



Establecimiento de meta de carga contaminante río Meléndez

Sebastián Carmona Castaño

Informe de práctica para optar al título de Ingeniero Sanitario

Tutor

Guillermo de León Sepúlveda, Especialista (Esp) en gerencia de proyectos.

Yanira Elisabet Basante Pantoja, Ingeniera Ambiental.

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Sanitaria

Medellín, Antioquia, Colombia

2021

Cita	Carmona Castaño [1]
Referencia	[1] S. Carmona Castaño, "Establecimiento de meta de carga contaminante río Meléndez, Trabajo de grado profesional, Ingeniería Sanitaria, Universidad de Antioquia, Medellín, Antioquia, Colombia, 2021.
Estilo IEEE (2020)	



Centro de documentación de ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla.

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Tabla de contenido

I RESUMEN.....	5
II INTRODUCCIÓN	5
III OBJETIVOS.....	7
A. <i>Objetivo general</i>	7
B. <i>Objetivos específicos</i>	7
IV ZONA DE ESTUDIO	8
V MARCO TEÓRICO	10
VI MARCO NORMATIVO.....	13
VII METODOLOGÍA	16
A. <i>Recopilación de información para la creación de la base de datos.</i>	16
B <i>Determinación de la línea base de carga contaminante.</i>	17
C <i>Carga máxima contaminante y metas individuales.</i>	18
VIII RESULTADOS Y ANÁLISIS.	20
A <i>Descripción general de sectores base de datos usuarios.</i>	21
IX CONCLUSIONES.....	31
X REFERENCIAS	32

Lista de tablas

TABLA I: PRINCIPALES NORMAS COLOMBIANAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO	14
TABLA II : CRITERIOS DE INFORMACIÓN RECOPIADA EN BASE DE DATOS USUARIOS RÍO MELÉNDEZ.....	16
TABLA III: BASE DE DATOS LÍNEA BASE DE CARGAS CONTAMINANTES RÍO MELÉNDEZ.....	20
TABLA IV: PROPUESTA DE CARGA VERTIDA AL 2025.....	27
Tabla V: USOS Y CRITERIOS DEFINIDOS PARA LOS TRAMOS DE ESTUDIO DEL RÍO MELÉNDEZ.....	28
TABLA VI: PROPUESTA DE METAS INDIVIDUALES PARA LOS USUARIOS IDENTIFICADOS EN LA BASE DE DATOS EN JURISDICCIÓN DE LA CVC.....	30

Listado de figuras

Figura 1: Red hídrica de las subcuencas Lili, Meléndez y Cañaveralejo en el marco de la zonificación hidrográfica nacional y departamental.....	8
Figura 2. Normatividad Colombiana asociada a los PORH	13
Figura 3: Flujo grama para definir propuesta de meta de carga individual.....	19
Figura 4: Imagen satelital de la zona de estudio tomada de Open Street Map	24
Figura 5: Aporte de cargas contaminantes globales por parte de cada autoridad ambiental	25
Figura 6: Aporte de cargas contaminantes por parte de cada usuario.....	26

I RESUMEN

Para la formulación de las metas individuales de carga contaminante para los usuarios que realizan vertimientos sobre la corriente principal del río Meléndez se creó una base de datos con la información recopilada en el PORH realizado sobre esta cuenca, posteriormente se determinó la línea base o punto de partida para la propuesta, en donde se reporta la carga contaminante vertida, la calidad y cantidad del agua en la cuenca. Finalmente se establecieron metas individuales para dar cumplimiento a una meta global establecida en el plan de ordenamiento adoptado en este proceso.

II INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso preciado y vital para la vida en la tierra, sin ella la supervivencia es imposible. Según estudios realizados en el 2010 se estimó que, 100% del agua presente en el planeta el 97% se encuentra en los océanos la cual es salina y casi que inutilizable normalmente. Solo el 3% del agua se considera dulce y de este el 2% se almacena en los glaciares la cual no es agua disponible. El 1% restante se almacena en cuerpos de agua como lagos, ríos, canales subterráneos; los anteriores son la fuente de abastecimiento más común [1]. Por esto se debe tener una gestión adecuada y una planificación sostenible para mantener este recurso en condiciones aptas para su aprovechamiento. Antes de la revolución industrial era raro pensar en la contaminación y escasez del agua, pero después de sufrir las consecuencias del consumo de aguas contaminadas se generó esta preocupación sanitaria [2]. La mayoría de asentamientos urbanos e industriales se ubican en las riberas de los ríos, vertiendo miles de toneladas de contaminantes en los cauces, aun cuando se tienen tratamientos previos a su vertimiento [3].

De acuerdo al informe del 2012 de calidad del agua del IDEAM, los ríos colombianos reciben y transportan cargas contaminantes de agua utilizadas en los diferentes procesos socioeconómicos y vertidas mayoritariamente sin tratamiento previo; además, son los receptores de altos volúmenes de sedimentos originados por procesos de erosión, bien sea de origen natural o por acción del hombre. Estas acciones se incrementan diariamente, debido

al crecimiento de la población y de las actividades económicas, siendo necesario un monitoreo y control constante que permita tomar las acciones necesarias para abordar esta problemática con el fin de disminuir su impacto en los procesos naturales y sociales, especialmente en la salud humana. El análisis de la calidad del agua, está soportado en las mediciones que se realizan desde la Red del Ideam y en la información de sectores económicos que recolectan datos de calidad del agua de manera sistemática, representados en indicadores de calidad del agua y de amenaza potencial por contaminación [4].

Según estudios realizados por el IDEAM la carga orgánica biodegradable (DBO5) vertida a los sistemas hídricos después de tratamiento en Colombia durante el año 2012 alcanzó 756.945t t/año, que equivalen a 2.102 t/día. De este total, la industria aporta el 28%, el sector doméstico el 69% y el sector cafetero el 3%. El 80% de la carga de DBO5 fue aportada por 55 municipios principalmente por las áreas metropolitanas y ciudades grandes del país: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Cartagena, Bucaramanga, Cúcuta, Villavicencio y Manizales [5].

El río Meléndez nace en la cordillera occidental de Colombia, en la ciudad de Santiago de Cali y a lo largo de su recorrido interactúa con diversos asentamientos humanos en la zona rural hasta llegar a la zona urbana, en la cual entrega su cauce al colector sur de la ciudad donde se traen canalizadas las aguas del río Cañaveralejo. Es de interés ambiental y sanitario garantizar una buena calidad del agua de este río ya que este es fuente de agua para una porción de la ciudad, es el hábitat de diversas especies de animales y plantas y además es un recurso indispensable de su cuenca. Para esto las autoridades ambientales plantean el cumplimiento de los objetivos de calidad de agua definidos dentro del marco del plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH).

En este sentido, la normatividad vigente ha definido diferentes mecanismos para lograr los objetivos de calidad de las fuentes hídricas entre los que se encuentran la implementación de instrumentos económicos como la tasa retributiva que buscan lograr un efecto disuasivo de la contaminación hídrica. Así mismo, el Decreto 1076 de 2015 señala que las autoridades ambientales establecerán la meta global de carga contaminante que conduzca a los usuarios al cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos.

Para la determinación de la meta global de carga el artículo 2.2.9.7.3.4 del decreto 1076 del 2015 establece que se debe documentar el estado del cuerpo de agua en términos de calidad y cantidad, identificar los usuarios que generan vertimientos y estimar o auto declarar los contaminantes y sus concentraciones vertidas, determinar si los usuarios cuentan con un sistema de tratamiento, permiso de vertimientos y si deben pagar tasa retributiva. Con esta información se deben trazar unas metas claras a corto, mediano y largo plazo regulando las cargas de contaminantes vertidas a este cuerpo de agua con la finalidad de proteger este recurso preciado y brindar un ambiente y servicio óptimo para la comunidad y el ambiente.

III OBJETIVOS

A. Objetivo general

Generar una propuesta de meta global de carga contaminante para el río Meléndez que permita avanzar en el cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para esta fuente hídrica.

B. Objetivos específicos

- Generar una base de datos con los todos usuarios que realizan vertimientos en el cauce principal del río Meléndez.
- Calcular la línea base total de carga contaminante en términos de DBO5 y SST vertida al cuerpo de agua por los usuarios sujetos al pago de la tasa retributiva durante un año.
- Determinar la carga máxima de contaminantes que puede recibir el río para cumplir la meta de calidad estipulada por la CAR.
- Determinar la reducción de carga contaminante que cada usuario debe alcanzar para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos a corto plazo (primer quinquenio).

