiguos y actuales, cuya expresión morfológica está definida por la litología y la disposición estructural de las rocas. Se originan a partir de procesos endógenos (internos), cuyas fuerzas son capaces de desarrollar las formas del relieve más relevantes, como son laderas definidas por los estratos de las rocas, pendientes abruptas y escarpadas como efecto de actividad tectónica, fallas y pliegues, entre otros.

Por lo tanto, dentro de los elementos de éste origen se incluyen **Laderas o Pendientes estructurales (SI)** (ver Figura 25). Esta última es la forma más visible desde el casco urbano y se observa sobre las colinas cercanas al municipio, aunque es de destacar que no se encuentran dentro del perímetro actual del mismo.



**Figura 25.** Laderas estructurales alrededor del casco urbano de Bolívar (SI).

Fotografía viendo al sur.

**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 **All (Llenos mixtos)**, **Allj (Llenos jarillón)** y **Alle (Lleno de escombros)**, ver Figura 26; estos últimos principalmente adecuando zonas construibles, tal y como se observó en los terrenos destinados al barrio Miraflores y a la urbanización Villa del Sol (estación B59). Ver figura 26.

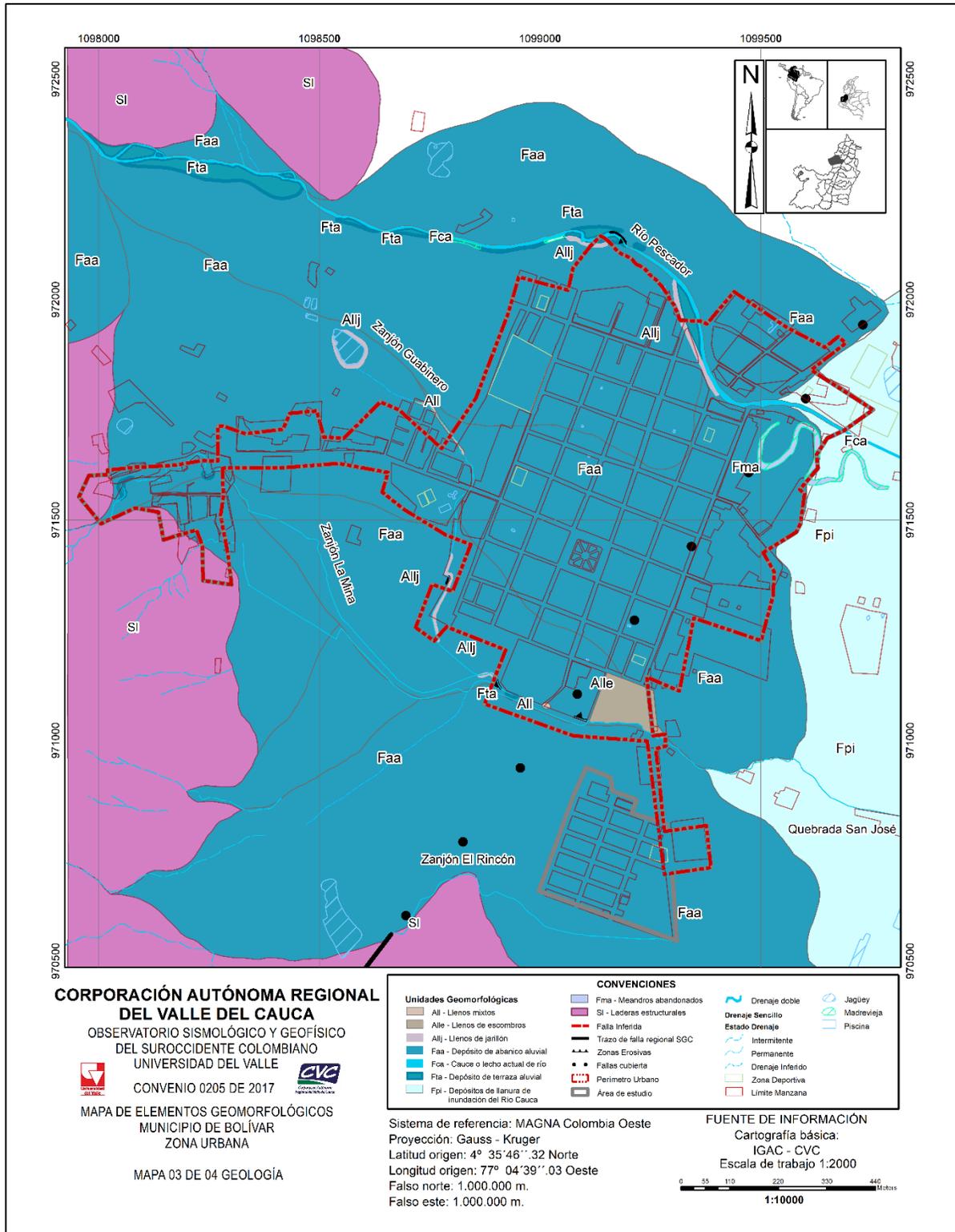


**Figura 26.** Formas origen antrópico: a y b Llenos de jarillón (Allj) río Pescador estación B47. c. Estructura interna del jarillón (bloques ordenados antrópicamente sobre arenas tobáceas) frente al Barrio España (estación B52), d. Lleno de jarillón (Allj) del Zanjón Guabineros atrás del Polideportivo Municipal (estaciones B31-B32), e. Antiguo lago de pesca y su jarillón protector (estación B19) y f. Apariencia llenos mixtos (All) en el sector del futuro barrio Miraflores (estación B10).

**Fuente:** fotografías propias

### 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 27.



**Figura 27.** Mapa Geomorfológico.  
Fuente: elaboración propia

## **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 meridional 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 hasta el reciente. Aunque el municipio de Bolívar se extiende al occidente hasta los límites con el departamento del Chocó, su casco urbano se encuentra localizado en el valle geográfico del río Cauca en su margen izquierda con una altura promedio de 978 m.s.n.m. y siendo su principal drenaje el río Pescador.

