



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LA  
QUEBRADA LA GARCÍA (MUNICIPIO DE  
BELLO, ANTIOQUIA) COMO CONSECUENCIA  
DE LA OCUPACIÓN DE LAS ZONAS DE RETIRO  
Y LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS  
RESIDUALES DEL SISTEMA DE  
ALCANTARILLADO**

Juan Diego Orozco Restrepo

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería, Escuela ambiental,  
Especialización en manejo y gestión del agua

Medellín, Colombia

2020



Impactos ambientales sobre la quebrada La García (municipio de Bello, Antioquia) como consecuencia de la ocupación de las zonas de retiro y los vertimientos de aguas residuales del sistema de alcantarillado

**Juan Diego Orozco Restrepo**

Trabajo de monografía presentado como requisito parcial para optar al título de:

**Especialista en manejo y gestión del agua**

Asesor (a):

Juan Pablo Salazar Giraldo– Geólogo, Especialista en Evaluación del Impacto Ambiental,  
PhD D Ingeniería

Línea de Investigación:

Gestión del recurso hídrico y manejo del agua

Universidad de Antioquia

Facultad de ingeniería, Escuela Ambiental, Especialización en manejo y gestión del agua

Medellín, Colombia

2020

# **IMPACTOS AMBIENTALES SOBRE LA QUEBRADA LA GARCÍA (MUNICIPIO DE BELLO, ANTIOQUIA) COMO CONSECUENCIA DE LA OCUPACIÓN DE LAS ZONAS DE RETIRO Y LOS VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DEL SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

**Resumen:** El desplazamiento de familias desde las zonas rurales del territorio colombiano a las zonas urbanas ha generado que las comunidades que llegan a las ciudades en busca de oportunidades se asienten en zonas que no estaban ocupadas dentro del perímetro urbano, estas ocupaciones se dan comúnmente en zonas catalogadas como alto riesgo de desastre natural debido a la posibilidad de que ocurra un evento de carácter natural que afecte directamente a las comunidades que allí habitan, dejando pérdidas materiales y humanas.

La quebrada La García en el municipio de Bello no es ajena a los asentamientos informales, su zona de retiro que según el plan de ordenamiento territorial del municipio es catalogada como una zona de amenaza hidrológica alta ha sido ocupada a lo largo de su paso por el área urbana de este municipio que está ubicado al norte del área metropolitana del Valle de Aburrá. Esta situación de informalidad y riesgo no ha permitido que las comunidades asentadas en estas zonas se les preste el servicio de alcantarillado debido a las políticas relacionadas al tema de servicios públicos por lo que obliga a que los habitantes dirijan sus redes de alcantarillado a la quebrada y descarguen las aguas que son producto de sus actividades diarias al cauce, adicional a esto la red de alcantarillado de la empresa de servicios públicos a usado por años esta quebrada como desagüe natural para la evacuación de las aguas residuales captadas por el sistema afectando directamente la calidad del agua de La García.

**Palabras clave:** *Asentamiento informal, calidad del agua, cobertura de alcantarillado, zona de alto riesgo y zona de retiro.*

## INTRODUCCIÓN

El municipio de Bello es uno de los territorios que compone la cuenca del río Aburrá-Medellín, entre las microcuencas que se encuentran dentro del municipio y que tributan al río Aburrá-Medellín se encuentra la microcuenca de la quebrada La García que atraviesa con su cauce de occidente a oriente la zona urbana del territorio siendo esta la más importante. Este municipio ubicado al norte del Valle de Aburrá ha tenido un notable crecimiento urbano se ve evidencia en la expansión urbana en las zonas periféricas, e crecimiento en el interior del perímetro urbano y en la ocupación de las zonas sin intervención. El crecimiento urbano en el municipio de Bello no ha sido ajeno a los asentamientos informales, los cuales se han desarrollado en zonas de uso del suelo restringido debido estar consideradas en alto riesgo y con carencia de acceso a servicios públicos debido a sus condiciones, estos asentamientos persisten en el tiempo hasta convertirse en áreas formales que se han desarrollado de forma poco ordenada, pero se integran al resto de la estructura de la zona urbana.

Un asentamiento informal importante dentro del perímetro urbano del municipio de Bello es el ubicado en la ribera de la quebrada La García desde finales de los años ochenta, este asentamiento es una invasión de las zonas de retiro de la quebrada en su tránsito por el área urbana del municipio de Bello hasta llegar a su desembocadura al río Medellín- Aburrá. Los asentamientos informales en la zona de retiro de la quebrada La García han tenido a lo largo de su historia una dinámica que permite identificar expansión en algunos de los asentamientos, presencia nuevos asentamientos en zonas de la ribera y hasta el retiro de asentamientos en alguna zona puntual.

La presencia de las comunidades ya consolidadas en las zonas de retiro de la quebrada La García han generado un impacto relevante sobre la calidad del recurso hídrico debido a los vertimientos directos de aguas residuales realizados de manera informal debido a la carencia de cobertura del servicio de alcantarillado, y a la inadecuada disposición de escombros y basuras en su cauce. Es importante resaltar que el impacto en la calidad del agua de la quebrada La García afecta directamente la calidad del agua del río Aburrá-Medellín debido a que la quebrada es tributaria del río, esta alteración en la calidad del agua de la quebrada afecta el cumplimiento de los *“objetivos de calidad del río Aburrá-Medellín para el periodo 2012-2022”*.

Además de las problemáticas asociada a la calidad del recurso hídrico también se presentan las condiciones de riesgo por inundación debido a la presencia de estos asentamientos humanos en zonas de amenaza hidrológica alta por inundación en la ribera de la quebrada La García sumado a las condiciones de vulnerabilidad de las comunidades que allí habitan representadas en sus condiciones socioeconómicas y fragilidad de la infraestructura que poseen.

El objetivo de la presente monografía consiste en identificar los asentamiento informales asentados en la zona de retiro de la quebrada La García para evaluar los impactos ambientales sobre la calidad del agua de la quebrada con base a los objetivos de calidad del río Aburrá-Medellín que plantea el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, adicionalmente se realiza un análisis de las dinámicas históricas de las comunidades que se han asentado en las zonas de retiro de la quebrada para conocer los cambios que se han dado en el tiempo e identificar las zonas de amenaza hidrológica relacionadas a la ocupación del cauce.

## **OBJETIVOS**

### ***Objetivo general***

Analizar los impactos ambientales negativos sobre la quebrada La García asociados a la ocupación de la zona de retiro y los vertimientos de aguas residuales del sistema de alcantarillado.

### ***Objetivos específicos***

Revisar las dinámicas históricas de la expansión urbana que ocupa la zona de retiro de la quebrada La García dentro del perímetro urbano del municipio de Bello.

Identificar los riesgos a los que están expuestas las comunidades asentadas en la zona de retiro de la quebrada La García.

Identificar los impactos ambientales sobre la calidad del agua de la quebrada La García con relación a la ocupación de la zona de retiro y los vertimientos de aguas residuales del sistema de alcantarillado.

## **METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de la monografía se planteó una metodología basada en cuatro etapas: *i.* búsqueda de información, *ii.* selección de la información, *iii.* herramientas geomáticas y *iv.* síntesis de la información. La etapa de búsqueda de información consistió en investigar y reunir información sobre cada uno de los componentes relacionados con el tema de la monografía, la etapa de selección de la información se basó en analizar y evaluar la información encontrada en la fase anterior para identificar la importancia, enfoque y aporte que tuvo lo encontrado para el desarrollo del trabajo, posterior a la selección de la información se realizó la fase de uso de herramientas geomáticas con Google Earth donde con la información encontrada se realiza un representación gráfica y para la fase final que fue la síntesis de la información se dio estructura al trabajo dando cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados y conclusiones.

En la *Tabla 1* se describe detalladamente cada una de las fases planteadas para el desarrollo de la monografía.

## **1 MARCO TEORICO**

Para entender la incidencia de los factores que alteran de forma directa o indirecta la calidad del agua de la quebrada La García es necesario profundizar en cada uno de ellos para identificar las causas y sus efectos. Entre los factores que inciden en la alteración de la calidad del agua en la quebrada se encuentra la ocupación de las zonas de retiro, las condiciones de legalidad con respecto al plan de ordenamiento territorial del municipio de Bello y las implicaciones que trae consigo en los temas de cobertura y prestación de servicios públicos de alcantarillado. A continuación, se describen los factores que inciden sobre la problemática ambiental de la calidad del agua de la quebrada La García debido a la ocupación de las zonas de retiro de la quebrada, las condiciones de legalidad frente al plan de ordenamiento territorial del municipio de Bello y las implicaciones que traen consigo en temas como la prestación y cobertura de los servicios públicos de alcantarillado.

**Tabla 1. Metodología**

<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIPCION</b>
<b>BUSQUEDA DE INFORMACION</b> ZONA DE ESTUDIO	Búsqueda de información específica sobre la quebrada La García y relacionada a los asentamientos existentes en la zona de retiro. Revisión de del Plan de Ordenación y Manejo de la cuenca La García (POMCA), el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bello (POT) y el Plan Municipal de Gestión del Riesgo de Desastre (PMGRD).
DATOS E INFORMACIÓN	Búsqueda de literatura relacionada a los temas de estudio como los asentamientos informales, las zonas de retiro de las quebradas y ríos e información relacionada a los efectos de las descargas de agua residual en la quebrada La García. Para la búsqueda se usarán las bases de datos proporcionadas por el Sistema de Bibliotecas, los Centros de Documentación de la Universidad. Búsqueda de información relacionada con la medición de los parámetros del agua de la quebrada La García para establecer la calidad del agua en las bases de datos del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.
NORMATIVIDAD	Búsqueda de la normativa vigente en el contexto nacional y local que está relacionada con los asentamientos informales, zonas de retiro de las fuentes hídricas, calidad del agua, cobertura y prestación del servicio de alcantarillado.
GEOINFORMACION	Búsqueda de aerofotos que permitan una interpretación del territorio ribereño de la quebrada La García en épocas anteriores donde se permita visualizar el cambio que ha tenido con respecto al tiempo actual. Revisión de las herramientas geoinformáticas de la empresa de servicios públicos (EPM) donde se identifique la cobertura de la red de alcantarillado y las descargas del sistema en la quebrada La García.

ETAPA	DESCRIPCION
<b>SELECCIÓN DE LA INFORMACION</b> IMPORTANCIA, ENFOQUE Y APORTE	<p>Análisis de la información encontrada en la etapa de la BUSQUEDA DE INFORMACIÓN e identificación de la más importante en el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados.</p> <p>Determinación del enfoque y el aporte que puede dar la información encontrada para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados.</p> <p>En la revisión de las dinámicas históricas de los asentamientos en la zona de retiro de la quebrada La García se plantea el uso de aerofotos de años atrás donde no se presente ninguna alteración en la ribera de la quebrada para comparar con las imágenes satelitales actuales.</p> <p>En la identificación de los impactos ambientales sobre la calidad del agua de la quebrada La García es necesario hacer un análisis de los registros históricos encontrados sobre la medición de los parámetros del agua de la quebrada.</p> <p>Para el análisis de los riesgos a los que se encuentran expuestas la comunidades asentadas en la zona de retiro de la quebrada La García es necesario una revisión en lo que establece el POMCA de la cuenca , POT y el PMGRD del municipio de Bello.</p>
<b>HERRAMIENTA GEOMATICA</b> REPRESENTACIÓN	<p>Con las herramientas geomáticas y la información encontrada se ilustra la dinámica histórica de los asentamientos informales en la zona de retiro, las descargas del sistema de alcantarillado y las zonas de alto riesgo de la quebrada La García.</p>
<b>SINTESIS DE LA INFORMACIÓN</b>	<p>Se sintetiza la información encontrada para proceder con la estructuración y construcción del cuerpo de la monografía, el desarrollo de cada uno de los objetivos planteados y conclusiones.</p>

## **1.1 Asentamientos en zonas de retiro**

Los asentamientos informales corresponden a un conjunto de edificaciones construidas en condiciones inadecuadas y que son empleadas como viviendas por la comunidad que las construye en los territorios que generalmente son ocupados de manera ilegal, de condiciones ambientales deficientes y carencia de infraestructura comunitaria (Jordan, 1984). Uno de los territorios donde comúnmente se emplazan los asentamientos informales es la zona de retiro de las quebradas y ríos, el Decreto 193 (2011) del municipio de Bello define el retiro de la corriente natural como:

*“la distancia horizontal medida desde el borde superior de aguas máximas como faja de seguridad y se determina según las características de la corriente natural y la morfología del cauce, que corresponde a una faja de terreno paralela a las líneas de máxima inundación o al borde superior del canal natural o artificial” (p. 31).*

Debido a que la ocupación de las zonas de retiro de las quebradas se presenta usualmente de forma invasiva y no planificada, la prestación del servicio de alcantarillado es limitada debido a la no legalidad de la urbanización, esta situación genera un impacto ambiental en el cauce de las quebradas debido a la descarga directa de aguas residuales a la corriente natural por parte de las edificaciones allí establecidas.

En Colombia los municipios cuentan con su Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que tiene como objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible (Ley 388, 1997). El POT del municipio de Bello (2009, p. 31) en el artículo 12 establece que entre las funciones de las zonas de retiro está servir como faja de protección en eventos de inundación y desbordamiento, conservación del recurso hídrico, brindar estabilidad a los taludes que conforman el cauce de la quebrada, posibilitar el uso de las servidumbres para la extensión de redes servicios público, mantenimiento del cauce y proporcionar áreas de recreación y de senderos ecológicos. Teniendo en cuenta lo anterior es preciso indicar que la ocupación de las zonas de retiro por las comunidades asentadas en la quebrada La García van en contra de los lineamientos del POT del municipio.

Para los asentamientos ubicados en la zona de retiro de la quebrada La García el artículo 147 del POT del municipio de Bello indica que estas comunidades se encuentran en una zona de riesgo no mitigable por inundación en el suelo urbano, se entiende por zona de riesgo no mitigable o no recuperable a:

*“Las áreas urbanas o rurales, en gran parte ocupadas con vivienda que por su conformación topográfica de altas pendientes, características hidrogeológicas o por la presencia de procesos de inestabilidad geológica activos o latentes, por estar sometidas a una amenaza o riesgo externo, son altamente inestables y de difícil tratamiento para su recuperación; así como aquellos terrenos ubicados en márgenes de quebradas o ríos y en planicies de inundación carentes de obras de protección y que no son aptas para la localización de asentamientos humanos (Alcaldía de Bello, 2009c)”*

## **1.2 Legalidad de los asentamientos informales**

Colombia tiene establecidos unos lineamientos relacionados al reconocimiento de edificaciones y legalización de asentamientos humanos que fueron establecidos inicialmente mediante el decreto 564 de 2006 y que posteriormente fueron modificados con el decreto 1469 de 2010, este último decreto en el Título II, Capítulo I cita lo siguiente en relación a la legalización de predios:

*“Artículo 65. Situaciones en las que no procede el reconocimiento de edificaciones. No procederá el reconocimiento de edificaciones o la parte de ellas que se encuentren localizados en:*



1. *Las áreas o zonas de protección ambiental y el suelo clasificado como de protección en el Plan de Ordenamiento Territorial o en los instrumentos que lo desarrollen y complementen, salvo que se trate de zonas sometidas a medidas de manejo especial ambiental para la armonización y/o normalización de las edificaciones preexistentes a su interior.*
2. *Las zonas declaradas como de alto riesgo no mitigable identificadas en el Plan de Ordenamiento Territorial o los instrumentos que lo desarrollen y complementen.”*

Los asentamientos informales usualmente están ubicados en zonas de las ciudades definidas como suelos de protección y zonas establecidas por la autoridad local como alto riesgo debido a la alta probabilidad de ocurrencia de un evento natural que puede causar daños si allí se habita. Lo anterior ocurre con el asentamiento informal de la quebrada La García que se encuentra ubicado en una zona de protección ambiental y que a su vez es declarada por el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bello como zona de alto riesgo no mitigable por inundación debido que es la zona de retiro e inundación del cauce.