IV ZONA DE ESTUDIO

La zona de estudio para la formulación de la meta de carga contaminante global e individual hace parte de la zona delimitada por el PORH corresponde a la corriente principal del río Meléndez, el cual hace parte de los siete ríos más representativos de la ciudad de Cali en el departamento del Valle del Cauca. Según la codificación hidrográfica, el río Meléndez tiene 50 corrientes que se presentan en la Figura 1, identificándose la corriente principal y sus principales tributarios.

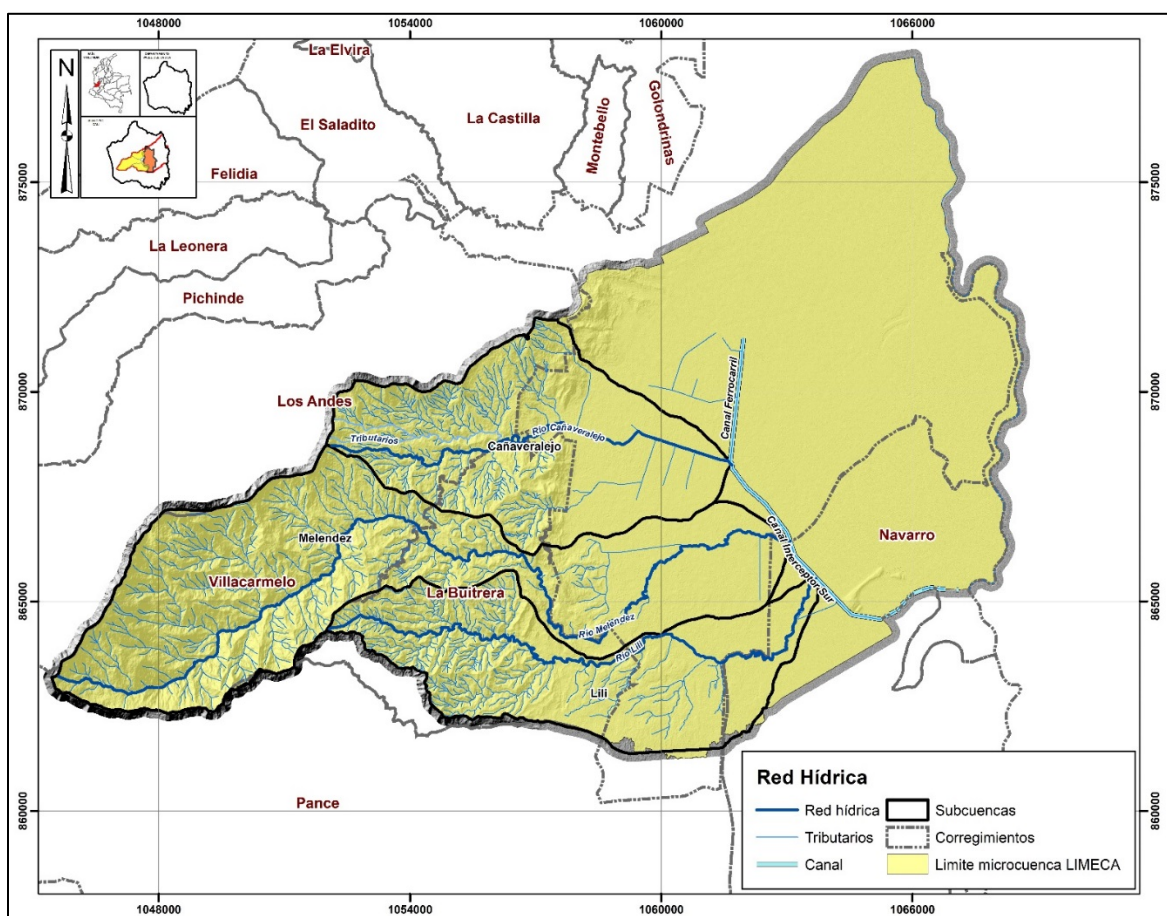


Figura 1: Red hídrica de las subcuencas Lili, Meléndez y Cañavalejo en el marco de la zonificación hidrográfica nacional y departamental

Fuente: CVC-DAGMA-UTP PORH río Meléndez 2019.

Se define la zona de estudio para el establecimiento de la meta de carga contaminante para la cuenca del río Meléndez se adopta la zona definida en el PORH realizado sobre esta cuenca, la cual se demarca desde el nacimiento del río Meléndez hasta su desembocadura en

el canal interceptor sur, el cual hace entrega posterior en el río Cauca; así mismo se incluye las áreas de influencia directa a las corrientes hídricas, principalmente determinadas por las comunas 10, 16, 17, 18, 19 y 22 del área urbana de Cali.

Según estudios realizados por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el departamento administrativo de gestión del medio ambiente (DAGMA) en la formulación del PORH para el río Meléndez en el 2019, el área de la subcuenca del río Meléndez presenta un porcentaje de participación en el territorio rural del 73% (3636,50 Ha) y en el urbano del 27% con un área de 1345,56 Ha, de los cuales 32,98 Ha hacen parte de la zona de expansión. La subcuenca del río Meléndez nace en la vereda la Candelaria del corregimiento Villacarmelo a 3018,9 m.s.n.m., localizado sobre la vertiente Oriental de la Cordillera Occidental, y se localiza entre las subcuencas de los ríos Cañaveralejo y Lili, en jurisdicción de los corregimientos de La Buitrera y Villacarmelo, y dentro de las Comunas 16, 17 y 18 del área urbana del municipio de Santiago de Cali. La corriente principal cuenta con una longitud aproximada de 26,5 Km, que corre a través de la zona sur de Cali para entregar sus aguas al canal Interceptor Sur.

V MARCO TEÓRICO

Según lo decretado en la constitución política de Colombia establece en los artículos 79, 80, 95 y 98, la obligación del Estado de proteger la diversidad del ambiente, prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, el derecho de todas las personas a gozar de un ambiente sano, el deber de los ciudadanos de proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación del ambiente. El Valle del Cauca, no ha sido ajeno al desarrollo agrícola, industrial y al crecimiento poblacional, que se ha dado a través del tiempo, generando con ello impactos ambientales. La calidad de los cuerpos de agua se ve afectada por los vertimientos de aguas residuales generados por las actividades de centros poblados y de diversas industrias. La Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca como autoridad ambiental de la región, con base en lo dispuesto en la Ley 99 de 1993 realiza diversas actividades para evaluar la situación actual de la calidad del recurso hídrico y para la toma de decisiones que permitan planificar el recurso hídrico dentro del área de jurisdicción [6].

Por esto se ha adoptado el plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH) como medida de control de la calidad del agua de diversas cuencas en el territorio, con mayor interés de mantener o mejorar la calidad de agua del río Cauca. Dentro del marco de control de esta cuenca hidrográfica se hace énfasis en la subcuenca del río Cañaveralejo la cual diariamente entrega sus aguas a la corriente principal del río Cauca siendo así uno de los tributarios más importantes de la ciudad para esta cuenca.

Según estudios realizados en el plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río Cañaveralejo (POMCA), la subcuenca del río Meléndez es un tributario de del río Cañaveralejo la cual se localiza en el suroccidente del departamento del Valle del Cauca, en el flanco oriental de la cordillera Occidental entre las coordenadas Norte 878.280,62, Sur 861.852,47, Oeste 711.882,79 y Este 735.222,33 (Magna Sirgas Colombia, Origen Bogotá). En ella tienen jurisdicción la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC, el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente del municipio de Santiago de Cali – DAGMA y la Unidad Administrativa Especial del Sistema de Parques Nacionales Naturales (subcuenca del río Meléndez) – UAESPNN [7]. Esta cuenca se caracteriza porque su cauce natural es intervenido por la construcción del canal interceptor

sur, el cual canaliza las aguas del río Cañaveralejo y luego recibe los afluentes de las subcuencas Meléndez y Lili para entregar sus aguas al río Cauca en el sector navarro.