Adicionalmente, el área de estudio es drenada por 3 zanjones con diferente grado de intervención antrópica, en dónde el de mayor intervención es el zanjón Guabineros y el menos intervenido (modificado hasta el momento) es el zanjón del Rincón. El zanjón La Mina presenta un valle ancho en su parte alta (en cercanías del Barrio San José) pero al igual que los otros zanjones, presenta, un elevado grado de colmatación.

## **2.7 MOVIMIENTOS EN MASA**

Aunque para el casco urbano de Bolívar, no es objeto del presente estudio cartografiar o describir los fenómenos de movimientos en masa, se incluirán en este apartado algunos fenómenos erosivos observados y asociados principalmente con las riveras de los zanjones y ríos que lo atraviesan.

### **2.7.1. Sectores afectados por erosión**

#### **2.7.1.1. *Río Pescador***

De la misma manera que sucede en otros ríos de la región tal como el río Rey en Roldanillo, el Río Pescador también tiene la particularidad de aumentar y disminuir su sección a lo largo de su recorrido siendo una de las causas de erosión. Adicionalmente el cambio en el régimen de flujo (desarrollo de meandros) también se constató como responsable de la erosión del margen.

En la Estación B44, frente a la Finca Tapias, se observó una alta erosión sobre la margen derecha del río (ver Figura 28).



**Figura 28.** Erosión margen derecha Río Pescador (estación B44) frente a la Finca Tapias. Nótese la presencia de raíces expuestas de algunos de los árboles que se encuentran localizados al borde del talud y de árboles derrumbados. Altura del talud 3.40m.

**Fuente:** fotografía propia

Después de cruzar la parte externa del barrio Chiminagos, el río Pescador cambia su régimen de flujo desarrollando un par de meandros. Uno de ellos choca frontalmente contra el margen izquierdo del río generando un proceso erosivo fuerte (ver Figura 29)



**Figura 29.** Erosión sobre margen izquierda Río Pescador (estación B46) causada por el desarrollo de un meandro.

**Fuente:** fotografía propia

En el sector del “Charco del Indio” estación B48, se observa socavamiento, volcamiento y colapso de gaviones por acción del río Pescador (ver Figura 30).



**Figura 30.** Erosión sobre margen izquierda Río Pescador (Charco del Indio, estación B48) provocando volcamiento y colapso de una estructura de mitigación (gaviones). Dimensión estructura 70 m largo.

