

# PROYECTO DE GRADO

Verónica Ochoa Márquez

[vochoam@eafit.edu.co](mailto:vochoam@eafit.edu.co)

Eudis Joel Daza Contreras

[edazaco@eafit.edu.co](mailto:edazaco@eafit.edu.co)

Departamento de Ciencias de la Tierra

Escuela de Ciencias

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

2019

**DINÁMICA, MORFOLOGÍA E IMPACTOS DE LAS OBRAS DE INGENIERÍA EN  
EL CAUCE DE LA QUEBRADA LA IGUANÁ DE LA CIUDAD DE MEDELLÍN.**

Verónica Ochoa Márquez  
Eudis Joel Daza Contreras

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de  
geólogos

Asesores:

EDGAR ALLAND SÁENZ MATHEUS

MARÍA ISABEL MARÍN CERÓN

Departamento de Ciencias de la Tierra

Escuela de Ciencias

Universidad EAFIT

Medellín, Colombia

2019

*Agradezco a la vida por darme la oportunidad de estudiar esta carrera, a mi familia por el apoyo incondicional que me han dado a lo largo de esta formación, a ti amor por estar siempre a mi lado y darme tu apoyo, a todos mis amigos por estar siempre presentes y a los profesores por todas sus enseñanzas y por la formación que me han dado.*

*Verónica Ochoa Márquez.*

*Agradezco a mis padres por permitirme haber estudiado esta carrera tan linda llamada geología, a mis amigos y compañeros por brindarme ese apoyo y a todos los profesores que aportaron en mi formación como profesional.*

*Eudis Joel Daza Contreras.*

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.2.	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN.....	10
1.3.	HIPÓTESIS.....	10
1.4.	OBJETIVO GENERAL.....	11
1.5.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6.	METODOLOGÍA.....	12
2.	MARCO TEÓRICO.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1.	LOCALIZACIÓN.....	14
2.2.	ANTECEDENTES.....	15
2.2.1.	HISTORIA.....	15
2.2.2.	EVENTOS HISTÓRICOS IMPORTANTES.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.3.	ESTADO ACTUAL DE LAS LEYES... ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.	GEOLOGÍA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.	GEOMORFOLOGÍA.....	26
2.4.1.	MORFOLOGÍA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.4.2.	MORFOMETRÍA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

2.4.3.	MORFODINÁMICA. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.	OBRAS CIVILES CONSTRUIDAS.....	42
2.5.1.	OBRAS PRINCIPALES.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.5.2.	OTRAS OBRAS .....	48
2.5.3.	CONSIDERACIONES HIDROLÓGICAS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.	RESULTADOS. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
3.1.	CARACTERÍSTICAS SOCIO AMBIENTALES.....	50
3.2.	OBSERVACIONES DE CAMPO .....	53
3.2.1.	OBRAS DE INGENIERÍA.....	53
3.2.2.	LLENOS ANTRÓPICOS.....	54
3.2.3.	FORMACIÓN DE BARRAS.....	55
3.2.4.	TALUDES.....	57
4.	ANÁLISIS MULTITEMPORAL Y PUNTOS DE INTERÉS .....	39
4.1.1.	PUNTO DE INTERÉS 1.....	59
4.1.2.	PUNTO DE INTERÉS 2.....	63
4.1.3.	PUNTO DE INTERÉS 3.....	65
4.1.4.	PUNTO DE INTERÉS 4.....	69
5.	DISCUSIÓN.....	72
6.	CONCLUSIONES.....	78

7. BIBLIOGRAFÍA.....	79
----------------------	----

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 UBICACIÓN DE LA CUENCA .....	14
FIGURA 2.GEOLOGÍA DE LA CUENCA. ....	20
FIGURA 3 LINEAMIENTOS QUEBRADA IGUANÁ.....	26
FIGURA 4. GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA.....	27
FIGURA 5 MAPAS SECTORIZACIÓN DE LA CUENCA. A. PENDIENTES. B. ORDEN DE CUENCA. C. CURVATURA. ....	33
FIGURA 6 MAPA DE DIVISIÓN.....	34
FIGURA 7 PERFIL LONGITUDINAL .....	35
FIGURA 8. MAPA DE MOVIMIENTOS EN MASA E INUNDACIÓN; <b>¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.</b>	
FIGURA 9 MORFODINÁMICA EN PUNTOS DE INTERÉS .....	38
FIGURA 10 ZONA NOROCCIDENTAL EN LOS AÑOS 30. ....	41
FIGURA 11.ZONA NOROCCIDENTAL EN LOS AÑOS 80. ....	42
FIGURA 12.ZONA NOROCCIDENTAL EN LOS AÑOS 80. ....	42
FIGURA 13. MAPA DE OBRAS CIVILES .....	43
FIGURA 14.AZUD CARRERA 80 .....	44
FIGURA 15. AZUD A 120 METROS DE LA CARRERA 80.....	45
FIGURA 16. AZUD CARRERA 70 .....	47
FIGURA 17. OBRAS DE CANALIZACIÓN AGUAS ABAJO DE LA CRA 80.....	48
FIGURA 18. PROTECCIONES DE ORILLAS CON BOLSACRETOS. ....	49
FIGURA 19. ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS DE DISIPACIÓN. MEDELLÍN, A. D. (2011).....	49
FIGURA 20 SISTEMA DE PROTECCIÓN GEOCOLCHONES.....	50
FIGURA 21 SISTEMA DE PROTECCIÓN GEOCOLCHONES.....	50
FIGURA 22 CARACTERIZACIÓN SOCIO AMBIENTAL .....	52

FIGURA 23 CARACTERIZACIÓN SOCIO AMBIENTAL .....	52
FIGURA 24. CARACTERIZACIÓN SOCIO AMBIENTAL .....	53
FIGURA 25. ESTRUCTURA HIDRÁULICA SOBRE LA CARRERA 80 .....	54
FIGURA 26. ESTRUCTURA HIDRÁULICA .....	54
FIGURA 27. LLENOS ANTRÓPICOS.....	55
FIGURA 28. LLENO ANTRÓPICO (PARQUEADERO).....	55
FIGURA 29. FORMACIÓN DE BARRAS (AGRICULTURA) .....	56
FIGURA 30. FORMACIÓN DE BARRAS .....	56
FIGURA 31. FORMACIÓN DE BARRAS (EXTRACCIÓN PARA MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN) .....	57
FIGURA 32. TALUD CARRERA 80 .....	58
FIGURA 33. TALUD CARRERA 70 .....	58
FIGURA 34. COMPARACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS.....	60
FIGURA 35. COMPARACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS.....	64
FIGURA 36 COMPARACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS.....	67
FIGURA 37. MAPA QUEBRADA LA IGUANÁ 1959 .....	76
FIGURA 38. MAPA QUEBRADA LA IGUANÁ 1981 .....	77

## 1. INTRODUCCIÓN.

La continua ocurrencia de procesos morfodinámicos en regiones montañosas y tropicales como la nuestra, conllevan a que el análisis del comportamiento de los ríos y quebradas continúe como tema prioritario para las entidades encargadas de la planificación del territorio, y la gestión de riesgos, en áreas metropolitanas y rurales. En especial, las crecientes de los drenajes pueden implicar la afectación en asentamientos urbanos, afectaciones y daños en la infraestructura vial, impactos en la economía, movilidad, transporte e integridad de la población cercana.

Caracterizar los procesos morfodinámicos relacionados con las crecientes de corrientes, permite plantear acciones pertinentes para la mitigación de los impactos asociados. Las actividades de prevención en zonas urbanas han adquirido prioridad en las últimas décadas considerando que gran parte de la población de Colombia, vive en zonas cercanas a ríos o quebradas importantes (CERRO, 2017); esto ha generado que se construyan diferentes tipos de obras de ingeniería (p.e. canalización de las quebradas) y/o la implementación de programas de relocalización (CERRO, 2017).

En el caso específico del municipio de Medellín, en la región conocida como Valle de Aburrá, en la Cordillera Central de los Andes, se encuentra ubicada la quebrada la Iguaná, que recorre los barrios San Cristóbal, Olaya Herrera, Santa Margarita, Blanquizal, Fuente Clara, Robledo, El Pesebre, Los Colores, San Germán, Nueva Villa de la Iguaná y Carlos E. Restrepo. (Alcaldía de Medellín, 2011)

Diversos estudios en dicha quebrada han documentado los procesos naturales y las afectaciones humanas que causaron la desaparición de asentamientos urbanos de invasiones en 1988, durante el cual una enorme creciente destruyó gran parte de lo que

en ese entonces era el poblado de Robledo, dejando pérdidas de vidas humanas por crecientes extremas en la ola invernal del año 2001.(Corantioquia), 2014).

El 23 de abril de 1880 tuvo una enorme creciente la quebrada La Iguaná que destruyó gran parte de lo que en ese entonces era el poblado de Aná, obligando al traslado del caserío hacia donde hoy se encuentra el parque principal de Robledo, pequeño poblado que estaba situado entre la calle Colombia, que entonces era el camino para la Aldea, y el Cerro el Volador, más arriba de la carrera 70 por donde hoy va el puente sobre la quebrada. La quebrada entonces cambió de rumbo y se acercó al Cerro El Volador, volviéndose afluente directo del río Medellín. (Corantioquia), 2014). Hoy en día la quebrada se encuentra canalizada a partir de la carrera 80 hacia aguas abajo, donde se le construyó una estructura en forma de azud para disminuir su velocidad, sedimentar las arenas y evitar avenidas torrenciales aguas abajo donde se asienta un gran número de viviendas; otra estructura importante es la presa de control realizada a altura de ente la carrera 70 donde por medio de una cascada, la quebrada dispersa su energía. (CERRO, 2017). Sin embargo, a pesar dichos estudios previos (p.e. (MEDELLÍN, 2011), (CERRO, 2017)) , se hace necesario recopilar de forma sistemática y detallada, la información morfodinámica de la quebrada, revisar el comportamiento de las obras civiles realizadas entre los años 1959 – 2018 para aportar a la identificación de las zonas vulnerables actuales.

### **1.1. Planteamiento del problema.**

La quebrada Iguaná es una de las principales corrientes de la ciudad de Medellín. Debido a su historia y ubicación, presenta sobre sus márgenes una importante cantidad de asentamientos humanos ilegales, los cuales son vulnerables y están expuestos a un alto riesgo en virtud de su localización, estos asentamientos se encuentran ubicados desde la carrera 80 hacia la desembocadura, pero en su mayoría desde la carrera 70 hasta el río Medellín, ya que no cuentan con una construcción acorde a la normativa de colombiana, cuenca por sus características morfométricas presenta un carácter torrencial y una alta incidencia de procesos morfodinámicos asociados a dicho comportamiento, en su mayoría socavaciones laterales en orillas, aceleradas por la extracción de materiales para construcción en las zonas de bajo caudal temporadas de pocas lluvias. Debido a esto, los entes gubernamentales han construido obras de mitigación para este tipo de eventos, pero es necesario preguntarse por su efectividad, a partir de un monitoreo y seguimiento para verificar que tipo de impacto generaron estas intervenciones, además de identificar cuáles zonas son aún vulnerables.

### **1.2. Pregunta de investigación.**

¿Cuáles son los impactos positivos o negativos para los asentamientos de las obras ingenieriles en la quebrada la Iguaná?

### **1.3. Hipótesis.**

Los cambios en los usos del suelo en la parte alta de la cuenca de la Quebrada La Iguaná influyen en gran medida en la evolución morfodinámica del cauce y márgenes de

la quebrada, representando una amenaza para los asentamientos urbanos localizados en las riveras de la parte baja de ésta. La implementación de obras directas de control hidráulico, causan impactos positivos y negativos en esta problemática.

## **2. OBJETIVOS**

Identificar la dinámica, morfología e impactos de las obras de ingeniería en el cauce de la quebrada la Iguaná de la ciudad de Medellín. Para el logro de este objetivo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Conformar un Sistema de Información Geográfica (SIG) para la gestión de la base de datos y mapas cartográficos de la zona de estudio. Los mapas que se realizarán de toda la cuenca son: - Geológico, - Geomorfológico, - Estructural, - Pendientes, - Orden del cauce, - Curvatura, - División, - Puntos de interés, - Movimientos en masa e inundaciones y mapa de obras civiles. A escala 1; 50.000 y otros mapas a una escala más detallada que se harán en énfasis en la zona de estudio.
- Realizar el análisis multi-temporal de las fotografías aéreas de la quebrada la Iguaná en el sector urbano del municipio de Medellín, con fotografías aéreas de los años 1959, 1976, 1994 y 2016.
- Identificar y clasificar los impactos que se han generado a partir de las obras de ingeniería realizados en las últimas décadas.
- Integrar los resultados obtenidos en un informe que aporte a la discusión sobre el efecto positivo y/o negativo de las obras de ingeniería en la quebrada la Iguaná.

### **3. METODOLOGÍA.**

Esta investigación se dividió en tres etapas: (1) Conformación de Geo database; (2) Levantamiento de Campo; (3) Análisis de resultados y conclusiones.

Etapa 1. Conformación de la Base de Datos:

Se elaboró una recopilación bibliográfica de los aspectos geológicos, geomorfológicos e hidrológicos, enfocados principalmente a los procesos morfodinámicos que se han generado en este sector y obras de ingeniería que se han realizado.

Se analizaron fotografías aéreas de los años 1959, 1976, 1994 y 2016, con el programa Sistemas de Información Geográficos (SIG) para determinar cómo ha sido la evolución en el tiempo de la morfometría del cauce y observar qué tanto ha sido intervenido el cauce de la quebrada La Iguaná a lo largo del tiempo. Estas fotografías aéreas se tomaron del IGAC, Catastro Municipal, la Secretaria De Medio Ambiente, Biblioteca Pública Piloto y de la Universidad EAFIT. Estos datos fueron llevados al ArcGis y puestos de diferentes colores para observar gráficamente los cambios, ubicar los momentos de intervención de obras de ingeniería y como ha sido el comportamiento posterior hasta Abril del 2019.

Etapa II. Levantamiento de campo:

Reconocimientos de campo para observar el estado actual de los sitios de interés identificados. Uno de los recorridos se realizó en compañía de un líder de la comunidad para poder discutir los cambios ocurridos de la quebrada durante el tiempo. Toda la información se procesó luego para la producción de esta tesis.

### Etapa III. Elaboración de informe final:

La construcción de un documento donde el análisis a la información recolectada y los datos obtenidos en campo procesar y generar diferentes tipos de mapas (Geológico, geomorfológico, morfodinámicos, puntos de interés) que ayuden al resultado de la discusión sobre los efectos positivos o negativos de las obras de ingeniería en la quebrada la Iguaná.

#### 4. LOCALIZACIÓN.

El proyecto se ubica en la vertiente oeste del Valle de Aburrá en la ciudad de Medellín, sobre el cauce de la quebrada La Iguaná, la cual transcurre en el sentido oeste-sureste en el sector central de la ciudad, como lo muestra la figura 1.