La cuenca hidrográfica tiene una extensión de 19.087,81 hectáreas, a partir del cauce del río Cauca a 950 msnm., hasta los 3.100 msnm en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali en la Cordillera Occidental. En su totalidad, la cuenca se circunscribe al Municipio de Santiago de Cali y se distribuye de la siguiente manera: el 51,17% (9766,78 ha) corresponde a territorio urbano de la ciudad de Santiago de Cali y el 48,83% (9321,03 ha) restante es territorio rural del municipio [8].

De acuerdo con los análisis realizados en el PORH de esta cuenca, el río Meléndez tiene una interacción e intervención antrópica significativa, aproximadamente a los 7,2 Km de su nacimiento se tiene una captación para abastecer una PTAP veredal, aguas abajo de este punto el cuerpo se ve intervenido por diversos vertimientos de asentamientos urbanos rurales y una segunda captación de agua, además de recibir aguas residuales de pequeñas actividades ganaderas y porcícolas. Aproximadamente a los 16 km de recorrido el río ingresa a zona urbana donde su calidad de agua va a ser alterada notoriamente por descargas de la empresa prestadora de servicios públicos EMCALI, además de recibir aguas de 4 canales colectores de agua lluvia que generalmente presentan conexiones erradas. Los parámetros que más alteración presentan sobre el cauce principal al pasar el límite rural-urbano son DBO y SST [9].

Con la finalidad de predecir la capacidad de autodepuración que tiene el río se tienen 6 estaciones de monitoreo sobre el cauce principal para verificar la variación de los parámetros de interés y así estimar un modelo que simule la capacidad de autodepuración que tiene el cuerpo de agua, con el fin de determinar las cargas máximas de contaminantes que se pueden verter para cumplir con las metas trazadas por la entidad ambiental y estar acorde a los parámetros establecidos por la norma sobre los planes de ordenamiento del recurso hídrico.

Según la resolución 0100 N° 0600-1225 de 2019 expedida por la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) y el Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) por la cual se adoptó el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) para el río Meléndez, cumpliendo con lo estipulado en el artículo

2.2.9.7.3.4 del decreto 1076 de 2015 se establecieron los objetivos de calidad del agua para este cuerpo hídrico a cumplir en la vigencia del primer quinquenio comprendido del 2020 – 2025.

VI MARCO NORMATIVO

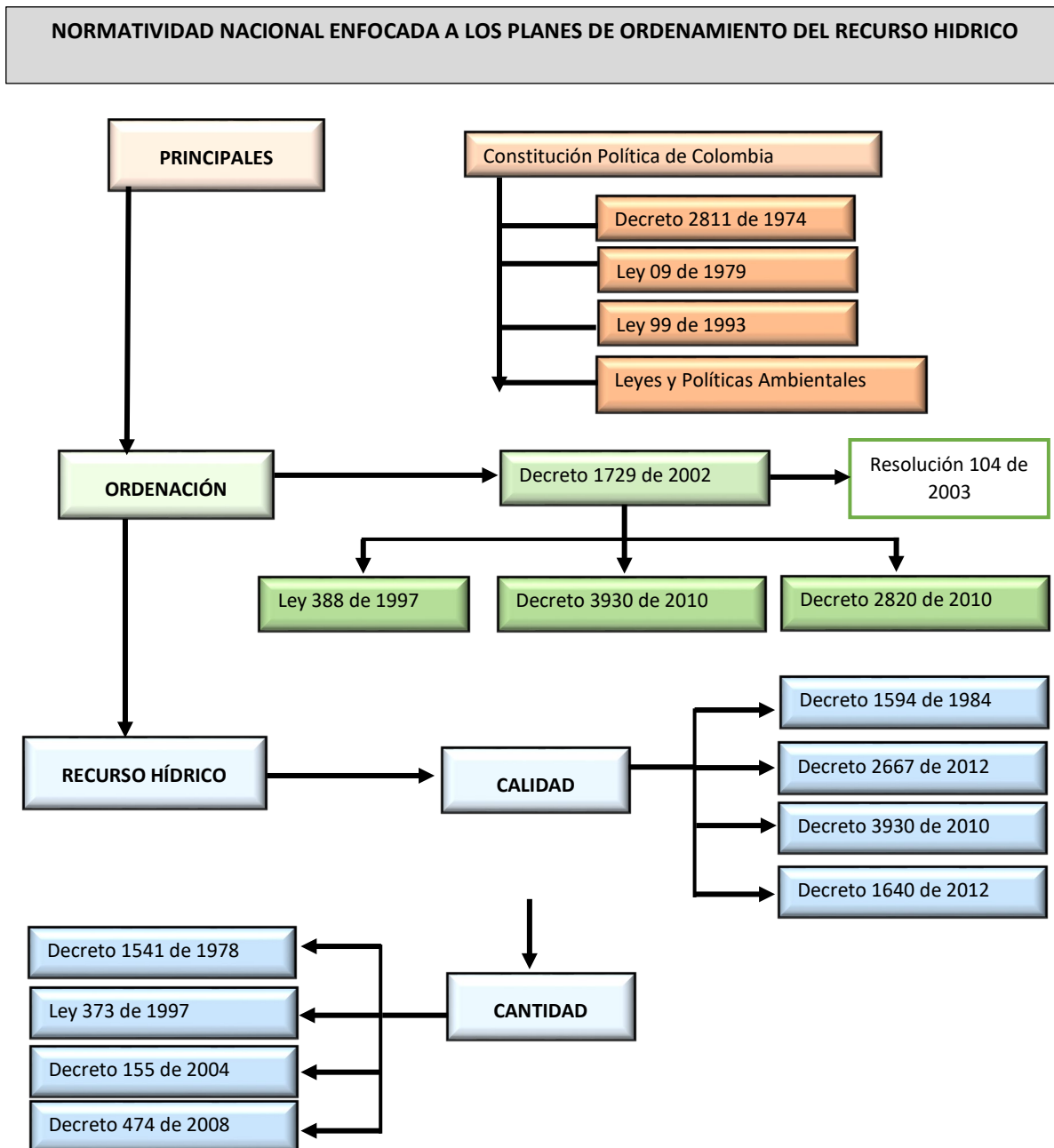


Figura 2. Normatividad Colombiana asociada a los PORH

Fuente: Corponariño, 2013

TABLA I: PRINCIPALES NORMAS COLOMBIANAS PARA LA PROTECCIÓN DE LOS RECURSOS NATURALES Y ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO

PRINCIPALES

NORMA	ALCANCES
Constitución Política de Colombia	Constitución Política de Colombia Consagra derechos y obligaciones para proteger los recursos y garantizar un medio ambiente sano. Asigna competencias a diferentes entes estatales para adelantar las tareas de administración, planeación, prevención y defensa del medio ambiente
Decreto - Ley 2811 de 1974	Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente: define normas generales y detalla los medios para el desarrollo de la Política Ambiental. Entre otras competencias, asigna responsabilidades para ejecución de obras de infraestructura y desarrollo, conservación y ordenamiento de cuencas, control y sanciones, concesiones y uso del agua, tasas, incentivos y pagos, medición de usos, uso eficiente del agua y demás herramientas para la administración, protección, conservación y uso sostenible de los recursos naturales renovables
Ley 09 de 1979	Código Sanitario Nacional: Establece las normas generales para preservar, restaurar o mejorar las condiciones necesarias en lo que se relaciona a la salud humana y define desde el aspecto sanitario los usos del agua y los procedimientos y las medidas que se deben adoptar para la regulación, legalización y control de las descargas de residuos y materiales que afectan o pueden afectar las condiciones sanitarias del Ambiente
Ley 99 de 1993	Sistema Nacional Ambiental SINA: Crea el Ministerio del Medio Ambiente, reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, y organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Define el marco legal y asigna funciones en relación con la formulación de la Política Nacional Ambiental, ordenamiento territorial y manejo de cuencas, obras de infraestructura, control de contaminación, definición y aplicación de tasas de uso del agua y retributivas, licencias ambientales, concesiones de agua y permisos de vertimiento, control, seguimiento y sanciones, manejo de conflictos de competencias, cuantificación del recurso hídrico, seguimiento de la calidad del recurso hídrico, conservación de cuencas, instrumentos económicos y de financiación.
Leyes y Políticas Ambientales Internacionales	Enfocadas a cuerpos hídricos objeto de ordenamiento cuya jurisdicción sea compartida con Naciones Limítrofes o aguas marítimas internacionales.
ORDENACIÓN	
NORMA	ALCANCE

Ley 388 de 1997	Define, entre otros, competencias en el manejo de las cuencas hidrográficas para elaboración y adopción de los planes de ordenamiento territorial en los municipios y distritos.
Decreto 1729 de 2002	Establece las finalidades, principios y directrices para la ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas- POMCA, la competencia para su declaración, procedimiento, acciones y plazos para su cumplimiento. Se define como norma de superior jerarquía sobre cualquier otro ordenamiento administrativo y determinante de los Planes de Ordenamiento Territorial - POT.
Resolución 104 de 2003	Reglamentaria del decreto 1729/02, establece criterios y parámetros para la clasificación y priorización de cuencas hidrográficas
Decreto 3930 de 2010	Define los Usos del Agua y establece que las Autoridades Ambientales Competentes deberán elaborar los Planes de Ordenamiento del Recurso Hídrico - PORH para las aguas superficiales, marítimas y subterráneas.