**Fuente:** fotografías propias

#### 2.7.1.2. Zanjón de la Mina

El Zanjón de la Mina atraviesa la zona urbana de Bolívar a la altura del Barrio San José en dirección SW - NE antes de cambiar su curso hacia el SE a la altura de la estación B5, atravesando una amplia zona de abanicos aluviales al SW del casco urbano, pero en zona rural.

En el barrio San José se observó erosión sobre ambas márgenes del zanjón principalmente causado por los episodios torrenciales que corren por su cauce en épocas de invierno. Adicionalmente entre las estaciones B6 y B5 se observaron casas (sus patios y cercas) construidas sobre el margen del zanjón. A este fenómeno se le suma el mal manejo de residuos (basuras), la falta de mantenimiento de las estructuras allí construidas y el no respeto de una distancia mínima de seguridad que acentúa el poder erosivo de la corriente en época invernal (ver Figura 31).



**Figura 31.** Erosión en ambas márgenes del Zanjón la Mina. Nótese la ocupación de ambas márgenes por la construcción de los cercos de algunas viviendas y la incorrecta disposición de residuos sólidos (basuras).

**Fuente:** fotografías propias

### 2.7.1.3. *Zanjón Guabineros*

Tal y como se mencionó en el apartado 2.6.4 del presente informe, el zanjón Guabineros es el que mayor intervención antrópica presenta. Su incisión actual es baja y se desarrolla atravesando el suelo orgánico y las partes más superiores de los abanicos por los que corre. Sin embargo, se detectaron pequeños fenómenos erosivos en ambas márgenes (ver Figura 32) que pueden ser observados en las estaciones B33, B12 y B9.



**Figura 32.** Erosión en ambas márgenes del Zanjón Guabineros. a. Margen derecha a la altura de la estación B33. b. Erosión margen izquierda a la altura de la estación B12. Nótese las raíces del árbol de papaya expuestas.

## 2.8. INUNDACIONES

En el municipio de Bolívar aún existen vestigios del tiempo en el que el “casco urbano se inundaba” como consecuencia del desbordamiento del río Pescador en los años 50, antes de la construcción de la represa. Su topografía extremadamente plana es un factor que lo hace “presa fácil” de este tipo de fenómeno. Adicionalmente, se observaron algunas patologías de origen antrópico que lo hacen más vulnerable al mismo:

- La falta de conservación de las distancias mínimas 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). Esta condición se observó en el barrio San José y en el Barrio España a la altura de la estación B54,
- Luces de los puentes muy bajas.
- Una elevada tasa de colmatación de los cauces (principalmente los zanjones) por los residuos de extracción de la mina de magnesita.
- 

A continuación, se realizará una descripción de lo observado en el trabajo de campo para cada uno de los drenajes. Las zonas erosivas fueron presentadas en la sección 2.8. En este apartado nos concentraremos en los efectos de las obras civiles existentes en lugares puntuales tales como los puentes que cruzan los cauces, que en su mayoría no presentan las alturas requeridas o la existencia de obras de mitigación degradadas que se convierten en un factor adicional de riesgo por inundación.

### 2.8.1. Río Pescador

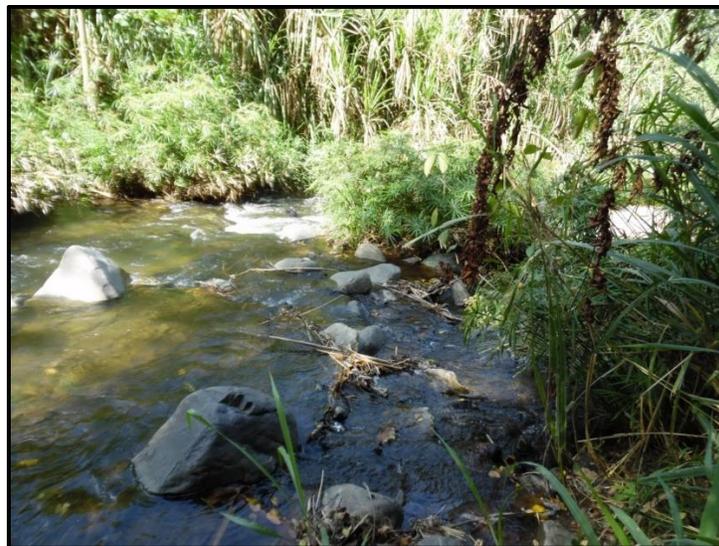
El río Pescador es un drenaje permanente que ha cambiado su caudal debido a la existencia de la represa aguas arriba. Entre las estaciones B37 a B47 se observó la existencia de antiguos brazos de río (cauces abandonados, ver Figura 33) que hablan de una época en la que el caudal era mayor y que en la actualidad son los caminos que sigue el agua en las épocas de crecida del mismo.



