

**CONTRATO No. CD 387 DE 2022**  
**REALIZAR LA REGLAMENTACIÓN DE LOS USOS DEL AGUA Y DE LOS**  
**VERTIMIENTOS EN LAS QUEBRADAS LA PRESIDENTA Y LA AGUACATALA**  
**DEL VALLE DE ABURRÁ CON EL FIN DE GARANTIZAR LA CANTIDAD Y**  
**CALIDAD DEL RECURSO HÍDRICO, EN EL MARCO DEL PLAN DE**  
**ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO- PORH DEL RÍO ABURRÁ -**  
**MEDELLÍN**

**INFORME TÉCNICO DE LA REGLAMENTACIÓN DE VERTIMIENTOS PARA LA**  
**QUEBRADA LA PRESIDENTA**

Elaborada por:  
**UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA**  
**CORPORACIÓN ACADÉMICA AMBIENTAL**



**ÁREA METROPOLITANA DEL VALLE DE ABURRÁ**  
**MEDELLÍN**



**Futuro sostenible**

f t i y @areametropol  
[www.metropol.gov.co](http://www.metropol.gov.co)

**(57-4) 385 60 00**

Carrera 53 N° 40A - 31  
Medellín-Antioquia Colombia

## **Un proyecto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá**

Juan David Palacio Cardona, Director  
Diana María Montoya Velilla, Subdirección Ambiental

### **Ejecuta**

#### **Universidad de Antioquia Corporación Académica Ambiental**

Jairo León Zapata Martínez, Director de la Corporación Académica Ambiental

#### **Supervisión del Área Metropolitana del Valle de Aburrá**

Marcela Arboleda Acevedo Profesional Subdirección Ambiental

### **Equipo técnico**

#### **Coordinación**

Nora Elena Villegas; Ingeniera civil. MSc. ingeniería Ambiental

#### **Social**

Yamile Castaño Cuervo; Socióloga: MSc. en Estudios Urbanos Regionales

#### **Comunicaciones**

Luis Fernando López Soto; Comunicador

#### **Jurídico**

Juan Carlos Sepúlveda Calle; Abogado: Magíster en Derecho Administrativo

#### **Sistemas de información geográfica**

Andrés Camilo Gómez Hoyos; Ingeniero Ambiental Esp. Medio Ambiente y Geo informática

#### **Modelación en calidad del agua**



Leonardo García Jaramillo. Ingeniero Sanitario MSc Recursos hidráulicos.

### **Registro de usuarios**

Nubia Valverde Legarda. Ingeniera Sanitaria MSc. Estudios del Territorio

Carolina Valencia, MSc. Ingeniera Ambiental

Maria Alejandra Roldán Z. Ingeniera Ambiental

### **Equipo de Campo**

Yeison Castañeda Castaño; Ingeniero Sanitario

Lady Carolina Giraldo Quintero, Ingeniera Ambiental

Gabriel Ricardo Restrepo; Ingeniero Ambiental

Juan Fernando Campo Úsuga; Ingeniero Sanitario

Daniel Esteban Naranjo González, Ingeniero Sanitario

Deisy Viviana López Álvarez; Tecnóloga en Saneamiento Ambiental

Luz Fanery Zuluaga; Tecnóloga Agroindustrial

Jhonny Alejandro Ramírez; Ingeniero Ambiental

Andres Felipe Botero; Ingeniero Sanitario

### **Financiera**

Carolina Monsalve Barrientos; Administradora

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS EN EL MODELO DE CALIDAD DEL AGUA PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DE LOS VERTIMIENTOS Y LA CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN DE LA CORRIENTE EN EL MARCO DEL PROCESO DE REGLAMENTACIÓN.....	2
2.1. Planteamiento de escenarios a simular en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos.....	3
2.2. Condiciones de caudales críticos para la asimilación de cargas contaminantes en la simulación de escenarios.....	7
2.3. Segmentación de la corriente y elementos topológicos para la simulación de escenarios en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos.....	9
2.4. Elementos topológicos (vertimientos, corrientes afluentes y demandas).....	12
2.4.1. Vertimientos puntuales sobre la quebrada La Presidenta.....	12
2.4.2. Corrientes afluentes de la quebrada La Presidenta.....	14
2.4.3. Usuarios demandantes del recurso hídrico (captaciones).....	15
2.5. Resultado de la simulación de la capacidad de asimilación de las corrientes para las condiciones de generación de vertimientos.....	15
2.5.1. Resultados para el parámetro oxígeno disuelto.....	16
2.5.2. Resultados para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno.....	17
2.5.3. Resultados para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales.....	18
2.5.4. Resultados para el parámetro Conductividad eléctrica.....	19
2.5.5. Resultados para los parámetros nitratos y nitritos.....	20
2.5.6. Resultados para el parámetro Coliformes E. Coli.....	21
2.5.7. Resultados para el parámetro pH.....	22
2.5.8. Resultados para el parámetro temperatura del agua.....	23
3. CONCLUSIONES.....	24
4. BIBLIOGRAFÍA.....	27

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Esquema topológico de la quebrada La Presidenta para el modelo de calidad del agua en los escenarios a simular en el marco del proceso de reglamentación (Segmentación, corrientes afluentes, vertimientos y usuarios demandantes ..... 10

Figura 2-2. Resultados de la simulación del parámetro oxígeno disuelto para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta 17

Figura 2-3. Resultados de la simulación del parámetro DBO5 para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta ..... 18

Figura 2-4. Resultados de la simulación del parámetro Sólidos Suspendidos Totales para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta ..... 19

Figura 2-5. Resultados de la simulación del parámetro Conductividad eléctrica para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta ..... 20

Figura 2-6. Resultados de la simulación del parámetro nitratos y nitritos eléctrica para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta ..... 21

Figura 2-7. Resultados de la simulación del parámetro Coliformes E. Coli para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta 22

Figura 2-8. Resultados de la simulación del parámetro pH para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta ..... 23

Figura 2-9. Resultados de la simulación del parámetro temperatura del agua para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta ..... 24

## LISTA DE TABLAS

Tabla 2-1. Usos del agua y objetivos de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín para el mediano y largo plazo ..... 3

Tabla 2-2. Características de los escenarios de simulación en el marco de la reglamentación de vertimientos de la quebrada La Presidenta ..... 6

Tabla 2-3. Valores de caudales de corrientes afluentes y aportes de cargas difusas como entradas al modelo de calidad y origen de la información utilizada como entrada para la simulación de los escenarios en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos 8

Tabla 2-4. Valores de entrada al modelo de calidad de los vertimientos para el escenario de simulación de la incidencia de las conexiones erradas sobre la quebrada La Presidenta. 14

## 1. INTRODUCCIÓN

En el marco del proceso de reglamentación de vertimientos de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.7.4. del Decreto 1076 de 2015, Numeral 6, se requiere analizar la capacidad asimilativa de la corriente a reglamentar teniendo en consideración el proceso de Ordenamiento del Recurso Hídrico, que, en el caso de la microcuenca de la quebrada La Presidenta, obedece al cumplimiento de los objetivos de calidad definidos del río Aburrá – Medellín en su tramo 4 (Ancón Sur- Aula Ambiental)

Para el desarrollo de este análisis de la capacidad asimilativa de la quebrada La Presidenta, se construyó y calibró el modelo de calidad en el software Qual2kw a partir de la información obtenida en las campañas de monitoreo hidráulicas (4 y 5 de julio de 2023), de calidad del agua en las corrientes (5 de julio de 2023) y de caracterización de vertimientos (24 de agosto de 2023)

Finalmente, estos resultados obtenidos a partir de la simulación de escenarios de las incidencias de los vertimientos en la calidad del agua de la corriente, soportarán la toma de decisiones frente a la revisión de los permisos de vertimiento y las condiciones de calidad de los usuarios formalizados acorde con lo dispuesto en el artículo 2.2.3.3.5.11 del Decreto 1076 del 2015, en la medida que los permisos de vertimiento deberán revisarse, y de ser el caso ajustarse, de conformidad con lo dispuesto en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico y/o en la reglamentación de vertimientos



## 2. SIMULACIÓN DE ESCENARIOS EN EL MODELO DE CALIDAD DEL AGUA PARA DETERMINAR LA INCIDENCIA DE LOS VERTIMIENTOS Y LA CAPACIDAD DE ASIMILACIÓN DE LA CORRIENTE EN EL MARCO DEL PROCESO DE REGLAMENTACIÓN

En cumplimiento de los alcances de la reglamentación de vertimientos de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.7.4. del Decreto 1076 de 2015, se desarrollaron visitas técnicas y recorridos de campo para identificar usuarios del recurso hídrico y vertimientos puntuales sobre las corrientes de la microcuenca de la quebrada La Presidenta obteniéndose como resultado la identificación de dos vertimientos puntuales que obedecen a conexiones erradas en sitios de la cuenca incluidas en el perímetro sanitario del municipio de Medellín y por consiguiente con cobertura del sistema de alcantarillado operado por Empresas Públicas de Medellín E.S.P., estas conexiones erradas tienen su origen en usuarios del servicio de alcantarillado que de manera indebida vierten sus aguas residuales a las redes pluviales o aliviaderos del sistema. También, pueden originarse por fallas en la operación en las redes del sistema debido a fugas u obstrucciones que generan descargas a la corriente a través de los aliviaderos con que cuenta este sistema, los cuales descargan directamente a la quebrada La Presidenta y se ubican espacialmente en el sector Provenza – Barrio El Poblado, el primero a un costado del puente sobre la quebrada de la Avenida 34 y el segundo abajo del puente sobre la quebrada de la Calle 8, resulta importante especificar que estos vertimientos no se encuentran identificados como puntos de vertimientos a eliminar de acuerdo con el documento de la Actualización del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos 2022-2032 formulado por EPM S.A. E.S.P. como operador del sistema, sin embargo, en el marco del estudio técnico del presente proceso de reglamentación de vertimientos, se determinó la incidencia de estas conexiones erradas en la capacidad de asimilación de la quebrada La Presidenta.

Teniendo en cuenta lo anterior, para las dos conexiones erradas vertidas puntualmente a la quebrada La Presidenta, se estima la capacidad de asimilación de la corriente receptora frente a estas conexiones dando alcance a las actividades del estudio técnico de la reglamentación de vertimientos establecidas en el artículo 2.2.3.3.7.4. del Decreto 1076 de 2015, numeral 5. *Incidencia de los vertimientos en la calidad del cuerpo de agua en función de los usos actuales y potenciales* y numeral 6. *Análisis de la capacidad asimilativa del tramo o cuerpo de agua a reglamentar teniendo en consideración el ordenamiento del recurso hídrico*, mediante la simulación de escenarios en el modelo de calidad del agua Qual2kw calibrado para el cual las características de construcción del modelo y su calibración se detallan en el documento DIAGNOSTICO MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA PRESIDENTA que hace parte del presente estudio técnico del proceso de reglamentación de vertimientos de la quebrada La Presidenta.