RECURSO HIDRICO - CALIDAD

NORMA	ALCANCE
Decreto 1594 de 1984	Aunque el Decreto en la actualidad es reemplazado en su mayor parte por el Decreto 3930 de 2010, aún están vigentes los artículos relacionados con los Usos y Criterios de Calidad del agua, así como las Normas de Vertimientos para usuarios que viertan al suelo o a un cuerpo hídrico.
Decreto 2667 de 2012	Por el cual se reglamenta la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones.
Decreto 3930 de 2010	Establece que todo usuario que realice descargas de aguas residuales al suelo, aguas superficiales, aguas subterráneas y aguas marinas deberá tramitar y legalizar el Permiso de Vertimientos o Planes de Cumplimiento. Está pendiente por parte del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADS, la elaboración de los nuevos criterios de calidad del agua para los usos asignados y las normas de vertimiento, para derogar en su totalidad el Decreto 1594 de 1984.
Decreto 1640 de 2012	Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones
NORMA	ALCANCE
Resolución 631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

RECURSO HIDRICO – CANTIDAD

NORMA	ALCANCE
--------------	----------------

Decreto 1541 de 1978	Reglamenta las normas relacionadas con el recurso agua en todos sus estados: reglamenta el dominio y usos de las aguas con fines de desarrollo humano, económico y social, restringe y limita el dominio de las aguas para asegurar su aprovechamiento sostenible y expone las sanciones por el incumplimiento de la norma, entre otros aspectos
Ley 373 de 1997	Obliga a incorporar el programa de uso eficiente del agua a nivel regional y municipal, y a utilizar métodos eficientes en el uso del recurso hídrico. También obliga a definir una estructura tarifaria que incentive el uso eficiente y ahorro del agua.
Decreto 155 de 2004	Reglamenta el instrumento económico de las tasas por utilización del agua – TUA
Res. 474 de 2009	Por la cual se fija la tarifa de la contribución especial para la vigencia 2009 por concepto del servicio de regulación de agua potable y saneamiento básico y se dictan otras disposiciones.

Fuente: POMCA ríos Meléndez, Lili y Cañaveralejo.

VII METODOLOGÍA

A. Recopilación de información para la creación de la base de datos.

Partiendo de la información recopilada en el plan de ordenamiento del recurso hídrico (PORH) realizado sobre la cuenca del río Meléndez en el año 2019, se creó una base de datos donde se identifican los usuarios que realizan vertimientos sobre el río Meléndez y sus principales tributarios. Al ser un estudio realizado 2 años atrás se debió verificar los valores reportados de cargas contaminantes vertidas por año de sólidos suspendidos totales (SST) y demanda biológica de oxígeno (DBO) con los reportes presentados por los usuarios ligados al pago de tasa retributiva, los cuales están en la obligación de presentar ante la autoridad ambiental un estudio semestral de la calidad del agua residual vertida en este tiempo.

TABLA II :CRITERIOS DE INFORMACIÓN RECOPIADA EN BASE DE DATOS USUARIOS RÍO MELÉNDEZ.

Usuario	Sector	Código	Coordenadas		Observación	Permiso de vertimiento	Nº de suscriptores	Población	Carga (kg/año)		Observación	Objeto de cobro de TR	Aporte de carga (%)	
			Lat	Long					DBO5	SST			DBO5	SST

Fuente: Elaboración propia.

Según la información recopilada en la base de datos y los criterios definidos en ella, se actualizó la información con los reportes presentados por los usuarios sujetos al cobro de tasa retributiva. Se presentaron vacíos de información en algunos usuarios en los cuales se tenía definido el sector, código y coordenadas del punto de vertimiento, pero no se contaban con reportes de la carga contaminante ni se tenía población asociada para realizar el cálculo de la carga presuntiva según el modelo adoptado en el PORH como se presenta en la siguiente ecuación.

$$Carga\ presuntiva = 50^{mg} / hab * día * 365días * Población$$

Ecuación 1: Calculo de carga presuntiva estimada a partir del PPC.

Algunos usuarios que no hacen parte del cobro de tasa retributiva se asocian a asentamientos humanos ilegales o como se definió en el plan de ordenamiento son asentamientos humanos de desarrollo incompleto (AHDI) los cuales hacen referencia a la ocupación informal, no planificada o ilegal del territorio en zonas que aún no han sido urbanizadas y en algunos casos que no son urbanizables. Lo cual representó algunos problemas en la identificación de la población generadora de algunos vertimientos haciendo imposible el cálculo presuntivo de su carga.

Para sortear estas dificultades se plantearon dos alternativas para la estimación o identificación de la población generadora del vertimiento, la primera constaba en realizar visitas al territorio partiendo desde la corriente del río dónde se identificó el punto de vertimiento avanzando hacia la comunidad siguiendo tuberías o cajas de inspección para determinar el número de viviendas conectadas a esta red. Y la realización de un censo a la zona identificada por la visita para estimar la población real. La segunda alternativa constaba en la implementación de programas de información geográfica para identificar las viviendas ubicadas en la zona cercana al vertimiento y así estimar la población para calcular la carga presuntiva vertida.

B Determinación de la línea base de carga contaminante.

Posteriormente a este ejercicio se presentó la base de datos definitiva utilizada para la estimación de la línea base de carga contaminante de DBO y SST vertida sobre la corriente

del río Meléndez, esta determinación se calculó sumando los aportes individuales por parte de cada uno de los usuarios para los parámetros fisicoquímicos de interés. En esta estimación se discriminaron los usuarios según la jurisdicción de la autoridad ambiental, identificando usuarios que están en la zona de acción de la CVC y DAGMA respectivamente y se calculó un aporte de carga para cada una de las autoridades ambientales del territorio.

C Carga máxima contaminante y metas individuales.

Según los objetivos de calidad y las metas de carga contaminante definidas en el PORH se adoptó la meta de carga contaminante global a tener en cuenta para la formulación de las metas individuales. En la revisión del documento de Formulación del plan de ordenamiento del recurso hídrico del cauce natural del río Meléndez se encontraron inconsistencias para la determinación de las metas individuales para cada usuario, adicionalmente al ser un trabajo en conjunto entre las dos autoridades ambientales de la ciudad no se cuenta con una determinación normativa en la cual se defina el plan de acción individual de cada corporación para el cumplimiento de la meta global.

Para la determinación de las metas individuales se realizaron reuniones entre las dos autoridades ambientales de la ciudad para establecer un plan de trabajo individual el cual garantice el cumplimiento de las metas establecidas en el plan de ordenamiento. Según determinaciones por parte de la CVC y DAGMA se trabajó con los usuarios bajo jurisdicción de la autoridad competente y se debía analizar y estimar la reducción de carga contaminante según lo determinado en los artículos 2.2.9.7.3.1, 2.2.9.7.3.2 y 2.2.9.7.3.3. del decreto 1076 de 2015. Para esto se debía definir qué usuarios son prestadores de servicios públicos, qué usuarios forman parte de un AHDI y si cuentan con sistemas de tratamiento previos al vertimiento para la estimación de la reducción de carga contaminante como se presenta en el siguiente flujograma.