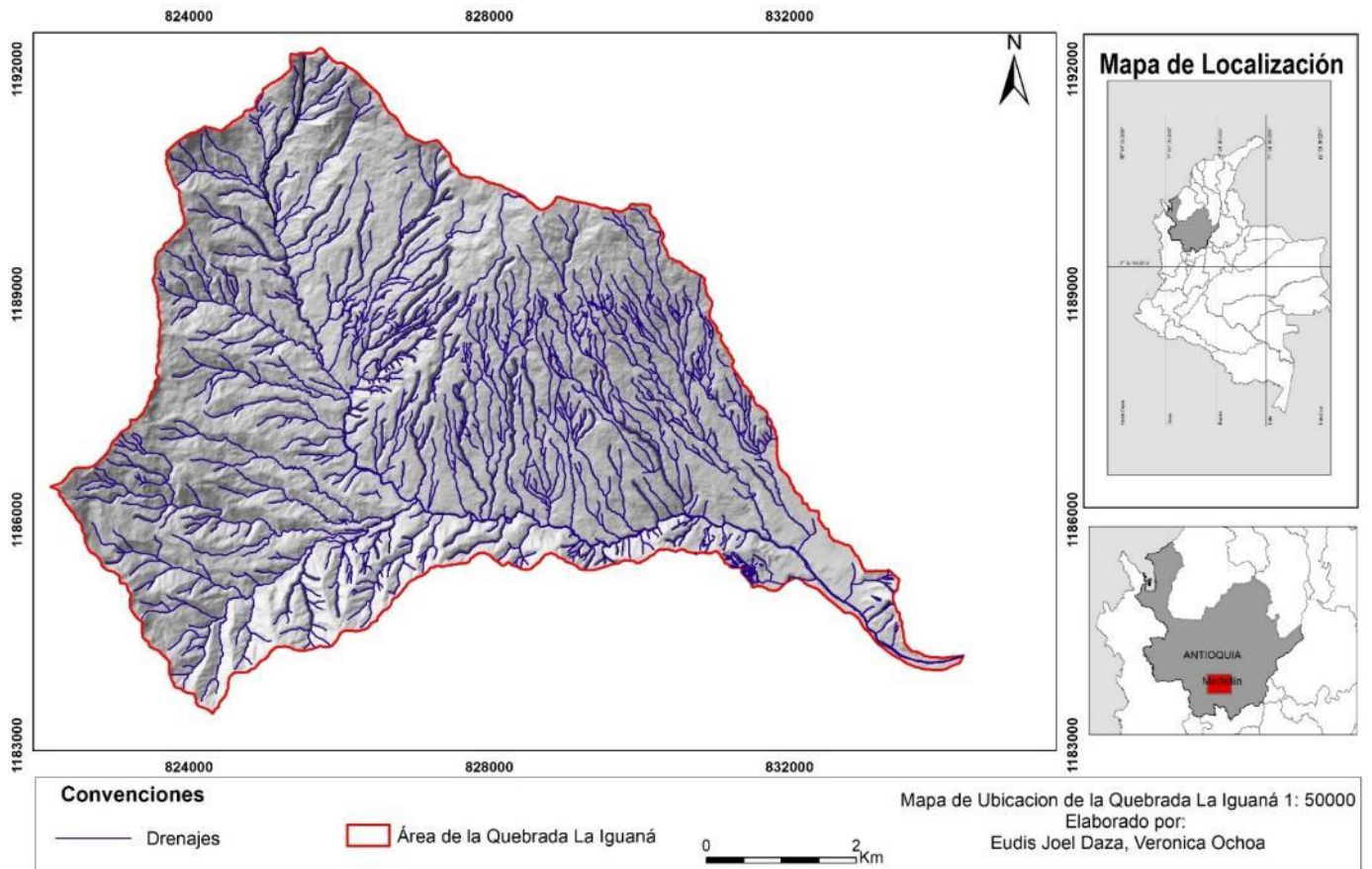


Figura 1 Ubicación de la Cuenca

La cuenca de la quebrada La Iguaná nace a 2950 m.s.n.m cerca del Alto del Boquerón, tiene una extensión de 15 km y la cuenca tiene un área de 46,25km<sup>2</sup>, la cual se divide en la zona urbana con un área de 7,52km<sup>2</sup> y la rural con 38,73km<sup>2</sup>. (MEDELLÍN, 2011), Cuenta con un gran número de afluentes como las quebradas: La Seca, Los Amigos, La Popa, La Cumbre, El Limo, La Culebra, La Tenche, Los Arrayanes, La Basura,

Pedregal, La Honda, El Uvito, La Bermejala o Bomejala, San Francisca (Principal Afluente), El Hato, Chagualón o La Merced, La Puerta, La Corcovada, La Gómez, entre otras. (CERRO, 2017). Las mayores precipitaciones en esta cuenca son los meses de mayo y octubre que generan eventos esporádicos de lluvias torrenciales con una gran intensidad y con una corta duración. El promedio de precipitación anual en esta zona es de 1500 mm. (ECHEVERRI, 2004).

## **5. ANTECEDENTES**

### **5.1. Historia.**

La quebrada la Iguaná durante el siglo pasado, a partir de donde se encuentra actualmente el puente de la carrera 80, tomaba dirección hacia el sureste por el sector de la cuarta brigada y el barrio Estadio desembocando en la Quebrada La Hueso. Sin embargo, el 23 de abril de 1880 tuvo una enorme creciente que destruyó gran parte de lo que en ese entonces era el poblado de Aná, obligando al traslado del caserío hacia donde hoy se encuentra el parque principal de Robledo, pequeño poblado que estaba situado entre la calle Colombia, que entonces era el camino para la Aldea, y el Cerro el Volador, más arriba de la carrera 70 por donde hoy va el puente sobre la quebrada. La quebrada entonces cambió de rumbo y se acercó al Cerro El Volador, volviéndose afluente directo del río Medellín. (Corantioquia), 2014).

En el año de 1966 llegaron migrantes procedentes del departamento del Chocó, los cuales se instalaron entre las carreras 65- 70 donde se construyeron varios refugios. Durante los años siguientes fueron llegando más familias, y a finales de la década del 70 llegaron grandes cantidades, el 70% de familias del Chocó se habitaron en el barrio, entre

los años 1970 y 1978 llegaron más inmigrantes del Chocó y campesinos provenientes del oriente antioqueño a este territorio el cual llegó al 80% aproximadamente.

El 49% de los inmigrantes chocoanos son hombres que trabajan en la industria de la construcción, frente al 17% de los inmigrantes antioqueños.

Hoy en día la quebrada se encuentra canalizada a partir de la carrera 80 hacia aguas abajo, donde se le construyó una estructura en forma de azud para disminuir su velocidad, sedimentar las arenas y evitar avenidas torrenciales aguas abajo donde se asienta un gran número de viviendas; otra estructura importante es la presa de control realizada en el puente de la carrera 70 donde por medio de una cascada, la quebrada dispersa su energía. (CERRO, 2017).

El 21 de noviembre de 2001 ocurrieron 16 eventos del tipo desgarre superficial en la parte media y alta de la cuenca, que se generaron por una alta intensidad de lluvia en el día del evento (33,2 mm por hora). El análisis de la lluvia horaria de este día ha permitido concluir que los eventos se desencadenaron a la hora de la máxima precipitación y se concentraron en la margen derecha de la quebrada La Iguaná sobre taludes conformados en suelos del stock de Altavista (ECHEVERRI, 2004); el resultado fue la afectación de varias zonas en la parte baja de la cuenca. Debido a esto, y no solo ocurrió en esta cuenca, las autoridades municipales encaminaron planes para el manejo de los afluentes en las laderas de Medellín por medio de intervenciones civiles. Un ejemplo de las intervenciones lo encontramos en el estudio de DEACIVIL S.A.S (MEDELLÍN, 2011), quienes especificaron obras con Incomat Flex para protección de erosión en una zona de la margen izquierda entre la carrera 70 y 74, desde la y una

estructura de contención y protección de erosión en la margen derecha del tipo voladizo, desplantada a 1m de profundidad.

Dado que algunos estudios generales han demostrado que la intervención parcial de las quebradas puede generar efectos contraproducentes, este trabajo de tesis pretende dar una mirada al comportamiento de la quebrada con las obras hechas. plantea “Con los encauzamientos se reduce el espacio fluvial, en muchos casos correspondientes al dominio público hidráulico, y se pierde la dinámica morfológica del cauce, a la vez que se eliminan numerosos hábitats del lecho y la conectividad de las riberas, degradándose el paisaje fluvial”. Tánago, M. G. (2008)

#### Consideraciones hidrológicas

Se analizaron algunos datos de las consideraciones hidrológicas hechas por diversos autores consultores para los diseños de diferentes obras. Ver tabla 1 y 2 Se han encontrado pocas variaciones para los caudales de diseño en obras entre la Cra 70 y la Cra 80, como los siguientes, para diferentes periodos de retorno.

*Tabla 1. Caudales de diseño (máximos) en obras de la quebrada La Iguaná*

<b>Período de retorno (años)</b>	<b>Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/s)</b>
2,33	200,55
5	270,24
10	331,83
25	414,49
50	477,39
100	540,43

Tabla 2 Caudales de diseño (máximos) en obras de la quebrada La Iguaná.

<b>Período de retorno</b>	<b>Caudales máximos del estudio de referencia</b>
<b>Tr</b>	<b>Qmax</b>
<b>Años</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>
2,33	187,53
5	252,69
10	310,13
25	386,66
50	444,33
100	502,13

## 5.2. Marco Legal Colombiano

Es una ronda hídrica o hidráulica, la cual consiste en aquel terreno a los lados de los ríos, dentro del cual las fuentes hídricas mueven sus flujos de agua con el pasar del tiempo, condiciones climáticas y el aumento o disminución de su cauce. En Colombia fue definida en el decreto 2245 de 2017, como un área de especial importancia ecológica de dominio público inalienable, imprescriptible e inembargables, lo cual permite aducir su gran importancia ambiental. Para la ley 1450 de 2011 estas zonas cercanas a fuentes de agua tienen como finalidad “permitir el normal funcionamiento de las dinámicas hidrológicas, geomorfológicas y ecosistémicas propias de dichos cuerpos de agua” y definiéndolo como “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 y el área de protección o conservación aferente” en su artículo 206.

En Colombia las políticas tanto ambientales como la forma de manejar los elementos que están en la naturaleza y las normas para la recuperación, así como conservación y la preservación de los elementos naturales que se encuentran en el espacio público, están a cargo (ley 1450 de 2011) de las Corporaciones Autónomas regionales, los establecimientos públicos ambientales y los grandes centros urbanos, quienes tienen como principal objetivo o fin acotar la faja paralela a los cuerpos de agua de los que tengan jurisdicción y competencia.

Las orillas de las quebradas se deben respetar y haber una protección hacia la ciudadanía sobre posibles desastres, ya que las lluvias se presentan en el territorio durante todo el año, situación que pone en un peligro latente la vida de quienes viven a sus alrededores; por todo eso, deben seguirse estas normas en el desarrollo urbanístico.

La ley 388 del año 1997 establece ciertas zonas y áreas, entre ellas la ronda hídrica, como terreno de protección dentro del cual está prohibido urbanizar o construir, ella lo define como: “Constituido por las zonas y áreas de terreno localizados dentro de cualquiera de las anteriores clases, que por sus características geográficas, paisajísticas o ambientales, o por formar parte de las zonas de utilidad pública para la ubicación de infraestructuras para la provisión de servicios públicos domiciliarios o de las áreas de amenazas y riesgo no mitigable para la localización de asentamientos humanos, tiene restringida la posibilidad de urbanizarse”. Por lo que ante su incumplimiento deberán soportar la sanción impuesta en la misma norma. Además, al estar en una zona de protección, dichas construcciones no podrán ser reconocidas ni legalizadas como lo estipulan los artículos 58 y 67 del Decreto 1600 de 2005

## 6. CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA

### 6.1. Geología

En el área afloran rocas ígneas y metamórficas. Las rocas metamórficas se agrupan en un intrusivo jurásico inferior-medio denominado Neis de La Iguaná y las rocas sedimentarias incluyen diversos depósitos recientes de tipo fluvial y coluvial. (AMVA, 2006). Ver figura 2.

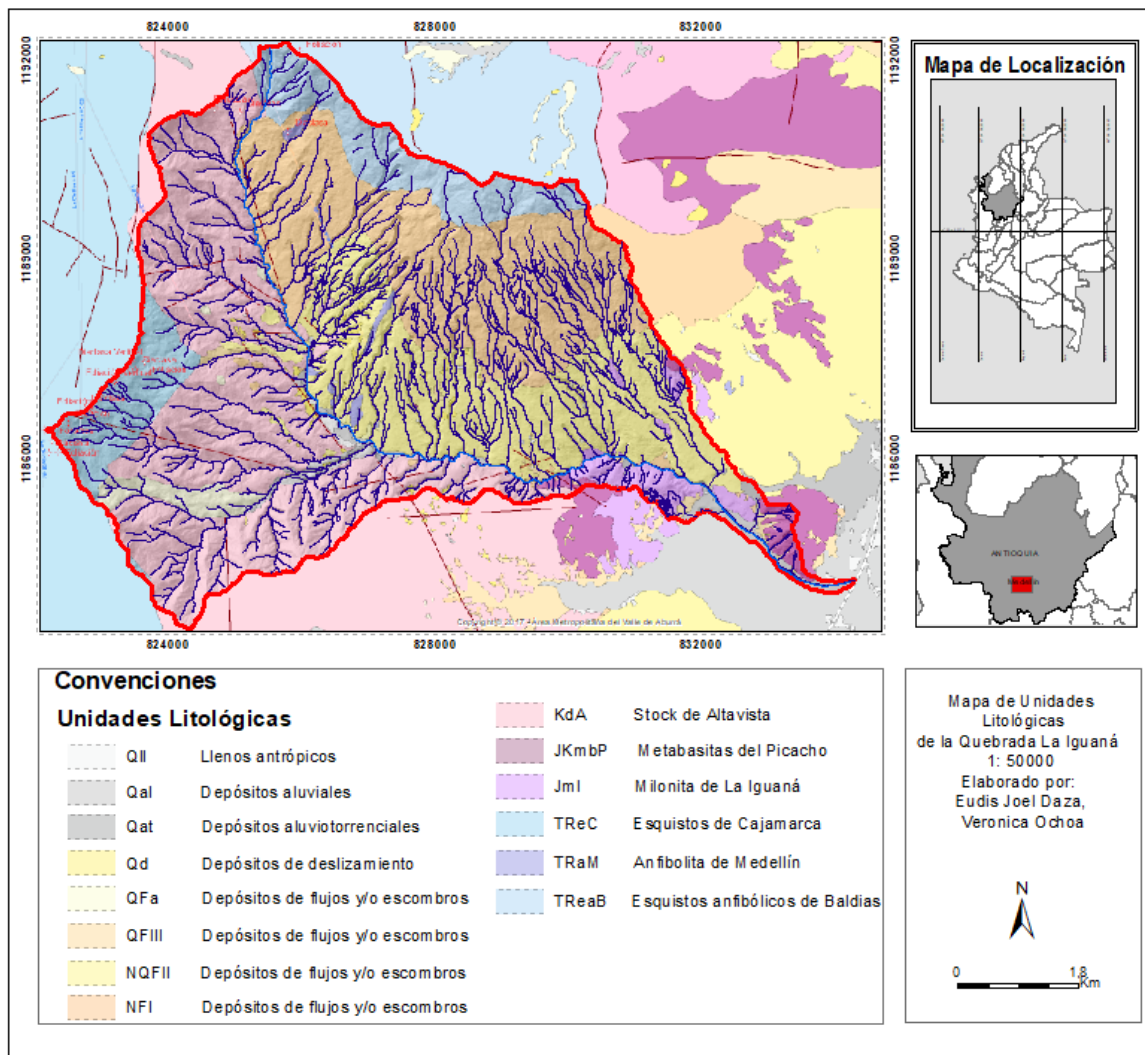


Figura 2. Geología de la cuenca. (Área Metropolitana del valle de aburra 2017)

A continuación, se describen las diferentes unidades geológicas:

### **6.1.1. Esquistos de Cajamarca**

Es una secuencia metamórfica pelítica - psamítica (Alumínica) de origen continental. Las rocas que predominan son los esquistos cuarzo sericíticos y cloríticos, en menor cantidad se presentan cuarcitas. La asociación mineralógica que presentan estas rocas permite clasificarlas en la facies de esquistos verdes, dentro del metamorfismo de baja presión. (AMVA, 2006) localizados en la parte alta de la quebrada.

### **6.1.2 Granito Milonítico de La Iguaná**

Aflora en la parte baja de la quebrada en el sector de la carrera 80 y la facultad de minas y se explotaba en la antigua cantera ubicada al frente de la facultad (Indural).

La unidad fue descrita inicialmente por Restrepo y Toussaint (1984) como un gneis posiblemente correlacionable con el Gneis de Caldas de edad devónica, pero diversas observaciones han mostrado que es una roca de origen milonítico (Ordóñez, 2001). En afloramiento presenta una lineación muy marcada, definida especialmente por biotita y epidota. En la cantera de Indural, sector de San Germán, la lineación tiene una dirección muy constante N 5° W. La roca está compuesta por cuarzo, plagioclasa, ortoclasa perfitica, epidota, biotita y pequeñas cantidades de hornblenda verdosa; los porfidoclastos son de ortoclasa perfitica y plagioclasa, los cuales están rodeados por epidotas y biotita verdusca. Aparecen bandas lenticulares de cuarzo posteriores a la deformación fuerte. Debido a la recristalización considerable de la matriz a un mosaico de cuarzo y feldspatos, la roca debe clasificarse como una blastomilonita. El protolito

correspondería a granito o granodiorita leucocrático dependiendo de la relación de feldespatos, la cual es difícil de obtener en las zonas milonitizadas. (Restrepo.J.J.,2007)

### **6.1.3 Neis de la Iguaná**

Se encuentra conformado por un gneis feldespático con cuarzo. Las rocas predominantes son faneríticas de grano medio de color moteado con bandeamiento composicional marcado por concentraciones de láminas finas de biotita. Esta roca ha sufrido varios tipos de alteraciones hidrotermales que podrían haber cambiado la composición química inicial como un granitoide milonitizado con evidencias de alteración potásica, albítica y propilítica. (Corantioquia, 2016).

### **6.1.4 Metabasitas de El Picacho**

En esta unidad se incluyen una serie de rocas que van desde gabros con textura predominantemente ígnea aunque con mineralogía metamórfica, hasta verdaderas anfibolitas. En el trabajo de Correa y Martens (2000) las rocas se denominaron Metagabros de El Picacho debido a que dichos autores consideraron que en todos sus componentes se podía observar textura gabrónica reliquia, pero en este trabajo se encontraron anfibolitas esquistosas que químicamente son muy parecidas a los metagabros. (Restrepo.J.J.,2007). Esta se ubica en la parte alta de la quebrada NW cerca al nacimiento.