Por consiguiente, se presentan las características de los escenarios de simulación para determinar la incidencia de las dos conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta, planteados para cumplir con los objetivos del estudio técnico en el marco del proceso de reglamentación, la segmentación del sistema y los elementos topológicos (entradas y salidas del sistema a modelar) y finalmente los resultados de la simulación de los escenarios para determinar la capacidad de asimilación de la corriente frente a estas conexiones erradas.

### 2.1. Planteamiento de escenarios a simular en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos

Los escenarios planteados responden al cumplimiento del alcance de la reglamentación de vertimientos de la quebrada La Presidenta de determinar la incidencia de los vertimientos identificados en la calidad del agua de la corriente receptora y la capacidad de asimilación de la corriente para garantizar los usos del recurso actuales y proyectados. Adicionalmente, la quebrada La Presidenta al ser un afluente del río Aburrá – Medellín debe contribuir al cumplimiento de los objetivos de calidad, por lo cual se evalúa a manera indicativa el cumplimiento de los criterios de sus objetivos de calidad del tramo 4 del río Aburrá-Medellín en el cual confluye la quebrada La Presidenta de manera transitoria hasta que la(s) autoridad(es) ambiental(es) definan objetivos de calidad específicos para la quebrada. En la Tabla 2-1, se presentan los usos del agua y objetivos de calidad para el tramo 4 del río Aburrá-Medellín para el mediano y largo plazo.

Los objetivos de calidad del río Aburrá - Medellín, para el periodo 2019-2030, se adoptaron por parte de las autoridades ambientales en jurisdicción de la corriente, en el marco del PORH y a través de los respectivos actos administrativos proferidos por cada entidad: Área Metropolitana del Valle de Aburrá mediante la Resolución 2994 de 2019, CORANTIOQUIA mediante la Resolución 040-RES1806-3603 de 2018 y CORNARE mediante la resolución No. 112-4160-2019 del 1 de noviembre de 2019.

**Tabla 2-1. Usos del agua y objetivos de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín para el mediano y largo plazo**

Tramo 4 – Ancón Sur – Aula Ambiental					
Usos del agua		Criterio de calidad		Objetivo de calidad	
Mediano Plazo	Largo Plazo	Parámetro	Unidad	Valor Mediano Plazo	Valor Largo Plazo
Industrial	Estético Industrial	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/L	≤40,0	≤30,0
		Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	≤100,0	≤50,0
		pH	U de pH	>6,0 <9,0	>6,0 <9,0
		Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5,0	≥5,0
		Grasas y aceites	Ausentes	≤10,0	≤5,0

Tramo 4 – Ancón Sur – Aula Ambiental					
Usos del agua		Criterio de calidad		Objetivo de calidad	
		Sólidos Suspendingidos Totales (SST)	mg/L	≤100,0	≤70,0

Fuente: Resolución 2994 de 2019 del AMVA

El planteamiento de escenarios de modelación se desarrolla de acuerdo con los lineamientos establecidos en el numeral 5.1.2. de la *Guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales* del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2018) teniendo en cuenta las condiciones de caudales y calidad del agua en la quebrada La Presidenta, sus principales tributarios y los vertimientos identificados en el marco del presente proceso de reglamentación.

En cuanto a las condiciones de regímenes de flujo de la corriente para los escenarios propuestos de evaluación de la incidencia de los vertimientos, se adoptarán unas condiciones de capacidad de asimilación de cargas contaminantes de caudal medio para condiciones hidrometeorológicas de año seco de la quebrada La Presidenta y sus afluentes, en cumplimiento de los lineamientos establecidos en el numeral 4.3.3. *Determinación de la condición climática y estacional a simular* de la *Guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales* del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2018) donde se especifica que para condiciones hidrológicas de caudales bajos es posible representar de mejor manera los impactos de cargas contaminantes puntuales, ya que se minimizan los aportes de cargas distribuidas o las variaciones en términos de cantidad de dichos vertimientos puntuales (MADS, 2018).

Teniendo en cuenta las anteriores consideraciones, se plantean dos (2) escenarios para determinar la incidencia de los vertimientos identificados en la calidad del agua de la corriente que obedecen a las dos (2) conexiones erradas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín ubicados en el Barrio Provenza – El Poblado, con el objeto de que los resultados obtenidos permitan soportar la toma de decisiones frente a acciones a tomar para mitigar los impactos generados por estos vertimientos, se presentan a continuación sus principales características:

- a) **Línea Base – Vertimientos (conexiones erradas del sistema de alcantarillado) de acuerdo con las caracterizaciones:** su objeto es diagnosticar la incidencia de los vertimientos que obedecen a las conexiones erradas identificadas de acuerdo con la caracterización del vertimiento (caudal monitoreado y parámetros de calidad) y la capacidad de asimilación de la corriente receptora de caudales críticos para la asimilación de cargas contaminantes vertidas que obedece al caudal medio multianual para condiciones hidrometeorológicas de año seco. A partir de los resultados obtenidos se evaluará el cumplimiento de los criterios de calidad a lo largo de la corriente y la incidencia particular de cada vertimiento en esta.

- b) **Eliminación de vertimientos (conexiones erradas del sistema de alcantarillado):** su objeto es evaluar el efecto en la calidad del agua de la quebrada al eliminar los vertimientos que obedecen a las dos conexiones erradas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín ubicadas en el sector Provenza del barrio El Poblado para condiciones de capacidad de asimilación de la corriente receptora de caudales críticos para la asimilación de cargas contaminantes vertidas que obedece al caudal medio multianual para condiciones hidrometeorológicas de año seco.

En la Tabla 2-2 se presentan las características generales de los escenarios de simulación propuestos de acuerdo con las condiciones a simular en cuanto a calidad del agua y flujos de la corriente receptora (quebrada La Presidenta), sus principales tributarios y los vertimientos puntuales que obedecen a las conexiones erradas del sistema de alcantarillado identificados en el marco del proceso de reglamentación.

Tabla 2-2. Características de los escenarios de simulación en el marco de la reglamentación de vertimientos de la quebrada La Presidenta

Escenario	Cuerpo de agua receptor (principal)		Tributarios		Cargas puntuales (vertimientos)	
	Caudal crítico para la asimilación	Calidad del agua. cabecera	Caudal crítico para la asimilación	Calidad del agua	Caudal	Calidad del agua
Línea Base – Vertimientos (conexiones erradas) de acuerdo con las caracterizaciones	<b>Caudal característico de condiciones mínimas – Caudal medio para año seco calculado a partir del modelo hidrológico</b>	Condiciones monitoreadas en el sitio de monitoreo SP1 el 5 de julio de 2023	<b>Caudal disponible (oferta hídrica de caudal característico de condiciones mínimas – Caudal año seco calculado a partir del modelo hidrológico incluyendo la sustracción de las demandas hídricas desarrolladas por los usuarios</b>	Condiciones medidas en las campañas de monitoreo del 5 de julio y el 24 de agosto de 2023.	Valor del caudal medio monitoreado en la campaña de muestra compuesta de vertimientos del 24 de agosto de 2023	Resultado de la caracterización de calidad del agua del vertimiento del 24 de agosto de 2023
Eliminación de conexiones erradas					Se eliminan del modelo los elementos topológicos de entrada de los dos vertimientos puntuales que obedecen a las conexiones erradas	

Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Condiciones de caudales críticos para la asimilación de cargas contaminantes en la simulación de escenarios

De acuerdo con los escenarios planteados se utilizarán como condiciones de régimen de flujo de la quebrada La Presidenta unas condiciones críticas de asimilación y dilución de cargas contaminantes que obedecen para efectos del presente proceso de reglamentación de vertimientos a los caudales medios para condiciones hidrometeorológicas de año seco en cumplimiento de los lineamientos establecidos en el numeral 4.3.3. *Determinación de la condición climática y estacional a simular de la Guía nacional de modelación del recurso hídrico para aguas superficiales continentales* del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS, 2018).

Debido a que la microcuenca de la quebrada La Presidenta cuenta con cerca de 45 usuarios demandantes consuntivos de agua ubicados a lo largo de la corriente principal y los principales afluentes que en total demandan aproximadamente 13,90 L/s, que de acuerdo con los análisis presentados en el marco del presente proyecto en los análisis de oferta y demanda del estudio técnico de la reglamentación por uso, el valor de demanda con respecto a la oferta es alta para unas condiciones de caudales medios para una condición seca. A lo anterior se suma la condición de que la mayoría de los usuarios demandantes del recurso se ubican en la parte alta de la microcuenca o en las corrientes afluentes principales y mínimamente demandan de la quebrada La Presidenta como corriente principal.

Teniendo en cuenta las condiciones de uso del recurso en la cuenca, para efectos de la simulación de los escenarios de incidencia del vertimiento se utilizó como entrada de cabecera al modelo y para las entradas puntuales como que obedecen a corrientes afluentes, el caudal de oferta media disponible para condiciones de caudales medios para condiciones hidrometeorológicas de año seco, valor que resulta de sustraer al valor de oferta hídrica para caudal medio para condiciones secas, el valor de las demandas estimadas de los usuarios identificados en la microcuenca.

Este valor de la oferta disponible como entrada al modelo de calidad permitió estimar la capacidad de asimilación de la corriente de una manera más objetiva a simplemente utilizar el caudal de oferta hídrica global. Los resultados de la oferta hídrica disponible calculados a partir de la estimación de las demandas hídricas sumado a los valores de calculados de oferta hídrica total mediante la simulación hidrológica de la microcuenca, se detallan en el documento del componente de oferta y demanda del presente proyecto nombrado: INFORME TÉCNICO DE OFERTA Y DEMANDA DE LA REGLAMENTACIÓN POR USO Y VERTIMIENTOS DE LA QUEBRADA LA PRESIDENTA.