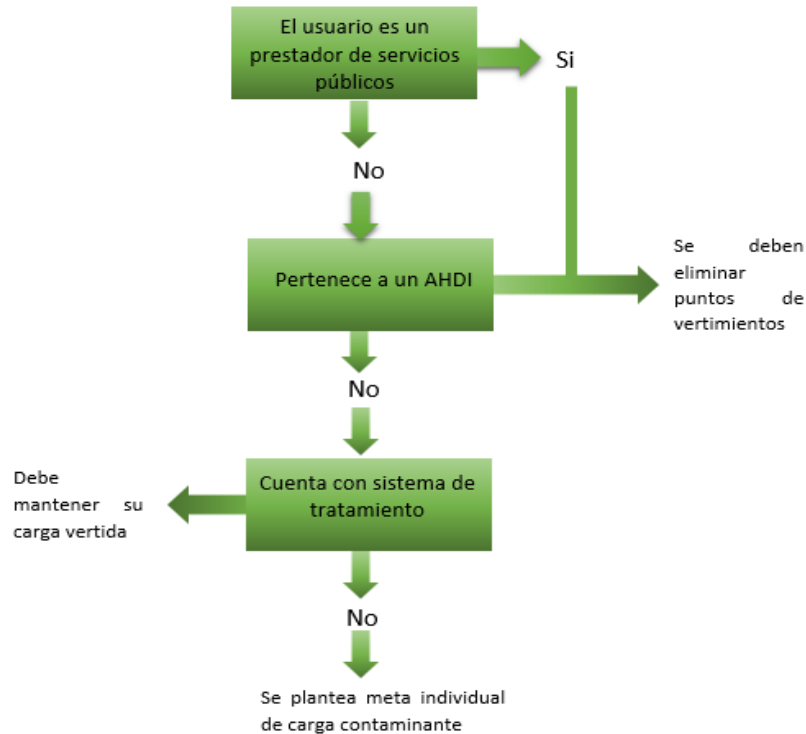


Figura 3: Flujo grama para definir propuesta de meta de carga individual

Fuente: Elaboración propia

Para la presentación de la propuesta de meta de carga contaminante individual se siguió lo establecido en el flujograma teniendo como meta final la propuesta en el plan de ordenamiento realizado sobre la cuenca del río Meléndez, aunque esta meta está establecida para el primer quinquenio los objetivos de calidad del cuerpo de agua no, además de no presentar un cambio gradual en cada periodo de tiempo, se tiene una meta de remoción global para toda la corriente y no se tiene sectorizada para cada tramo establecido en el estudio, por esta razón para la autoridad ambiental propone unas remociones individuales cuya sumatoria se aproxime lo mayor posible a esta carga máxima estipulada en el PORH, cuya justificación técnica es iniciar mejoras graduales en toda la cuenca para obtener una mejoría en la calidad del agua en el último tramo del río el cual se según los estudios realizados es el tramo más crítico al ser el compendio de todas las cargas vertidas a lo largo del cauce y contar con el mayor número de puntos de vertimientos. Finalmente se dará a conocer la meta de carga contaminante a implementar posteriormente a la consulta de meta de carga que se debe llevar a cargo para dar cumplimiento a lo dictaminado en norma.

VIII RESULTADOS Y ANÁLISIS.

La base de datos inicial presentaba vacíos en el usuario Distrito de Santiago de Cali en el sector de la buitrera para el cual no se cuenta con la información suficiente para la estimación de la carga presuntiva. Los usuarios que presentan cargas iguales de DBO y SST son usuarios de los cuales no se cuenta con reportes de caracterización de vertimientos por lo cual se estimó la carga presuntiva a partir del modelo implementado en el PORH siguiendo especificaciones técnicas del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento (RAS).

TABLA III: BASE DE DATOS LÍNEA BASE DE CARGAS CONTAMINANTES RÍO MELÉNDEZ.

Usuario	Sector	N° Suscriptores	Población	Carga (Kg/año)		Permiso de vertimientos	Sistema de tratamiento
				DBO	SST		
Distrito de Santiago de Cali	La rochela	80	320	5.840	5.840	No	No
	La Choclona	182	728	13.286	13.286	No	No
	La Buitrera	(-)	(-)	(-)	(-)	No	No
	Las Palmas	481	1924	35.113	35.113	No	No
	El Portento	51	204	3.723	3.723	No	No
	Vereda el Carmen	45	180	3.285	3.285	No	No
Colegio San Gabriel	(-)	1	540	13.608	13.608	No	STARD - FAFA
Junta administradora de acueducto y alcantarillado de Villa Carmela - JACUAV	Villa Carmelo	22	88	1.606	1.606	No	Pozo séptico en mal estado
A.A.Acuabuitrera	Pueblo Nuevo – La Buitrera	128	512	4.876	1.380	Si	STARD – FAFA, FF
EMCALI*	Zona urbana	(-)	(-)	90.367	58.734	Si	(-)
Agual del Sur E.S.P*	(-)	1027	4828	15.479	20.758	Si	STARD - Lodos activados
TOTAL	(-)	2.017	9.324	187.183	157.333	(-)	(-)

*Usuario en jurisdicción del DAGMA (-) No Aplica

Fuente: Elaboración propia

A Descripción general de sectores base de datos usuarios.

Según el estudio llevado a cabo para la creación del PORH del río Meléndez se presenta el análisis y descripción que se realizó en este plan para aclarar un poco el panorama general de los usuarios según su sector.

Callejón Garcés: Pertenece al eje Sur del Corregimiento La Buitrera, es un vertimiento generado por los descoles finales de tres sistemas sépticos y los vertimientos directos de 3 viviendas.

Vereda Villacarmelo: Pertenece al Corregimiento Villacarmelo, cuenta con un sistema de tratamiento colectivo, conformado por trampa de grasas, pozo séptico y filtro anaerobio. En este sistema se encuentran conectadas 22 viviendas, las aguas servidas del puesto de salud y la inspección de policía. El vertimiento final es generado por el flujo remanente del sistema de tratamiento, que en la actualidad se encuentra inoperante y que es finalmente entregado a la Quebrada Villa Carmelo; este punto es referenciado por la comunidad como uno de los focos de mayor contaminación.

Vereda El Carmen: Pertenece al Corregimiento Villacarmelo. En el centro poblado se realizan vertimientos directos de 45 viviendas a la Quebrada El Carmen que entrega sus aguas al río Meléndez.

Sector La Rochela: Pertenece al Corregimiento Villacarmelo. Se realizan vertimientos directos de 80 viviendas a un canal sin revestimiento que finalmente le entrega sus aguas al río Meléndez.

Vereda La Choclona: Hace parte del Eje centro del Corregimiento La Buitrera, es un Asentamiento Humano de Desarrollo Incompleto - AHDI, por lo cual no tiene regularización vial, ni conexión al perímetro sanitario. Según la información proporcionada por la Subsecretaría de mejoramiento Integral de Hábitat (secretaría de Vivienda Social del municipio de Cali), para el año 2017 se estima que este sector está conformado por 182 viviendas, cuyas aguas residuales son conducidas por (8) ocho líneas colectoras de diferente tipo, en tubería PVC y canales abiertos sin revestimiento, que por escorrentía llegan de manera directa al Río Meléndez.

Vereda Palmas 2: Hace parte del Eje centro del Corregimiento La Buitrera, es un AHDI, para el año 2017 se estima que este sector está conformado por 481 viviendas, cuyas aguas residuales son conducidas por (7) siete líneas colectoras de diferente tipo, tubería en

PVC y canales abiertos sin revestimiento, que por escorrentía llegan de manera directa al Río Meléndez.

Sector El Portento: Hace parte del eje sur del corregimiento La Buitrera; está conformado 51 viviendas en las cuales se realizan diferentes actividades comerciales como: talleres mecánicos, tiendas de abarrotes, peluquerías, restaurantes, entre otros.

Sector la Buitrera: Se identificó la tubería en la cual se generan vertimientos en el sector de la Buitrera, pero no es posible determinar las viviendas asociadas a la generación de este vertimiento.

Según la información proporcionada por –ACUABUITRERA - en este sector hay 39 suscriptores sin conexión al sistema de alcantarillado y cuentan con STAR en su mayoría en mal estado, razón por la cual los reboses son conducidos a través de un canal abierto sin revestimiento al Río Meléndez.