### **6.1.5 Stock de altavista**

Botero (1963) lo describió como un cuerpo intrusivo de composición diorítica monzodiorítica, con facies aplíticas en los bordes. Aflora al oeste de Medellín, desde Itagüí hasta la Iguaná. La roca es leucocrática con fenocristales de

plagioclasa zonada, cuarzo y ortosa en una matriz de igual composición; otros minerales como hornblenda y biotita. (Restrepo.J.J.,2007)

#### **6.1.6 Depósitos de flujo de lodos y/o escombros**

Se establecen la existencia de cuatro series de eventos sucesivos con una típica disposición escalonada para el Valle de Aburrá de las cuales estudian específicamente 3 series bien representadas en el sector de El Poblado, compuestas por abanicos más o menos simultáneos. Rendón et al. (2005)El valle de Aburrá está caracterizado por la presencia de extensos y ampliamente distribuidos depósitos sin consolidar principalmente flujos de escombros y lodos (Hermelin,1983). Estos materiales están localizados sobre parte inferior y media de las laderas., e incluso algunos de ellos recubren principalmente la planicie aluvial (Rendón, 1999). Desde los años sesenta varios abanicos se han cartografiado como una característica particular del valle (Botero, 1963; Schlemmon, 1979; Restrepo y Toussaint, 1984; Integral S.A.,1982; Hermelin 1983; Naranjo,2001; Alvarez et al., 1984; Toro y Velásquez, 1984; Salinas y Hermelin, 1988), sin embargo, la escasez de edades absolutas y la combinación de diversas metodologías cartográficas ha generado complejos e incluso contradictorios marcos cronoestratigráficos para estos eventos de depositación. Algunos autores han definido secuencias locales de flujos de escombros, con los más antiguos recubriendo la parte baja de la vertiente, tornándose más joven y más ricos en bloques hacia arriba de la ladera. (Rendón. D., 2006)

### **6.1.7 Depósitos de deslizamiento**

Los depósitos de deslizamiento son generados por movimiento en masa, zonas con pendientes altas o inestabilidad del terreno. Se producen por varios factores como el agua, la gravedad y la intervención humana. Normalmente se pueden encontrar en zonas de baja pendiente o topografía suave, seguidas de zonas con una fuerte pendiente de las cuales se desprendieron los materiales que los forman. (AMVA, 2006).

Los depósitos se encuentran localizados en sectores puntuales de la quebrada donde han ocurrido movimientos en masas o cambios abruptos de pendientes.

### **6.1.8 Depósitos aluviales**

Ocupan la antigua llanura de inundación del sector san German y la actual planicie. Están conformados por materiales sueltos como bloques y gravas de rocas metamórficas, arenas, limos y arcillas. (AMVA, 2006).

Ubicados en la parte media y baja de la cuenca, afloran en la zona urbana a lo largo de la parte baja hasta la desembocadura.

### **6.1.9 Llenos antrópicos**

Los llenos antrópicos provienen generalmente de actividades constructivas y urbanísticas, esto su vez crea gran cantidad de material acumulado y forman terraplenes. En el municipio de Medellín se encuentran principalmente hacia las zonas urbanas. La composición de estos es variada, donde se pueden encontrar escombros, materia orgánica, basuras, entre otros. (AMVA, 2006) en toda la zona urbana de la quebrada se presenta diferentes tipos de llenos para construcción, ganadería y agricultura.

## 6.2 Geología estructural

La región del valle ha sido tectónicamente activa por millones de años (AMVA, 2002). Anomalías en los drenajes y zonas de cizalla han sido reportadas en la última década, reflejando reciente actividad tectónica a lo largo de los sistemas estructurales principales (AMVA, 2002; Ortiz, 2002; Yokota y Ortiz, 2003). Uno de los principales sistemas de fallas regionales que afectan el valle de Aburrá es el Sistema Romeral, con evidencias regionales de movimientos dextrales y sinestrales (Ego et al., 1995), y tren de dirección NNW SSE. La mayoría de fallas tienen una cinemática dextral con un componente inverso, sin embargo, cuenta en algunos casos con un componente normal (Mariño, 2017). La zona de estudio se encuentra afectada por la falla Iguaná-Boquerón. Corresponde a la traza más oriental del sistema Romeral más cercana al Valle del Río Aburrá, con dirección N80W – N20W. Controla en parte el cauce de la quebrada La Iguaná. (Medellín M. d., 2012), como se muestra en la figura 3.

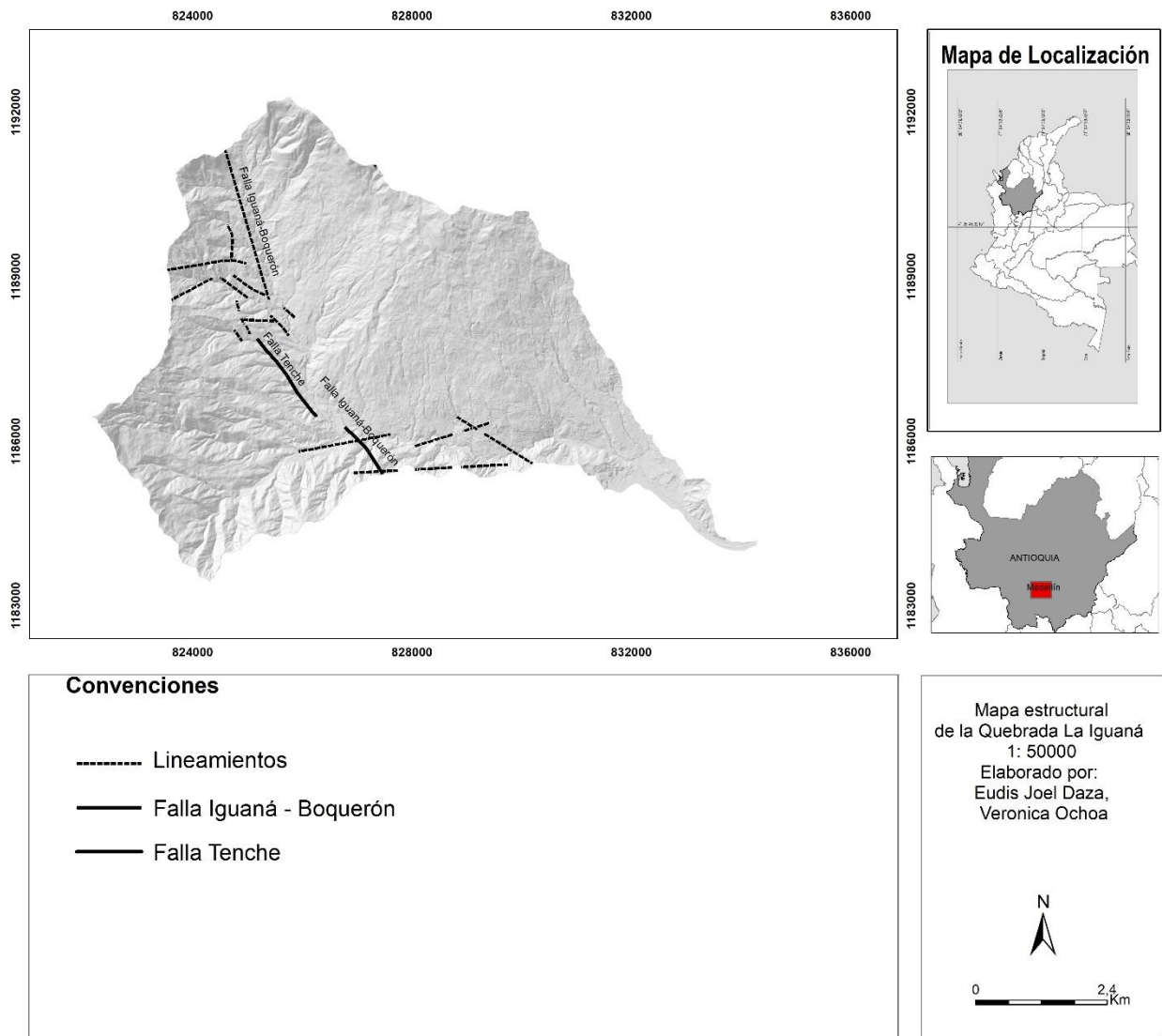


Figura 3 Lineamientos quebrada Iguaná (amva 2017)

### 6.3 Geomorfología.

La parte alta y media de la cuenca se caracteriza por pendientes muy pronunciadas relativamente hasta el comienzo de la carrera 80, donde finaliza la forma encañonada del cauce principal. A partir de allí, la parte baja de la cuenca presenta pendientes en general suaves, demarcando terrenos cubiertos por el casco urbano de la

ciudad. Los retiros de la quebrada en esta parte baja se encuentran invadidos por asentamientos, con una alta vulnerabilidad ante la amenaza latente de avenidas torrenciales, como lo muestra la figura 4

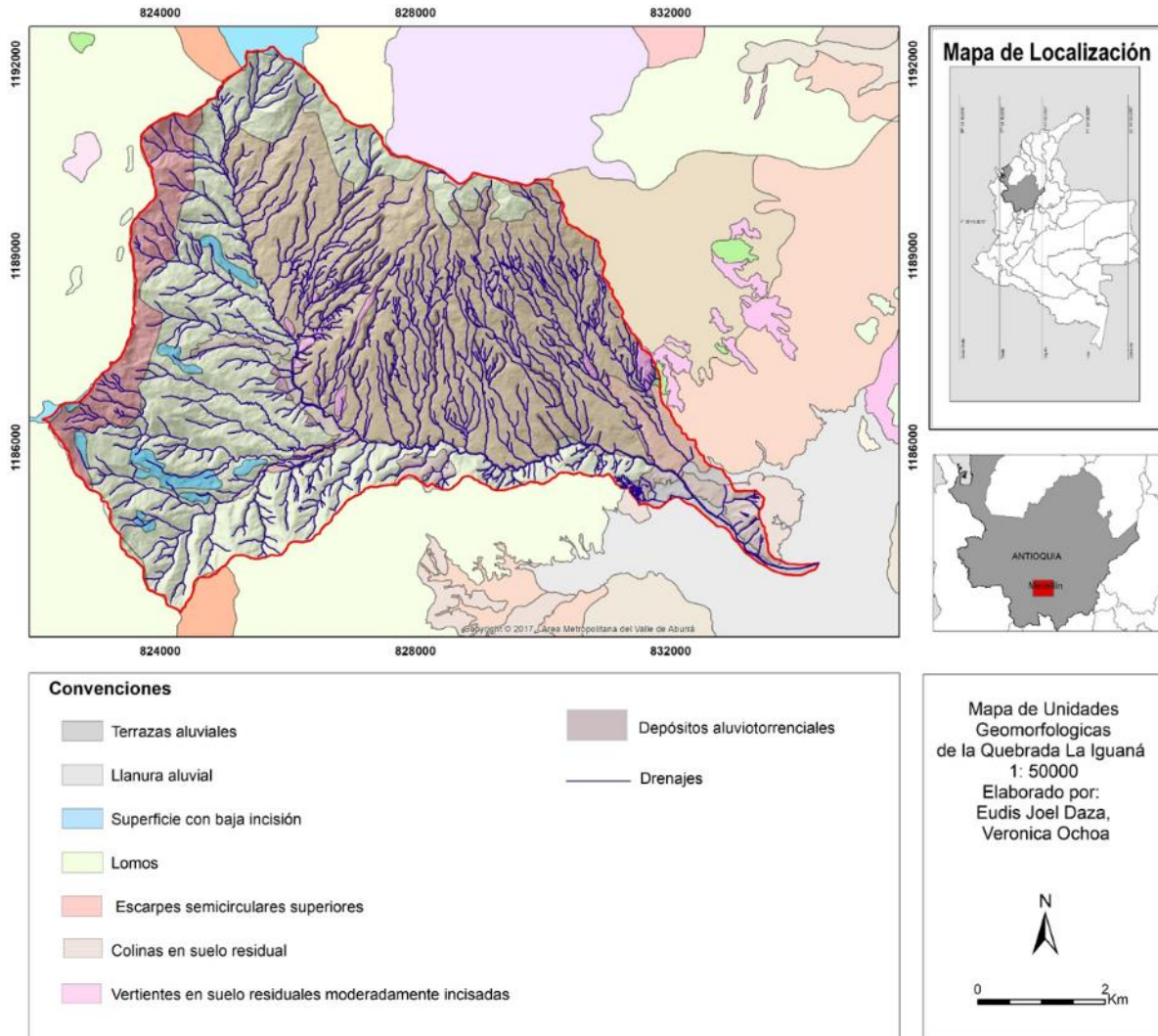


Figura 4. Geomorfología de la cuenca (Área Metropolitana del Valle de Aburrá 2017)

La morfología de la quebrada la Iguaná posee terrazas aluviales, llanura aluvial, escarpes semicirculares superiores, lomos, colinas en suelo residual, vertientes en suelo residuales moderadamente incisadas estas se muestra en la figura 4.

- **ESCARPES:** Los escarpes semicirculares se encuentran en la parte alta de la cuenca debido a altas incisiones del terreno, genera cambios de pendientes abruptos en la parte alta a media
- **TERRAZAS ALUVIALES:** son planicies que se encuentra a los lados del cauce de la quebrada en la parte media y baja de la quebrada se localizan dos niveles de terrazas en la zona de estudio el primero muy marcado en la parte baja ubicados en los barrios pesebre, robledo y los colores y el segundo nivel desde la carrera 70 hasta la desembocadura donde se observa una caída o knickpoint y la altura del segundo nivel de terraza 1,7m aproximadamente, estas son utilizadas en la gran mayoría para asentamientos urbanos, cultivos y ganadería.
- **LLANURAS ALUVIALES:** En estas llanuras (también se las llama de inundación). Las llanuras aluviales se encuentran en la parte baja de la quebrada, estas son constituidas por grandes aporte de avenidas torrenciales y depósitos de vertientes consolidando la parte plana de la quebrada. Han sido utilizadas para agricultura, ganadería y asentamientos ilegales.
- **LOMOS:** Los lomos se encuentran conformados por suelos residuales en la parte baja y media de la quebrada. Los lomos se ubican en la zona SW Y S de toda la quebrada

- COLINAS: Se encuentran conformadas por suelos residuales, ubicadas en la parte media y baja de la quebrada La Iguaná, ubicándose en el N y NE haciendo que la geomorfología sea heterogénea a los costados del cauce principal.

#### 6.4 Parámetros Morfométricos.

Parámetro	Magnitud
Área [km <sup>2</sup> ]	49.24
Perímetro cuenca [km]	37,33
Longitud cauce principal [km]	15,12
Longitud al punto más alejado [km]	11,57
Longitud al Centroide [km]	10,11
Longitud del quebrada hasta la divisoria [km]	18,39
Cota mayor quebrada [msnm]	2693,37
Cota menor quebrada [msnm]	1469,6
Cota mayor cuenca [msnm]	3135
Cota menor cuenca [msnm]	1469,6
Pendiente quebrada (%)	8.1
Pendiente de la cuenca (%)	53,8

Tabla 3 Parámetros morfométricos (DEM)

La quebrada la Iguaná posee un área 49.24 km<sup>2</sup> siendo así una subcuenca del río Medellín con un perímetro de 37,33 km y longitud del cauce principal de 15 km lo que hace que la quebrada tenga una forma ovoide y poca distancia para su recorrido con un

cambio de altura muy significativo (3135 a 1470) debido a su relieve altamente accidentado su pendiente promedio es muy alta 53,8% siendo propicia para eventos torrenciales con media-alta probabilidad

	Intensidad de lluvia en mm/ hr para cada cuenca
Tr	
2.33 años	23.2
5 años	27.3
10 años	30.1
25 años	33.5
50 años	38.6
100 años	40.3

*Tabla 4 Intensidad de lluvias*

## **7 RESULTADOS**

Con el análisis de la información y la verificación en campo, los resultados obtenidos en este proyecto se basaron en dar respuesta de los impactos de las obras ingenieriles en la quebrada. Para esto se realizaron estudios previos del comportamiento y dinámica del cauce, su geomorfología y geología presente, evaluación de los puntos críticos y el inventario de los procesos morfodinámicos a través del tiempo.

### **7.1 Sectorización de la cuenca**

A partir de los mapas: División, Pendientes, Orden de cuenca, Curvatura (ver figuras 8 y 9), se hizo la clasificación de la cuenca de la quebrada la Iguaná en 3 sectores: Alta (40%), Media (52%) y baja (4%). Cada sector tiene características homogéneas de (geológicas, geomofológicas y de pendientes) y se encuentran limitados por lineamientos

estructurales (estos son: Falla Iguaná-Boquerón, Falla tenche y lineamientos cubiertos o inferidos, como se observa en la figura 6.

Cuenca Alta: se encuentra entre el nacimiento y el corregimiento de San Cristóbal este incluye escarpes y las laderas de fuerte pendiente, una alta densidad de drenaje y disectada en esta parte posee un tipo de drenaje dentritico, este tiene corrientes de alto grado inclinación de los escarpes, con recorridos cortos, de alta velocidad y alto gradiente, es muy empinado con pendientes abruptas entre 40% a 60% generando movimientos en masas relacionado a trazos de falla y todo el material sea erosionado o no quedan registro de terrazas un ambiente estructural. El transporte de sedimentos de la cuenca puede ser aportado por condiciones naturales, como lo son los fenómenos erosivos que generan socavación en las laderas desestabilizándolas y generando movimientos en masa y ese material es el que es transportado a lo largo de la cuenca.

Cuenca Media: inicia desde el corregimiento San Cristóbal y el barrio El Pesebre, esta sección la quebrada tiene un tipo de drenaje subdentritico conformado por laderas de pendientes moderadas que nos indica un cambio de pendientes, un valle medio que varía ampliamente de abruptas hasta inclinadas (40 %-10%)superficies de baja incisión se pueden observar antigua terrazas de depositación y un cambio de dirección de la quebrada ligado al trazo de la falla Iguná-Boquerón, gran cantidad de material de gran tamaño arrastrado por la quebrada se deposita en esta zona, la corriente en esta zona no es tan fuerte como el primer tramo, la velocidad es menor igual que el gradiente, el aporte de sedimentos es dado por la erosión superficial y forma depósitos aluviotorrenciales.