### **1.3 Servicios públicos en los asentamientos informales**

La prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado está sujeta a una serie de lineamientos que deben ser cumplidos para poder solicitar y obtener la prestación de los servicios. Mediante el Decreto 302 de 2000 se reglamenta la Ley 142 de 1994, en materia de prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado, en el Capítulo II del decreto se cita:

*“Artículo 7°. Condiciones de acceso a los servicios. Para obtener la conexión de los servicios de acueducto y alcantarillado, el inmueble deberá cumplir los siguientes requisitos:*

*7.1 Estar ubicado dentro del perímetro de servicio, tal como lo dispone el parágrafo segundo del artículo 12 de la Ley 388 de 1997.*

*7.2 Contar con la Licencia de Construcción cuando se trate de edificaciones por construir, o la cédula catastral en el caso de obras terminadas.*

*7.3 Estar ubicado en zonas que cuenten con vías de acceso o espacios públicos y redes de acueducto o alcantarillado requeridas para adelantar las redes locales y las conexiones domiciliarias que permitan atender las necesidades del inmueble.*

*7.4 Estar conectado al sistema público de alcantarillado, cuando se pretenda la conexión al servicio de acueducto, salvo lo establecido en el artículo 4° de este decreto.*

*7.5 Contar con un sistema de tratamiento y disposición final adecuada de aguas residuales debidamente aprobado por la autoridad ambiental competente, cuando, no obstante, ser usuario o suscriptor de la red de acueducto, no existe red de alcantarillado en la zona del inmueble.*

*7.6 Los usuarios industriales y/o especiales de alcantarillado que manejen productos químicos y derivados del petróleo deberán contar con un plan de contingencia que garantice que bajo ninguna condición se corre el riesgo de que estas sustancias lleguen al sistema público de alcantarillado.*

*7.7 La conexión al sistema de alcantarillado de los sótanos y semisótanos podrá realizarse previo el cumplimiento de las normas técnicas fijadas por la entidad prestadora de los servicios públicos.*

*7.8 Contar con tanque de almacenamiento de agua cuando la Entidad Prestadora de Servicios Públicos lo justifique por condiciones técnicas locales. Los tanques de almacenamiento deberán disponer de los elementos necesarios para evitar los desperdicios y la contaminación del agua y deberán ajustarse a las normas establecidas por la entidad.*

*7.9 En edificaciones de tres (3) o más pisos, contar con los sistemas necesarios para permitir la utilización eficiente de los servicios.”*

Debido a que los asentamientos informales de la quebrada La García están ubicados en la zona de retiro del cauce y al ser esta una zona declarada como alto riesgo no mitigable las edificaciones allí situadas no cuentan con cedula catastral lo que incumple uno de los requisitos establecidos por el decreto 302 de 2000 para que estas propiedades se vinculen a la prestación de los servicios públicos de acueducto y alcantarillado, por ello las comunidades que habitan en esta zona encuentran como única alternativa para la evacuación las aguas residuales que son producidas en las actividades diarias domésticas el vertimiento sobre el flujo libre de la quebrada La García.

#### **1.4 Objetivos de Calidad del agua en la quebrada La García**

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA) mediante la resolución D 002016 (2012) establece los objetivos de calidad del agua del Río Aburrá-Medellín para un periodo entre el 2012-2022, mediante la resolución 2294 (2019) esta autoridad ambiental en conjunto con la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA) y la Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (CORNARE) adoptan el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico del Río Aburrá-Medellín (POHR) que establece los nuevos objetivos de calidad del agua del río en el corto, mediano y largo plazo para el periodo 2019-2030. Estos objetivos tienen como fin recuperar la calidad del agua del río Aburrá-Medellín y a su vez la calidad del agua de cada una de las quebradas que desembocan en él.

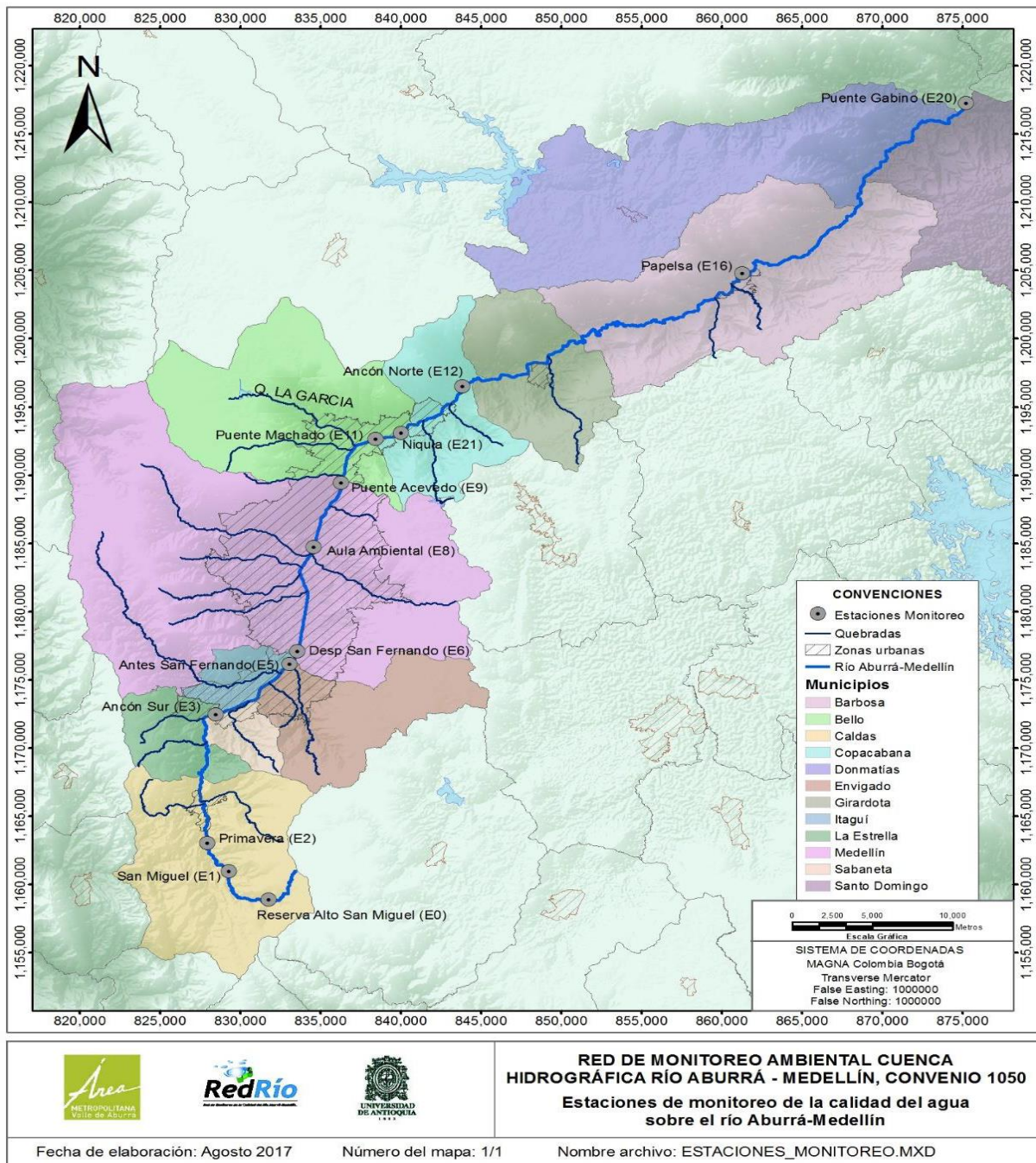
Los objetivos de calidad del agua del Río Aburrá-Medellín establecen los límites permisibles para cada uno de los parámetros físicos, químicos y biológicos del agua del río evaluados en diferentes tramos a lo largo del cauce, adicional a esto se evalúa la calidad del agua de las quebradas que derraman sus aguas directamente en el río con respecto a los objetivos del tramo al que pertenecen (RedRío, 2018). Para realizar el diagnóstico de la calidad del agua del Río Aburrá-Medellín el trayecto del cauce según la Resolución D 002016 de 2012 se dividió en siete tramos:

- **Tramo 1:** Desde el nacimiento del Río Aburrá-Medellín, hasta el límite de la zona de reserva ecológica.
- **Tramo 2:** Desde la estación San Miguel (E1), hasta la estación Primavera (E2).
- **Tramo 3:** Desde la estación Primavera (E2), hasta la estación Ancón Sur (E3).
- **Tramo 4:** Desde la estación Ancón Sur (E3), hasta la estación del Aula Ambiental (E8).
- **Tramo 5:** Desde la estación del Aula Ambiental (E8), hasta la estación Ancón Norte (E12).
- **Tramo 6:** Desde la estación Ancón Norte (E12), hasta la estación Papelsa (E16).
- **Tramo 7:** Desde la estación Papelsa (E16), hasta la estación Puente Gabino (E20).

Los objetivos planteados en el PORH rigen a partir del año 2022 para los tramos que están en la jurisdicción del AMVA y CORANTIOQUIA, es decir, desde el tramo 1 hasta el tramo 6; y desde el año 2024 para el tramo 7 que es jurisdicción conjunta de CORANTIOQUIA y CORNARE.

La quebrada La García debido a su descarga (E10) en el Río Aburrá-Medellín como se aprecia en la *Figura 1* debe cumplir los objetivos de calidad del agua definidos por la resolución para el tramo 5 (ver **Tabla 2**) que está comprendido entre el Aula Ambiental (E8)

hasta el Ancón Norte (E12). Es importante evaluar el cumplimiento de los parámetros de calidad del agua de la quebrada con respecto a los objetivos del tramo para verificar el cumplimiento o no de la calidad del agua que se vierte en las aguas de río Aburrá-Medellín.



**Figura 1.** Estaciones de monitoreo de la calidad del agua de Río Aburrá-Medellín. RedRío. (2018). INFORME FINAL DE CALIDAD AGUA SUPERFICIAL (pp. 51). Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Redrio/informe-final-de-calidad-de-agua-superficial.pdf>

Tabla 2. Objetivos de Calidad del Agua del Río Aburrá-Medellín

USO DEL RECURSO HIDRICO					2012-2013	2014-2016	2017-2021	
TRAMO	CORTO PLAZO (0 - 2 AÑOS)	MEDIANO PLAZO (2 -5 AÑOS)	LARGO PLAZO (5 - 10 AÑOS)	PARAMETRO	UNIDAD	VALOR (0 - 2 AÑOS)	VALOR (2 -5 AÑOS)	VALOR (5 - 10 AÑOS)
<b>Tramo 5 Aula Ambiental - Ancón Norte (37,1 - 54,4 km)</b>	Industrial Estético Receptor y transporte de vertimientos cumpliendo las normas ambientales vigentes	Industrial Estético Receptor y transporte de vertimientos cumpliendo las normas ambientales vigentes	Industrial Estético Receptor y transporte de vertimientos cumpliendo las normas ambientales vigentes	DBO5	mg/L	< 100	< 80	< 50
				DQO	mg/L	< 200	< 150	<100
				pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5
				OD	mg/L	> 2	> 3	> 4
				SST	mg/L	< 400	< 300	< 200
				CONDUCTIVIDAD	µS/cm	< 350	< 250	< 120
				COLIFORMES TOTALES	NMP	-	-	-
				COLIFORMES FECALES	NMP	-	-	-
				NITROGENO TOTAL (NTK)	mg/L	< 15	< 15	< 10
				FOSFORO TOTAL	mg/L	< 6	< 6	< 2
				GRASAS Y ACEITES	mg/L	< 20	< 20	< 20
				OLORES OFENSIVOS	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
				COLOR VERDADERO	Pt - Co	< 75	< 50	< 50
				RESIDUOS SOLIDOS ESPECIALES	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
				SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM)	mg/L	< 5	< 4	<4
BMWP	BMWP	> 8	> 16	> 16				

Adaptado de: Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2012). RESOLUCION D 002016. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Normatividad/resolucion-2012-002016.pdf>

## 2 QUEBRADA LA GARCÍA

### 2.1 Localización

El municipio de Bello está ubicado al norte del Valle de Aburrá en el departamento de Antioquia, es uno de los diez municipios que componen el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y uno de los quince que integra la cuenca del Río Aburrá-Medellín (MINAMBIENTE et al., 2018), cuenta con una extensión aproximada de 142,36 km<sup>2</sup>, de los cuales 19,7 km<sup>2</sup> corresponden a la zona urbana y 122,66 km<sup>2</sup> a zona rural (Secretaría de Planeación de Bello, 2018), al año 2018 según el censo nacional realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) reportó 481.901 habitantes.

La microcuenca de la quebrada La García se encuentra dentro de la jurisdicción del municipio de Bello, su quebrada es afluente del Río Aburrá-Medellín y dentro del Plan de Ordenamiento territorial del municipio es la cuenca más importante para el Plan Maestro de Saneamiento del Río Aburrá- Medellín, está ubicada en la vertiente occidental del Valle de Aburrá y la quebrada fluye de occidente a oriente y atraviesa la zona centro del municipio. La parte más alta de la microcuenca está a los 3.150 msnm en la zona occidental del cerro de las Baldías y su parte más baja está a los 1.414 msnm donde la quebrada desemboca en el cauce del río Aburrá-Medellín, la microcuenca tiene límites al norte y occidente con el municipio de San Pedro de los Milagros, al oriente con las microcuencas de las quebradas La Señorita y La Seca, y al sur con la microcuenca de la quebrada El Hato y el cauce del río. La superficie de la microcuenca La García es de aproximadamente 83,74 km<sup>2</sup> que representan 59% de la extensión total del municipio de Bello como se puede ver en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, el suelo urbano compone el 3,4% del territorio de la microcuenca y el restante es zona rural, zonas suburbanas y suelo de expansión (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008).