**Figura 33.** Aspecto cauce abandonado río Pescador en la estación B39. Nótese la presencia de vegetación dentro del mismo. Fotografía tomada en dirección W – E. La persona dentro del cauce mide 1.70 m.

**Fuente:** fotografía propia

En la estación B40 este río presenta buena capacidad de carga evidenciado por la presencia de bloques pluridecimétricos (ver Figura 34) en un cauce de amplitud moderada (8m a 10m) y poco profundo. La altura del agua en este punto alcanzó los 35 cm. En la estación B41 el ancho del cauce observado se reduce a 5m aproximadamente. Fenómeno igualmente observado en la estación B45 y B46.



**Figura 34.** Capacidad de carga río Pescador a la altura de la estación B40 evidenciado por la presencia de bloques pluridecimétricos de rocas máficas (hornblenditas).

**Fuente:** fotografía propia

En la estación B47 se encontraron restos de un jarillón construido (con material aluvial del río Pescador) para proteger a Bolívar al NE del barrio Chiminagos. Esta estructura se localiza sobre la margen derecha del río y no es continua (ver Figura 16). En este punto tiene 4 m de alto por 100 m de largo (ver Figura 35). El jarillón vuelve a aparecer a la altura de la estación B50 y es continuo hasta la estación B53 (NE del Barrio España). En esta última estación se evidenció que la estructura carecía de zona húmeda.



**Figura 35.** Aspecto jarillón río Pescador al NE del barrio Chiminagos (margen derecha). Fotografía tomada en sentido W – E. Nótese que dicha estructura no es continua a lo largo del margen.

**Fuente:** fotografía propia

El puente que une a Bolívar con Roldanillo (estación B55) no posee una altura suficiente (2.5m alto) que permita evacuar el caudal del río en crecida (ver Figura 36). Los habitantes declaran que en invierno el nivel del río alcanza la parte inferior del puente. En crecida el agua desborda por encima del mismo y sale con mucha presión buscando zonas de menor altura. Razón por la cual el agua corre por la Carrera 2da preferencialmente.



**Figura 36.** Puente sobre el río Pescador que comunica a Bolívar con Roldanillo. Luz del puente 2.5m de alto. El nivel del agua observado en la foto se alcanzó después de un episodio de lluvia de 1.5 horas.

**Fuente:** fotografía propia

En la estación B56 por el lado del Colegio Manuel Dolores Mondragón se evidenciaron dos situaciones: la primera es que el colegio se encuentra a tan solo 12 m del borde del río, sin respetar la distancia mínima requerida que para este tipo de ríos es de 30 m. Para protegerse del río el colegio construyó un jarillón artesanal.

#### **2.8.1.1. La “madre vieja” (meandros abandonados) del Río Pescador**

En la estación B58 “Casa de Mosoco” se reconoció un meandro abandonado del río Pescador. Adicionalmente, la nueva urbanización “Villa del Sol” está siendo construida sobre “la madre vieja del río”, la cual es utilizada como lugar de disposición de residuos de la actual construcción. La Figura 37 obtenida de Google Earth nos proporciona una vista aérea de dicha geoforma en el año 2010. Allí se reconocen 3 curvas “meandros” desarrollados en la llanura aluvial. Un meandro abandonado se forma cuando “las curvas de los meandros se van acentuando paulatinamente hasta que los recodos se intercomunican por tangencia, acortando el curso del río y dejando un meandro abandonado” en un fenómeno conocido como estrangulación (modificado de Gutierrez, 2004). Posterior a ello, se forma un lago en forma de herradura o media luna. Estos lagos son rellenados gradualmente por finos sedimentos **durante las inundaciones** y por materia orgánica producida por las plantas acuáticas. En ocasiones se convierten en ciénagas, pero no pierden su forma (Gutierrez, 2004). Lo que implica que son un **“control o barrera natural”** contra las inundaciones, ya que el exceso de agua buscará estos espacios naturales antes de continuar a otros sitios. Razón

por la cual, su conservación y mantenimiento debería ser de interés “prioritario” tanto para la autoridad ambiental como para la administración municipal.