Cuenca Baja: se encuentra localizado desde el barrio El Pesebre y la desembocadura en el río Medellín, en este tramo el tipo de drenaje es recto con algunas sinuosidad antes de entrar a la zona urbana, la velocidad y el gradiente es suave, el cauce en este tramo se encuentra muy afectado por las dinámicas urbanas las pendientes son más moderadas y suaves (10%-3%) debido a que en esta parte se concentra las terrazas de depositación y la planicie aluvial del río Medellín pero con la excepción del cerro volador un cerro remanente que hace un cambio de pendiente abrupto en este último tramo. A lo largo de todo el corredor de la quebrada La Iguana, se encontraron explotaciones de material de playa. En el lecho se encuentran grandes depósitos de materiales que han sido transportados por la quebrada; se encuentran también basuras y escombros en gran cantidad por actividades antrópicas que se desarrollan en las plataformas superiores de las laderas de la quebrada. Ver figura (B).

De acuerdo con el mapa de pendientes la quebrada se encuentra en un terreno escarpada debido a su pendiente media es 53,8% lo que hace que su mayoría de laderas sean moderadamente disectadas, debido a la densidad de drenaje hace que quebrada tenga un orden 8 un índice de que es una cuenca de gran flujo de esorrentía y transporte de sedimentos. Ver figura 5 (A). Los datos de curvatura y relieve relativo nos revela que la cuenca predomina una curvatura cóncava con algunos puntos convexos, fuertemente cóncava en la parte alta debido a su zona escarpada y se evidencia mayor aporte de drenajes del margen izquierdo de la quebrada siendo las anfibolitas de Medellín rocas metamórficas de mayor aporte de material y del margen derecho rocas más resistentes, colinas denudativas en el valle medio del cauce y gran porcentaje de concavidad en esta

área, la parte baja cuenta con el relieve más suavizado y un ambiente de predominio fluvial, como lo muestra la figura 5 (C)

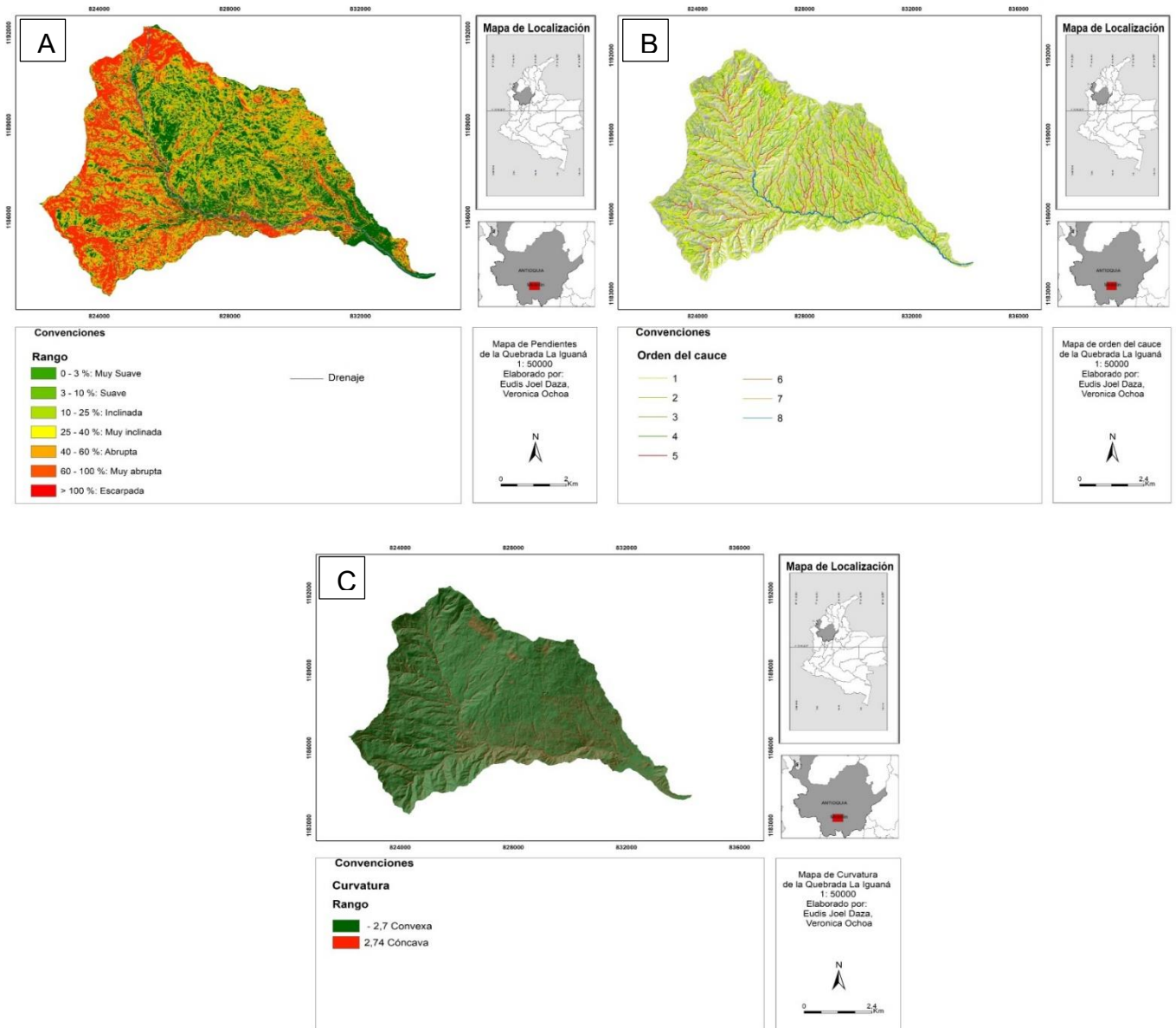


Figura 5 Mapas sectorización de la cuenca. A. Pendientes. B. Orden de cuenca. C. Curvatura.

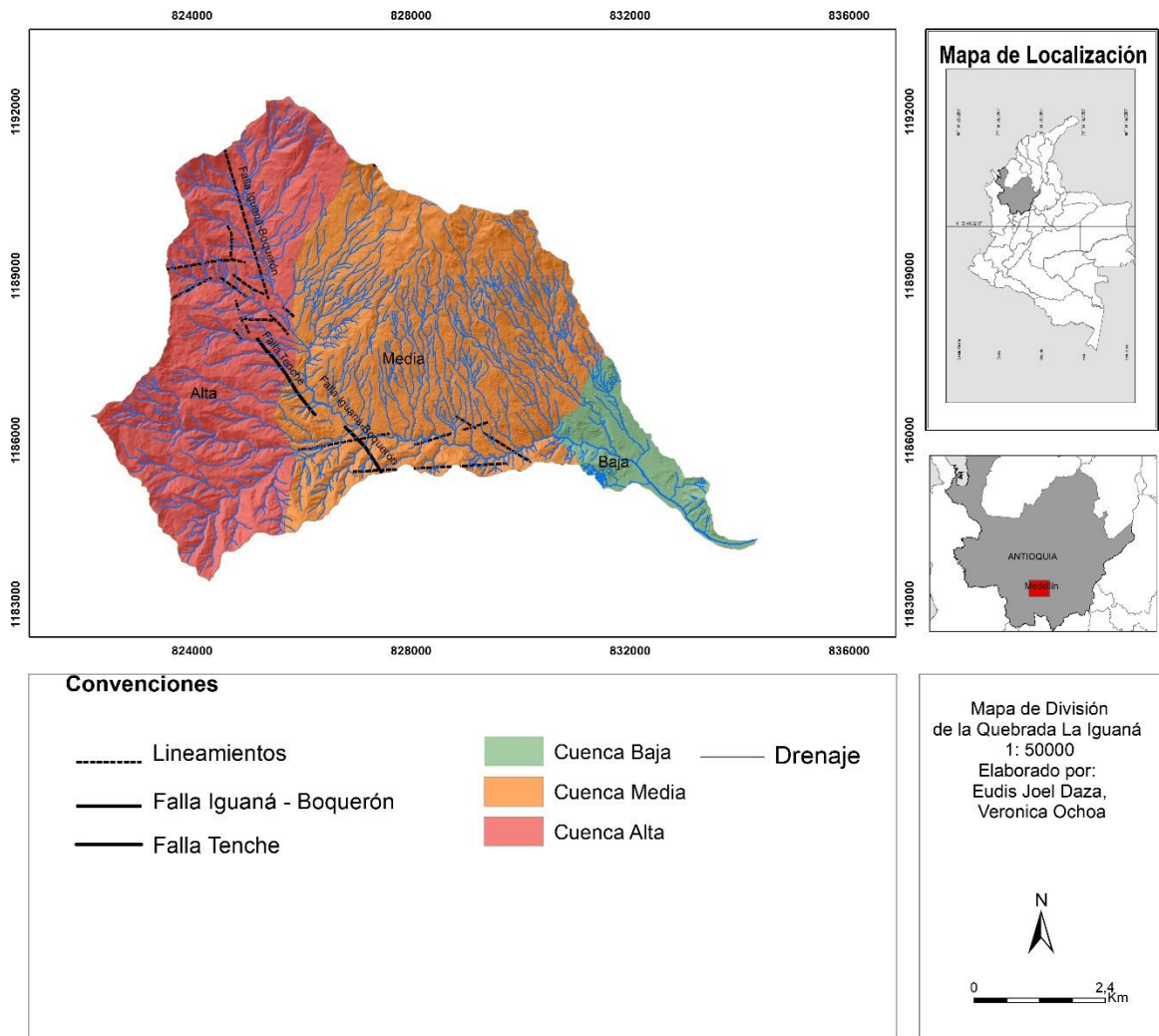


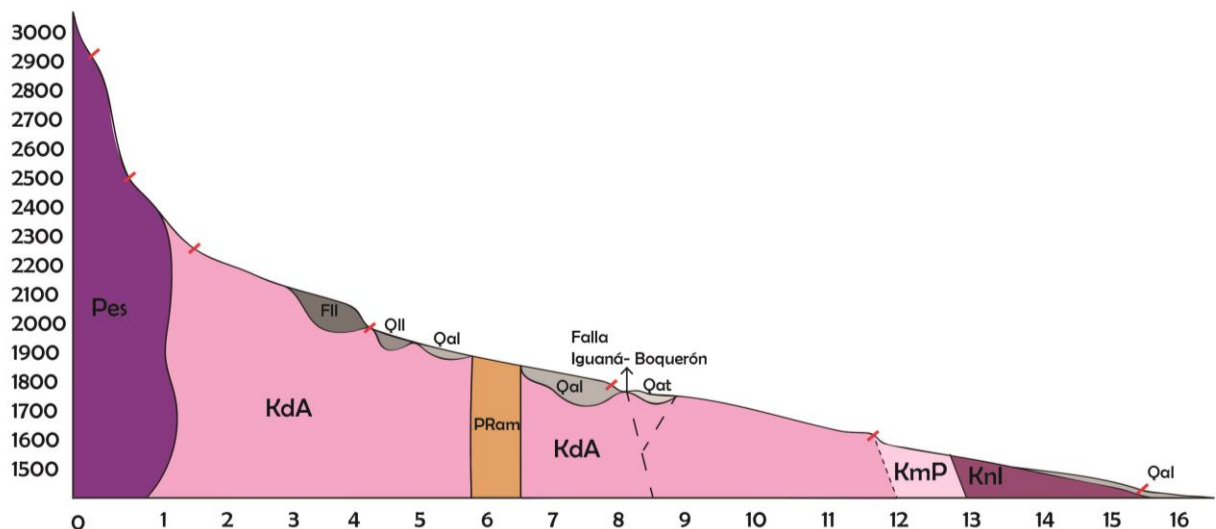
Figura 6 Mapa de división

## 7.2 Perfil longitudinal

Para la sectorización del cauce principal de la quebrada la Iguaná, se procedió a hacer el análisis del perfil longitudinal de la quebrada, que define un perfil de forma cóncava y fuertes pendientes, se evidencia diferentes knickpoint (-) a lo largo de la cuenca que es

afectada por la falla iguana/boquerón, los primeros knickpoint definen la parte alta desde los 2900 hasta los 2200 msnm de la cuenca con pendientes muy fuerte de 25% y valles incisados de forma cóncava en corta distancia demostrando la alta incisión. A partir de 2200 hasta 1950 msnm la tendencia cambia, aunque sigue predominando las pendientes fuertes de 10,5% pero los knickpoint están más distanciados en la parte media de la quebrada manteniendo una forma convexa. A partir de los 1950 muestra una sección con una pendiente muy suave. El perfil cambia a ligeramente cóncavo con un pendiente entre 5,24% hasta los 1880 (Aristizabal et. Al., 2008) en la parte baja de la cuenca donde predominan depósitos de vertientes y planicie del valle de aburra. Ver figura 7.

Figura 7 Perfil longitudinal



## Inventario de procesos morfodiámicos

La quebrada de la Iguaná, posee puntos donde los fenómenos naturales influyen de manera notable. Los procesos morfodinámicos que posee la quebrada están muy marcados por su topografía muy encañonada y media – alta incisión de los drenajes.

- La cuenca alta prevalecen los movimientos en masas y aporte de material.
- La cuenca media cuenta con grandes movimientos en masas debido a que esta parte de la quebrada en la margen izquierda, sus afluentes están densamente poblados, lo que hace que la amenaza a movimientos en masas aumente

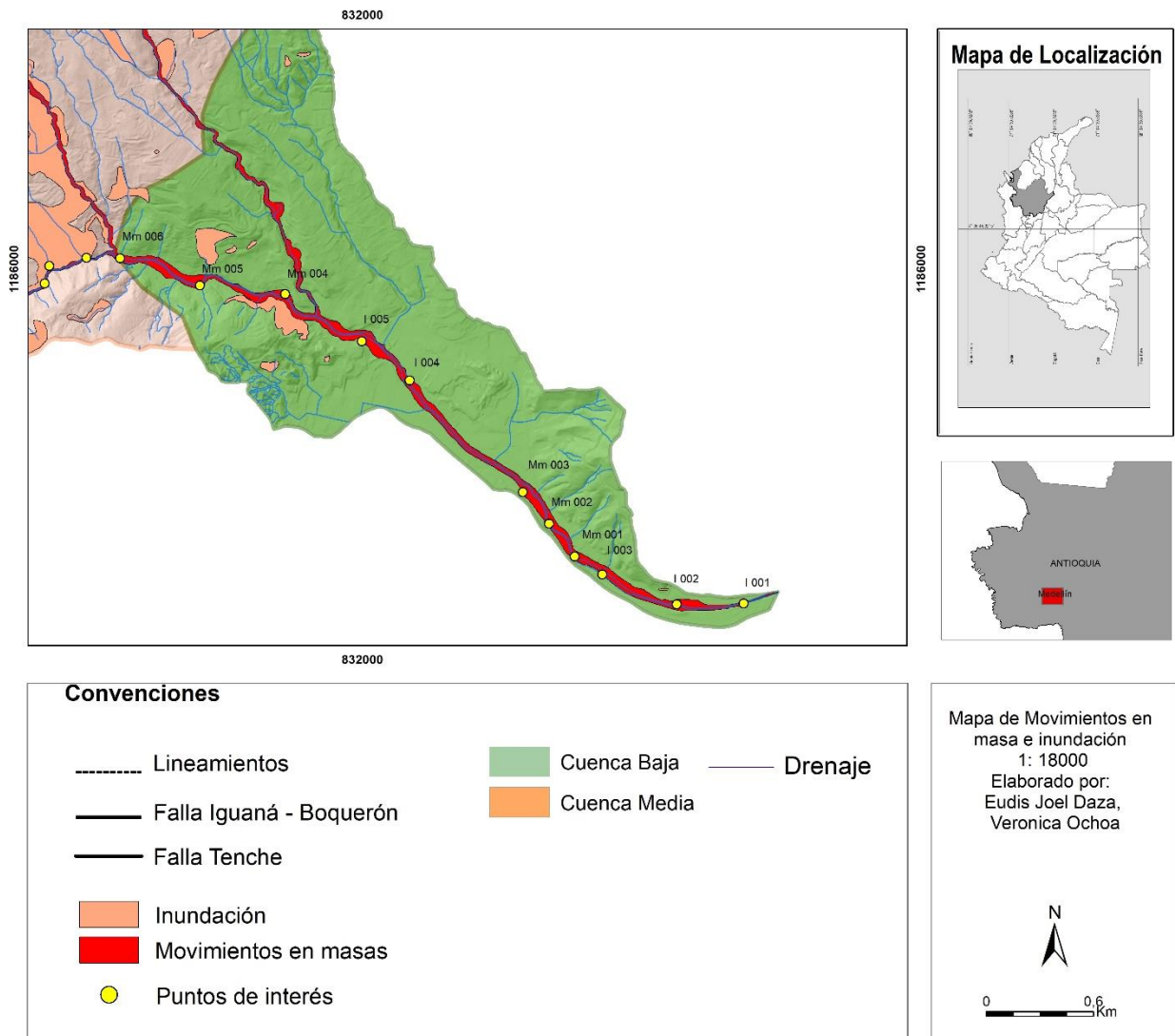


Figura 8. Mapa de Movimientos en masa e inundación

considerablemente y el riesgo de desastre o muertes también, en esta parte la quebrada se da la ocurrencia de inundaciones y avenidas torrenciales, el cauce principal después de salir de la zona encañonada se da un cambio de pendiente considerable en la parte baja lo que ocasiona un riesgo en temporadas de lluvias debido al flujo de escorrentía y asentamientos urbanos al margen y dentro de la quebrada hace que la parte baja tenga una amenaza y riesgo a inundación y avenidas torrenciales muy alta que ocasione grandes daños a la población e infraestructura. Ver figura 8.