Entre los usuarios con personería jurídica, generadores de vertimientos formalizados, se encuentran la E.S.P. Empresas Municipales de Cali E.I.C.E. E.S.P y Aguas del Sur E.S.P, quienes prestan el servicio de alcantarillado en zona urbana del municipio de Cali, los primeros cuentan con PSMV vigente (2030), donde se registra el programa de obras e inversiones para la eliminación de vertimientos generados a las corrientes en ordenamiento, así como el programa de identificación y eliminación de conexiones erradas a la red. En el caso de Aguas del Sur E.S.P., el usuario cuenta con permiso de vertimiento, asociado al sistema de tratamiento de aguas residuales, en funcionamiento.

En la zona rural, se ubica la E.S.P. de Acueducto y Alcantarillado ACUABUITRERA, la cual cuenta con dos sistemas de tratamiento de aguas residuales que vierten de manera directa al río Lili y mediante la quebrada Pueblo Nuevo al río Meléndez; adicionalmente se ubica la Asociación Administradora del Acueducto Altos Los Mangos, quienes vierten el efluente del sistema de tratamiento a la quebrada San Agustín, tributario del río Cañaveralejo y la Institución Educativa Colegio San Gabriel, al río Meléndez.

En la base de datos se identificaron 6 usuarios en total que realizan vertimientos sobre el río Meléndez y sus principales afluentes. 4 Usuarios bajo jurisdicción de CVC los cuales

aportan un total de 81.337 Kg/año de DBO y 77.841 Kg/año de SST los cuales representan el 45,6% y 49,5% respectivamente de la carga total vertida generada por aproximadamente 4.496 habitantes distribuidos en el último tramo del río según la distribución determinada en el PORH, de estos usuarios el más significativo bajo la jurisdicción de la CVC en términos de carga vertida es el Distrito de Santiago de Cali el cual vierte un total de 61.247 kg/año de DBO y se distribuye en 5 sectores de ordenamiento a lo largo de la zona rural del cauce del río las cuales no cuentan con sistemas de tratamiento de aguas residuales y 3 de las 5 zonas pertenecen a AHDI.

Para la determinación de la población asociada al punto de vertimiento sin cargas asociadas se realizó una reunión con el grupo de investigación en agua y saneamiento de la universidad tecnológica de Pereira, quienes fueron los responsables de la realización del trabajo de campo y estudio llevado a cabo en el PORH del río Meléndez, quienes manifestaron los limitantes y problemas de la zona para la identificación de las viviendas conectadas a esta descarga de aguas residuales por lo cual se descartó la visita a la zona de estudio.

En cuanto al uso de programas de información geográfica se inició el proceso de estimación de viviendas cercanas a la zona de la descarga como se presenta a continuación.

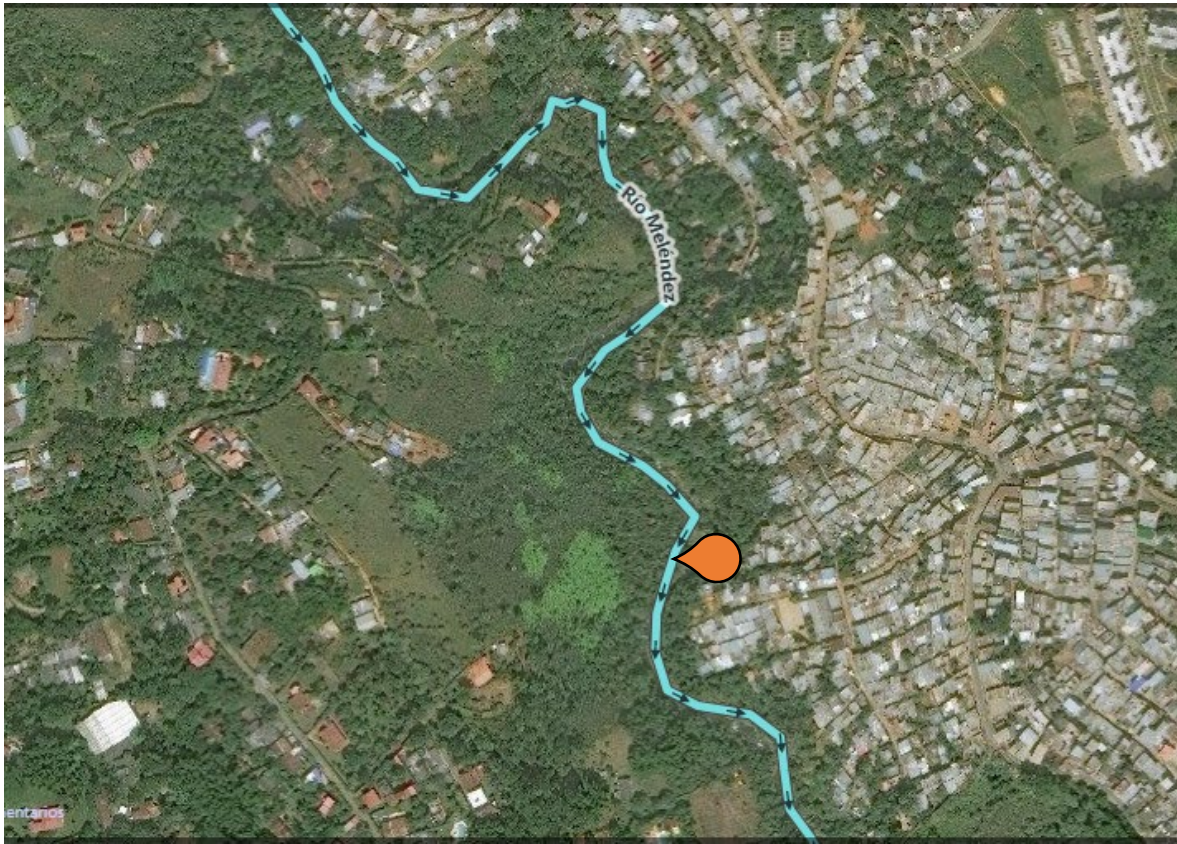


Figura 4: Imagen satelital de la zona de estudio tomada de Open Street Map

Fuente: Open Street Map.

Como se puede apreciar la proximidad entre las viviendas y el hecho de que algunas de ellas están identificadas en otras zonas de vertimientos para el mismo usuario no permite identificar las viviendas que hacen parte al punto de descarga de aguas residuales determinado en el estudio realizado en campo, por esto no fue posible incluir esta zona en el modelo de calidad del agua implementado en el PORH y tampoco se incluirá dentro de las estimaciones para la determinación de la meta de carga contaminante.

Dando como resultado la tabla 3, al eliminar la cuarta fila de arriba hacia abajo la cual hace referencia a la zona de la buiterra asociada al usuario Distrito de Santiago de Cali. Basado en las cargas reportadas en la base de datos se determinó la carga contaminante línea base para cada una de las autoridades ambientales, esta determinación consiste en la

sumatoria de cargas contaminantes vertidas por parte de los usuarios, este cálculo se realizó discriminando los usuarios asociados a la jurisdicción de CVC o DAGMA.