**Figura 37.**Aspecto meandros abandonados del río Pescador en el año 2010. Imagen Google Earth 2010.

### 2.8.2. Zanjón de la Mina

Este zanjón tiene un cauce amplio y poco profundo al Este de Bolívar al atravesar el Barrio San José (estaciones B6 a B1) como se observa en la Figura 38a. En la parte alta (estación B6, San José Alto) se evidenció la capacidad de carga de este zanjón, donde se pueden observar bloques de tamaños métricos a pluri-decimétricos en el lecho del mismo (ver Figura 38b). En este punto el zanjón tiene 2 m de profundidad, sin embargo, los lugareños hablan de que el mismo ha perdido por lo menos la mitad de su profundidad original (ver Figura 38b) consecuencia de los residuos resultantes de la extracción de la magnesita. También mencionan que el último dragado del mismo por parte de la empresa se hizo hace 17 años. Aparentemente, el dragado del zanjón fue un compromiso que “la mina hizo con la alcaldía” pero que no se cumple. Sobre su margen izquierda se reconocieron restos de la última avenida torrencial (ver Figura 39) que destruyó dos casas (las cuales fueron evacuadas y demolidas).



**Figura 38.** a. aspecto cauce zanjón la Mina en el Barrio San José (parte alta, estación B6). b. carga de fondo del zanjón la Mina. Nótese el tamaño de los bloques (martillo en naranja como escala 35 cm). Altura del talud a la izquierda 2m.

**Fuente:** fotografías propias



**Figura 39.** Depósito de avenida torrencial generado en la temporada invernal 2010 – 2012. La flecha naranja indica la localización de las casas destruidas en aquella ocasión. La flecha roja señala bloque pluri métrico detenido por el árbol en el centro de la foto que salvó la familia que habita en la casa indicada por la flecha azul.

**Fuente:** fotografía propia

En la parte baja del barrio entre las estaciones B1 y B2 se localiza un puente vehicular que no alcanza los 2m de altura (ver Figura 40) y considerando el tamaño de los bloques disponibles aguas

arriba de este sitio, esto podría generar taponamiento e inundación en una eventual crecida (sin contar con una eventual destrucción de la estructura). En este sitio el zanjón desarrolla una sección trapezoidal invertida con una base de 3m de ancho y una parte superior de 6m. Adicionalmente, en el lecho del río se observan montículos de carácter mixto (basuras, materia orgánica y rocas) como se observa en la Figura 40. A partir de este punto el zanjón atraviesa la zona rural y su cauce es modificado antrópicamente, rectificándolo y reduciendo su sección, lo cual constituye un factor que puede aumentar la amenaza por inundaciones en la parte baja del mismo.



**Figura 40.** Estación B1 a la entrada del Barrio San José viendo aguas arriba el zanjón La Mina. Aspecto puente vehicular con luz inferior a 2 m y hacia el centro de la foto la presencia de montículos de composición mixta: basura, materia vegetal y roca en el lecho del río. Fotografía tomada en dirección W-E.

**Fuente:** fotografía propia

### 2.8.3. Zanjón Guabineros

Este zanjón nace al NW del casco urbano de Bolívar en zona rural, y es alimentado por las aguas del Río Pescador. Es el único cauce que atraviesa el casco urbano pasando por los Barrios Nuevo Horizonte, cruza bajo la vía a la Primavera, pasa por el Balneario Municipal, el Polideportivo Municipal, cruza gran parte del Barrio Samanes y atraviesa la vía a Tuluá al lado del antiguo matadero. Esto es evidenciado por la fuerte influencia antrópica sobre el mismo.