**Figura 2.** Ubicación de la microcuenca La García en el municipio de Bello. Área Metropolitana del Valle de Aburra (2018). Quebrada La García. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/noticias/quebrada-la-garcía>

El cauce principal de la quebrada La García tiene una longitud de 19,30 km que atraviesa en el tramo alto las veredas de Sabanalarga, La China y La Unión, en el tramo medio las veredas La Primavera, Puertas, El Tambo, Cerezales y Tierradentro y por último en el tramo bajo antes de entregar sus aguas al río atraviesa toda la zona urbana del municipio de

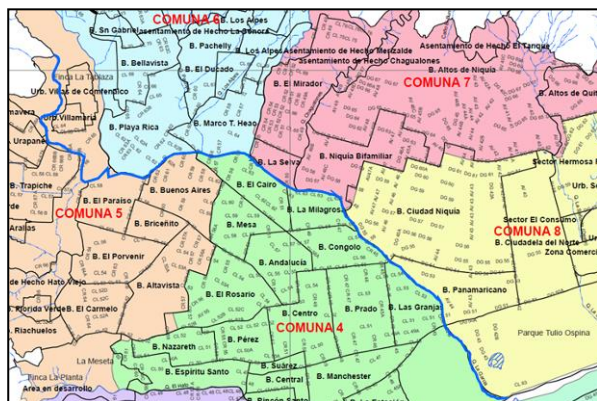


Bello (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2018). La quebrada La García en su paso por el área urbana del municipio de Bello fluye por las comunas cuatro (Suarez), cinco (La Cumbre), seis (Bellavista), siete (Altos de Niquía) y ocho (Niquía), estas comunas limitan con el cauce de la quebrada en sus barrios más bajos en las márgenes del cauce, es en estos sitios donde se presentan los asentamientos informales que se han desarrollado en el tiempo en la zona de retiro de la quebrada.

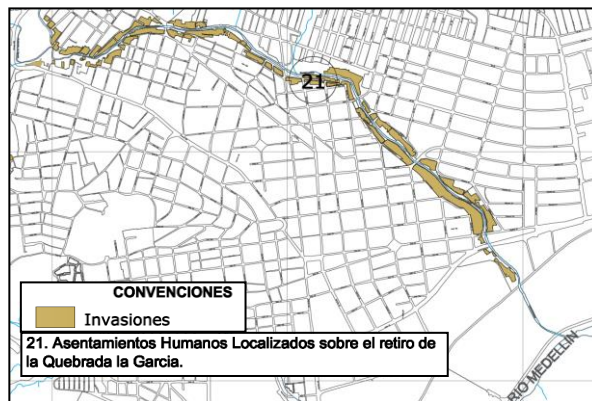
## 2.2 Asentamientos en la zona de retiro de la quebrada La García

El Plan de Ordenación y Manejo de la Microcuenca de la quebrada La García (2008) en relación a la ocupación del espacio físico – espacial indica que en el paso de la quebrada por la zona urbana del municipio de Bello los retiros del cauce han desaparecido y esto se debe a la ocupación de estas zonas de manera indebida, por viviendas o infraestructura que se han convertido en el canal de la quebrada. En la *Figura 3* se pueden evidenciar las comunas y barrios que limitan con el cauce de la quebrada La García desde su entrada a la zona urbana del municipio hasta su desembocadura al Río Aburrá-Medellín, entre los barrios asentados o expandidos en la zona de retiro de la quebrada se encuentran: El Cairo, La Milagrosa, Cóngolo y Las Granjas por la comuna cuatro, Buenos Aires, El Paraíso, Trapiche, Urapanes, La Primavera y Villamaría por la comuna cinco, Playa Rica y La Aldea por la comuna seis, Niquia Bifamiliar y La Selva por la comuna siete y Panamericano y Ciudad Niquia por la comuna ocho.

La invasión que se presenta en las zonas de retiro de la quebrada La García como se muestra en la *Figura 4* han modificado notablemente el cauce natural y han alterado la estabilidad geológica de los terrenos ribereños del afluente tributario del Río Aburrá-Medellín, estos factores han influido en los problemas de inundación debido a los cambios en el cauce, en avenidas torrenciales y deslizamientos por la inestabilidad de los terrenos, estos eventos dejan como resultado la destrucción de las viviendas e infraestructura de las comunidades que habitan estas invasiones y que están en un constante riesgo de perder sus bienes materiales y hasta su vida.



**Figura 3.** Comunas y barrios limitantes con la quebrada La García. Alcaldía de Bello. (2009). Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL13\_Comunas y Barrios. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación.



**Figura 4.** Asentamientos en la zona de retiro de la quebrada La García. Alcaldía de Bello. (2009). Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL10\_Invasiones. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación.

La quebrada La García presenta a la altura de los sectores de Playa Rica en la comuna seis y Panamericano en la comuna ocho una reducción en el ancho del cauce como consecuencia a la ocupación de sus orillas alterando el canal natural de la corriente. La población que está ubicada en la zona urbana que integra la microcuenca de la quebrada La García corresponde al 96% del total de todo el territorio indicando una concentración alta de la población en una zona donde se tiene acceso limitado a los pocos recursos de buena calidad

lo que genera un aumento en la marginalidad y pobreza de la población ubicada en la zona de retiro (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008).

El Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bello (2009) identifica los asentamientos ubicados en la zona de retiro de la quebrada La García como zonas en riesgo no mitigable por inundación dentro del suelo urbano debido a la invasión de las orillas del cauce en su paso por esta zona, por ello el POT plantea en el artículo 122 como uno de los objetivos específicos del ordenamiento territorial urbano de Bello orientar las unidades estratégicas de planificación al desarrollo de proyectos que busquen la recuperación e integración al municipio de las áreas degradadas como el corredor de la quebrada La García, integrándola con proyectos viales, proyectos de espacio público y proyectos de vivienda con buenas especificaciones técnicas. Entre estos proyectos están los parques de quebrada planteados en el artículo 128 del POT que buscan proteger el recurso hídrico de las quebradas del municipio de Bello realizando siembra de nueva vegetación y protegiendo la existente para mejorar la conectividad biótica en las fajas y corredores de amortiguamiento de cada cauce, en el caso de la quebrada la García el POT establece:

*“Sobre La García: El parque lineal de esta quebrada hace parte de la acción estratégica en donde el Municipio de Bello pretende recuperar todo el corredor por medio de la implantación de un corredor vial, la reubicación de viviendas y la consolidación de espacio público con áreas receptoras de espacio público, para buscar la potenciación de las áreas verdes y la conexión biótica ente los ecosistemas del altiplano y el del Río Aburrá.”*

En el año 2003 el municipio de Bello planteaba iniciar la construcción del corredor vial de la quebrada La García para el año 2005 si la nación aprobaba financiar el 70 % del proyecto que para ese entonces era de 120 mil millones de pesos, la solicitud del municipio a la nación se amparado por la Ley 310 de 2002 que corresponde al apoyo a los sistemas de transporte masivo de mediana capacidad por parte del gobierno central. El proyecto consistía en guardar 60 metros en ambas márgenes de la quebrada para realizar la construcción de vías y espacio público paralelos al cauce, inicialmente se haría la intervención de las obras viales y en las siguientes dos o tres administraciones se desarrollaría el espacio público integrado por un parque lineal entre la quebrada y las vías, para ese entonces el proyecto demandaba reubicar 1300 viviendas de los asentamientos que están ubicados en la zona de retiro de la quebrada desde los años 70 (El Tiempo, 2003). En la actualidad no se cuenta ni con las vías ni con el espacio público que se proyectaba, el municipio priorizó la ejecución de obras civiles para mitigar los efectos que generan los eventos naturales asociados a las altas precipitaciones en la quebrada La García.

### **2.3 Dinámica histórica de los asentamientos en la zona de retiro de la quebrada La García**

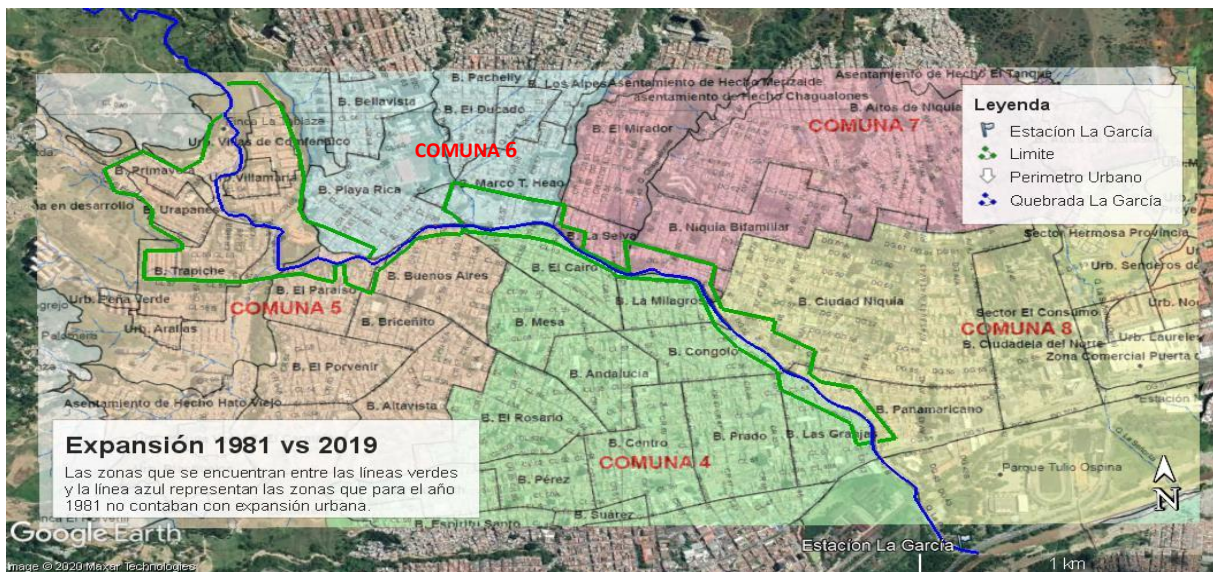
Para realizar el análisis de la dinámica histórica de los asentamientos en la zona de retiro de la quebrada La García es necesario conocer el registro más antiguo que se tenga de la zona para luego comparar con el estado actual, por ello con la ayuda de la plataforma del Banco Nacional de Imágenes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) fue posible encontrar aerofotografías no georreferenciadas que fueron obtenidas con la cámara ZEISS RMK 15/23, con una distancia focal de 153.028 milímetros y posteriormente digitalizada en escáner fotogramétrico con una resolución de 15 micrones. Las imágenes pueden visualizarse en la web debido a que son de acceso público, en el ANEXO I se adjunta la información detallada de cada imagen.

Estas imágenes fueron captadas en el año 1981 sobre el municipio de Bello donde se puede apreciar hasta donde llegaba la expansión urbana cercana a la quebrada La García, para conocer el estado actual y el cambio de la zona de retiro se usó del software geomático Google Earth que permite elaborar capas de sobreposición donde se pueden trazar líneas,

polígonos y puntos de referencia sobre un historial de imágenes desde el año 2005 hasta el año 2019.

Analizando las aerofotos del año de 1981, identificando los límites que tenía la expansión urbana cercana al cauce de la quebrada La García para esa época y comparando con la expansión urbana actual se tiene como resultado la *Figura 5*, de esta imagen se puede apreciar lo siguiente:

- La quebrada La García hace su ingreso a la zona urbana del municipio de Bello por la comuna 5, entre las urbanizaciones Villas de Comfenalco y Villamaría y los barrios Primavera, Urapanes y El Trapiche, estos sectores finalizando la década de los 70 e iniciando la década de los 80 no se habían desarrollado habitacionalmente lo que no generaba alteraciones antrópicas en la ribera de la quebrada.



**Figura 5.** Expansión urbana hacia la zona de retiro de la quebrada La García en el año 1981 vs 2019. Elaborado con Google Earth (2020)

- El barrio Playa Rica de la comuna 6 y los barrios El Paraíso y Buenos Aires de la comuna cinco para finales de los años 70 e inicio de los años 80 ya tenían una expansión urbana cercana a la quebrada La García, hoy en día la expansión urbana de estos sectores ha dado forma al cauce de la quebrada debido a la existencia de edificaciones en su borde.
- En la Comuna 7 para el inicio de los años 80 solo se contaba con el desarrollo del Barrio La Selva que se estableció en la margen derecha del cauce de la quebrada La García y que en la actualidad se ha extendido a lo largo y hacia el interior del cauce. En la parte baja del barrio Niquia Bifamiliar se contaba en la década de los 80 con una amplia zona verde entre la quebrada y el desarrollo urbano, esta faja en la actualidad ha desaparecido debido a los asentamientos que se desarrollaron en este sector al borde derecho de la quebrada.
- La Comuna 8 en los barrios Panamericano y Ciudad Niquia al inicio de los años 80 contaba con un límite definido en su expansión urbana hacia la quebrada La García, la faja entre la quebrada y las zonas residenciales era considerable, con el tiempo esta situación cambió y al día de hoy esta faja no existe debido a los asentamientos humanos ubicados en estos sectores que ocuparon desde el límite preestablecido hasta el borde de la quebrada, el



cauce se estrechó debido a la expansión de este sector y el de Las Granjas en la comuna 4.

- La comuna 5 está integrada por el centro del municipio de Bello, para la década de los años 80 esta comuna era la de mayor densidad poblacional, el desarrollo habitacional fue alto, tanto que los barrios ribereños a la quebrada La García se extendían hasta el borde de la quebrada dejando fajas libres muy mínimas que con los años fueron siendo ocupadas por asentamientos informales y vulnerables, alterando el cauce y generando estrechamiento en el mismo.

Así entonces desde hace aproximadamente 40 años ya existía ocupación de la zona de retiro de la quebrada La García y a lo largo de estos 40 años se expandió el crecimiento urbano hacia el cauce de la quebrada debido al desarrollo de asentamientos informales en las márgenes de la quebrada. Esta situación antes de que se expidiera la Ley 388 (Congreso de la República de Colombia, 1997) que es la ley de desarrollo territorial y establece que los municipios deben promover el ordenamiento territorial, el uso equitativo y racional del suelo, la conservación de los recursos naturales y la prevención de desastres en los asentamientos de alto riesgo puede tomarse como aprendizaje para iniciar las acciones pertinentes para remediar y evitar que suceda nuevamente pero no es así, posterior al año 2000 se han presentado en algunas zonas de retiro de la quebrada nuevos asentamientos informales que evidencian la falta de gestión y control de la administración local por años. Entre los asentamientos informales más recientes ubicados en la poca zona de retiro que le queda a la quebrada La García se encuentran los ubicados en los sectores de La Aldea en la comuna seis (*Figura 6*) donde preexistía un lote que fue urbanizado en el año 2012 por un conjunto residencial y respetando la faja de retiro de la quebrada, actualmente existe un asentamiento ubicado sobre la faja que se había dejado entre el conjunto y el cauce de la quebrada.



**Figura 6.** Asentamiento La Aldea, comparación año 2012 al año 2019. Elaborado con Google Earth (2020)

Otro asentamiento que puede considerarse relevante por su magnitud y ubicación que ocupa en una de las zonas de retiro que quedaba dentro de la zona urbana es el ubicado en la comuna cinco en las inmediaciones de los sectores de Primavera y la urbanización Villamaría (*Figura 8*), este asentamiento se da en la margen derecha de la quebrada entre el cauce y una vía preexistente que limitaba el desarrollo urbano de la zona, adicional a ello se presenta el crecimiento de edificaciones en un lote que posiblemente sea de un particular pero que no respeta la faja de retiro de la quebrada permitiendo que las edificaciones se establezcan como el nuevo borde del cauce.