El fenómeno predominante en la quebrada son las avenidas torrenciales, correspondientes a una carga súbita y excesiva de material sólido y agua en el cauce, lo que ocasiona transformaciones en las orillas y en la llanura aluvial. Se incluyen cambios en el ancho y profundidad del canal a partir de la socavación y posteriores movimientos en masa de las orillas, así como de la competencia y el transporte de los sedimentos, lo cual se traduce en una modificación de su comportamiento y en algunas ocasiones hasta el curso de la corriente. (MUNICIPIO DE MEDELLÍN, 2009).

Procesos de remoción en masa se encontraron con ayuda de fotografías aéreas de los años 1959, 1976, 1994 y 2016 y visitas a campo; en el área de estudio comprende desde la carrera 80 hasta la desembocadura de la quebrada en cercanías del Cerro Volador, se observaron tres procesos morfodinámicos de relevancia:

- En la primera socavación se puede apreciar aguas abajo de la carrera 80, el cual corresponde a una socavación lateral de 23 m en la margen izquierda de la quebrada,

asociada al aumento del caudal en épocas de lluvia y la ausencia de obras de protección. El talud está compuesto por depósitos aluviales, cuyos materiales se van desprendiendo gradualmente en movimientos pequeños. Ver figura 9 (A).

- El segundo evento se encuentra cerca de la carrera 70 en la margen derecha de la quebrada, y corresponde a un movimiento en masa activo, con desprendimientos constantes de pocas cantidades de material. Su origen está asociado a la mala utilización del suelo y la pendiente, con infiltración de aguas y el peso del material y del parqueadero que se encuentra encima, que se suman al poder erosivo del agua de la quebrada durante sus crecientes. Ver figura 9 (B).



*Figura 9 Morfodinámica en puntos de interés*

- El tercer evento se encuentra cerca del puente de la carrera 70 donde se observaba una socavación que se encuentra localizada en la margen izquierda de la quebrada, esta tiene aproximadamente 6m de longitud, el talud se encuentra compuesto por depósitos aluviales y se encuentra cubierto por vegetación, esta zona fue intervenida

con un muro de contención a lado y lado de la socavación dejándola expuesta a cualquier proceso que se pueda generar en épocas de lluvias.

### **7.3 ANÁLISIS MULTITEMPORAL.**

El gran aumento de la población urbana de Medellín proveniente del campo y de otras zonas del país, sin tener donde asentarse, ha generado asentamientos humanos en las márgenes de la quebrada la Iguaná, y dado el comportamiento torrencial de esta, se han generado grandes catástrofes. En las primeras décadas del siglo XX, la quebrada Iguaná tenía una extensa zona de llanura aluvial donde los canales en la parte baja eran de gran longitud, su morfología típica de drenajes es un valle cóncavo, donde se muestran unos knicpoint que escalonan las partes altas, media y baja de la quebrada, a lo largo de los extensos canales trenzados y la llanura aluvial que poseía, la cual era ancha para una quebrada de tan corta longitud que muestra el poder de transporte y depositación como lo muestra la figura 10.

Para los años 30 comenzaron a poblarse las orillas de la quebrada, por eso a mediados del siglo se decide canalizar la parte baja como forma poder controlar la amenaza de esta, pero también se rectifica su cauce y se reduce el ancho de su zona de inundación. La eliminación de las barras hace que la morfología cambie en la parte media cercana al cerro blanquizal donde a través de los años se evidencia los cambios producidos por la canalización, en temporadas de lluvias la quebrada tiene una gran actividad siendo así que en 1988 desencadenó un flujo de lodos el cual devastó los caseríos ubicado en las riveras cobrando vidas humanas. Las pérdidas económicas son muy elevadas debido a que se reubican a estos pobladores, pero llegan nuevos a los

antiguos asentamientos, un problema de no acabar. Los cambios del uso del suelo en la quebrada cada vez son mayores, inicialmente fue el cambio de vegetación nativa para convertirla en suelos cultivables y ganadería, luego los asentamientos para ser suelos urbanizables. Como se observa en la figura 11 y 12. La morfología de la quebrada la Iguaná ha variado tanto en los últimos años, que son notables los cambios en las tasas de erosión, escorrentía y capacidad de transporte o competencia del cauce, generando a su vez un mayor poder de socavación. Las intervenciones con obras hidráulicas han controlado el cauce localmente, pero las rectificaciones puntuales han generado aceleraciones en las velocidades y probablemente contribuciones a focos locales de socavación y depositación de material.

Fuente	Vuelo	N° Fotos	Escala	Año
Bpp	C- 888	9	1:2500	1959
Bpp	FD -83	2	1:12000	1976
Eafit	L-24	4	1:5000	1994
IGAC	R-02	4	1:5400	1981

Los puntos de interés que se muestran en este trabajo se basaron en registro de fotografías aéreas (tabla 4) donde han sufrido un impacto positivo por las obras de ingeniería que se han realizado a través del tiempo, ya que estas evitan que el caudal baje con una mayor energía causando catástrofes como en los años anteriores, además de causar daños materiales también hubo pérdidas de vida de los habitantes de la población aledaña a la quebrada. La única obra de ingeniería en la que no estuvimos de acuerdo nosotros y la habitantes ya que se tuvo entrevistas con diferentes pobladores acerca de esta obra que queda cerca del azud de la 70, que se encuentra una socavación

hace muchos años y no ha sido reparada completamente solo fue puesto un muro y en la parte de la socavación que se encuentra en la mitad del muro no existe este.

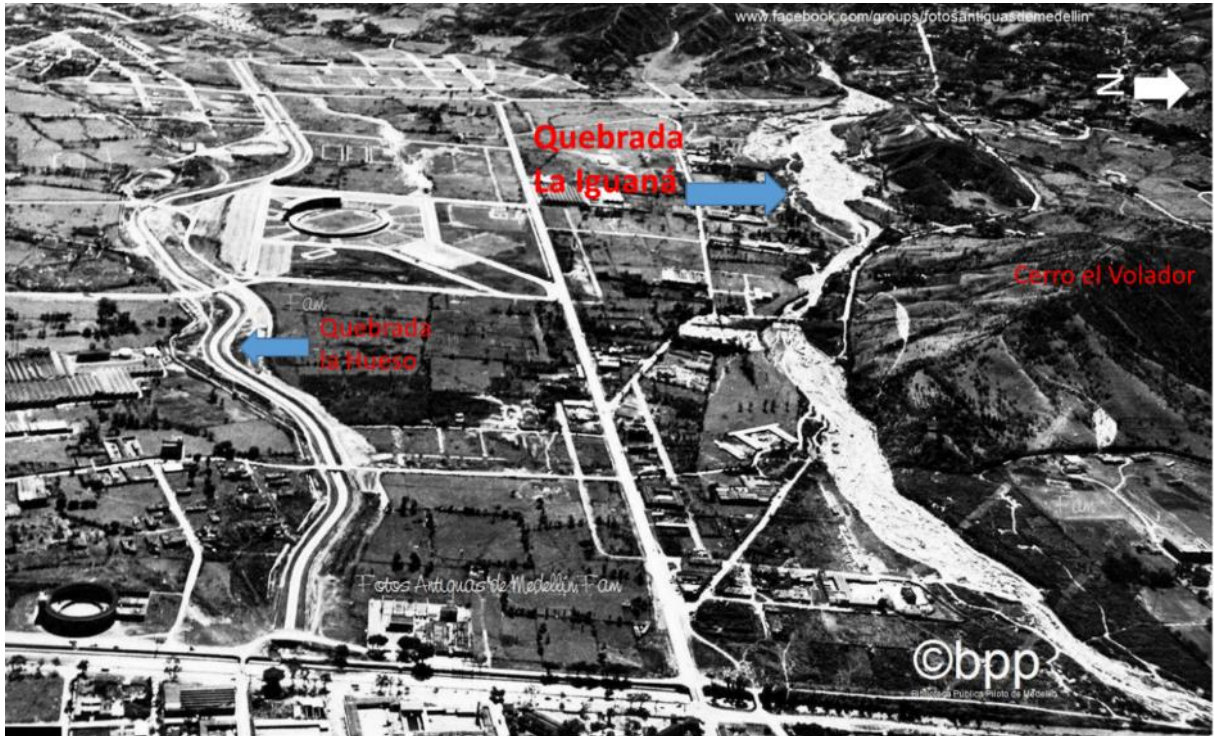


Figura 10 Zona Noroccidental en los años 48.



*Figura 11. Zona Noroccidental en los años 80.*



*Figura 12. Zona Noroccidental en los años 80.*

Para visualizar los cambios de la quebrada y los efectos de las obras, fueron escogidos cuatro “puntos de interés”, que se analizaron con diferentes fotografías aéreas a través del tiempo.

#### **7.4 Inventario de obras civiles.**

Sobre la quebrada y sus márgenes se han construido numerosas obras a lo largo del tiempo; las principales de ellas identificadas y observadas para este trabajo de grado como lo muestra la figura 13.

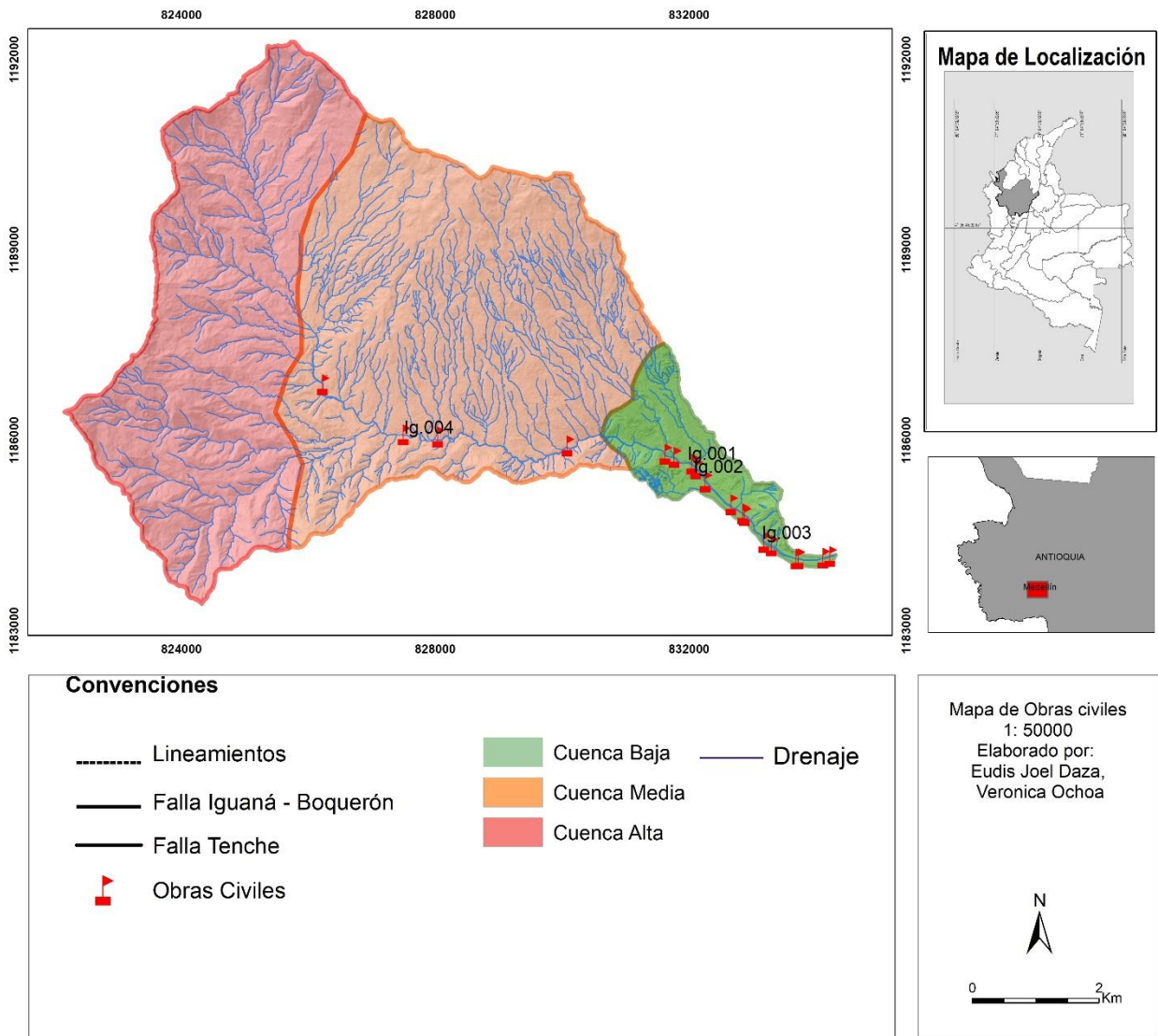


Figura 13. Mapa de obras civiles

- Estructura hidráulica en la carrera 80 (Ig.001 – Ig.002). Comprende un azud cuya finalidad es represar un poco las aguas, quitarle energía y sedimentar las arenas para evitar grandes avenidas aguas abajo. Ver figura 14.



*Figura 14. Azud Carrera 80*

- Pozo de aquietamiento provisional aguas abajo del azud, para disipación de la energía del agua, con miras a evitar socavaciones laterales y desconfinamiento de taludes. Ver figura 15.



Figura 15. Azud a 120 metros de la carrera 80

- Aguas abajo del cruce de la quebrada con la Cra 70 (Ig.003), se encuentra un azud de 5 m de altura aproximadamente donde el ancho del cauce es de unos 40 m. Su función es similar al descrito para la Cra 80. Ver figura 16.





Figura 16. Azud Carrera 70

- Canalización parcial entre Cra 80 y la desembocadura, que han permitido manejo de taludes para prevención de socavaciones. Ver figura 17.





*Figura 17. Obras de canalización aguas abajo de la Cra 80*

#### **7.4.2 Otras obras**

- Protecciones con bolsacretos (Ig.004), correspondientes a sacos de suelo – cemento, o concreto de pobres características para evitar socavación lateral. Se han instalado en tramos muy cortos en varias partes de la quebrada, como lo muestra la figura 18.



*Figura 18. Protecciones de orillas con bolsacretos.*

- Estructuras de disipación de energía hidráulica de afluentes pequeños. Ver figura 19.



*Figura 19. Estructuras hidráulicas de disipación. MEDELLÍN, A. D. (2011)*

- Sistemas de protección con geocolchones. Observar figura 20 y 21.



*Figura 20 Sistema de protección geocolchones.*



*Figura 21 Sistema de protección geocolchones.*

## **7.5 DESCRIPCIÓN DE LA POBLACIÓN ALEDAÑA .**

El asentamiento de desarrollo incompleto e inadecuado la Iguaná, es una ocupación informal del territorio (invasión), con gran incidencia en el lecho de la quebrada, en sus márgenes izquierda y derecha. Esta situación, ha generado un impacto social y ambiental importante en el barrio San Germán que, a pesar de diversas intervenciones por parte

del Municipio de Medellín, como el reasentamiento in situ en altura (reacomodación en edificios), nuevamente se ocupa con otras invasiones por falta de control urbanístico y de las autoridades.

Los asentamientos también tienen usos de suelo diferentes al de vivienda, como son talleres, acopio de basuras, lavaderos, entre otros. Como se muestra en las figuras 22,23 y 24.

El deterioro se refleja en el manejo de residuos sólidos, los cuales son arrojados a la quebrada sin ningún control, ocasionando taponamientos e inundaciones en los sectores residenciales y comerciales aledaños. También, estos pobladores han tomado medidas de protección para las crecientes de la quebrada como gaviones artesanales y acumulación de escombros en los taludes de las márgenes de la quebrada, para tener una especie de “protección” de deslizamientos e inundaciones.

Todas estas problemáticas sociales hacen que los riesgos y las amenazas sean aún mayores debido a que no se respeta la ley de alejamiento a la quebrada y al estar cerca o dentro de esta, los fenómenos naturales tipo avenidas torrenciales o inundaciones se ven reflejados en pérdidas humanas o materiales en estas zonas de invasión tanto en el pasado como en nuestros días; en noviembre del 2018 una inundación a causa de las fuertes lluvias se vio reflejada en desastre en el barrio el Pesebre en cual arrasó con 5 viviendas todas estas ubicadas en zonas de riesgo en antiguas barras de la quebrada



Figura 22 Caracterización socio ambiental



Figura 23 Caracterización socio ambiental



Figura 24. Caracterización socio ambiental

## 7.6 OBSERVACIONES DE CAMPO

### 7.6.2 Obras de ingeniería.

En general las obras se encuentran en un buen estado a pesar del tiempo que llevan en uso, al parecer debido al buen control y mantenimiento de la infraestructura que hacen las autoridades municipales. La excepción que apreciamos parece ser la obra del sector de la carrera 70, donde se construyó un azud para disminuir la energía del caudal y un muro de contención en el talud dejando un espacio de aproximadamente dos metros entre ambas estructuras; este espacio es objeto de procesos de socavación que afectan el talud, como se observa en la figura 26. También se observó que la quebrada se encuentra canalizada desde la carrera 80 hasta la desembocadura, salvo un tramo entre la carrera 70 y la 76, lo que ha permitido al cauce migrar, generando peñas barras y terrazas donde se ubican asentamientos urbanos ilegales, cultivos y extracción de material para construcción. Ver figura 25.