El Zanjón Guabineros posee un cauce angosto (menor a 2.30 m de ancho) con profundidades promedio inferiores a 1m. En la estación B22 (al norte del barrio Bello Horizonte) el ancho del

zanjón se pierde prácticamente, en la estación B23 se encontró el antiguo lecho del zanjón “modificado antrópicamente” (ver Figura 41a). En la estación B24 el cauce “abandonado” del zanjón se observa completamente colmatado por residuos vegetales, basura y el crecimiento de vegetación en su interior (ver Figura 41b). La sección del zanjón en este punto es de 1.7 m de ancho por 1.10 m de profundidad. Al pasar a la estación B25 el cauce antiguo del zanjón se observa relleno con tierra y basuras. De acuerdo con los vecinos del barrio, el zanjón antiguo fue “cerrado” hace cerca de 5 años y desplazado con fines de protección contra las inundaciones y para fines agrícolas. En la estación B26 (frente a las Mza A nro. 8 - 11 y 8 – 03) el zanjón es recuperado “siguiendo su antiguo cauce”.

La obstrucción del cauce por la construcción de muros se observa en la Figura 41c y la colmatación importante se evidencian en las estaciones B27 y B28 sobre la vía Primavera a la altura de la Calle 5 nro. 7 – 62. La propietaria del sitio habla de que en el pasado “ella cabía de pie bajo el puente” y actualmente la luz existente es de sólo 74 cm. La misma situación se repite bajo el puente de la vía a Tuluá en la estación B7 cerca del antiguo Matadero, en este punto la luz bajo el puente es de sólo 1.35m (ver Figura 41d).



**Figura 41.** Aspecto del Zanjón Guabineros en el casco urbano de Bolívar. **A.** Cauce antiguo y jarillón (flecha amarilla) del zanjón atrás del Barrio Nuevo Horizonte. **b.** Colmatación total del cauce antiguo (estación B24) con materia vegetal, basuras y crecimiento de vegetación (indicado por las flechas). **c.** Obstrucción cauce zanjón por construcción muro divisorio (estación B27). **d.** Estación B7 mostrando alto grado de colmatación del cauce del zanjón bajo el puente al lado del antiguo Matadero Municipal. La luz bajo el puente es de sólo 1.35 m y la flecha señala tubo de acueducto municipal en riesgo y como factor de riesgo en caso de inundación.

**Fuente:** fotografías propias

Una vez el zanjón pasa bajo la vía a la Primavera en el sector del Balneario Municipal, el zanjón adolece de cambios en su sección y modificación de su cauce, aunque presenta poca profundidad (ver Figura 42).



**Figura 42.** Aspecto zanjón Guabineros al cruzar el Balneario Municipal (estación B29). Nótese su sección reducida y baja profundidad. Fotografía orientada W – E.

**Fuente:** fotografía propia

Finalmente, al zanjón Guabineros se le atribuyen las inundaciones del Barrio Samanes. Es importante resaltar que dicho barrio, especialmente sobre la Cra 3 entre Calles 2 y 3 es uno de los puntos más bajos de Bolívar. Los habitantes en esta calle señalan que siempre se inundan y es un problema recurrente (estación B15). Al efectuar la inspección de terreno, se comprobó que toda la escorrentía proveniente de la Cra 3 y las Calles 2 y 3 fluyen en dicha dirección ya que la pendiente natural del terreno disminuye de W a E y de N a S. Como medida de mitigación durante las inundaciones, los Bomberos Bolívar levantan la tapa del alcantarillado ubicada en la esquina de la Calle 2 con Cra 3 (ver Figura 39)



**Figura 43.** Tapa de alcantarilla localizada en la esquina de la Calle 2 con Cra 3 (barrio Samanes) que se ha convertido en una de las herramientas de mitigación de inundaciones en el barrio.

Fotografía orientada S – N.

**Fuente:** fotografía propia

#### 2.8.4. Zanjón del Rincón

Este zanjón del rincón es un cauce intermitente que realiza su recorrido al Sur del casco urbano de Bolívar, en las inmediaciones del barrio Ciudad Bolívar y atraviesa la vía que conduce a Tuluá. Este zanjón posee un cauce de aproximadamente 3.5m de ancho y profundidad de 2.2m en la estación B61, se evidenció la capacidad de carga de este zanjón, donde se pueden observar bloques de tamaños pluri-decimétricos de hasta 60 cm en el lecho del mismo (ver Figura 44a). En la estación B62, el zanjón conserva el ancho de su cauce, pero tiene una profundidad de 3.5m, en este lugar aflora una sección que de base a techo corresponde a un lecho de carga (conglomerado clastosoportado con bloques de hasta 25 cm, sin gradación, matriz de arena media (tobácea) con gránulos menores a 1cm, suprayaciendo este depósito se observan 2m de arenas tobáceas masivas muy compactas (ver Figura 44b).



a.



b.