Al analizar la dinámica de la zona de retiro de la quebrada La García entre los años 2005 y 2019 fue posible identificar una zona de retiro que fue ocupada por un asentamiento informal y posteriormente fue liberada, esta zona se encuentra frente a la estación de policía del municipio de Bello y está limitada por la margen derecha de la quebrada, los talleres del Ferrocarril de Antioquia y la autopista norte. Para el año 2011 se evidencia en la Figura 7 que las edificaciones que componían el asentamiento fueron demolidas y la cobertura vegetal aún no se recuperaba, actualmente esta zona posee cobertura vegetal y es una de las pocas fajas de la quebrada que se mantiene.



**Figura 8.** Asentamiento Primavera-El Trapiche, comparación año 2012 al año 2019. Elaborado con Google Earth (2020)



**Figura 7.** Asentamiento Talleres Ferrocarril, comparación año 2005 al año 2011. Elaborado con Google Earth (2020)

## **2.4 Descargas del sistema de alcantarillado en la quebrada La García**

Las edificaciones que componen los asentamientos informales en la ribera de la quebrada La García no cumplen con los requisitos establecidos para su reconocimiento o legalización (ver Asentamientos en zonas de retiro)

Los asentamientos informales corresponden a un conjunto de edificaciones construidas en condiciones inadecuadas y que son empleadas como viviendas por la

comunidad que las construye en los territorios que generalmente son ocupados de manera ilegal, de condiciones ambientales deficientes y carencia de infraestructura comunitaria (Jordan, 1984). Uno de los territorios donde comúnmente se emplazan los asentamientos informales es la zona de retiro de las quebradas y ríos, el Decreto 193 (2011) del municipio de Bello define el retiro de la corriente natural como:

*“la distancia horizontal medida desde el borde superior de aguas máximas como faja de seguridad y se determina según las características de la corriente natural y la morfología del cauce, que corresponde a una faja de terreno paralela a las líneas de máxima inundación o al borde superior del canal natural o artificial” (p. 31).*

Debido a que la ocupación de las zonas de retiro de las quebradas se presenta usualmente de forma invasiva y no planificada, la prestación del servicio de alcantarillado es limitada debido a la no legalidad de la urbanización, esta situación genera un impacto ambiental en el cauce de las quebradas debido a la descarga directa de aguas residuales a la corriente natural por parte de las edificaciones allí establecidas.

En Colombia los municipios cuentan con su Plan de Ordenamiento Territorial (POT) que tiene como objeto complementar la planificación económica y social con la dimensión territorial, racionalizar las intervenciones sobre el territorio y orientar su desarrollo y aprovechamiento sostenible (Ley 388, 1997). El POT del municipio de Bello (2009, p. 31) en el artículo 12 establece que entre las funciones de las zonas de retiro está servir como faja de protección en eventos de inundación y desbordamiento, conservación del recurso hídrico, brindar estabilidad a los taludes que conforman el cauce de la quebrada, posibilitar el uso de las servidumbres para la extensión de redes servicios público, mantenimiento del cauce y proporcionar áreas de recreación y de senderos ecológicos. Teniendo en cuenta lo anterior es preciso indicar que la ocupación de las zonas de retiro por las comunidades asentadas en la quebrada La García van en contra de los lineamientos del POT del municipio.

Para los asentamientos ubicados en la zona de retiro de la quebrada La García el artículo 147 del POT del municipio de Bello indica que estas comunidades se encuentran en una zona de riesgo no mitigable por inundación en el suelo urbano, se entiende por zona de riesgo no mitigable o no recuperable a:

*“Las áreas urbanas o rurales, en gran parte ocupadas con vivienda que por su conformación topográfica de altas pendientes, características hidrogeológicas o por la presencia de procesos de inestabilidad geológica activos o latentes, por estar sometidas a una amenaza o riesgo externo, son altamente inestables y de difícil tratamiento para su recuperación; así como aquellos terrenos ubicados en márgenes de quebradas o ríos y en planicies de inundación carentes de obras de protección y que no son aptas para la localización de asentamientos humanos (Alcaldía de Bello, 2009c)”*

## **2.5 Legalidad de los asentamientos informales**

Colombia tiene establecidos unos lineamientos relacionados al reconocimiento de edificaciones y legalización de asentamientos humanos que fueron establecidos inicialmente mediante el decreto 564 de 2006 y que posteriormente fueron modificados con el decreto 1469 de 2010, este último decreto en el Título II, Capítulo I cita lo siguiente en relación a la legalización de predios:

*“Artículo 65. Situaciones en las que no procede el reconocimiento de edificaciones. No procederá el reconocimiento de edificaciones o la parte de ellas que se encuentren localizados en:*

- 3. Las áreas o zonas de protección ambiental y el suelo clasificado como de protección en el Plan de Ordenamiento Territorial o en los instrumentos que lo desarrollen y complementen, salvo que se trate de zonas sometidas a medidas*

*de manejo especial ambiental para la armonización y/o normalización de las edificaciones preexistentes a su interior.*

4. *Las zonas declaradas como de alto riesgo no mitigable identificadas en el Plan de Ordenamiento Territorial o los instrumentos que lo desarrollen y complementen.”*

Los asentamientos informales usualmente están ubicados en zonas de las ciudades definidas como suelos de protección y zonas establecidas por la autoridad local como alto riesgo debido a la alta probabilidad de ocurrencia de un evento natural que puede causar daños si allí se habita. Lo anterior ocurre con el asentamiento informal de la quebrada La García que se encuentra ubicado en una zona de protección ambiental y que a su vez es declarada por el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bello como zona de alto riesgo no mitigable por inundación debido que es la zona de retiro e inundación del cauce.

Servicios públicos en los asentamientos informales) debido a que por su ubicación dentro de la zona de retiro de la quebrada el Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Bello establece que las edificaciones que se encuentren dentro de una faja de 30 metros en ambos lados del cauce y a menos de 10 m de las estructuras hidráulicas o sobre la estructura no deben ser legalizadas, adicional a esto el artículo 70 del POT que habla del plan general de expansión de acueducto en su parágrafo 3 indica que: *“La prestación del servicio de acueducto en los distintos asentamientos humanos irregulares, por parte de las Empresas Públicas de Medellín está supeditada a la realización por parte del Municipio, de los correspondientes planes de regularización (legalización y titulación) de asentamientos humanos”*, así entonces la empresa de servicios públicos se ve limitada a los manejos que de la administración municipal de en cuanto a los asentamientos informales dándose una línea de dependencia como: Si está en la zona de retiro no hay legalización o titulación, sin legalización o titulación no hay prestación de servicios público de acueducto y sin servicio público de acueducto no hay servicio público de alcantarillado.

El carecer de una conexión al sistema público de alcantarillado obliga a los habitantes de los asentamientos informales de la quebrada La García a buscar soluciones para eliminar de sus viviendas las aguas residuales que provienen de las actividades cotidianas, por ello encuentran como alternativa la evacuación de sus aguas residuales el vertimiento de estas directamente al cauce de la quebrada. Si bien las descargas de estas viviendas afecta directamente la calidad del agua de la quebrada La García se considera que la alteración es menor con respecto a los efectos que generan las múltiples descargas del sistema de alcantarillado que liberan las aguas residuales en varios puntos a lo largo de la quebrada y sus quebradas tributarias, estas aguas que se descargan no provienen solo de los barrios cercanos a la quebrada, sino también de los barrios lejanos donde el sistema recoge y transporta estas aguas. Aprovechando la topografía del Valle de Aburrá la empresa de servicios públicos que presta el servicio de alcantarillado ha utilizado por muchos años las quebradas como medio de evacuación de las aguas residuales, esta situación no ha sido ajena a la quebrada La García lo cual ha generado un alto deterioro en este cuerpo de agua y al río Medellín (González Zapata, 2009).

Mediante el Mapa de redes de acueducto y alcantarillado de Empresas Públicas de Medellín E.S.P es posible visualizar el área de captación y transporte de la matriz de alcantarillado que nombra EPM como “cuenca La García” y la ubicación de las respectivas descargas que hace esta red matriz directamente sobre las aguas de la quebrada La García, como se aprecia en la *Figura 9* la red matriz de alcantarillado de la cuenca La García recoge y transporta las aguas residuales de una gran cantidad de viviendas en el municipio de Bello para luego depositarlas en la quebrada La García o sus afluentes tributarios, estos vertimientos son los que alteran la calidad del agua de las quebrada y hasta del Río Aburrá-Medellín. Descargas directas a la quebrada se identificaron 59 descargas (ver ANEXO II)



compuestas por 15 descargas de aguas lluvias, 41 descargas de aguas combinadas y 3 descargas de aguas residuales siendo las aguas combinadas y residuales las que por su composición física y química afectan altamente la calidad del agua de la quebrada.



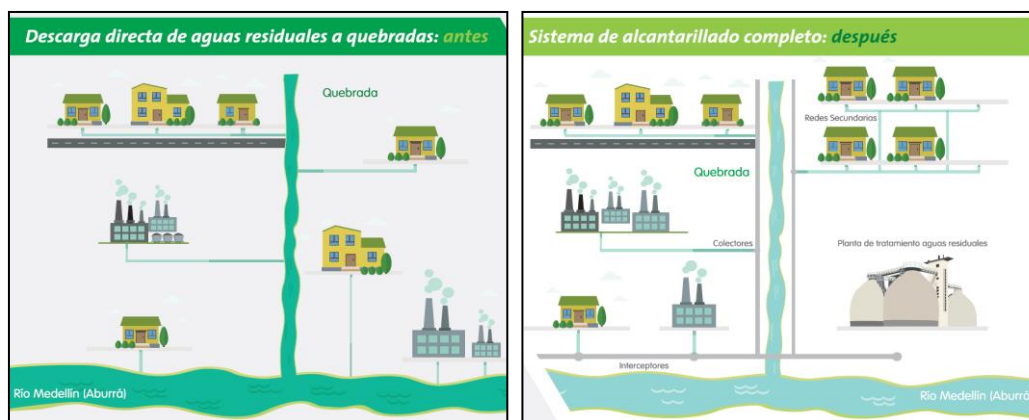
**Figura 9.** Cobertura red matriz de alcantarillado cuenca La García y sus descargas directas a la quebrada La García. Elaborado con Google Earth (2020), adaptación de Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (2020). Mapa de redes de acueducto y alcantarillado. Recuperado de Geoportal EPM website: <https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=591f5234f4a544e38bfef36d564320e0>

En la *Figura 10* es posible evidenciar como las redes de alcantarillado luego de recoger las aguas residuales de los sectores que se encuentran aguas arriba del sistema finalizan su recorrido dentro de la malla vial de la zona urbana siendo evacuadas en la quebrada La García debido a la inexistencia de los tramos colectores en ambas márgenes del cauce. La construcción de los colectores de la quebrada La García en los costados norte y sur de su cauce es prioritaria para el saneamiento de esta fuente natural que para el municipio de Bello es la más importante (Alcaldía de Bello, 2009c), estos colectores transportarían las aguas residuales hasta el interceptor del Río Aburrá-Medellín para su tratamiento en la PTAR de Aguas Claras que se encuentra también en el municipio de Bello.



**Figura 10.** Descargas del sistema de alcantarillado directamente sobre la quebrada La García. Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (2020). Mapa de redes de acueducto y alcantarillado. Recuperado de Geoportal EPM website: <https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=591f5234f4a544e38bfef36d564320e0>

Empresas Públicas de Medellín E.S.P. con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá se trazó como objetivo ver las aguas del río Aburrá-Medellín en mejores condiciones, reconociéndolo como el eje articulador para el desarrollo de los diez municipios que componen el Valle de Aburrá, por ello ejecutó el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el sistema público de alcantarillado que plantea las obras de modernización de redes de alcantarillado en todo el Valle de Aburrá. El plan está orientado en la construcción de redes de alcantarillado que permitan recolectar y transportar las aguas residuales para llevarlas a las plantas de tratamiento residual de EPM para tratarlas y entregarlas al Río Aburrá-Medellín como se muestra en la *Figura 11*, antes de la ejecución de los proyectos las redes de sistema de alcantarillado descargaban las aguas residuales directamente en las quebradas como se aprecia en la *Figura 10* lo que alteraba la calidad del agua tanto de la quebrada como del río debido a que las primeras son tributarias a este último (Empresas Públicas de Medellín, 2017).



**Figura 11.** Esquema del sistema público de alcantarillado de EPM antes y después de las obras de modernización de las redes de alcantarillado. Empresas Públicas de Medellín. (2017). Obras de modernización de redes de alcantarillado para el Valle de Aburrá. Recuperado de [https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Modernización de redes/Obras-de-modernización-de-redes-de-alcantarillado-para-el-valle-de-aburra.pdf](https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Modernización%20de%20redes/Obras-de-modernización-de-redes-de-alcantarillado-para-el-valle-de-aburra.pdf)

En Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos para el sistema público de alcantarillado de EPM se encuentra proyectada la intervención de la redes ubicadas dentro de la Cuenca La García en el municipio de Bello con el objetivo es proteger esta cuenca hidrográfica, el proyecto de 26,2 kilómetros de redes en la cuenca inició a finales del 2017 y consiste en construir nuevas redes y modernizar la existente, entre la ampliación se encuentra la construcción de los colectores en ambas márgenes de la quebrada para eliminar la 93 descargas directas en la quebrada La García. Este proyecto fue suspendido en el año 2019 debido a un cambio en el contratista constructor y reiniciaron nuevamente a inicios del año 2020, este proyecto no solo incluye los trabajos de saneamiento de la García si no también los de sus quebradas afluentes como La Avelina, El Barro, La Chiquita, La Cascada, Pachelly, Merizalde, Chagualones (ADN Medellín, 2020).

## 2.6 Riesgos de desastres en la zona de retiro de la quebraba La García

Según la ley 1523 del año 2012 emitida por el Congreso de la Republica de Colombia donde se adoptan las políticas nacionales y el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres define el concepto de riesgo de desastre como las pérdidas o daños que puede causar un evento peligroso que puede tener origen natural, socio-natural tecnológico, biosanitario o humano no intencional, que ocurre en un periodo de tiempo específico y que sus efectos van ligados a la vulnerabilidad de los elementos expuestos. El riesgo es la

combinación entre la posibilidad de que ocurra un evento (amenaza) y la vulnerabilidad que posee la comunidad en relación a sus bienes materiales, culturales, económicos y sociales (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008).

La García es una de las quebradas con mayor riesgo de inundación en el Valle de Aburrá, las laderas de la quebrada han desaparecido en gran parte de su tránsito por la zona urbana del municipio de Bello para darle paso a las comunidades que construyen sus viviendas con materiales de baja calidad para ocupar el cauce natural de la quebrada (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2008). La presencia de estas comunidades asentadas en las fajas de retiro de la quebrada La García hace que tengan una probabilidad alta en la ocurrencia de un evento derivado de esta corriente hídrica como lo son las inundaciones o las avenidas torrenciales. Las inundaciones en las zonas de retiro de la quebrada La García se dan debido a la alteración antrópica y/o natural del cauce que son causadas por fenómenos naturales como las precipitaciones con aumento en el volumen de agua (natural) y/o la invasión de las zonas de retiro por las comunidades allí asentadas que alteran la estructura y estabilidad de los terrenos del borde y depositan basuras y escombros al cauce (Oficina de gestión de riesgos de desastres, 2015).