Los valores de la oferta hídrica disponible calculados para caudales medios en condición seca como entradas para la simulación de los escenarios, tanto para la cabecera del modelo (límite superior) como para los principales afluentes y fuentes de cargas distribuidas, se presentan en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3. Valores de caudales de corrientes afluentes y aportes de cargas difusas como entradas al modelo de calidad y origen de la información utilizada como entrada para la simulación de los escenarios en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos**

Elemento topológico de entrada al modelo	Nombre de la unidad hidrográfica de la microcuenca de la quebrada La Presidenta	Abscisa ubicación quebrada La Presidenta (km)	Valor del caudal de entrada al modelo – Oferta hídrica disponible (L/s)
Valor de entrada de cabecera (límite superior) del modelo	Quebrada La Presidenta Parte alta	1,95 (sitio de cabecera del modelo)	13,28
Quebradas afluentes como entradas puntuales al modelo	Caño San Rafael	2,78	2,93
	Quebrada Sanín	3,02	32,55
	Quebrada Escopetería	4,05	32,45
	Quebrada La Poblada	5,70	53,13
Cargas distribuidas de afluentes directos (conservando la delimitación de la calibración en los tramos entre los sitios de monitoreo SP1 y SP4, entre SP4 y la desembocadura de la quebrada La Poblada y entre La Poblada y la desembocadura de la quebrada La Presidenta)	Directos a quebrada La Presidenta	Tramos carga difusa: 1. Entre km. 2,13 hasta 3,93, 2. Entre km. 3,94 hasta 5,69 y 3. Entre km. 5,71 hasta 5,93.	89,35
<b>Oferta hídrica disponible total a escala de microcuenca de La Quebrada La Presidenta para condición seca</b>			<b>225,96</b>

*Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a los valores ingresados para las cargas difusas, la magnitud del caudal de entrada al modelo por los tramos de cargas difusas, obedece a los flujos que son aportados por los afluentes directos a la quebrada de acuerdo con la sectorización de dichos tramos utilizada en la calibración del modelo mediante el cual se obtiene el valor estimado de oferta hídrica disponible a escala de microcuenca (antes de la desembocadura en el río Aburrá-Medellín) para el escenario de condición seca con un valor de 225,96 L/s. Las características de las cargas difusas contempladas como elementos topológicos de entrada al modelo de calidad se detallan en el documento DIAGNOSTICO MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA PRESIDENTA que hace parte del presente estudio técnico del proceso de reglamentación de vertimientos de la quebrada La Presidenta.

### 2.3. Segmentación de la corriente y elementos topológicos para la simulación de escenarios en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos

Se presenta a continuación las características de la segmentación del sistema para la simulación de los escenarios de incidencia del vertimiento en cuanto a los tramos definidos en el modelo Qual2kw, las condiciones de frontera y los elementos topológicos (entradas y salidas del sistema a modelar), el sitio de cabecera utilizado obedece a el sitio de monitoreo SP1, ubicado en el kilómetro 1,95 de la corriente teniendo en cuenta como origen (kilómetro 0,00 del abscisado) el sitio de nacimiento de la corriente y como límite inferior, el sitio de desembocadura de la quebrada La Presidenta en el río Aburrá-Medellín (kilómetro 5,93 del abscisado de la corriente desde su nacimiento hasta su desembocadura).

Teniendo en cuenta lo anterior y para efectos del uso de los presentes resultados de la simulación de los escenarios, se utiliza el abscisado real de la corriente desde su nacimiento (km. 0,00) hasta su desembocadura (km. 6,49), por lo cual el dominio espacial de modelación desde el sitio SP1 hasta la desembocadura se adopta desde el kilómetro 1,95 hasta el kilómetro 5,93 del abscisado de la corriente, de igual manera, los elementos topológicos de entrada al modelo, la segmentación de la corriente y los resultados se presentan de acuerdo con el abscisado de la corriente desde su nacimiento hasta su desembocadura como se presenta a manera de esquema topológico en la Figura 2-1.

La segmentación de la corriente para efectos de la simulación de los escenarios en el marco de la reglamentación de vertimientos conserva la segmentación de la calibración en dos tramos para el dominio espacial del modelo de 3,98 kilómetros de longitud, estos tramos comprenden desde el kilómetro 1,95 de la corriente como límite superior del modelo o cabecera que obedece al sitio de monitoreo SP1 hasta el sitio de monitoreo SP4 (kilómetro 3,94 de la corriente), el segundo tramo desde el sitio de monitoreo SP4 hasta la estación de monitoreo de nivel y caudal del SIATA en el sector parque lineal (kilómetro 4,65 de la corriente) y el tercer tramo desde la estación de monitoreo del SIATA hasta la desembocadura de la corriente (kilómetro 5,98).

En la **Tabla 3-2** se presentan las principales características de la segmentación de la corriente como variables de entrada al modelo: la extensión de cada tramo, sus límites de acuerdo con el abscisado de la corriente, la pendiente del tramo y las características de las secciones transversales adoptadas para los diferentes tramos de acuerdo con la información levantada en las campañas de monitoreo hidrodinámicas y el coeficiente de dispersión longitudinal adoptado para cada tramo calculado a partir de los ensayos de trazadores realizados en el marco del presente proceso de reglamentación.

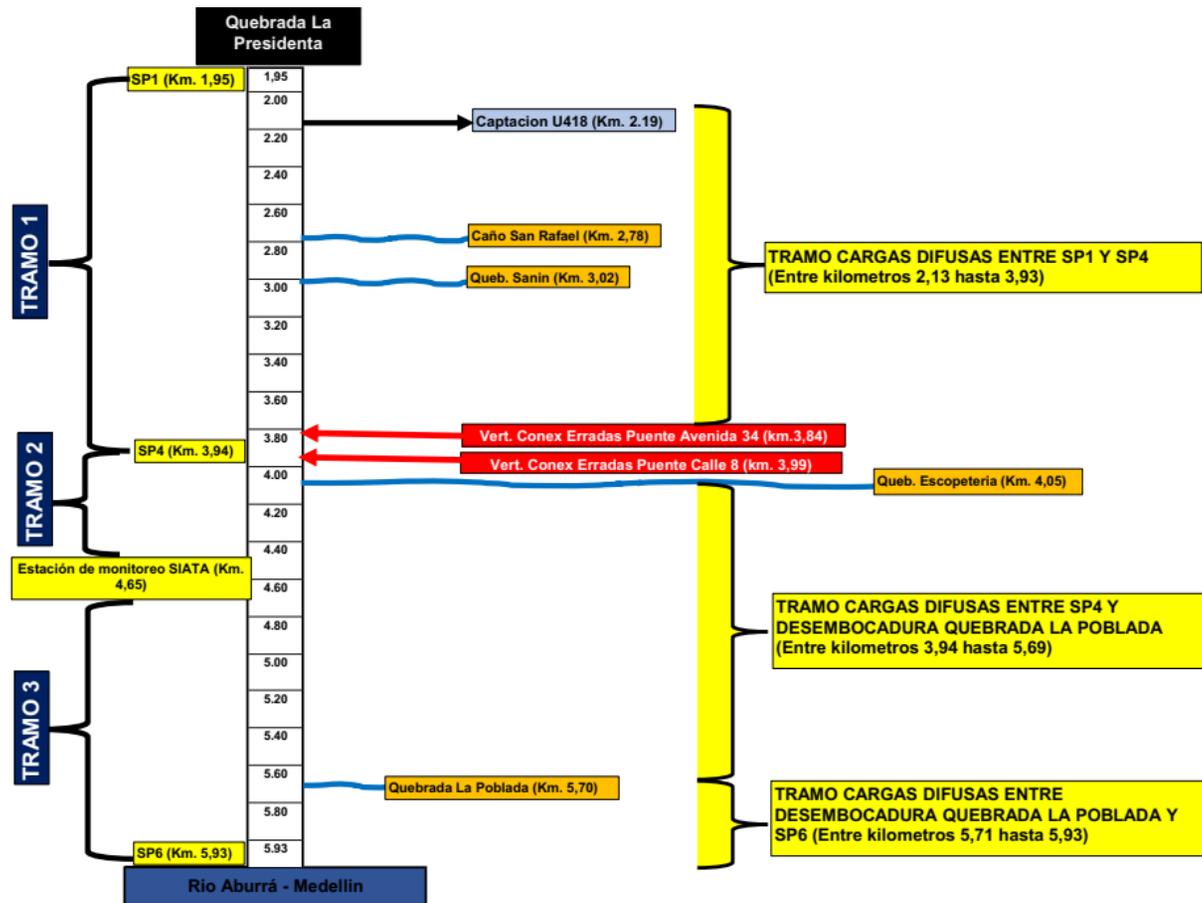


Figura 2-1. Esquema topológico de la quebrada La Presidenta para el modelo de calidad del agua en los escenarios a simular en el marco del proceso de reglamentación (Segmentación, corrientes afluentes, vertimientos y usuarios demandantes)

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 3-2. Segmentación de la quebrada La Presidenta por tramos y sus características para la simulación de escenarios en el modelo de calidad**

Número de tramo de acuerdo con el modelo Qual2kw	Límite superior del tramo (kilómetro)	Límite inferior del tramo (kilómetro)	Características de la sección transversal adoptada de acuerdo con la campaña de monitoreo hidráulico	Longitud del tramo (km)	Altitud límite superior del tramo (m.s.n.m)	Pendiente del tramo (s)	Coefficiente de rugosidad de Manning (adm)	Ancho de la sección transversal (m)	Coefficiente de dispersión longitudinal del tramo (m <sup>2</sup> /s)
Cabecera	-	1,95	SP1	-	1793,330	0,1228	0,0450	2,46	0,0066
1	1,95	3,94	SP4	1,99	1548,970	0,1228	0,0450	4,00	0,0066
2	3,94	4,65	Sección estación SIATA	0,71	1520,645	0,0399	0,0140	2,00	0,0066
3	4,65	5,93	SP6	1,28	1487,38	0,0200	0,0140	2,60	0,0066

*Fuente: Elaboración propia*

Respecto a las características morfológicas del cauce como entradas al modelo, se utilizaron los valores del coeficiente de Manning para los tramos conservando el valor ingresado en la calibración del modelo de calidad que obedece a las condiciones morfológicas y ambientales del cauce identificadas en la corriente en las campañas de monitoreo que obedecen una corriente de montaña con lecho natural en la mayoría de su extensión a excepción de obras hidráulicas de protección de taludes y cruces viales en su parte alta y media de la corriente, con un valor del coeficiente de Manning para los tramos desde cabecera al sitio de monitoreo SP4 de 0,0450 y del sitio de monitoreo SP4 hasta su desembocadura en donde la corriente se encuentra canalizada en concreto pero con lecho de fondo natural en la mayoría de su recorrido se adopta un valor de coeficiente de Manning de 0,0140, los valores del coeficiente de Manning obedecen a la fuente secundaria especializada de referencia en el tema como es el caso de la publicación de Chow et al. (1988) donde se presentan diferentes valores del coeficiente de acuerdo con el tipo de corriente y lecho.