**Figura 44.** a. Aspecto cauce zanjón del Rincón estación B61, nótese el tamaño de los bloques.  
b. Profundidad del cauce en la estación B62.

**Fuente:** fotografías propias

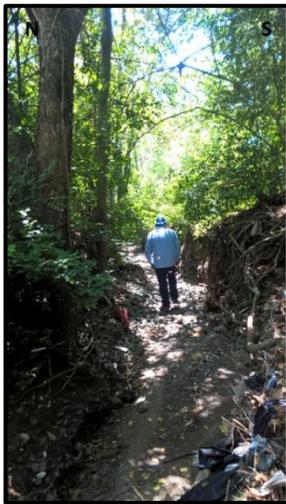
A 30m de la estación B62, en área rural del municipio, un asentamiento indígena (con al menos 7 niños) se ubicó en la rivera del zanjón, se puede observar que en este lugar el cauce disminuye su sección a 2m y la profundidad del mismo no llega a los 1.8m (ver Figura 45), se evidencia la ausencia de manejo de basuras y el uso del zanjón como zona de baño de la comunidad que allí habita.



**Figura 45.** Asentamiento indígena ubicado en la rivera del zanjón, nótase la ausencia en el manejo de las basuras.

**Fuente:** fotografía propia

Aguas abajo la sección del río sigue siendo de 2m, llegando a ser de 1.5m en la estación B65, B66 y B67 (ver Figura 46) y la profundidad llega a ser de 3.5m. En la estación B68 la sección se amplía nuevamente a 3m y la profundidad del cauce es de 1.5m (evidenciando la colmatación del zanjón), (ver Figura 46).



**Figura 46.** a. Sección del zanjón del Rincón estación B67. b. Sección del zanjón del Rincón estación B68, nótase como se amplía al Este.

**Fuente:** fotografía propia

En la estación B70 (box coulvert que cruza la vía a Tuluá), se observa la obstrucción a causa de los sedimentos y clastos depositados, donde la profundidad del zanjón no alcanza 1m de profundidad (ver Figura 47).



**Figura 47.** Estación B70 se evidencia la colmatación del cauce del zanjón del Rincón y la falta de mantenimiento en el lugar.

**Fuente:** fotografía propia

## CONCLUSIONES

- En la cabecera urbana de Bolívar, las actividades antrópicas, especialmente ligadas con los procesos de urbanización modificaron y modifican la morfología del paisaje natural, generando nuevas formas y nuevos procesos que intervienen en el terreno y se convierten en amenazas para sus habitantes haciéndolos más vulnerables a las inundaciones. Lo anterior, acompañado de la elevada tasa de colmatación que presentan los 3 zanjones que lo atraviesan (consecuencia de la explotación minera de la magnesita) hacen que este fenómeno pueda presentar afectaciones altas sin necesidad de presentarse eventos extremos, ya que el exceso de agua no tiene por dónde correr libre y naturalmente.
- Tres zonas en Bolívar merecen particular atención: **la primera corresponde al barrio San José** que es atravesado por el Zanjón la Mina. Tal y como se observó en el terreno, es el cauce que menor intervención antrópica presenta y en el cual el tamaño de los materiales disponibles en su cauce, combinado con la pendiente y la colmatación del mismo lo hacen susceptible de que se presenten (como en el pasado) eventos de avenidas torrenciales que pueden poner en riesgo la vida y propiedad de los habitantes de dicho barrio.

**La segunda zona se localiza en la zona de influencia a lo largo del margen del río Pescador** y parte de la llanura aluvial conjunta de los ríos Pescador y Cauca al Este del casco urbano. A pesar de que el río Pescador ya no es un drenaje totalmente natural (consecuencia de la construcción de la represa en su parte alta), la carga de fondo observada en campo, la existencia sobre su margen derecha del jarillón discontinuo (roto) y sin ningún tipo mantenimiento, sumado a la poca altura (luz) del puente sobre el río Pescador (que comunica a Bolívar con Roldanillo) aumentan la vulnerabilidad de Bolívar a las inundaciones generadas por las crecientes en dicho río. Se recomienda que las distancias de seguridad entre el río y las urbanizaciones sean respetadas, tal y como se observó en las afueras del Barrio Chiminagos, en dónde existe aún una llanura de 20 m de ancho que separa el barrio del borde del río. Adicionalmente, es **URGENTE** la conservación de las madres viejas (meandros abandonados) localizados al Este del casco urbano y actualmente intervenidos por la construcción de la Urbanización Villa del Sol. Los meandros abandonados son geoformas que bien conservadas se convierten en escudos naturales contra las inundaciones.