Las edificaciones que componen los asentamientos informales de la quebrada La García hace que la vulnerabilidad a un evento de amenaza sea relevante y el riesgo aumente, estos asentamientos humanos precarios como lo plantea Jordán (1984) es común que las edificaciones sean construidas por sus mismos ocupantes de manera poco convencional y técnica, además de construirse sobre terrenos ilegales también se presentan condiciones ambientales deficientes y carencia de infraestructura de servicios y equipamiento comunitario. La constitución de asentamientos informales en las zonas de retiro de los cauces son el resultado de presiones socioeconómicas a las que se ve sometida la población que se localiza en estas zonas de alto riesgo, estas comunidades se ven forzadas a tomar la decisión de vivir en alto riesgo si esto les permite acceder a un sitio donde construir una vivienda propia (Amorocho Pérez, 2011).

La microcuenca La García en el 06 de octubre del año 2005 presentó su mayor desastre natural registrado en la historia de esta área hidrográfica, la causa fue una avenida torrencial presentada en la quebrada El Barro que tributa a la quebrada La García que ocasionó pérdidas de bienes materiales y de vidas, también generó inundaciones aguas abajo de su desembocadura en La García debido a los niveles que generó la alta precipitación aguas arriba. Este evento dejó un saldo de 11 viviendas destruidas, 4 dañadas y 40 muertos y se llegó a catalogar como el escenario de la mayor tragedia que dejó el año 2005 en Colombia (El Tiempo, 2005). Después de esta tragedia se han venido presentando más episodios de inundación de la quebrada en los barrios asentados en sus orillas, en el año 2008 la quebrada inundó nuevamente 7 barrios ubicados en su zona ribereña dejando 1681 personas damnificadas, 354 viviendas afectadas de las cuales 30 fueron destruidas completamente (El Mundo, 2008), en el año 2011 nuevamente 125 familias se ven afectadas por el desbordamiento de la quebrada causado por las altas precipitaciones (El Mundo, 2011).

En el plan de ordenamiento territorial del municipio de Bello (2009) se establece que las zonas aledañas a la quebrada La García están en riesgos mitigables (RMI) y no mitigables (RNMI) por inundación. El artículo 147 del POT define:

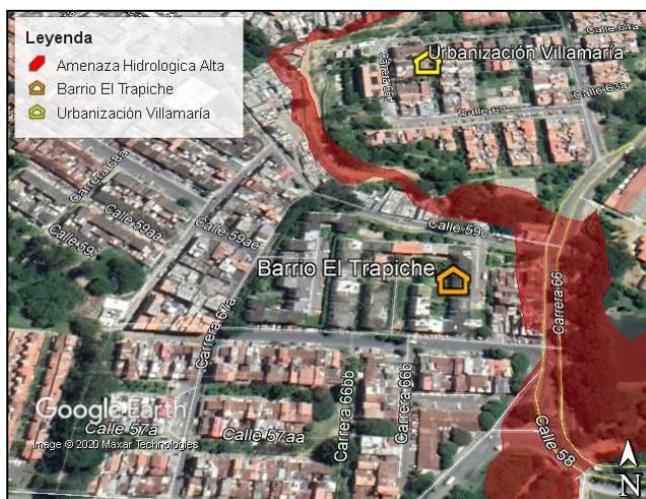
- **Zonas de riesgo mitigable (RMI) por inundación:** zonas sometidas a amenazas altas (AHA) ante eventos de inundación, donde el grado de exposición de las viviendas y obras de infraestructura es de moderado a bajo (vulnerabilidad baja), el riesgo puede ser mitigado a través de labores preventivas de dragado del cauce, alineamiento de este y mediante la construcción de obras de defensa y protección de orillas.



- **Zonas de riesgo no mitigable (RNM) por inundación:** zonas sometidas a Amenaza Hidrológica Alta (AHA) ante eventos de inundación, igualmente un nivel medio - alto de vulnerabilidad.

En este mismo artículo se establecen las zonas de la quebrada La García con riesgo mitigable y no mitigable por inundación. Las zonas de Riesgo Mitigable por Inundación son:

- El tramo de la quebrada La García comprendido entre 1.474 m.s.n.m. hasta su cruce con La Calle 58, barrios El Trapiche y Villa María como se muestra en la *Figura 13*.



**Figura 13.** Zona de riesgo mitigable de la quebrada La García. Elaborado con Google Earth (2020), adaptación de Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL11\_Zonas de riesgo. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación



**Figura 12.** Zona de riesgo no mitigable de la quebrada La García en los barrios Playa Rica, El Paraíso y Buenos Aires. Elaborado con Google Earth (2020), adaptación de Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL11\_Zonas de riesgo. Bello, Colombia:

Esta zona para el año 2009 cuando se modificó el POT del municipio de Bello no contaba con la ocupación en la faja de retiro que se evidencia en la *Figura 8*, por ello puede que el nivel de riesgo para esta zona en esa época se clasificara como mitigable con respecto al resto de las zonas de retiro de la quebrada, la presencia del asentamiento conformado a partir del 2012 en este sitio hace que el grado de exposición de estas viviendas sea de medio a alto, la autoridad local debería evaluarse si esta zona debe cambiar su clasificación de mitigable a no mitigable debido al aumento de los riesgos por la presencia de asentamientos vulnerables en la ribera de la quebrada.

Por el lado de las Zonas de Riesgo No Mitigable la quebrada la García presenta las siguientes:

- En la *Figura 12* se muestra las zonas del **Barrio Playa Rica:** Zona ubicada en la margen izquierda (aguas bajo) de la Quebrada La García, entre la carrera 64 y el puente sobre la Carrera 59, del **Barrio El Paraíso:** Zona ubicada en la margen derecha (aguas abajo) de la quebrada La García, en la zona de confluencia de dicha quebrada con la quebrada Tierradentro y del **Barrio Buenos Aires:** Margen derecha (aguas abajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde la Carrera 62 A hasta el puente sobre la Carrera 59.
- En la *Figura 15* se muestra las zonas del **Barrio La Aldea:** Zona ubicada en la margen izquierda (aguas bajo) de la quebrada La García, entre el puente sobre la Carrera 59 y la Carrera 56 B y del **Barrio El Cairo:** Margen



derecha (aguas abajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde el puente sobre la Carrera 59 hasta la Calle 63 A.

- En la *Figura 14* se muestra las zonas del **Barrio la Milagrosa**: Margen derecha (aguas abajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde la Carrera 50 hasta el puente sobre la Calle 59, del **Barrio El Cóngolo**: Margen derecha (aguas abajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde el puente sobre la Calle 59 hasta el puente sobre la diagonal 55 y del **Barrio Ciudad Niquía**: Zona ubicada en la margen izquierda (aguas bajo) de la quebrada La García, desde el puente sobre la Calle 59 hasta el puente sobre la diagonal 55.



*Figura 15.* Zona de riesgo no mitigable de la quebrada La García en los barrios La Aldea y El Cairo. Elaborado con Google Earth (2020), adaptación de Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL11\_Zonas de riesgo. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación



*Figura 14.* Zona de riesgo no mitigable de la quebrada La García en los barrios Ciudad Niquía, La Milagrosa y El Cóngolo. Elaborado con Google Earth (2020), adaptación de Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL11\_Zonas de riesgo. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación

- En la *Figura 16* se muestra la derecha (aguas abajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde el puente sobre la Diagonal 55 hasta el puente sobre la Diagonal 50 A, **Barrio Panamericano**: Zona ubicada en la margen izquierda (aguas bajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde el puente sobre la Diagonal 55 hasta el puente sobre la Diagonal 51 y la **Zona de Invasión contigua a los talleres del ferrocarril**: Zona ubicada en la margen izquierda (aguas bajo) de la quebrada La García, en el tramo de orilla que va desde el puente sobre la Diagonal 50 A hasta el puente sobre la vía férrea.



**Figura 16.** Zona de riesgo no mitigable de la quebrada La García en los barrios Las Granjas, Panamericano y el sector de los talleres del Ferrocarril. Elaborado con Google Earth (2020), adaptación de Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL11\_Zonas de riesgo. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación

El municipio de Bello ha trabajado en conjunto con el Área Metropolitana del Valle de Aburrá el gobierno nacional mediante la Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres (UNGRD) en la construcción de muros de contención en ambas márgenes de la quebrada La García iniciando por sus puntos más críticos con el fin de mitigar los riesgos generados por el crecimiento y desbordamiento de la quebrada que aflige a las comunidades asentadas en la zona de retiro. Se debe tener en cuenta que aunque se construyan los muros de contención sigue persistiendo la posibilidad de inundación en las viviendas ubicadas en la zona ribereña de la quebrada causado por el contra flujo de agua en las tuberías de alcantarillado debido al crecimiento de la quebrada al estar en una cota tan cercana a la ribera (Alvarez, 2016). Para el año 2015 el Plan Municipal de Gestión de Riesgo (PMGR) del municipio de Bello emitido por la oficina de gestión de riesgo de desastre reporta la construcción de 670 metros de muros de contención en ambas márgenes de la quebrada en algunos sectores críticos.

### **3 CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA GARCÍA**

Actualmente el Área Metropolitana del Valle de Aburrá mediante la red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del Río Aburrá – Medellín RedRío, realiza en el río y en sus principales quebradas afluentes un monitoreo constante de la calidad del agua de estos cuerpos con el fin de identificar las alteraciones causadas por acciones antrópicas en su entorno. La información reportada de los monitoreos es de suma importancia para la estructuración de planes ambientales enfocados en la conservación de estos recursos hídricos y la verificación del cumplimiento de los objetivos de calidad fijados por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá en la resolución D 002016 de 2012 para el río y sus afluentes (RedRío, 2018), entre ellos la quebrada La García (Ver **Tabla 2**).

Mediante los *Resultados del monitoreo de quebradas 2004-2019* reportados por RedRío es posible identificar si los parámetros de calidad de la quebrada La García cumple con los valores establecidos en los Objetivos de Calidad del agua en la quebrada La García en el periodo 2017 – 2021. La estación de monitoreo de la quebrada La García está registrada

como la E10, esta estación cuenta con datos suficientes para la evaluación de nueve parámetros de calidad de los dieciséis establecen los objetivos a largo plazo (*Ver ANEXO III*).

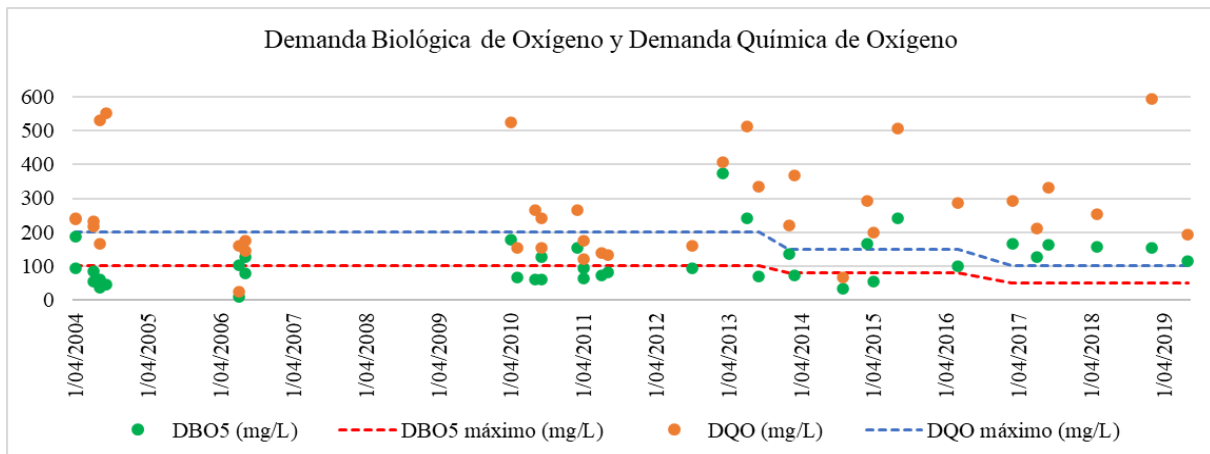
### 3.1 Parámetros de calidad del agua en la quebrada La García (Resolución AMVA Río Medellín)

A continuación, se hace una evaluación del cumplimiento de los objetivos de calidad del agua en la quebrada La García a largo plazo que corresponde al periodo entre los años 2017 – 2021, los parámetros a evaluar son: Demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno, potencial de hidrogeno, oxígeno disuelto, solidos suspendidos totales conductividad eléctrica, nitrógeno total Kjeldahl, fosforo total y el Índice BMWP.

- **Demanda Biológica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno**

Para la demanda biológica de oxígeno y la demanda química de oxígeno los objetivos de calidad establecen para el periodo entre los años 2017 – 2021 valores máximos permisibles de 50 mg/L y de 100 mg/L respectivamente. En el *Gráfico 1* es posible evidenciar que ambos parámetros no cumplen los límites de los objetivos de calidad planteados para el largo plazo debido a que los resultados de los muestreos presentan concentraciones por encima de los límites. Con respecto a los años anteriores al año 2017 donde los límites permisibles eran más altos con relación a los parámetros de DBO5 y DQO, el cumplimiento de los objetivos de calidad se presentó más veces en la DBO5 que logró estar por debajo del límite establecido, mientras que para la DQO el cumplimiento fue poco debido a que las concentraciones en los monitoreos fueron altas.

Los valores de concentración de DBO5 y DQO de la quebrada La García van ligados a las descargas de aguas residuales directas en su cauce desde las viviendas de los asentamientos ubicados en su zona de retiro y los vertimientos del sistema de alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento (Carvajal Flórez, 2009), estas aguas residuales tienen origen doméstico e industrial y la relación entre los valores de la DBO5 y DQO del monitoreo indican la presencia de materia orgánica que es susceptible a la degradación biológica (RedRío, 2018).