Figura 25. Estructura hidráulica sobre la carrera 80



Figura 26. Estructura hidráulica



### **7.6.3 Llenos antrópicos.**

En algunos sectores la socavación es muy marcada por lo cual los asentamientos ilegales han optado por disponer llenos en los taludes, tanto para protegerse como para ganar terreno. Adicionalmente, en las áreas donde hay barras colocan llenos para construir o tener cultivos, que en algunas partes los construyen a partir de costales de arena, y en otras áreas simplemente acumulan las arenas y gravas generando superficies planas. Ver figuras 27 y 28.



*Figura 28. Llenos antrópicos*



*Figura 29. Lleno antrópico (Parqueadero)*

#### **7.6.4 Formación de barras.**

La quebrada Iguaná cuenta con depósitos aluviotorrenciales que forman barras en época seca, cuando el caudal disminuye comienzan a depositarse los materiales a lo largo de la quebrada en la parte media y baja, estas barras son formadas por materiales de

diferentes tamaños desde arenas hasta bloques y cuentan con una medida aproximadamente 5 m de ancho por 9 m de largo. Los materiales son arrastrados desde las partes altas de la quebrada en época de lluvias (abril-mayo y octubre - noviembre) ya que la energía y el caudal aumentan de manera notoria arrastrando los sedimentos hasta depositarlos, de donde se extraen como material de construcción, como lo muestran las figuras 29,30 y 31.



*Figura 30. Formación de barras (agricultura)*



*Figura 31. Formación de barras*



*Figura 32. Formación de barras (extracción para material de construcción)*

#### **7.6.5 Taludes.**

La parte baja de la cuenca Iguaná se caracteriza por sus pendientes suaves a moderadas, donde las terrazas tienen algún grado de incisión de la quebrada, que se manifiesta en las orillas descritas aquí como taludes, caracterizados por el aumento brusco de pendiente entre la planicie y la orilla del cauce.

Los procesos de canalización han aportado condiciones de estabilidad de estos, algunas zonas no cubiertas presentan abundante vegetación y buen estado, pero en ciertos lugares se tienen procesos de inestabilidad, como es el caso del talud en la margen derecha cerca al Azud de la carrera 80.

Esta obra cumple un papel muy importante porque regula el tamaño de sedimentos que entran a la canalización, pero aguas arriba de la obra en la margen izquierda, provoca

la formación de una barra depositacional, que a su vez hace que del otro lado erosione, lo que ha causado que se vea afectado el talud. Ver figura 32.



*Figura 33. Talud Carrera 80*

Otro talud de gran interés está ubicado en la parte izquierda del cauce aguas abajo del puente y azud de la 70, donde hay un proceso de socavación, como lo muestra la figura 33.

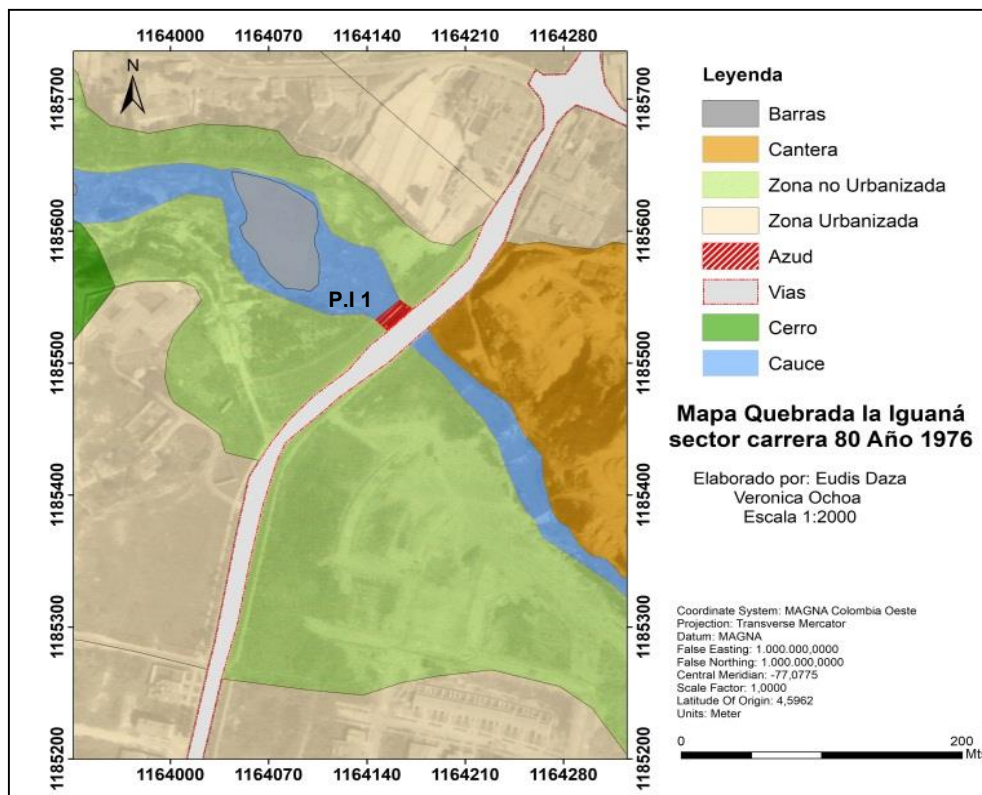


*Figura 34. Talud Carrera 70*

### 7.6.6 PUNTO DE INTERÉS 1.

El primer punto de interés se encuentra localizado al lado izquierdo del azud de la carrera 80.

En el siguiente grupo de figuras se puede observar que a medida que pasan los años hay más asentamientos urbanos en las zonas aledañas a la quebrada, también se puede ver que el caudal era más ancho en el año 1976 y sus barras eran de gran tamaño, en el año 2016 se redujo el ancho del caudal y sus barras son más pequeñas que en el año 1976. En la parte donde se encontraba la cantera de 1976, en la actualidad se encuentra urbanizada y no hay casi zonas verdes. Ver figura 34 y



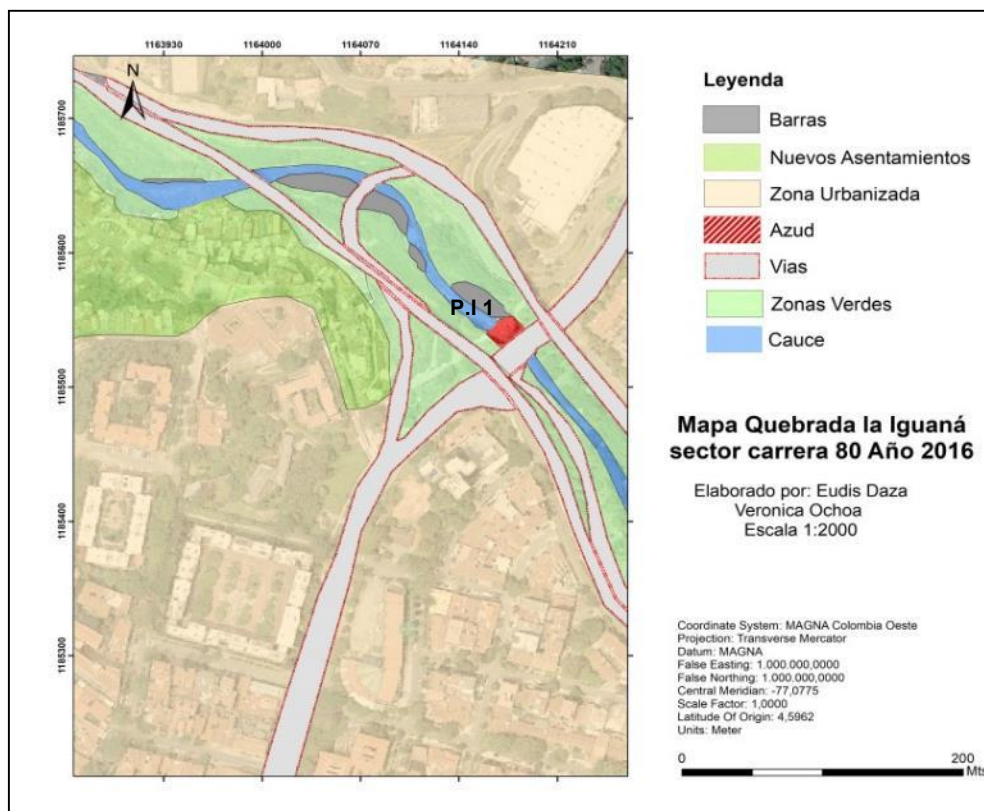
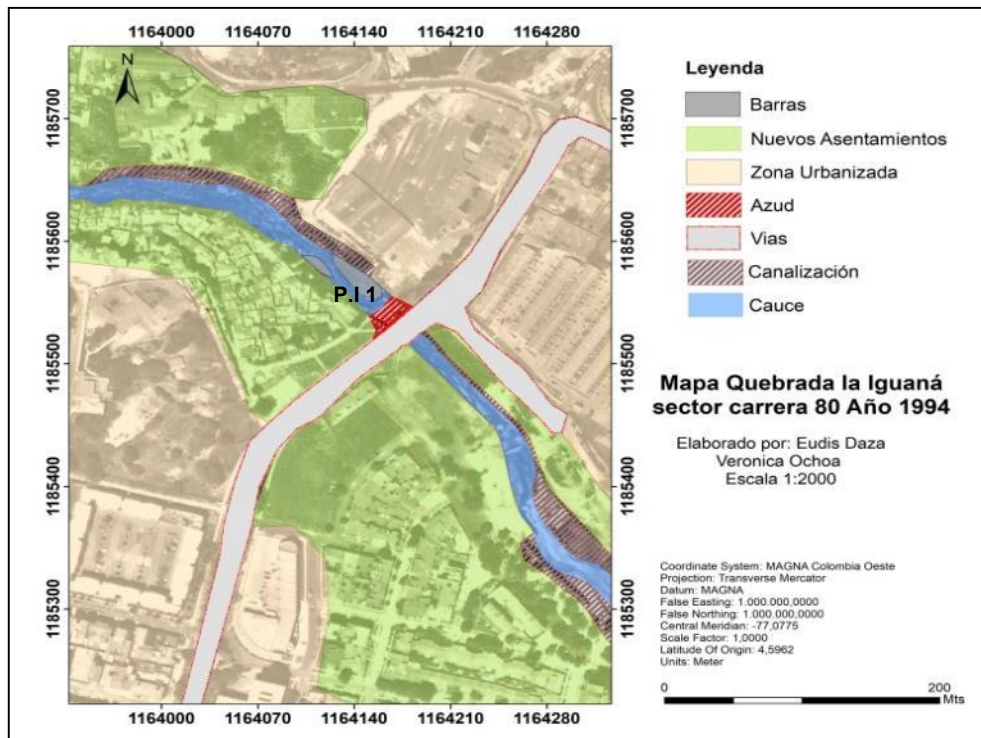


Figura 35. Comparación de fotografías aéreas

Se observa un talud con poca vegetación, agrietado y con una socavación en la margen derecha de la quebrada, con una pendiente de 32 grados y una altura de unos 5 m; está compuesto por material de relleno como arenas y gravas de clastos sub redondeados.

Al parecer el efecto de la socavación lateral y las infiltraciones en grietas inicialmente formadas, provocaron un movimiento en masa que desplazo el terreno 1,8 m, dejando este con grandes afectaciones y riesgo para la población como se muestra en las siguientes fotografías tomadas en campo.



15/02/2018



27/11/2018

*Figura 36 Punto de Interés 1*



Figura 37 Punto de Interés 1

15/02/2018

27/11/2018



Figura 38 Punto de Interés 1 Grietas

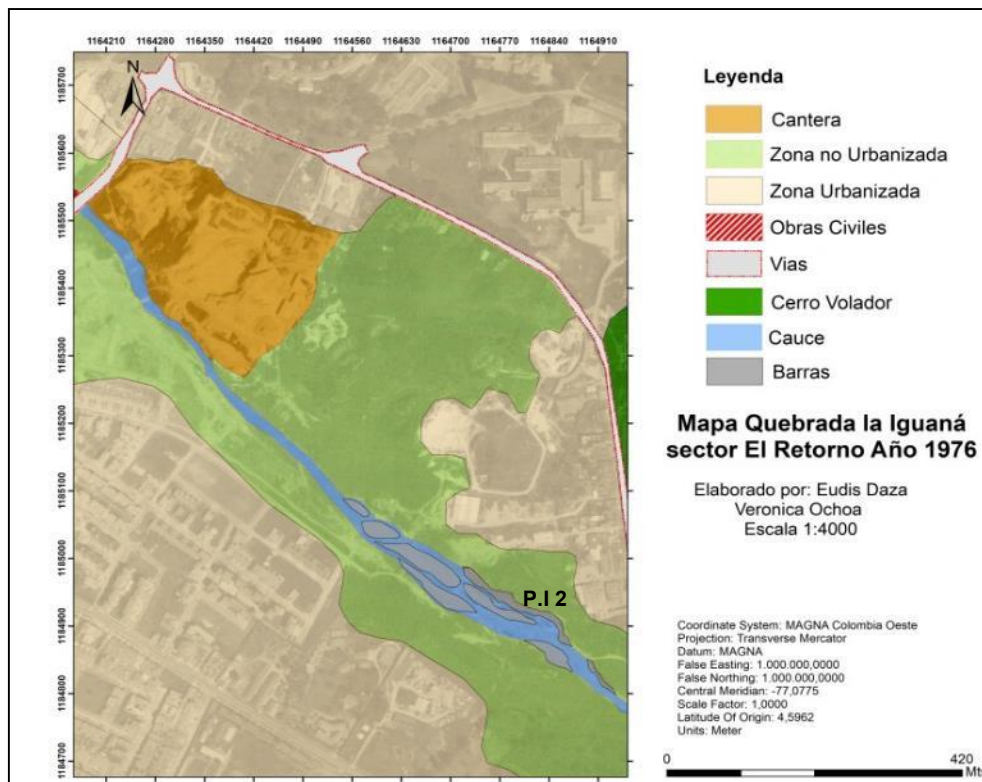
15/02/2018

Las Figuras 35, 36,37 hacen referencia al talud encuentra localizado en el margen derecho del cauce y a 4,5 metros del azud de la carrera 80.

### 7.6.7 PUNTO DE INTERÉS 2.

Este punto se encuentra localizado a 50 m del puente de la carrera 70 aguas arriba en la margen derecha de la quebrada.

En el año 1976 se puede ver que en su gran mayoría de los alrededores de la quebrada no hay urbanismo, pero hay grandes barras y con una cantera de gran tamaño. En el año 1994 se puede observar que ya se crearon obras hidráulicas para la reducción de la energía de la quebrada aguas debajo de la carrera 80 y un crecimiento urbano. En el año 2016 toda la zona aledaña de la quebrada se encuentra urbanizada y con nuevos puentes y retornos que pasan por encima de esta. Ver figura 35.