En cuanto al valor del coeficiente de dispersión ingresado para cada tramo como variable de entrada del modelo Qual2kw se ingresará el valor medido calculado a partir de los ensayos de trazadores hidráulicos realizados en la quebrada La Presidenta en la campaña desarrollada el 4 de julio de 2023 en donde a partir de los resultados de dos ensayos de tiempos de viaje de trazadores realizados en un tramo representativo de las condiciones de la corriente se calculó el valor del coeficiente de dispersión longitudinal, de los cuales se selecciona el valor del coeficiente de 0,006605 m<sup>2</sup>/s que obedece al valor para el cual se obtuvo el menor resultado del cálculo del estado de ganancia de masa que indica una menor incertidumbre en el resultado del ensayo. Los resultados detallados de la campaña de ensayo de trazadores, incluyendo las metodologías aplicadas, cálculos y resultados detallados oficiales se presentan en la carpeta ANEXO CAMPAÑAS DE MONITOREO, CALIDAD, HIDRÁULICA Y ENSAYO DE TRAZADORES del presente documento.

## 2.4. Elementos topológicos (vertimientos, corrientes afluentes y demandas)

Se presentan a continuación las características topológicas de los escenarios a simular en el modelo de la quebrada La Presidenta que determinarán el transporte destino y reacción de las cargas contaminantes vertidas o transportadas a la corriente principal, destacándose vertimientos identificados previamente en el censo de usuarios en el marco del proceso de reglamentación que obedecen a los dos vertimientos de conexiones erradas, los cuales se consideran en el modelo como elementos que aportan cargas contaminantes a través de vertimientos directos sumado a las corrientes afluentes. Adicionalmente, las sustracciones de flujos de la corriente por parte del único usuario demandante que obedece a la captación con código 413 correspondiente a la Urbanización Villa Verde P.H. La ubicación esquemática de los usuarios se presentó en el esquema topológico de la Figura 2-1 en donde se presentan a lo largo del abscisado de la corriente la ubicación de los usuarios generadores de vertimiento y demandantes de flujo identificados.

### 2.4.1. Vertimientos puntuales sobre la quebrada La Presidenta

Los sitios de descarga de las conexiones erradas se ubican espacialmente en el sector Provenza del Barrio El Poblado, la primera se ubica a un costado del puente de la avenida 34 sobre la corriente (aproximadamente en el kilómetro 3,84 desde el nacimiento de la quebrada) y la segunda se ubica bajo el puente sobre la corriente de la Calle 8 (aproximadamente en el kilómetro 3,99 desde el nacimiento de la quebrada). Las estructuras de descarga de estos vertimientos obedecen a tuberías empotradas en muros de concreto a los costados del cauce que hacen parte de los elementos constructivos de los puentes.

En cuanto a las características de las aguas residuales vertidas no tratadas por estas conexiones erradas, se asume que obedecen a aguas residuales vertidas al sistema de alcantarillado por usuarios generadores de dicho sistema, los cuales de acuerdo con las actividades socioeconómicas y usos del suelo que se presentan alrededor de los vertimientos pueden obedecer a actividades comerciales como es el caso de restaurantes, hoteles, oficinas y viviendas residenciales. Las características detalladas de la ubicación y condiciones de la descarga se presentan en el INFORME DE VISITAS OCULARES DE LA QUEBRADA LA PRESIDENTA el cual hace parte de los productos documentales del proceso de reglamentación.

En cuanto a las características de las descargas de estas conexiones erradas, evidenciadas durante los recorridos de campo y las campañas de monitoreo, para el caso de la conexión errada bajo el puente de la Calle 8, la frecuencia de su descarga se identificó como permanente y en el caso de la conexión errada del puente de la Avenida 34 con flujo intermitente, lo que indicó para esta última que cuenta con una menor cantidad de flujos colectados en su red y que sus flujos se asocian con las actividades socioeconómicas generadoras de los vertimientos desarrolladas que son colectadas.

Teniendo en cuenta las características descritas de los vertimientos generados por las conexiones erradas, se procedió a la caracterización de sus vertimientos en el marco del estudio técnico del proceso de reglamentación mediante la campaña de monitoreo compuesta para vertimientos desarrollada el 24 de agosto de 2023. Sin embargo, debido a que previamente al comienzo de esta campaña de monitoreo, no se identificó la presencia de flujos vertidos de la conexión errada ubicada al costado del puente de la Avenida 34, para solucionar dicha contingencia, se procedió a monitorear otro vertimiento de conexión errada previamente identificado sobre la quebrada La Escopetería, ubicado en el mismo sector de Provenza a 5,00 metros aguas arriba del puente de la Calle 8 sobre el costado derecho de la corriente. En el caso del vertimiento de la conexión errada ubicada bajo el puente del Calle 8 sobre la quebrada La Presidenta, esta se monitoreo durante la campaña compuesta del 24 de agosto, presentando un flujo permanente durante la ejecución de la campaña.

Los vertimientos de las dos conexiones erradas monitoreados especificados anteriormente en el marco de la campaña compuesta se monitorearon durante una jornada de ocho horas de duración, tomando alícuotas cada media hora para componer la muestra compuesta mediante la cual se realizaron los ensayos de laboratorio para la medición de los parámetros de calidad del agua, el monitoreo de parámetros in - situ cada media hora (oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica) y el aforo de los caudales vertidos. Los resultados detallados de la campaña de monitoreo compuesta desarrollada el 24 de agosto de 2023, incluyendo las metodologías aplicadas, cálculos y resultados detallados oficiales se presentan en la carpeta ANEXO CAMPAÑAS DE MONITOREO, CALIDAD, HIDRÁULICA Y ENSAYO DE TRAZADORES del presente documento.

Debido a la contingencia presentada en la campaña de monitoreo del 24 de agosto en el monitoreo de la conexión errada sobre la quebrada La Presidenta ubicada a un costado del puente de la Avenida 34 por ausencia de flujo durante dicha campaña que implicó el monitoreo de la conexión errada en el mismo sector sobre la quebrada La Escopetería, para efectos de la simulación de escenarios como entradas al modelo de calidad se adoptan los resultados del monitoreo de cantidad y calidad del vertimiento de la conexión errada sobre la quebrada La Escopetería, ubicado en el mismo sector de Provenza a 5,00 metros aguas arriba del puente de la Calle 8 sobre el costado derecho de la corriente, por considerar que ambos vertimientos de conexiones erradas presentan características similares en cuanto a la composición de las aguas residuales vertidas (mismo sector del desarrollo de actividades socioeconómicas) y flujos potencialmente vertidos.

A partir de las consideraciones anteriormente descritas respecto a las características a adoptar para el vertimiento de la conexión errada sobre la quebrada La Presidenta ubicada a un costado del puente de la Avenida 34, se presentan en la **Tabla 2-4**, las características de calidad y cantidad de las dos conexiones erradas sobre la quebrada La Presidenta como elementos puntuales de entrada al modelo para la simulación de la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta de acuerdo con

los valores de los parámetros medidos en la caracterización del vertimiento desarrollada en el marco de la ejecución del presente proceso de reglamentación en la campaña del 24 de agosto de 2023.

**Tabla 2-4. Valores de entrada al modelo de calidad de los vertimientos para el escenario de simulación de la incidencia de las conexiones erradas sobre la quebrada La Presidenta**

Parámetros de cantidad y calidad del agua monitoreados del vertimiento	Unidades	Cantidad y calidad del vertimiento – Conexión errada debajo del puente de la Calle 8 (Sitio de vertimiento código VP2)	Cantidad y calidad del vertimiento – Conexión errada al costado del puente de la Avenida 34 (Sitio de vertimiento adoptado VP4)
Caudal promedio medido	L/s	0,14	2,13
pH	Unidades de pH	8,36	8,01
Temperatura	°C	21,3	23,6
DBO rápida	mg O <sub>2</sub> /L	44,63	110,48
DBO lenta	mg O <sub>2</sub> /L	139,87	372,12
Sólidos Suspendidos Inorgánicos	mg/L	14,0	1,00
Nitratos	mg N-NO <sub>3</sub> /L	0,08	0,21
Nitritos	mg N-NO <sub>2</sub> /L	0,03	0,03
Nitrógeno amoniacal	mg N-NH <sub>3</sub>	0,39	3,13
Nitrógeno orgánico	mg N/L	12,33	17,79
Fósforo total	mg P/L	2,37	5,30
Ortofosfatos (P-PO <sub>4</sub> ) – Fosforo inorgánico	mg P-PO <sub>4</sub> /L	1,13	2,72
Conductividad eléctrica	µs/cm	228,2	625,4
Alcalinidad Total	mg CaCO <sub>3</sub> /L	63,13	205,17
Coliformes E. Coli	NMP/100m L	100000	11550000
Detritos	mg/L	43,0	38,0

Fuente: Elaboración propia

#### **2.4.2. Corrientes afluentes de la quebrada La Presidenta**

En cuanto a las corrientes afluentes como entradas puntuales al modelo, se conservan las corrientes ingresadas en la calibración del modelo de calidad que corresponden a las corrientes: Caño San Rafael, Quebrada Sanín, Quebrada La Escopetería y Quebrada La Poblada. En el caso de los caudales de las corrientes afluentes, los valores de entrada al modelo fueron los valores de oferta hídrica disponible de las quebradas antes de su desembocadura en la quebrada La Presidenta para una condición hidrológica de año seco en la microcuenca acorde con lo expuesto en el numeral 2.2 del presente documento en donde se justifican y detallan las condiciones de caudales como entradas al modelo para los escenarios de simulación de la incidencia de los vertimientos en el proceso de reglamentación.

Respecto a las características de la calidad del agua de las corrientes afluentes como entradas puntuales al modelo de calidad para la simulación de los escenarios, se conservarán los valores de los parámetros de calidad para las corrientes utilizadas en la calibración del modelo de calidad detalladas en el numeral 2.5.3.2. del documento DIAGNOSTICO - MODELACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA LA PRESIDENTA como parte del presente estudio técnico del proceso de reglamentación de vertimientos de la quebrada La Presidenta.