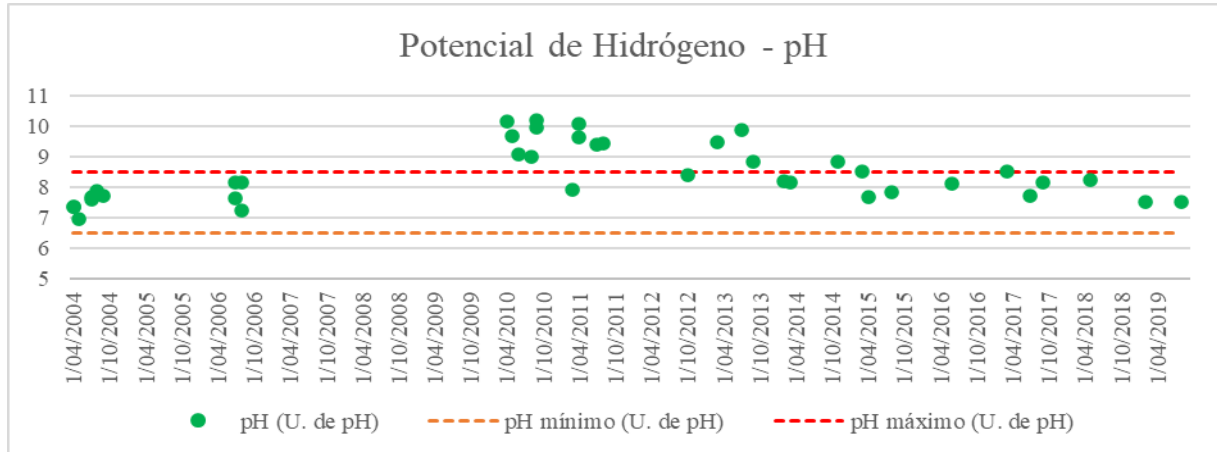


**Gráfico 1.** Demanda Bilógica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.

- **Potencial de Hidrógeno – pH**

En el *Gráfico 2* se puede apreciar como desde el año 2010 los valores del pH de la quebrada La García han disminuido con el tiempo, esto quiere decir que el agua está pasando de la alcalinidad a la neutralidad logrando cumplir los objetivos de calidad del agua. Las muestras tomadas en los monitoreos realizados desde el año 2015 en adelante se encuentran dentro de los límites permisibles establecidos para este parámetro en los objetivos de calidad,

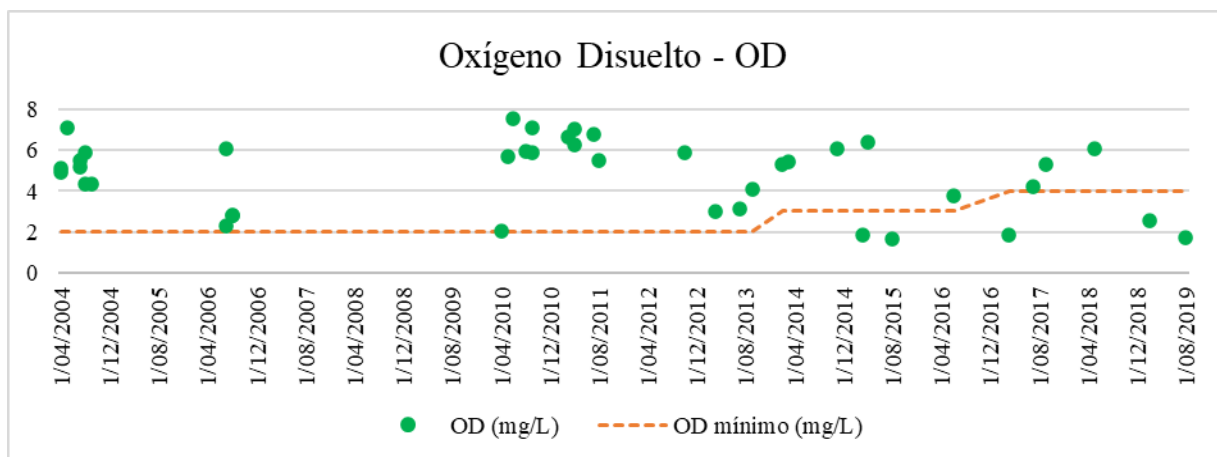
aunque los valores cumplen lo planteado por los objetivos es notable una tendencia de aumento al límite máximo, es decir, valores cercanos a un pH igual a 8,5. Puede notarse también como antes del año 2017 en el periodo de tiempo que va entre los años 2010 y 2013 el pH del agua de la quebrada La García tenía valores entre 9 y 10, lo que se entiende como agua de características alcalinas. Los valores del pH indican la capacidad que tiene el agua para para asimilar el pH de los vertimientos ácidos o básicas (RedRío, 2018)



**Gráfico 2.** Potencial Hidrógeno de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.

- **Oxígeno Disuelto**

Los resultados del oxígeno disuelto en el agua de la quebrada La García que se visualizan en el *Gráfico 3* muestran un cumplimiento con respecto a su mínimo permisible hasta el año 2014, en los años posteriores con el aumento del mínimo permisible a una concentración de 3 a 4 mg/L se hace más exigente el cumplimiento de este parámetro, tanto que para los monitoreos más recientes estas concentraciones marcaron valores alrededor de 2 mg/L estando casi el doble por debajo de lo requerido. Las concentraciones de oxígeno en el agua están relacionadas con la demanda de oxígeno que requieren ciertas sustancias para su oxidación, estas sustancias provienen de las descargas del sistema de alcantarillado y de las viviendas ubicadas en la zona de retiro de la quebrada que descargan sus aguas residuales directamente en el cauce, asimismo los cambios en las concentraciones de oxígeno disuelto también están sujetos a las condiciones hidráulicas de la quebrada en todo su recorrido, debido a que la existencia de resaltos permite ganar oxígeno por la aireación de la corriente de agua (RedRío, 2018).

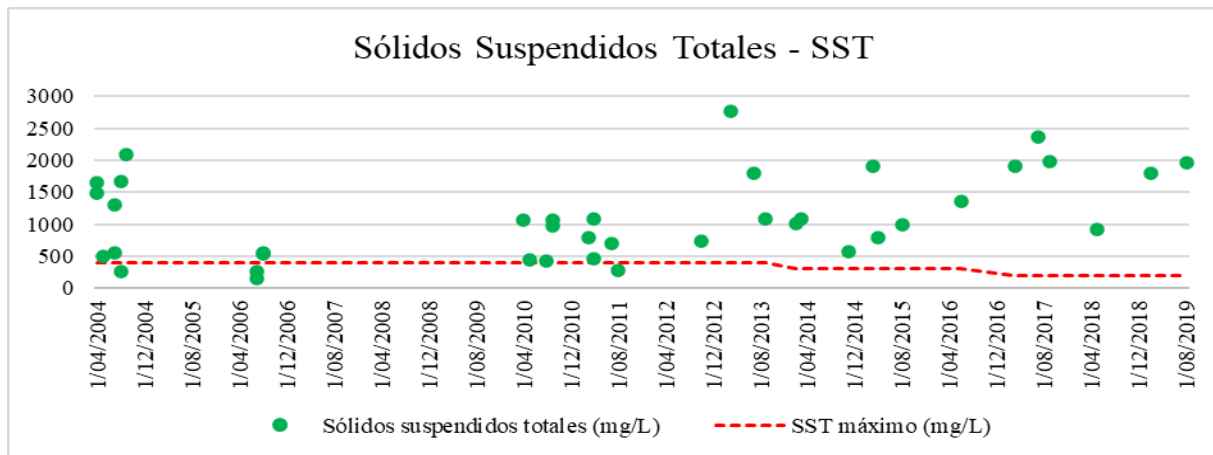


**Gráfico 3.** Oxígeno Disuelto de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.



- **Sólidos Suspendedos Totales**

Para el parámetro de sólidos suspendidos totales en la quebrada La García los objetivos de calidad establecen límites máximos de 400, 300 y 200 mg/L para los periodos de corto, mediano y largo plazo respectivamente. En el *Gráfico 4* se puede ver como no se cumple con objetivo de este parámetro en los distintos monitoreos que se han realizado, los valores han estado por encima del límite permisible y han tenido una tendencia de aumento en los monitoreos más recientes. La cuenca media de la microcuenca La García se caracteriza por ser una zona de extracción de materiales para la construcción como arena, canto rodado y rocas de diferentes tamaños. Estas actividades generan que las concentraciones de sólidos suspendidos totales aumenten en el agua de la quebrada La García, estos sólidos sumados a los sólidos de las descargas de aguas residuales aportan un aspecto físico desagradable en el agua de la quebrada (Carvajal Flórez, 2009).



**Gráfico 4.** Sólidos Suspendedos Totales de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.

- **Conductividad Eléctrica**

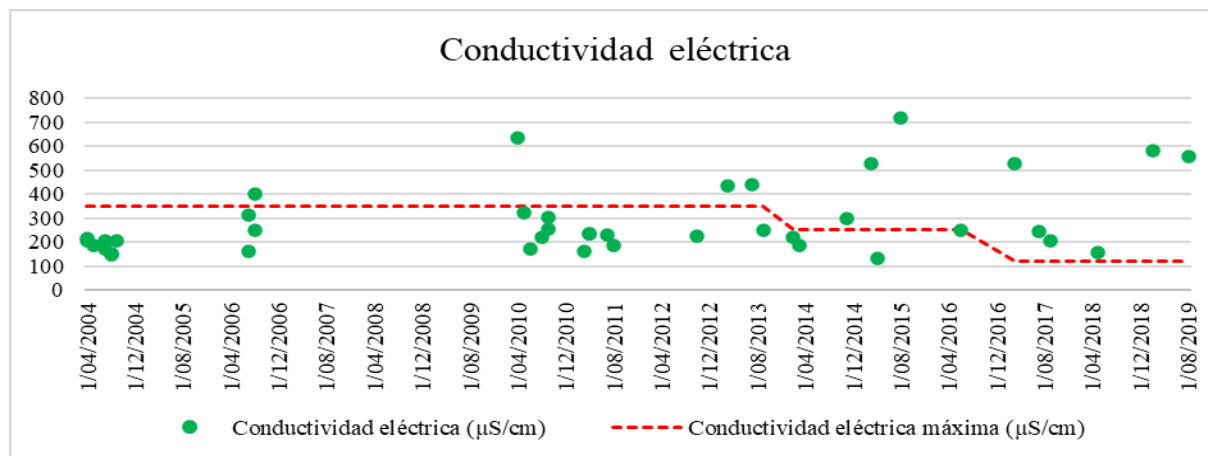
El *Gráfico 5* permite evidenciar como la conductividad eléctrica en el agua de la quebrada La García ha estado entre los años 2004 y 2016 presente variaciones dentro y fuera del límite permisible que establecen los objetivos de calidad para corto y mediano plazo cuyos límites son de 350 y 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  respectivamente. Con respecto a los objetivos de calidad planteados para el largo plazo que parten desde el año 2017 no se ha cumplido con el límite máximo establecido de 120  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; los valores de los últimos monitoreos han marcado resultados superiores al límite que para la actualidad se plantea más exigente. La composición ionizada de los vertimientos domésticos e industriales que se descargan en la quebrada La García son los causantes del aumento o disminución de la conductividad eléctrica en el agua (RedRío, 2018).

- **Nitrógeno total Kjeldahl**

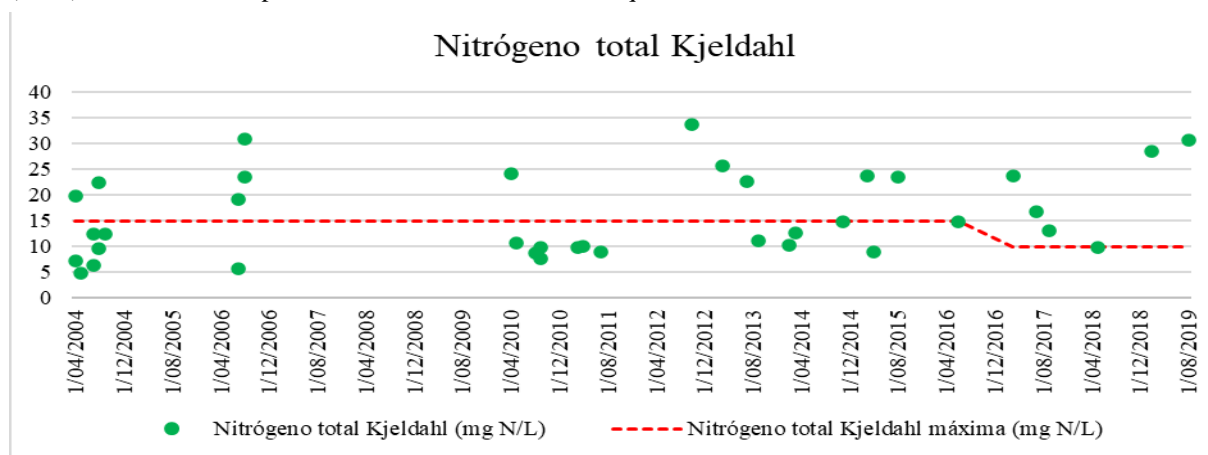
El contenido de nitrógeno en el agua de la quebrada La García es otro de los parámetros que se altera debido a los vertimientos de aguas residuales en el cauce de la quebrada sin previo tratamiento. Las mediciones representadas en el *Gráfico 6* y que fueron tomadas en los monitoreos a las concentraciones de nitrógeno total Kjeldahl presentan resultados con valores variables para este parámetro, estos valores están por encima y por debajo del límite máximo establecido por los objetivos de calidad para la quebrada.

En el año 2017 se plantea el cumplimiento de los objetivos de calidad a largo plazo estableciendo una concentración de nitrógeno total Kjeldahl máxima permisible de 10 mg N/L, esta medida hace más estricto el cumplimiento de este parámetro. En los últimos monitoreos los valores del nitrógeno total Kjeldahl están aproximadamente tres veces por encima de lo permitido. Las concentración de nitrógeno en el agua son indicio de

contaminación y si esta contaminación es muy reciente se caracteriza por valores de nitrógeno muy elevados; el nitrógeno Kjeldahl es la suma del nitrógeno orgánico y el amoniacal (Rodríguez M., 2007).



**Gráfico 5.** Conductividad Eléctrica de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.



**Gráfico 6.** Nitrógeno total Kjeldahl de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.

- **Fósforo Total**

El *Gráfico 7* muestra las concentraciones de fósforo total tomadas en los monitoreos realizados al agua de la quebrada La García, es posible evidenciar como las concentraciones de fósforo total en el agua de la quebrada han tenido un comportamiento por debajo de los 6 mg P/L que se tienen como límite máximo para el cumplimiento de los objetivos de calidad en el corto y mediano plazo. Para el largo plazo el límite máximo se reduce a 2 mg P/L lo que hace más exigente el cumplimiento este parámetro que para los últimos monitores no cumple debido a que excede el máximo permisible.

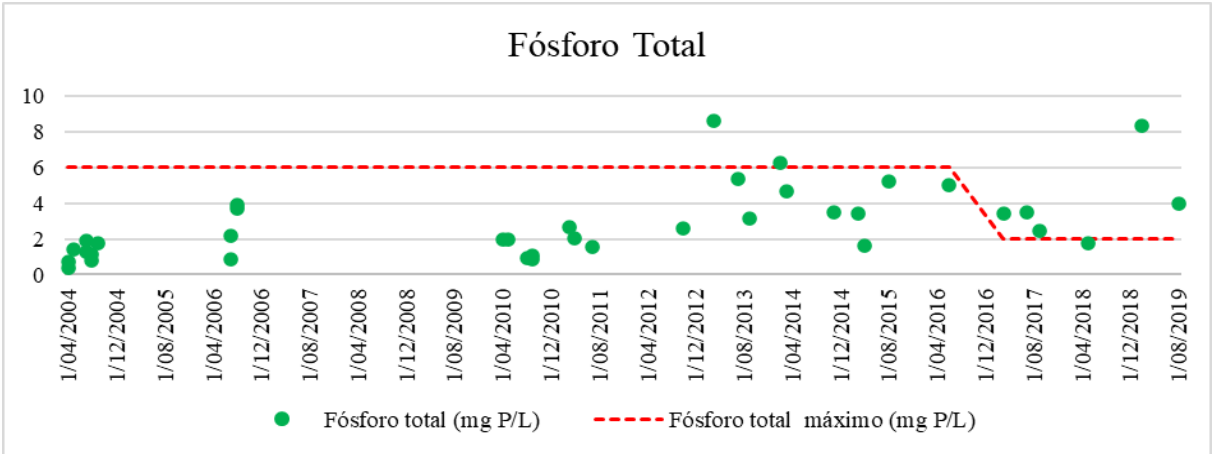
La presencia de fósforo en el agua de la quebrada La García está relacionada al uso de detergentes en las actividades cotidianas que generan aguas residuales y que posteriormente son transportadas por la red del sistema de alcantarillado hasta su descarga en el cauce de la quebrada La García.