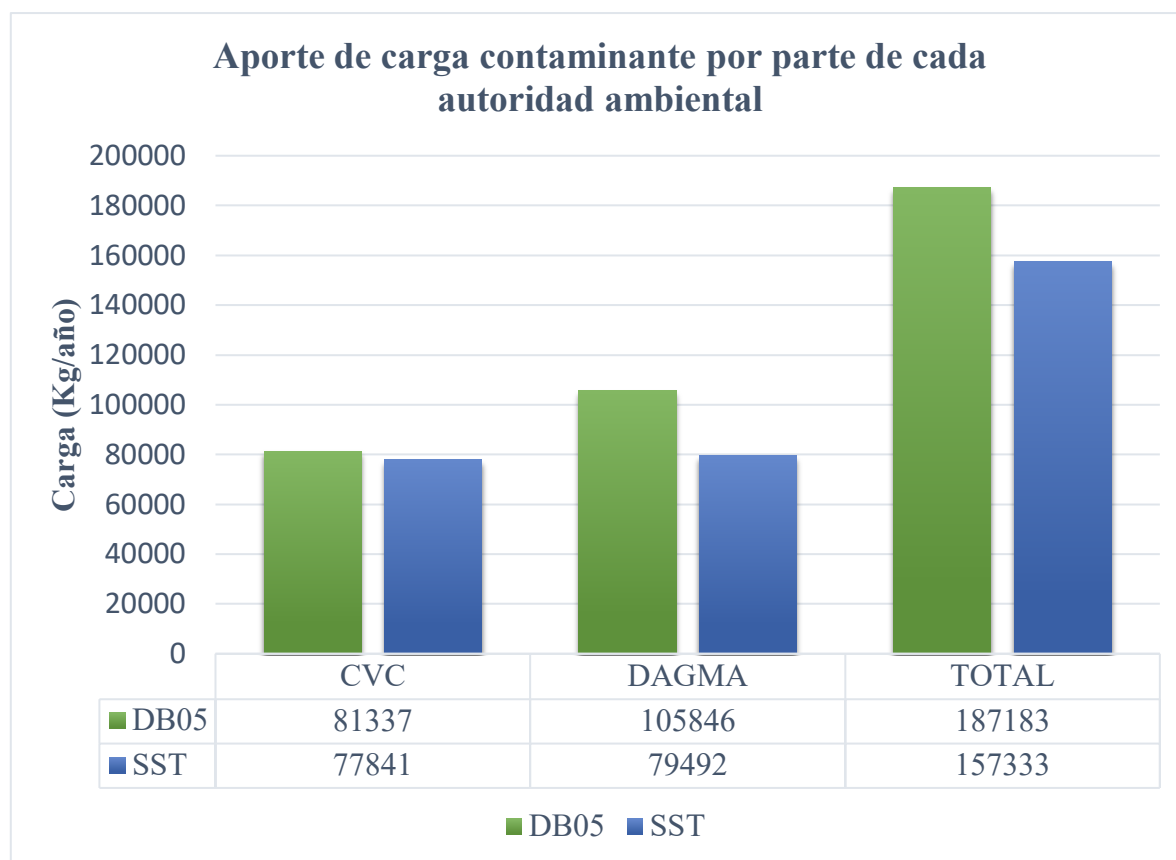


Figura 5: Aporte de cargas contaminantes globales por parte de cada autoridad ambiental

Fuente: Elaboración propia

Según la sumatoria de las cargas contaminantes individuales de cada usuario se presenta una distribución de aportes contaminantes con algunas variaciones, siendo el DAGMA la autoridad ambiental que tiene un mayor aporte de DBO y SST bajo su jurisdicción, a pesar de estas variaciones los aportes de las dos entidades están distribuidas de forma equitativa sin presentar diferencias significativas.

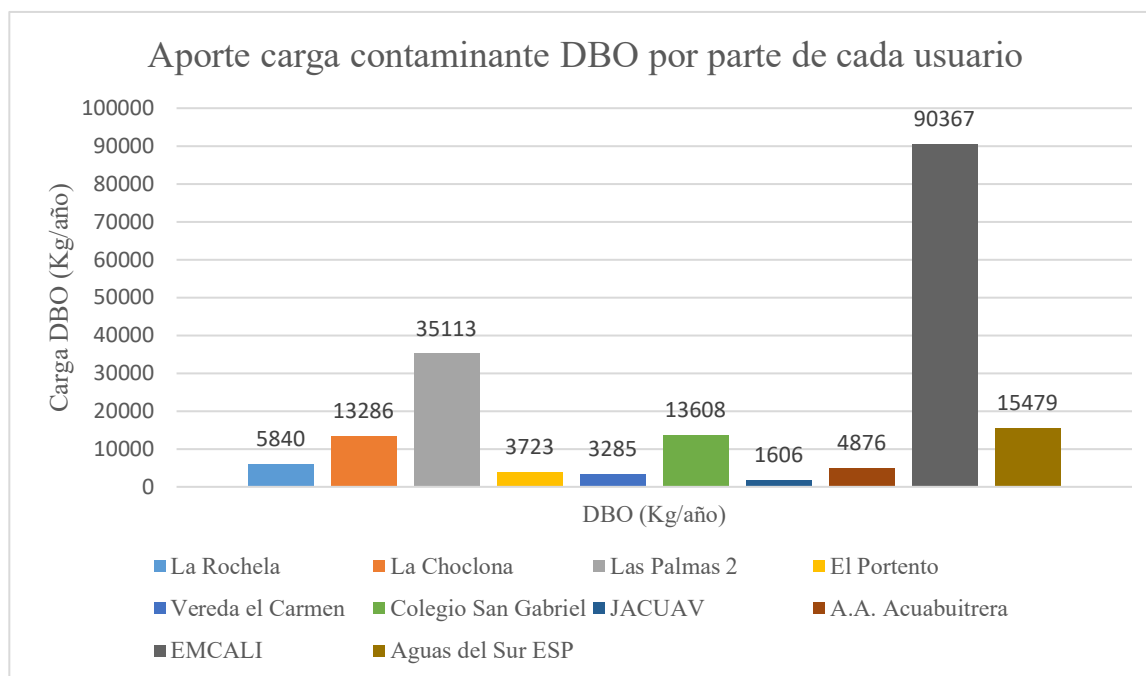


Figura 6: *Aporte de cargas contaminantes por parte de cada usuario.*

Fuente: Elaboración propia

El usuario que genera el mayor aporte de carga contaminante de DBO vertida al cauce principal de río Meléndez es las empresas municipales de Cali (EMCALI) el cual se encuentra bajo jurisdicción del DAGMA, al igual que la empresa prestadora de servicios públicos Aguas del Sur, los usuarios restantes están bajo la jurisprudencia de la CVC con los cuales se va a determinar la meta grupal desglosándose en las metas individuales para cada usuario.

Basados en los resultados obtenidos de las modelaciones realizadas en el PORH, se obtuvo la meta de carga contaminante para el río Meléndez, la cual se establece técnicamente como la carga contaminante máxima que puede soportar el cuerpo de agua sin presentar afectaciones significativas al ecosistema además de garantizar la estabilidad de los parámetros de calidad del agua definidos en los usos del agua para esta corriente. Estos valores se presentan en la siguiente tabla 3, donde se recopiló la información inicial de carga vertida y su proyección a 5 años teniendo en cuenta crecimiento poblacional y otras variables; la meta o propuesta de carga para el quinquenio con fecha de finalización en el 2025 y la carga a remover para lograr el objetivo.

TABLA IV: PROPUESTA DE CARGA VERTIDA AL 2025

Carga contaminante	Carga <i>DBO</i>₅ (Kg/año)	SST (Kg/año)
Total vertida 2020	187.183	157.332
Total proyectada 2025	192.024	162.262
Carga propuesta al 2025	161.936	132.452
Propuesta de remoción al 2025	30.088	29.810

Fuente: PORH río Meléndez 2019.

Adoptando la meta de carga contaminante global del río Meléndez como la carga propuesta en la tabla 3 la cual equivale a 161.936 Kg/año de DBO y 132.452 Kg/año de SST. Siendo así la meta de remoción para el año 2025 de 30.088 Kg/año de DBO y 29.810 Kg/año de SST, esos valores serán los utilizados para el cálculo de metas individuales, donde la sumatoria meta de remoción para cada usuario se debe acercar lo mayor posible a esta carga propuesta.

La reducción de carga contaminante vertida sobre al río Meléndez supone una mejoría en la calidad del agua, por esto dentro del plan de ordenamiento de esta cuenca se plantearon unos objetivos de calidad para cada tramo de estudio, esto con el fin de acoplar el trabajo con la comunidad haciendo referencia a la disminución de carga vertida por parte de los usuarios y la variación de los parámetros de calidad del agua definidos a continuación.