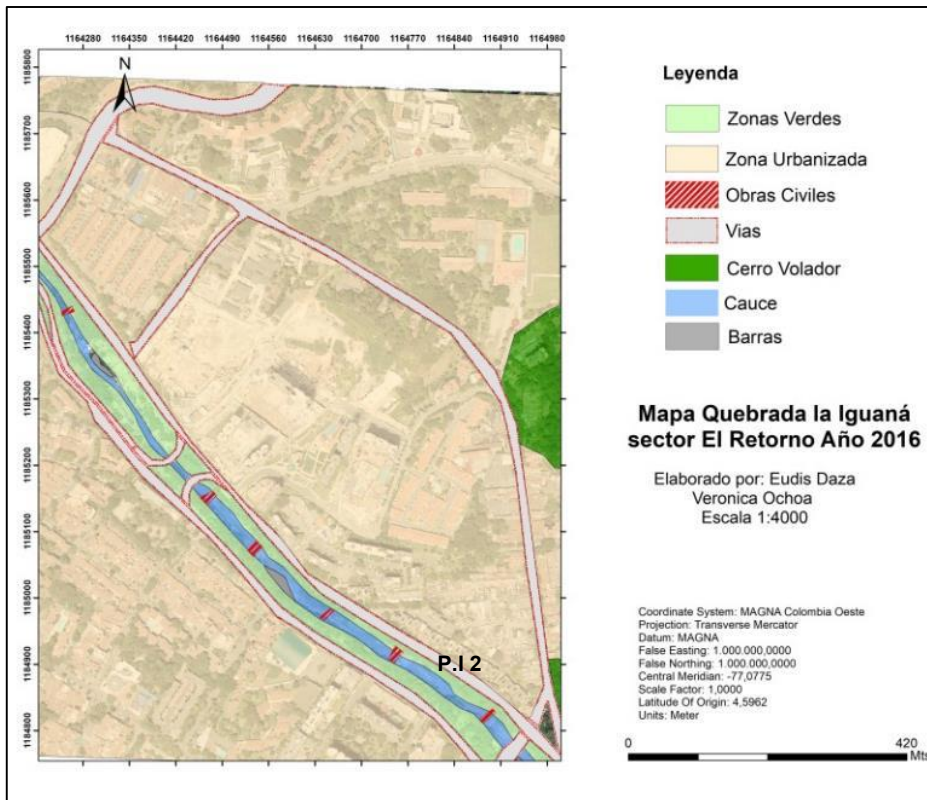
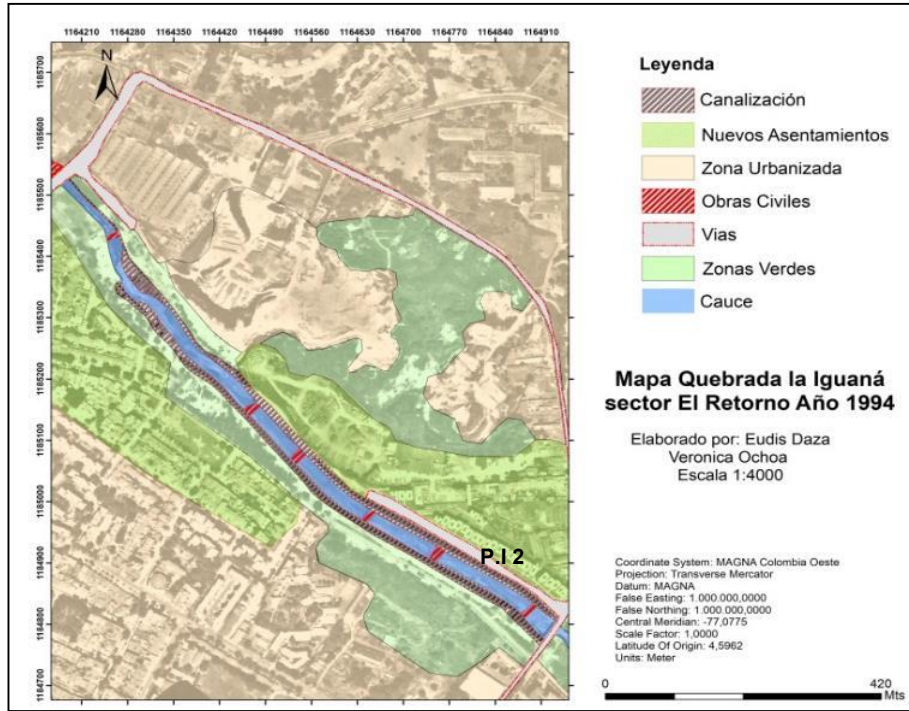


Figura 39. Comparación de fotografías aéreas

Cerca del puente de la carrera 70 se encuentra las obras de contención no convencionales (costales rellenos de arena) utilizadas por los habitantes para estabilizar una antigua terraza donde está ubicado un montallantas y un parqueadero en la parte superior, además se observa poca vegetación y alta pendiente.

Se puede ver que el improvisado muro al no tener una construcción y un mantenimiento adecuado, colapsa gradualmente. Observar las fotografías tomadas en campo las cuales muestran comparaciones.



*Figura 40 Punto de Interés 2*

15/02/2018

27/11/2018

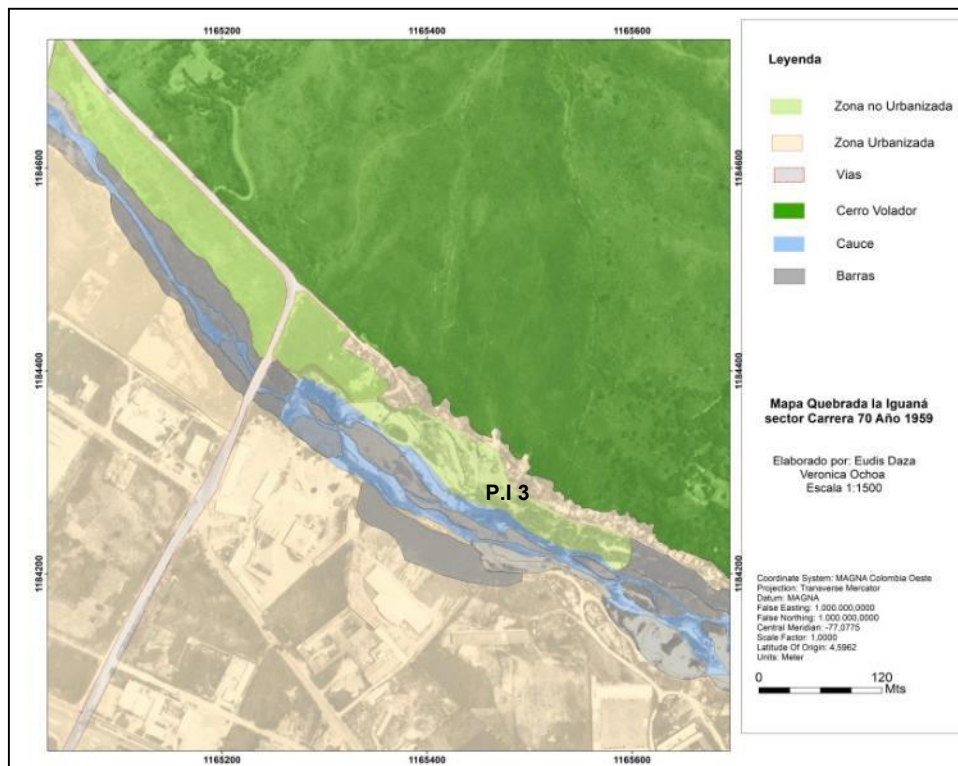
La figura 39. Localizada en el margen izquierda de la quebrada, talud colapsado utilizado para parqueaderos a 43 metros del puente de la carrera 70

### **7.6.8 PUNTO DE INTERÉS 3.**

Este punto de interés se encuentra localizado cerca del azud de la carrera 70 en la margen derecha de la quebrada.

En el año 1959 se resalta que la quebrada no había sido intervenida para la rectificación del cauce, la llanura de inundación es amplia y hay pocos asentamientos

humanos; el ancho del cauce en este sector era de aproximadamente 80-90 m y una llanura aluvial amplia donde se observa grandes depósitos de materiales aluviales. En el año 1976 se consolida la invasión del barrio la Iguaná, y el cauce ya canalizado en ciertos sectores es de aproximadamente 15 m, reducción elimina gran parte de la llanura aluvial solo quedando reflejadas las terrazas. El crecimiento poblacional en el 2016 ya genera algunos riesgos en las laderas en la parte donde no está canalizada la quebrada. Ver figura 36



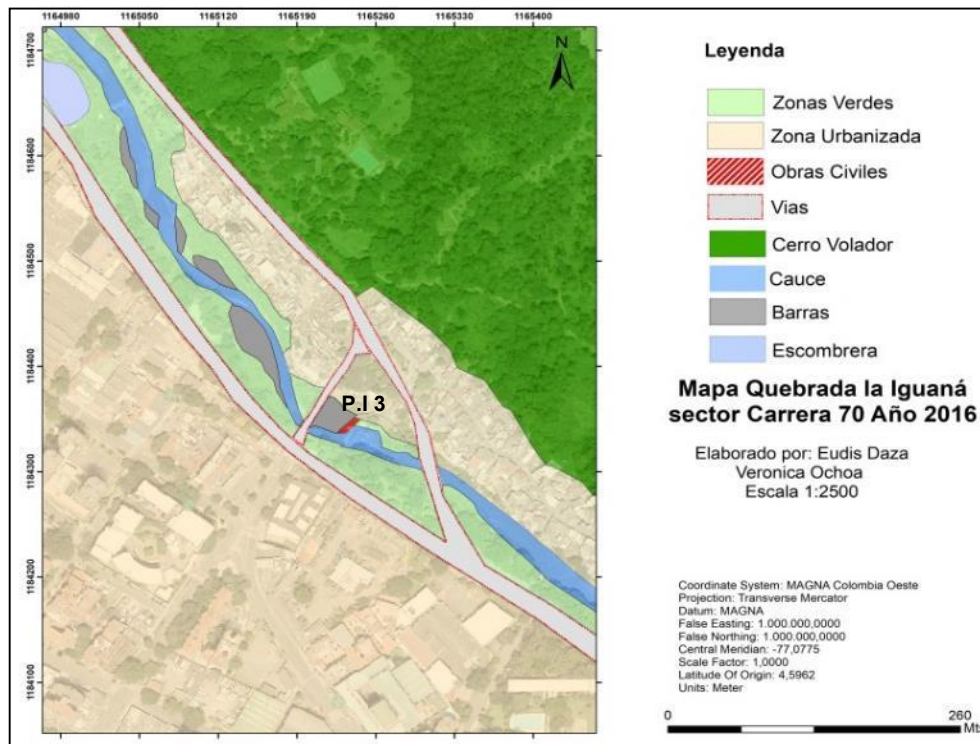
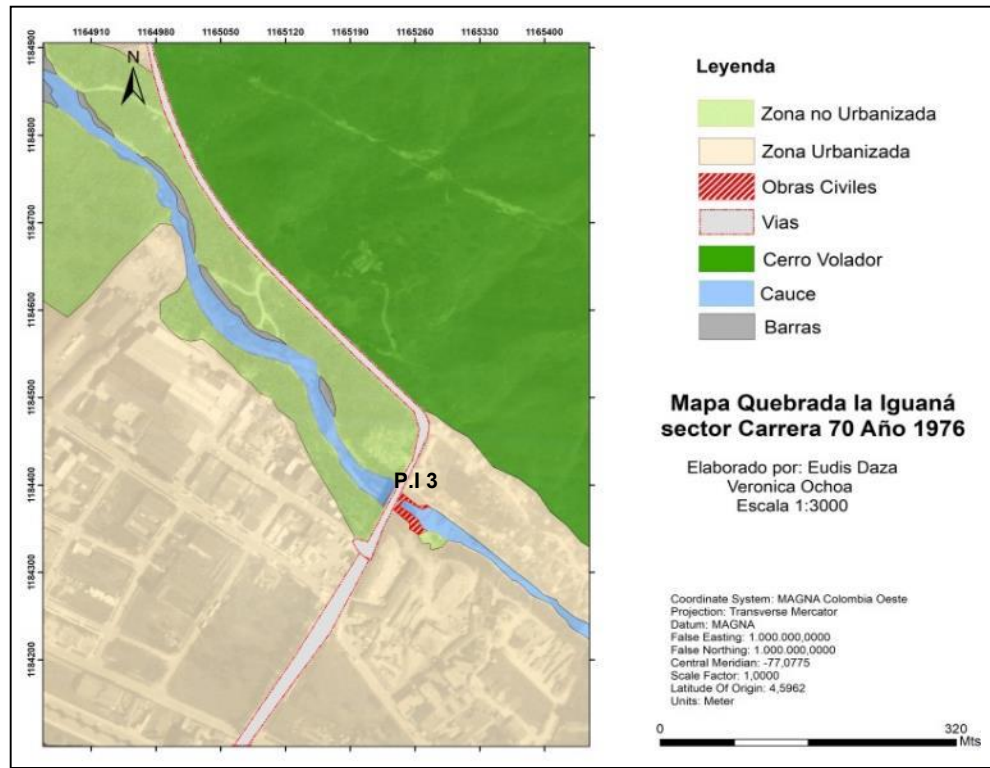


Figura 41 Comparación de fotografías aéreas

Cerca del azud de la 70 se puede observar un proceso de socavación, aguas arriba de este se instalaron gaviones, pero han sido afectados por las crecientes. El proceso está activo y progresa lentamente amenazando la margen y el talud que separa de la infraestructura de la población aledaña, como se muestra en las fotografías tomadas en campo que se muestran a continuación.



*Figura 42 Punto de Interés 3*

15/02/2018



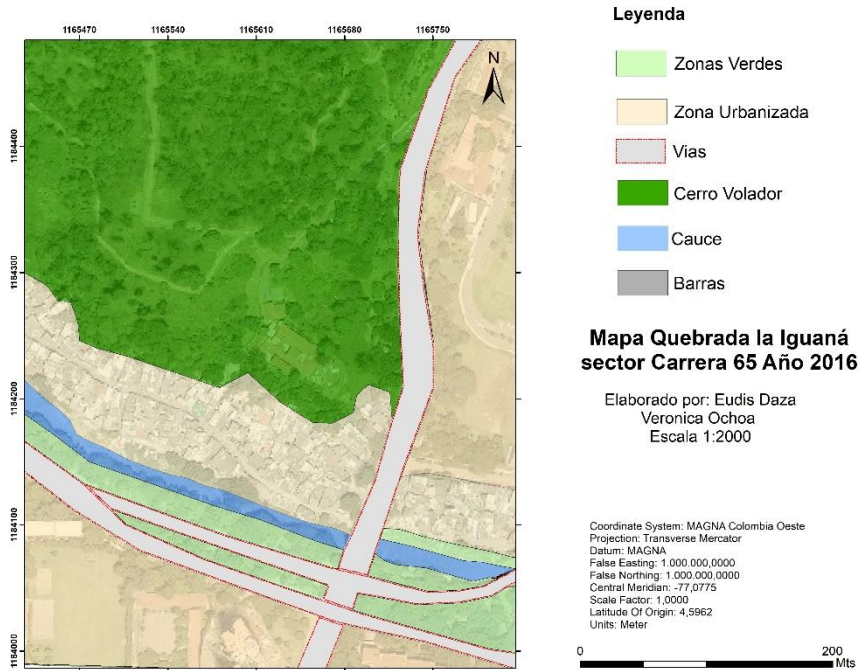
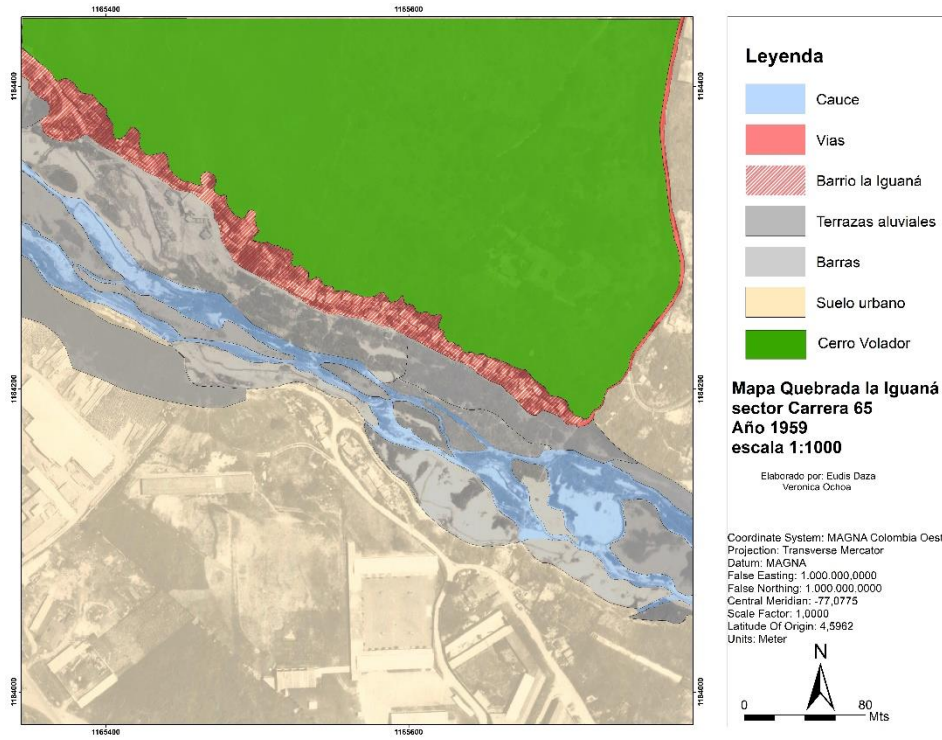
*Figura 43 Punto de interés 3*

Las Figuras 41, 42 ubicadas en la margen izquierda del cauce a un lado de la obra de control hidráulico sobre la carrera 70 se observan un proceso de socavación.

#### **7.6.9 PUNTO DE INTERÉS 4.**

Este punto de interés se encuentra localizado cerca del cruce de la carrera 65 en la margen derecha de la quebrada.

El análisis de las fotografías aéreas de 1959, nos reflejan en la parte baja, muy cerca de la desembocadura en el río Medellín, la formación de barras de gran magnitud, que responden a un proceso de agradación de sedimentos, haciendo que el cauce en este punto tenga una forma un poco anastomosada; se evidencia la poca urbanización en la llanura aluvial y poca o nulas obras viales. Ya en el año 2016 el cauce es reducido aproximadamente un 80% por su canalización, generando planicies que han sido pobladas por construcciones, eliminando así toda zona verde existente. Ver figura 37.



En la carrera 65 se puede observar la invasión de los pobladores al lecho de la quebrada, los cuales se encuentran sobrepasando el límite permitido generando una sobrecarga en el talud, desencadenando desprendimientos e inundaciones del sector, como lo muestran las fotografías tomadas en campo.



*Figura 44 Punto de Interés 4*

15/02/2018



*Figura 45 Punto de Interés 4*

Las Figuras 43, 44 muestran viviendas dentro del cauce principal ubicadas en el margen izquierda de la quebrada a 24 metros del puente de la carrera 65.