- **Índice Biológico BMWP**

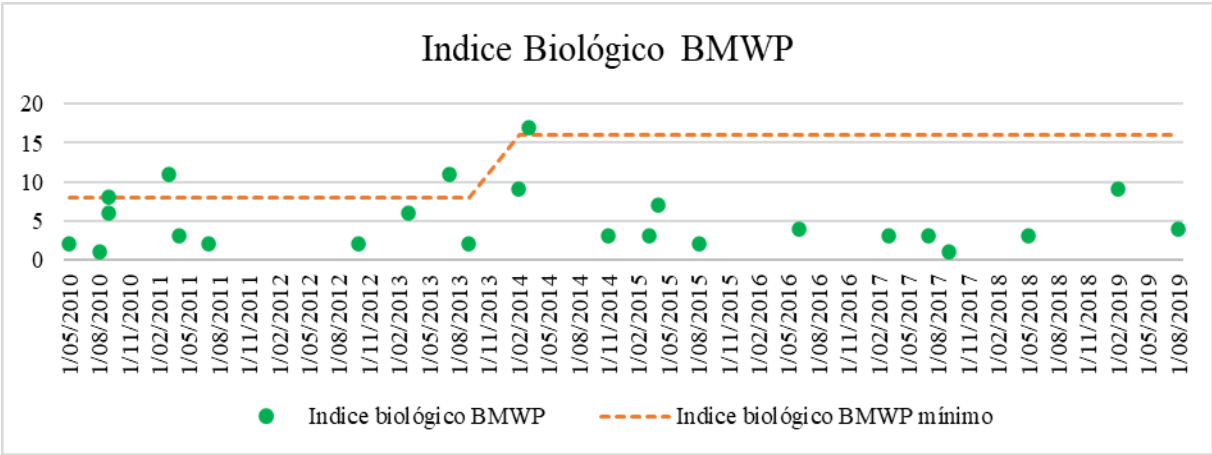
Con el uso del Biological Monitoring Working Party (BMWP) se evalúa la calidad del agua de las fuentes hídricas con bioindicadores mediante la cuantificación de la presencia o no de los macroinvertebrados y su sensibilidad a la contaminación orgánica (Roldán-Pérez, 2016). El índice BMWP clasifica la calidad del agua como se muestra en el ANEXO IV.

Para el parámetro BMWP los objetivos de calidad del agua planteados para la quebrada La García establecen dos límites mínimos, uno para el corto plazo de 8 y otro para el mediano y largo plazo de 16, si bien ambos límites pertenecen a los valores de aguas contaminadas el primero hace referencia a una calidad “muy crítica” y el segundo a una calidad “crítica”, la recuperación de este parámetro es paulatina debido a que la habitabilidad del agua de la quebrada por parte de las especies de macroinvertebrados está sujeta a las características físico-químicas de la misma.

El índice BMWP de la quebrada La García como se muestra en el *Gráfico 8* ha presentado en la mayoría de los monitoreos índices por debajo de límite mínimo. En los monitoreos más recientes donde los objetivos de calidad del agua aumentan el límite mínimo admisible no se evidencia una tendencia al crecimiento del índice.



**Gráfico 7.** Fósforo Total de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.



**Gráfico 8.** Índice Biológico BMWP de la quebrada La García. Elaborado con los datos de RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010 - 2019.

## CONCLUSIONES

Los asentamientos informales ubicados en la zona de retiro de la quebrada La García se han venido desarrollando desde finales de los años setenta, algunos de estos asentamientos se han conformado en zonas donde su ocupación se percibe como si hubiese ocurrido la expansión de las unidades urbanas que ya preexistían legalmente y tenían marcado un límite entre su conjunto y la faja de la quebrada. Analizando la dinámica de estos asentamientos en el tiempo es fácil identificar la expansión y consolidación que han tenido, adicionalmente es posible apreciar como luego de la expedición en el año 2000 del primer POT del municipio de Bello se siguen presentando ocupaciones en los pocos lugares que tienen espacio en la zona de retiro de la quebrada La García. Esta situación evidencia la falta de control por parte de las autoridades locales del municipio en relación con la ocupación de zonas de riesgo y protección ambiental, que permiten a futuro efectos adversos sociales, ambientales y económicos para el municipio. Solo en el año 2011 se identificó la recuperación de uno de los puntos de la zona de retiro que estaba ocupado informalmente por un asentamiento.

Las características fisicoquímicas del agua de la quebrada La García han sido alteradas con el tiempo como consecuencia a las acciones de los habitantes en la parte alta, media y baja de la microcuenca de esta quebrada. La existencia de canteras para la extracción de material en la parte alta y media de la microcuenca, sumada a la alteración de la estabilidad del suelo de la ribera y el desecho de escombros por las comunidades que ocupan la zona de retiro en la parte baja de la microcuenca han impactado considerablemente la presencia de solidos suspendidos totales en el agua de la quebrada.

La descarga de aguas residuales por parte del sistema de público de alcantarillado, las descargas directas de las viviendas asentadas y el desecho de basura por parte de la comunidad en las riberas han causado que se presente en el agua cantidades considerables de materia orgánica que generan aumentos en la DBO5 y DQO del agua de la quebrada, adicionalmente las aguas residuales que contienen detergentes de las actividades cotidianas de las viviendas aumentan las concentraciones de fosforo en el agua de La García. La composición ionizada de los vertimientos varían los valores de la conductividad eléctrica del agua de la quebrada, la oxidación de algunas sustancias que componen los vertimientos del sistema de alcantarillado requieren altas cantidades de oxígeno que hacen que la concentración de oxígeno disuelto tienda a disminuir, la concentración alta de nitrógeno evidencian el alto grado de contaminación del agua así como valores por debajo de 35 en el índice BMWP, el pH del agua de la quebrada La García está dentro de los límites permisibles pero presente una leve tendencia alcalina que varía debido a las descargas de agua residual.

Desde el año 2004 se realizan monitoreos a la quebrada La García para verificar su condición de calidad en cada uno de los anteriores parámetros, han sido pocas las veces en que estos parámetros han cumplido y se puede decir que nunca se ha presentado un cumplimiento en conjunto. Para que estos parámetros cambien positiva y considerablemente es necesario construir la red colectora de aguas residuales en ambas márgenes de la quebrada para poder eliminar las descargas directas del sistema de alcantarillado, adicionalmente se debe realizar la eliminación de descargas en las quebradas afluentes a La García debido a que estos vertimientos contaminan indirectamente este cuerpo de agua. Se debe tener en cuenta que con los años los objetivos de calidad planteados para las quebradas afluentes del río Aburrá-Medellín, entre ellas La García, se han establecido más exigentes y en el caso de la quebrada de Bello esta situación ha logrado que el nivel de calidad se note más afectado.

Las zonas de retiro en las quebradas y ríos son usadas como fajas de protección, conservación y preservación de estos cuerpos de agua y de los ecosistemas que integran, en el desarrollo urbano, las fajas de retiro si bien se establecen para lo mencionado anteriormente también buscan establecer un límite para respetar las zonas de inundación natural que son



consecuencia de los desbordamientos de las quebradas y ríos. Los asentamientos informales ubicados en la zona de retiro de la quebrada La García están dentro de las zonas de alto riesgo por inundación debido a la ocupación del cauce natural de la quebrada, por ello las comunidades que están allí establecidas viven en constante amenaza que sumado al alto nivel de vulnerabilidad que poseen pueden sufrir situaciones adversas que comprometan bienes materiales y hasta la vida.

Debido a que la ocupación de las zonas de retiro de la quebrada La García han sido dinámicas a través de los años es necesario verificar si la clasificación en el nivel de riesgo en estas zonas de inundación aumenta. Pueden presentarse zonas con riesgo alto de inundación mitigable debido a que cuando se realizó esta calificación no existía ningún asentamiento en la zona de retiro, el desarrollo de asentamientos en este tipo de zonas hace necesaria una nueva evaluación y clasificación del riesgo debido a que el nivel en este caso está sujeto a la presencia o no de asentamientos, aumentando de mitigable a no mitigable.

Para mitigar los impactos adversos que causan las inundaciones generadas por el crecimiento de la quebrada La García en época de precipitaciones altas que afectan los asentamientos informales ubicados en la zona de retiro, se ejecutó la construcción de muros de contención en ambos márgenes del cauce. Se debe tener claro que estas estructuras reducen la posibilidad de que el agua de la quebrada ingrese a los sectores de la ribera, mas no asegura evitar que se presente algún evento de inundación como puede ser el causado por el contraflujo de aguas residuales por las redes de alcantarillado debido al ingreso del agua de la quebrada en estas que es causado por el aumento de su nivel a cotas superiores a las cotas de las descargas de alcantarillado.

Usualmente las viviendas ubicadas en los asentamientos informales de zonas de retiro de quebrada no están legalizadas por las autoridades locales debido a que ocupan una zona de protección ambiental y están en nivel de riesgo hidrológico alto, esto también pasa en la quebrada La García donde los predios que no están legalizados no pueden obtener el servicio de agua potable y por consiguiente el de alcantarillado. Si bien las viviendas asentadas en la zona de retiro de la quebrada La García descargan sus aguas residuales directamente al cauce y afectan su calidad, es esta situación mínima con respecto a las descargas del sistema de alcantarillado que capta y transporta aguas residuales de un área considerable de la zona urbana y que finaliza su recorrido en los vertimientos de grandes volúmenes de agua residual que están ubicados en varios puntos de la quebrada. La presencia de los asentamientos en la zona ribereña de la quebrada ha sido uno de los tantos factores que han incidido en que se haga más compleja la construcción de las redes colectoras en ambos márgenes de la quebrada debido a que las zonas ideales para la construcción de estas redes están ocupadas por la estructura barrial en alta densidad, además muchas viviendas se encuentran ubicadas en cotas por debajo del servicio lo que hace más difícil captar sus aguas residuales.

Hoy en día el corredor vial que proyecta establecer el cauce de la quebrada La García como eje articulador de la movilidad del municipio de Bello a lo largo de la quebrada y que estaría integrado por un parque lineal con espacios públicos para la recuperación de la zona de retiro de la quebrada no existe. Este proyecto está incluido en el POT del 2009 del municipio de Bello y está en consideración desde el POT del año 2000, es decir, hace ya veinte años que se tiene idealizada la recuperación de la zona de retiro de la quebrada La García, pero aún no hay evidencia de que se haya iniciado, más bien hay registro de como con los años se han ocupado los pocos lugares de la zona de retiro que estaban sin asentamientos, y cómo los existentes se han expandido y densificado. Es necesario que las autoridades administrativas y ambientales del municipio de Bello planteen y ejecuten proyectos donde se puedan evaluar resultados a corto, mediano y largo plazo que vayan direccionados a la recuperación paulatina de la zona de retiro de la quebrada La García.

## ANEXOS

### ANEXO I. Información aerofotos del año 1981

En la plataforma del Banco Nacional de Imágenes del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) fue posible encontrar aerofotografías no georreferenciadas que fueron obtenidas con la cámara ZEISS RMK 15/23, con una distancia focal de 153.028 milímetros y posteriormente digitalizada en escáner fotogramétrico con una resolución de 15 micrones, estas imágenes pueden visualizarse en la web <http://www.bni.gov.co/>.

Tabla 3. Aerofotos del año 1981 sobre la quebrada La García

CODIGO DE IMAGEN	AEROGRAFIA	AÑO	ESCALA	ENLACE
0401010000152998	000039	1981	1:13812	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293215&amp;fname=0401010000152998.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293215&amp;fname=0401010000152998.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152997	000038	1981	1:14639	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293214&amp;fname=0401010000152997.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293214&amp;fname=0401010000152997.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152996	000037	1981	1:14039	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293213&amp;fname=0401010000152996.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293213&amp;fname=0401010000152996.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152995	000036	1981	1:9723	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293212&amp;fname=0401010000152995.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293212&amp;fname=0401010000152995.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152992	000033	1981	1:11721	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293209&amp;fname=0401010000152992.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293209&amp;fname=0401010000152992.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152991	000032	1981	1:12069	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293208&amp;fname=0401010000152991.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293208&amp;fname=0401010000152991.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152978	000019	1981	1:9579	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293195&amp;fname=0401010000152978.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293195&amp;fname=0401010000152978.jpg&amp;access=public</a>
0401010000152977	000018	1981	1:9828	<a href="http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293194&amp;fname=0401010000152977.jpg&amp;access=public">http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293194&amp;fname=0401010000152977.jpg&amp;access=public</a>

0401010000152976

000017

1981

1:9904

<http://www.bni.gov.co/home/srv/es/graphover.show?id=293193&fname=0401010000152976.jpg&access=public>

**ANEXO II. Datos de las descargas directas del sistema de alcantarillado a la quebrada La García**

Los datos fueron tomados del “*mapa de redes de acueducto y alcantarillado*” de EPM, Este mapa de acceso público permite ubicar e identificar las características de las redes de acueducto y alcantarillado de sistema. Recuperado de: <https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=591f5234f4a544e38bfe36d564320e0>

**Tabla 4.** Descargas directas del sistema de alcantarillado a la quebrada La García.

IPID	Tipo Estructura	Tipo de Red	Estado	Grupo	Tipo	Longitud	Latitud
9837813	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5493	6.3325
6020304	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5501	6.3337
6035087	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5505	6.3342
6020340	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5505	6.3347
8658774	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5514	6.3355
6034307	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5517	6.336
9263515	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5519	6.3372
6034222	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5523	6.3374
6034308	PARED DE COBERTURA	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5537	6.3382
6043401	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5535	6.3385
8618346	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	RESIDUAL	75.5543	6.3388
6034319	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5545	6.339
6038950	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5543	6.3391
6039150	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5548	6.3395
6042337	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.555	6.3397
6034313	PARED DE COBERTURA	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	RESIDUAL	75.5555	6.3397
6034315	PARED DE COBERTURA	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5556	6.3398
6039256	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5558	6.3399
6039146	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5555	6.3401

<b>IPID</b>	<b>Tipo Estructura</b>	<b>Tipo de Red</b>	<b>Estado</b>	<b>Grupo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Longitud</b>	<b>Latitud</b>
6036158	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5562	6.3408
9163640	PARED DE COBERTURA	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5561	6.3409
6053028	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5563	6.3413
6039253	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO MODIFICAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5566	6.3416
6035143	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5572	6.3424
6039249	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.559	6.3424
9817117	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5593	6.3427
6039241	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5595	6.3429
6039236	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5598	6.3429
6034741	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5599	6.3431
6039233	ESTRUCTURA DE DISIPACIÓN	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.56	6.3432
6042852	TERRENO NATURAL	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	RESIDUAL	75.5604	6.3435
6039230	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.561	6.3438
6042411	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.561	6.3441
6041589	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5613	6.3443
6041587	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5615	6.3443
6041366	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5628	6.3443
6037291	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5632	6.3441
6037309	ESTRUCTURA DE DISIPACION	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5636	6.3443
6039738	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5639	6.3444
6037339	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5645	6.3443
6039507	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5646	6.3444
6039399	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5655	6.344
6038570	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5657	6.3437
6035495	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5667	6.3431

IPID	Tipo Estructura	Tipo de Red	Estado	Grupo	Tipo	Longitud	Latitud
6035497	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5668	6.3432
6038531	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5668	6.3433
6035458	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5673	6.3432
8649945	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.568	6.3434
9237214	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5684	6.3435
6035208	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5694	6.3429
6035069	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5695	6.3429
6035212	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5696	6.3429
6034395	PARED DE CANAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5697	6.343
6034722	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5696	6.3435
6040573	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5696	6.3441
9039560	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5695	6.3444
6040274	TERRENO NATURAL	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5711	6.3449
6040273	CABEZOTE	SECUNDARIA	PROPUESTO RETIRAR	RECOLECCION	COMBINADAS	75.5713	6.345
9085315	CABEZOTE	SECUNDARIA	OPERACION	RECOLECCION	LLUVIAS	75.5707	6.3467

Datos tomados de: Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (2020). Mapa de redes de acueducto y alcantarillado. Recuperado de Geoportal EPM website: <https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=591f5234f4a544e38bfef36d564320e0>

### ANEXO III. Resultados del monitoreo de quebradas 2004 – 2019

La red de monitoreo ambiental en la cuenca hidrográfica del Río Aburrá – Medellín RedRío, realiza en las quebradas que son afluentes al Río Aburrá-Medellín monitoreos constantes a la calidad del agua de estos cuerpos. Entre las quebradas monitoreadas se encuentra la quebrada La García, en la Tabla 5 se evidencian los resultados de las mediciones realizadas.