#### **2.4.3. Usuarios demandantes del recurso hídrico (captaciones)**

A partir del resultado de la identificación de usuarios y visitas técnicas en el marco del presente proceso de reglamentación de vertimientos y uso del agua mediante el cual se identificaron los usuarios demandantes por uso del recurso en la microcuenca de la quebrada La Presidenta y se estimaron sus demandas (sustracciones de flujo de las corrientes) tanto de la quebrada La Presidenta como de los afluentes principales, en el caso de estos últimos, de acuerdo con lo explicado en el numeral 3.2.2.2, sus demandas se asumen de manera implícita en el valor de entrada de las corrientes afluentes como elementos puntuales al modelo mediante la inclusión del valor de oferta disponible en las quebradas afluentes.

En el caso de la quebrada La Presidenta como corriente principal, las demandas como elementos del modelo que sustraen flujos e inciden en el balance de masa de volúmenes transportados por la corriente en los diferentes tramos, obedecen al único usuario Urbanización Villa Verde P.H. (ubicado aproximadamente en el kilómetro 2,19 de la corriente), el cual demanda un caudal de 0,032 L/s. Los detalles del cálculo de las demandas por los usuarios sumado a la metodología, resultados y demás aspectos, se detallan en el documento del componente de oferta y demanda del presente proyecto nombrado: INFORME TÉCNICO DE OFERTA Y DEMANDA DE LA REGLAMENTACIÓN POR USO Y VERTIMIENTOS DE LA QUEBRADA LA PRESIDENTA.

#### **2.5. Resultado de la simulación de la capacidad de asimilación de las corrientes para las condiciones de generación de vertimientos**

De acuerdo con los alcances del estudio técnico de la reglamentación de vertimientos definidos en el artículo 2.2.3.3.7.4. del decreto 1076 de 2015, numeral 5. *Incidencia de los vertimientos en la calidad del cuerpo de agua en función de los usos actuales y potenciales* y numeral 6. *Análisis de la capacidad asimilativa del tramo o cuerpo de agua a reglamentar teniendo en consideración el ordenamiento del recurso hídrico*, se presenta el resultado obtenido del modelo de calidad al simular las condiciones de generación de vertimientos que en el caso de la quebrada La Presidenta obedecen a los dos vertimientos puntuales identificados de conexiones erradas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín ubicados en el sector Provenza del Barrio El Poblado, por consiguiente se simula la incidencia de estos dos vertimientos en la calidad de la corriente de acuerdo con las condiciones monitoreadas en el marco del presente proceso de reglamentación (campaña

de monitoreo de vertimientos del 24 de agosto de 2023) y la incidencia en la calidad del agua al eliminar estos dos vertimientos de conexiones erradas en la quebrada La Presidenta.

Teniendo en cuenta lo anterior, se evalúa la capacidad de asimilación de la corriente frente a las cargas contaminantes generadas por estos vertimientos, mediante los resultados de la simulación de los parámetros de calidad sujetos a simularse: oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, Sólidos suspendidos totales, pH, coliformes E. Coli, nitratos, nitrógeno total, conductividad, alcalinidad total y temperatura del agua.

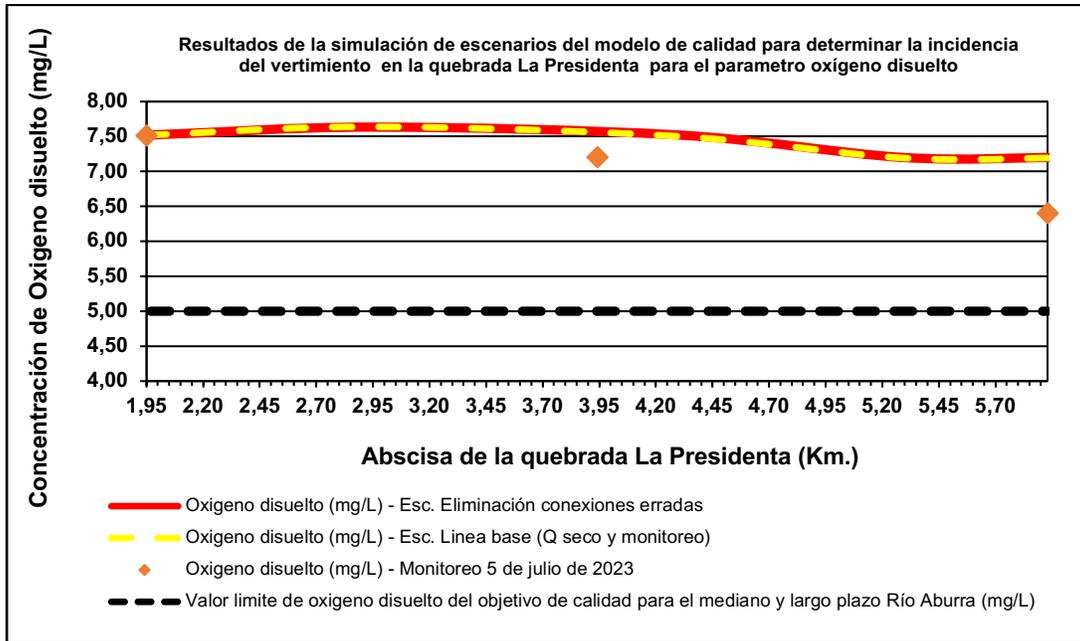
Adicionalmente, debido a que la quebrada La Presidenta a la fecha no cuenta con usos y objetivos de calidad definidos y ser un afluente importante del río Aburrá – Medellín en su tramo 4 y considerando que las condiciones de calidad de la quebrada deben propender por el cumplimiento como mínimo de los objetivos de calidad definidos del río Aburrá – Medellín, se evalúan los resultados de los escenarios simulados respecto a los valores de los criterios de calidad del citado río a manera indicativa que permitan conocer las condiciones de calidad y asimilación de la corriente respecto a los criterios de calidad que debe cumplir los cuales fueron detallados en Tabla 2-1 del numeral 2.1.

Los archivos ejecutables de los escenarios de calidad simulados en el modelo de calidad calibrado del modelo Qual2kw de la quebrada La Presidenta, se presentan en la carpeta anexa MODELOS DE CALIDAD, en donde se vinculan los archivos de hojas de cálculo (.xls) llamados: MODELO PRESIDENTA CALIBRADO (modelo calibrado), PRESIDENTA ESCENARIO LÍNEA BASE MONITOREO (escenario de las condiciones de los vertimientos monitoreados) y PRESIDENTA ESCENARIO ELIMINACIÓN CONEXIONES ERRADAS (escenario sin los vertimientos de entrada al modelo de calidad).

Estos resultados se presentan de manera gráfica mediante perfiles a través de los cuales se presenta la concentración o valor del parámetro simulado para los dos escenarios de acuerdo con el dominio de modelación sumado al valor del criterio de calidad para el parámetro del mediano y largo plazo de la vigencia de los objetivos de calidad del río Aburrá – Medellín en el tramo 4 Ancón Sur – Aula Ambiental. En el archivo anexo de hoja de cálculo (.xls) llamado GRAFICAS RESULTADOS MODELACIÓN LA PRESIDENTA se presentan los resultados tabulados y las gráficas generadas (perfiles) presentados en el presente documento.

### **2.5.1. Resultados para el parámetro oxígeno disuelto**

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas y la respuesta de la quebrada frente a su eliminación para el parámetro oxígeno disuelto junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo y los valores del criterio de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín del mediano y largo plazo se presentan en la Figura 2-2.



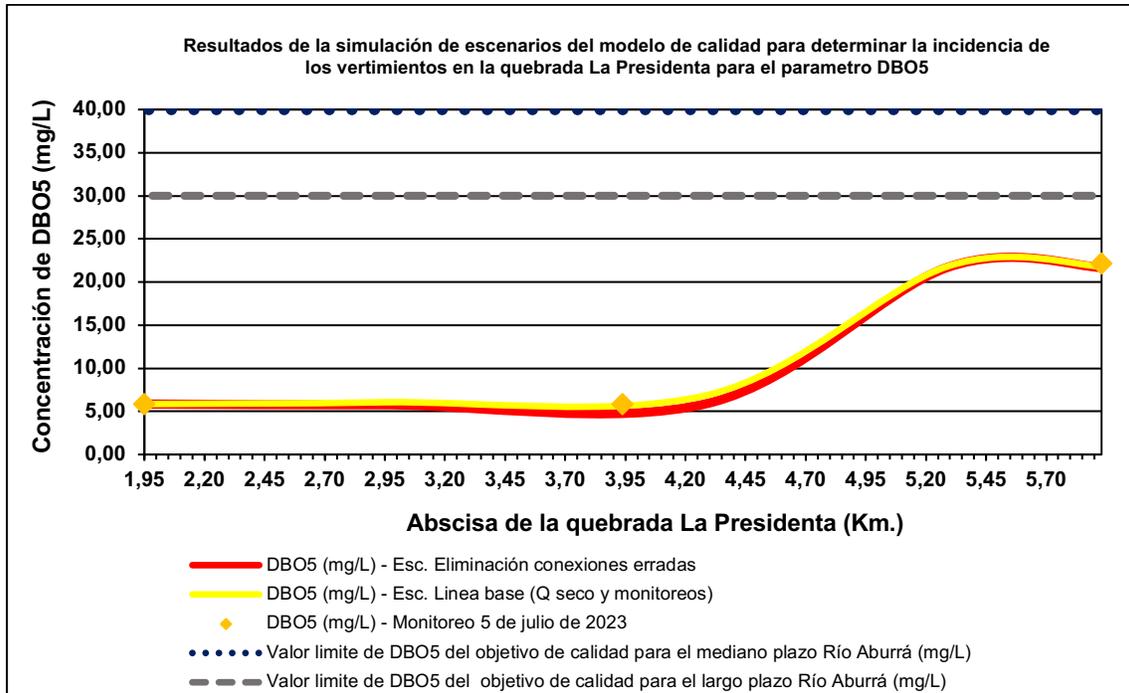
**Figura 2-2. Resultados de la simulación del parámetro oxígeno disuelto para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

Fuente: Elaboración propia

El resultado obtenido muestra la capacidad de asimilación con que cuenta la corriente frente a las cargas contaminantes vertidas con características oxígeno – demandantes muestran como la incidencia de las conexiones erradas aguas abajo de sus sitios de vertimiento (Km. 3,84 y km. 3,99) son mínimas teniendo en cuenta el resultado del escenario en el cual se simula la incidencia en la calidad debido a su eliminación. En cuanto al criterio del oxígeno disuelto adoptado del tramo 4 del río Aburrá – Medellín, se cumple a lo largo de la corriente con este criterio de valores superiores a 5,00 mg/L, estos resultados se pueden asociar con la capacidad de reaeración con que cuenta la corriente debido a su alta pendiente a lo largo del cauce que induce a la presencia de regímenes de flujo turbulentos favoreciendo la ocurrencia de procesos de reaeración atmosférica en la columna de agua.