## 8 DISCUSIÓN

La quebrada La Iguaná es uno de los mayores tributarios del río Medellín por lo que representa una gran importancia para el Valle de Aburrá. Desde su lugar de nacimiento en el Alto de Boquerón y su cuenca alta, se identifica una morfología marcada por pendientes fuertes y forma encañonada, pero al llegar a su parte baja, las pendientes se tornan suaves y se identifican planicies aluviales. En esta última zona, donde deposita sus sedimentos, el cauce ha sufrido los mayores cambios, antiguamente poseía un recorrido en dirección Sur – Este, transitando por donde actualmente se ubica el barrio Los Colores y por el Estadio hasta desembocar en la quebrada Hueso, pero a finales del siglo XX se produjo una avenida torrencial que produjo grandes daños en el asentamiento

denominado El Robledo y cambió el rumbo de la quebrada, circulando ahora más al este, muy próxima al cerro El Volador y desembocando directamente en el río Medellín.

Generalmente en una quebrada se habla de tres tramos, una sección alta donde la corriente presenta una dinámica erosiva y forma valles estrechos, esta zona cuenta con escarpes y laderas de fuertes pendientes. De ahí viene una sección media donde hay zonas inestables, ya que la cuenca responde a variaciones climáticas o cambios en el uso del suelo, generando erosión e inestabilidad de las laderas y donde se presentan procesos morfodinámicos. Finalmente, una sección baja donde empieza a disminuir el caudal por la baja pendiente del cauce y se acumulan depósitos aluviotorrenciales hasta llegar a la desembocadura.

La quebrada y sus márgenes han sufrido una gran intervención humana en el último siglo: explotaciones de materiales de construcción, asentamientos irregulares de población en sus orillas y rectificación de su cauce. En los años 60 del siglo XX se canalizó en la zona de menor pendiente, desde la Carrera 80 hasta la autopista regional, cambiando así la morfología de la quebrada y restringiendo el cauce a un canal recto de unos 15 m de ancho en una zona donde las llanuras de inundación podrían alcanzar entre 80 y 10<sup>o</sup> m. Esta restricción permitió el desarrollo de infraestructura vial y edificios, además de la proliferación de asentamientos humanos de desarrollo incompleto, que por sus características son vulnerables ante la amenaza de avenidas torrenciales; de hecho, a lo largo del tiempo se han y se siguen presentado emergencias y desastres que han cobrado vidas y daños a las viviendas más vulnerables.

En los años 50 la población existente cerca a la quebrada era de un 10% y se situaba al lado del Cerro el Volador, y pasando solo 30 años el crecimiento poblacional en esta zona aledaña a la quebrada ya era más del 100%, invadiendo la antigua llanura aluvial. Después de todos los eventos catastróficos ocurridos en la quebrada a lo largo del siglo XX todavía estos barrios se mantienen en la ribera del río, sin respetar los retiros obligatorios exigidos por la ley, y creando nuevas edificaciones aún más cerca dentro del cauce, aumentando el riesgo de un nuevo evento trágico.

A partir de los años 80 del siglo XX se empezaron a construir obras hidráulicas para mitigar o controlar los problemas causados por las avenidas torrenciales y sus consecuencias inmediatas, como lo son los problemas de socavación lateral y los deslizamientos en los taludes de las márgenes. No obstante, las obras no han sido continuas sino puntuales, de diferentes tipos, y respondiendo a estudios separados y no integrados.

Este panorama sembró la inquietud para la presente tesis, en el identificar un poco la evolución de la quebrada y las obras, y analizar si estas han generado impactos más positivos o negativos en el medio físico y la población. Para esto, se observaron fotografías aéreas de diferentes años y se hicieron reconocimientos directos de campo.

En general, hoy en día las obras civiles se encuentran en buen estado, salvo puntuales excepciones como las obras de contención o protección lateral en inmediaciones de la carrera 70. Los controles hechos a partir de estructuras tipo “azud” que atraviesan el cauce y bajan su energía, han permitido disminuir procesos de socavación e inundación aguas abajo de las carreras 70 y 80, además que han reducido los tamaños de clastos al interior de la canalización para prevenir afectaciones aguas

abajo, facilitado el urbanismos y mayor crecimiento socio-económico. Así mismo, en zonas de canalización o instalación de muros técnicamente correctos, los procesos de socavación se han controlado. No pasa lo mismo en zonas con protecciones artesanales o llenos puestos por habitantes que intentan protegerse o ganar área para sus lotes, pues su duración es corta y son focos de riesgo.

Los impactos negativos son pocos, por ejemplo, aguas arriba del azud de la carrera 80, la baja energía que se generó en el cauce ha generado un aumento en las tasas de sedimentación, y la zona se empieza a colmatar. Haciendo un balance, las obras han tenido un impacto positivo pero puntual para la población, la energía del cauce ha estado controlada por los azudes.

Hay zonas que requieren intervenciones urgentes. Al lado derecho del puente de la carrera 80 para controlar la socavación que se encuentra en este punto, se recomienda hacer una obra para estabilizar el talud socavado y en avance. Cerca de la carrera 70 hay una zona de lleno que se internó en el cauce, con alta socavación, y donde en la parte superior hay un parqueadero. Se debe hacer otra obra o reparar la que está sufriendo socavación aguas abajo del puente de la carrera 70. Finalmente, es de mencionar que la quebrada continúa aportando grandes cantidades de sedimentos que se alojan dentro de las obras de canalización de la parte baja, lo que requiere de un mantenimiento más constante.

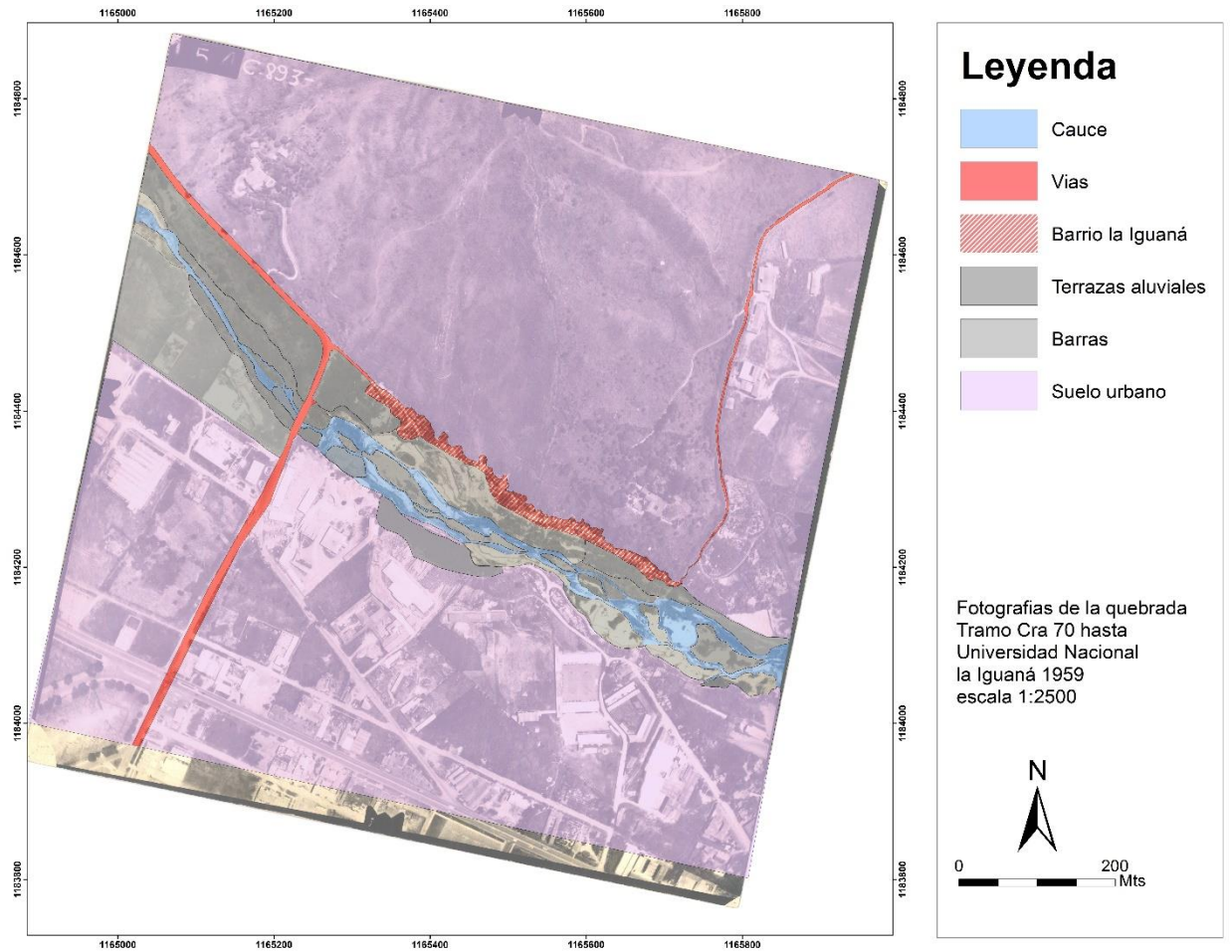


Figura 46. Mapa quebrada la Iguaná 1959

La figura 31 nos muestra el antiguo cauce de la quebrada sin ser intervenida con las obras civiles en el sector de la carrera 70.

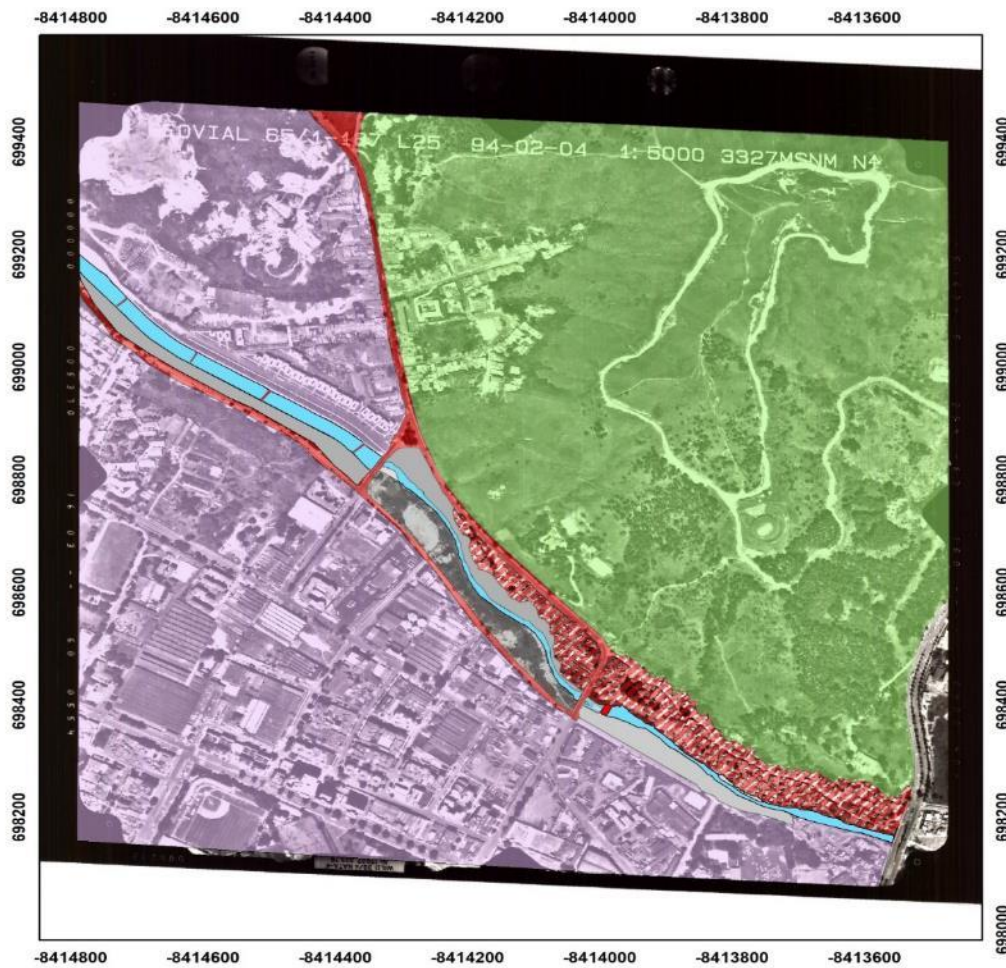


Figura 47. Mapa quebrada la Iguaná 1981

Figura 32 la canalización en la zona urbana de la quebrada y los cambios notorios en la morfología del cauce.

## 9 CONCLUSIONES.

Con se miró para entender el comportamiento de la quebrada La Iguaná en relación con su intervención, tanto en poblamiento como en las obras hidráulicas construidas, se hicieron investigaciones de hechos históricos, reconocimientos de campo y análisis de fotografías aéreas de diferentes años.

La quebrada presentó un régimen altamente torrencial, lo que unido al poblamiento irregular de sus orillas, que generó gran cantidad de desastres con pérdidas de vidas y de infraestructura.

La mayoría de las obras de ingeniería están en buen estado, aunque por el tiempo están afectadas por la corrosión y el desgaste del material y falta de mantenimiento en algunos casos, la obra hidráulica de mayor importancia es el azud de la carrera 80 el cual controla la energía del cauce, el tamaño del paso de sedimentos y la capacidad de socavación.

La comparación de fotografías aéreas permitió establecer que las obras civiles han tenido un impacto positivo en la parte baja de la cuenca, pero que han sido insuficientes y puntuales, por lo que en la parte media se observó mayor índice de erosión y debilidades en los taludes, y cambios en muy poco tiempo de la topografía de las orillas.

Se recomiendan medidas de choque urgentes para los sitios donde hay procesos activos y un plan de control de obras a largo plazo, con intervención de análisis morfodinámicos a todo lo largo de la cuenca.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- Alcaldía de Medellín, S. d. (2011). Consultoría para realización de los diseños para atender los problemas de erosión e inestabilidad que se presentan en la quebrada La Iguaná entre la carrera 70 y 74 con ocasión de la urgencia manifiesta según decreto 0742 del 28 de abril del 2011. 110.
- AMVA, 2006 Microzonificación sísmica detallada de los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana, Sabaneta, La Estrella, Caldas y Envigado. Informe Final para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá., 745.
- Aristizábal, E. & Yokota, S., (2008). Evolución geomorfológica del valle de Aburrá y sus implicaciones en la ocurrencia de movimientos en masa.
- Bermejo, R. (18 de Mayo de 2001). Ríos o Canales. Pág18.
- Cerro, L. I.-1. (2017). Edwin García Correa. 182.
- Corantioquia. (2014) (2016). Consultoria para actualizar el plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río Aburrá – nss (2701-01), localizada en el departamento de Antioquia jurisdicción de la corporación autónoma regional del centro de Antioquia (Corantioquia). 270.
- Diego Armando Rendón G, G. E. (2006). Modelo cronoestratigráfico para el emplazamiento de los depósitos de vertiente en el Valle de Aburrá. 16.
- Echeverri, O. (2004). Análisis de los deslizamiento en la cuenca de la Quebrada La Iguana de la ciudad. 15.
- Gilsanz, J. d. (1996). Geomorfología: principios, métodos y aplicaciones. 414.
- Mariño, O. (2017). Caracterización de la cinemática y cálculo de paleotensores de esfuerzo para el conjunto principal de fallas en el valle de Aburrá, implicaciones tectónicas . 24.
- Medellín, A. D. (2006). Medellín y su población. 8.
- Medellín, A. d. (Enero de 2009). Elaboración de estudios y diseños para la solución hidáulica, estructural y geotécnia en las quebrada La Iguaná calle 59 con carrera 70. informe final tomo V. Medellín. Pág 30.

- Medellín, a. d. (2011). Consultoría para la realización de los diseños para atender los problemas de erosión e inestabilidad que se presentan en la quebrada La Iguaná entre carrera 70 y 74 con ocasión de la urgencia manifiesta según decreto 0742 del 28 de abril del 2011. 107 Pág.
- Medellín, A. D. (2012). Parques Lineales Quebradas Giraldo. 38.
- Medellín, A. d. (10 Marzo de 2015). La ciudad más innovadora. Pág 12.
- Medellín, D. A. (2011). Descripción de zonas homogéneas microzonificación sísmica del área urbana de Medellín . 24.
- Medellín, M. d. (2012). Documento técnico de soporte. Plan parcial Pajarito, Pág 10.
- Municipio de Medellín, Á. M. (2009). Amenaza, vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa, avenidas torrenciales e inundaciones en el valle de Aburrá. formulación de propuestas de gestión. 281.
- Muñoz, F. (1870). *Generalidades y delimitación del área de estudio*. Medellín.
- Muñoz, J. (29 Agosto de 2011). Ubicación geográfica de Medellín. Pág 2.
- Rendón, D.; Toro, G. y Trillos, D., 2005. Dataciones de los Depósitos de Vertiente en el Sur Oriente de Medellín; nuevos referentes para la evolución del Valle de Aburrá. X Congreso Colombiano de Geología, Bogotá. 12 P.
- Restrepo, J.J., 2007. Obduction and metamorphism of triassic ophiolites in the tahamí terrane flank west, cordillera central Colombia, Universidad Nacional de Colombia
- Rodríguez Gabriel, e. a. (2005). Geología de la plancha 147 Medellín oriental. Pág 312.
- Tánago, M. G. (2008). Efectos de canalización. Pág 11.
- Trujillo, G. C. (22 de Octubre de 2002). Quebrada La Íguaná. Pág 17.
- Valencia, O. E. (2004). Análisis de los deslizamientos en la cuenca de la quebrada la iguaná de la ciudad de Medellín a partir de la interacción lluviapendiente-formación geológica. 14.