Tabla 5. Resultados del monitoreo de la quebrada La García

Estación	La García	Código	E10	Latitud	6.3322	Longitud	-75.5490
Fecha	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	pH (U. de pH)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad eléctrica (µS/cm)	Nitrógeno total Kjeldahl (mg N/L)	Fósforo total (mg P/L)
14/04/2004	94,49	238,95	7,37	5,10	216,00	19,84	0,73
28/04/2004	188,00	242,00	7,35	4,90	207,00	7,24	0,35
12/05/2004			6,97	7,13	187,50	4,80	1,40
14/07/2004	53,40	231,00	7,60	5,50	170,30	12,30	1,89

<b>Estación</b>	La García	<b>Código</b>	E10	<b>Latitud</b>	6.3322	<b>Longitud</b>	-75.5490
<b>Fecha</b>	<b>DBO5 (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>pH (U. de pH)</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	<b>Conductividad eléctrica (µS/cm)</b>	<b>Nitrógeno total Kjeldahl (mg N/L)</b>	<b>Fósforo total (mg P/L)</b>
<b>27/07/2004</b>	85,40	216,00	7,68	5,20	206,00	6,40	1,29
<b>18/08/2004</b>	58,80	530,00	7,88	5,91	154,10	9,52	1,13
<b>29/08/2004</b>	35,10	166,70	7,76	4,33	147,45	22,40	0,79
<b>8/09/2004</b>	45,63	553,30	7,72	4,35	207,50	12,30	1,78
<b>24/07/2006</b>	102,60	158,50	7,64	2,30	314,00	19,10	2,18
<b>30/07/2006</b>	10,00	24,00	8,17	6,10	163,00	5,71	0,84
<b>8/08/2006</b>	79,40	175,00	8,17	2,80	251,00	23,40	3,69
<b>15/08/2006</b>	125,00	145,60	7,22	2,80	401,00	31,00	3,92
<b>21/04/2010</b>	178,90	525,20	10,16	2,06	636,69	24,15	1,96
<b>12/05/2010</b>	67,10	155,10	9,68	5,70	323,80	10,66	1,94
<b>23/06/2010</b>			9,10	7,58	169,73		
<b>11/08/2010</b>	60,00	264,40	9,00	5,98	222,91	8,78	0,97
<b>1/09/2010</b>	127,30	241,20	10,21	5,92	304,00	9,72	1,04
<b>8/09/2010</b>	58,90	154,10	9,95	7,09	257,00	7,53	0,89
<b>9/03/2011</b>	153,64	266,00	7,93	6,70	159,75	9,71	2,68
<b>6/04/2011</b>	64,20	119,20	9,64	7,08	237,00	9,95	2,03
<b>13/04/2011</b>	92,47	175,60	10,10	6,30	235,00		
<b>13/07/2011</b>	72,76	138,84	9,40	6,80	229,00	8,96	1,55
<b>24/08/2011</b>	80,81	132,20	9,46	5,52	187,20		
<b>31/10/2012</b>	92,30	159,20	8,39	5,86	226,00	33,70	2,63
<b>6/03/2013</b>	375,50	407,00	9,47	2,98	433,00	25,70	8,64
<b>31/07/2013</b>	241,00	513,00	9,87	3,13	439,00	22,60	5,37
<b>18/09/2013</b>	69,20	336,00	8,85	4,10	248,00	11,00	3,18
<b>26/02/2014</b>	134,00	219,00	8,20	5,29	218,24	10,30	6,27
<b>12/03/2014</b>	71,10	369,00	8,14	5,44	186,40	12,60	4,70
<b>5/11/2014</b>	32,80	66,20	8,84	6,08	299,00	14,80	3,51
<b>9/03/2015</b>	166,00	294,00	8,53	1,85	529,55	23,80	3,44
<b>8/04/2015</b>	53,00	198,00	7,67	6,41	132,90	8,97	1,59
<b>5/08/2015</b>	241,53	506,60	7,83	1,67	717,00	23,40	5,22
<b>15/06/2016</b>	98,50	287,00	8,12	3,79	249,00	14,82	5,00
<b>8/03/2017</b>	166,00	294,00	8,53	1,85	529,55	23,80	3,44
<b>27/07/2017</b>	125,00	211,00	7,71	4,25	244,73	16,80	3,53
<b>14/09/2017</b>	164,00	332,00	8,15	5,34	204,66	13,10	2,48
<b>10/05/2018</b>	156,00	253,00	8,22	6,08	158,74	9,73	1,78
<b>7/02/2019</b>	154,00	595,00	7,53	2,52	582,27	28,60	8,34





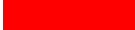
<b>Estación</b>	La García	<b>Código</b>	E10	<b>Latitud</b>	6.3322	<b>Longitud</b>	-75.5490
<b>Fecha</b>	<b>DBO5 (mg/L)</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>pH (U. de pH)</b>	<b>Oxígeno disuelto (mg/L)</b>	<b>Conductividad eléctrica (µS/cm)</b>	<b>Nitrógeno total Kjeldahl (mg N/L)</b>	<b>Fósforo total (mg P/L)</b>
<b>29/08/2019</b>	114,00	194,00	7,50	1,69	558,55	30,60	3,99

Adaptado de: RedRío. (2020). Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2014 - 2019. Recuperado de [https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/\\_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B2EAC93B8-3ACA-4CD3-B6F8-CDF712CCAB3%7D&file=Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010-2019.xlsx&action=default](https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B2EAC93B8-3ACA-4CD3-B6F8-CDF712CCAB3%7D&file=Resultados%20campa%C3%B1as%20de%20monitoreo%20realizadas%20en%20quebradas%202010-2019.xlsx&action=default)

#### **ANEXO IV. Calidad biológica del agua – Índice BMWP/Col**

En la Tabla 6 se presenta la clasificación de los índices BMWP/Col que plantea Gabriel Roldán el libro “Bioindicación de calidad del agua en Colombia. Uso de método BMWP/Col” (2003).

**Tabla 6. Índice BMWP/Col**

<b>CLASE</b>	<b>CALIDAD</b>	<b>BMWP/Col</b>	<b>SIGNIFICADO</b>	<b>COLOR</b>
<b>I</b>	Buena	>150, 101 - 120	Aguas muy limpias a limpias	
<b>II</b>	Aceptable	61 - 100	Aguas ligeramente contaminadas	
<b>III</b>	Dudosa	36 - 60	Aguas moderadamente contaminadas	
<b>IV</b>	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	
<b>V</b>	Muy Crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

Adaptado de: Roldán, G. (2003). Bioindicación de calidad del agua en Colombia. Uso de método BMWP/Col (Editorial Universidad de Antioquia, Ed.). Medellín, Colombia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADN Medellín. (2020). EPM reinició las obras en La García. *ADN Medellín*. Recuperado de [https://issuu.com/diarioadn.co/docs/adn-medellin\\_0a4fb1c441cb6e](https://issuu.com/diarioadn.co/docs/adn-medellin_0a4fb1c441cb6e)
- Alcaldía de Bello. (2009a). *Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL\_13\_Comunas y Barrios*. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación.
- Alcaldía de Bello. (2009b). *Mapas Temáticos y Cartografía Base POT 2009-2020. PL10\_Invasiones*. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación.
- Alcaldía de Bello. (2009c). *Revisión y ajuste del plan de ordenamiento territorial de Bello - Acuerdo 033 de 2009*. Bello, Colombia: Secretaría de Planeación.
- Alcaldía de Bello. (2011). *Reglamentación específica para el municipio de Bello* (pp. 1–212). pp. 1–212. Recuperado de <http://www.curaduria2bello.com.co/Portal/Uploads/DECRETO-193-2011.pdf>
- Alvarez, L. D. M. (2016). En Bello entregaron obras de mitigación de La García. *El Mundo*. Recuperado de <https://www.elmundo.com/noticia/En-Bello-entregaron-obras-de-mitigacion-de-La-Garcia/343261>
- Amorocho Pérez, A. P. (2011). La construcción de asentamientos humanos precarios en zonas de inundación y la conservación de cauces de río. *Prospectiva*, (15), 295. <https://doi.org/10.25100/prts.v0i15.1113>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2008). *Plan de ordenación y manejo de la microcuenca de la quebrada La García, Municipio de Bello*. Medellín, Colombia.
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2012). *RESOLUCION D 002016*. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Normatividad/resolucion-2012-002016.pdf>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2018). Quebrada La García. Recuperado de Oficina Asesora de Comunicaciones website: <https://www.metropol.gov.co/noticias/quebrada-la-garcia>
- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (2019). *RESOLUCION 2994*. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Normatividad/resolucion-2994-del-2019.pdf>
- Carvajal Flórez, E. (2009). Impacto ambiental y social del vertimiento de residuos sólidos y escombros sobre la calidad del río Medellín y algunos de sus afluentes. *El Ágora USB*, Vol. 9, pp. 225–265. <https://doi.org/10.21500/16578031.1410>
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 142. *Diario Oficial No. 41.433*, Vol. 24, pp. 8–24. Recuperado de [http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley\\_0142\\_1994.html](http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0142_1994.html)
- Congreso de la República de Colombia. (1997). Ley 388. *Diario Oficial No. 43.091*, 1997(Julio 18), 1–99. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Congreso de la República de Colombia. (2012). Ley 1523. *Diario Oficial 48.411*, 1–2. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=47141>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Censo Nacional de Población y Viviendas 2018 - Colombia. Recuperado de <https://sitios.dane.gov.co/cnpv/#/>
- El Mundo. (2008). Otra vez La García afectó a Bello. *El Mundo*. Recuperado de [https://www.elmundo.com/portal/noticias/antioquia/la\\_garcia\\_una\\_tragedia\\_inconclusa.php#.XpHiNMhKg2w](https://www.elmundo.com/portal/noticias/antioquia/la_garcia_una_tragedia_inconclusa.php#.XpHiNMhKg2w)
- El Mundo. (2011). La García, una tragedia inconclusa. *EL Mundo*.
- El Tiempo. (2003). Bello busca construir corredor vial. *El Tiempo*. Recuperado de <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1002542>
- El Tiempo. (2005). Lo que la quebrada La García se llevó. *El Tiempo*. Recuperado de



- <https://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1873760>
- Empresas Públicas de Medellín. (2017). *Obras de modernización de redes de alcantarillado para el Valle de Aburrá*. Recuperado de <https://www.epm.com.co/site/Portals/0/documentos/Modernización de redes/Obras-de-modernización-de-redes-de-alcantarillado-para-el-valle-de-aburra.pdf>
- Empresas Públicas de Medellín E.S.P. (2020). Mapa de redes de acueducto y alcantarillado. Recuperado de Geoportal EPM website: <https://grupoepm.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=591f5234f4a544e38bfef36d564320e0>
- González Zapata, G. M. (2009). *Gestión de los asentamientos informales: un asunto de política pública*. 316. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/691/>
- Jordan, R. (1984). *Algunas Características definitorias de los asentamientos precarios urbanos en América Latina y El Caribe* (p. 34). p. 34. Santiago de Chile, Chile: Memorias de Simposio: Abastecimiento de agua potable y disposición sanitaria de excretas en áreas urbanas marginadas. Programa de Salud Ambiental.
- MINAMBIENTE, Fondo, A., MINHACIENDA, CORNARE, CORANTIOQUIA, Área Metropolitana, V. de A., & S.A.S, I. C. (2018). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca del Río Aburrá*. Recuperado de [https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/pomca/2018/Documento\\_POMCA/DOCUMENTO\\_POMCA dic.pdf](https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/pomca/2018/Documento_POMCA/DOCUMENTO_POMCA dic.pdf)
- Oficina de gestión de riesgos de desastres. (2015). *Plan Municipal de Gestion del Riesgo de Desastres* (p. 68). p. 68. Bello, Colombia.
- Presidencia de la República de Colombia. (2000). Decreto 302. *Diario Oficial No. 43.915*. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=4636>
- Presidencia de la República de Colombia. (2006). Decreto 564. *Diario Oficial 46.192*, 1–12. Recuperado de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=50832>
- Presidencia de la República de Colombia. (2010). Decreto 1469. *Diario Oficial 47.698*, 53(Abril 30), 160. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- RedRío. (2018). *INFORME FINAL DE CALIDAD AGUA SUPERFICIAL* (pp. 1–824). pp. 1–824. Recuperado de <https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/Redrio/informe-final-de-calidad-de-agua-superficial.pdf>
- RedRío. (2020). *Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2014 - 2019*. Recuperado de [https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/\\_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B2EAC93B8-3ACA-4CD3-B6F8-CDF712CCAB3%7D&file=Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010-2019.xlsx&action=default](https://www.metropol.gov.co/ambiental/recurso-hidrico/_layouts/15/WopiFrame.aspx?sourcedoc=%7B2EAC93B8-3ACA-4CD3-B6F8-CDF712CCAB3%7D&file=Resultados campañas de monitoreo realizadas en quebradas 2010-2019.xlsx&action=default)
- Rodríguez M., C. H. (2007). *Nitrogeno total en agua por el método Semi-Micro Kjeldhl – Electrodo De Amoniac*. 9. Recuperado de <http://www.ideam.gov.co/>
- Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de calidad del agua en Colombia. Uso de método BMWP/Col* (Editorial Universidad de Antioquia, Ed.). Medellín, Colombia.
- Secretaría de Planeación de Bello. (2018). *Anuario estadístico de Bello 2018*. Recuperado de [https://bello.gov.co/index.php/styles/anuario-estadistico-2016/download/1753\\_a359652623abe202011babb532899f55](https://bello.gov.co/index.php/styles/anuario-estadistico-2016/download/1753_a359652623abe202011babb532899f55)