### 2.5.2. Resultados para el parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la quebrada La Presidenta para el parámetro DBO<sub>5</sub> junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023 y los valores de los criterios de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín, se presentan en la Figura 2-3.



**Figura 2-3. Resultados de la simulación del parámetro DBO5 para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

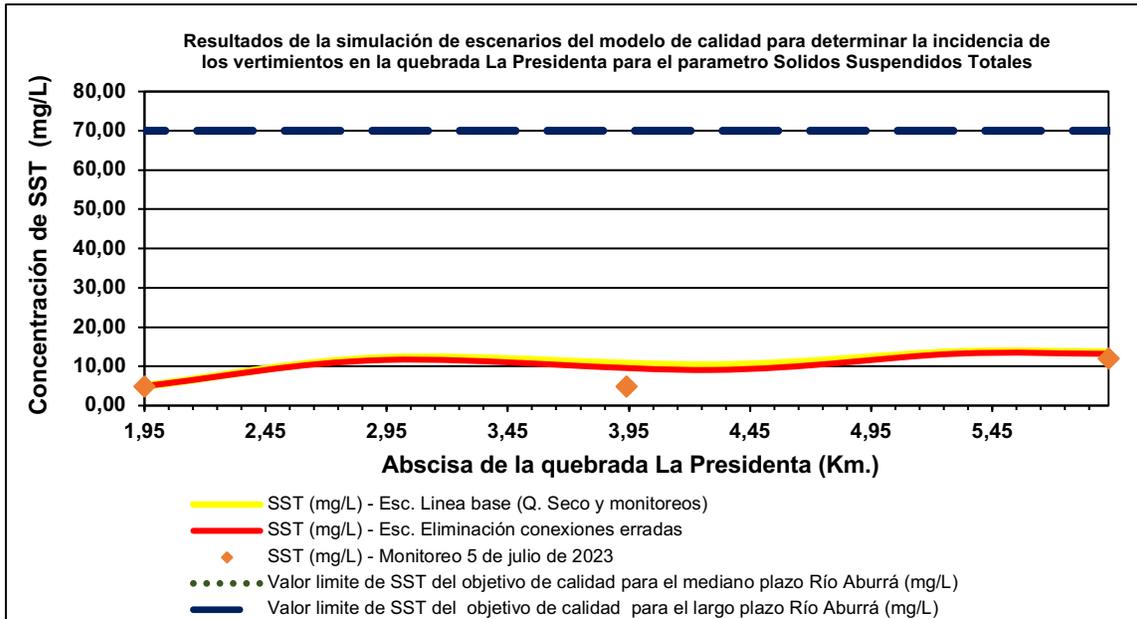
*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos en la simulación de los escenarios muestran diferencias mínimas de la incidencia de las conexiones erradas en los resultados de DBO<sub>5</sub> aguas abajo de sus puntos de descarga (km. 3,84 y km. 3,94) con un incremento significativo antes de su desembocadura asociado con las cargas contaminantes aportadas por la quebrada La Poblada en su desembocadura en la quebrada La Presidenta (Km. 5,70), resulta importante especificar que durante las campañas de monitoreo se presentó un vertimiento puntual de aguas residuales no tratadas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín en la red hídrica de la quebrada La Poblada por causa de un daño en la red de alcantarillado que en consecuencia afectó la calidad del agua de la quebrada La Poblada y por consiguiente de la quebrada La Presidenta aguas abajo de su confluencia. Sin embargo, al evaluar el criterio de calidad del río Aburrá-Medellín para el mediano y largo plazo del parámetro DBO<sub>5</sub>, se presentan a lo largo de toda la quebrada La Aguacatala valores por debajo de dicho criterio.

### **2.5.3. Resultados para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales**

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta para el parámetro Sólidos Suspendidos Totales junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023 y

los valores de los criterios de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín del mediano y largo plazo, se presentan en la Figura 2-4.



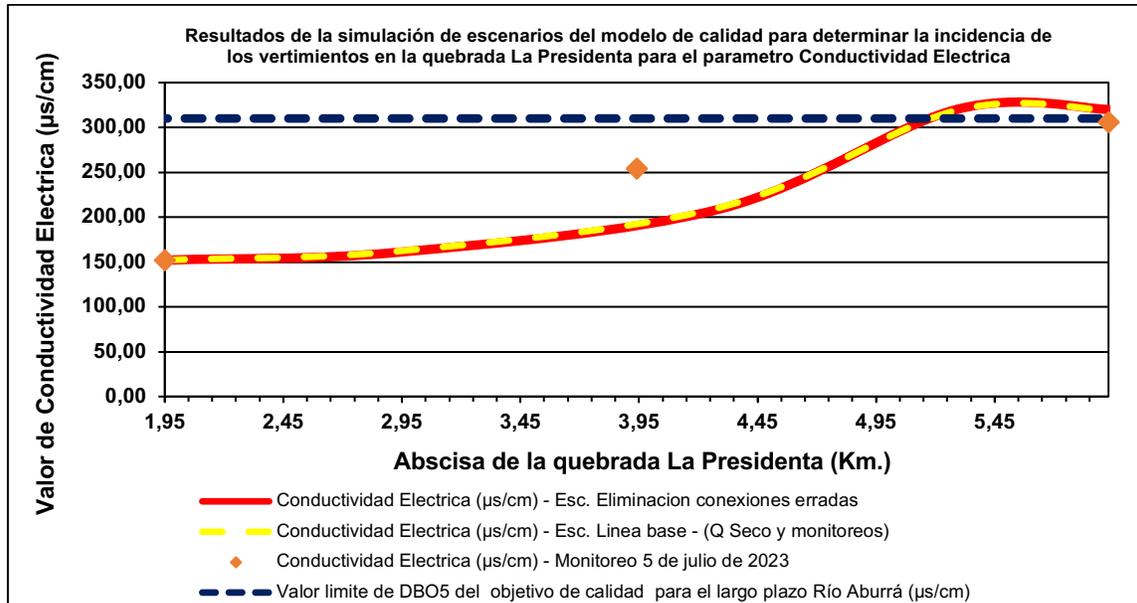
**Figura 2-4. Resultados de la simulación del parámetro Sólidos Suspendidos Totales para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos en la simulación de la incidencia de las conexiones erradas para el parámetro sólidos suspendidos totales muestran mínimas diferencias entre ambos escenarios indicando la capacidad con que cuenta la quebrada para asimilar estos vertimientos aguas abajo de sus sitios de descarga (km. 3,84 y km. 3,99) presentándose valores inferiores a los 15,00 mg/L, por debajo de los criterios de calidad para este parámetro del mediano y largo plazo del tramo 4 del río Aburrá – Medellín.

#### **2.5.4. Resultados para el parámetro Conductividad eléctrica**

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta para el parámetro conductividad eléctrica junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023 y los valores de los criterios de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín, se presentan en la Figura 2-5.



**Figura 2-5. Resultados de la simulación del parámetro Conductividad eléctrica para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos muestran una mínima incidencia en la capacidad de asimilación de la corriente en el caso de que se presente la eliminación de las conexiones erradas debido a las mínimas diferencias entre los resultados del escenario con los vertimientos de las conexiones erradas y sin estos, aguas abajo de sus puntos de descarga (km. 3,84 y km. 3,99). En cuanto al incremento del valor de conductividad a partir del kilómetro 4,50 km de la corriente y hasta su desembocadura, generándose valores que sobrepasan el criterio de calidad adoptado del tramo 4 del río Aburrá – Medellín de 310  $\mu\text{s/cm}$  para el horizonte del largo plazo, se asocian con las cargas contaminantes de sustancias iónicas, como es el de cationes ácidos (hidrógeno y aluminio) y los cationes básicos (calcio, magnesio, potasio y sodio) aportadas por la quebrada La Poblada en su desembocadura en la quebrada La Presidenta, resulta importante especificar que durante las campañas de monitoreo se presentó un vertimiento puntual de aguas residuales no tratadas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín en la red hídrica de la quebrada La Poblada por causa de un daño en la red de alcantarillado que en consecuencia afectó la calidad del agua de la quebrada La Poblada y por consiguiente de la quebrada La Presidenta aguas abajo de su confluencia.

### **2.5.5. Resultados para los parámetros nitratos y nitritos**

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta para los parámetros nitratos y nitritos junto con los

valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023 se presentan en la Figura 2-6.