Tabla V: USOS Y CRITERIOS DEFINIDOS PARA LOS TRAMOS DE ESTUDIO DEL RÍO MELÉNDEZ

# de Tramo	Nombre del Tramo	Uso	Caudal de referencia al cierre del tramo (L/s)	Criterio de calidad	Unidad	Tiempo (años)		
						Corto	Mediano	Largo
						(5 años)	(10 años)	(20 años)
I	Desde nacimiento hasta bocatoma Acuabuitrera	Preservación Flora y Fauna	630	OD	mg/l	≥4	≥4	≥4
				DBO5	mg/l	≤5	≤5	≤5
				SST	mg/l	≤10	≤10	≤10
				Coliformes Fecales	NMP	≤2000	≤2000	≤2000
				pH	UpH	5 - 9	5 - 9	5 - 9
II	Desde bocatoma Acuabuitrera hasta Bocatoma La reforma	Consumo Humano y Doméstico (Trat. Convencional)	650	OD	mg/l	≥4	≥4	≥4
				DBO5	mg/l	≤5	≤5	≤5
				SST	mg/l	≤10	≤10	≤10
				Coliformes Fecales	NMP	≤2000	≤2000	≤2000
				pH	UpH	5 - 9	5 - 9	5 - 9
III (a)	Desde Bocatoma La reforma hasta Q. Pueblo nuevo	Estético	390	OD	mg/l	≥4	≥4	≥4
				DBO5	mg/l	≤5	≤5	≤5
				SST	mg/l	≤10	≤10	≤10
				pH	UpH	5 - 9	5 - 9	5 - 9
III (b)	Desde Q. Pueblo nuevo hasta desembocadura	Estético	550	OD	mg/l	≥4	≥4	≥4
				DBO5	mg/l	≤10	≤10	≤10
				SST	mg/l	≤10	≤10	≤10
				pH	UpH	5 - 9	5 - 9	5 - 9

Fuente: CVC-DAGMA-UTP PORH río Meléndez 2019

Como se aprecia en la tabla 4 se enuncian los usos y objetivos de calidad del agua para cada uno de los tramos del río Meléndez y su cumplimiento según los plazos definidos en el PORH realizado en esta cuenca, es de resalta que no se parecía un cambio gradual a través del tiempo en los valores establecidos en objetivos de calidad del agua, al ser valores

constantes para cada periodo de tiempo se resalta en azul el año en el cual se debe garantizar el cumplimiento de estos objetivos.

Sin embargo, como se mencionó con anterioridad al garantizar una disminución en la carga de contaminantes vertida al cuerpo de agua se espera una mejoría gradual en la calidad del agua aportando al cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos. Por esta razón teniendo en cuenta lo mencionado en este documento se plantearon las metas individuales para los usuarios bajo jurisdicción de la CVC, esta propuesta es formulada según lo estipulado en el diagrama de flujo y teniendo en cuenta las consideraciones técnicas dictadas por la norma; además de plantearse remociones ejecutables en el periodo de tiempo establecidos. Al saber que algunos usuarios no cuentan con sistemas de tratamiento o que los usuarios prestadores del servicio público de alcantarillado deben eliminar puntos de vertimientos, la propuesta es consecuentes con las obras e inversiones que deben realizar, por esto se plantean remociones acordes con todo el análisis mencionado, presentando una propuesta de remoción ejecutable en el primer quinquenio.

TABLA VI: PROPUESTA DE METAS INDIVIDUALES PARA LOS USUARIOS IDENTIFICADOS EN LA BASE DE DATOS EN JURISDICCIÓN DE LA CVC

Usuario	Sector	Puntos de vertimiento	Carga Actual		Propuesta remoción		Observación
			DBO5	SST	DBO5	SST	
Distrito de Santiago de Cali	La Rochela	(-)	5.840	5.840	5.840	5.840	Remueve todos los puntos de vertimiento
	La Choclona	7	13.286	13.286	0	0	
	Las Palmas	7	35.113	35.113	0	0	
	El Portento	1	3.723	3.723	3.723	3.723	Remueve todos los puntos de vertimiento
	Vereda el Carmen	(-)	3.285	3.285	3.285	3.285	Remueve todos los puntos de vertimiento
Colegio san Gabriel	(-)	1	13.608	13.608	0	0	Debe mantener la eficiencia de remoción de su sistema
A.A Acuabuitrera	Pueblo nuevo	1	4.876	1.380	0	0	Debe mantener la eficiencia de remoción de su sistema
JACUAV	Villa Carmelo	1	1.606	1.606	1.124	1.044	Remoción teórica al implementar sistema de tratamiento de lodos activados y FAFA
TOTAL		18	81.337	77.841	13.972	13.892	

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente al planteamiento de las metas de remoción de carga contaminante individuales para los usuarios bajo la jurisdicción de la CVC se iniciará el proceso de consulta de meta el cual consta de la participación de la comunidad, se dará a conocer el estado del cuerpo de agua en cuanto a calidad y cantidad, seguido de la recepción de propuestas de remoción de los usuarios con su justificación técnica. Basados en las remociones sugeridas por los usuarios la autoridad ambiental evaluará y creará una meta de carga global la cual se implementará en el primer quinquenio.

IX CONCLUSIONES

- A pesar de la rigurosidad en la recopilación de información y trabajo de campo que se lleva a cabo para la creación del PORH, se presentan algunas inconsistencias al comparar los datos recopilados en este plan de ordenamiento y el estudio de campo presentando vertimientos que no se pueden determinar al no tener una población que es vinculada en el estudio. Además, al realizarse en un periodo de tiempo previo al inicio del proceso de consulta de meta de carga contaminante se pueden presentar diferencias entre las cargas reportadas y estimadas con las presentes en el cuerpo de agua al momento de iniciar la fase de consulta.
- Para el planteamiento de los objetivos de calidad se propone presentar un cambio gradual para cada plazo de tiempo, así se tiene una justificación técnica más robusta para la creación de las metas individuales.
- Las metas individuales propuestas para cada usuario deben de ser consideradas viables en el plazo de tiempo estipulado, por este motivo para su determinación la autoridad ambiental debe tener en cuenta la complejidad de ejecución, costos de obra, trabajo con la comunidad y otros factores que puedan afectar la viabilidad del proyecto.
- Al adoptarse el PORH por parte de las dos entidades ambientales de la ciudad de Santiago de Cali, se debe definir la participación que debe tener cada una en el proceso de consulta de meta de carga, para esto se espera que ambas partes lleguen a acuerdos para definir la meta grupal de cada entidad o que se especifique en la norma cómo se debe trabajar cuando la meta de carga se implementará por dos o más instituciones.

X REFERENCIAS

- [1] N.F. Gray **Water; Technology; An introduction for Environmental Scientists and Engineers** CRC press, London (2010)
- [2] E.O. Akindele, O.D. Omisakin, O.A. Oni, O.O. Aliu, G.E. Omoniyi, O.T. Akinu **Heavy metal toxicity in the water column and benthic sediments of a degraded tropical stream.** *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 190 (2020), p. 110153
- [3] M.A. Hossain, M.K. Uddin, A. Molla, M. Afrad, M. Rahman, G. Rahman **Impact of industrial effluents discharges on degradation of natural resources and threat to food security** *Agric.*, 8 (2010), pp. 80-87
- [4],[5] Sistema de Información Ambiental (SIAC). **Informe calidad del agua 2012**
- [6] Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Dirección técnica ambiental. **Objetivos de calidad del río cauca 2010 – 2015 tramo valle del cauca.** (Octubre 2006).
- [7], [8] Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Ministerio de medio Ambiente. **Plan de ordenamiento y manejo de una cuenca (POMCA) ríos Lili-Meléndez y Cañaveralejo.** (Febrero 2018)
- [9] Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), Departamento Administrativo de Gestión del Medio Ambiente (DAGMA) y Parques Nacionales Naturales de Colombia (PNN). **Documento técnico de formulación del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico (PORH) del río Meléndez.** (Diciembre 2019).
- [10] J.Cantera, Y.Carvajal, L.M. Castro **Caudal ambiental conceptos, experiencias y desafíos.** Santiago de Cali (2013).
- [11] UNIVALLE. **Identificación de los vertimientos y tomas de agua de los ríos Meléndez y Cañaveralejo, en el área urbana del municipio de Santiago de Cali.** 20046. Convenio DAGMA-UNIVALLE No. 010-2003.
- [12] Consorcio ECOING, Minambiente, Minhacienda, Corporación Autónoma Regional Del Valle Del Cauca CVC y Fondo De Adaptación. 2018. **Elaboración del Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica de los Ríos Lili, Meléndez y Cañaveralejo**, localizada en el Departamento del Valle de Cauca en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca CVC. Documento Ejecutivo Resultados Fase de Diagnóstico. Contrato CVC No. 0260, Santiago de Cali (Colombia).
- [13] Consorcio ECOING. (2017a). **Diagnóstico Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica del Río Lili, Meléndez y Cañaveralejo**, localizada en el Departamento del Valle del Cauca en Jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional Del Valle del Cauca (CVC), Caracterización medio físico. Página 347