**La tercera zona se localiza al NNE del barrio Nuevo Horizonte**, por dónde corre el Zanjón Guabineros. En dicha zona se observó la fuerte intervención antrópica del mismo sin un “aparente” control o dirección técnica. Se identificó el antiguo cauce del zanjón y su respectivo jarillón. El antiguo cauce se encuentra totalmente colmatado por basuras y material vegetal, mientras que el zanjón ha sido desplazado con el fin de “evitar” que inunde las casas de dicho barrio y con fines agrícolas. A diferencia de los humanos, el agua tiene memoria y siempre tratará de buscar su camino. El hecho de que el antiguo lecho se encuentre colmatado

por residuos, se convierte en una amenaza mayor para los habitantes del barrio en caso de una fuerte crecida del zanjón. **La comunidad acompañada por las autoridades ambientales y municipales** deben velar por el mantenimiento y limpieza de dicho cauce (tal y como lo indica la Ley 1523 o de Gestión del Riesgo), ya que en caso de inundación funcionaría como un camino natural de evacuación del agua en exceso.

- El zanjón del Rincón es un cauce que conserva su naturaleza y que presenta poca intervención antrópica, esto responde a su distancia del área urbana. Es claro que este zanjón aumenta y disminuye su sección durante su trayectoria y que se debe tener presente si el barrio Ciudad Bolívar va a seguir en expansión en dirección Sur, es de aclarar que en el momento este barrio conserva distancias al cauce de 30 a 60m, es recomendable mantener estas distancias preventivas para evitar inundaciones en este barrio.

## REFERENCIAS

- Alcaldía municipal de Bolívar, Valle. Bolívar nuestro compromiso (2018). Bolívar. Recuperado de <http://www.bolivar-valle.gov.co/>. Acceso, julio, 2018.
- 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.
- Gutierrez, J (2004). Guía Teórica de Geomorfología. Universidad de los Andes. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Geológica. Mérida (Venezuela). 106pp
- Gómez, A. y Suárez, A. (2009). Determinación de la procedencia de los conglomerados de la Formación la Paila entre los municipios de Cartago y Buga en el departamento del Valle del Cauca. Tesis de Grado Universidad de Caldas. 200pp.
- Ibañez, D., Castro, E., Arturo J., Pérez, 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. Bogota.
- 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.
- McCourt, W.J., Muñoz, C.A. & Villegas, H. 1990. Regional geology and gold potential of the Guapi–Napi drainage basin and upper Timbiqui river–Cauca Department, SW Colombia, Phase II. INGEOMINAS & British Geological Survey, informe interno, 62 p. Cali.

- 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.
- 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 del Departamento del Valle del Cauca. Escala 1:250.000. Mapa y memoria explicativa. INGEOMINAS, 148 p. Bogotá.
- Parra, E., H. Caballero, et al. (1984). Mapa geológico preliminar de la plancha 223, El Cairo (Valle del Cauca). Cali, Ingeominas.
- Peña-Martínez, C., y Mosquera-Antury, C. 2010. Reevaluación de la amenaza sísmica en la ciudad de Cali por medio de un método de análisis integral de la información sismológica. 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.
- SGC. (2014). Plan estratégico del conocimiento geológico de territorio colombiano. Bogotá D.C.
- Decreto No. 2245. Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, República de Colombia, 29 de diciembre de 2017.

## **ANEXOS**

ANEXO 1. Mapa de Estaciones de Campo Geología municipio de Bolívar. Zona Urbana.

ANEXO 2. Mapa Geológico municipio de Bolívar. Zona Urbana.

ANEXO 3. Mapa de Formaciones Superficiales municipio de Bolívar. Zona Urbana.

ANEXO 4. Mapa de Elementos Geomorfológicos municipio de Bolívar. Zona Urbana.