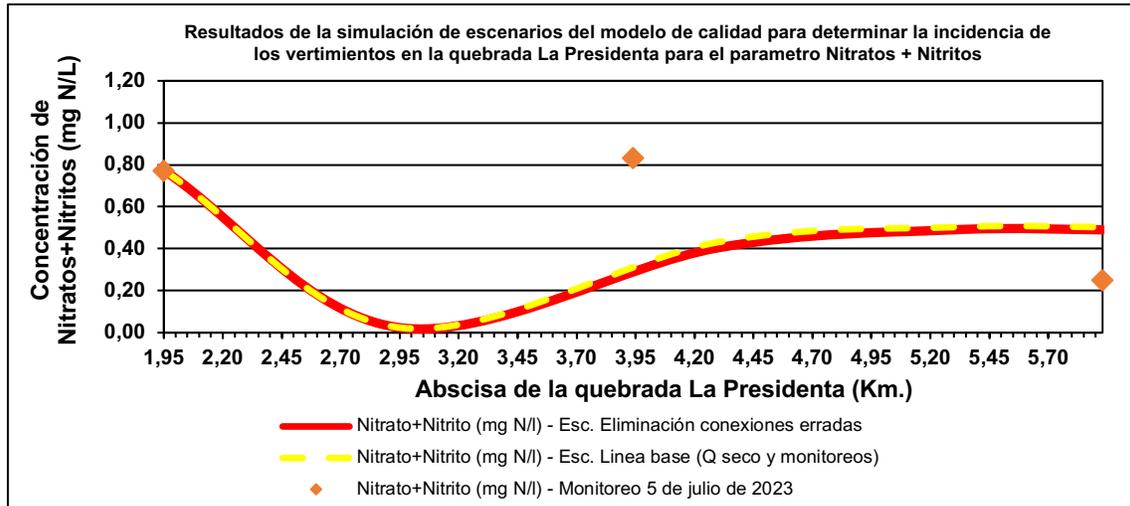


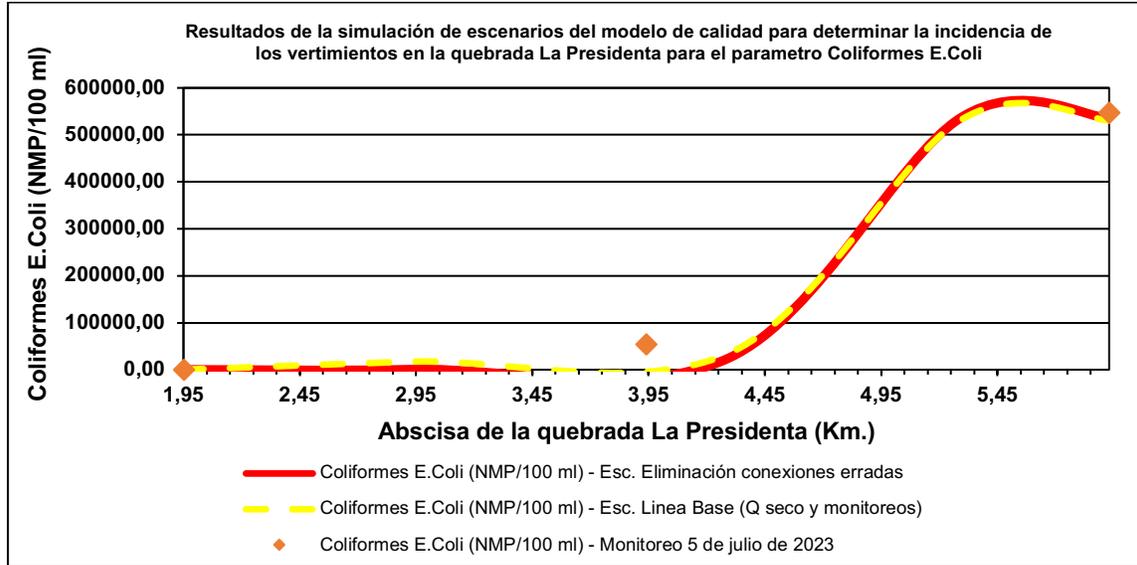
Figura 2-6. Resultados de la simulación del parámetro nitratos y nitritos eléctrica para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los resultados de los escenarios con y sin presencia de los vertimientos de las conexiones erradas se observan mínimas diferencias en los resultados de los parámetros nitratos y nitritos aguas abajo de los sitios de descarga (km. 3,84 y km. 3,99) indicando las mínimas incidencias de estas en la capacidad de asimilación de estas especies de compuesto de nitrógeno. Adicionalmente, los valores por debajo del valor de concentración de 1,00 mg N/L a lo largo de la corriente, al compararlos con los criterios de calidad para los usos del agua establecidos de manera transitoria por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de acuerdo con el decreto 1076 de 2015, Artículo 2.2.3.3.9.4 para el uso de Desinfección para consumo humano y doméstico, como uso más restrictivo en cuanto a la calidad requerida para su destinación, presenta un criterio de calidad para el parámetro nitratos de un valor de concentración inferior a 10,00 mg N/L, por lo cual, los valores obtenidos en la simulación y monitoreo no presentan una limitante para la destinación del uso del agua de la quebrada La Presidenta para los usos del agua de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.2.1. del decreto 1076 de 2015.

### 2.5.6. Resultados para el parámetro Coliformes E. Coli

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta para el parámetro Coliformes E. Coli junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023, se presentan en la Figura 2-7.



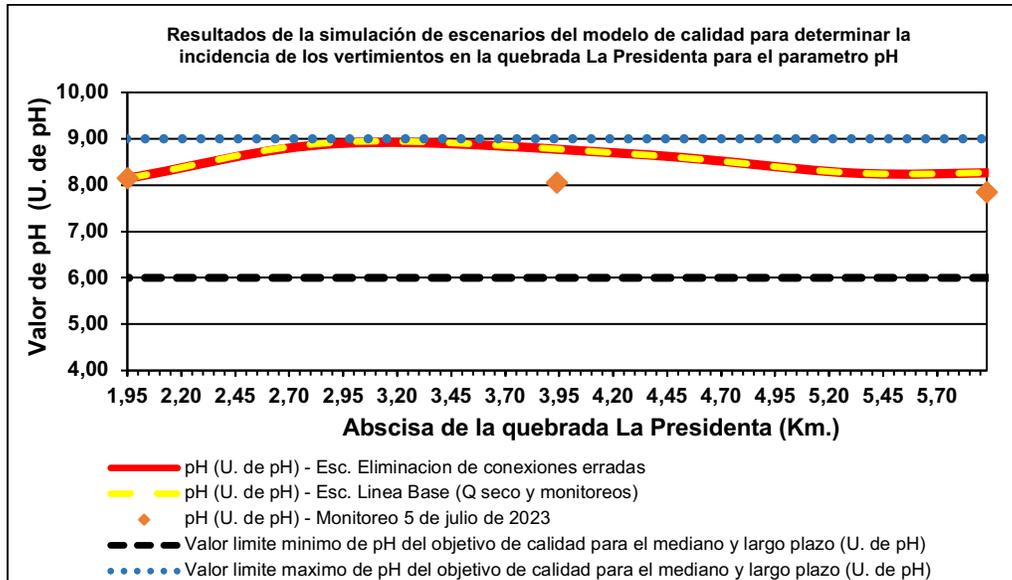
**Figura 2-7. Resultados de la simulación del parámetro Coliformes E. Coli para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados de las simulaciones muestran unas diferencias mínimas de la incidencia de las conexiones erradas al comparar los resultados de las simulaciones con y sin presencia de estas. Se observa a partir de la desembocadura de la quebrada La Poblada en la Presidenta un incremento significativo en la cantidad de coliformes transportados por la corriente, debido a que durante las campañas de monitoreo se presentó un vertimiento puntual de aguas residuales no tratadas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín en la red hídrica de la quebrada La Poblada por causa de un daño en la red de alcantarillado que en consecuencia afectó la calidad del agua de la quebrada La Poblada y por consiguiente de la quebrada La Presidenta aguas abajo de su confluencia.

### **2.5.7. Resultados para el parámetro pH**

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta para el parámetro pH junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023 y los valores de los criterios de calidad para el tramo 4 del río Aburrá – Medellín, se presentan en la Figura 2-8.



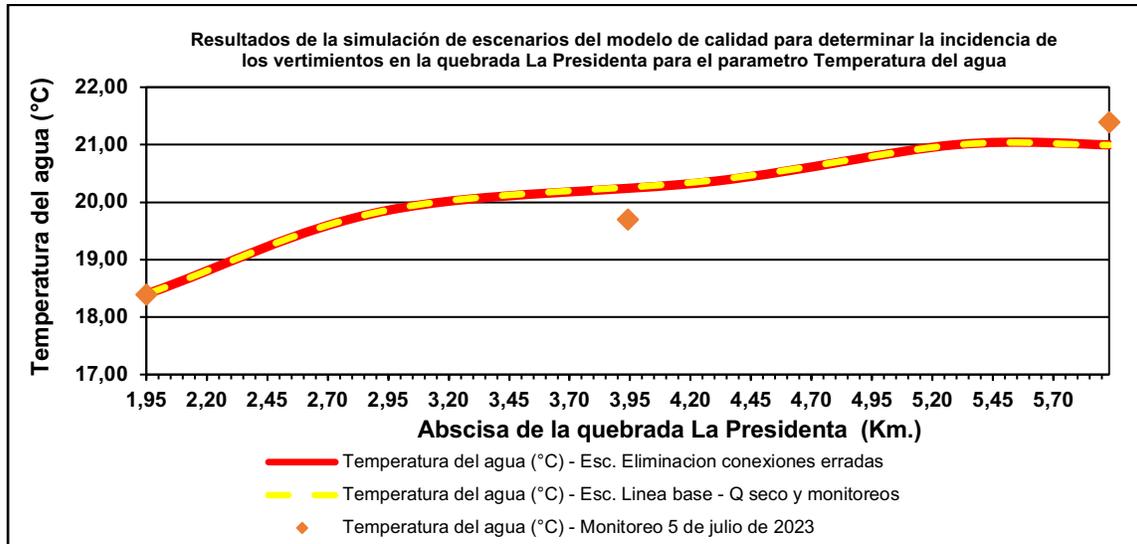
**Figura 2-8. Resultados de la simulación del parámetro pH para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos en la simulación de la incidencia de las conexiones erradas junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023 presentan valores entre el rango de 8,20 a 8,40 U. de pH a lo largo de la corriente, indicando la capacidad con que cuenta la corriente para asimilar las sustancias contaminantes con características ácidas o básicas vertidas o transportadas mediante su red hídrica. En cuanto al cumplimiento del criterio de calidad del tramo 4 del río Aburrá – Medellín para el mediano y largo plazo, los valores del pH obtenidos en la simulación se encuentran entre los límites de menor a 9,00 U. de pH y mayor a 6,00 U. de pH, cumpliéndose con los límites de este criterio.

**2.5.8. Resultados para el parámetro temperatura del agua**

Los resultados obtenidos de simular la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta para el parámetro temperatura del agua junto con los valores medidos en los sitios de monitoreo en la campaña del 5 de julio de 2023, se presentan en la Figura 2-9.



**Figura 2-9. Resultados de la simulación del parámetro temperatura del agua para el escenario de la incidencia de los vertimientos en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta**

*Fuente: Elaboración propia*

Los resultados obtenidos de la simulación de la incidencia de las conexiones erradas a partir de los escenarios de la presencia o eliminación de estas muestran una mínima incidencia de estos vertimientos en la temperatura del agua de la corriente aguas debajo de sus puntos de descarga (km. 3,84 y km. 3,99).

En general, se presenta un aumento gradual de la temperatura a medida que la corriente discurre desde su parte alta (límite aguas arriba – km. 1,95 hasta su desembocadura (km. 5,93), este comportamiento se asocia a las condiciones ambientales de la corriente, como es el caso del gradiente de alturas con que cuenta la corriente con una diferencia altitudinal entre el sitio de cabecera del modelo y la desembocadura de aproximadamente 306 metros sumado a los cambios en los usos del suelo y coberturas vegetales debido al tránsito de la corriente y de sus afluentes por zonas en donde las coberturas de la tierra son de vegetación secundaria en su parte alta con una ronda hídrica con vegetación densa, zonas rurales en donde las coberturas de la ronda hídrica son menos densas y zonas urbanas en la cual la corriente transita por sectores densamente urbanizados en las cuales la vegetación riparia es poco densa y permiten la incidencia directa de la radiación solar, en las corrientes de la cuenca y por balance de calor en la columna de agua aumentar la temperatura agua.

### 3. CONCLUSIONES

- A partir del resultado de la visita técnica e identificación de descargas directas sobre la quebrada La Presidenta y su red hídrica en el marco del proceso de

reglamentación de vertimientos, únicamente se identificaron dos vertimientos puntuales de conexiones erradas en sitios de la cuenca en donde se cuenta con la cobertura del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín operado por Empresas Públicas de Medellín E.S.P., las cuales obedecen a conexiones de usuarios del servicio de alcantarillado que de manera indebida vierten sus aguas residuales a las redes o también por fallas en la operación del sistema debido a fugas o obstrucciones que generan descargas a la corriente a través de los aliviaderos con que cuenta este sistema, los cuales descargan directamente a la quebrada La Presidenta y se ubican espacialmente en el sector Provenza – Barrio El Poblado, el primero a un costado del puente sobre la quebrada de la Avenida 34 y el segundo abajo del puente sobre la quebrada de la Calle 8, resulta importante especificar que estos vertimientos no se encuentran identificados como puntos de vertimientos a eliminar de acuerdo con el documento de la Actualización del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos 2022-2032 formulado por EPM S.A. E.S.P. como operador del sistema, sin embargo, en el marco del estudio técnico del presente proceso de reglamentación de vertimientos se determinó la incidencia de estas conexiones erradas en la capacidad de asimilación de la quebrada La Presidenta mediante la simulación de escenarios en el modelo de calidad del agua Qual2kw calibrado.

- Teniendo en cuenta la inexistencia de usuarios generadores de vertimientos puntuales a la quebrada La Presidenta y sus afluentes principales por reglamentar o revisar en el caso de los usuarios formalizados, el alcance del estudio técnico en el marco del proceso de reglamentación de vertimientos de acuerdo con el artículo 2.2.3.3.7.4. del Decreto 1076 de 2015, Numeral 6, tuvo por objeto analizar la capacidad asimilativa de la quebrada La Presidenta frente a los vertimientos puntuales generados por las dos conexiones erradas identificadas a través de la simulación del efecto de la eliminación de estas conexiones en la calidad del agua de la corriente aguas abajo de sus descargas y a partir de los resultados soportar la toma de decisiones frente a las gestiones para la eliminación de dichas conexiones erradas y en la gestión del recurso hídrico como es el caso de la determinación de los usos del agua de la corriente.
- Los escenarios de simulación para determinar la incidencia de los vertimientos generados por las conexiones erradas, parten de adoptar una condición de capacidad de asimilación de cargas crítica de la corriente y sus afluentes que en el caso de la quebrada La Presidenta y su red hídrica, obedece a la oferta hídrica disponible para condiciones de caudales medios para una condición hidrometeorológica seca y en cuanto a las condiciones de los vertimientos de las conexiones erradas, se evaluó la incidencia en la calidad del agua de acuerdo con la caracterización de los vertimientos de la campaña de monitoreo desarrollada el 27 de agosto de 2023 y se comparó dicha incidencia en la calidad del agua de la corriente asumiendo la eliminación de estas condiciones erradas, con el objeto de aproximarse a los beneficios en cuanto a la calidad del agua y la capacidad de

asimilación de la corriente respecto a la eliminación de estas, entendiéndose como la eliminación de estos dos vertimientos puntuales sobre la quebrada La Presidenta.

- Los resultados de la simulación de la incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta de acuerdo con los parámetros sujetos a simularse muestran un impacto mínimo en la capacidad de asimilación de la quebrada, aguas abajo de los sitios de descarga (km. 3,84 y km. 3,99) para un escenario crítico de asimilación de cargas de caudales transportados por la corriente que obedecen a la oferta hídrica disponible para una condición hidrometeorológica seca. Adicionalmente, los resultados de la simulación del escenario de eliminación de las conexiones erradas respecto a los resultados de la simulación de la existencia de las conexiones erradas, son mínimas con diferencias en los valores de los parámetros sujetos a modelarse entre ambos escenarios de simulación inferiores al 5,00% que en conclusión indican tanto la mínima incidencia de las conexiones erradas en la calidad del agua de la quebrada La Presidenta como la mínima diferencia en la mejora de la capacidad o en el incremento de la capacidad de asimilación al eliminar estas conexiones erradas.
- Tanto los resultados obtenidos en la modelación de los escenarios de calidad del agua en la quebrada La Presidenta como los resultados obtenidos en la campaña de monitoreo del 5 de julio 2023 en el sitio de monitoreo SP6 (Kilometro 5,93 antes de la desembocadura de la quebrada La Presidenta en el río Aburrá – Medellín) muestran un deterioro en la calidad del agua de la corriente a través de los diferentes parámetros simulados y/o monitoreados en el tramo desde la desembocadura de la quebrada La Poblada en la quebrada La Presidenta (Kilometro 5,70 aproximadamente) hasta la desembocadura de la quebrada La Presidenta en el río Aburrá – Medellín, que se asocia directamente con las cargas contaminantes transportadas por la quebrada La Poblada, en la cual se presentó un vertimiento puntual de aguas residuales no tratadas del sistema de alcantarillado del municipio de Medellín en la red hídrica de la quebrada La Poblada por causa de un daño en la red de alcantarillado (sector vía Las Palmas sobre la quebrada La Yerbabuena) que en consecuencia afectó la calidad del agua de la quebrada La Poblada y en consecuencia la de la quebrada La Presidenta.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- AMVA, A. M. (2011). *Informe de Modelación, Proyecto "Red de Monitoreo Ambiental en la Cuenca Hidrográfica Del Río Aburrá-Medellín en Jurisdicción Del Área Metropolitana Fase III*. Medellín.
- ANLA. (2013). METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DE LA LONGITUD DE INFLUENCIA DE VERTIMIENTOS SOBRE CORRIENTES DE AGUA SUPERFICIAL.
- Brown, L., & Barnwell, T. (1987). The Enhanced Stream Water Quality Models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS. 189 pp. Athens: EPA/600/3-87-007, U.S. Environmental Protection Agency,.
- Camacho, L. (2001). Development of a hierarchical modelling framework for solute. *Tesis de doctorado*. Londres, Inglaterra: Imperial College.
- Camacho, L. A., & Díaz, G. M. (2003). Metodología para la obtención de un modelo predictivo de transporte de solutos y de calidad del agua en ríos - Caso Río Bogotá. *Memorias Agua 2003. En el marco del Seminario Internacional La Hidroinformática en la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos*. Cartagena de Indias, Colombia.
- Chapra, S. (1997). *Surface Water-Quality Modeling*. Wave land, Inc.
- Chapra, S., & Pelletier, G. (2003). QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality (Beta Version): Documentation and Users Manual. Civil and Environmental Engineering Dept., Tufts University.
- Chapra, S., & Pelletier, G. (2008). QUAL2Kw theory and documentation (version 5.1). A modeling framework for simulating river and stream water quality.
- Churchill, M. H. (1962). The Prediction of Stream Reaeration Rates. *J. Sanit. Engrg. Div.:* ASCE.
- Clair N. Sawyer. (2001). *Química para Ingeniería Ambiental*. Bogotá: Mc Graw Hill.
- Dapena, E. R. (2016). *Medida de la contaminación orgánica*. Recuperado el 19 de Marzo de 2016, de Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico del Agua: <http://cidta.usal.es/cursos/ETAP/modulos/libros/organica.pdf>
- Holguin, J., Velez, C., Galvis, A., Ramirez, C., Baena, L., & Duque, A. (2007). Implementación de un modelo dinámico para el estudio de la calidad de agua en el río Cauca. Santiago de Cali: Universidad del Valle- Instituto Cinara.
- Kannel, P. R., Lee, S., Lee, Y.-S., Kanel, S., & Pelletier, G. (2007). Application of automated QUAL2Kw for water quality modeling and management in the Bagmati River, Nepal. *Ecological Modelling*, 503 - 517.
- Kilpatrick, F., Rathbun, R., Yotsukura, N., Parker, G., & DeLong, L. (1989). Determination of stream reaeration coefficients by use of tracers. Denver: USGS.
- Leopold, L., & Maddock, T. (1953a). The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications". *United States Geological Survey*, 1-57.
- Lozano, G., Zapata, M., & Peña, L. (2003). Selección del Modelo de Simulación de agua en el Proyecto "Modelación de Corrientes Hídricas Superficiales en el Departamento del Quindío". *Seminario Internacional Sobre la Hidroinformática en la Gestión*

- Integral de los Recursos Hídricos*. Cartagena de Indias: Universidad del Valle, Instituto CINARA.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (19 de Octubre de 2014). *Guía técnica para la formulación de Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico*. Obtenido de [https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Plan-de-ordenamiento-del-Recurso-Hidrico/GUIA\\_TECNICA\\_PORH.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Plan-de-ordenamiento-del-Recurso-Hidrico/GUIA_TECNICA_PORH.pdf)
- O'Connor, & Dobbins. (s.f.). Mechanis of reaeration in natural streams. 123, 641-666. *Trans.Ame. Soc. Civil. Engin.*
- Owens, M. E. (1964). Some Reaeration Studies in Streams. ( 8), 469-486. *Int. J. Air and Water Pollution*.
- Pelletier, G., & Chapra, S. (2006). Qual2Kw theory and documentation (version 5.1), A modeling framework for simulating river and stream water quality. Washington State: Department of Ecology.
- Ramirez, C. A. (2011). Calidad del agua Evaluación y diagnóstico. En C. A. Ramirez, *Calidad del agua Evaluación y diagnóstico* (pág. 137). Medellín: Universidad de Medellín.
- Rientjes, T. H., & Boekelman, R. H. ( 1998). Hydrological models. Section of Hydrology and Ecology. TU Delft, CThe443.: Delft University of Technology.
- Romero Rojas, J. A. (1999). *Tratamiento de Aguas Residuales. Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Tsivoglou, & Neal. (1974). Tracer Measurement of Aeration Performance. (46), 247. *Journal Water Pollution Control Federation* .
- UNAL, U. N.-S. (2015). *Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca de los Rios Grande y Chico POMCA*. Medellín.
- Universidad de Pamplona. (2005). *Índices de Calidad (ICAs) y de Contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Capítulo 3*. Obtenido de Universidad de Pamplona: [http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home\\_10/recursos/general/pag\\_contenido/libros/06082010/icatest\\_capitulo3.pdf](http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portallG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf)