

REPÚBLICA DE COLOMBIA

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO Y NARE -
CORNARE**



OBJETO

**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE RECURSOS NATURALES

El Santuario, agosto de 2019



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

**DIRECTOR CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS NEGRO-NARE –
CORNARE**

CARLOS MARIO ZULUAGA GÓMEZ

SUBDIRECTOR GENERAL DE RECURSOS NATURALES

JAVIER PARRA BEDOYA

COORDINADORA GRUPO DE RECURSO HÍDRICO

GLORIA OFFIR IRAL ZAPATA

EQUIPO TÉCNICO COMPONENTE CALIDAD - GRUPO DE RECURSO HÍDRICO

VIVIANA PATRICIA OROZCO CASTAÑO

JOHN FREDY QUINTERO VILLADA



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	9
2.	ZONA DE ESTUDIO y ESTACIONES DE MONITOREO	10
2.1	CUENCA RÍO NEGRO.....	11
2.1.1	RÍO PANTANILLO	13
2.1.1.1	Estación Captación Municipio de El Retiro:.....	13
2.1.1.2	Estación El Hierbal	13
2.1.2	RÍO NEGRO	14
2.1.2.1	Estación Montenevado.....	14
2.1.2.2	Estación Charco Manso	14
2.1.2.3	Estación Bocatoma Municipio de Rionegro.....	15
2.1.2.4	Estación Puente Real.....	15
2.1.2.5	Estación Puente antes EBAR Rionegro	16
2.1.2.6	Estación después de descarga PTAR Rionegro	16
2.1.2.7	Estación Puente Autopista	17
2.1.2.8	Estación La Fresera	17
2.1.2.9	Estación Río Abajo.....	18
2.1.3	QUEBRADA LA PEREIRA.....	18
2.1.3.1	Estación Flores de La Montaña.....	18
2.1.3.2	Estación Las Acacias	19
2.1.3.3	Estación San Sebastián	19
2.1.3.4	Estación Manzanares.....	20
2.1.3.5	Estación Contingencia Captación San Antonio - Rionegro	20
2.1.3.6	Estación Casa Mía	21
2.1.4	QUEBRADA LA CIMARRONA.....	21
2.1.4.1	Estación Captación Municipio de El Carmen de Viboral	21
2.1.4.2	Estación Puente Larga	22
2.1.4.3	Estación Flor Silvestre.....	22
2.1.4.4	Estación Colte punto	23
2.1.4.5	Estación Puente Vía El Tranvía (Ingetierras_Coltejer).....	23
2.1.5	QUEBRADA LA MOSCA	24



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

2.1.5.1	Estación Romeral.....	24
2.1.5.2	Estación Puente Molino.....	24
2.1.5.3	Estación Box Couvert. Km. 26.....	25
2.1.5.4	Estación OMYA.....	25
2.1.5.5	Estación Riotex	25
2.1.6	QUEBRADA LA MARINILLA.....	26
2.1.6.1	Estación Antes de ARD del Municipio de El Santuario	26
2.1.6.2	Estación La Amistad.....	26
2.1.6.3	Estación Antes de la PTARD del Municipio de El Santuario	27
2.1.6.4	Estación Después de la PTARD del Municipio de El Santuario	27
2.1.6.5	Estación El Chagualo	28
2.1.6.6	Estación Puente La Feria.....	28
2.1.6.7	Estación Alcaravanes.....	28
2.1.7	QUEBRADA YARUMAL -CHACHAFRUTO	29
2.1.7.1	Estación Las Delicias	29
2.1.8	QUEBRADA EL SALADO	29
2.1.8.1	Estación Antes de recibir las ARD del Municipio de San Vicente	29
2.1.8.2	Estación Después de recibir las ARD del Municipio de San Vicente	30
2.1.8.3	Estación Compañía Abajo.....	30
2.2	CUENCA RÍO NARE	31
2.2.1	QUEBRADA SAN MIGUEL	32
2.2.1.1	Estación Antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Santo Domingo	32
2.2.1.2	Estación Después de recibir las aguas residuales del Municipio de Santo Domingo	32
2.2.2	RÍO CONCEPCIÓN	32
2.2.2.1	Estación Antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Concepción:	32
2.2.2.2	Estación Después de recibir las aguas residuales del Municipio de Concepción:	33
2.2.3	QUEBRADA NUDILLALES	33
2.2.3.1	Antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Alejandría;	33
2.2.3.2	Estación Después de recibir las aguas residuales del Municipio de Alejandría;	34
2.2.4	RÍO NARE.....	34
2.2.4.1	Estación El Viento	34
2.3	CUENCA EMBALSE Y RÍO GUATAPÉ	35



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

2.3.1	EMBALSE PEÑOL – GUATAPÉ.....	36
2.3.1.1	Estación Embalse El Peñol	36
2.3.1.2	Estación Embalse Guatapé.....	36
2.3.2	RÍO GUATAPÉ	36
2.3.2.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Rafael	36
2.3.2.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Rafael	37
2.3.3	RÍO SAN CARLOS.....	37
2.3.3.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Carlos	37
2.3.3.2	Estación Charco Largo.....	38
2.3.3.3	Estación Después de recibir ARD Del Municipio de San Carlos	38
2.4	CUENCA RÍO NUS	39
2.4.1	QUEBRADA SAN ROQUE	40
2.4.1.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Roque	40
2.4.1.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Roque	40
2.4.2	RÍO NUS	40
2.4.2.1	Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de Providencia	40
2.4.2.2	Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de Providencia	41
2.4.2.3	Estación Caramanta.....	41
2.4.2.4	Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de San José del Nus.....	42
2.4.2.5	Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de San José del Nus.....	42
2.4.2.6	Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento Efe Gómez.....	43
2.4.2.7	Estación Después de recibir ARD del Corregimiento Efe Gómez.....	43
2.5	CUENCA RÍO SAMANÁ NORTE	43
2.5.1	QUEBRADA SANTA BÁRBARA.....	45
2.5.1.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Granada	45
2.5.1.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Granada	45
2.5.2	QUEBRADA ZAPOTE.....	45
2.5.2.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Cocomá.....	45
2.5.2.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Cocomá.....	46
2.5.3	QUEBRADA LA GRANJA	46
2.5.3.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Cocomá.....	46
2.5.3.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Cocomá.....	47



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

2.5.4	QUEBRADA LA TRIPA.....	47
2.5.4.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Francisco	47
2.5.4.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Francisco	48
2.5.5	QUEBRADA CASCAJO	48
2.5.5.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Francisco	48
2.5.5.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Francisco	49
2.5.6	QUEBRADA RISARALDA.....	49
2.5.6.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Luís	49
2.5.6.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Luis	50
2.5.7	RÍO SAMANÁ NORTE	50
2.5.7.1	Estación La Garrucha.....	50
2.6	CUENCA RÍO SAMANÁ SUR	51
2.6.1	QUEBRADA LA ARENOSA.....	52
2.6.1.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Argelia	52
2.6.1.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Argelia	53
2.6.2	QUEBRADA LLANADAS	53
2.6.2.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Argelia	53
2.6.2.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Argelia	53
2.6.3	QUEBRADA EL OSO.....	54
2.6.3.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Nariño.....	54
2.6.3.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Nariño.....	54
2.6.4	RÍO SAMANÁ SUR.....	55
2.6.4.1	Estación Puente Linda	55
2.7	CUENCA RÍO ARMA	55
2.7.1	RIO PIEDRAS.....	57
2.7.1.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de La Unión.....	57
2.7.1.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de La Unión.....	57
2.7.2	RIO BUEY.....	57
2.7.2.1	Estación La Mayoría.....	57
2.7.2.2	Estación Puente El Cairo	58
2.7.3	RIO SONSÓN	58
2.7.3.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Sonsón	58



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

2.7.3.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Sonsón	59
2.7.4	QUEBRADA EL GUS.....	59
2.7.4.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Abejorral.....	59
2.7.4.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Abejorral.....	60
2.7.5	QUEBRADA LA ADUANILLA.....	60
2.7.5.1	Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Abejorral.....	60
2.7.5.2	Estación Después de recibir ARD del Municipio de Abejorral.....	61
2.8	CUENCA RÍO COCORNÁ SUR Y DIRECTOS AL MAGDALENA MEDIO ENTRE LOS RÍOS LA MIEL Y NARE	61
2.8.1	RIO CLARO -COCORNÁ SUR	64
2.8.1.1	Estación Puente Autopista	64
2.8.1.2	Estación Ferrocarril	64
2.8.2	CAÑO BORNIEGO	64
2.8.2.1	Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de Jerusalén	64
2.8.2.2	Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de Jerusalén	65
2.8.3	QUEBRADA LAS MERCEDES.....	65
2.8.3.1	Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento Las Mercedes	65
2.8.3.2	Estación Después de recibir ARD del Corregimiento Las Mercedes	66
2.8.4	QUEBRADA DORADAL.....	66
2.8.4.1	Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de Doradal	66
2.8.4.2	Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de Doradal	67
2.8.5	RÍO MAGDALENA	67
2.8.5.1	Estación San Fernando.....	67
2.8.5.2	Estación Puerto Perales.....	68
2.9	CUENCA RÍO LA MIEL	68
2.9.1	RIO LA MIEL.....	69
2.9.1.1	Estación San Miguel.....	69
3.	SEGUIMIENTO AL componente programático DEL PORH.....	70
3.1	Línea estratégica: Gestión de la oferta.....	71
3.1.1	PROGRAMA 1: Planificación	71
3.2	Línea estratégica: Gestión de la demanda.....	74
3.2.1.	PROGRAMA 3. Reglamentación del Recurso Hídrico	74



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

3.2.2.	PROGRAMA 4. Ahorro y Uso Eficiente del Agua	75
3.3	Línea estratégica: Gestión de la calidad	75
3.3.1	PROGRAMA 6. Monitoreo de calidad y cantidad sobre las corrientes de la jurisdicción de CORNARE	76
3.3.1.1	Calificación de la calidad del recurso hídrico, mediante el uso del Índice de Calidad del Agua-ICA fa	76
3.3.1.2	Cumplimiento de los Objetivos de Calidad:.....	89
3.3.1.3	Aplicación del modelo de calidad	172
3.4	Línea estratégica: Gestión del riesgo	172
3.4.1.	PROGRAMA 7. Gestión del Riesgo	194
3.5	Línea estratégica: Fortalecimiento Institucional Y GOBERNABILIDAD	195
3.5.1.	PROGRAMA 8: Fortalecimiento Institucional/Gobernabilidad	195
4.	CONCLUSIONES	195



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

1. INTRODUCCIÓN

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico- PORH es el instrumento planificación que le permite a la Autoridad Ambiental competente, fijar la destinación y uso de los cuerpos de agua continentales superficiales y marinos, establece las normas, las condiciones y el programa de seguimiento para alcanzar y mantener los usos potenciales, además de conservar los ciclos biológicos y el normal desarrollo de las especies, en un horizonte mínimo de diez años.¹

En cumplimiento de lo establecido en el artículo 2.2.3.3.1.8. del Decreto 1076 de 2015: relacionado con la declaratoria, diagnóstico, identificación de usos potenciales y la elaboración del plan de ordenamiento del recurso hídrico, y en consecuencia, para la jurisdicción de CORNARE, se adoptó El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico-PORH mediante Resolución Corporativa No. 112-5304 del 26 de octubre de 2016, en la cual se establecieron los objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimientos en los 26 Municipios para el periodo 2016-2026 y además, se definieron las líneas estratégicas con los proyectos para su ejecución en el corto, mediano y largo plazo.

Dicho plan de ordenamiento, surgió de la línea base establecida con los usuarios, usos del suelo, demanda y oferta del recurso hídrico, para el control y vigilancia de los cuerpos receptores de vertimiento en un horizonte de planificación de 10 años, cuyos resultados pretenden evaluar el cumplimiento de los criterios de calidad definidos para los diferentes usos de los cuerpos hídricos priorizados de la región; teniendo en cuenta que, aunque la meta y los objetivos de calidad se hayan establecido adecuadamente, existen acciones de mejora en el seguimiento y control, que permiten a través del tiempo, regular y controlar las cargas contaminantes de los usuarios de vertimientos, como garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico.

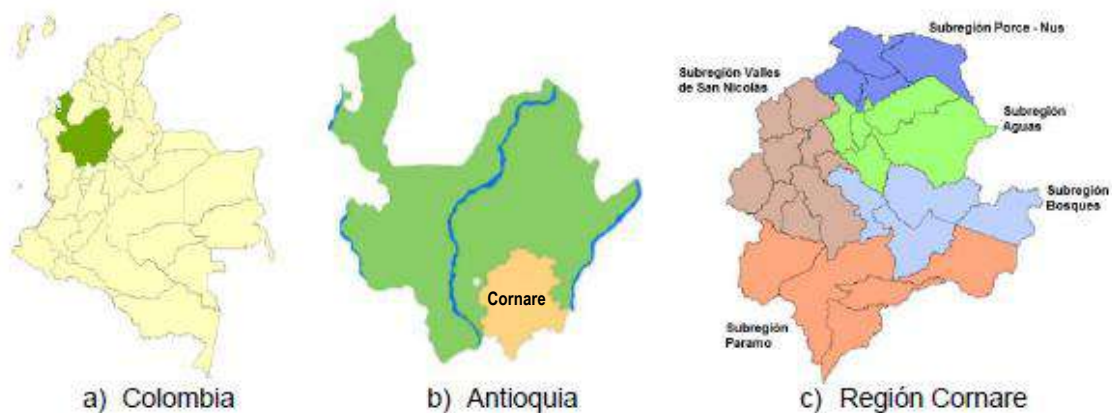
En concordancia con lo anterior, este documento contiene el informe de gestión anual, en cumplimiento de la línea estratégica del Plan: Fortalecimiento Institucional, en el que se presentan los avances en la implementación del PORH, establecidos para el corto plazo: año 2018, y los resultados del cumplimiento de los objetivos de calidad, teniendo en cuenta que la Corporación, con base en el sistema bimodal (invierno y verano) y periodos transicionales que tiene la zona, ha estructurado las campañas de monitoreo para evaluar las condiciones del recurso bajo la influencia de estos eventos climáticos y contrastar la información con los índices de calidad como de los modelos de simulación de la calidad del agua, con un especial interés en las épocas de aguas bajas o condiciones hídricas críticas que se presentan en la Jurisdicción.

¹Guía para el Ordenamiento del Recurso Hídrico Continental Superficial, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Bogotá D.C. 2018

2. ZONA DE ESTUDIO Y ESTACIONES DE MONITOREO

La jurisdicción de CORNARE está conformada por 26 municipios del departamento de Antioquia y está ubicada en el suroriente del departamento, con una población aproximada de 632,807 habitantes. Comprende los municipios de: Abejorral, Alejandría, Argelia de María, Cocorná, Concepción, El Carmen de Viboral, El Peñol, El Retiro, El Santuario, Granada, Guarne, Guatapé, La Ceja, La Unión, Marinilla, Nariño, Puerto Triunfo, Rionegro, San Carlos, San Francisco, San Luís, San Rafael, San Roque, San Vicente Ferrer, Santo Domingo y Sonsón. La región posee un área aproximada de 827,600 ha, que corresponde al 13% del departamento y al 0.7% de Colombia (ver www.cornare.gov.co), y se encuentra dividida en cinco subregiones: Valles de San Nicolás, Bosques, Aguas, Porce-Nus y Páramo.

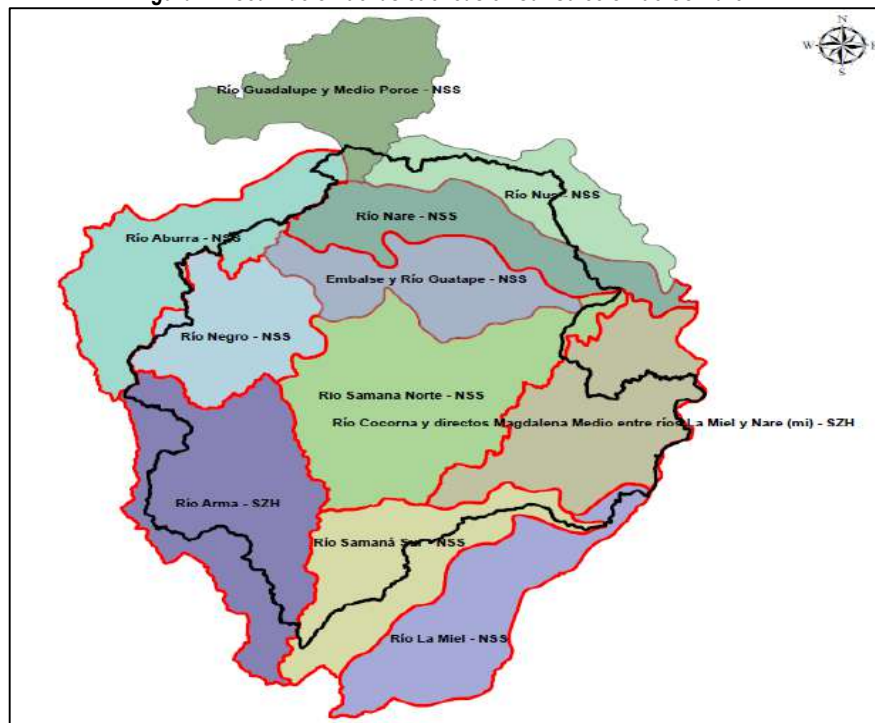
Figura 1. Contextualización geográfica



Con el fin de comprender la dinámica de las corrientes superficiales, estas serán analizadas por cuencas hidrográficas en jurisdicción de Cornare, la cual se encuentra dividida en once cuencas o tramos de cuenca, de acuerdo con los siguientes cuerpos hídricos: Río Negro, Río Nare, Embalse y Río Guatapé, Río Nus, Río Samaná Norte, Río Samaná Sur, Río Arma, Río Cocorná Sur y Directos al Magdalena Medio entre los Ríos la Miel y Nare, Río La Miel, Río Aburrá y Río Guadalupe y Medio Porce.

En la Figura 2 se presenta la localización geográfica de cada una de estas cuencas (trazado completo), en el contexto y límites de la jurisdicción Cornare:

Figura 2. Localización de las cuencas en Jurisdicción de Cornare.



Conforme con lo establecido en la Resolución Corporativa No. 112-5304 del 26 de octubre de 2016, en la cual se priorizaron y establecieron los objetivos de calidad en las fuentes receptoras de vertimientos de la región, se definieron las estaciones o puntos de monitoreo en las diferentes cuencas objeto de control, para verificar entre otros aspectos, el cumplimiento de los objetivos de calidad trazados, y que se describen a continuación.

2.1 CUENCA RÍO NEGRO

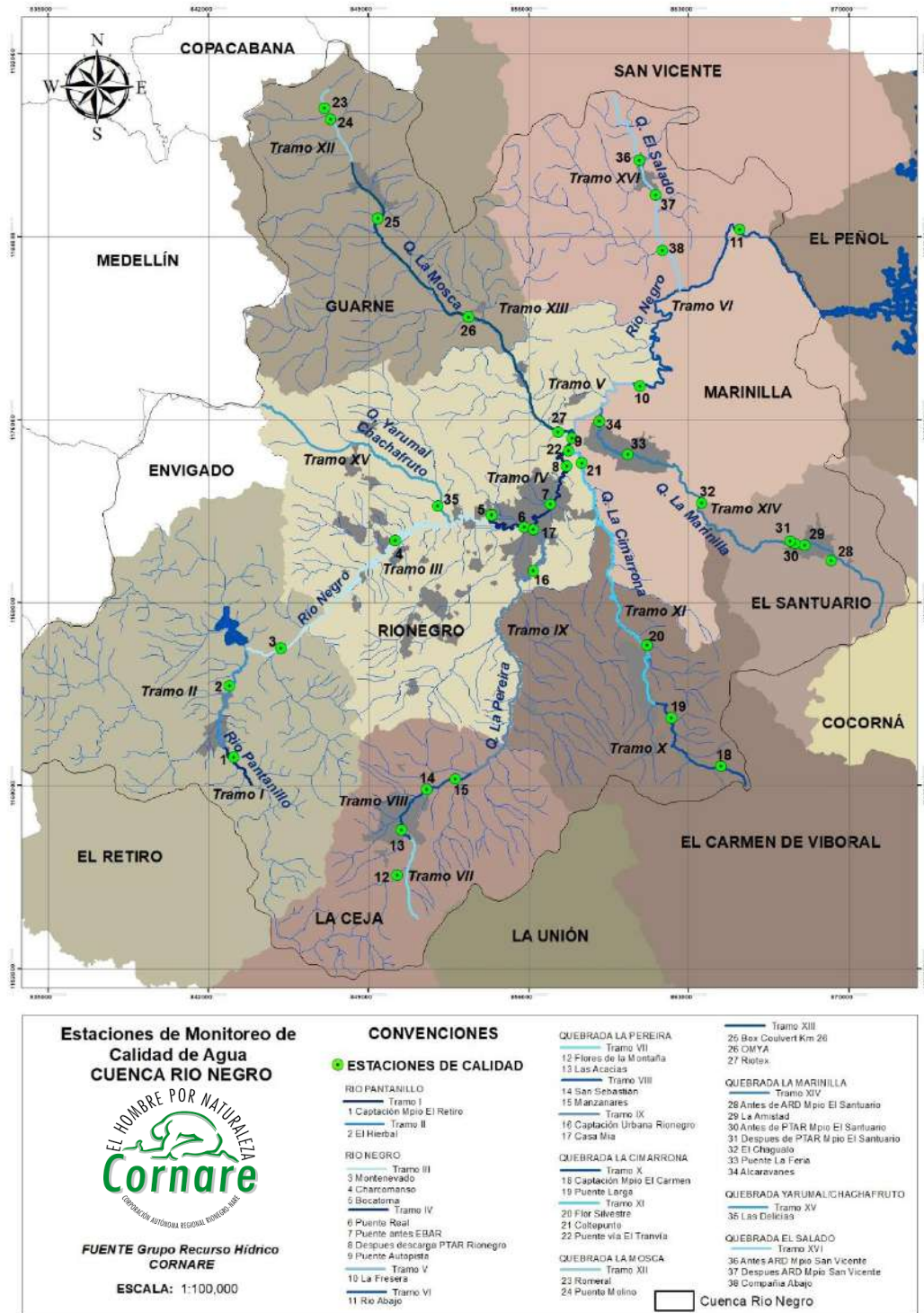
Geográfica y topográficamente el área de la cuenca del río Negro está localizada en la vertiente oriental de la cordillera central; sus principales afluentes son el Río Pantanillo y las quebradas La Pereira, La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona, La Chachafruto y El Salado. Está conformada por diez Municipios: Envigado (jurisdicción de Corantioquia), El Retiro, La Ceja, Guarne, San Vicente, El Peñol, Rionegro, El Carmen de Viboral, Marinilla y El Santuario².

Como se muestra en la Figura 3, se han dispuesto 38 estaciones de monitoreo sobre la corriente principal y tributarios importantes, (en el año 2018, se amplió la red de monitoreo, y se incluyeron dos estaciones nuevas ubicadas en la Quebrada La Mosca), de las cuales 10 se encuentran sobre el Río Negro, la primera estación (El Hierbal) se ubica en el municipio de El Retiro hasta la estación Río Abajo, jurisdicción entre los municipios de Marinilla y San Vicente. Por su parte las quebradas tributarias principales, La Pereira, La Cimarrona, La Marinilla y La Mosca tienen entre 5 a 6 estaciones de monitoreo; El Salado cuentan con 3 estaciones y finalmente la Quebrada Yarumal- Chachafruto cuenta con 1 estación de monitoreo, al igual que el Río Pantanillo.

² POMCA RIO NEGRO, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (CORNARE)

Además, se presenta la distribución por tramos a los cuales se les ha asignado unos objetivos de calidad, de acuerdo con el uso potencial del recurso, establecido en la etapa de formulación del PORH.

Figura 3. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Río Negro



Es de importancia resaltar, que en la cuenca del Río Negro están asentados los municipios con mayor número de habitantes, así como gran parte del sector productivo de la región, razón por la cual se tiene una mayor cantidad de estaciones asociadas, donde el control y seguimiento a éstas se realiza de manera trimestral, teniendo en cuenta la realización de una campaña en el periodo más crítico, con el fin de evaluar los objetivos de calidad sobre cada una de las corrientes priorizadas.

A continuación, se presenta la descripción de las estaciones ubicadas en la cuenca del Río Negro, con apoyo de registro fotográfico, correspondiente a los monitoreos realizados en el mes de **febrero del año 2018**:

2.1.1 RÍO PANTANILLO

2.1.1.1 Estación Captación Municipio de El Retiro:

Esta bocatoma se encuentra ubicada sobre el Río Pantanillo (Tramo I) y presenta una morfología de lecho plano con una presa de aproximadamente 5 metros de longitud con captación de agua lateral (Figura 4) la cual se conduce hasta la planta de tratamiento por medio de tubería aprovechando la gravedad. Este punto se caracteriza por poseer abundante vegetación y un lecho con rocas, gravas y arena.

Figura 4. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Pantanillo



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.1.2 Estación El Hierbal

En la Figura 5 se presenta el registro fotográfico de la estación El Hierbal (Tramo II), está se ubica después del perímetro del área urbana del Municipio de El Retiro, (después de la PTAR municipal y antes del Embalse La Fe), en la vía principal de acceso a éste.

Los principales impactos antrópicos que se generan en esta zona se deben a los vertimientos de aguas residuales domésticas del Municipio de El Retiro, es una zona verde donde la vegetación predominante está compuesta por pastos y rastrojos bajos. Además, el cauce se caracteriza por ser natural.

Figura 5. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Pantanillo.

El Hierbal



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2 RÍO NEGRO

2.1.2.1 Estación Montenevado

En la Figura 6 se presenta el registro fotográfico de la estación Montenevado, ubicada en la parte alta de la cuenca del río Negro (Tramo III), es la primera estación de control sobre el Río Negro (se denomina Río Negro a partir del vertedero del embalse La Fe; aguas arriba del embalse se denomina Río Pantanillo); se encuentra en el sector de Don Diego, sobre la vía Rionegro - El Retiro. Estación Limnimétrica-LM Cornare: 2308778.

En este sitio de muestreo el río ha recibido ya el aporte de las descargas domésticas de sectores poblacionales aledaños, ubicados aguas arriba del sitio de toma de muestra. Este tramo presenta vegetación en las laderas.

Figura 6. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.

Montenevado



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.2 Estación Charco Manso

En la Figura 7 se presenta el registro fotográfico de la estación Charco Manso, ubicada en el municipio de Rionegro sobre el Río Negro (Tramo III), se ubica en la vía Llanogrande a 200 m de la glorieta El Tablazo.

La vegetación está compuesta por rastrojos bajos y medianos, así como vegetación en las laderas y pastos bajos que se extienden por los taludes del lecho. Estación LM Cornare: 2308781.

Figura 7. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.3 Estación Bocatoma Municipio de Rionegro

En la Figura 8 se presenta el registro fotográfico de la estación Bocatoma Municipio, se ubica en el municipio de Rionegro en el Barrio El Porvenir, sobre el río Negro (Tramo III).

En este tramo el río ha recibido las aguas residuales del municipio de El Retiro, como de los sectores Aeropuerto y Llanogrande del municipio de Rionegro, así como el aporte de las quebradas Don Diego, El Tablazo y Chachafruto. Por otra parte, en el sitio de monitoreo se encuentra la captación de agua para consumo del Municipio de Rionegro en la margen izquierda del cauce.

Figura 8. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.

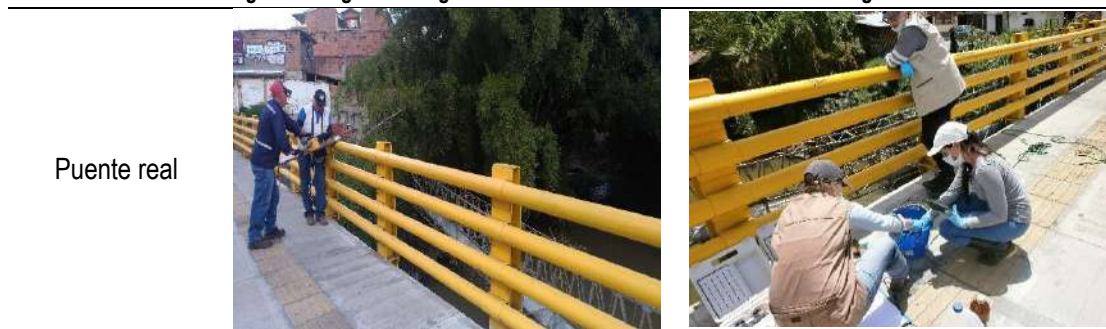


Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.4 Estación Puente Real

En la Figura 9 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente Real, está localizada en la zona urbana del municipio de Rionegro, sobre la corriente principal río Negro (Tramo IV), en el sector conocido como la Calle de la Madera. Estación IDEAM: LM-23087150.

Figura 9. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.



Puente real

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.5 Estación Puente antes EBAR Rionegro

En la Figura 10 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente antes de la EBAR Rionegro, que se localiza en el puente antes de la Estación de Bombeo de Aguas Residuales-EBAR en la zona urbana del municipio de Rionegro, sobre el Río Negro (Tramo IV).

En la margen derecha, al lado del río, se encuentra la estación de bombeo de aguas residuales de Rionegro. Este tramo el río se ve influenciado por el ingreso aguas arriba de la quebrada La Pereira, además de la carga contaminante proveniente del Municipio de Rionegro que no ha sido colectada y conducida a la PTAR.

Figura 10. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.



Puente antes EBAR Rionegro

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.6 Estación después de descarga PTAR Rionegro

En la Figura 11 se presenta el registro fotográfico de la estación Después de descarga PTAR Rionegro, que se localiza en medio de las empresas Compañía Nacional de Chocolates e Ingetierras (Tramo IV) del Río Negro.

Sitio de monitoreo ubicado aproximadamente 1 km aguas abajo del punto de descarga de la PTAR del Municipio de Rionegro; el cauce no se encuentra canalizado y presenta vegetación, principalmente pastos y árboles grandes.

Figura 11. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.

Después de
descarga PTAR
Rionegro



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.7 Estación Puente Autopista

En la Figura 12 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente Autopista, ubicada sobre la autopista Medellín – Bogotá sobre el Río Negro (Tramo IV), al lado de la empresa productos Familia S.A (Sancela). La sección del cauce en este tramo no está canalizada y se ve expuesta en ambas márgenes por diversos tipos de pasto, rastrojos y vegetación. En este punto el río ha recibido aporte de las quebradas La Pereira y La Cimarrona.

Figura 12. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.

Puente Autopista



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.8 Estación La Fresera

En la Figura 13 se presenta el registro fotográfico de la estación La Fresera (Tramo V), se encuentra ubicada en inmediaciones de la vereda Los Pinos jurisdicción del municipio de Rionegro (margen izquierda) y la vereda La Primavera del Municipio de Marinilla (margen derecha), con acceso por la vereda Galicia del municipio de Rionegro. Estación IDEAM: LG-23087830.

Para este sitio de muestreo el río ya ha recibido las descargas de las quebradas Chachafruto, La Pereira, La Cimarrona, La Mosca y La Marinilla, junto con las descargas de las aguas residuales de las cabeceras urbanas de Rionegro, Marinilla, El Santuario, Guarne, El Carmen, La Ceja y de algunas industrias situadas en su cercanía. No está canalizado y presenta vegetación, tales como pastos y árboles.

Figura 13. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.2.9 Estación Río Abajo

En la Figura 14 se presenta el registro fotográfico de la estación Río Abajo (Tramo VI), se encuentra ubicada en la planta de generación de energía La Rebusca, operada por Empresas Públicas de Medellín, este punto es la zona de cierre de la corriente principal, después de la desembocadura de la quebrada El Salado (fuente que proviene de la zona urbana del municipio de San Vicente); se encuentra ubicada en inmediaciones de la vereda La Honda jurisdicción del municipio de San Vicente (margen izquierda) y la vereda Salto Abajo del Municipio de Marinilla (margen derecha). Se presenta vegetación en ambas márgenes del río, alrededor de la estación no se encuentran operaciones de tipo industrial, el suelo generalmente está dispuesto para la ganadería y la agricultura. Estación EPM: LG- 23087090.

Figura 14. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Negro.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.3 QUEBRADA LA PEREIRA

2.1.3.1 Estación Flores de La Montaña

En la Figura 15 se presenta el registro fotográfico de la estación Flores de la Montaña, primera estación de control sobre la Quebrada la Pereira (Tramo VII), ubicada antes de la Zona Urbana del Municipio de La Ceja.

Figura 15. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Pereira.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.3.2 Estación Las Acacias

En la Figura 16 se presenta el registro fotográfico de la estación Las Acacias (Tramo VII), ubicada en el sector Urbanización Las Acacias del Municipio de La Ceja, zona urbana.

Figura 16. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Pereira.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.3.3 Estación San Sebastián

En la Figura 17 se presenta el registro fotográfico de la estación San Sebastián, localizada sobre el perímetro del área urbana del Municipio de La Ceja en la Hacienda San Sebastián, sobre la quebrada La Pereira (Tramo VIII). Estación LM Cornare: 2308777.

Figura 17. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Pereira.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.3.4 Estación Manzanares

En la Figura 18 se presenta el registro fotográfico de la estación Manzanares, localizada sobre la quebrada La Pereira (Tramo VIII), aproximadamente 0,5 km aguas abajo de la descarga de la PTAR urbana del municipio de La Ceja.

Figura 18. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Pereira.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.3.5 Estación Contingencia Captación San Antonio - Rionegro

En la Figura 19 se presenta el registro fotográfico de la Estación denominada Captación San Antonio-Rionegro (Tramo IX), localizada en el barrio San Antonio de Pereira del municipio de Rionegro. Este sitio de referencia se incluyó en el plan anual de monitoreo, debido a que en el sitio se encuentra la captación de agua para consumo del Municipio de Rionegro (concesión sin uso), ante una eventual contingencia o falla de la bocatoma ubicada en el barrio Porvenir.

Figura 19. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Pereira.

Estación
Captación San
Antonio –
Rionegro



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.3.6 Estación Casa Mía

En la Figura 20 se presenta el registro fotográfico de la estación Casa Mía, se ubica al cierre de cuenca de la quebrada La Pereira (Tramo IX), en inmediaciones de la Clínica Somer y el Patinódromo del Municipio de Rionegro. Estación IDEAM: LG-23087300.

Figura 20. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Pereira.

Casa Mía



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.4 QUEBRADA LA CIMARRONA

2.1.4.1 Estación Captación Municipio de El Carmen de Viboral

En este punto (Figura 21) se realiza una captación de agua sobre la quebrada La Cimarrona (Tramo X), para ser tratada por la ESP del Municipio de El Carmen; el cauce presenta una morfología de lecho plano con predominancia de arena y grava acompañada de rocas. En ambas márgenes de la quebrada se encontró vegetación de tipo herbácea la cual no ofrecía sombra al cauce.

Figura 21. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Cimarrona.

Captación El
Carmen de
Viboral



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.4.2 Estación Puente Larga

En la Figura 22 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente Larga (Tramo X), ubicada al inicio del área urbana del Municipio de El Carmen de Viboral, en inmediaciones de las veredas Betania y Campo Alegre, situada por la vía de acceso a la vereda Betania.

Figura 22. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Cimarrona.

Puente Larga



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.4.3 Estación Flor Silvestre

En la Figura 23 se presenta el registro fotográfico de la estación Flor Silvestre (Tramo XI), ubicada aproximadamente a 300 m aguas abajo de la descarga de la PTAR urbana de El Carmen de Viboral. Estación LM Cornare: 2308779.

Figura 23. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Cimarrona.

Flor Silvestre



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.4.4 Estación Colte punto

En la Figura 24 se presenta el registro fotográfico de la estación Colte punto (Tramo XI) ubicada en la antigua vía Marinilla -Rionegro, contiguo a la empresa Coltejer. Estación IDEAM: LG-23087260.

Figura 24. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Cimarrona.

Colte punto



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.4.5 Estación Puente Vía El Tranvía (Ingetierras Coltejer)

En la Figura 25 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente Vía El Tranvía (Tramo XI), (Ingetierras_Coltejer), ubicada en la vía Rionegro-Marinilla, antes de la desembocadura de la Quebrada La Cimarrona al Río Negro.

Figura 25. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Cimarrona.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.5 QUEBRADA LA MOSCA

2.1.5.1 Estación Romeral

En la figura 26 se presenta el registro fotográfico del primer punto de monitoreo sobre esta quebrada, denominada estación Puente Romeral (Tramo XII), ubicada en la vereda Romeral del municipio de Guarne, sitio cercano a la Institución Educativa Romeral, a un costado de la Autopista Medellín-Bogotá.

Figura 26. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Mosca.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.5.2 Estación Puente Molino

En la figura 27 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente Molino (Tramo XII), ubicada en inmediaciones de las veredas El Zango y El Molino del municipio de Guarne, aguas arriba de la cabecera urbana, luego de recibir el afluente de la quebrada Batea Seca.

Figura 27. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Mosca.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.5.3 Estación Box Coulvert. Km. 26

En la Figura 28 se presenta el registro fotográfico de la estación Box Coulvert Km. 26 (Tramo XIII), se localiza sobre la autopista Medellín – Bogotá en el km 26, aproximadamente 300 m. aguas abajo de descarga de la PTAR urbana del Municipio de Guarne. Estación LM Cornare: 2308703.

Figura 28. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Mosca.



Box Coulvert.
Km. 26

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.5.4 Estación OMYA

En la Figura 29 se presenta el registro fotográfico de la estación OMYA (Tramo XIII), se encuentra ubicada en inmediaciones de las Veredas Berracal y Chaparral del Municipio de Guarne, a un costado de la empresa Omya Andina.

Figura 29. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Mosca.



OMYA

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.5.5 Estación Riotex

En la Figura 30 se presenta el registro fotográfico de la estación Riotex (Tramo XIII), se encuentra ubicada en el sector del puente de Belén, en la vía de acceso a la vereda Galicia. En este último punto de monitoreo de la Quebrada La Mosca, ya se han recibido importantes aportes de carga contaminante por vertimientos del sector productivo, que se ubican en todo el corredor de la Autopista Medellín -Bogotá. Estación IDEAM: LG- 23087670.

Figura 30. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Mosca.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6 QUEBRADA LA MARINILLA

2.1.6.1 Estación Antes de ARD del Municipio de El Santuario

En la Figura 31, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada aguas arriba del Municipio, al ingreso de la zona urbana de El Santuario, en inmediaciones de la Autopista Medellín-Bogotá, definida como la primera estación control sobre la quebrada La Marinilla (Tramo XIV)

Figura 31. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6.2 Estación La Amistad

En la Figura 32 se presenta el registro fotográfico de la estación La Amistad (Tramo XIV). Se localiza a un costado de la estación de gasolina “bomba La Amistad”, área urbana del Municipio de El Santuario. Estación LM Cornare: 2308782.

Figura 32. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.

La Amistad



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6.3 Estación Antes de la PTARD del Municipio de El Santuario

En la Figura 33, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de El Santuario (Tramo XIV), aguas abajo de la zona urbana.

Figura 33. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.

Antes de PTAR de El Santuario



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6.4 Estación Después de la PTARD del Municipio de El Santuario

En la Figura 34, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada aproximadamente 200 m. después de la Planta de tratamiento de aguas residuales del Municipio de El Santuario (Tramo XIV).

Figura 34. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.

Después de PTARD de El Santuario



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6.5 Estación El Chagualo

En la Figura 35 se presenta el registro fotográfico de la estación El Chagualo (Tramo XIV), ubicada antes de recibir las ARD del municipio de Marinilla, en la vereda El Chagualo, 4 km., antes de la zona urbana del municipio; y aproximadamente a 9 km., luego de recibir la descarga de aguas residuales de la PTAR del municipio de El Santuario.

Figura 35. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6.6 Estación Puente La Feria

En la Figura 36 se presenta el registro fotográfico de la estación Puente La Feria (Tramo XIV), se ubica en el área urbana del Municipio de Marinilla, contiguo a la denominada plaza de ferias. Estación IDEAM: LG-23087660.

Figura 36. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.6.7 Estación Alcaravanes

En la Figura 37, se presenta el registro fotográfico de la estación Alcaravanes (Tramo XIV), que se encuentra ubicada en inmediaciones del centro recreativo de pesca Club Alcaravanes. Además, esta estación se encuentra aproximadamente a 1,40 Km después de recibir la descarga de la PTAR del Municipio de Marinilla, y a 1,10 Km antes de su desembocadura sobre el Río Negro. Estación IDEAM: LM- 23088040.

Figura 37. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada La Marinilla.

Alcaravanes



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.7 QUEBRADA YARUMAL -CHACHAFRUTO

2.1.7.1 Estación Las Delicias

En la Figura 38 se presenta el registro fotográfico de la estación Las Delicias (Tramo XV), sobre la Quebrada Chachafruto (que se origina al unirse la Quebrada Yarumal - canalizada por medio de un box Couvert que atraviesa la pista de aterrizaje del Aeropuerto- y la Quebrada La Leonera). Esta estación se encuentra ubicada cerca del Helicóptero de la FAC-Estadero Las Delicias en el Municipio de Rionegro, a 1,50 km antes de su desembocadura sobre el Río Negro.

Figura 38. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada Yarumal-Chachafruto

Las Delicias



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.8 QUEBRADA EL SALADO

2.1.8.1 Estación Antes de recibir las ARD del Municipio de San Vicente

En la Figura 39, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Vicente (Tramo XVI).

Figura 39. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada El Salado

Antes de ARD
Municipio de
San Vicente



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.8.2 Estación Después de recibir las ARD del Municipio de San Vicente

En la Figura 40, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la zona urbana, una vez recibe todas las descargas de agua residual provenientes del Municipio de San Vicente (Tramo XVI).

Figura 40. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada El Salado

Después de
ARD Municipio
de San Vicente



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.1.8.3 Estación Compañía Abajo

En la Figura 41, se puede observar el registro fotográfico de la Quebrada El Salado (Tramo XVI) en la estación Compañía Abajo, localizada en la vereda Compañía Abajo del Municipio de San Vicente, ubicada aproximadamente a 3km antes de desembocar sobre el Río Negro. Estación LM Cornare: 23087800.

Figura 41. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada El Salado.

Compañía
Abajo



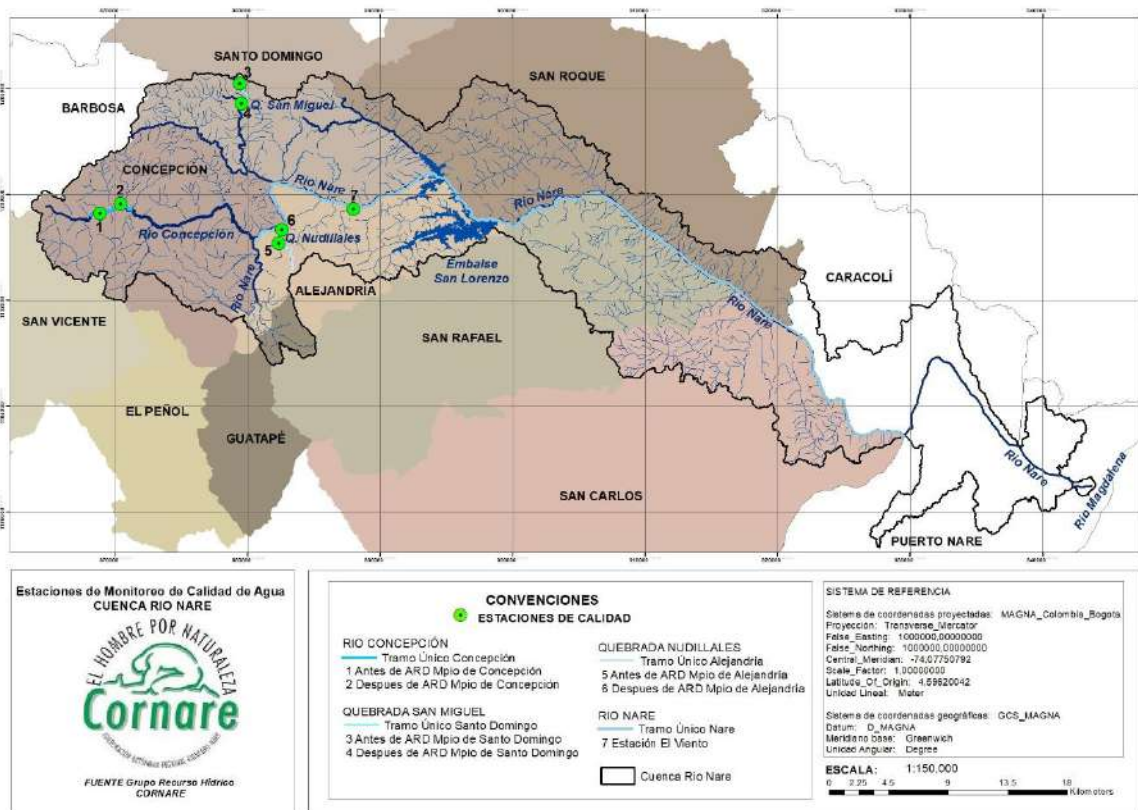
Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2 CUENCA RÍO NARE

La cuenca del Río Nare abarca un área de 96.087 ha, y tiene como corriente principal el Río Nare cuyos principales afluentes son: Río Concepción, Río Santo Domingo, Río Nusito y Río San Lorenzo. Para la jurisdicción de CORNARE, en esta cuenca están ubicados los municipios de Alejandría, San Roque, Concepción, San Carlos, San Rafael, y Santo Domingo. Además de los municipios de Puerto Nare, y Caracolí en jurisdicción de Corantioquia.³

En la figura 42 se presenta gráficamente la ubicación geográfica de las siete estaciones monitoreadas en la cuenca del Río Nare, enmarcada dentro del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

Figura 42. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Rio Nare



A continuación, se presenta la descripción de las estaciones, apoyada con registro fotográfico, correspondiente a los monitoreos realizados en los meses de octubre y septiembre del año 2018:

³ POMCA RIO NARE, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (CORNARE)

2.2.1 QUEBRADA SAN MIGUEL

2.2.1.1 Estación Antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Santo Domingo

En la Figura 41, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la vereda Moro, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Santo Domingo sobre la Quebrada San Miguel (afluente de la Quebrada San Pedro).

Figura 41. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada San Miguel



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2.1.2 Estación Después de recibir las aguas residuales del Municipio de Santo Domingo

En la Figura 42, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Santo Domingo sobre la Quebrada San Miguel (afluente de la Quebrada San Pedro); situada aproximadamente 100 m aguas abajo de la descarga de la PTAR urbana. Finalmente, la Quebrada San Pedro le entrega al Río Nare en el punto denominado Velo de Novia.

Figura 42. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada San Miguel



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2.2 RÍO CONCEPCIÓN

2.2.2.1 Estación Antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Concepción:

En la Figura 43, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la vereda Palmichal, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Concepción.

Figura 43. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Concepción

Antes de recibir ARD del Municipio de Concepción



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2.2.2 Estación Después de recibir las aguas residuales del Municipio de Concepción:

En la Figura 44, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Concepción, sobre el río Concepción, aproximadamente a 320 m luego de recibir la descarga de aguas residuales de la PTAR urbana.

Figura 44. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Concepción

Después de recibir ARD del Municipio de Concepción



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2.3 QUEBRADA NUDILLALES

2.2.3.1 Antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Alejandría:

En la Figura 45, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Alejandría.

Figura 45. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Nudillales

Antes de recibir
ARD del Municipio
de Alejandría



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2.3.2 Estación Después de recibir las aguas residuales del Municipio de Alejandría;

En la Figura 46, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Alejandría; situada sobre la quebrada Nudillales, aproximadamente 200 m antes de su desembocadura sobre el río Nare, el cual, finalmente alimenta el embalse San Lorenzo en un tramo aproximado de 20 km.

Figura 46. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Nudillales

Después de recibir
ARD del Municipio
de Alejandría



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.2.4 RÍO NARE

2.2.4.1 Estación El Viento

En la Figura 47, se presenta el registro fotográfico de la estación denominada El Viento, ubicada 7 km. antes del Embalse San Lorenzo, la cual hace parte de la red de monitoreo de calidad de agua del IDEAM, localizada en la vereda El Popo del Municipio de Alejandría. Estación Isagen: LG- 23087470–suspendida.

Figura 47. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nare



El Viento

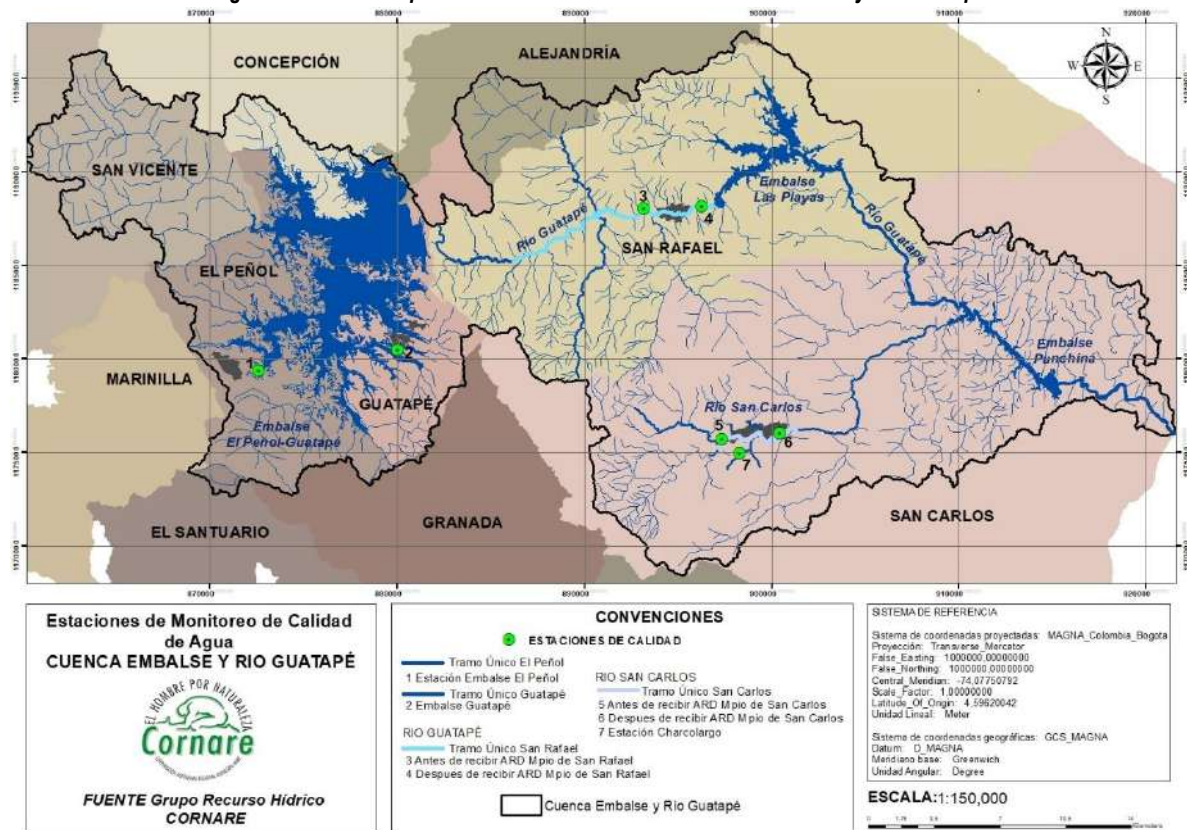
Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3 CUENCA EMBALSE Y RÍO GUATAPÉ

Esta cuenca se extiende por territorio de los municipios de Guatapé, El Peñol, San Rafael y San Carlos; caracterizada por su riqueza hídrica y potencial hidroeléctrico; en el cual se ubican tres embalses: Peñol-Guatapé, Playas y Punchiná.

En la Figura 48 se ilustra gráficamente la ubicación espacial de las estaciones muestreadas en la cuenca del Embalse y Río Guatapé, en el periodo comprendido entre abril y agosto de 2018.

Figura 48. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Embalse y Río Guatapé



A continuación, se presenta la descripción de las estaciones, apoyadas con registro fotográfico, correspondiente a los monitoreos realizados dentro del marco del Plan de Ordenamiento del recurso hídrico, para esta cuenca:

2.3.1 EMBALSE PEÑOL – GUATAPÉ

2.3.1.1 Estación Embalse El Peñol

En la Figura 49, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el embalse, una vez ha recibido la descarga de la Quebrada Horizontes, fuente receptora de la descarga de la PTAR del Municipio de El Peñol.

Figura 49. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el Embalse



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3.1.2 Estación Embalse Guatapé

En la Figura 50, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el embalse. Monitoreo que se realiza una vez confluye la descarga proveniente de la PTAR del Municipio de Guatapé y población flotante.

Figura 50. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el Embalse



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3.2 RÍO GUATAPÉ

2.3.2.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Rafael

En la Figura 51, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana -antes de confluir con el Río Arenal- y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Rafael.

Figura 51. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Guatapé

Antes de recibir ARD del Municipio de San Rafael



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3.2.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Rafael

En la Figura 52, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada 0,5 km. después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de San Rafael, cuyas descargas se realizan sobre las Quebradas La Toma, La Veta y La Quinta, que finalmente confluyen al río Guatapé.

Figura 52. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Guatapé

Después de recibir ARD del Municipio de San Rafael



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3.3 RÍO SAN CARLOS

2.3.3.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Carlos

En la Figura 53, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana – vereda Peñoles- y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Carlos.

Figura 53. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río San Carlos

Antes de recibir ARD del Municipio de San Carlos



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3.3.2 Estación Charco Largo

En la Figura 54, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en inmediaciones del municipio de San Carlos, antes del puente vehicular que atraviesa el río San Carlos.

Figura 54. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río San Carlos

Charco Largo



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.3.3.3 Estación Después de recibir ARD Del Municipio de San Carlos

En la Figura 55, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en el río San Carlos, 1,8 km. después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de San Carlos.

Figura 55. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río San Carlos

Después de recibir
ARD del Municipio
de San Carlos



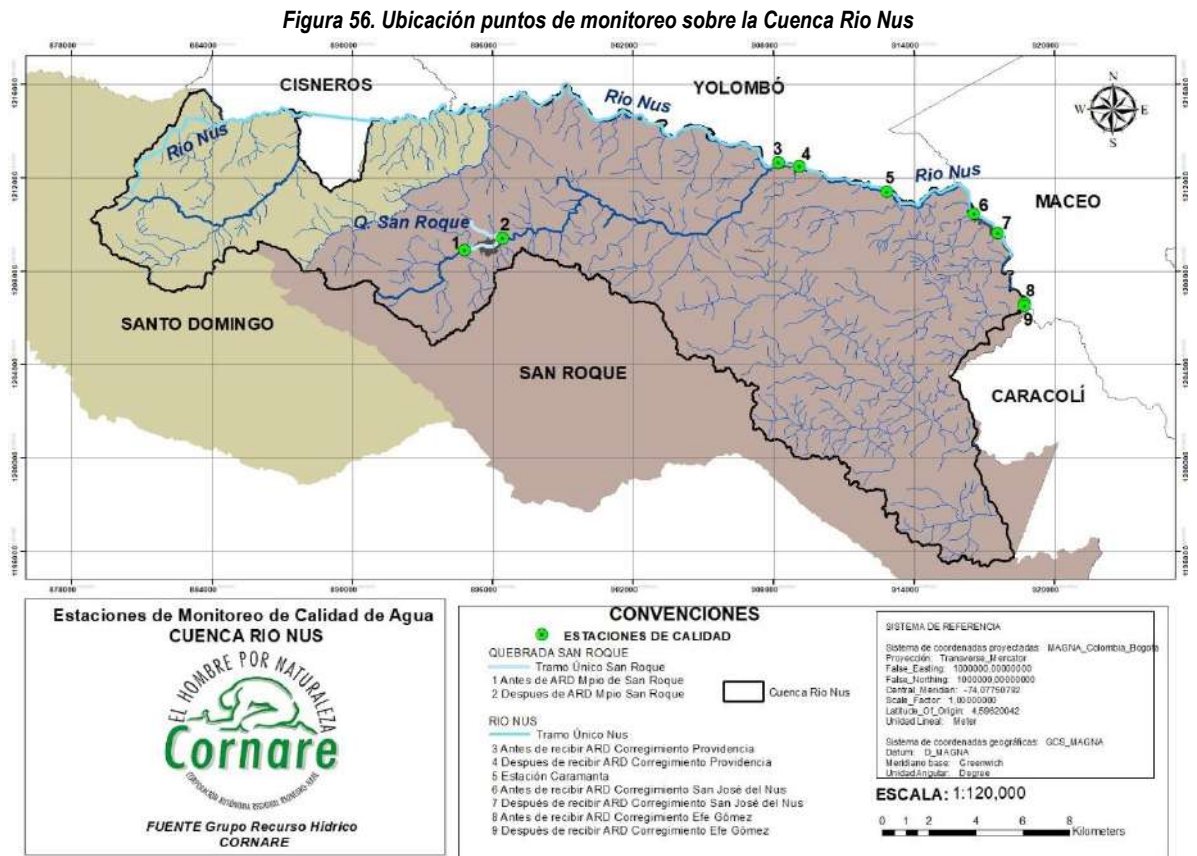
Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4 CUENCA RÍO NUS

El área de la cuenca es 850.51 Km², se extiende en un 42.5% del área en la región de Cornare (361.46 Km²), donde comprende los municipios de Santo Domingo y San Roque, y un 57.5% del área en jurisdicción de Corantioquia (489.05 Km²), correspondiente a los municipios de Cisneros, Yolombó, Maceo, Caracolí, Puerto Nare y Puerto Berrío, con carácter transicional entre el Nordeste y el Magdalena Medio Antioqueño. (Cornare 2015)

El Río Nus nace en el municipio de Santo Domingo a 2.000 m.s.n.m., vertiendo sus aguas después de un recorrido de 96 Km al Río Nare en el municipio de Caracolí, a 138 m.s.n.m., sus principales afluentes son las quebradas Santa Gertrudis, Guacas, Betulia y La Reina, Río Socorro, Quebrada La Vega y Dolores.

En la Figura 56 se ilustra gráficamente la ubicación espacial de las estaciones muestreadas en la cuenca del Río Nus, y que hacen parte del seguimiento anual dentro del marco del PORH.



A continuación, se presenta la descripción de las estaciones, apoyadas con registro fotográfico, correspondiente a los monitoreos realizados en los meses de febrero y marzo de 2018:

2.4.1 QUEBRADA SAN ROQUE

2.4.1.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Roque

En la Figura 57, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Roque.

Figura 57. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada San Roque



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.1.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Roque

En la Figura 58, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de San Roque. La Quebrada San Roque después de cruzar el casco urbano, forma varios saltos, toma el nombre de Guacas y tras recorrer otras seis veredas desemboca al río Nus, cerca al corregimiento de Providencia

Figura 58. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la Quebrada San roque



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2 RÍO NUS

2.4.2.1 Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de Providencia

En la Figura 59, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Providencia, Municipio de San Roque, límites del municipio de Yolombó.

Figura 59. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2.2 Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de Providencia

En la Figura 60, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Providencia

Figura 60. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2.3 Estación Caramanta

En la Figura 61, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Nus, aguas abajo del Corregimiento de Providencia. La estación hace parte de la red de monitoreo del IDEAM (LG-23087160), en límites entre el municipio de Yolombó y la vereda La Linda del municipio de San Roque.

Figura 61. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus

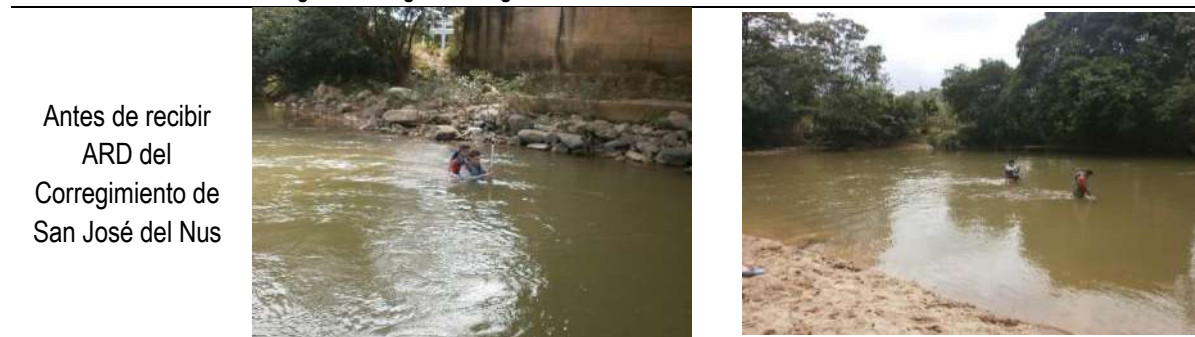


Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2.4 Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de San José del Nus

En la Figura 62, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Corregimiento de San José del Nus, Municipio de San Roque.

Figura 62. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2.5 Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de San José del Nus

En la Figura 63, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Corregimiento de San José del Nus.

Figura 63. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2.6 Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento Efe Gómez

En la Figura 64, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Efe Gómez, Municipio de San Roque

Figura 64. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.4.2.7 Estación Después de recibir ARD del Corregimiento Efe Gómez

En la Figura 65, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Efe Gómez, en límites con los municipios de Maceo y Caracolí. El Río Nus finalmente entrega sus aguas sobre el Río Nare en jurisdicción del municipio de Caracolí.

Figura 65. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Nus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5 CUENCA RÍO SAMANÁ NORTE

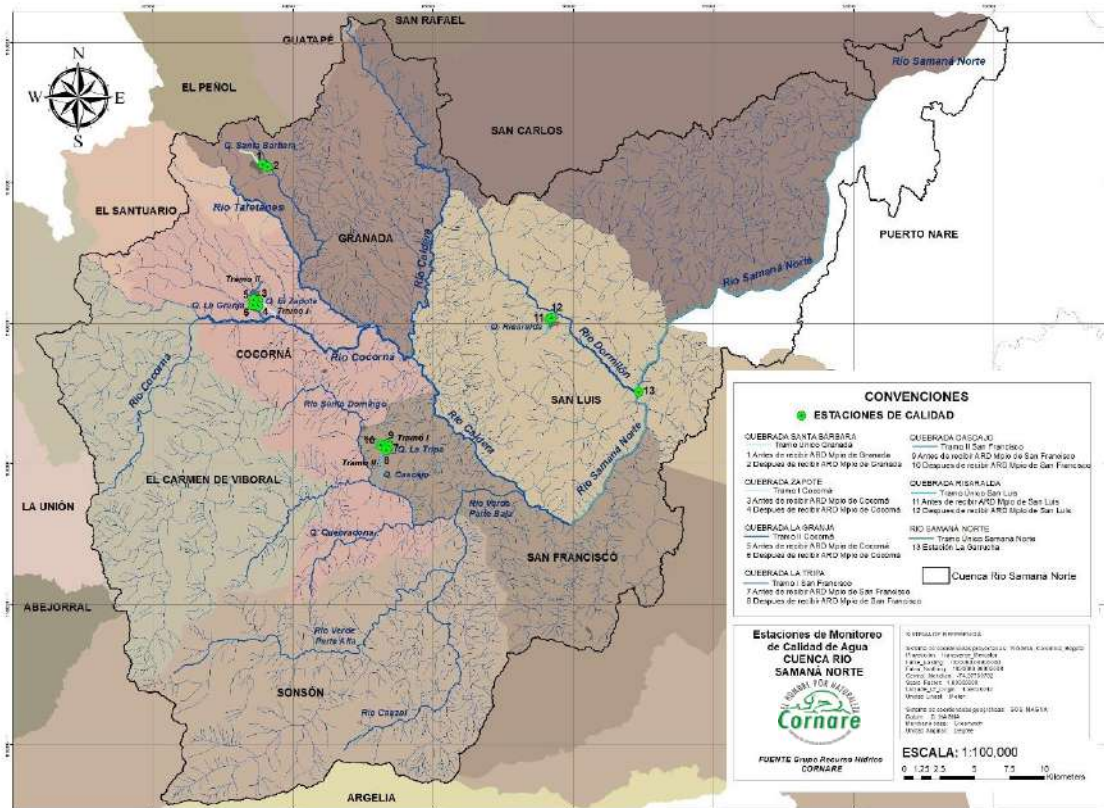
La cuenca Samaná Norte está conformada por nueve municipios: Cocorná, Granada, El Carmen de Viboral, El Santuario, San Carlos, San Francisco, San Luís, Sonsón y Puerto Nare, este último en jurisdicción de Corantioquia. Su principal afluente hídrico es el río Samaná Norte que nace en la confluencia entre los ríos

Verde y Calderas entre las veredas Boquerón del municipio de San Francisco y La Palmera del municipio de San Luis.⁴

De esta cuenca hacen parte diferentes fuentes hídricas que son monitoreadas anualmente, en el municipio de Cocorná, se encuentran las quebradas El Zapote y La Granja, y los Ríos Cocorná, Santo Domingo y Calderas; en el municipio de San Francisco se monitorean las quebradas Cascajo, La Tripa y Caño Ruperto en el Corregimiento Aquitania; en el municipio de Granada las quebradas Panteón, Santa Bárbara, La María y La Occidente y en el municipio de San Luis se monitorean los Ríos Dormilón, Samaná Norte en la estación La Garrucha y la quebrada La Risaralda, también conocido como sector El Almendrón.

Sin embargo, en la Figura 66, se ilustra solamente la ubicación espacial de las estaciones muestradas en la cuenca del Río Samaná Norte, dentro del marco del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico -PORH, correspondiente a 13 estaciones de calidad.

Figura 66. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Río Samaná Norte



A continuación, se presenta la descripción de las estaciones, apoyadas con registro fotográfico, correspondiente a los monitoreos realizados en los meses de enero, febrero y abril del año 2018:

⁴ POMCA RIO SAMANÁ NORTE, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (CORNARE)

2.5.1 QUEBRADA SANTA BÁRBARA

2.5.1.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Granada

En la Figura 67, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada principal denominada Santa Bárbara, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Granada.

Figura 67. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Santa Bárbara



Antes de recibir
ARD del Municipio
de Granada

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.1.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Granada

En la Figura 68, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada principal denominada Santa Bárbara, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Granada.

Figura 68. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Santa Bárbara



Después de recibir
ARD del Municipio
de Granada

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.2 QUEBRADA ZAPOTE

2.5.2.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Cocorná

En la Figura 69, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Zapote, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Cocorná

Figura 69. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Zapote



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.2.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Cocorná

En la Figura 70, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Zapote, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de Cocorná, quebrada que desemboca en la Quebrada Chorrera.

Figura 70. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Zapote



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.3 QUEBRADA LA GRANJA

2.5.3.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Cocorná

En la Figura 71, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada La Granja, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Cocorná

Figura 71. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada la Granja

Antes de recibir
ARD del Municipio
de Cocorná



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.3.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Cocorná

En la Figura 72, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada La Granja, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de Cocorná, quebrada que igualmente desemboca en la Quebrada Chorrera.

Figura 72. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada La Granja

Después de recibir
ARD del Municipio
de Cocorná



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.4 QUEBRADA LA TRIPA

2.5.4.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Francisco

En la Figura 73, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada La Tripa, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Francisco

Figura 73. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada la Tripa

Antes de recibir
ARD del Municipio
de San Francisco



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.4.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Francisco

En la Figura 74, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada La Tripa, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de San Francisco, quebrada que desemboca finalmente al Río Santo Domingo.

Figura 74. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada La Tripa

Después de recibir
ARD del Municipio
de San Francisco



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.5 QUEBRADA CASCAJO

2.5.5.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Francisco

En la Figura 75, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Cascajo, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Francisco

Figura 75. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Cascajo



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.5.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Francisco

En la Figura 76, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Cascajo, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de San Francisco, quebrada que también desemboca al Río Santo Domingo.

Figura 76. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Cascajo



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.6 QUEBRADA RISARALDA

2.5.6.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de San Luís

En la Figura 77, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Risaralda, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de San Luís.

Figura 77. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Risaralda

Antes de recibir
ARD del Municipio
de San Luis



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.6.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de San Luis

En la Figura 78, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de San Luis.

Figura 78. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Risaralda

Después de recibir
ARD del Municipio
de San Luis



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.5.7 RÍO SAMANÁ NORTE

2.5.7.1 Estación La Garrucha

En la Figura 79, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Samaná Norte, antes de recibir las aguas del río Dormilón, estación del IDEAM (puente antiguo) ubicada 120 m antes del puente vehicular de la Autopista Medellín-Bogotá, vereda La Garrucha del municipio de San Luis. Estación IDEAM: LM- 23087190.

Figura 79. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Samaná Norte



La Garrucha

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6 CUENCA RÍO SAMANÁ SUR

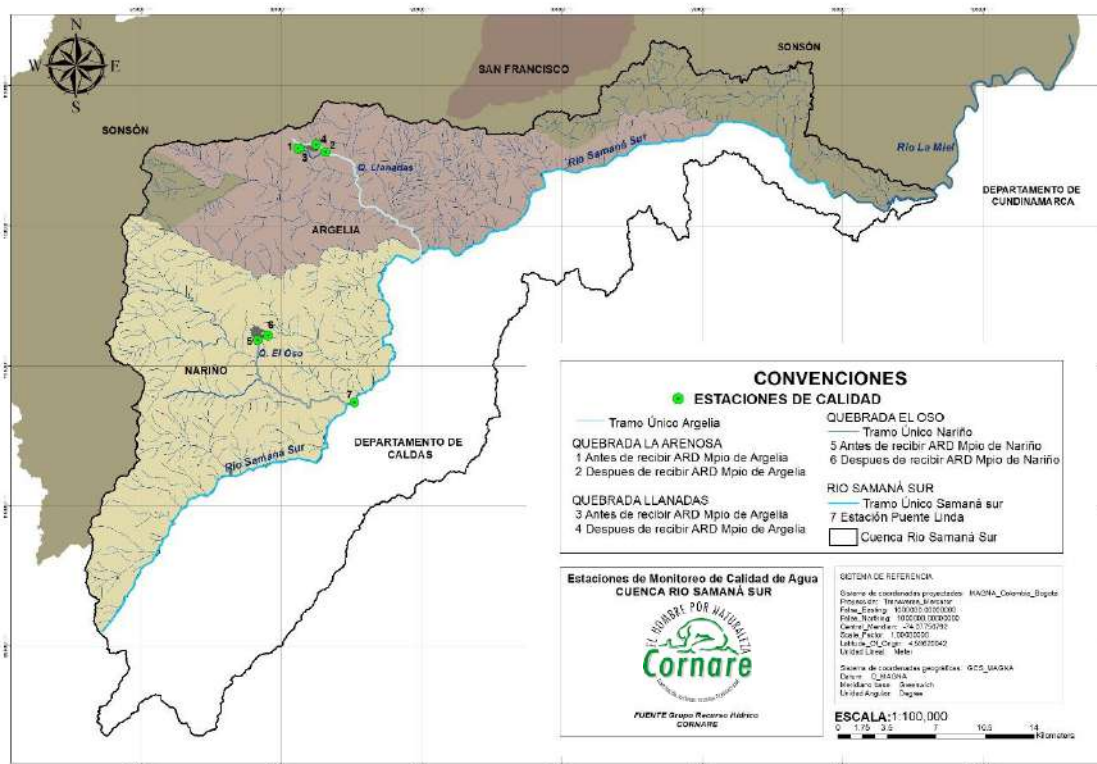
La Cuenca del Río Samaná Sur se extiende en sentido occidente-oriente, desde el cerro Las Palomas en el páramo de Sonsón hasta las aguas divisorias del Río Arma y las cuencas Samaná Norte y Río Claro-Cocorná Sur. Su curso recorre los municipios de Nariño, Argelia y Sonsón - este último en su área asociada al Magdalena Medio, comprende importantes extensiones de los municipios de Nariño, Argelia, Puerto Triunfo, Sonsón, Norcasia, Pensilvania, Samaná (éstos tres últimos en el Departamento de Caldas) con un total de 120.987,44 ha.⁵

En el Figura 80 se presenta gráficamente la ubicación espacial de las siete estaciones monitoreadas en la cuenca del Río Samaná Sur, en los municipios de Nariño y Argelia, en los meses de mayo y junio de 2018 en la jurisdicción de Cornare.

Además, se presenta la descripción de dichas estaciones, apoyadas con registro fotográfico.

⁵ POMCA RIO SAMANÁ SUR, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica

Figura 80. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Rio Samaná Sur



2.6.1 QUEBRADA LA ARENOSA

2.6.1.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Argelia

En la Figura 81, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada La Arenosa, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Argelia, que a pesar de no encontrarse ordenada dentro del PORH, se considera su evaluación, toda vez que recibe aguas residuales del Municipio y es afluente de la Quebrada Llanadas.

Figura 81. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada la Arenosa

Antes de recibir ARD del Municipio de Argelia



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6.1.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Argelia

En la Figura 82, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada La Arenosa, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Argelia.

Figura 82. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada la Arenosa



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6.2 QUEBRADA LLANADAS

2.6.2.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Argelia

En la Figura 83, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Llanadas, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Argelia.

Figura 83. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Llanadas



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6.2.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Argelia

En la Figura 84, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada Llanadas, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Argelia. Esta Quebrada finalmente desemboca sobre el río San Juan, afluente del Río Samaná Sur.

Figura 84. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Llanadas

Después de recibir ARD del Municipio de Argelia



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6.3 QUEBRADA EL OSO

2.6.3.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Nariño

En la Figura 85, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada El Oso, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Nariño.

Figura 85. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada El oso

Antes de recibir ARD del Municipio de Nariño



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6.3.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Nariño

En la Figura 86, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada en la quebrada denominada El Oso, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Nariño. Esta Quebrada finalmente desemboca sobre el río San Pedro, afluente del Río Samaná Sur

Figura 86. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada El Oso

Después de recibir ARD del Municipio de Nariño



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.6.4 RÍO SAMANÁ SUR

2.6.4.1 Estación Puente Linda

En la Figura 87, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Samaná Sur, vereda Puente Linda, en límites con el Departamento de Caldas (LG-23057090 Chec Caldas); situada aproximadamente 600 m luego de haber recibido las aguas del río San Pedro, Municipio de Nariño.

Figura 87. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Samaná Sur

Puente Linda



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7 CUENCA RÍO ARMA

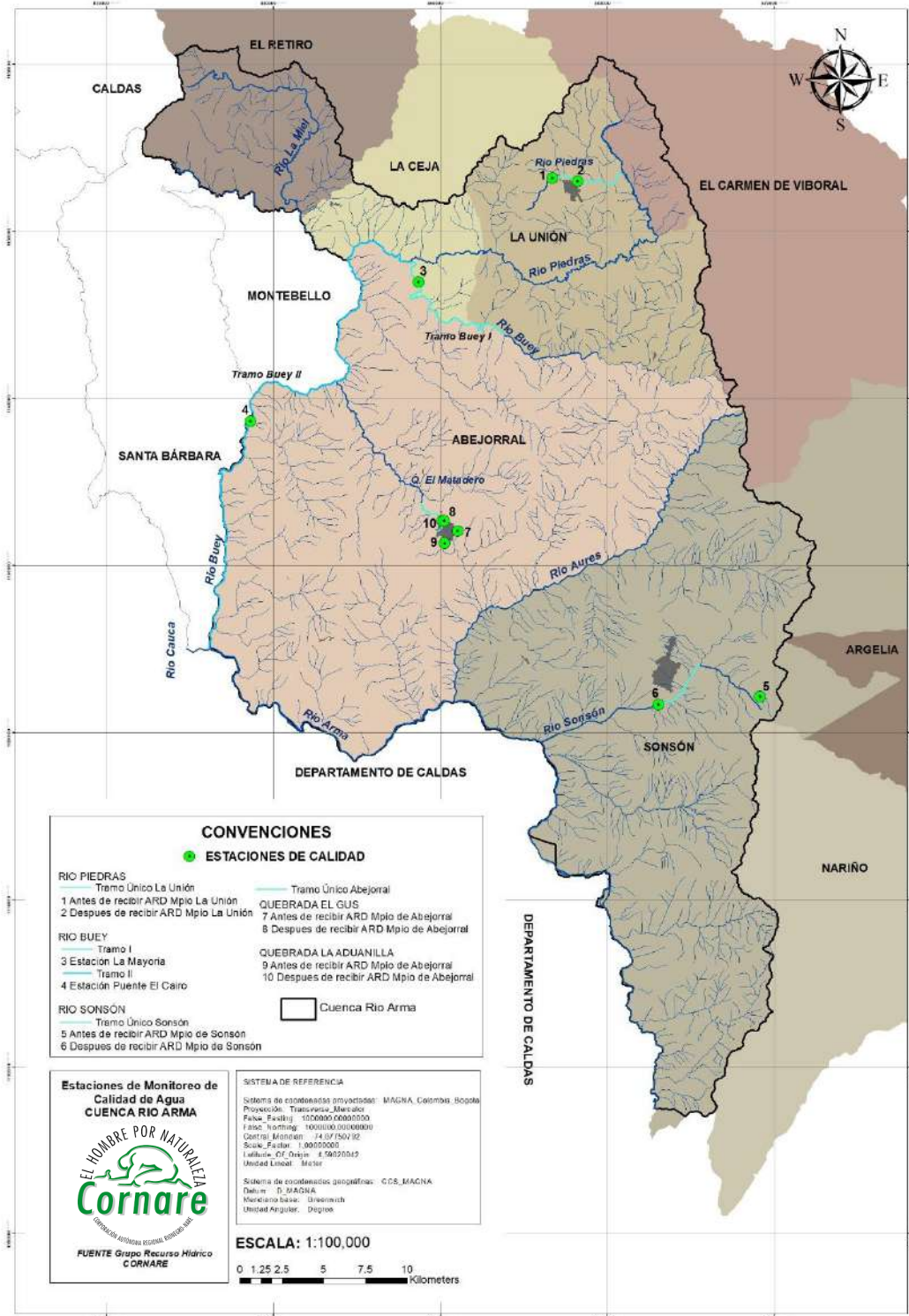
Con una extensión de 1939.79 Km², de los cuales el 66.12% del área está localizada en jurisdicción de Cornare (1283.56 Km²), en los municipios de Sonsón, La Unión, El Retiro, La Ceja y Abejorral. La precipitación promedio multianual para la cuenca es de 2.477 mm, y el caudal medio del Río Arma es de 96.58 m³/s, con alturas entre 3.340 y 600 m.s.n.m. en la desembocadura del Río Cauca. (Cornare, 2015).

En la Figura 88 se ilustra la ubicación espacial de las estaciones muestreadas y establecidas dentro del marco del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, en la cuenca del Río Buey-Arma en el periodo comprendido entre mayo de 2018 y julio de 2018.

Además, se presenta la descripción de dichas estaciones, apoyadas con un registro fotográfico.

SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

Figura 88. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Rio Arma



2.7.1 RIO PIEDRAS

2.7.1.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de La Unión

En la Figura 89, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de La Unión

Figura 89. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Piedras



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.1.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de La Unión

En la Figura 90, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de La Unión.

Figura 90. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Piedras



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.2 RIO BUEY

2.7.2.1 Estación La Mayoría

En la Figura 91, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Tramo I del Río Buey, que inicia en el Salto del Buey hasta la confluencia con el río Piedras. La estación (EPM-suspendida) se encuentra ubicada en límites de los municipios de La Ceja y Abejorral, veredas Colmenas y El Guaico, respectivamente, en vía de acceso de la presa y captación del río Buey, de la empresa EPM.

Figura 91. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Buey



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.2.2 Estación Puento El Cairo

En la Figura 92, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Tramo II del Río Buey, que va desde la confluencia del río Piedras con el río Buey, hasta la confluencia con el río Arma. En este punto ya se ha recibido descargas importantes del sector productivo, que están asentadas en el Municipio de Abejorral. Sitio de monitoreo ubicado en límites de los municipios de Abejorral y San Bárbara, en inmediaciones de la planta Argos-El Cairo

Figura 92. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Buey



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.3 RIO SONSÓN

2.7.3.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Sonsón

En la Figura 93, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Sonsón. Además, en este sitio de monitoreo se encuentra la captación de agua para consumo del Municipio de Sonsón en la margen derecha del cauce.

Figura 93. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre río Sonsón



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.3.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Sonsón

En la Figura 94, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Sonsón, que vierte actualmente en las Quebradas Buenos Aires, San José, La Cañada y El Hospital, y que finalmente desembocan en el río Sonsón.

Figura 94. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Sonsón



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.4 QUEBRADA EL GUS

2.7.4.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Abejorral

En la Figura 95, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Abejorral. Es importante resaltar que por el municipio de Abejorral discurren las Quebradas La Aduanilla y El Gus, que al unirse se convierten en la denominada Quebrada El Matadero, fuente que finalmente corresponde a la ordenada dentro del PORH.

Figura 95. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada El Gus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.4.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Abejorral

En la Figura 96, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada El Gus, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Abejorral.

Figura 96. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada El Gus



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.5 QUEBRADA LA ADUANILLA

2.7.5.1 Estación Antes de recibir ARD del Municipio de Abejorral

En la Figura 97, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada La Aduanilla, antes de iniciar la zona urbana y antes de recibir las aguas residuales del Municipio de Abejorral.

Figura 97. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada La Aduanilla

Antes de recibir
ARD del Municipio
de Abejorral



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.7.5.2 Estación Después de recibir ARD del Municipio de Abejorral

En la Figura 98, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada La Aduanilla, después de la cabecera urbana y después de recibir las aguas residuales del Municipio de Abejorral. Finalmente, la Quebrada El Matadero desemboca a la Quebrada Yeguas, que entrega sus aguas al río Buey.

Figura 98. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada la Aduanilla

Después de recibir
ARD del Municipio
de Abejorral



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8 CUENCA RÍO COCORNÁ SUR Y DIRECTOS AL MAGDALENA MEDIO ENTRE LOS RÍOS LA MIEL Y NARE

La cuenca del Río Cocorná y Directos al Magdalena Medio está conformada por cinco (5) municipios: Puerto Nare en jurisdicción de Corantioquia, San Francisco, San Luís, Sonsón y Puerto Triunfo. Los principales afluentes son el Río Tigre y las quebradas La Cristalina, La Mesa y Las Mercedes. El Río Claro nace en los 2.250 m.s.n.m. en Las Cuchillas de El Tigre y La Osa en el municipio de San Francisco, confluye con el Río Cocorná Sur y continúa llamándose Río Claro - Cocorná Sur, hasta desembocar en la margen izquierda del Río Magdalena a los 135 msnm.

El Río Magdalena a su paso por la región Cornare recibe las aguas de los ríos Samaná Sur, Río Claro - Cocorná Sur, Samaná Norte y Río Nare; discurre por el territorio de los municipios de Sonsón y Puerto Triunfo con un área de 366.99 Km² en la jurisdicción Cornare, y del municipio de Puerto Boyacá del departamento de Boyacá.



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

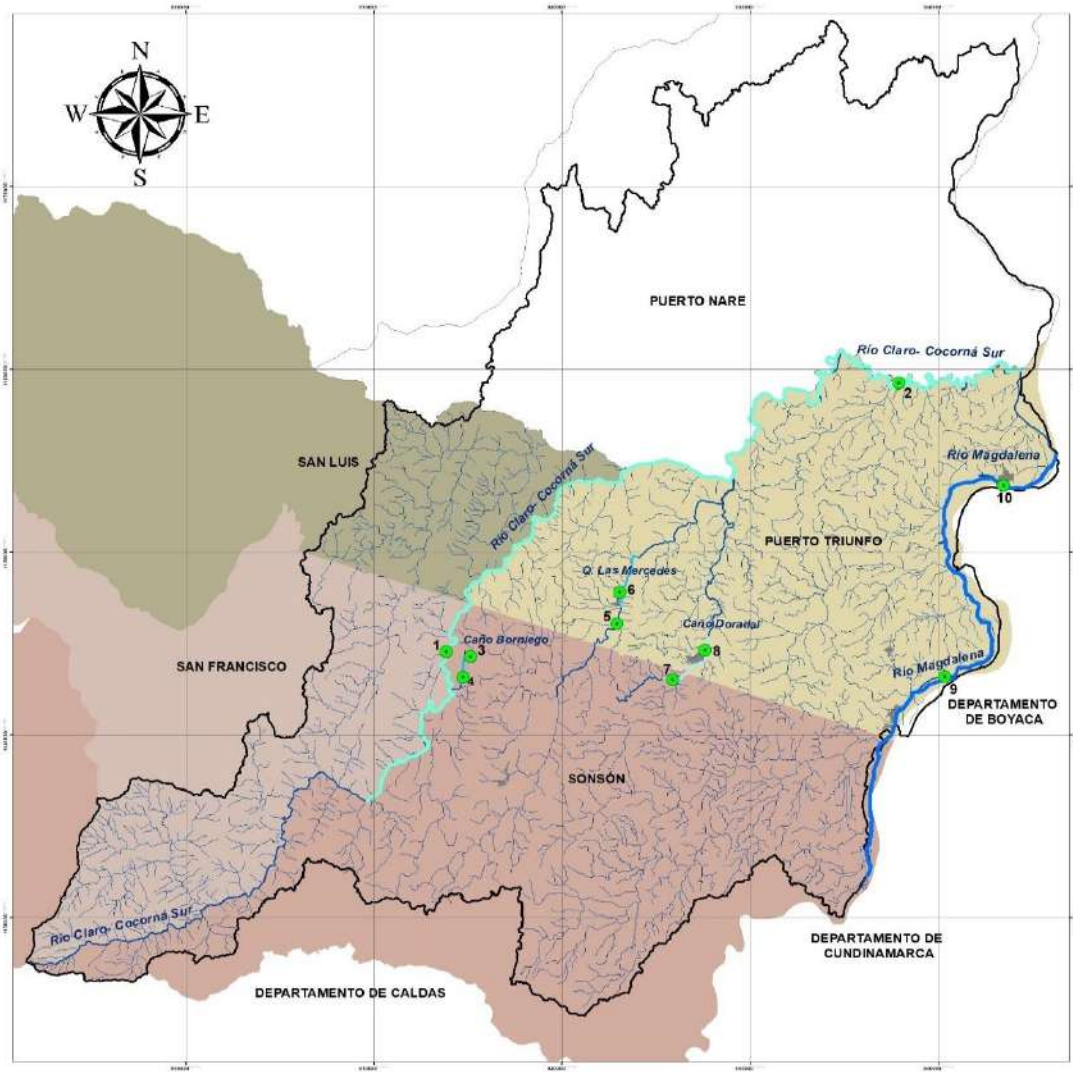
Esta cuenca es el último relicto de bosque primario con alto potencial de investigación, fuente de explotación petrolera, extracción de mármoles y calizas, y producción ganadera y acuícola. También, tiene un potencial turístico por sus características paisajísticas.⁶

En la Figura 99 se ilustra la ubicación espacial de las diez estaciones monitoreadas en la cuenca del Río Cocorná y directos al Magdalena medio en los meses de agosto, septiembre y noviembre del año 2018.

Además, se presenta la descripción de dichas estaciones, apoyadas con un registro fotográfico.

⁶ POMCA RIO COCORNÁ Y DIRECTOS AL MAGDALENA MEDIO ENTRE LOS RIOS LA MIEL Y NARE, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (CORNARE)

Figura 99. Ubicación puntos de monitoreo sobre la Cuenca Rio Cocorná y directos al Magdalena Medio entre los Ríos La Miel y Nare



Estaciones de Monitoreo de Calidad de Agua CUENCA RIO COCORNÁ SUR Y DIRECTOS AL MAGDALENA MEDIO ENTRE LOS RIOS LA MIEL Y NARE



CONVENCIONES

ESTACIONES DE CALIDAD

RIO CLARO-COCORNÁ SUR
 Tramo Único Rio Claro-Cocorná Sur
 1 Estación Puente Autopista (Altura de El Refugio)
 2 Estación Puente Ferrocaril

CAÑO BORNEIGO
 Tramo Único Corregimiento Jerusalén
 3 Antes de ARD de Corregimiento Jerusalén (Mpio de Sonson)
 4 Después de ARD de Corregimiento Jerusalén (Mpio de Sonson)

QUEBRADA LAS MERCEDES
 Tramo Único Corregimiento Las Mercedes
 5 Antes de ARD de Corregimiento Las Mercedes (Mpio de Puerto Triunfo)
 6 Después de ARD de Corregimiento Las Mercedes (Mpio de Puerto Triunfo)

CAÑO DORADAL
 Tramo Único Corregimiento Doradal
 7 Antes de ARD de Corregimiento Doradal (Mpio de Puerto Triunfo)
 8 Después de ARD de Corregimiento Doradal (Mpio de Puerto Triunfo)

RIO MAGDALENA
 Tramo Único Rio Magdalena
 9 Estación San Fernando
 10 Estación Puerto Perales

Cuenca Rio Cocorná Sur y
 Directos al Magdalena Medio
 Entre los Rios La Miel y Nare

SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema de coordenadas proyectadas: MAGNA_Colombia_Bogota
 Proyección: Transversa_Mercator
 Falso_Easting: 1000000.00000000
 Falso_Northing: 1000000.00000000
 Central_Meridian: -74.07750792
 Scale_Factor: 1.00000000
 Latitude_Of_Origin: 4.59620042
 Unidad Lineal: Meter

Sistema de coordenadas geográficas: GCS_MAGNA
 Datum: D_MAGNA
 Meridiano base: Greenwich
 Unidad Angular: Degree

ESCALA: 1:100,000



2.8.1 RIO CLARO -COCORNÁ SUR

2.8.1.1 Estación Puente Autopista

En la Figura 100, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Claro- Cocorná Sur, a la altura de la reserva del Cañón de Río Claro, El Refugio, sobre la Autopista Medellín- Bogotá. En este sitio de monitoreo ya se ha recibido aportes importantes de carga contaminante del sector productivo de la zona (acuícola y minero); además de aportes del sector turístico.

Figura 100. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el rio Claro- Cocorná Sur



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.1.2 Estación Ferrocarril

En la Figura 101, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Claro- Cocorná Sur, en puente vía férrea, aguas arriba de la descarga de la PTAR del Corregimiento Estación Cocorná del Municipio de Puerto Triunfo, en límites con el municipio de Puerto Nare; estación IDEAM (LG-23077020).

Figura 101. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el rio Claro- Cocorná Sur



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.2 CAÑO BORNIEGO

2.8.2.1 Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de Jerusalén

En la Figura 102, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el caño Borniego, antes de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Jerusalén.

Figura 102. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el caño Borniego

Antes de recibir
ARD del
Corregimiento de
Jerusalén



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.2.2 Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de Jerusalén

En la Figura 103, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el caño Borniego, después de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Jerusalén. Esta Quebrada finalmente desemboca en el Río Claro (Reserva del Río Claro a través de sistemas de cárcavas), que a su vez es afluente del Río Magdalena

Figura 103. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el caño Borniego

Después de recibir
ARD del
Corregimiento de
Jerusalén



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.3 QUEBRADA LAS MERCEDES

2.8.3.1 Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento Las Mercedes

En la Figura 104, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada Las Mercedes, antes de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Las Mercedes.

Figura 104. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Las Mercedes

Antes de recibir
ARD del
Corregimiento Las
Mercedes



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.3.2 Estación Después de recibir ARD del Corregimiento Las Mercedes

En la Figura 105, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada Las Mercedes, después de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Las Mercedes. Esta Quebrada finalmente desemboca en el Río Claro, que a su vez es afluente del Río Magdalena

Figura 105. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Las Mercedes

Después de recibir
ARD del
Corregimiento Las
Mercedes



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.4 QUEBRADA DORADAL

2.8.4.1 Estación Antes de recibir ARD del Corregimiento de Doradal

En la Figura 106, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada Doradal, antes de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Doradal.

Figura 106. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Doradal



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.4.2 Estación Después de recibir ARD del Corregimiento de Doradal

En la Figura 107, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre la quebrada Doradal, después de recibir las aguas residuales del Corregimiento de Doradal. Esta Quebrada finalmente desemboca a la quebrada Las Mercedes.

Figura 107. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre la quebrada Doradal



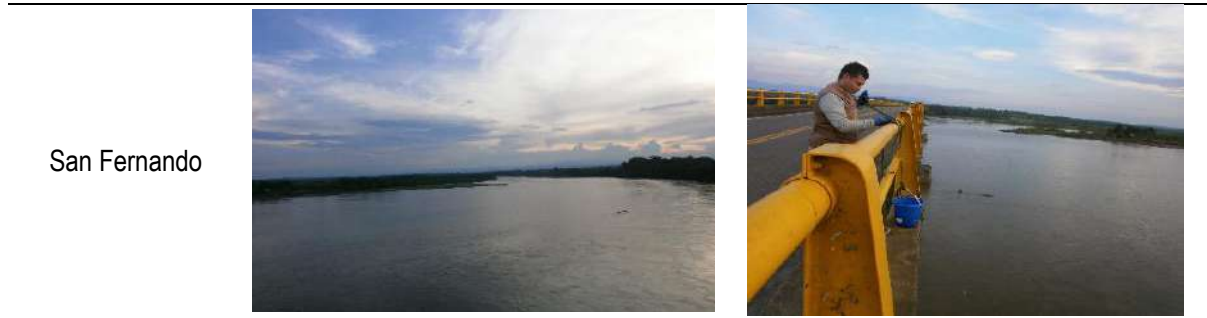
Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.5 RÍO MAGDALENA

2.8.5.1 Estación San Fernando

En la Figura 108, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Magdalena, aguas abajo del casco urbano del Municipio de Puerto Triunfo; estación IDEAM (LM-23077050-suspendida desde 2009).

Figura 108. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Magdalena



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.8.5.2 Estación Puerto Perales

En la Figura 109, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río Magdalena, aguas arriba de la descarga de la PTAR del Corregimiento Puerto Perales del Municipio de Puerto Triunfo.

Figura 109. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el río Magdalena



Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

2.9 CUENCA RÍO LA MIEL

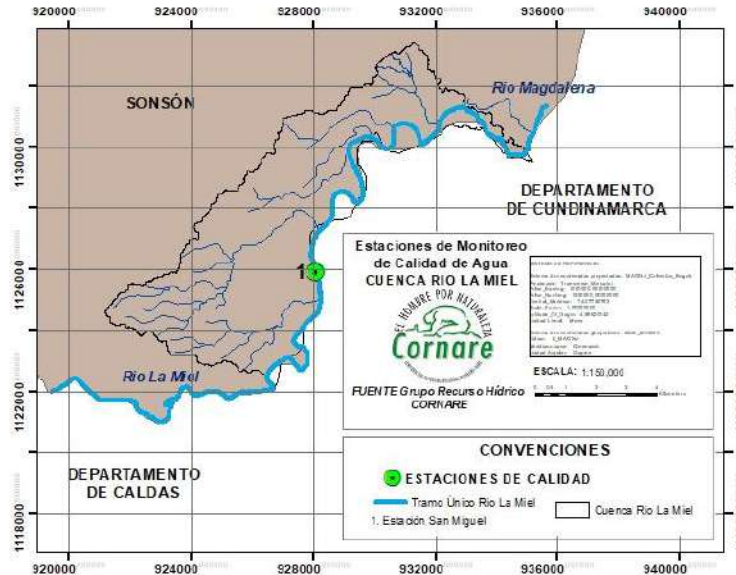
El área de cuenca perteneciente a la jurisdicción de Cornare corresponde a 193.51 ha de un área total de 113028.76 ha, hasta su desembocadura en el río Samaná Sur. A lo largo de su recorrido hasta la desembocadura al Samaná y luego éste al río Magdalena, las pendientes de La Miel varían de suaves a fuertes y muy fuertes.

La cuenca del La Miel tiene un área de 1.130,28 km² y según el POMCA vigente se encuentra en jurisdicción de ocho municipios: Sonsón, en el departamento de Antioquia y La Dorada, Victoria, Norcasia, Samaná, Pensilvania, Marquetalia y Manzanares en el departamento de Caldas.

Su principal afluente hídrico es el río la Miel, que nace en la cuchilla la Piconá Vereda El Jordán del Municipio de Pensilvania, con un cauce alterado por el embalse Amaní, de la central hidroeléctrica Miel I de ISAGEN, este embalse se encuentra en el municipio de Norcasia. Kilómetros más abajo del sitio de la presa sus aguas son retornadas a su cauce natural, siguiendo su recorrido hasta entregar sus aguas al Río Magdalena.

La Miel cuenta con numerosos afluentes pero su principal aportante es el Río Samaná Sur. A partir de esta unión la Miel aumenta considerablemente su caudal bañando los corregimientos de San Miguel corregimiento del Municipio de Sonsón y finalmente Buenavista corregimiento de La Dorada.⁷

Figura 110. Ubicación punto de monitoreo sobre la Cuenca Rio La Miel



2.9.1 RIO LA MIEL

2.9.1.1 Estación San Miguel

En la Figura 111, se presenta el registro fotográfico de la estación ubicada sobre el Río La Miel, en inmediaciones del Corregimiento de San Miguel del Municipio de Sonsón. El Río La Miel finalmente entrega sus aguas sobre el Río Magdalena, aproximadamente a 12 km de la estación hidrológica; estación IDEAM (LG-23057140).

Figura 111. Registro fotográfico estación de monitoreo sobre el rio La Miel



San Miguel

Fuente: Monitoreo de calidad-Grupo Recurso Hídrico

⁷ POMCA RIO LA MIEL, Plan de Ordenación y Manejo de la Cuenca Hidrográfica (CORPOCALDAS) en comisión conjunta con (CORNARE)

3. SEGUIMIENTO AL COMPONENTE PROGRAMÁTICO DEL PORH

El Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico jurisdicción de CORNARE, busca desarrollar programas, proyectos y actividades en un lapso de tiempo determinado, con miras a fortalecer los temas de demanda y oferta hídrica, mejorar la estructura de los monitoreos de calidad del agua, disminuir las condiciones de riesgo por desabastecimiento y generar canales de comunicación entre los actores vinculados, con la finalidad de reforzar el fortalecimiento institucional y la gobernabilidad.

Dicho componente programático buscó una articulación entre líneas estratégicas, proyectos y actividades, de tal forma que sean tangibles en el tiempo, y sirvan como hoja de ruta hacia donde deben apuntar las acciones que desarrolle cada una de las instituciones ambientales y usuarios que intervienen en la gestión del recurso hídrico.

Tabla 1. Avance del cronograma programático del PORH correspondiente al año 2018

LÍNEA ESTRATÉGICA	PROGRAMA	PROYECTO DEL CORTO PLAZO (2017-2018)	% AVANCE EN 2018
1. Gestión de la oferta	1. Planificación	1. Calibración y ajuste de las estaciones de calidad y cantidad de las corrientes pertenecientes a la cuenca del Río Negro.	100
2. Gestión de la demanda	3. Reglamentación del recurso Hídrico	2. Priorización y selección de corrientes por afectación en calidad del recurso para proceso de reglamentación de vertimientos	50 (diagnóstico)
	4. Ahorro y uso eficiente del agua	3. Diseño e implementación de la estrategia "Huella Azul", como un instrumento de difusión sobre la cultura del ahorro y uso eficiente en el marco de las políticas de educación ambiental promulgada por la autoridad ambiental competente CORNARE	100
3. Gestión de la calidad	6. Monitoreo de calidad y cantidad sobre las corrientes jurisdicción de CORNARE	1. Ejecución de las campañas de monitoreo en época de aguas bajas y aguas altas para continuar con los controles de calidad y cantidad del agua en las corrientes principales de las cuencas de jurisdicción de CORNARE	100
		2. Ejecución de una campaña en época crítica de aguas bajas con el objetivo de evaluar los objetivos de calidad propuesto y aplicar un modelo de simulación de calidad del agua	100
4. Gestión del riesgo	7. Gestión del riesgo	1. Consolidación de un sistema de información de gestión del riesgo por desabastecimiento hídrico, para generar una línea base de referencia sobre aquellas fuentes que sean reportadas con presión sobre el recurso	40
5. Fortalecimiento Institucional	8. Fortalecimiento Institucional/ Gobernabilidad	1. Elaboración de un informe de gestión anual en el que se presenten los avances luego de la implementación del PORH	100

Fuente: Cornare Grupo de Recurso Hídrico

A continuación, se realizará una revisión detallada al avance que se obtuvo en el año 2018, respecto a la ejecución de los diferentes programas y proyectos formulados en el PORH, los cuales fueron proyectados para ser ejecutados en un período del corto plazo (2017-2018).



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

3.1 LÍNEA ESTRATÉGICA: GESTIÓN DE LA OFERTA

La línea estratégica **GESTIÓN DE LA OFERTA**, se encuentra estructurada para dar respuesta a las carencias identificadas en términos de la cuantificación de los caudales que transitan por la corriente principal, así mismo propende por la conservación ecológica a través de la recuperación de las rondas hídricas y nacimientos, que contribuirían al sostenimiento del caudal base.

Por otro lado, proporciona herramientas metodológicas para la realización de estudios del componente hidrogeológico, debido al impacto que este tipo de fuentes tiene en la zona.

3.1.1 PROGRAMA 1: Planificación

Este programa se encuentra encaminado a fortalecer la red de monitoreo de cantidad y calidad existente en la jurisdicción de CORNARE principalmente sobre el Río Negro; definió en el corto plazo la ejecución del Proyecto “Calibración y ajuste de las estaciones de calidad y cantidad de las corrientes pertenecientes a la cuenca del Río Negro”.

En continuidad con las acciones de evaluación, realizadas durante el año 2017, de los instrumentos de medida dispuestos sobre las corrientes principales objeto de ordenamiento, en el año 2018, mediante Contrato de prestación de Servicios 167-2018, cuyo objeto correspondió: **“Realizar mantenimiento preventivo y correctivo a las 32 estaciones Limnimétricas que conforman la red hidrológica propiedad de la corporación con el fin de garantizar la confiabilidad de la información obtenida de su operación”**, la firma -HIMAT-LU Colombia S.A.S, desarrolló las siguientes actividades en el marco de dicho contrato:

- a. VERIFICACIÓN DEL ESTADO DE LA ESTACIÓN EN LA TOTALIDAD DE LAS ESTACIONES: se revisó la verticalidad, firmeza del anclaje, estado de las reglas, listones de madera, rieles y numeración.
- b. LIMPIEZA Y DESMALEZADA EN LA TOTALIDAD DE LOS SITIOS DONDE SE UBICAN LAS ESTACIONES: se efectuó en un tramo de 50 metros, en un ancho de mínimo 1 metro, aguas arriba y abajo de la margen de la quebrada donde está ubicada la estación la limpieza, rocería y disposición adecuada de la vegetación, basuras o escombros producto de la limpieza realizada, de tal forma que no alteraran la condición natural del flujo, adicionalmente se retiraron las barras de sedimentos existentes en el cauce de la fuente dentro de dicho tramo.
- c. LIMPIEZA DE LA TOTALIDAD DE LAS ESTACIONES: se lavó el riel, el listón y la regla con agua, para que fuera posible tomar el dato de lectura de la mira, de aquellas estaciones que no requirieron cambio.
- d. PINTURA: se pintó la totalidad de las estaciones con pintura a base de aceite color verde esmeralda, mínimo con dos manos de pintura (Para el riel, el listón); el riel por ser metálico ameritó una capa previa de pintura anticorrosiva.
- e. SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE VALLAS: se diseñó, se suministró y se instaló las vallas de identificación de cada una de las estaciones Limnimétricas, con la siguiente información:

- Logo Cornare
- Nombre de la estación
- Código Estación
- Tipo de Estación
- Nombre de Fuente
- Nombre de la Cuenca Nivel Subsiguiente 3 (NSS3)
- Coordenadas
- Información Corporativa: Correo electrónico, teléfono
- Frase educativa en torno al recurso hídrico

- f. **TOPOGRAFÍA:** se realizó el Levantamiento de la Sección Transversal, lo más cerca posible a la ubicación de cada estación Limnimétrica.
- g. **AFORO ESTACIONES LIMNIMÉTRICAS:** se realizó el aforo con molinete o perfiladores de corrientes, en los sitios donde están instaladas las 32 estaciones hidrométricas y donde se levantó la respectiva sección transversal; de acuerdo con los procedimientos normalizados dentro del Sistema Integral Corporativo en el instructivo I-MA-19 Medición de caudales.
- h. **GEORREFERENCIACION DE LA UBICACIÓN DE LAS ESTACIONES HIDROMETRICAS:** se tomó la localización geográfica para cada uno de los sitios de ubicación de las estaciones con GPS, bajo el Datum oficial para Colombia (Sistema Magna Sirgas).
- i. **MAPAS Y RUTAS DE ACCESOS A LAS ESTACIONES:** se entregó a la Corporación mapas con las rutas de acceso a cada una de las estaciones (Croquis y/o rutas de ubicación de la estación).

La inversión realizada por la Corporación fue de \$ 56.870.098 pesos. En las Figuras 112, 113, 114 y 115 se apoya con evidencias fotográficas, la ejecución de dicho contrato.

Figura 112. Registro fotográfico evidencias contrato de prestación de servicios 167-2018

Mantenimiento preventivo, Estación Montenevado



Fuente: Informe final de supervisión - Grupo Recurso Hídrico



3.2 LÍNEA ESTRATÉGICA: GESTIÓN DE LA DEMANDA

La línea estratégica **GESTIÓN DE LA DEMANDA**, está centrada en fortalecer los instrumentos existentes de identificación de usuarios del recurso hídrico de la jurisdicción de CORNARE y regular los volúmenes de agua concesionados y vertidos.

Así mismo la gestión de la demanda, busca articularse a los PSMV y los Planes de ahorro y uso eficiente del agua, los cuales tienen dos propósitos, el primero, optimización de los sistemas de potabilización, así como el tratamiento de agua residual y el segundo, va ligado a la promoción de campañas de ahorro y uso eficiente del agua.

3.2.1. PROGRAMA 3. Reglamentación del Recurso Hídrico

CORNARE, cuenta con una base estructurada del universo de usuarios, condición que permite la gestión del recurso hídrico en términos de la demanda, no obstante, se identificaron corrientes que presentan presión por el recurso tanto por demanda hídrica como por calidad, enmarcados en la etapa de formulación del PORH.

Algunas de las fuentes hídricas identificadas por presión sobre el recurso fueron, el río Piedras (Cuenca del Río Arma) y la Quebrada Las Mercedes (Cuenca Cocorná Sur y Directos al Magdalena entre los Ríos La Miel y Nare). Adicionalmente se identificaron sectores críticos por calidad, tales como el tramo 13 sobre la Quebrada La Mosca y el tramo 4 en el Río Negro, donde hay una fuerte presencia de vertimientos que afectan las condiciones fisicoquímicas y organolépticas del cuerpo receptor.

De manera adicional, en el marco del POMCA de la cuenca del Río Negro, se identificaron diferentes subcuencas con un conflicto alto por el uso del recurso hídrico, en las que se relacionaron el Índice de Uso del Agua-IUA y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua-IACAL, recomendándose para éstas la reglamentación de vertimientos, entre las que se encuentra la microcuenca de la Quebrada San Antonio-El Pueblo, que es afluente del tramo 4 de la Cuenca del Río Negro.

Por lo anterior, en el año 2018, se suscribió Memorando de Entendimiento 21340006-025-2018 entre la Universidad de Antioquia y Cornare, cuyo objeto consistió en *"Aunar esfuerzos entre CORNARE y LA UNIVERSIDAD, para ejecutar el Diagnóstico de la Calidad del Recurso Hídrico en la Microcuenca de la Quebrada San Antonio-El Pueblo, jurisdicción del Municipio de Rionegro, con el propósito de avanzar en la propuesta de reglamentación de vertimientos de esta fuente hídrica superficial, fortalecer habilidades de trabajo en campo de los estudiantes del semillero, apoyar trabajos de grado que usarán la información cartográfica, bases de datos de usuarios del recurso hídrico que posee la entidad y la información de calidad de agua histórica y la generada en ejecución de actividades de monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico"*.

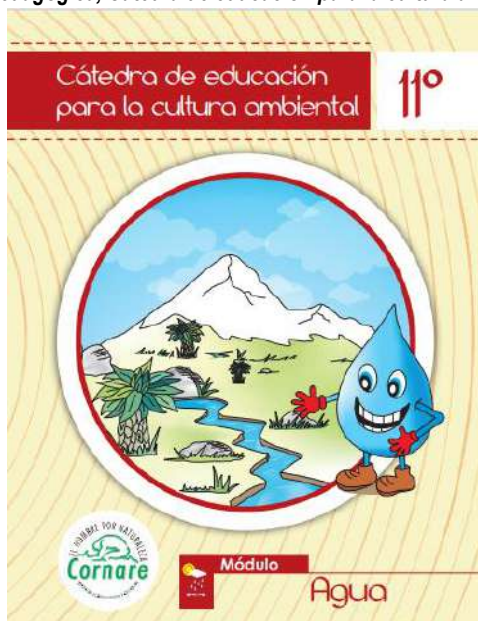
En el marco de dicho memorando, el producto entregado por la academia correspondió al trabajo de grado del estudiante Daniel Jaramillo, titulado **"ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS TÉCNICOS PARA REGLAMENTACIÓN DE UNA CORRIENTE POR USO DEL AGUA Y VERTIMIENTOS, CASO CUENCA SAN ANTONIO - MUNICIPIO DE RIONEGRO"**; en cuyo documento se realiza un diagnóstico de la situación de oferta, demanda y calidad de la Quebrada San Antonio – El Pueblo, localizada en el Municipio de Rionegro, y el cual se anexa al presente informe para conocimiento y consulta externa.

3.2.2. PROGRAMA 4. Ahorro y Uso Eficiente del Agua

Este programa apunta al desarrollo de estrategias que permitan a las comunidades hacer un uso y ahorro eficiente del agua, vinculada a las actividades de educación ambiental que promulga CORNARE, con este programa se busca un acercamiento entre la empresa privada, la comunidad en general y a las ESP de los municipios.

En el marco de las políticas de educación ambiental promulgada por la Corporación, se incorporó desde el año 2018, como programa de educación ambiental Corporativo, la cátedra de educación para la cultura ambiental, dirigido principalmente a los estudiantes de todas las instituciones educativas de la jurisdicción, mediante la elaboración y difusión de cartillas pedagógicas e ilustradas, en las que se incluyó el módulo de recurso hídrico; y cuya información se encuentra disponible en la página web de Cornare, en el siguiente link: [Catedra Ambiental Módulo Agua – CORNARE](#)

Figura 116. Cartilla pedagógica, Cátedra de educación para la cultura ambiental, módulo Agua



Fuente: Cornare Grupo Crecimiento Verde

3.3 LÍNEA ESTRATÉGICA: GESTIÓN DE LA CALIDAD

La línea estratégica **GESTION DE LA CALIDAD**, tiene por esencia consolidar la red de monitoreo de las fuentes de la jurisdicción de CORNARE, con el fin de evaluar en el tiempo la calidad fisicoquímica e hidrobiológica.

A través del desarrollo de los programas y proyectos articulados a esta línea, se pudo evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad con miras al sostenimiento de los usos del agua actuales y proyectados, que fueron planteados en el PORH.



3.3.1 PROGRAMA 6. Monitoreo de calidad y cantidad sobre las corrientes de la jurisdicción de CORNARE

Este programa busca dar continuidad al proceso adelantado por la Corporación respecto a las campañas de monitoreo que se realiza para la corriente del Río Negro y las cuencas restantes jurisdicción de la Corporación.

Dentro del programa se ejecutan dos proyectos, el primero asociado a la **“ejecución de las campañas de monitoreo en época de aguas bajas y aguas altas para continuar con los controles de calidad y cantidad del agua en las corrientes principales de las cuencas de jurisdicción de CORNARE”**, las cuales se ejecutaron en la Cuenca del Río Negro en los meses de febrero, junio y diciembre y para las otras cuencas un monitoreo durante el año 2018.

Y el segundo proyecto asociado a la **“Ejecución de una campaña en época crítica de aguas bajas con el objetivo de evaluar los objetivos de calidad propuestos y aplicar un modelo de simulación de calidad del agua”**. Para ello, se realiza la evaluación del cumplimiento de los objetivos de calidad para cada tramo objeto de ordenamiento, con el fin de determinar el cumplimiento de los criterios de calidad para los diferentes usos a que está destinado el recurso hídrico. Igualmente, para la campaña de monitoreo realizada en el mes de febrero del año 2018, definido como el periodo más crítico, se ejecuta el modelo de simulación de calidad del agua a través del SICA – Sistema Integrado de Calidad de Agua - Jurisdicción Cornare, con la finalidad de apoyar el seguimiento y control del presente proceso de gestión de la calidad del agua.

3.3.1.1 Calificación de la calidad del recurso hídrico, mediante el uso del Índice de Calidad del Agua-ICA fa

El índice de calidad de agua ICAfa, es de gran utilidad para el seguimiento de la calidad en cualquier cuerpo de agua, toda vez que permite evidenciar cuales fuentes hídricas pueden afectar en mayor grado la calidad del agua, y de esta manera como autoridad ambiental, emprender las acciones necesarias para mejorar las condiciones del respectivo cuerpo de agua.

Para establecer la calidad de las fuentes hídricas superficiales (cuerpos lóticos), se halla mediante el Índice de Calidad del Agua-ICA, el cual se presenta como indicador del estado o Índice agregado de la Calidad del Agua-ICA, de acuerdo con la metodología propuesta por el laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM, al cual se le realizaron unas mejoras, adaptando el modelo a las condiciones propias de la región Cornare. Para la obtención de este índice se tienen en cuenta los parámetros pH, DBO₅, SST, Conductividad, % Saturación de oxígeno disuelto, *E. coli* y Fosforo total (éste último sólo en la cuenca del Río Negro), mediante los siguientes pesos o ponderaciones:

Tabla 2. Ponderación de acuerdo con las condiciones propias de la Región Cornare

PARÁMETRO (físicoquímico y bacteriológico)	CUENCA RÍO NEGRO (Peso de importancia %)	OTRAS CUENCAS (Peso de importancia %)
% SATURACIÓN DE OXÍGENO	26	30
E. COLI	18	18
DBO ₅	15	17
SST	15	15

PARÁMETRO (físicoquímico y bacteriológico)	CUENCA RÍO NEGRO (Peso de importancia %)	OTRAS CUENCAS (Peso de importancia %)
CONDUCTIVIDAD	8	12
PH	6	8
FÓSFORO TOTAL	12	-
Total, Porcentaje	100	100

Fuente: Cornare Grupo de Recurso Hídrico

Una vez se realizan los cálculos y ponderaciones matemáticas de cada variable, se obtiene un factor numérico que se encuentra en un rango entre 0 a 1, el cual clasifica la calidad ambiental del ecosistema acuático de acuerdo con un criterio cualitativo de valoración. La clasificación y criterio cualitativo son descritos en la tabla 3.

Tabla 3. Descriptores y rangos de variación el ICAfa

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy malo	0 – 0.25	Rojo
Malo	0.26 – 0.50	Naranja
Medio	0.51 – 0.70	Amarillo
Bueno	0.71 – 0.90	Verde
Excelente	0.91 – 1.00	Azul

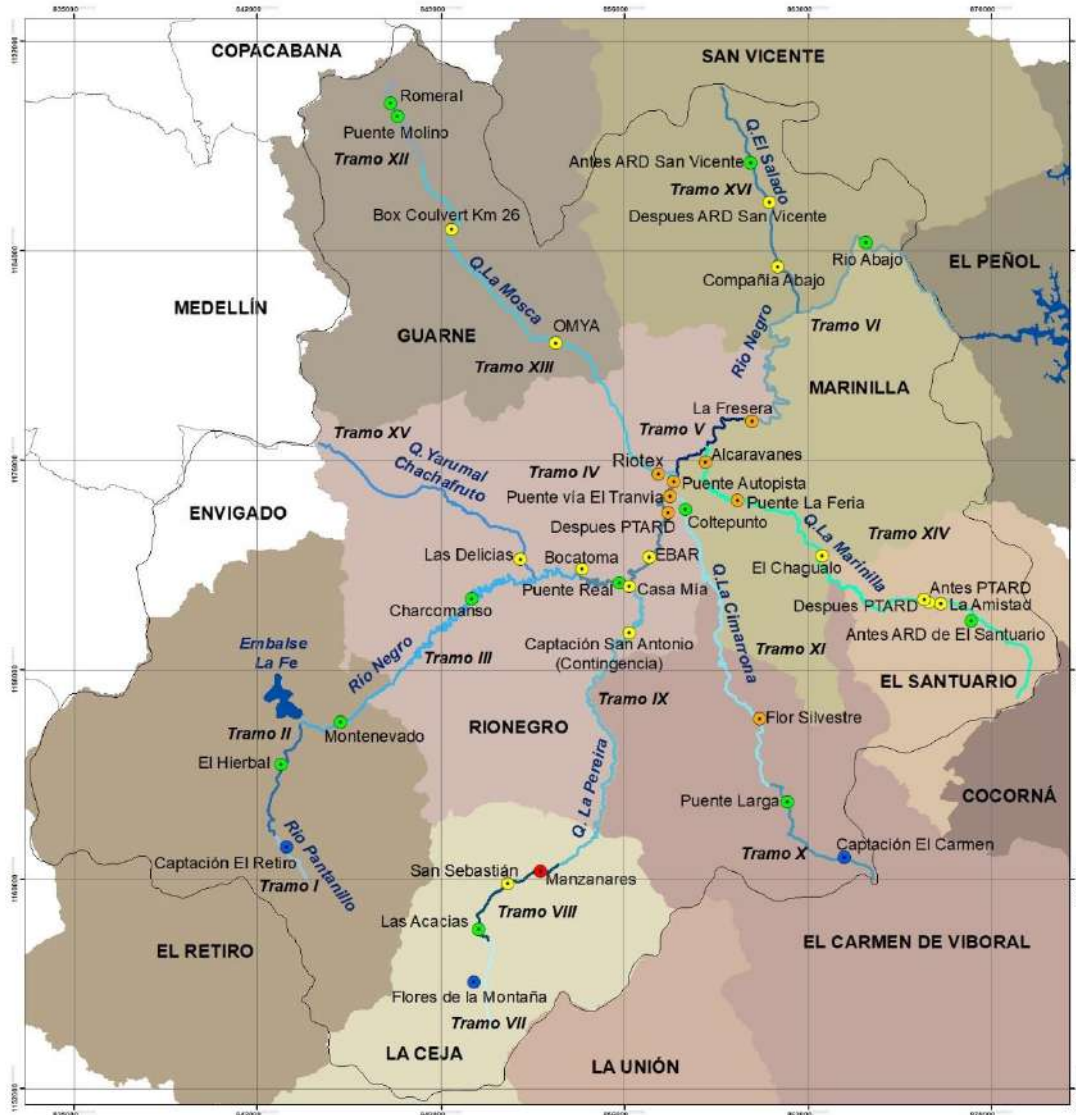
Fuente (Cadavid; Echeverri y Gómez, 2010)

A continuación, se presentan los resultados de evaluación del índice de calidad físicoquímico, para cada tramo ordenado en la Resolución Corporativa No. 112-5304 del 26 de octubre de 2016; los cuales se pueden visualizar en los siguientes mapas de calidad, según la correspondiente cuenca hidrográfica de la jurisdicción de Cornare, considerando para la cuenca del Río Negro el monitoreo del mes de febrero y para las demás cuencas el monitoreo realizado durante el año 2018.

En la Figura 117, se presenta la calidad del **RÍO NEGRO Y SUS AFLUENTES PRINCIPALES**, la cual permite observar cómo los índices de calidad de agua disminuyen conforme aumenta la proximidad a las cabeceras urbanas, pasando de buena a una calidad entre media y mala, debido principalmente al incremento de la población, falta de cobertura total de las redes de alcantarillado y mayor eficiencias de remoción en las PTAR, que garanticen un cumplimiento de la normatividad ambiental vigente en materia de vertimientos, así como al desarrollo de actividades antrópicas en las márgenes del río y sus quebradas afluentes.

Las mejores condiciones en la calidad del agua en el Río Negro se presentan en el tramo comprendido entre las estaciones Captación en el Municipio de El Retiro y Puente Antes EBAR en el Municipio de Rionegro, las cuales presentaron una clasificación entre MEDIA y BUENA durante el periodo de monitoreo.

Figura 117. ICAfa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Rio negro



**Índice de Calidad Físico -Químico
ICAfa Cuenca Rio Negro
Muestreo 19/20 de Febrero de 2018**



FUENTE
Grupo Recurso Hídrico
CORNARE

CONVENCIONES

□ Cuenca Rio Negro

Municipios

- COCORNÁ
- EL CARMEN DE VIBORAL
- GUARNE
- LA CEJA
- LA UNIÓN
- MARINILLA
- EL PEÑOL
- EL RETIRO
- RIONEGRO
- SAN VICENTE
- EL SANTUARIO

Estaciones/Calidad

- Excelente
- Bueno
- Medio
- Malo
- Muy Malo

SISTEMA DE REFERENCIA

Sistema de coordenadas proyectadas: MAGNA_Colombia_Bogota
 Proyección: Transversa Mercator
 False_Easting: 1000000.00000000
 False_Northing: 1000000.00000000
 Central_Meridian: -74.07750792
 Scale_Factor: 1.00000000
 Latitude_Of_Origin: 4.59620042
 Unidad Lineal: Meters

Sistema de coordenadas geográficas: GCS_MAGNA
 Datum: D_MAGNA
 Meridiano base: Greenwich
 Unidad Angular: Degree

ESCALA: 1:100,000



Por su parte, el tramo del río Negro comprendido entre las estaciones después de la descarga de PTARD y La Fresera presenta una MALA calidad del agua. Cabe destacar que son las estaciones de monitoreo en las cuales los niveles de oxígeno disuelto son más bajos, como efecto de la acumulación de la carga contaminante. Asimismo, la mala calidad del agua está asociada al aporte de carga contaminante desde otras subcuencas que impactan desde la estación Puente antes EBAR, como son la quebrada La Pereira, La Cimarrona, La Mosca y La Marinilla, además de las descargas de aguas residuales del Municipio de Rionegro.

Al respecto, y considerando que uno de los aportes de carga contaminante más representativos sobre el río Negro, corresponden a la descarga del Municipio de Rionegro, es importante señalar, que a través de la Resolución No. 112-2105 del 10 de mayo de 2017, se modificó el Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos-PSMV de este municipio, y se aprobó un cronograma de actividades para el periodo 2017 -2021, en el cual se incluye el desarrollo de los proyectos de recolección, transporte y tratamiento “Modernización y expansión EBAR y PTAR”, con el objetivo de minimizar los impactos negativos sobre el río Negro y proyectarse al cumplimiento de los objetivos de calidad del tramo ordenado.

Finalmente, se encuentra la estación Río Abajo, en la cual se hace evidente la recuperación de la calidad del agua, presentando en general una calidad BUENA. Esta recuperación se puede atribuir primero, a fenómenos de dilución y dispersión longitudinal, dado que la capacidad de auto regeneración de un río depende en primera instancia de aspectos como el caudal, que permitirá diluir el vertido y facilitar su posterior degradación, y la turbulencia del agua, que aporta oxígeno al medio, favoreciendo la actividad microbiana. Segundo, a fenómenos de reacción, el cual dependerá en gran medida de la naturaleza y tamaño del vertido que se haya producido a lo largo del tramo, los cuales en este punto del río son mucho menores, debido a la disminución de la densidad poblacional y a la vocación rural, en la cual se desarrollan actividades de menor impacto sobre el recurso hídrico.

Respecto a la calidad del agua de la Quebrada La Pereira presenta la misma tendencia, las mejores condiciones en la calidad del agua se han venido presentando en el tramo inicial de la cuenca, comprendido entre las estaciones Flores de la Montaña y San Sebastián, que presentaron una clasificación entre MEDIA y BUENA. Por su parte la quebrada se deteriora en la estación Manzanares, debido a la descarga del sistema de tratamiento de aguas residuales por parte del Municipio de La Ceja, que actualmente tiene en curso los proyectos de optimización de la PTAR, con el fin de reducir los impactos asociados a este vertimiento.

Finalmente, se encuentra la estación Captación San Antonio y Casa Mía al cierre de la cuenca, en la cual se hace evidente una recuperación en la calidad del agua, presentando una clasificación de MEDIA.

Para la Quebrada La Cimarrona, las mejores condiciones en la calidad del agua se han venido presentando en la estación de la Captación y Puente Larga, que presenta una clasificación EXCELENTE y BUENA, respectivamente, durante el periodo de monitoreo.

Por su parte, la estación Flor Silvestre, presentó una calidad MALA, a cuya estación se le asocian los niveles de oxígeno disuelto más bajos, como efecto de la acumulación de la carga contaminante, que aporta la descarga de la PTARD del municipio del Carmen de Viboral. A pesar de que la estación Coltepunto presenta una BUENA calidad, producto de la auto regeneración de la quebrada, al cierre de la cuenca la estación Puente vía el Travía presentó una MALA calidad del agua, dado que ésta quebrada antes de su desembocadura en el río



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

Negro, recibe aportes importantes de carga contaminante, atribuida al sector productivo textilero y dos centros poblados, que se ubican entre los Municipios de Marinilla y Rionegro.

Al observar la calidad del agua de la Quebrada La Mosca se presenta la misma tendencia, las mejores condiciones en la calidad del agua se han venido exhibiendo en las estaciones cabecera de Romeral y Puente Molino, que presentan una clasificación BUENA.

El tramo de la quebrada comprendido entre las estaciones Box Couvert, la cual se encuentra después de la descarga de la PTARD del Municipio de Guarne; OMYA y finalmente Riotex, estación ubicada antes de la desembocadura en el río Negro, presentaron una calidad MEDIA y MALA del agua, respectivamente, concentrándose su estado más crítico en la estación Riotex, como efecto de la acumulación de la carga contaminante aportada por gran parte del sector industrial de la región Cornare, como del sector urbano doméstico ubicado entre los municipios de Guarne y Rionegro.

Respecto a la calidad del agua de la Quebrada La Marinilla, las mejores condiciones se han presentado en la estación inicial del tramo, Antes de recibir las ARD del municipio de El Santuario, que presenta una BUENA calidad. Para las siguientes estaciones su calidad varía entre MEDIA y MALA, teniendo en cuenta que es la fuente receptora de la descarga de las PTARD Municipales de El Santuario y Marinilla; así como el Municipio de Marinilla no cuenta con total cobertura del sistema de alcantarillado, por lo que al cruzar su casco urbano, la quebrada recibe agua residual sin tratamiento.

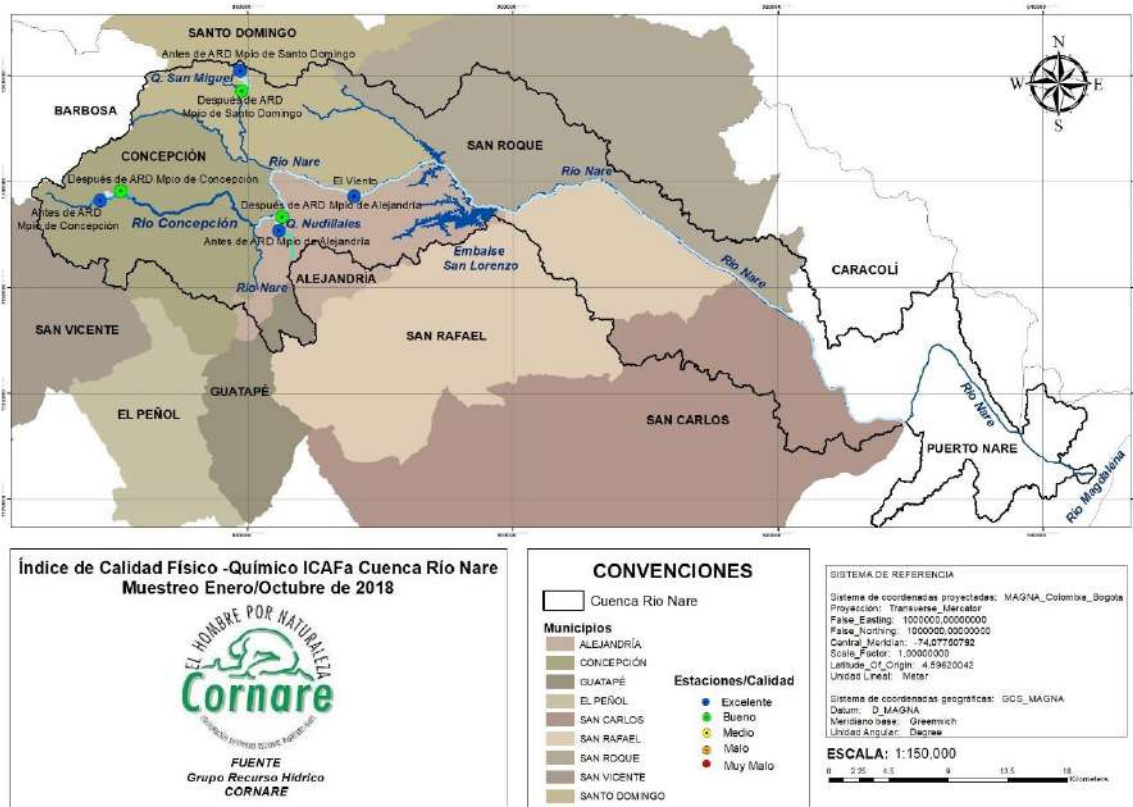
De acuerdo con la figura 115, la calidad del agua de la Quebrada Yarumal-Chachafruto presenta una clasificación MEDIA que se asocia a la acumulación de carga contaminante por las descargas de aguas residuales domésticas y no domésticos, principalmente por parte de los centros poblados como de las empresas canteras Yarumal y la Aerocivil.

Para la Quebrada El Salado se presentó una BUENA calidad del agua en la estación Antes de recibir las ARD del Municipio de San Vicente, pasando a una calidad MEDIA en las dos estaciones siguientes donde se presentó temporadas de baja precipitación, lo que disminuye los fenómenos de dilución y asimilación de contaminantes. Además, es de tener en cuenta que la Planta de tratamiento municipal, se encuentra en etapa de arranque y estabilización, y cuya operación comenzó a finales del año 2018.

En la **CUENCA DEL RÍO NARE**, como se observa en la Figura 118, se encuentran distribuidas siete estaciones de monitoreo, para cada una se calculó el índice de calidad de agua (ICA) con base en parámetros fisicoquímicos y microbiológicos obtenidos en cada uno de los puntos ubicados en la Quebrada San Miguel del municipio de Santo Domingo, Río Concepción en el Municipio de Concepción, Quebrada Nudillales en el Municipio de Alejandría y en el Río Nare.

De acuerdo con esta figura se puede observar que debido a la buena capacidad de autorrecuperación y de asimilación de contaminantes de estas fuentes hídricas su calificación según el índice de calidad de agua (ICA) calculado resultó entre EXCELENTE y BUENO en las siete estaciones monitoreadas, haciéndose evidente el trabajo de saneamiento municipal que se adelanta en estos municipios.

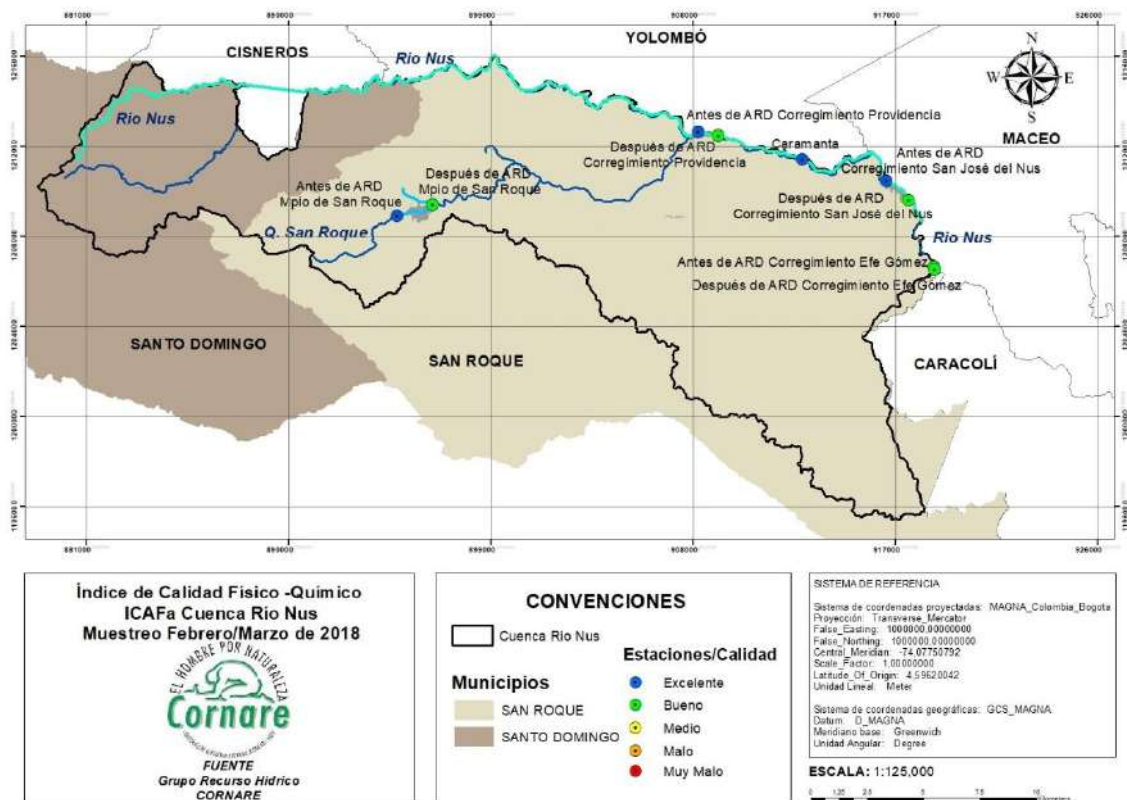
Figura 118. ICAfa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Rio Nare



En la **CUENCA EMBALSE Y RÍO GUATAPÉ** se encuentran distribuidas siete estaciones de monitoreo, como se observa en la Figura 119, para cada una se calculó el ICA con base en la metodología propuesta por el IDEAM y ajustada por Cornare.

Se puede apreciar que el resultado del Índice de Calidad del Agua ICA fue EXCELENTE y BUENO, para todas las estaciones; ya que, en términos generales, las fuentes hídricas que hacen parte de la cuenca Embalse y Río Guatapé presentan buenas condiciones sanitarias, a pesar de los vertimientos de AR, lo anterior puede estar asociado al tratamiento de las aguas residuales en las PTAR, como con los altos caudales y las condiciones hidráulicas de los cauces, las cuales favorecen la dilución de contaminantes y la transferencia de oxígeno.

Figura 120. ICAFa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Rio Nus



En la **CUENCA DEL RÍO SAMANÁ NORTE** se encuentran distribuidas trece estaciones de monitoreo, como se muestra en la Figura 121. Respecto a la calidad de agua de las Quebradas Santa Bárbara, La Tripa, Cascajo, Zapote y La Granja, ubicadas en los Municipios de Granada, San Francisco y Cocorná, respectivamente, se presenta la misma tendencia, las mejores condiciones en la calidad del agua se han venido observando en el tramo inicial antes de recibir las aguas residuales del respectivo Municipio.

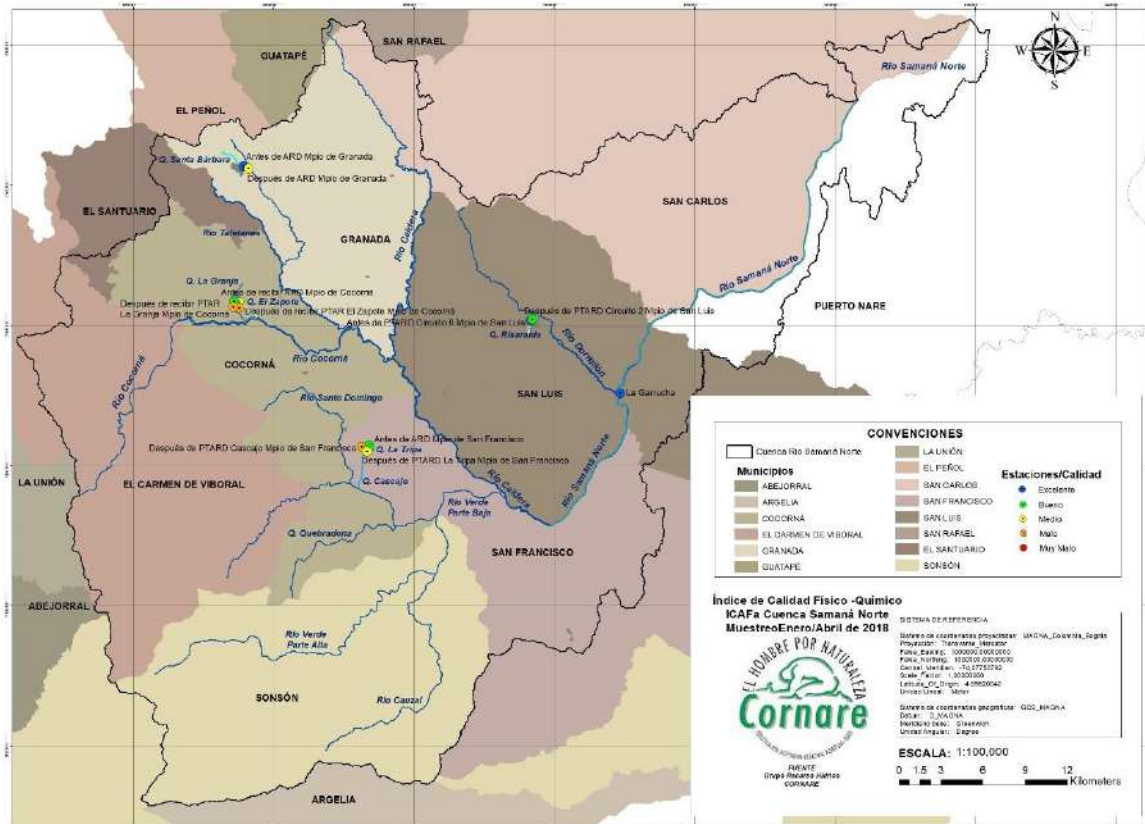
Luego, la quebrada se deteriora presentando una calidad entre **MEDIA** y **MALA** en la estación: Después de recibir las aguas residuales, debido a la descarga del sistema de tratamiento por parte de cada Municipio, en las cuales los niveles de oxígeno disuelto son más bajos, como efecto de la acumulación de la carga contaminante y aumento considerable de las concentraciones de *E.Coli* y materia orgánica.

Respecto a la calidad de agua de las estaciones ubicadas en el Municipio de San Luís, reportan una **EXCELENTE** y **BUENA** calidad ya que, en términos generales, estas fuentes hídricas presentan buenas condiciones sanitarias, a pesar de los vertimientos de agua residual, asociadas principalmente con los altos caudales y las condiciones hidráulicas, las cuales favorecen la dilución de contaminantes y la transferencia de oxígeno

De lo anterior se concluye que las descargas de agua residual sobre los diferentes cuerpos de agua que hacen parte de la cuenca del Río Samaná Norte, generan un impacto significativo en la calidad de los cuerpos

receptores pequeños, es decir, con caudales considerablemente bajos, siendo los parámetros Coliformes Fecales, DBO₅ y Oxígeno Disuelto, los que mayor influencia presentan en los resultados.

Figura 121. ICAFa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Río Samaná Norte



En la Figura 122 se presentan los resultados de calidad del agua calculados para las fuentes hídricas que hacen parte de la **CUENCA DEL RÍO SAMANÁ SUR**.

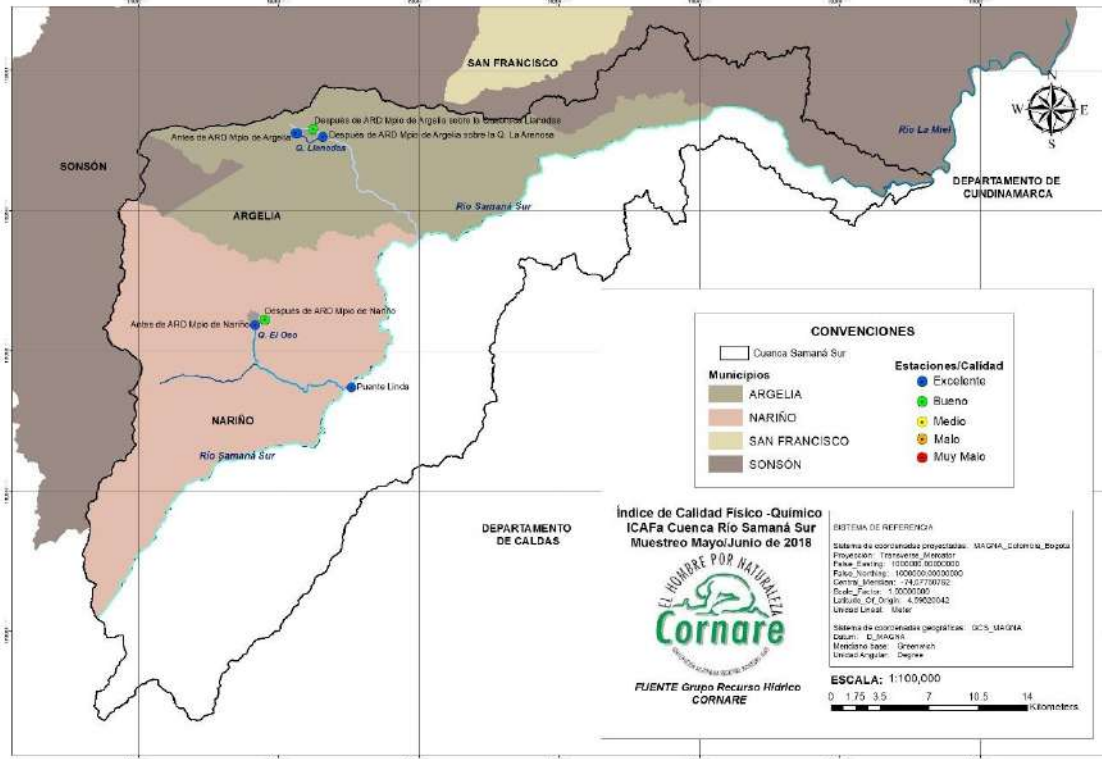
En la quebrada El Oso se presentó calidad EXCELENTE y BUENA, en las estaciones ubicadas antes y después de recibir el ARD del municipio de Nariño.

Para las Quebradas La Arenosa y Llanadas en el Municipio de Argelia de María, se asocia una EXCELENTE y BUENA calidad en las cuatro estaciones de monitoreo, ubicadas antes y después del casco urbano del Municipio.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores, es importante resaltar las acciones adelantadas por la Corporación, respecto al saneamiento y la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales en ambos municipios.

El Río Samaná Sur presenta buenas condiciones sanitarias, asociándose una BUENA calidad debido principalmente a los altos caudales y las condiciones hidráulicas, las cuales favorecen la dilución de contaminantes y la transferencia de oxígeno

Figura 122. ICAFa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Río Samaná Sur



En la Figura 123 se presentan los resultados de calidad del agua calculados para las fuentes hídricas que hacen parte de la **CUENCA DEL RÍO ARMA**.

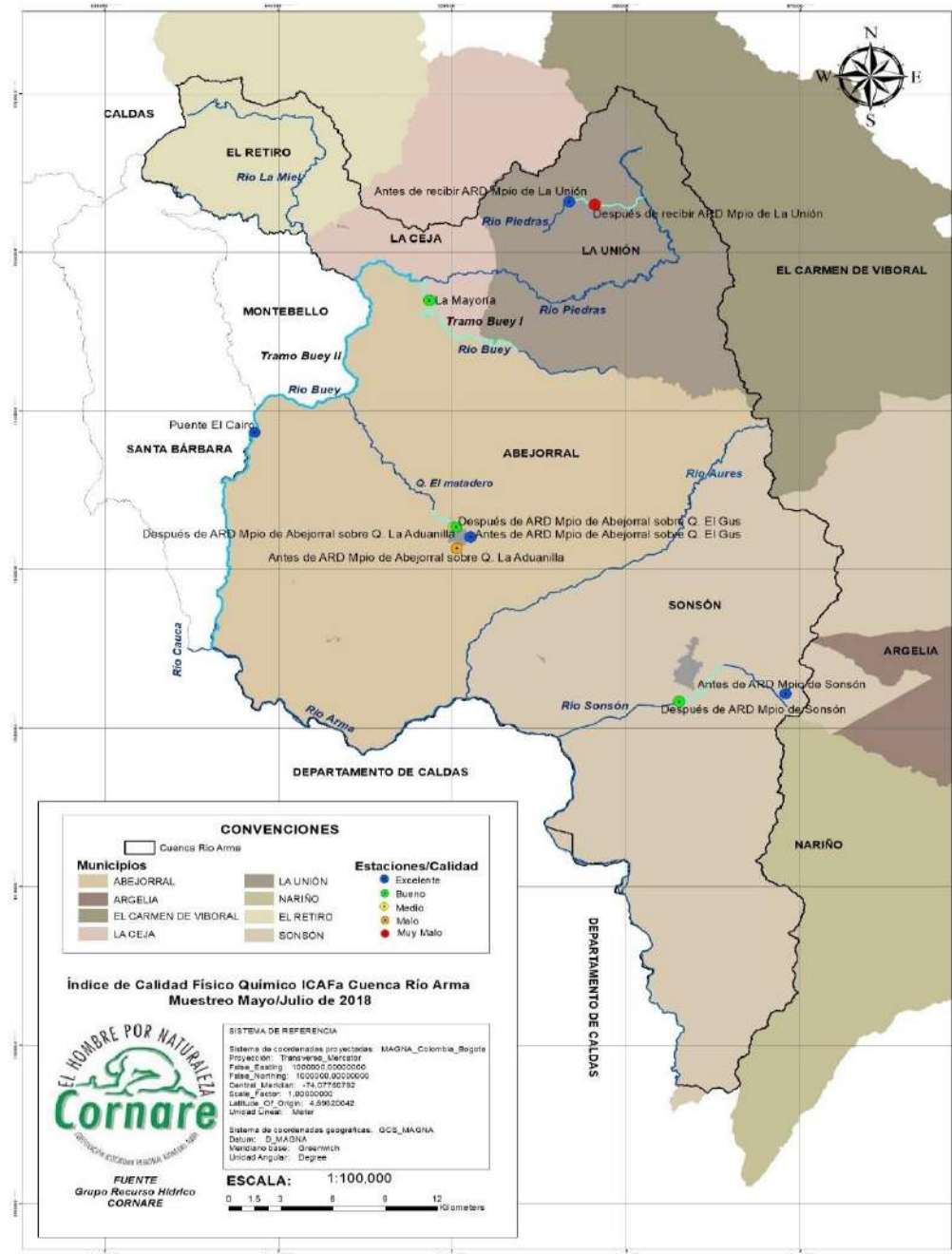
Respecto a la calidad del agua del Río Piedras y Las Quebradas El Gus y La Aduanilla, las mejores condiciones con una BUENA calidad, se han presentado en la estación inicial del tramo, antes de recibir las ARD del municipio de La Unión y Abejorral, respectivamente, con excepción de la Quebrada La Aduanilla que al inicio del tramo presenta una calidad MALA, situación que está siendo objeto de control y seguimiento por parte de la Corporación, en el marco de la finalización del Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos-PSMV, con la ejecución del Plan Maestro de Acueducto y Alcantarillado.

Para la estación ubicada en el Río Piedras después de recibir las ARD del Municipio de la Unión, presenta una calidad MUY MALA, cuya calidad se ve afectada por aporte de Sólidos en dilución, E.Coli y materia orgánica, que altera las condiciones naturales de la fuente.

El Río Buey en ambos tramos y el Río Sonsón presentan buenas condiciones sanitarias, asociándose una EXCELENTE y BUENA calidad a pesar de recibir los vertimientos de agua residual, debido principalmente a los

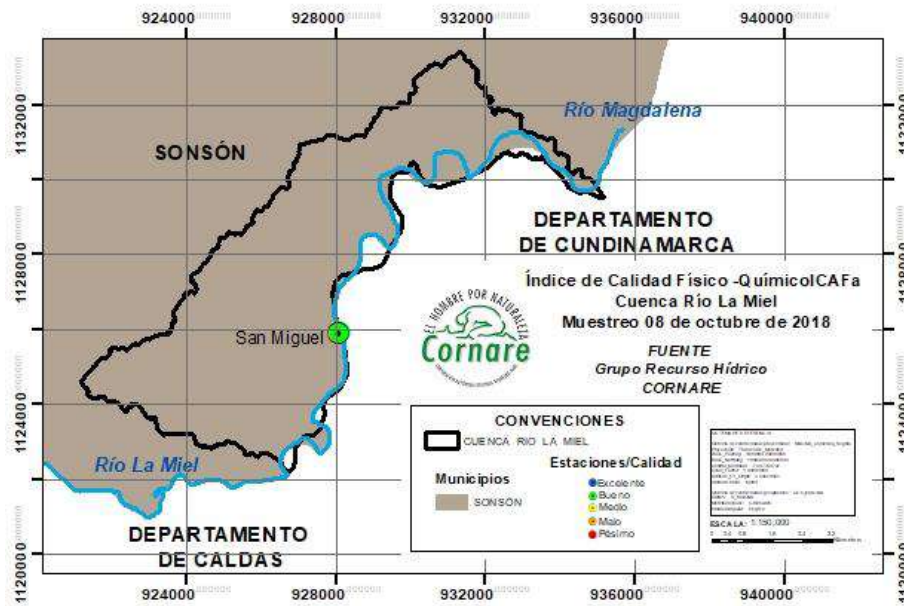
altos caudales y las condiciones hidráulicas, las cuales favorecen la dilución de contaminantes y la transferencia de oxígeno.

Figura 123. ICAFa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Río Arma



En la **CUENCA DEL RIO LA MIEL**, Figura 124, puede observarse la distribución de una sola estación de monitoreo, a la cual se le asocia una BUENA calidad de agua, toda vez que el río la Miel presenta buena capacidad para asimilar la carga contaminante que aporta el Corregimiento de San Miguel en el Municipio de Sonsón.

Figura 124. ICAfa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Río Arma



En la **CUENCA RÍO COCORNÁ Y DIRECTOS AL MAGDALENA** se encuentran distribuidas diez estaciones de monitoreo, ubicadas en el municipio de Puerto Triunfo, Sonsón y límites con el Municipio de San Francisco.

En la Figura 125 se aprecian los resultados obtenidos del Índice de Calidad del Agua (ICA). Respecto a la calidad del agua de la Quebrada Las Mercedes y Caño Doradal, las mejores condiciones con una BUENA calidad, se han presentado en la estación inicial del tramo, antes de recibir las ARD de los corregimientos de Las Mercedes y Doradal, respectivamente.

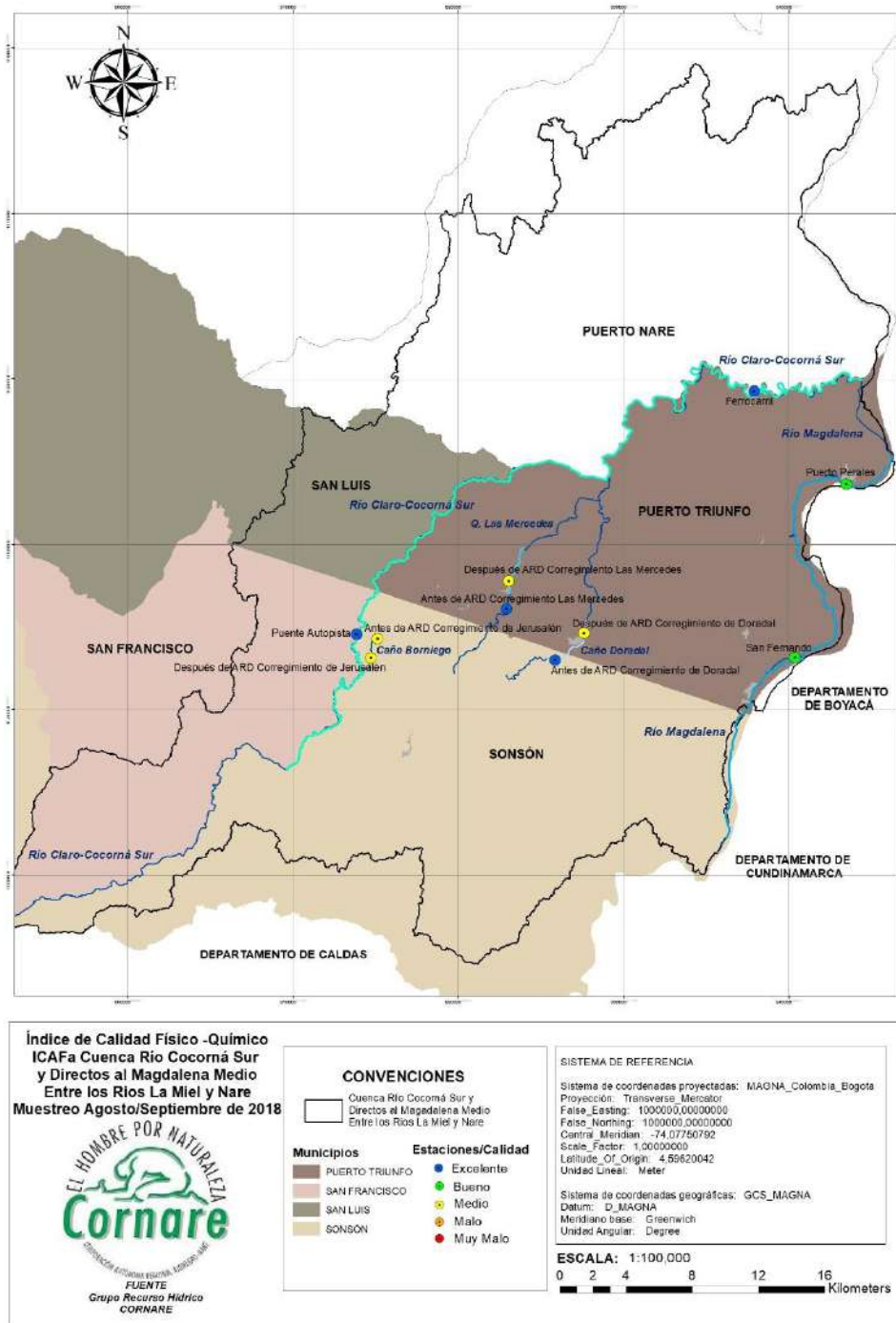
Después de recibir las ARD de ambos corregimientos se presenta un índice de calidad de agua con una calificación MEDIA, asociado principalmente, a que, a pesar de contar con una planta de tratamiento, actualmente presentan dificultades con la operación de las mismas, acciones que se encuentran enmarcadas en el control y seguimiento y se adelanta por parte de la Corporación, los respectivos procedimientos ambientales de carácter sancionatorio.

La Quebrada El Borniego presento MEDIA calidad, reflejando afectación de la fuente hídrica con los vertimientos que realiza el corregimiento de Jerusalén, el cual no cuenta con PTAR, lo que puede limitar el uso y disponibilidad del recurso hídrico tanto aguas arriba como aguas abajo.

El Río Claro – Cocorná Sur y el Río Magdalena presentan buenas condiciones sanitarias, asociándose una EXCELENTE calidad, a pesar este ultimo de recibir los vertimientos de agua residual del Municipio de Puerto

Triunfo y Corregimiento de Puerto Perales, debido principalmente a los altos caudales y las condiciones hidráulicas, las cuales favorecen la dilución de contaminantes y la transferencia de oxígeno

Figura 125. ICAFa de las estaciones de calidad asociados a los tramos de la Cuenca Río Cocorná y directos al Magdalena medio entre los Ríos La Miel y Nare



3.3.1.2 Cumplimiento de los Objetivos de Calidad:

En la Tabla 4 se presentan los resultados de las estaciones de calidad monitoreadas, ubicadas en los municipios de El Carmen de Viboral, El Retiro, El Santuario, Guarne, La Ceja, Marinilla, Rionegro, y San Vicente; municipios que integran la Cuenca del Río Negro; se resaltan las celdas con los resultados donde no se cumplen con los valores máximos de los objetivos de calidad establecidos.

Tabla 4. OBJETIVOS DE CALIDAD CUENCA DEL RIO NEGRO

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
1	Río Pantanillo. Desde el sector identificado como el Bombeo la Ceja, hasta 200 metros antes del perímetro urbano del municipio de El Retiro en el sector La Terruca	844499; 1157403	842679; 1161649	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	BOCATOMA - CAPTACIÓN MUNICIPIO DE EL RETIRO	<4.0
				DQO	mg/L		15		<10.0
				COT	mg/L		Análisis/reporte		No reportado
				pH	Unidades pH		5-9		6.50
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		7.43
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		10000		3835
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		No reportado
				SST	mg/L		20		<15.0
				BMWP/Col	Puntaje BMWP				
2	Río Pantanillo. 200 metros antes del perímetro urbano del municipio de El Retiro en el sector La Terruca, hasta la estructura hidráulica de entrada al embalse La Fe	842679; 1161649	843604; 1165706	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN EL HIERBAL	<4.0
				DQO	mg/L		15		44.5
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.12
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.96
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		2090000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		260000
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		<15.0
				SST	mg/L		25		<15.0
				Fosforo Total	mg/L P				4.94
3	Río Negro. Desde la estructura hidráulica de entrada al embalse La Fe en el Municipio de El Retiro, hasta 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. en el Barrio El Porvenir del Municipio de Rionegro	843604; 1165706	854287; 1171602	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN MONTENEVADO	<4.0
				DQO	mg/L		20		36.1
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.20
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.41
				Coliformes totales	UFC/100 ml		100000		1130000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		230000
				Grasas y aceites	mg/L		20		<15.0
				SST	mg/L		70		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L				-
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L				-
				Hidrocarburos	mg/L		Análisis/reporte		<15.0
				Fósforo total	mg/L P				5.04



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
3	Río Negro. Desde la estructura hidráulica de entrada al embalse La Fe en el Municipio de El Retiro, hasta 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. en el Barrio El Porvenir del Municipio de Rionegro	843604; 1165706	854287; 1171602	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN CHARCOMANSO	<4.0
				DQO	mg/L		20		33.3
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.27
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.60
				Coliformes totales	UFC/100 ml		100000		87000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		5000
				Grasas y aceites	mg/L		20		<15.0
				SST	mg/L		70		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L				<0.146
				Hidrocarburos	mg/L		Análisis/reporte		<15.0
				Fósforo total	mg/L P				3.64
3	Río Negro. Desde la estructura hidráulica de entrada al embalse La Fe en el Municipio de El Retiro, hasta 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. en el Barrio El Porvenir del Municipio de Rionegro	843604; 1165706	854287; 1171602	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN BOCATOMA MUNICIPIO DE RIONEGRO	<4.0
				DQO	mg/L		20		11.50
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.34
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		4.09
				Coliformes totales	UFC/100 ml		100000		2060000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		50000
				Grasas y aceites	mg/L		20		<15.0
				SST	mg/L		70		15.20
				Fenoles	mg/L		0.002		0.00001
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L				<0.146
				Hidrocarburos	mg/L		Análisis/reporte		<15.0
				Fósforo total	mg/L P				5.75
4	Río Negro. 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. del Municipio de Rionegro hasta la Estación Puente Autopista, en límites con el Municipio de Marinilla	854287; 1171602	857901; 1175164	DBO ₅	mg/L	Uso Estético	15	ESTACIÓN PUENTE REAL	<4.0
				DQO	mg/L		40		<10.0
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				Oxígeno disuelto	mg/L		>4		5.57
				Coliformes totales	UFC/100 ml		160000		2240000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		80000		1990000
				pH	Unidades pH		5-9		7.24
				SST	mg/L		300		<15.0
				Olor			Moderado		Moderado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L		0.10		<0.000150
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/l		Análisis/reporte		0.000
				Fósforo total	mg/L P				5.93



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
4	Río Negro. 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. del Municipio de Rionegro hasta la Estación Puente Autopista, en límites con el Municipio de Marinilla	854287; 1171602	857901; 1175164	DBO ₅	mg/L	Uso Estético	15	ESTACIÓN PUENTE ANTES DE EBAR	<4.0
				DQO	mg/L		40		24.40
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				Oxígeno disuelto	mg/L		>4		6.11
				Coliformes totales	UFC/100 ml		160000		119000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		80000		13000
				pH	Unidades pH		5-9		7.17
				SST	mg/L		300		<15.0
				Olor			Moderado		Moderado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/l		Análisis/reporte		0.000
				Fósforo total	mg/L P				6.31
4	Río Negro. 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. del Municipio de Rionegro hasta la Estación Puente Autopista, en límites con el Municipio de Marinilla	854287; 1171602	857901; 1175164	DBO ₅	mg/L	Uso Estético	15	ESTACIÓN DESPUES DE LA DESCARGA PTAR RIONEGRO	11.50
				DQO	mg/L		40		75.40
				COT	mg/L		Análisis/reporte		12.44
				Oxígeno disuelto	mg/L		>4		0.30
				Coliformes totales	UFC/100 ml		160000		2030000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		80000		180000
				pH	Unidades pH		5-9		6.96
				SST	mg/L		300		19.10
				Olor			Moderado		Fuerte
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/l		Análisis/reporte		0.000
				Fósforo total	mg/L P				24.07
4	Río Negro. 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. del Municipio de Rionegro hasta la Estación Puente Autopista, en límites con el Municipio de Marinilla	854287; 1171602	857901; 1175164	DBO ₅	mg/L	Uso Estético	15	ESTACIÓN PUENTE AUTOPISTA	4.90
				DQO	mg/L		40		46.80
				COT	mg/L		Análisis/reporte		5.43
				Oxígeno disuelto	mg/L		>4		1.99
				Coliformes totales	UFC/100 ml		160000		990000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		80000		80000
				pH	Unidades pH		5-9		7.30
				SST	mg/L		300		31.5
				Olor			Moderado		Moderado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/l		Análisis/reporte		0.000
				Fósforo total	mg/L P				5.88

No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	OBJETIVOS DE CALIDAD			CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
		COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA			VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL						
5	Río Negro. Estación Puente Autopista hasta la Estación La Fresera. Ambos puntos en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla	857901; 1175164	860573; 1177594	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	10	ESTACIÓN LA FRESERA	5.50
				DQO	mg/L		40		35.0
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		6.98
				Oxígeno disuelto	mg/L		>3		1.05
				SST	mg/L		140		30.10
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		2030000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		70000		410000
				Cadmio (Cd)	mg/L				<0.107
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L				<0.146
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/l		Análisis/reporte		0.000
				Fosforo Total	mg/L P				24.81
6	Río Negro. Estación La Fresera, en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla hasta la Estación Río Abajo, en límites de los Municipios de Marinilla y El Peñol	860573; 1177594	868535; 1180944	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN RÍO ABAJO	10.10
				DQO	mg/L		30		31.70
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.34
				Oxígeno disuelto	mg/L		>3		6.95
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				SST	mg/L		161		<15.0
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		57600
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		40000		3100
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.00325
				Cadmio (Cd)	mg/L				<0.107
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L				<0.146
				Fósforo total	mg/L P				5.99
				7	Quebrada La Pereira. Nacimiento Quebrada La Pereira en la vereda El Tambo del Municipio de La Ceja, hasta 400 metros antes del perímetro urbano del municipio, sector Hacienda Horizontes		851105; 1154133		850819; 1157671
DQO	mg/L	15	31.10						
COT	mg/L	Análisis/reporte	<4.0						
pH	Unidades pH	5-9	6.79						
Oxígeno disuelto	mg/L	> 5	6.52						
SST	mg/L	15	<15.0						
Coliformes totales	UFC/100 ml	50000	113000						
Coliformes fecales	UFC/100 ml	10000	2000						
Grasas y aceites	mg/L	Ausente	<15.0						
Fósforo Total	mg/L P		0.36						
BMWP/Col	Puntaje BMWP		-						



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO								
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO								
		INICIO	FINAL												
7	Quebrada La Pereira. Nacimiento Quebrada La Pereira en la vereda El Tambo del Municipio de La Ceja, hasta 400 metros antes del perímetro urbano del municipio, sector Hacienda Horizontes	851105; 1154133	850819; 1157671	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN LAS ACACIAS	<4.0						
				DQO	mg/L		15		27.20						
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0						
				pH	Unidades pH		5-9		7.28						
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.90						
				SST	mg/L		15		<15.0						
				Coliformes totales	UFC/100 ml		50000		46500						
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		10000		4100						
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		<15.0						
				Fósforo Total	mg/L P				2.15						
				BMWP/Col	Puntaje BMWP				-						
				8	Quebrada La Pereira. Desde 400 metros antes del perímetro urbano del municipio de la Ceja en el sector Hacienda Horizontes, hasta la desembocadura de la Quebrada La Uchuval del Municipio de La Ceja		850819; 1157671		853518; 1160576	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	ESTACIÓN SAN SEBASTIAN	<4.0
										DQO	mg/L		30		22.10
COT	mg/L	Análisis/reporte	<4.0												
pH	Unidades pH	5-9	7.01												
Oxígeno disuelto	mg/L	> 5	3.25												
SST	mg/L	15	<15.0												
Fenoles	mg/L	0.002	<0.00001												
Coliformes totales	UFC/100 ml	150000	38800												
Coliformes fecales	UFC/100 ml	50000	6300												
Cadmio (Cd)	mg/L		<0.107												
Olor															
Plomo (Pb)	mg/L		0.94												
Fósforo Total	mg/L P		3.11												
Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/L	Análisis/reporte	0.000												
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		<0.146												
8	Quebrada La Pereira. Desde 400 metros antes del perímetro urbano del municipio de la Ceja en el sector Hacienda Horizontes, hasta la desembocadura de la Quebrada La Uchuval del Municipio de La Ceja	850819; 1157671	853518; 1160576	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	ESTACIÓN MANZANARES	33.10						
				DQO	mg/L		30		159.90						
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0						
				pH	Unidades pH		5-9		7.11						
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		0.52						
				SST	mg/L		15		39.40						
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001						
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		2419600						
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		1986300						
				Cadmio (Cd)	mg/L				<0.107						
				Olor											
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460						
				Fósforo Total	mg/L P				95.57						
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/L		Análisis/reporte		0.000						
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				-						

SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
9	Quebrada La Pereira. Desde la desembocadura de la Quebrada La Uchuval en el Municipio de La Ceja hasta la desembocadura de la Quebrada La Pereira sobre el Río Negro en el Municipio de Rionegro	853518; 1160576	856078; 1171339	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN BOCATOMA INACTIVA RIONEGRO - SAN ANTONIO	4.50
				DQO	mg/L		30		34.50
				COT	mg/L		Análisis/reporte		5.20
				pH	Unidades pH		5-9		7.08
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		3.82
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Coliformes totales	UFC/100 ml		70000		29500
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		15000		1000
				Cadmio (Cd)	mg/L				<0.107
				Grasas y aceites	mg/L				-
				Fósforo Total (P)	mg/L				17.58
				SST	mg/L		70		<15.0
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Hidrocarburos	mg/L		Análisis/reporte		<15.0
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				<0.146
9	Quebrada La Pereira. Desde la desembocadura de la Quebrada La Uchuval en el Municipio de La Ceja hasta la desembocadura de la Quebrada La Pereira sobre el Río Negro en el Municipio de Rionegro	853518; 1160576	856078; 1171339	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN CASA MÍA	<4.0
				DQO	mg/L		30		29.40
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.03
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		3.05
				Fenoles	mg/L		0.002		No reportado
				Coliformes totales	UFC/100 ml		70000		30100
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		15000		3000
				Cadmio (Cd)	mg/L				-
				Grasas y aceites	mg/L				<15.0
				Fósforo Total (P)	mg/L P				6.69
				SST	mg/L		70		<15.0
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Hidrocarburos	mg/L		Análisis/reporte		<15.0
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				<0.146
10	Quebrada La Cimarrona. Nacimiento en la vereda Boquerón sobre la cota 2600, hasta la confluencia con la Quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral	865477; 1159970	861456; 1163622	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	10	ESTACIÓN CAPTACIÓN MUNICIPIO DEL CARMEN DE VIBORAL	<4.0
				DQO	mg/L		30		<10.0
				COT	mg/L		Análisis/reporte		No reportado
				pH	Unidades pH		5-9		7.34
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		7.17
				SST	mg/L		70		<15.0
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		8610
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		205
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		No reportado
				Fósforo Total	mg/L P				<0.098
				BMWP/Col	Puntaje BMWP				-



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
10	Quebrada La Cimarrona. Nacimiento en la vereda Boquerón sobre la cota 2600, hasta la confluencia con la Quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral	865477; 1159970	861456; 1163622	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	10	ESTACIÓN PUENTE LARGA	<4.0
				DQO	mg/L		30		<10.0
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.82
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.94
				SST	mg/L		70		<15.0
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		67700
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		16100
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		<15.0
				Fósforo Total	mg/L P				1.18
				BMWP/Col	Puntaje BMWP				-
				11	Quebrada La Cimarrona. Desde la confluencia con la quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla		861456; 1163622		857663; 1174672
DQO	mg/L	60	92.20						
COT	mg/L	Análisis/reporte	9.17						
Oxígeno disuelto	mg/L	>5	2.62						
pH	Unidades pH	5-9	7.15						
SST	mg/L	70	31.60						
Coliformes totales	UFC/100 ml	200000	2419600						
Coliformes fecales	UFC/100 ml	100000	829700						
Olor		Moderado	Fuerte						
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	<0.000107						
Plomo (Pb)	mg/L	0.10	0.00253						
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.10	<0.000150						
Fósforo Total (P)	mg/L P		12.75						
11	Quebrada La Cimarrona. Desde la confluencia con la quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla	861456; 1163622	857663; 1174672			DBO ₅		mg/L	
				DQO	mg/L	60	21.0		
				COT	mg/L	Análisis/reporte	7.24		
				Oxígeno disuelto	mg/L	>5	5.84		
				pH	Unidades pH	5-9	7.04		
				SST	mg/L	70	<15.0		
				Coliformes totales	UFC/100 ml	200000	111200		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml	100000	9700		
				Olor		Moderado	Moderado		
				Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	<0.000107		
				Plomo (Pb)	mg/L	0.10	<0.000460		
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L	0.10	<0.000150		
				Fósforo Total (P)	mg/L P		4.75		
				11	Quebrada La Cimarrona. Desde la confluencia con la quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los	861456; 1163622	857663; 1174672	DBO ₅	mg/L
DQO	mg/L	60	58.50						
COT	mg/L	Análisis/reporte	10.19						
Oxígeno disuelto	mg/L	>5	2.80						
pH	Unidades pH	5-9	7.12						
SST	mg/L	70	30.20						
Coliformes totales	UFC/100 ml	200000	613100						
Coliformes fecales	UFC/100 ml	100000	26600						
Olor		Moderado	Moderado						
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	<0.000107						
Plomo (Pb)	mg/L	0.10	0.000530						



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
	Municipios de Rionegro y Marinilla			Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Fósforo Total (P)	mg/L P				24.23
12	Quebrada La Mosca. Nacimiento de la Quebrada La Mosca (El Chuscal Sector Alto de la Virgen) hasta 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda Romeral del Municipio de Guarne	848330; 1191332	847159; 1189291	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN ROMERAL	<4.0
				DQO	mg/L		20		19.30
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.60
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.50
				SST	mg/L		15		<15.0
				Coliformes totales	UFC/100 ml		120000		85700
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		4100
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		<15.0
				Fósforo Total (P)	mg/L P				0.05
				BMWP/Col	Puntaje BMWP				-
12	Quebrada La Mosca. Nacimiento de la Quebrada La Mosca (El Chuscal Sector Alto de la Virgen) hasta 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda Romeral del Municipio de Guarne	848330; 1191332	847159; 1189291	DBO ₅	mg/L	Aguas naturales- Consumo humano	5	ESTACIÓN PUENTE MOLINO	9.60
				DQO	mg/L		20		16.00
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.56
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 5		6.50
				SST	mg/L		15		<15.0
				Coliformes totales	UFC/100 ml		120000		2419600
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		44800
				Grasas y aceites	mg/L		Ausente		<15.0
				Fósforo Total (P)	mg/L P				0.08
				BMWP/Col	Puntaje BMWP				-
13	Quebrada La Mosca. Desde 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda Romeral del Municipio de Guarne, hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Rionegro	847201; 1190459	857929; 1175418	DBO ₅	mg/L	Uso Industrial	20	ESTACIÓN Km 26 BOX COULVERT	9.8
				DQO	mg/L		40		47.90
				COT	mg/L		Análisis/reporte		6.95
				Oxígeno disuelto	mg/L		>5		5.80
				pH	Unidades pH		5-9		7.56
				SST	mg/L		40		20.20
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		2419600
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		100000		1986300
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Arsénico (As)	mg/L		0.1		No reportado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Níquel (Ni)	mg/L		0.10		0.00036
				Mercurio (Hg)	mg/L		0.01		No reportado
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/L		Análisis/reporte		No reportado
				Fósforo Total (P)	mg/L P				20.25



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
13	Quebrada La Mosca. Desde 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda Romeral del Municipio de Guarne, hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Rionegro	847201; 1190459	857929; 1175418	DBO ₅	mg/L	Uso Industrial	20	ESTACIÓN OMYA	<4.0
				DQO	mg/L		40		18.80
				COT	mg/L		Análisis/reporte		4.05
				Oxígeno disuelto	mg/L		>5		5.26
				pH	Unidades pH		5-9		7.32
				SST	mg/L		40		<15.0
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		117800
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		100000		11000
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Arsénico (As)	mg/L		0.1		No reportado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		0.000610
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Níquel (Ni)	mg/L		0.10		<0.000130
				Mercurio (Hg)	mg/L		0.01		No reportado
Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/L	Análisis/reporte	No reportado						
Fósforo Total (P)	mg/L P		5.84						
13	Quebrada La Mosca. Desde 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda Romeral del Municipio de Guarne, hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Rionegro	847201; 1190459	857929; 1175418	DBO ₅	mg/L	Uso Industrial	20	ESTACIÓN RIOTEX	6.00
				DQO	mg/L		40		33.90
				COT	mg/L		Análisis/reporte		4.04
				Oxígeno disuelto	mg/L		>5		3.23
				pH	Unidades pH		5-9		6.98
				SST	mg/L		40		15.20
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		2419600
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		100000		165800
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Arsénico (As)	mg/L		0.1		No reportado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Níquel (Ni)	mg/L		0.10		0.00061
				Mercurio (Hg)	mg/L		0.01		No reportado
Barrido de Plaguicidas y Metabolitos	µg/L	Análisis/reporte	0.000						
Fósforo Total (P)	mg/L P		5.10						
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	ANTES DE RECIBIR LAS ARD DEL MPIO DE EL SANTUARIO	<4.0
				DQO	mg/L		40		12.50
				COT	mg/L		Análisis/reporte		No reportado
				pH	Unidades pH		5-9		6.79
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3		5.45
				SST	mg/L		70		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		No reportado
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		28400
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000		1000
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		No reportado



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
	en el Municipio de Marinilla			Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25	<0.098	
				Plomo (Pb)	mg/L			-	
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L			-	
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	<4.0	
				DQO	mg/L		40	29.40	
				COT	mg/L		Análisis/reporte	<4.0	
				pH	Unidades pH		5-9	7.34	
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3	4.75	
				SST	mg/L		70	<15.0	
				Fenoles	mg/L		0.002	<0.00001	
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000	1203300	
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000	30900	
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01	<0.000107	
				Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25	6.37	
				Plomo (Pb)	mg/L			<0.460	
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L			<0.146	
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	<4.0	
				DQO	mg/L		40	31.40	
				COT	mg/L		Análisis/reporte	No reportado	
				pH	Unidades pH		5-9	7.16	
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3	4.60	
				SST	mg/L		70	20.70	
				Fenoles	mg/L		0.002	No reportado	
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000	163800	
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000	42200	
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01	No reportado	
				Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25	<0.098	
				Plomo (Pb)	mg/L			-	
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L			-	
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	11.20	
				DQO	mg/L		40	55.20	
				COT	mg/L		Análisis/reporte	No reportado	
				pH	Unidades pH		5-9	7.06	
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3	4.92	
				SST	mg/L		70	29.50	
				Fenoles	mg/L		0.002	No reportado	
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000	2046000	
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000	1198000	
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01	No reportado	
				Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25	0.200	
				Plomo (Pb)	mg/L			-	
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L			-	



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	ESTACIÓN EL CHAGUALO ANTES DE RECIBIR LAS ARD DEL MPIO DE MARINILLA	<4.0
				DQO	mg/L		40		19.90
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.22
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3		4.31
				SST	mg/L		70		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		325500
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000		19900
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25		9.35
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				<0.146
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	ESTACIÓN PUENTE LA FERIA	9.90
				DQO	mg/L		40		108.40
				COT	mg/L		Análisis/reporte		4.80
				pH	Unidades pH		5-9		6.08
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3		3.20
				SST	mg/L		70		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		2419600
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000		248100
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25		12.52
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				<0.146
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	ESTACIÓN ALCARAVANES	4.90
				DQO	mg/L		40		25.50
				COT	mg/L		Análisis/reporte		5.04
				pH	Unidades pH		5-9		7.21
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3		1.05
				SST	mg/L		70		21.30
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		1119900
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000		201400
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Fósforo Total (P)	mg/L P		0.25		11.61
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				<0.146



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
15	Quebrada Yarumal-Chachafruto. Nacimiento de la Quebrada Yarumal en la cota 2600 vereda Yarumal, hasta la desembocadura de la Quebrada Chachafruto sobre el Río Negro en el Municipio de Rionegro	844348; 1176654	852557; 1171498	DBO ₅	mg/L	Uso Industrial	5	ESTACIÓN LAS DELICIAS	10.01
				DQO	mg/L		20		42.90
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.43
				Oxígeno disuelto	mg/L		>5		6.42
				SST	mg/L		450		113.80
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		2419600
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		360900
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Arsénico (As)	mg/L		0.1		No reportado
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		<0.000460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		0.10		<0.000150
				Níquel (Ni)	mg/L		0.10		0.00093
				Mercurio (Hg)	mg/L		0.01		<0.00050
Hidrocarburos Totales	mg/L	Análisis/reporte	<15.0						
Fósforo total (P)	mg/L P		10.07						
16	Quebrada El Salado Desde el Nacimiento de la Quebrada El Salado en el sector Guacirú del Municipio de San Vicente, hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de San Vicente y Marinilla	859310; 1190131	862796; 1181749	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN ANTES DE RECIBIR LAS ARD DEL MUNICIPIO DE SAN VICENTE	<4.0
				DQO	mg/L		20		17.30
				COT	mg/L		Análisis/reporte		No reportado
				pH	Unidades pH		5-9		6.73
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 6		5.48
				SST	mg/L		40		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		No reportado
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		74200
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		3000
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		No reportado
				Plomo (Pb)	mg/L				
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				
				16	Quebrada El Salado Desde el Nacimiento de la Quebrada El Salado en el sector Guacirú del Municipio de San Vicente, hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de San Vicente y Marinilla		859310; 1190131		862796; 1181749
DQO	mg/L	20	36.0						
COT	mg/L	Análisis/reporte	No reportado						
pH	Unidades pH	5-9	6.94						
Oxígeno disuelto	mg/L	> 6	5.09						
SST	mg/L	40	19.60						
Fenoles	mg/L	0,002	No reportado						
Coliformes totales	UFC/100 ml	150000	201400						
Coliformes fecales	UFC/100 ml	30000	11900						
Cadmio (Cd)	mg/L	0,01	No reportado						
Plomo (Pb)	mg/L		-						
Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L		-						

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA EN EL MES DE FEBRERO		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL						
16	Quebrada El Salado Desde el Nacimiento de la Quebrada El Salado en el sector Guacirú del Municipio de San Vicente, hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de San Vicente y Marinilla	859310; 1190131	862796; 1181749	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN COMPAÑÍA ABAJO	<4.0
				DQO	mg/L		20		32.80
				COT	mg/L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.44
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 6		5.28
				SST	mg/L		40		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		980400
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		71200
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		<0.000107
				Plomo (Pb)	mg/L				<0.460
				Cromo hexavalente (Cr ⁺⁶)	mg/L				<0.146

En la Tabla 5., se presentan los resultados de las estaciones de calidad monitoreadas, ubicadas en las Zonas Urbanas y centros poblados, con excepción de los municipios que conforman la Cuenca Río Negro.

Tabla 5. OBJETIVOS DE CALIDAD EN LAS ZONAS URBANAS MUNICIPALES Y CENTROS POBLADOS,

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		Estación Antes de recibir las ARD del Municipio		Estación Después de recibir las ARD del Municipio		
TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO				
		INICIO	FINAL								
Municipio de Abejorral	Quebrada El Matadero. Inicia en la confluencia de las Quebradas Gus y Aduanillas, hasta aguas abajo de la futura PTAR	850107; 1132672	849662; 1133046	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Q. Aduanillas	35.10	Q. Aduanillas	36.50
				SST	mg/ L		20		123.50		64.20
				pH	Unidades pH		5-9		6.77		7.26
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		5.97		5.66
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		200000		199300		574800
Municipio de Abejorral	Quebrada El Matadero. Inicia en la confluencia de las Quebradas Gus y Aduanillas, hasta aguas abajo de la futura PTAR	850107; 1132672	849662; 1133046	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Q. El Gus	<4.0	Q. El Gus	6.40
				SST	mg/ L		20		<15.0		199.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.24		7.13
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		7.35		6.35
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		200000		1000		98400
Municipio de Alejandría	Quebrada Nudillales. Confluencia con la Quebrada El Triángulo zona Urbana hasta desembocar sobre el Río Nare	882354; 1196197	882474; 1197621	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Q. Nudillales	<4.0	Q. Nudillales	<4.0
				SST	mg/ L		350		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.00		6.77
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		6.67		6.46
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		27000		805		1732900



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		Estación Antes de recibir las ARD del Municipio		Estación Después de recibir las ARD del Municipio		
TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO				
		INICIO	FINAL								
Municipio de Argelia	Quebrada Llanadas. Inicio de tramo sector La Julia área urbana hasta la confluencia sobre la Q. La Arenosa	880776; 1126207	883154; 1125382	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Q. Llanadas	<4.0	Q. Llanadas	<4.0
				SST	mg/ L		25		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.31		7.34
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		7.12		7.03
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		160000		1000		209800
Municipio de Argelia	Quebrada Llanadas. Inicio de tramo sector La Julia área urbana hasta la confluencia sobre la Q. La Arenosa	880776; 1126207	883154; 1125382	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Q. La Arenosa	<4.0	Q. La Arenosa	<4.0
				SST	mg/ L		25		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.13		7.25
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		6.57		6.54
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		160000		1000		1000
Municipio de Cocorná	Quebrada La Granja. Inicio de tramo en el área urbana de Cocorná hasta aguas abajo de PTAR La Granja	877507; 1161848	877118; 1161303	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Q. La Granja	<4.0	Q. La Granja	67.4
				SST	mg/ L		20		<15.0		90.3
				pH	Unidades pH		5-9		6.79		7.44
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		4.40		3.45
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		1600000		6300		1732900
Municipio de Cocorná	Quebrada El Zapote. Inicio de tramo en el área urbana de Cocorná hasta aguas abajo de PTAR El Zapote	877513; 1161420	877530; 1161232	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Q. El Zapote	<4.0	Q. El Zapote	68.0
				SST	mg/ L		20		<15.0		57.4
				pH	Unidades pH		5-9		6.87		7.53
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		5.44		4.20
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		1600000		233300		1553100
Municipio de Concepción	Río Concepción. Inicio de tramo Río Concepción sector San Juan Llano, hasta la confluencia con la Q. El Merro	868070; 1198422	871174; 1198828	DBO ₅	mg/ L	Estético	5	Río Concepción	<4.0	Río Concepción	<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.36		7.52
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.07		6.89
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		3000		1165		14545
Municipio de El Peñol	Embalses	872498; 1179118	872498; 1179119	DBO ₅	mg/ L	Estético	5	Estación Puente Embalse El Peñol	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		8.44		8.44
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		8.03		8.03
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		150000		1000		1000



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		Estación Antes de recibir las ARD del Municipio		Estación Después de recibir las ARD del Municipio		
TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO				
		INICIO	FINAL								
Municipio de Granada	Quebrada Santa Bárbara. Inicio de tramo aguas arriba zona urbana sector Vahitos, hasta la confluencia con la Quebrada Vahitos	876230; 1172337	878263; 1171082	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Q. Santa Barbara	<4.0	Q. Santa Barbara	9.60
				SST	mg/ L		20		<15.0		19.80
				pH	Unidades pH		5-9		7.37		7.08
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.76		4.67
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		195000		1000		1119900
Municipio de Guatapé	Embalses	880381; 1180680	880381; 1180681	DBO ₅	mg/ L	Estético	5	Estación Embalse Guatapé	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.88		7.88
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.54		7.54
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		150000		1000		1000
Municipio de La Unión	Río Piedras. Desde El sector Gualanday, hasta después de recibir las aguas residuales de la PTAR	855856; 1151872	858699; 1152961	DBO ₅	mg/ L	Estético	7	Río Piedras	<4.0	Río Piedras	103.8
				SST	mg/ L		180		<15.0		340.9
				pH	Unidades pH		5-9		6.92		6.92
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.03		1.70
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		170000		3100		1046200
Municipio de Nariño	Quebrada El Oso. Inicio de tramo en área urbana de Nariño hasta desembocadura sobre el río San Pedro	878364; 1112604	878281; 1110850	DBO ₅	mg/ L	Estético	40	Q. El Oso	<4.0	Q. El Oso	5.40
				SST	mg/ L		30		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		6.50		7.13
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		7.42		7.18
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		1000000		155		77655
Municipio de Puerto Triunfo	Río Magdalena. Inicia después de la desembocadura del Río La Miel hasta un sector aguas abajo del Corregimiento Puerto Perales.	935765; 1131398	945823; 1154432	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estación San Fernando	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		48.30
				pH	Unidades pH		5-9		7.41		7.41
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		6.91		6.91
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		3000				10900
Municipio de Puerto Triunfo	Río Magdalena. Inicia después de la desembocadura del Río La Miel hasta un sector aguas abajo del Corregimiento Puerto Perales.	935765; 1131398	945823; 1154432	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estación Puerto Perales	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		70.20
				pH	Unidades pH		5-9		7.11		7.11
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		6.71		6.71
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		3000				1000



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		Estación Antes de recibir las ARD del Municipio		Estación Después de recibir las ARD del Municipio		
TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO				
		INICIO	FINAL								
Municipio de Puerto Triunfo, Corregimiento de Doradal	Caño Doradal. Inicio antes del área urbana de Doradal hasta la confluencia con la Quebrada Dosquebradas	926287; 1142557	927740; 1145303	DBO ₅	mg/ L	Estético	30	Caño Doradal	<4.0	Caño Doradal	<4.0
				SST	mg/ L		30		<15.0		40.10
				pH	Unidades pH		5-9		7.71		7.21
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>4		7.31		4.21
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		1100		1000		146700
Municipio de Puerto Triunfo, Corregimiento Est. Cocorná	Río Claro. Inicia en un sector aguas arriba del centro poblado hasta un sector aguas abajo del mismo	937322; 1159163	938528; 1159225	DBO ₅	mg/ L	Estético	10	Estación Puente Ferrocarril	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		123		<15.0		20.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.31		7.31
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		6.81		6.81
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		5000		1000		1000
Municipio de Puerto Triunfo, Corregimiento Las Mercedes	Quebrada La Mercedes. Aguas arriba del perímetro urbano, hasta aguas bajo de la PTAR	923142; 1146700	923752; 1149807	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Q. Las Mercedes	<4.0	Q. Las Mercedes	<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		8.21		7.81
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		7.51		7.21
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		5900		1000		960600
Municipio de Puerto Triunfo Corregimiento Puerto Perales	Río Magdalena. Inicia en un sector aguas arriba del centro poblado hasta un sector aguas abajo del mismo	943330; 1153694	944745; 1153562	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estación Puerto Perales	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		15		<15.0		70.20
				pH	Unidades pH		5-9		7.11		7.11
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		6.71		6.71
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		3000		1000		1000
Municipio de San Carlos	Río San Carlos. Inicio de tramo en la confluencia con la Q. Palmichal sector Dinamarca hasta aguas abajo de la cabecera confluencia con cañada Arango	896308; 1174726	901242; 1176328	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Río San Carlos	<4.0	Río San Carlos	<4.0
				SST	mg/ L		20		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.42		7.39
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.60		7.47
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		160000		1000		17500
Municipio de San Carlos	Río San Carlos. Inicio de tramo en la confluencia con la Q. Palmichal sector Dinamarca hasta aguas abajo de la cabecera confluencia con cañada Arango	896308; 1174726	901242; 1176328	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estación Charco largo	<4.0		<4.0
				SST	mg/ L		20		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.41		7.41
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.49		7.49
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		160000		1000		7825



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		Estación		Estación		
TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO	Antes de recibir las ARD del Municipio		Después de recibir las ARD del Municipio	
		INICIO	FINAL								
Municipio de San Francisco	Quebrada El Cascajo. Inicio de tramo de la Q. Cascajo (Guacales), hasta aguas abajo después de la PTAR de la cabecera en la cota 1100	886956; 1151689	886074; 1151200	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Q. El Cascajo	<4.0	Q. El Cascajo	49.4
				SST	mg/ L		30		<15.0		60.4
				pH	Unidades pH		5-9		7.14		7.43
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		5.20		4.90
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		1450000		2000		1732900
Municipio de San Francisco	Quebrada La Tripa. Inicio de tramo Q La Tripa en límites vereda Asiento Grande hasta 200 metros aguas abajo de la PTAR La Tripa	887024; 1151411	886607; 1150883	DBO ₅	mg/ L	Estético	30	Q. La Tripa	<4.0	Q. La Tripa	14.80
				SST	mg/ L		30		<15.0		21.80
				pH	Unidades pH		5-9		7.58		7.24
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		6.32		4.19
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		1420000		1000		920800
Municipio de San Luis	Quebrada La Risaralda. Inicio tramos quebrada La Risaralda aguas arriba de la zona urbana, hasta desembocara sobre el río Dormilón	898197; 1159534	898805; 1160601	DBO ₅	mg/ L	Estético	30	Q. La Risaralda	<4.0	Q. La Risaralda	<4.0
				SST	mg/ L		40		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.63		7.23
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		7.63		8.08
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		3500		6300		48700
Municipio de San Rafael	Río Guatapé. Inicio de tramo en el sector El Charco hasta el área de ingreso al Embalse Playas	893163; 1187972	896856; 1188171	DBO ₅	mg/ L	Estético	7	Río Guatapé	<4.0	Río Guatapé	<4.0
				SST	mg/ L		7		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.16		7.23
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.71		7.37
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		3450		2000		5200
Municipio de San Roque	Quebrada San Roque. Inicia en el sector aguas arriba zona urbana hasta un sector aguas abajo del perímetro urbano	893671; 1208315	896900; 1209558	DBO ₅	mg/ L	Estético	6	Q. San Roque	<4.0	Q. San Roque	4.40
				SST	mg/ L		15		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.53		7.25
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		8.11		6.34
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		4800		4100		238200
Municipio de San Roque, Corregimiento Efe Gómez	Río Nus	880829; 1212468	918802; 1206371	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Río Nus	<4.0	Río Nus	<4.0
				SST	mg/ L		330		18.20		23.70
				pH	Unidades pH		5-9		7.95		8.02
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.55		7.56
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		15000		11000		13400



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		Estación Antes de recibir las ARD del Municipio		Estación Después de recibir las ARD del Municipio		
TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO				
		INICIO	FINAL								
Municipio de San Roque, Corregimiento San José del Nus	Río Nus	880829; 1212468	918802; 1206371	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Río Nus	<4.0	Río Nus	<4.0
				SST	mg/ L		330		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		8.30		8.16
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.98		7.43
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		15000		4100		29500
Municipio de San Roque, Corregimiento Providencia	Río Nus	880829; 1212468	918802; 1206371	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Río Nus	<4.0	Río Nus	<4.0
				SST	mg/ L		330		63.0		51.3
				pH	Unidades pH		5-9		7.35		7.52
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.38		7.25
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		15000		8600		28500
Municipio de Santo Domingo	Quebrada San Miguel. Inicia en proximidad del área urbana de Santo Domingo, hasta después del Cementerio en el sector Los Reyes	879401; 1208378	879495; 1206859	DBO ₅	mg/ L	Estético	10	Q. San Miguel	<4.0	Q. San Miguel	<4.0
				SST	mg/ L		20		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		6.35		6.43
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		7.36		6.03
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		104000		150		86645
Municipio de Sonsón	Río Sonsón. Inicia en el sector Chaverras hasta antes de la confluencia de la Quebrada Yarumal	865527; 1123995	863192, 1121676	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Río Sonsón	<4.0	Río Sonsón	<4.0
				SST	mg/ L		30		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.42		7.39
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		6.83		7.19
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		140000		50		67700
Municipio de Sonsón, Corregimiento de Jerusalén	Caño Borniego. Nace en la cota 500 aguas arriba del centro poblado, hasta un sector aguas abajo del mismo	915150; 1144393	914665, 1143223	DBO ₅	mg/ L	Estético	500	Q. El Borniego	13.70	Q. El Borniego	<4.0
				SST	mg/ L		200		<15.0		<15.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.45		7.77
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>3		5.09		4.70
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		100000		275500		10900
Municipio de Sonsón, Corregimiento de	Río La Miel. Inicia en un sector aguas arriba del centro poblado hasta un sector aguas abajo del mismo	928249; 1125445	927880; 1126818	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estación San Miguel	<4.0	Estación San Miguel	<4.0
				SST	mg/ L		15		1129.20		1129.20
				pH	Unidades pH		5-9		6.73		6.73
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		7.96		7.96
				Coliformes fecales	NMP/100 ml		2600		5380		5380

En la Tabla 6, se presentan los resultados de las estaciones de calidad monitoreadas, sobre las fuentes hídricas principales ubicadas por fuera de las zonas urbanas de las cuencas hídricas diferentes al Río Negro.

Tabla. 6 OBJETIVOS DE CALIDAD EN CUENCAS DIFERENTES AL RÍO NEGRO- FUENTES HÍDRICAS PRINCIPALES UBICADAS POR FUERA DE LAS ZONAS URBANAS Y RESULTADOS MONITOREOS ESTACIONES RELACIONADAS

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA			VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL						
1	Tramo Río Nare . Inicia en la confluencia del vertedero embalse El Peñol-Guatapé con la Quebrada Santa Gertrudis, hasta la confluencia con el Río Samaná Norte	879874 1191017	929582; 1181774	DBO ₅	mg/ L	Agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN EL VIENTO (MPIO DE ALEJANDRÍA)	<4.0
				DQO	mg/ L		30		<10.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.14
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.03
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		1965
				SAR	Fracción		Análisis/reporte		No reportado
				Grasas y aceites	mg/ L		20		No reportado
2	Tramo Río Nus . Nace en la Cota 1900 sector Los Planes, hasta la confluencia de la Quebrada La Soledad en Efe Gómez.	880829; 1212468	918802; 1206371	DBO ₅	mg/ L	Agrícola y pecuario	20	ESTACIÓN CARAMANTA (MUNICIPIO DE SAN ROQUE)	<4.0
				DQO	mg/ L		40		11.90
				pH	Unidades pH		5-9		7.73
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.05
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		20000		3100
				SAR	Fracción		Análisis/reporte		No reportado
				Grasas y aceites	mg/ L		20		No reportado
3	Tramo Samaná Norte . En la confluencia del Río Calderas y el Río Verde hasta la desembocadura sobre el Río Nare	899817; 1145703	929625; 1181783	DBO ₅	mg/ L	Recreativo Contacto primario	15	ESTACIÓN LA GARRUCHA (MUNICIPIO DE SAN LUIS)	<4.0
				DQO	mg/ L		40		13.50
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		<4.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.31
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		5.42
				Grasas y aceites	mg/l		Ausente		<15.0
				Fenoles	mg/L		0.002		<0.00001
				Material flotante			Ausente		Ausente
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		3000		1000
				SST	mg/l		50		<15.0
4	Tramo Samaná Sur . Inicio de tramo Cota 3100 hasta la confluencia del Río Samaná Sur con el Río La Miel	867347; 1091037	926651; 1122166	DBO ₅	mg/ L	Agropecuario	20	ESTACIÓN PUENTE LINDA (MUNICIPIO DE NARIÑO)	<4.0
				DQO	mg/ L		40		<10.0
				pH	Unidades pH		5-9		7.51
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.45
				Coliformes totales	UFC/100 ml		50000		26900
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		2000
				SAR	Fracción		Análisis/reporte		No reportado
				Grasas y aceites	mg/ L		20		<15.0



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA			VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL						
5	Tramo I Río Buey. Inicio en el Salto del Buey, hasta la confluencia con el Río Piedras	853749; 1143894	847950 1148198	DBO ₅	mg/ L	Preservación fauna y flora	5	ESTACIÓN LA MAYORIA (MUNICIPIO DE ABEJORRAL)	<4.0
				DQO	mg/ L		40		<10.0
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		6.28
				pH	Unidades pH		6-9		7.71
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		8.29
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		3000		12200
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		<15.0
				Nitrógeno Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	mg/ L		1		No reportado
				Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	mg/ L		1		0.40
				Fósforo Total	mg/ L		0.2		0.20
BMWP/Col	Puntaje BMWP		-						
6	Tramo II Río Buey. Desde la confluencia del Río Piedras y Buey hasta la confluencia con el Río Arma.	847950 1148198	836138; 1125076	DBO ₅	mg/ L	Agrícola y pecuario	5	ESTACIÓN PUENTE EL CAIRO (MPIO DE ABEJORRAL)	<4.0
				DQO	mg/ L		60		26.80
				pH	Unidades pH		5-9		7.06
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		7.67
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		8500
				SAR	Fracción		Análisis/reporte		No reportado
				Grasas y aceites	mg/ L		20		<15.0
				SST	mg/L		200		68.4
7	Tramo Río Claro-Cocorná Sur. Desde la cota 2100 Sector la Danta, hasta Puerto Perales sobre el río Magdalena	891962; 1128170	944384; 1159945	DBO ₅	mg/ L	Recreativo de contacto primario	5	ESTACIÓN PUENTE FERROCARRIL (MUNICIPIO DE PUERTO TRIUNFO)	<4.0
				DQO	mg/ L		100		<10.0
				COT	mg/ L		10		No reportado
				pH	Unidades pH		5-9		7.31
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		6.81
				Grasas y aceites	mg/l		Ausente		No reportado
				Fenoles	mg/L		0.002		No reportado
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		1000
				SST	mg/l		150		20.0
				7	Tramo Río Claro-Cocorná Sur. Desde la cota 2100 Sector la Danta, hasta Puerto Perales sobre el río Magdalena		891962; 1128170		944384; 1159945
DQO	mg/ L	100	<10.0						
COT	mg/ L	10	No reportado						
pH	Unidades pH	5-9	8.35						
Oxígeno disuelto	mg/ L	>6	8.10						
Grasas y aceites	mg/l	Ausente	No reportado						
Fenoles	mg/L	0,002	No reportado						
Coliformes fecales	UFC/100 ml	5000	4100						
SST	mg/l	150	<15.0						



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		RESULTADO DE LA ESTACION MONITOREADA		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA			VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL						
8	Tramo Río Magdalena. Inicio de tramo Corregimiento San Miguel (Sonsón), hasta el Corregimiento de Puerto Perales (Puerto Triunfo)	935765; 1131398	945823; 1154432	DBO ₅	mg/ L	Agropecuario	5	ESTACIÓN PUERTO PERALES (MUNICIPIO DE PUERTO TRIUNFO)	<4.0
				DQO	mg/ L		30		16.90
				pH	Unidades pH		5-9		7.11
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		6.71
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		1000
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		No reportado
				SAR	Fracción		Análisis/reporte		No reportado
8	Tramo Río Magdalena. Inicio de tramo Corregimiento San Miguel (Sonsón), hasta el Corregimiento de Puerto Perales (Puerto Triunfo)	935765; 1131398	945823; 1154432	DBO ₅	mg/ L	Agropecuario	5	ESTACIÓN SAN FERNANDO (MUNICIPIO DE PUERTO TRIUNFO)	<4.0
				DQO	mg/ L		30		20.30
				pH	Unidades pH		5-9		7.41
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		6.91
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		10900
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		No reportado
				SAR	Fracción		Análisis/reporte		No reportado

3.3.1.2.1. *Análisis general de resultados, seguimiento a los objetivos de Calidad -Jurisdicción Cornare*

La evaluación de los objetivos de calidad para la cuenca del Río Negro se realizó bajo condiciones hídricas críticas, monitoreo que fue ejecutado en el mes de febrero, y para las otras cuencas de la jurisdicción se efectuó un monitoreo durante el año 2018, que permitiera el seguimiento de los mismos. Según los resultados que arrojan dichas campañas de monitoreo, de manera general, se observa que los tramos altos tienen un buen cumplimiento de los objetivos de calidad, lo que sugiere que en un futuro estos objetivos podrían llegar a ser más estrictos, con el fin de preservar la buena calidad del agua y brindar un mejor ecosistema para la vida acuática.

Por otro lado, las cuencas medias y especialmente las bajas presentan porcentajes de cumplimiento bajos, lo que demuestra la necesidad de continuar avanzando en las obras de saneamiento, que actualmente adelanta la Corporación, con el fin de contrarrestar el impacto por vertimientos, sobre todo, de aguas residuales domésticas de los cascos urbanos de la jurisdicción y propender por reforzar las acciones de control y seguimiento al sector industrial y las descargas de origen no doméstico que se realizan sobre las fuentes hídricas objeto de ordenación.

Al respecto, a continuación, se ilustra en la Figura 126, el estado de cumplimiento general en función del porcentaje de parámetros que cumplieron con los objetivos de calidad para cada tramo ordenado, de acuerdo a la clasificación y valoración cualitativa descrita en la tabla 7.

Figura 126. Porcentaje de Cumplimiento, Objetivos de calidad Jurisdicción CORNARE

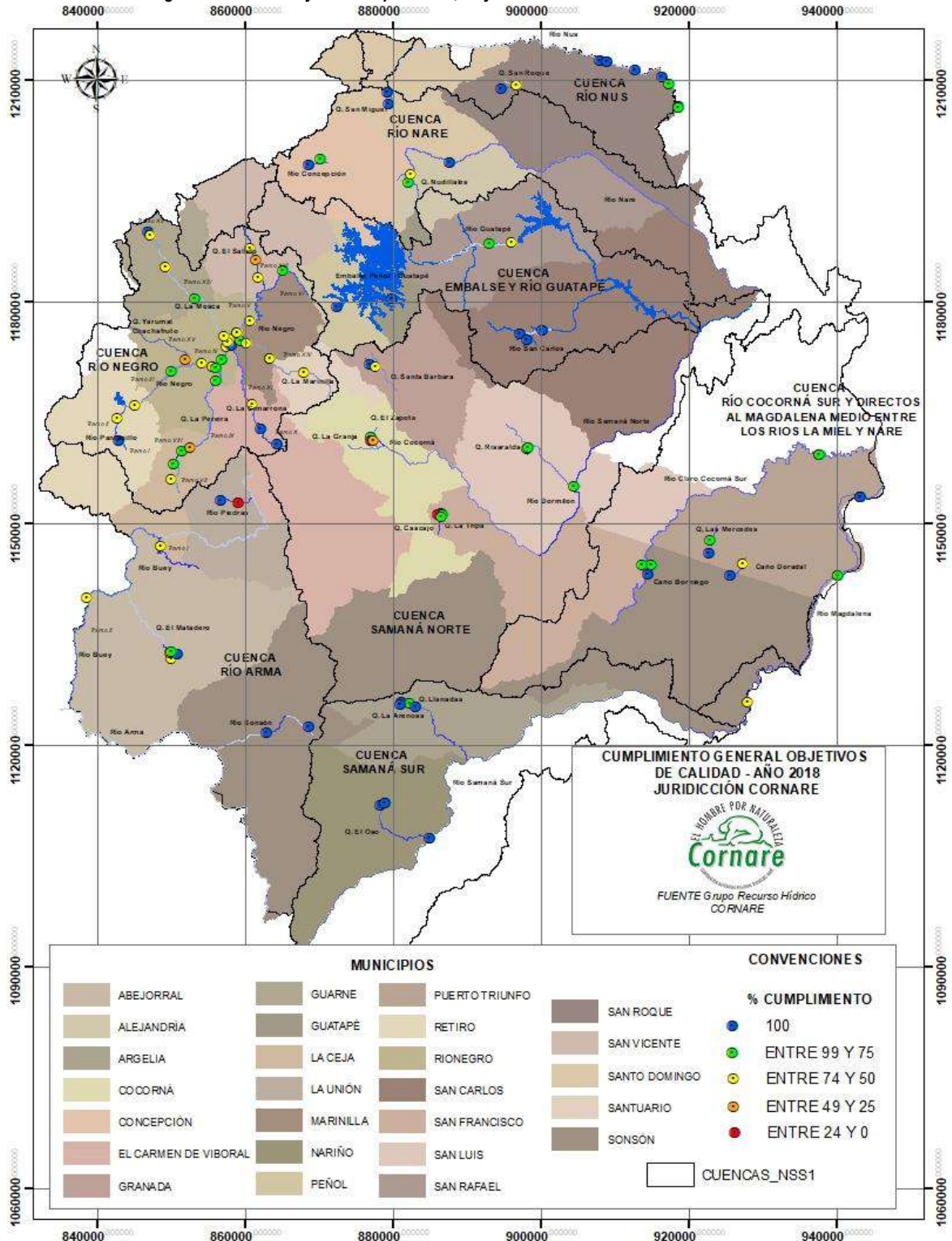


Tabla 7. Descriptores y rangos de variación cumplimiento objetivos de calidad

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Estaciones que cumplieron entre un 24 y un 0% con los parámetros establecidos	24 - 0	Rojo
Estaciones que cumplieron entre un 25 y un 49% con los parámetros establecidos	49 - 25	Naranja
Estaciones que cumplieron entre un 50 y un 74% con los parámetros establecidos	74 - 50	Amarillo
Estaciones que cumplieron entre un 75 y un 99% con los parámetros establecidos	99 - 75	Verde
Estaciones que cumplen con el 100% de los parámetros establecidos	100	Azul

Fuente CORNARE Grupo Recurso Hídrico

Teniendo en cuenta lo anterior, se observa que, de las 106 estaciones monitoreadas en el año 2018, 36 estaciones cumplen con la totalidad de los parámetros establecidos en la Resolución No. 112-5304 del 26 de octubre de 2016, cumpliendo así, con el objetivo de calidad trazado, en aras de garantizar el uso potencial del recurso hídrico, como se resume en la tabla 8.

Tabla 8. Estaciones donde se cumple con el 100% de los objetivos de calidad para las campañas de monitoreo ejecutadas en el año 2018

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Arma	Abejorral - Q. El Gus - Aguas Arriba Descarga Municipio	851000	1132336	Estético	100
Río Samaná Sur	Argelia - Q. Llanadas - Antes Recibir ARD Municipio	881331	1125797	Estético	
Río Samaná Sur	Argelia - Q. La Arenosa - Antes Recibir ARD Municipio	881198	1125480	Estético	
Río Samaná Sur	Argelia - Q. La Arenosa - Después Recibir ARD Municipio	883197	1125297	Estético	
Río Samaná Norte	Cocorná - Q. El Zapote - Antes Recibir ARD PTAR Municipio	877528	1161244	Estético	
Río Nare	Concepción - R. Concepción - Antes Recibir ARD Municipio	868818	1198567	Estético	
Embalsé y Río Guatapé	El Peñol - Puente Embalse El Peñol	872612	1179309	Estético	
Río Samaná Norte	Granada - Q. Santa Bárbara - Antes Recibir ARD Municipio	877091	1171601	Estético	
Embalsé y Río Guatapé	Guatapé - Embalse	880027	1180462	Estético	
Río Arma	La Unión - R. Piedras - Antes Recibir ARD PTAR Municipio	856922	1153243	Estético	
Río Samaná Sur	Nariño - Q. El Oso - Antes Recibir ARD Municipio	878461	1111838	Estético	
Río Samaná Sur	Nariño - Q. El Oso - Después Recibir ARD Municipio	879017	1112150	Estético	
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo-Doradal - Caño Doradal - Antes Recibir ARD Corregimiento	925859	1143005	Estético	
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo-Las Mercedes - Q. La Mercedes - Antes Recibir ARD PTAR Corregimiento	922916	1146097	Estético	



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Embalsé y Río Guatapé	San Carlos - R. San Carlos - Antes Recibir ARD Municipio	897332	1175789	Estético	100
Embalsé y Río Guatapé	San Carlos - R. San Carlos - Después Recibir ARD Municipio	900354	1176241	Estético	
Embalsé y Río Guatapé	San Carlos - R. San Carlos - Estación Charcolargo	898285	1175007	Estético	
Río Nus	San Roque - Q. San Roque - Antes Recibir ARD Municipio	894781	1208951	Estético	
Río Nus	San Roque-Efe Gómez - R. Nus - Antes Recibir ARD Corregimiento	908220	1212670	Estético	
Río Nus	San Roque-Efe Gómez - R. Nus - Después Recibir ARD Corregimiento	909124	1212496	Estético	
Río Nus	San Roque-San José del Nus - R. Nus - Antes Recibir ARD Corregimiento	916581	1210470	Estético	
Río Nus	San Roque-Providencia - R. Nus - Antes Recibir ARD Corregimiento	918728	1206503	Estético	
Río Nare	Santo Domingo - Q. San Miguel - Antes Recibir ARD Municipio	879401	1208378	Estético	
Río Nare	Santo Domingo - Q. San Miguel - Después Recibir ARD Municipio	879495	1206859	Estético	
Río Arma	Sonsón - Bocatoma R. Sonsón - Captación Municipio	868760	1122476	Estético	
Río Arma	Sonsón - R. Sonsón - Después Recibir ARD Municipio	863040	1121670	Estético	
Directos al Magdalena	Sonsón-Jerusalén - Caño Borniego - Después Recibir ARD Corregimiento	914665	1143223	Estético	
Río Nare	Alejandro - R. Nare - Estación El Viento	887896	1198895	Agrícola y pecuario	
Río Nus	San Roque - R. Nus - Estación Caramanta	912868	1211434	Agrícola y pecuario	
Río Samaná Sur	Nariño - R. Samaná Sur - Estación Puente Linda	885184	1107383	Agropecuario	
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo - R. Magdalena - Estación Puerto Perales	943478	1153651	Agropecuario	
Río Negro	El Retiro - Bocatoma R. Pantanillo - Captación Municipio	843113	1161217	Aguas Naturales -consumo Humano	
Río Negro	El Carmen - Bocatoma Q. La Cimarrona - Captación Municipio	864412	1160815	Aguas Naturales -consumo Humano	
Río Negro	El Carmen - Q. La Cimarrona - Estación Puente Larga	862246	1162940	Aguas Naturales -consumo Humano	
Río Negro	Marinilla - Q. La Cimarrona - Estación Coltepunto	858336	1174095	Agrícola y pecuario	
Río Negro	Guarne - Q. La Mosca - Estación Romeral	847084	1189605	Aguas Naturales -consumo Humano	

De igual forma, 32 de las estaciones monitoreadas presentan un cumplimiento entre un 99% y un 75%, reflejando que, de la totalidad de los parámetros asociados con el objetivo de calidad, se cumple con un alto porcentaje de ellos, correspondiente a las estaciones que se ubican, generalmente, en las partes altas de las cuencas, antes de las cabeceras urbanas.

Es importante señalar, que, durante esta campaña de monitoreo, se obtuvo un alto porcentaje de cumplimiento, especialmente para tres estaciones, las cuales se encuentran ubicadas en la parte baja de la cuenca, correspondientes a la estación bocatoma contingencia Rionegro y Casa Mia, sobre la Quebrada La Pereira; y la estación Río Abajo sobre el Río Negro, reflejando la evidente recuperación de la calidad del agua, posterior a las descargas de la cabecera urbana del Municipio de La Ceja y al cierre de la cuenca Río Negro, después de recibir todos los tributarios principales, respectivamente.

Tabla 9. Estaciones donde se cumple con un 99% y 75% de los objetivos de calidad para las campañas de monitoreo ejecutadas en el año 2018

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Arma	Abejorral - Q. El Gus - Aguas Abajo Descarga Municipio	850120	1132651	Estético	80
Río Nare	Alejandría - Q. Nudillales - Antes Recibir ARD Municipio	882312	1196273	Estético	80
Río Samaná Sur	Argelia - Q. Llanadas - Después Recibir ARD Municipio	882482	1125761	Estético	80
Río Samaná Norte	Cocomá - Q. La Granja - Antes Recibir ARD PTAR Municipio	877167	1161683	Estético	80
Río Nare	Concepción - R. Concepción - Después Recibir ARD Municipio	870380	1199337	Estético	80
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo - R. Magdalena - Estación Puerto Perales	943478	1153651	Estético	80
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo-Estación Cocomá - R. Claro - Estación Puente Ferrocarril	937907	1159317	Estético	80
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo -Las Mercedes - Q. La Mercedes - Después Recibir ARD PTAR Corregimiento	923054	1147796	Estético	80
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo-Puerto. Perales - R. Magdalena - Estación Puerto. Perales	943478	1153651	Estético	80
Río Samaná Norte	San Francisco - Q. El Cascajo - Antes Recibir ARD Municipio	886766	1151431	Estético	80
Río Samaná Norte	San Francisco - Q. La Tripa - Antes Recibir ARD Municipio	886800	1151233	Estético	80
Río Samaná Norte	San Francisco - Q. La Tripa - Después Recibir ARD Municipio	886645	1150966	Estético	80
Río Samaná Norte	San Luís - Q. La Risaralda - Antes ARD PTAR CIRUITO 6	898241	1160169	Estético	80
Río Samaná Norte	San Luís - Q. La Risaralda - Después ARD PTAR CIRUITO 6	898447	1160323	Estético	80
Embalsé y Río Guatapé	San Rafael - R. Guatapé - Antes Recibir ARD Municipio	893199	1188003	Estético	80
Río Nus	San Roque-San José del Nus - R. Nus - Después Recibir ARD Corregimiento	917589	1209626	Estético	80
Río Nus	San Roque-Providencia - R. Nus - Después Recibir ARD Corregimiento	918746	1206427	Estético	80

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Directos al Magdalena	Sonsón-Jerusalén - Caño Borniego - Antes Recibir ARD Corregimiento	915150	1144393	Estético	80
Río Nus	San Luis - R. Samaná Norte - Estación La Garrucha	904680	1155141	Agrícola y pecuario	85.71
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo - R. Claro-Cocorná Sur - Estación Puente Ferrocarril	937907	1159317	Agropecuario	75
Directos al Magdalena	San Francisco/Sonsón (límites) - R. Claro-Cocorná Sur - Estación Puente Autopista - Después de la Descarga del Refugio	913827	1144410	Agropecuario	75
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo - R. Magdalena - Estación San Fernando	940330	1143005	Agropecuario	80
Río Negro	Rionegro - R. Negro - Estación Charco Manso	850193	1170702	Aguas Naturales -consumo Humano	88.89
Río Negro	Rionegro - R. Negro - Estación Puente Antes de EBAR Rionegro	856970	1172290	Estético	90
Río Negro	Marinilla - R. Negro - Estación Río Abajo	865236	1184293	Agrícola y pecuario	77.78
Río Negro	La Ceja - Q. La Pereira - Estación Las Acacias	850443	1158051	Aguas Naturales -consumo Humano	85.71
Río Negro	La Ceja - Q. La Pereira - Estación San Sebastián	851564	1159821	Agrícola y pecuario	87.5
Río Negro	Rionegro - Q. La Pereira - Estación Captación Urbana Rionegro (Contingencia)	856208	1169382	Agrícola y pecuario	75
Río Negro	Rionegro - Q. La Pereira - Estación Casa Mia	856208	1171168	Agrícola y pecuario	85.71
Río Negro	Guame - Q. La Mosca - Estación OMYA	853396	1180456	Industrial	85.71
Río Negro	El Santuario - Q. La Marinilla - Antes Recibir ARD Municipio	859613	1174713	Agrícola y pecuario	80
Río Negro	El Santuario - Q. La Marinilla - Antes de Recibir AR de la PTARD del Municipio	863560	1172345	Agrícola y pecuario	80

En la Tabla 10, se muestran las 30 estaciones monitoreadas, que presentan un cumplimiento entre un 74% y un 50%, las cuales se encuentran en su gran mayoría, ubicadas, después de recibir los efluentes de las cabeceras urbanas, de los 26 municipios jurisdicción Cornare, situación que refleja la necesidad de continuar liderando desde la Corporación los proyectos de saneamiento urbano, en aras de garantizar los estándares normativos señalados en la Resolución 0631 de 2015 y el cumplimiento de los objetivos de calidad.

Tabla 10. Estaciones donde se cumple con un 74% y 50% de los objetivos de calidad para las campañas de monitoreo ejecutadas en el año 2018

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Arma	Abejorral - Q. La Aduanilla - Aguas Arriba Descarga Municipio	850213	1131666	Estético	60

**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Nare	Alejandro - Q. Nudillales - Después Recibir ARD Municipio	882541	1197385	Estético	60
Río Samaná Norte	Granada - Q. Santa Bárbara - Después Recibir ARD Municipio	877829	1171325	Estético	60
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo - R. Magdalena - Estación San Fernando	940330	1143005	Estético	60
Directos al Magdalena	Puerto Triunfo-Doradal - Caño Doradal - Después Recibir ARD Corregimiento	927594	1144638	Estético	60
Embalsé y Río Guatapé	San Rafael - R. Guatapé - Después Recibir ARD Municipio	896324	1188188	Estético	60
Río Nus	San Roque - Q. San Roque - Después Recibir ARD Municipio	896898	1209384	Estético	60
Río La Miel	Sonsón - R. La Miel - Estación San Miguel	928107	1125890	Estético	60
Río Arma	Abejorral - R. Buey - Estación La Mayoría	848794	1146953	Preservación de fauna y flora	62.5
Río Arma	Abejorral - R. Buey - Estación Puente El Cairo	838743	1140043	Agrícola y pecuario	66.67
Río Negro	El Retiro - R. Negro - Estación El Hierbal	842924	1164354	Aguas Naturales -consumo Humano	57.14
Río Negro	El Retiro - R. Negro - Estación Montenevado	845190	1165982	Aguas Naturales -consumo Humano	66.67
Río Negro	Rionegro - R. Negro - Estación Bocatoma Municipio. Rionegro	854389	1171819	Aguas Naturales -consumo Humano	66.67
Río Negro	Rionegro - R. Negro - Estación Puente Real	855822	1171285	Estético	70
Río Negro	Rionegro - R. Negro - Estación Después de la Descarga PTAR Rionegro	857670	1173961	Estético	50
Río Negro	Rionegro * - R. Negro - Estación Puente Autopista	857904	1175161	Estético	70
Río Negro	Rionegro - R. Negro - Estación La Fresera	860887	1177457	Agrícola y pecuario	62.5
Río Negro	La Ceja - Q. La Pereira - Estación Flores de la Montaña (antes de la zona urbana La Ceja)	850270	1156045	Aguas Naturales -consumo Humano	71.43
Río Negro	El Carmen - Q. La Cimarrona - Estación Flor Silvestre	861180	1166122	Estético	60
Río Negro	Marinilla * - Q. La Cimarrona - Estación Puente Vía El Tranvía (en límites con Municipio. Rionegro)	857748	1174609	Estético	70
Río Negro	Guarne - Q. La Mosca - Estación Puente Molino	847355	1189120	Industrial	71.43
Río Negro	Guarne * - Q. La Mosca - Estación Km 26 Box Coulvert	849414	1184786	Industrial	57.14
Río Negro	Rionegro * - Q. La Mosca - Estación Riotex	857313	1175444	Industrial	64.29
Río Negro	El Santuario - Q. La Marinilla - Estación La Amistad	868079	1170493	Agrícola y pecuario	70

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Negro	El Santuario - Q. La Marinilla - Después de Recibir AR de la PTARD del Municipio	859099	1175896	Agrícola y pecuario	50
Río Negro	Marinilla - Q. La Marinilla - Estación El Chagualo - Antes de Recibir ARD Municipio	863565	1172342	Agrícola y pecuario	70
Río Negro	Marinilla - Q. La Marinilla - Estación Puente La Feria	860336	1174454	Agrícola y pecuario	50
Río Negro	Marinilla - Q. La Marinilla - Estación Alcaravanes	859104	1175901	Agrícola y pecuario	50
Río Negro	San Vicente - Q. El Salado - Estación Antes de recibir las ARD Municipio	860841	1187335	Agrícola y pecuario	66.67
Río Negro	San Vicente - Q. El Salado - Estación Compañía Abajo	861867	1183370	Agrícola y pecuario	55.56

En la tabla 11, se evidencian las 5 estaciones monitoreadas que presentan un cumplimiento entre un 49% y un 25%. Estas cinco estaciones se encuentran ubicadas después de las descargas de las cabeceras urbanas, con excepción de la Estación Las Delicias, que se encuentra ubicada cerca de la zona aeroportuaria del Municipio de Rionegro, y después de recibir las descargas de aguas residuales (algunas sin el adecuado tratamiento) de algunos centros poblados del Municipio de Rionegro.

Al respecto, es importante señalar que, en el año 2018, finalizó el proyecto de construcción de la PTAR del Municipio de San Vicente, con recursos de la Gobernación de Antioquia, y desde la Corporación se avanza con la etapa contractual para la construcción de la PTAR del Municipio de Abejorral. Adicionalmente, se continúa con las obras de optimización de la PTAR del Municipio de La Ceja; acciones que propenden por mejorar la calidad del agua y garantizar el cumplimiento de los objetivos de calidad trazados para estas corrientes ordenadas.

Tabla 11. Estaciones donde se cumple con un 49% y 25% de los objetivos de calidad para las campañas de monitoreo ejecutadas en el año 2018

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Arma	Abejorral - Q. La Aduanilla - Aguas Abajo Descarga Municipio	850108	1132582	Estético	40
Río Samaná Norte	Cocorná - Q. El Zapote - Después Recibir ARD PTAR Municipio	877530	1161232	Estético	40
Río Negro	La Ceja - Q. La Pereira - Estación Manzanares	852803	1160278	Agrícola y pecuario	25
Río Negro	Rionegro - Q. Chachafruto - Estación Las Delicias	852043	1172206	Industrial	42.86
Río Negro	San Vicente - Q. El Salado - Estación Después de la descarga PTARD Municipio	861579	1185787	Agrícola y pecuario	44.44

Finalmente, de las 106 estaciones monitoreadas durante las campañas ejecutadas en el año 2018, solo 3 de ellas presentan un bajo cumplimiento de los objetivos de calidad. Estas estaciones se ubican después de recibir las aguas residuales de los cascos urbanos del Municipio de Cocorná, La Unión y San Francisco.

A pesar de que estos Municipios cuentan hoy con Plantas de tratamiento de aguas residuales, se evidencia la necesidad de adelantar proyectos de optimización, que permitan garantizar el uso potencial del recurso hídrico.

Tabla 12. Estaciones donde se cumple con un 24% y 0% de los objetivos de calidad para las campañas de monitoreo ejecutadas en el año 2018

Cuenca	Fuente Hídrica Monitoreada	Coordenada X	Coordenada Y	Uso de agua asociado con los objetivos de calidad	% de cumplimiento de los objetivos de calidad
Río Samaná Norte	Cocorná - Q. La Granja - Después Recibir ARD PTAR Municipio	877118	1161303	Estético	20
Río Arma	La Unión - R. Piedras - Después Recibir ARD PTAR Municipio	859281	1152937	Estético	20
Río Samaná Norte	San Francisco - Q. El Cascajo - Después Recibir ARD Municipio	886257	1151316	Estético	20

3.3.1.2.2. *Análisis de resultados por parámetro, seguimiento a los objetivos de Calidad - Jurisdicción Cornare*

De acuerdo con lo establecido mediante la Resolución No. 112-5304 del 26 de octubre de 2016, y los muestreos realizados por el Laboratorio Ambiental de CORNARE durante el año 2018, se realizó el análisis del cumplimiento de los objetivos de calidad sobre las corrientes ordenadas, obteniendo los resultados que se muestran en el presente ápice para cada uno de los parámetros.

Al respecto, se evidencia que las cuencas altas presentan un estado relativamente bueno en cuanto a los parámetros analizados (Oxígeno Disuelto, sólidos suspendidos y pH).

Los parámetros biológicos muestran también, cómo el grado de oxigenación en esta parte de las cuencas es suficiente para originar procesos aeróbicos importantes, que ayudan a la autodepuración del agua. Parámetros como la Demanda Química de Oxígeno – DQO y la Demanda Biológica de Oxígeno -DBO₅ muestran concentraciones manejables, con un control más riguroso de los efluentes.

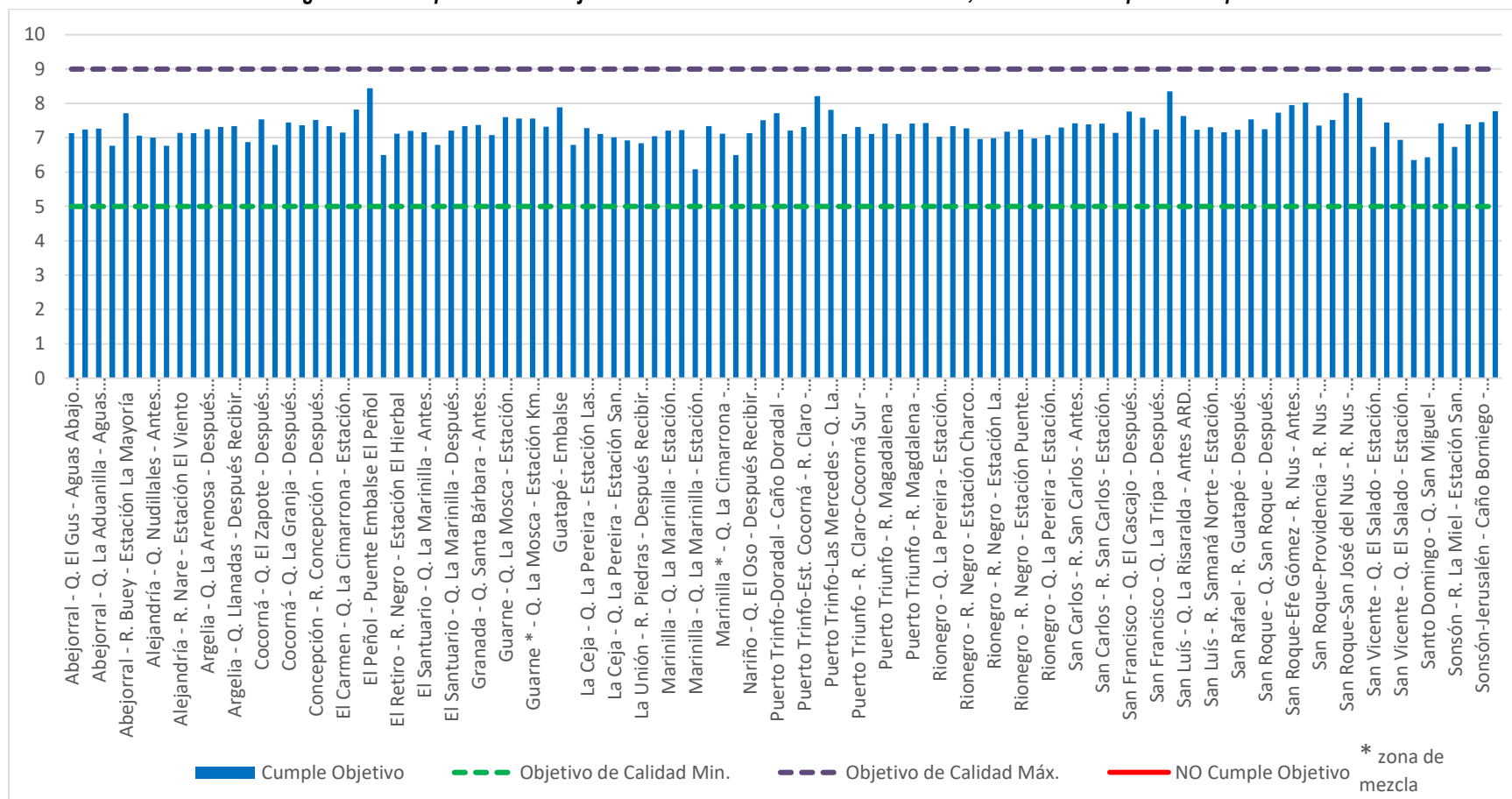
En cuanto a la calidad microbiológica referente a las concentraciones de Coliformes Totales y de *E. Coli*, se encuentran muy elevadas (superiores a 10000 NMP/100ml), que impide el uso directo o indirecto de este recurso, para actividades humanas y agrícolas, con especial referencia sobre las estaciones ubicadas en la parte media y baja de las cuencas. Los metales por su parte (los cuales se monitorean únicamente en la cuenca Río Negro), no mostraron concentraciones de importancia.

En la cuenca media y sobre todo en la baja, los altos niveles de materia orgánica y de nutrientes, sumados a la baja oxigenación y una alta concentración de patógenos muestran un elevado grado de deterioro de algunas corrientes ordenadas. Cabe resaltar que, en esta zona se encuentran concentradas las descargas de efluentes domésticos e industriales que impiden la auto recuperación del río.

- **Potencial de Hidrógeno (pH)**

En la figura 127, se observan los valores de potencial de Hidrogeniones (pH) reportados en toda la jurisdicción en las campañas de monitoreo efectuadas en el año 2018, donde las condiciones de pH del agua son muy estables y cercanas a la neutralidad, los cuales no son limitantes para ningún uso y desde el punto de vista limnológico, no presentan rasgos desfavorables para el establecimiento de la biota acuática.

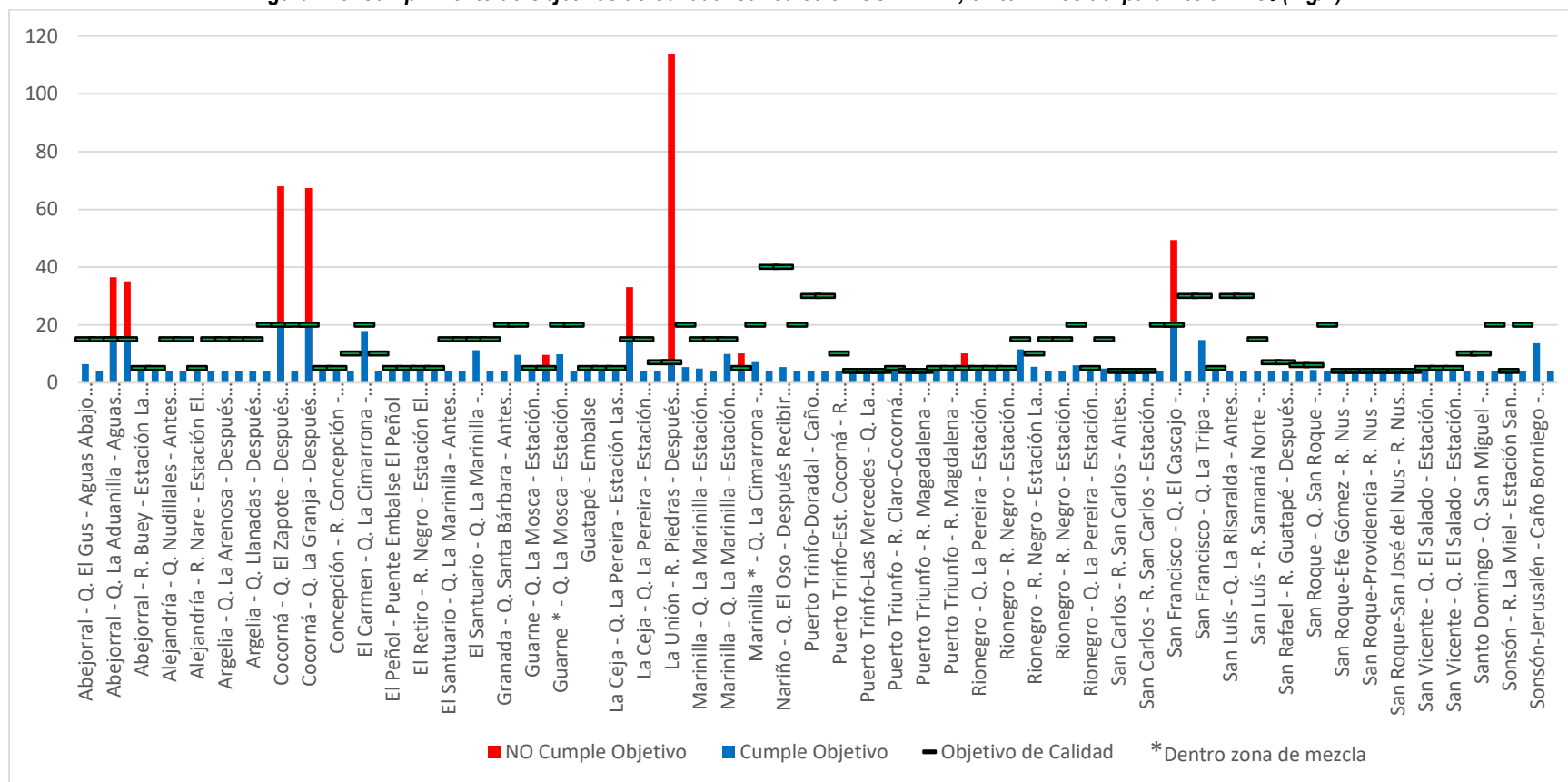
Figura 127. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro pH



• **Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅)**

En la figura 128, se observa que de 106 estaciones monitoreadas solo 10 estaciones incumplen el objetivo de calidad para el parámetro DBO₅, situación que también se ve reflejada en la gráfica del oxígeno disuelto (Figura 129.), ya que este disminuye en función de la degradación de la DBO. Los puntos críticos se asocian principalmente, a la descarga de aguas residuales domésticas municipales, cuyos municipios presentan retos importantes relacionados con la optimización de sus sistemas de tratamiento.

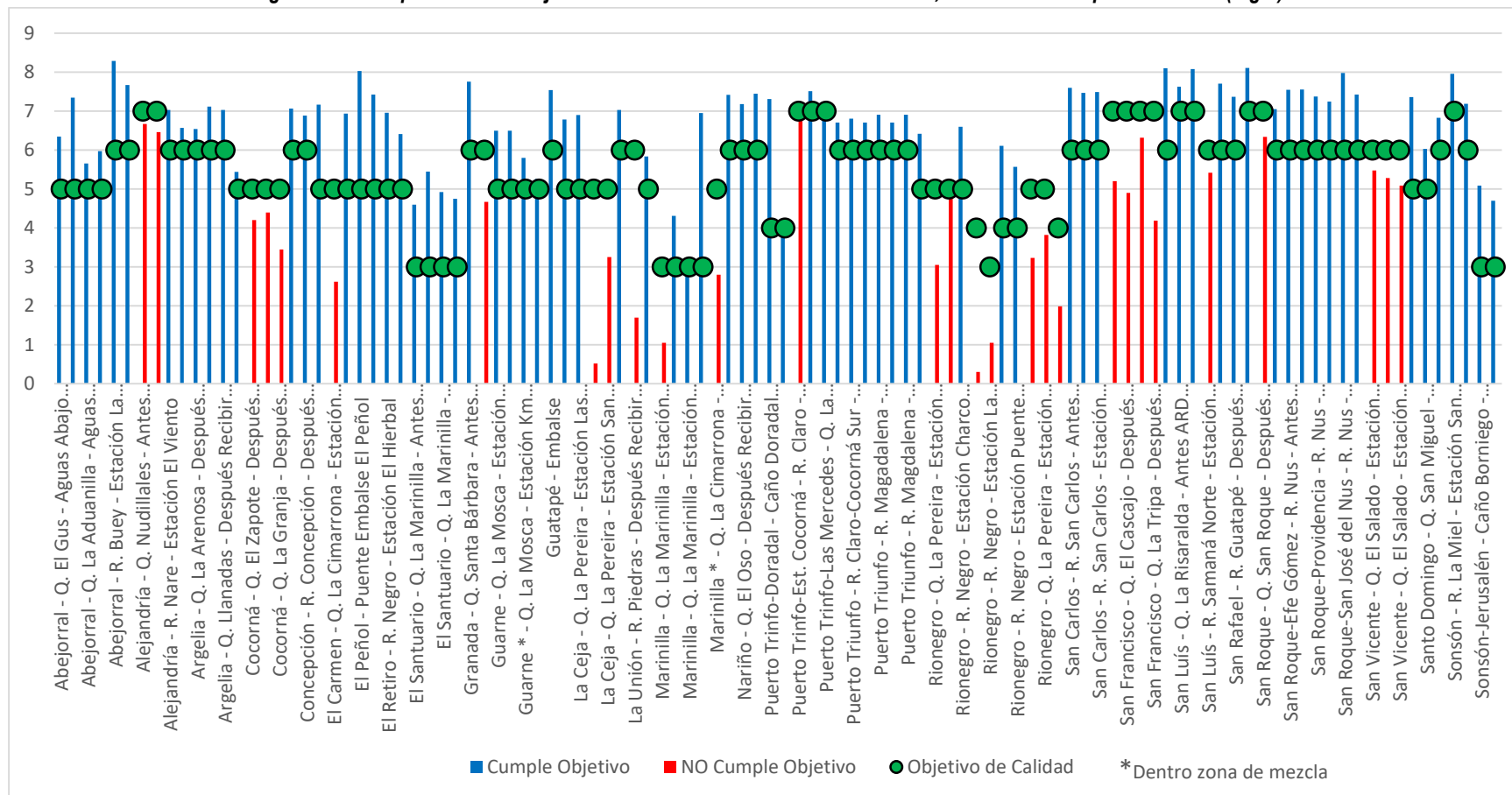
Figura 128. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro DBO₅ (mg/L)



- Oxígeno Disuelto (OD)

En la figura 129, se observa el seguimiento del parámetro Oxígeno Disuelto, en el cual se evidencia un incumplimiento en los objetivos de calidad para 29 estaciones, donde el principal actor contaminante son las aguas residuales domésticas municipales, y en algunas de ellas, asociado igualmente a las descargas de origen no doméstico del sector industrial.

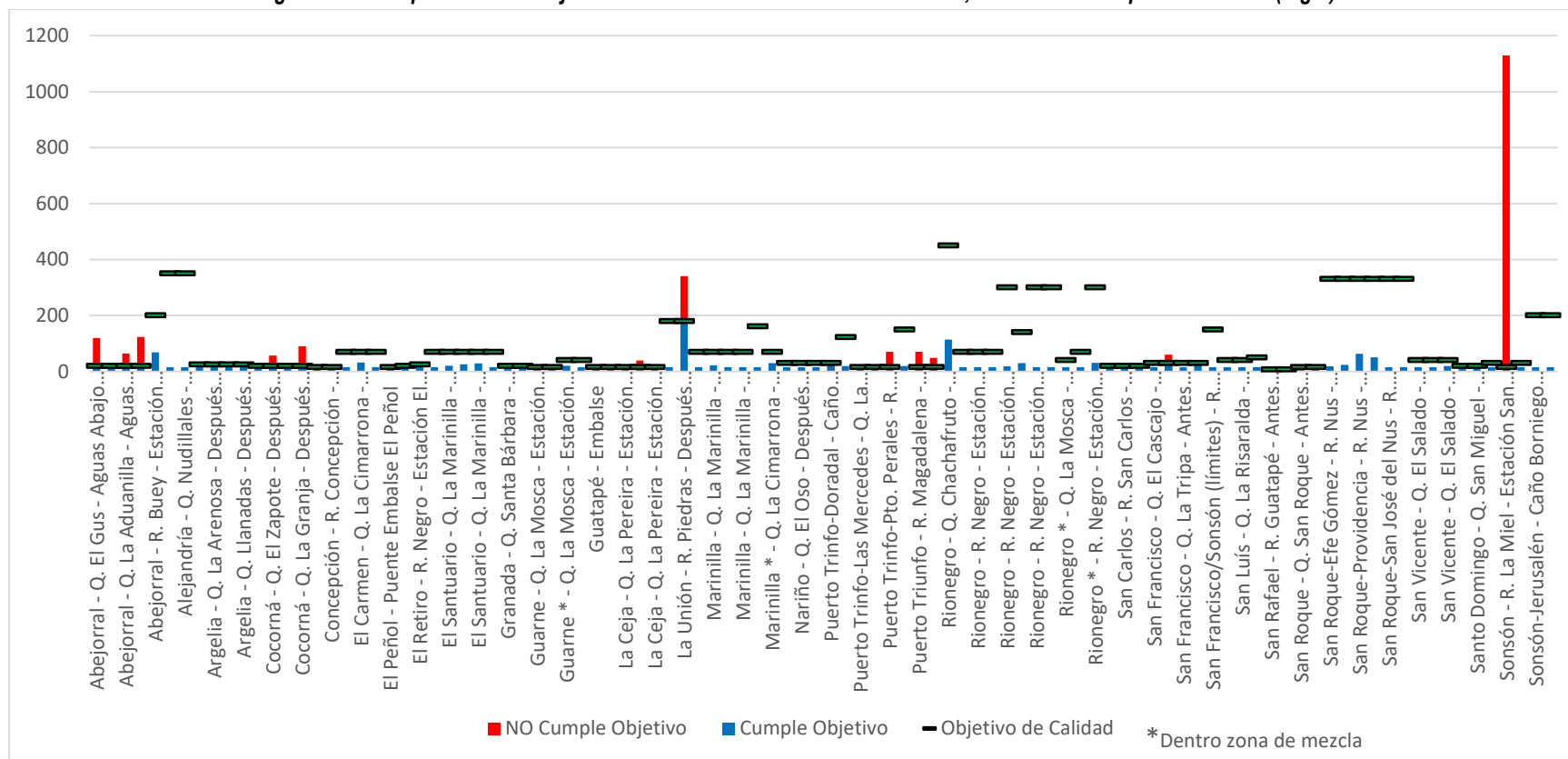
Figura 129. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro OD (mg/L)



• **Sólidos Suspendidos totales (SST)**

En la figura 130, se observa que de las 100 estaciones en las que se monitorea el parámetro de SST, 15 de ellas presentan un incumplimiento del objetivo de calidad. El punto más crítico, reportó una concentración de 1129.20 mg/L, sobre el tramo ordenado del Río La Miel. Es importante considerar, que las cuencas son sistemas altamente dinámicos, en los que las características morfométricas, las condiciones de cobertura y el suelo, interrelacionan continuamente con elementos meteorológicos, dando como resultado de esta interacción, los procesos de escorrentía y el transporte de sedimentos, los cuales ocurren de forma natural y que igualmente se ven alterados por la acción antrópica.

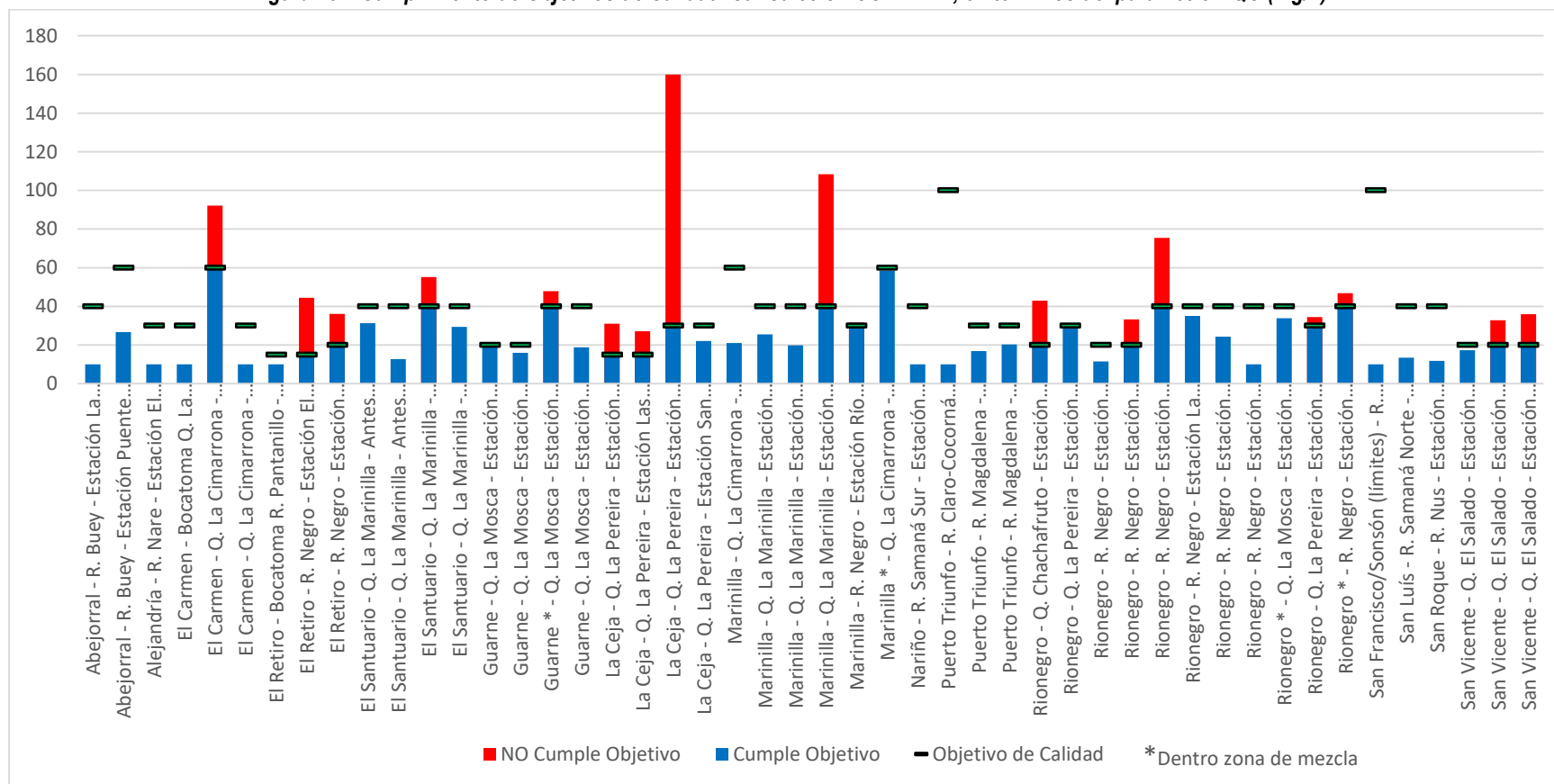
Figura 130. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro SST (mg/L)



• **Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

En la Figura 131, se observa que de las 48 estaciones en las que se monitorea el parámetro de DQO, 18 de ellas presentan un incumplimiento del objetivo de calidad. Los puntos más críticos se encuentran asociados a las estaciones que se ubican después de recibir las aguas residuales de los Municipios de El Carmen de Viboral, La Ceja, Marinilla y Rionegro, alcanzando un alto grado de contaminación en el río, y reflejando la presencia de alto material orgánico biodegradable y no biodegradable, que alteran las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua.

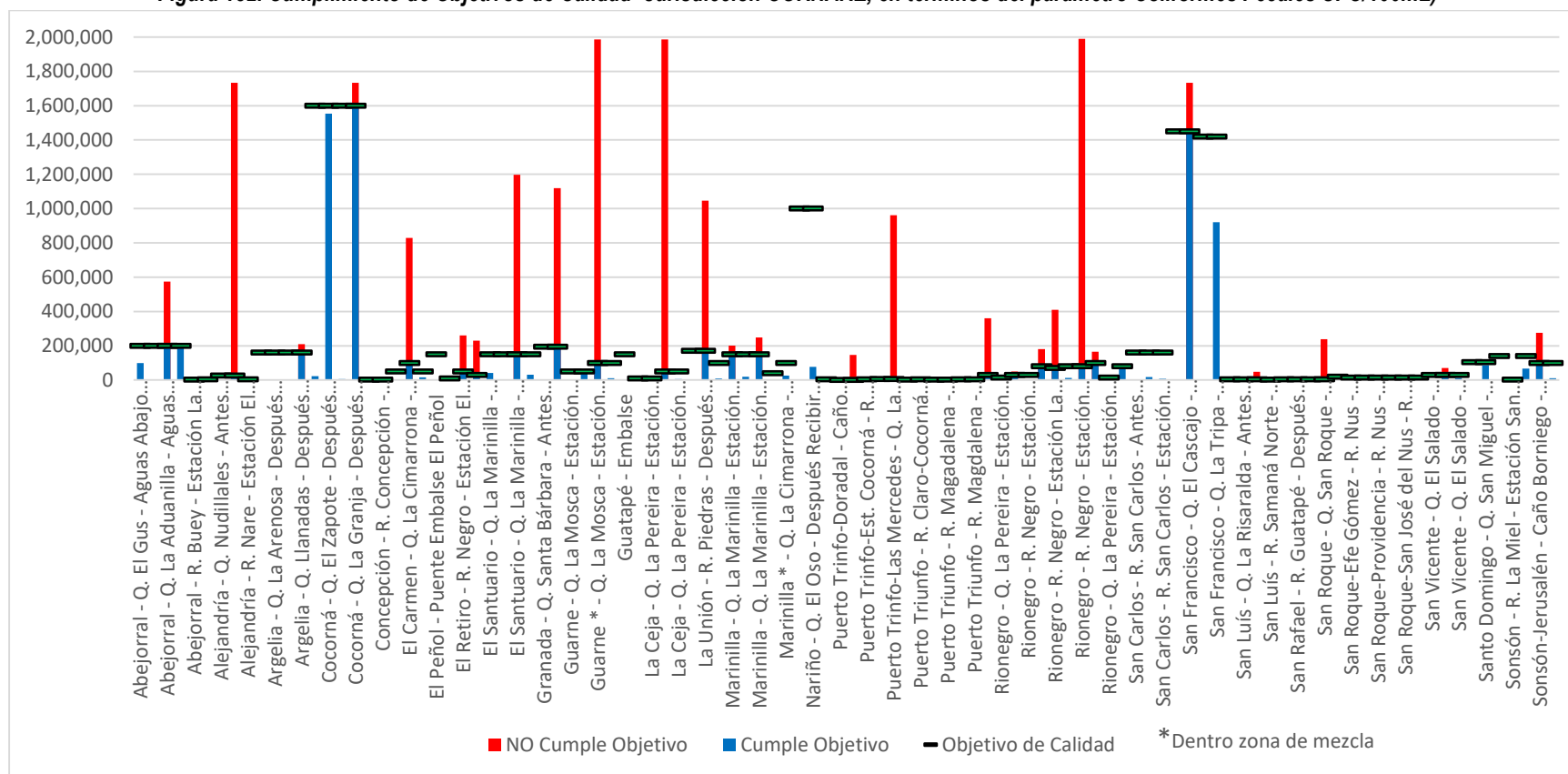
Figura 131. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro DQO (mg/L)



- **Coliformes fecales (*E.Coli*)**

De acuerdo con los resultados obtenidos en las campañas del año 2018, el objetivo de calidad se cumple para Coliformes fecales en 69 estaciones y se incumple en 37 puntos monitoreados sobre las corrientes ordenadas. Los puntos más críticos se encuentran asociados a las estaciones que se ubican después de recibir las aguas residuales de los cascos urbanos, limitando el uso directo o indirecto del recurso hídrico, para actividades humanas y agrícolas; dado que estos municipios no cuentan con tratamientos terciarios para su efectiva remoción.

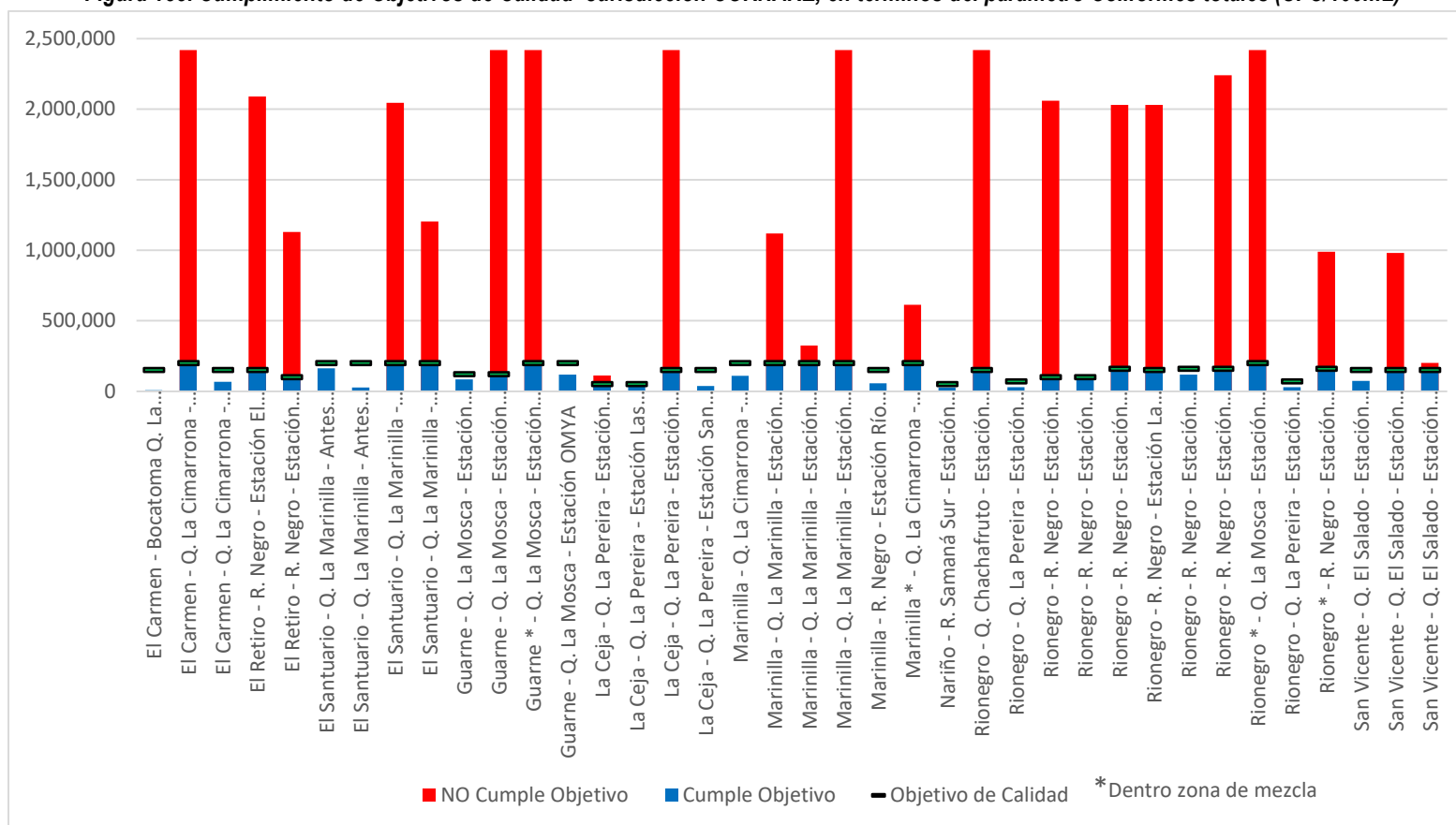
Figura 132. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro Coliformes Fecales UFC/100mL)



● **Coliformes totales (CT)**

En la Figura 133, se observa que de las 38 estaciones a las cuales se le monitorea el parámetro de Coliformes totales, 22 de ellas presentan un incumplimiento del objetivo de calidad. Teniendo en cuenta, que los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales, los puntos más críticos se asocian a las estaciones que se encuentran ubicadas después de los cascos urbanos, no obstante, se presenta también incumplimiento en algunas de las estaciones ubicadas en las partes altas de las cuencas, reflejando la presencia de actividades agropecuarias y de ganadería.

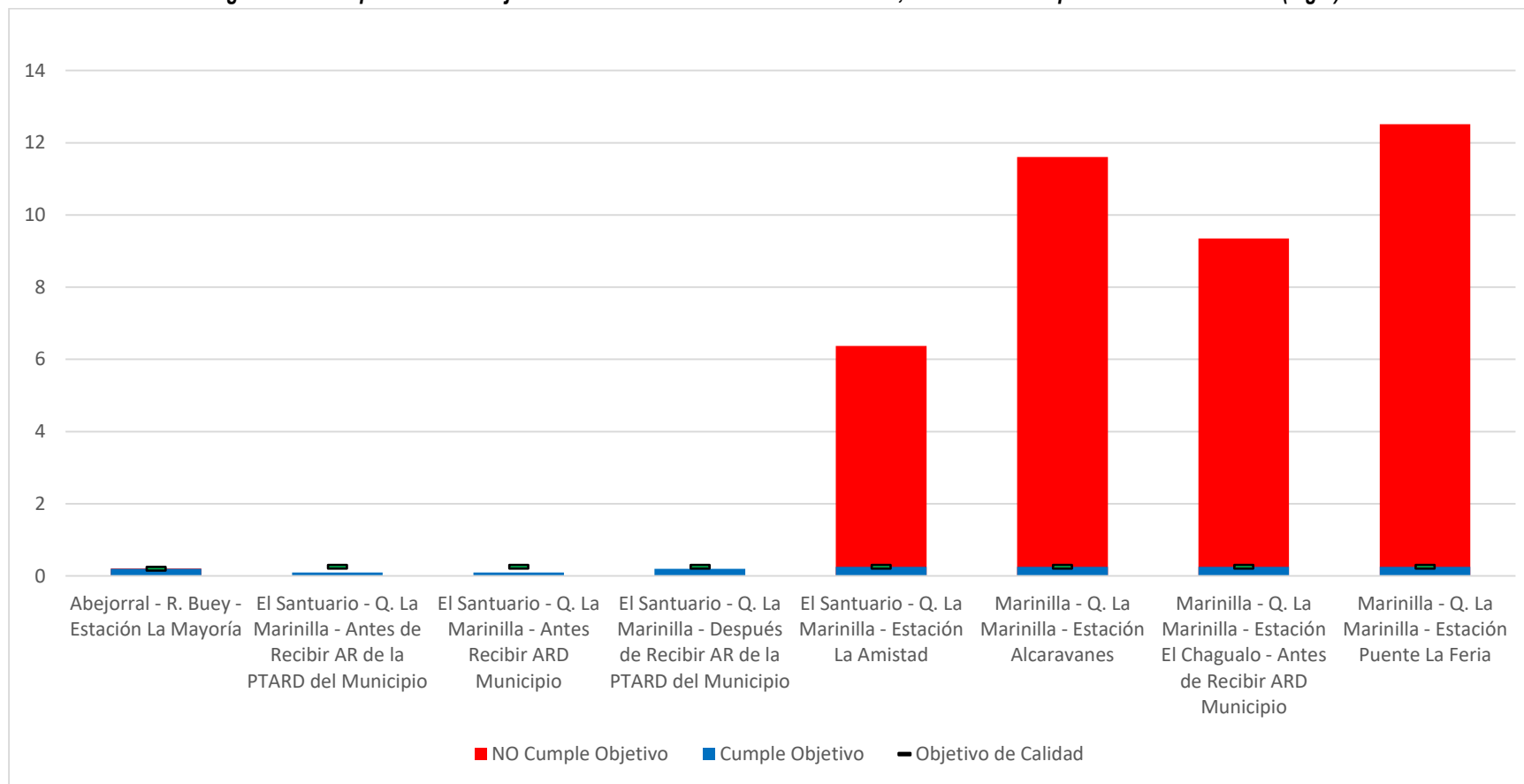
Figura 133. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro Coliformes totales (UFC/100mL)



- **Fosforo total (P)**

En la Figura 134, se observa que de las 8 estaciones en las que se le monitorea el parámetro de fosforo total, 4 de ellas presentan un incumplimiento del objetivo de calidad, producto del vertido continuo de detergentes, pesticidas, fertilizantes y aguas residuales provenientes de los cascos urbanos del Municipio de Marinilla y El Santuario; dado que dicho incumplimiento se presenta en todo el perfil longitudinal de la Quebrada La Marinilla.

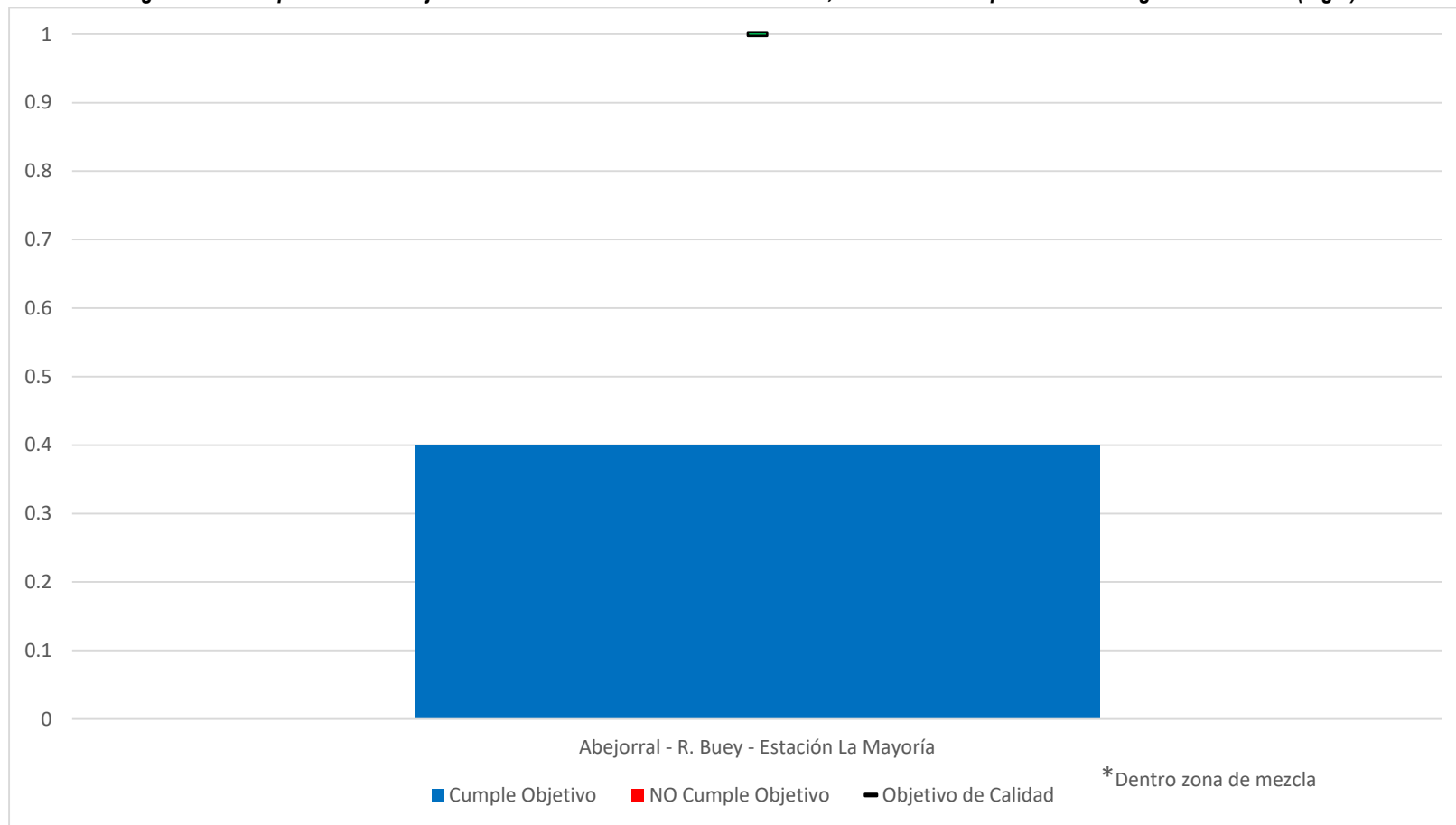
Figura 134. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro Fosforo total (mg/L)



- **Nitrógeno Amoniacal (NH₃)**

En la Figura 135, se observa el valor del parámetro nitrógeno amoniacal reportado para la única estación, establecida en el marco del corto plazo, la cual cumplen con el objetivo de calidad señalado.

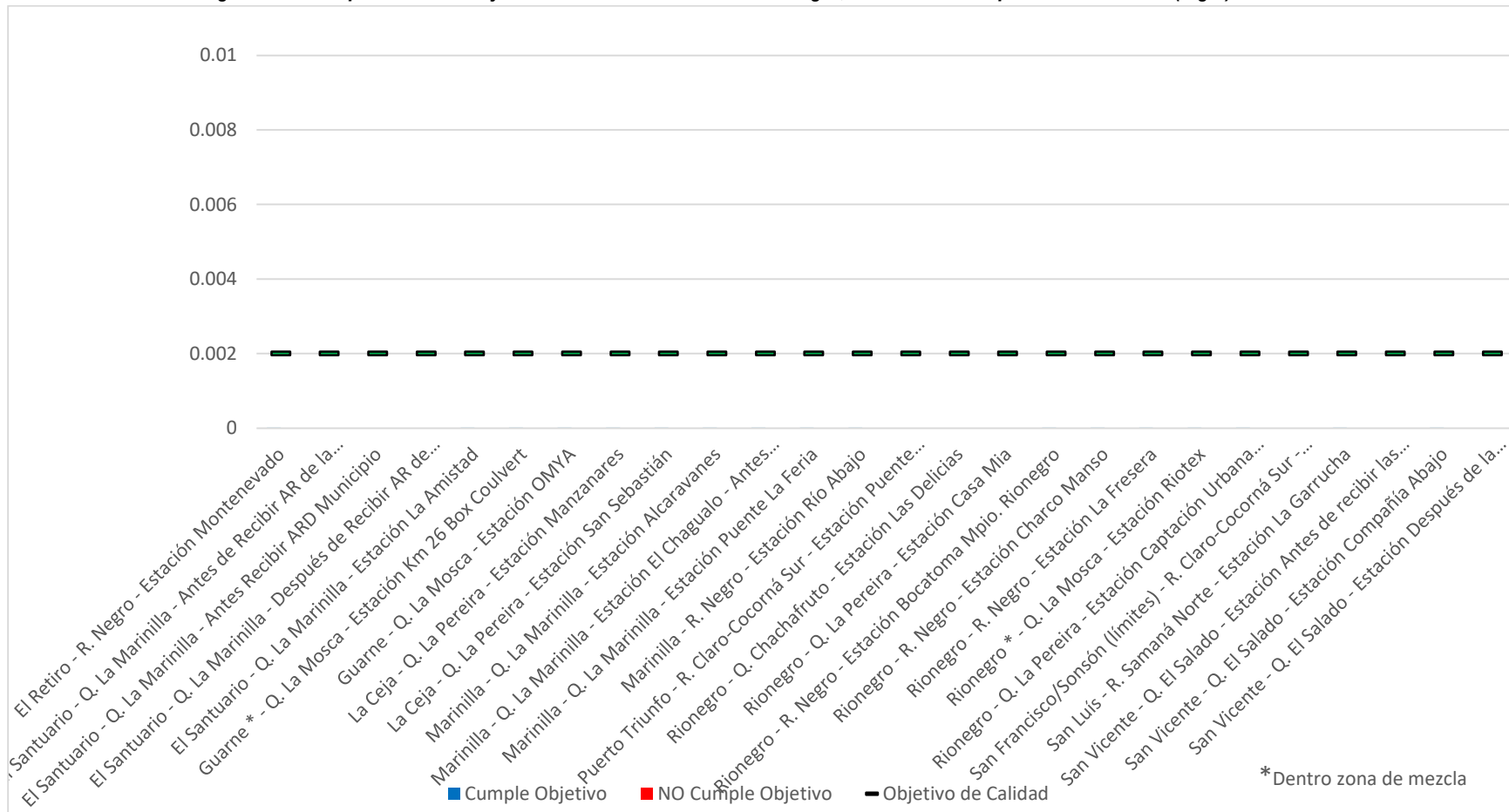
Figura 135. Cumplimiento de Objetivos de Calidad -Jurisdicción CORNARE, en términos del parámetro Nitrógeno Amoniacal (mg/L)



- Fenoles

En la Figura 136, se observan los valores del parámetro fenoles reportados para la cuenca Río Negro y otras cuencas, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 26 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

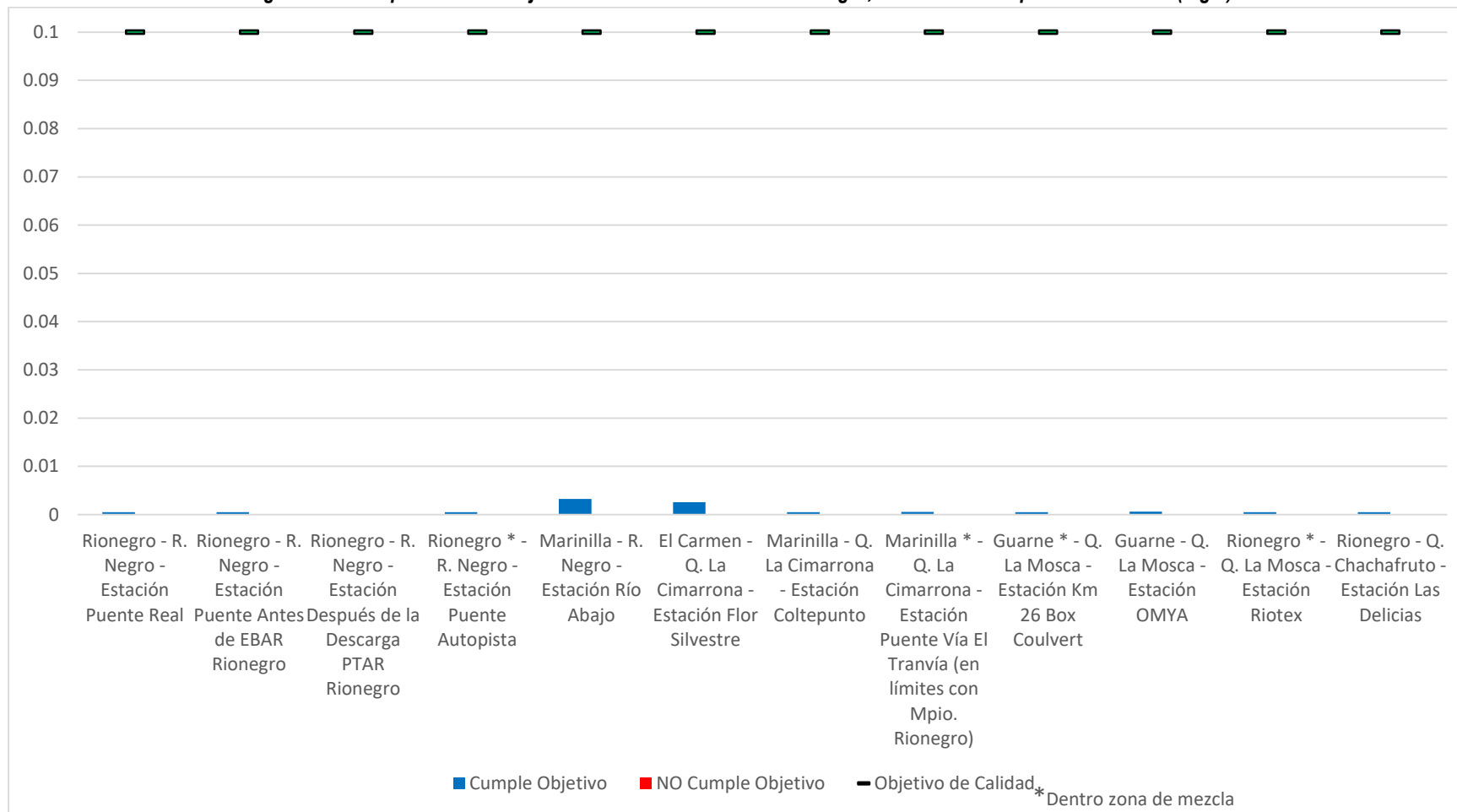
Figura 136. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Fenoles (mg/L)



- **Plomo (Pb)**

En la Figura 137, se observan los valores del parámetro plomo reportados para la cuenca Río Negro, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 12 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

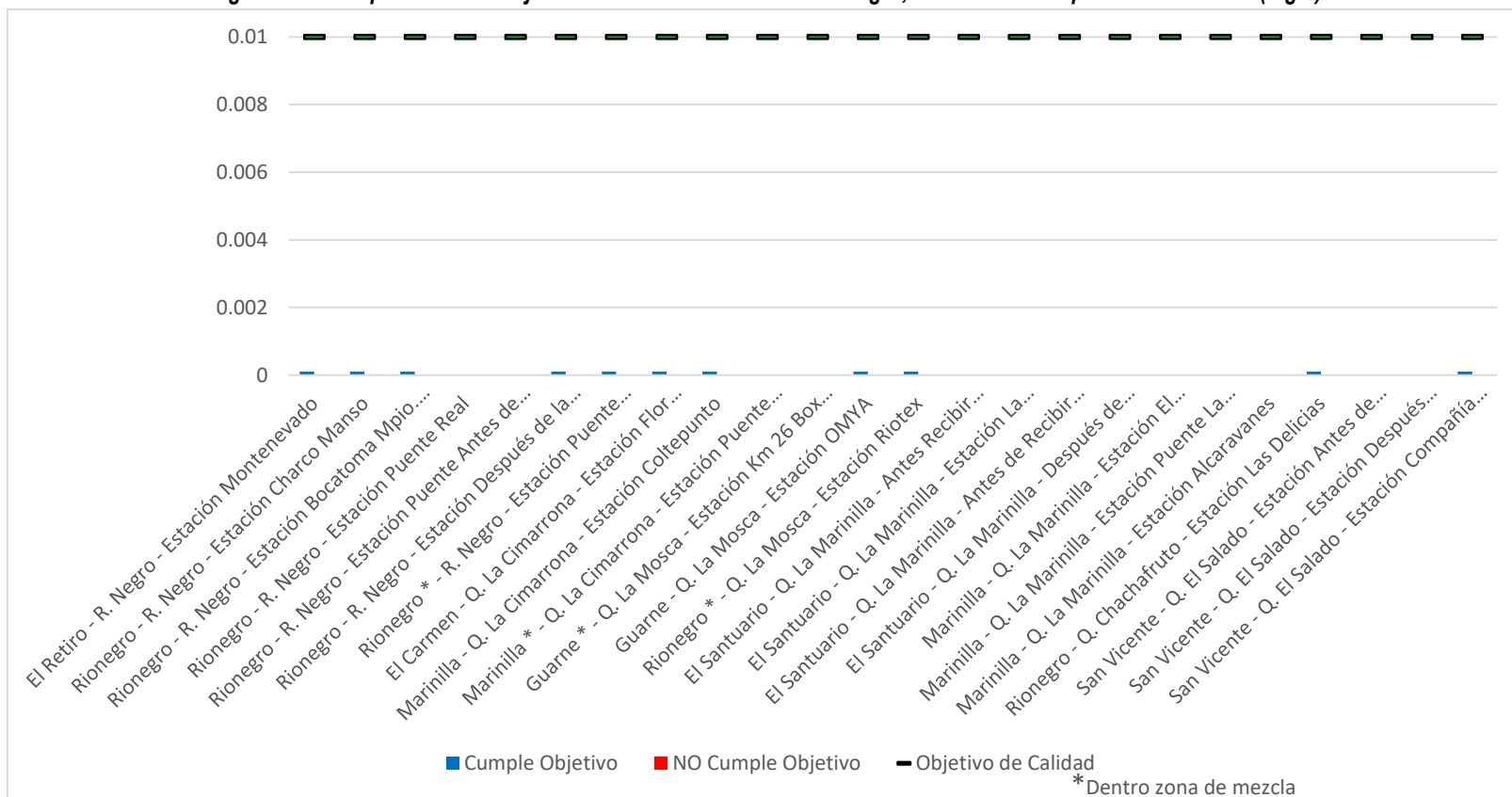
Figura 137. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Plomo (mg/L)



- **Cadmio (Cd)**

En la Figura 138, se observan los valores del parámetro Cadmio reportados para la cuenca Río Negro, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 24 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

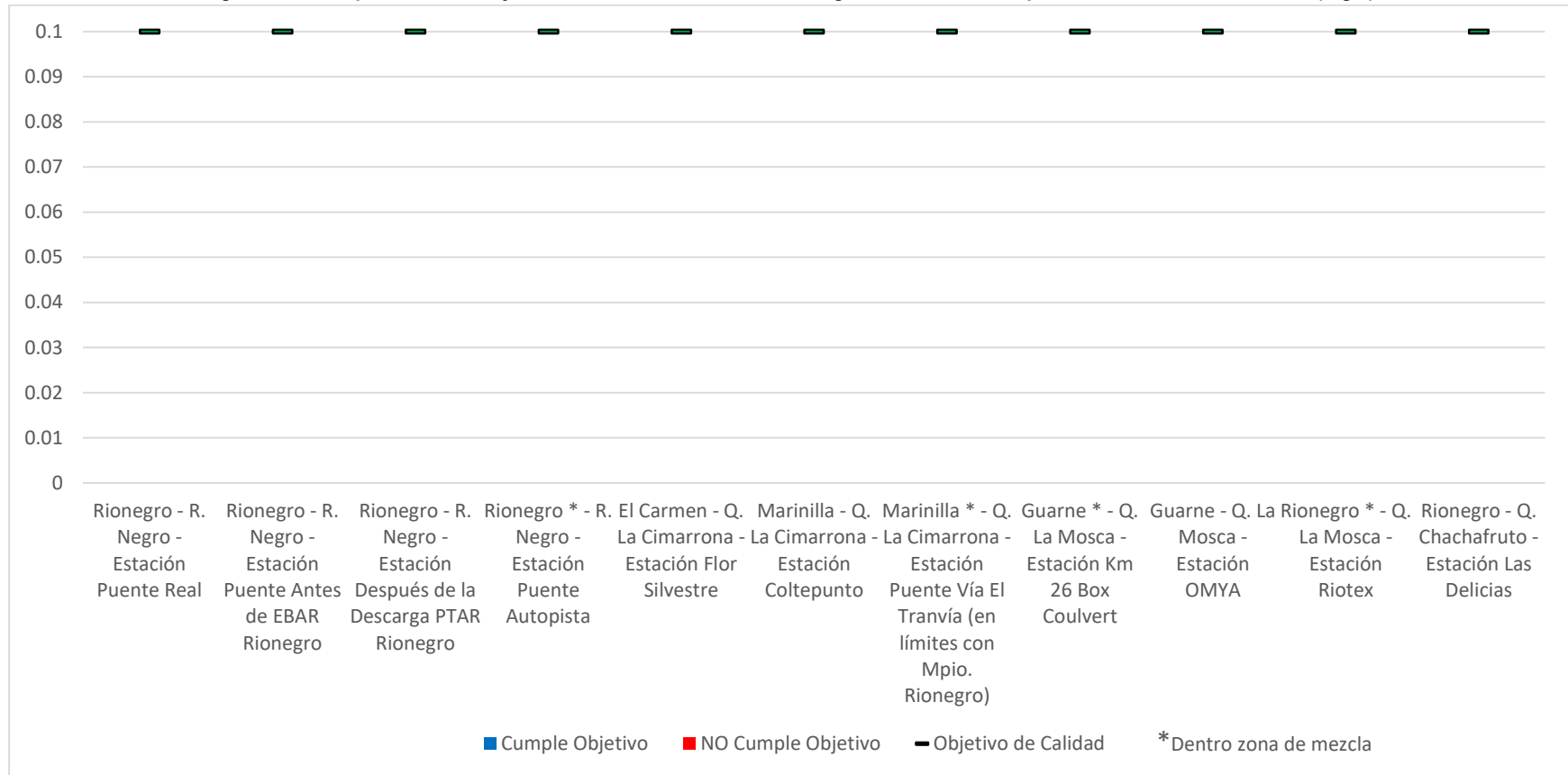
Figura 138. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Cadmio (mg/L)



- **Cromo hexavalente (Cr⁶⁺)**

En la Figura 139, se observan los valores del parámetro Cromo hexavalente reportados para la cuenca Río Negro, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 11 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

Figura 139. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Cromo hexavalente (mg/L)

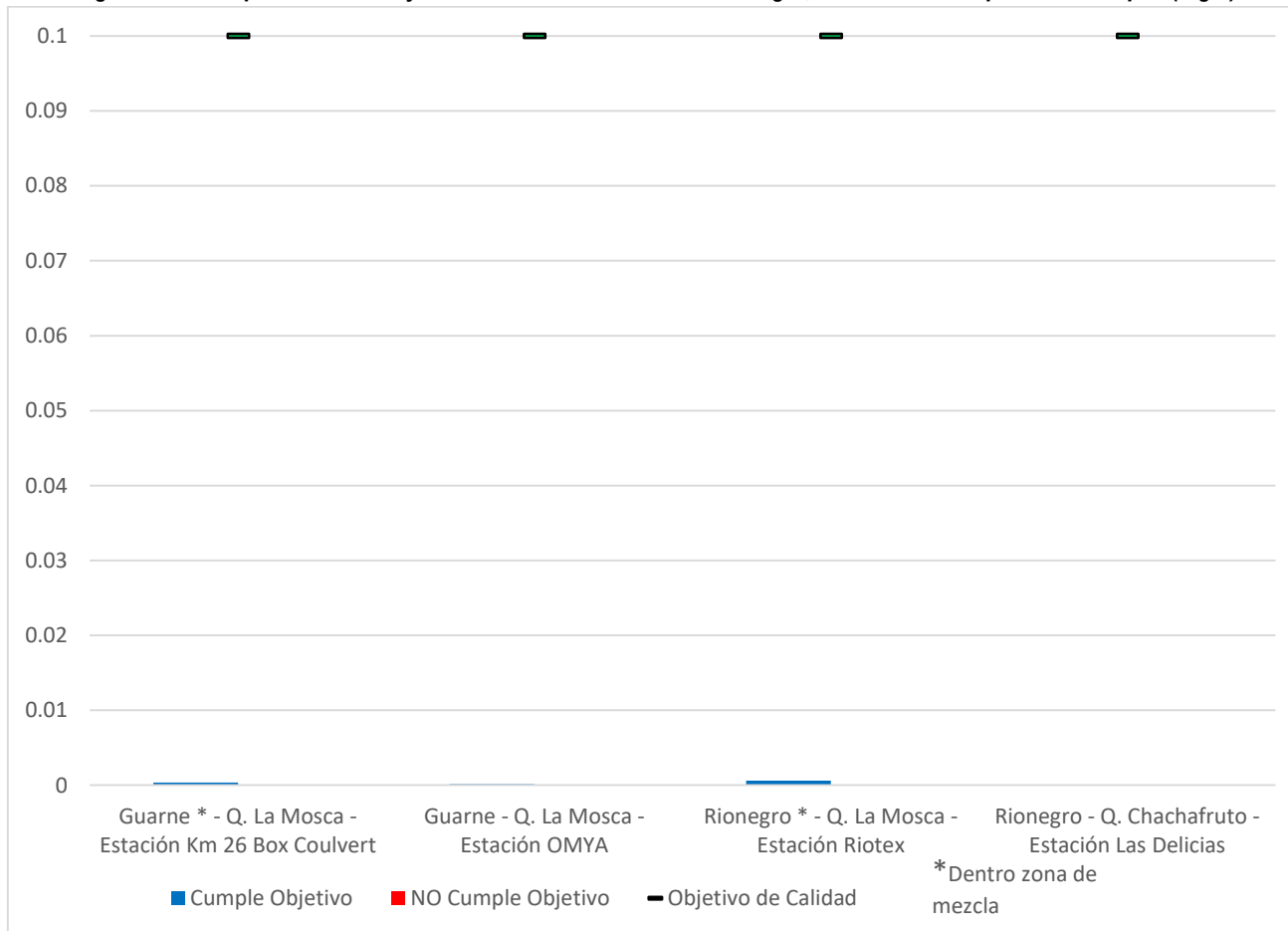




- **Níquel (Ni)**

En la Figura 140, se observan los valores del parámetro Níquel reportados para la cuenca Río Negro, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 4 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

Figura 140. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Níquel (mg/L)

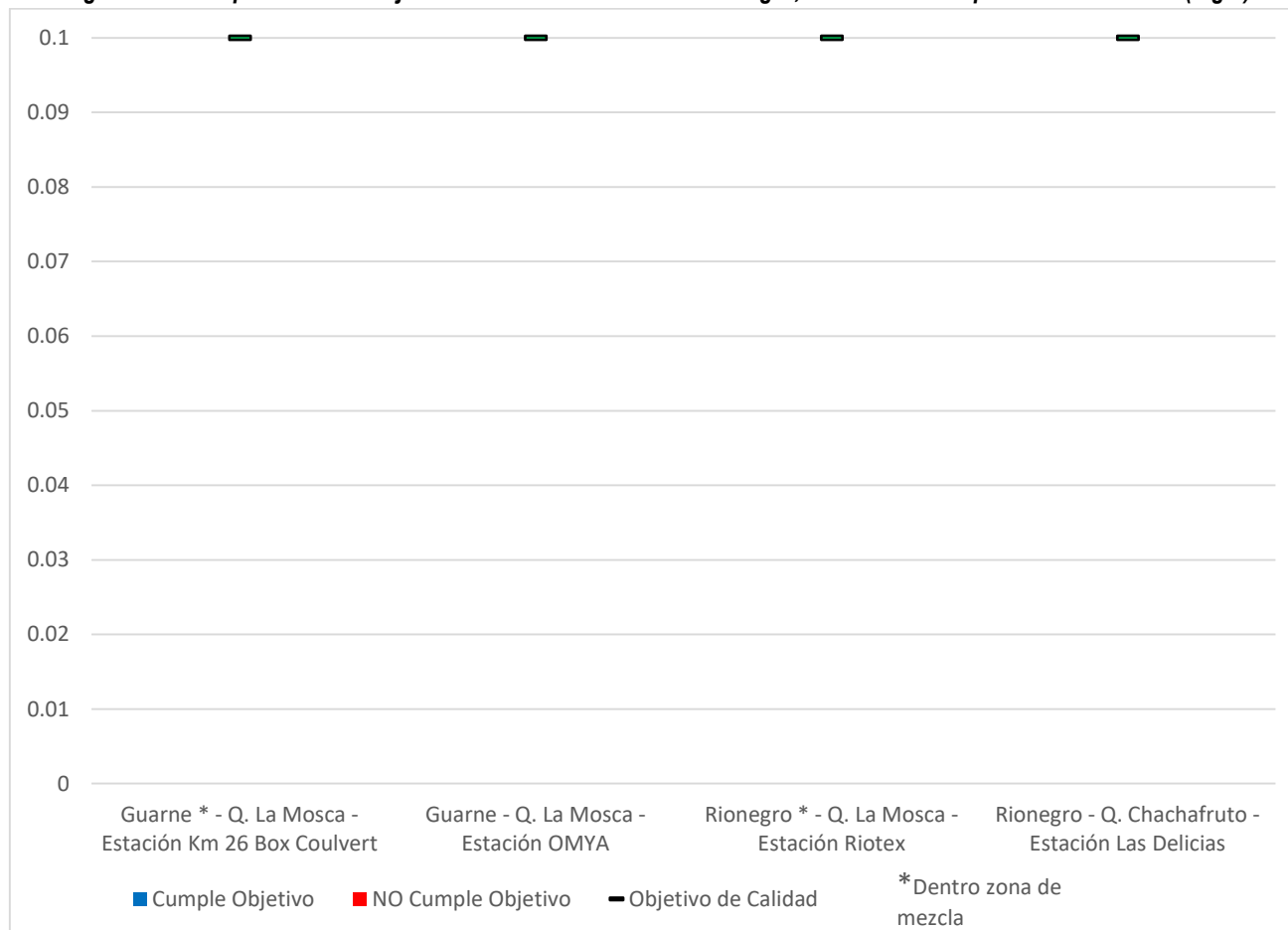




- **Arsénico (Ar)**

En la Figura 141, se observan los valores del parámetro arsénico reportados para la cuenca Río Negro, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 4 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

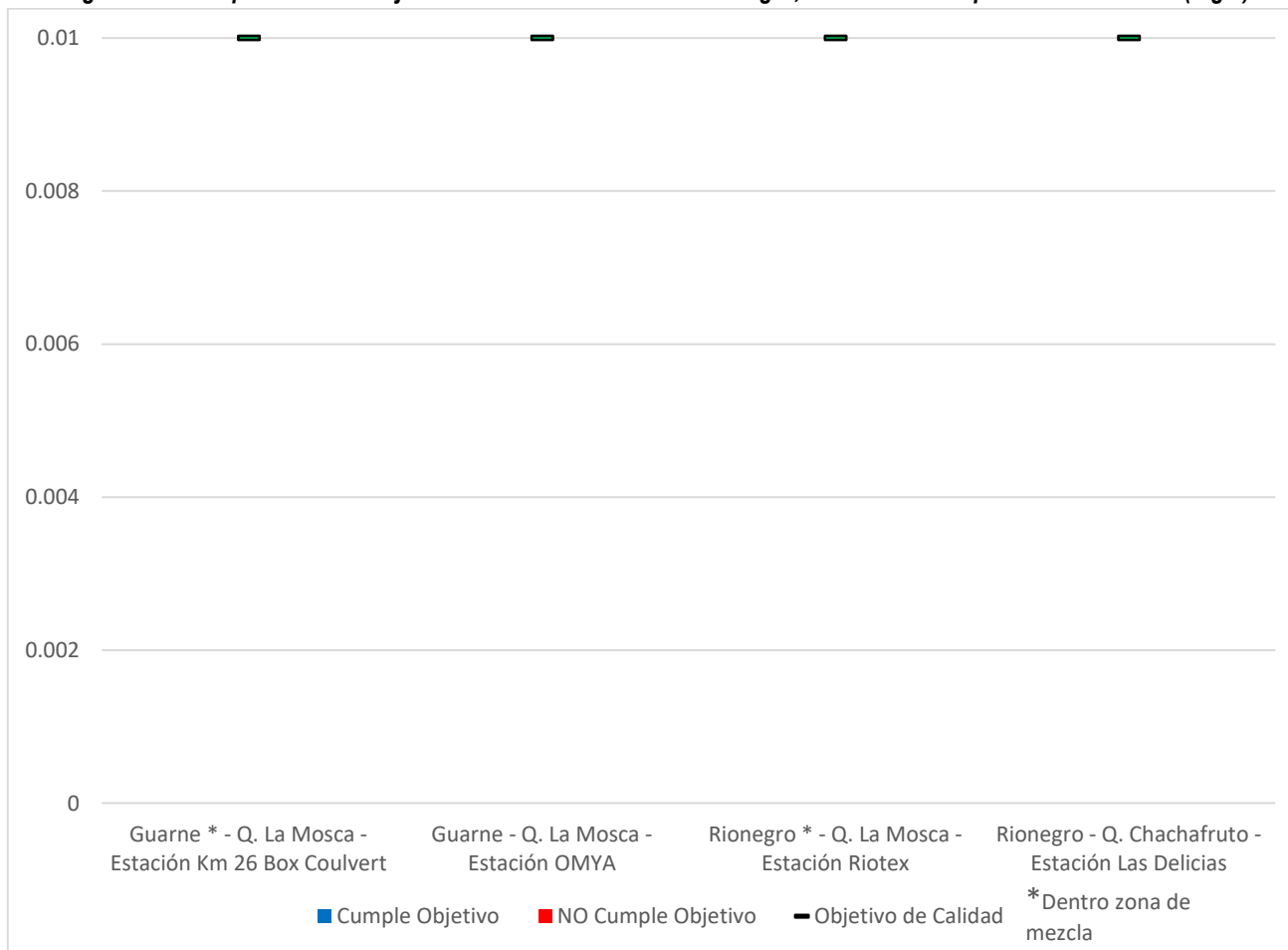
Figura 141. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Arsénico (mg/L)



- **Mercurio (Hg)**

En la Figura 142, se observan los valores del parámetro mercurio reportados para la cuenca Río Negro, de la cual se evidencia un cumplimiento en las 4 estaciones monitoreadas durante la campaña ejecutada en el mes de febrero del año 2018.

Figura 142. Cumplimiento de Objetivos de Calidad – Cuenca Río Negro, en términos del parámetro Mercurio (mg/L)



3.3.1.2.3. Análisis de resultados por Municipio, seguimiento a los Objetivos de Calidad

Teniendo en cuenta, la representatividad de la carga contaminante aportada por las cabeceras municipales, a continuación, se presenta un análisis por Municipio, con el fin de visualizar de manera más puntual el cumplimiento de los criterios de calidad definidos para los diferentes usos, de los cuerpos hídricos ordenados en la jurisdicción Cornare.

- **Municipio de Abejorral**

En la Figura 143, se presenta el mapa del Municipio de Abejorral, y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido para cada cuerpo hídrico. Y en función del porcentaje de parámetros que cumplieron con los objetivos de calidad, se relaciona la calificación y valoración obtenida, según lo descrito en la tabla 7, del numeral 3.3.1.2.1.

Figura 143. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Abejorral



En el Río Buey, como ya se ha señalado existen dos estaciones denominadas La Mayoría perteneciente al tramo I y Puente El Cairo perteneciente al tramo II, las cuales dan cumplimiento a los objetivos de calidad asociados a un uso Agrícola y pecuario en el corto plazo, con excepción del parámetro Coliformes fecales y fósforo total, y adicionalmente con el parámetro DQO para la segunda estación, tal como se muestra en la tabla 13.

La anterior situación podría asociarse a las descargas de origen doméstico realizadas por Cementos ARGOS Planta El Cairo que se ubica en límites con el Municipio de Santa Bárbara, así a las descargas de aguas residuales de pequeños centros poblados ubicados en este tramo.

Tabla 13. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Abejorral

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Nitrógeno Nitratos N-NO3- (mg/L)	Nitrógeno Amoniacal N-NH3 (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	% de cumplimiento
Abejorral - R. Buey - Estación La Mayoría	4.00		7.71	8.29	10.00	12200.00	N.R.	0.40	0.202	62.50
Abejorral - R. Buey - Estación Puente El Cairo	4.00	68.40	7.06	7.67	26.80	8500.00				66.67

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No reporta)

Respecto a las estaciones que se encuentran antes y después del casco urbano del Municipio de Abejorral, sólo una de ellas da cumplimiento satisfactorio a los objetivos de calidad asociados a un uso Estético en el corto plazo, correspondiente a la estación antes de recibir las ARD sobre la Quebrada El Gus, tal como se evidencia en la tabla 14.

Las tres restantes presentan un incumplimiento de los parámetros de DBO₅, SST y Coliformes fecales; situación que radica en que el Municipio aún realiza las descargas sin ningún tratamiento previo y actualmente se encuentra en etapa de inicio contractual de las obras de construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR, y la construcción de colectores sobre la Quebrada El Gus.

Tabla 14. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Abejorral

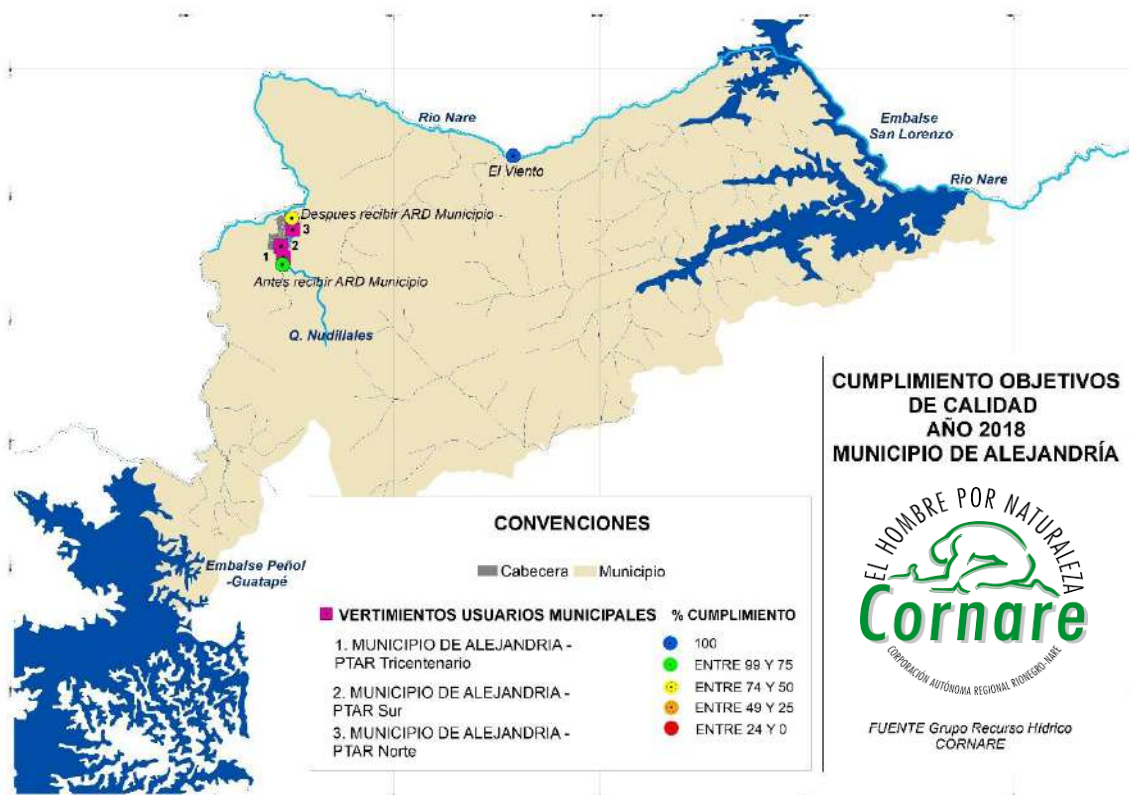
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Abejorral - Q. La Aduanilla - Aguas Arriba Descarga Municipio	35.10	123.50	6.77	5.97	199300.00	60.00
Abejorral - Q. La Aduanilla - Aguas Abajo Descarga Municipio	36.50	64.20	7.26	5.66	574800.00	40.00
Abejorral - Q. El Gus - Aguas Arriba Descarga Municipio	4.00	15.00	7.24	7.35	1000.00	100.00
Abejorral - Q. El Gus - Aguas Abajo Descarga Municipio	6.40	119.00	7.13	6.35	98400.00	80.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No reporta)

- **Municipio de Alejandría**

En la Figura 144, se presenta el mapa del Municipio de Alejandría y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido para cada cuerpo hídrico.

Figura 144. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Alejandría



Al respecto, y a pesar de presentar una buena calidad de agua, respecto a los objetivos de calidad asociados a un uso estético, hay un incumplimiento del parámetro Oxígeno Disuelto en las estaciones antes y después del casco urbano, sin embargo, no es muy significativo el abatimiento existente en la fuente receptora Quebrada Nudillales.

Es importante considerar que el Municipio cuenta hoy con una cobertura de tratamiento de aproximadamente el 95%, y dicha disminución, puede deberse a la descarga directa de 38 vertimientos puntuales, que aún faltan por conectar a la red de alcantarillado o en su defecto realizar tratamiento mediante la instalación de pozos sépticos. Adicionalmente, tal y como se muestra en la tabla 15, la estación después de recibir las aguas residuales del municipio, presenta un incumplimiento del parámetro coliformes fecales, teniendo en cuenta que el tren de tratamiento no incluye tratamientos terciarios para su efectiva remoción en PTAR.

Tabla 15. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Alejandría

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Alejandría - Q. Nudillales - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.00	6.67	805.00	80.00
Alejandría - Q. Nudillales - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	6.77	6.46	1732900.00	60.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No reporta)

Finalmente, la estación El Viento, ubicada sobre el río Nare, da cumplimiento a los objetivos de calidad asociados a un uso Agrícola y pecuario, tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Alejandría

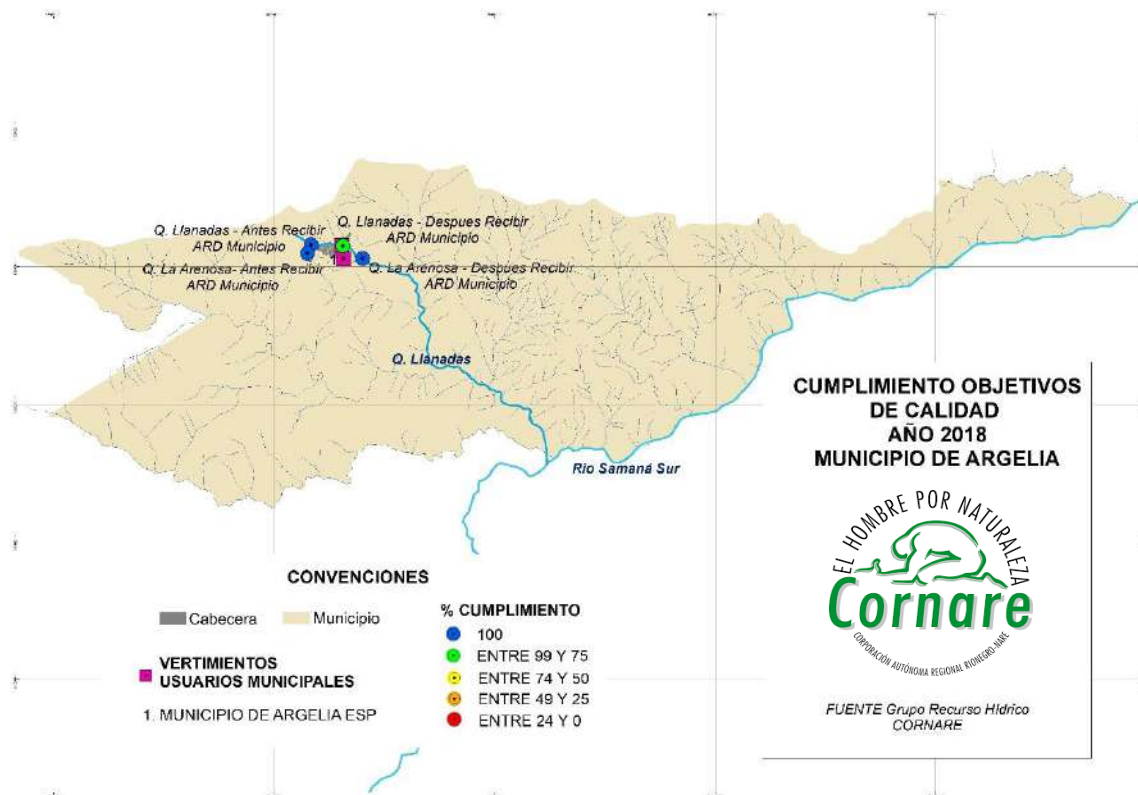
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
Alejandría - R. Nare - Estación El Viento	4.00	7.14	7.03	10.00	1965.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No reporta)

- **Municipio de Argelia**

En la Figura 145, se presenta el mapa del Municipio de Argelia y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido para cada cuerpo hídrico.

Figura 145. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Argelia



Al respecto, se presenta un cumplimiento total de los objetivos de calidad asociados con un uso estético, tanto para las estaciones ubicadas sobre la quebrada La Arenosa como para las estaciones ubicadas sobre la quebrada Llanadas; antes y después de recibir las aguas residuales del casco urbano del Municipio, con excepción de la estación ubicada sobre la Quebrada Llanadas, después del casco urbano, que, frente al parámetros Coliformes fecales, supera el límite máximo permitido.

Tabla 17. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Argelia

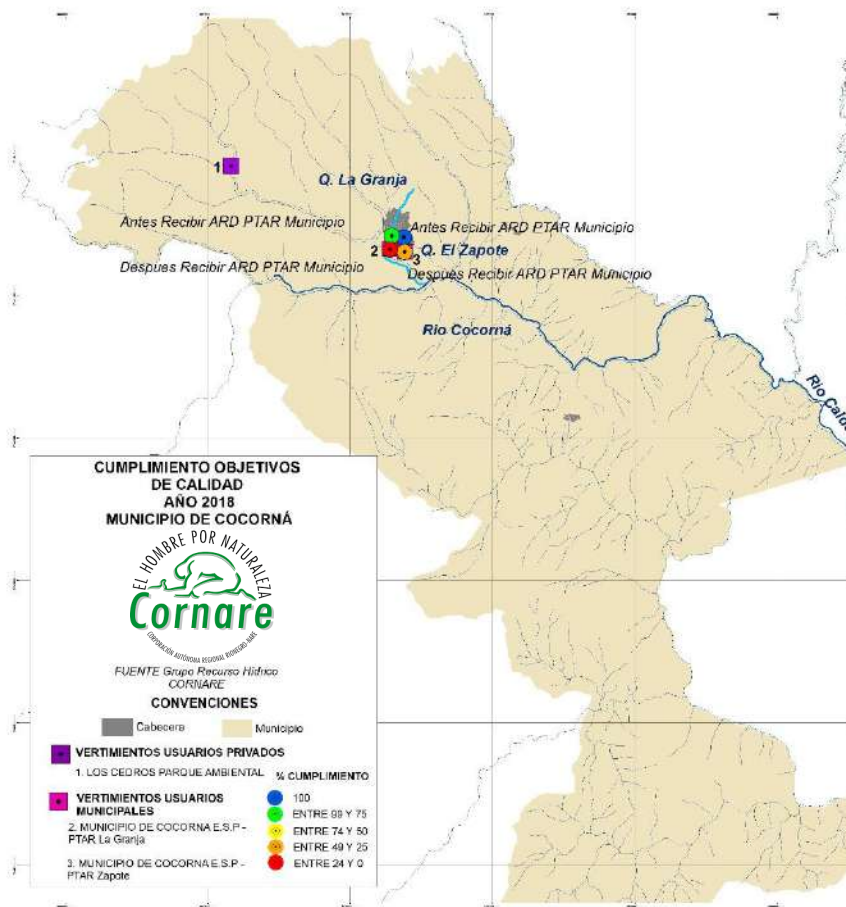
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Argelia - Q. Llanadas - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.31	7.12	1000.00	100
Argelia - Q. Llanadas - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.34	7.03	209800.00	80
Argelia - Q. La Arenosa - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.13	6.57	1000.00	100
Argelia - Q. La Arenosa - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.25	6.54	1000.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No reporta)

- **Municipio de Cocorná**

En la Figura 146, se observa el mapa del Municipio de Cocorná, con sus cuatro estaciones de monitoreo. En las dos estaciones que se ubican antes del casco urbano se da cumplimiento a todos los parámetros de calidad asociados con un uso estético, con excepción del parámetro de Oxígeno Disuelto, sobre la Quebrada La Granja.

Figura 146. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Cocorná



Las estaciones aguas abajo de la zona urbana en las quebradas Zapote y La Granja, presentan una criticidad alta, toda vez que los parámetros de calidad están muy por encima de lo establecido, situación que se debe a la descarga con alta carga contaminante que vierten las dos plantas de tratamiento existentes en el Municipio de Cocorná, tal y como se registra en la tabla 18.

Tabla 18. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Cocorná

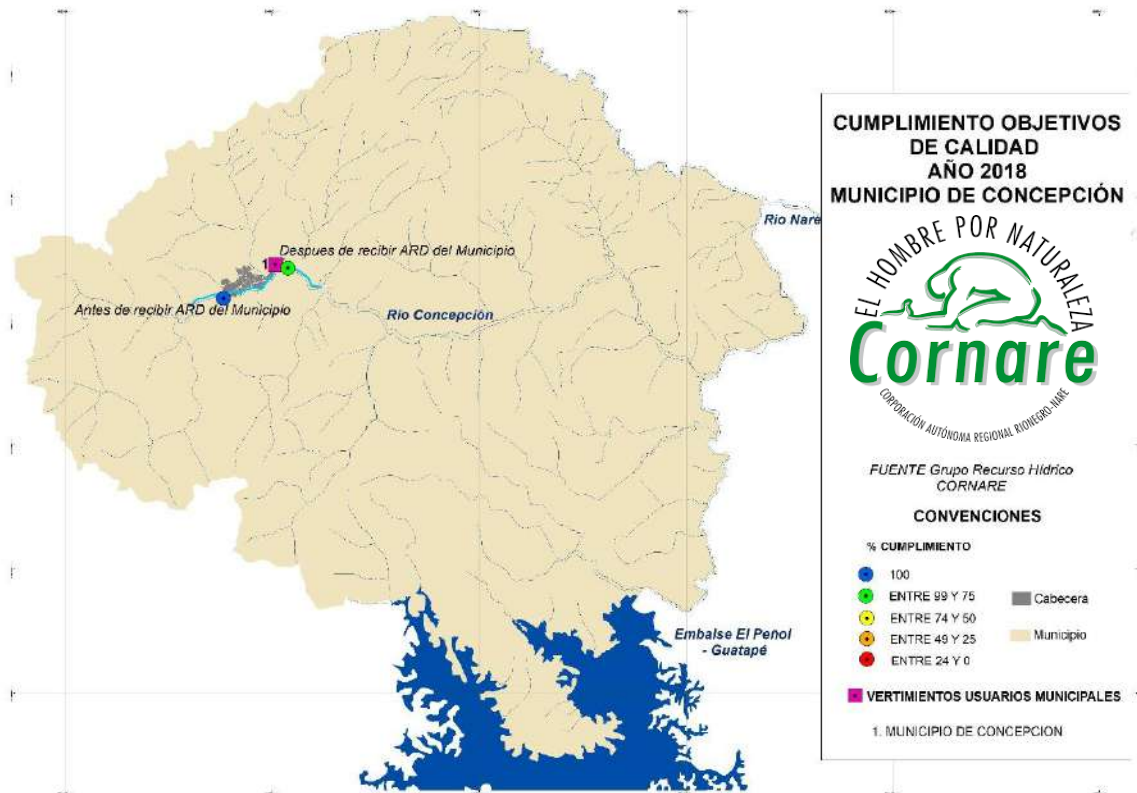
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Cocorná - Q. La Granja - Antes Recibir ARD PTAR Municipio	4.00	15.00	6.79	4.40	6300.00	80.00
Cocorná - Q. La Granja - Después Recibir ARD PTAR Municipio	67.40	90.30	7.44	3.45	1732900.00	20.00
Cocorná - Q. El Zapote - Antes Recibir ARD PTAR Municipio	4.00	15.00	6.87	5.44	23300.00	100.00
Cocorná - Q. El Zapote - Después Recibir ARD PTAR Municipio	68.00	57.40	7.53	4.20	1553100.00	40.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Concepción**

En la Figura 147, Municipio de Concepción, se observa las dos estaciones ubicadas sobre el río Concepción, antes y después del casco urbano del Municipio,

Figura 147. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Concepción



En la primera estación se da cumplimiento a los objetivos de calidad establecidos para el uso estético. Y, la segunda estación cumple con los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto y pH e incumple el parámetro de las Coliformes Fecales, situación asociada a la descarga de aguas residuales domésticas provenientes del casco urbano.

Tabla 19. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Concepción

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Concepción - R. Concepción - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.36	7.07	1165.00	100
Concepción - R. Concepción - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.52	6.89	14545.00	80

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de El Carmen de Viboral**

En la Figura 148, se presenta el mapa del Municipio de El Carmen de Viboral y sus correspondientes estaciones de monitoreo, por medio de la cual se observa un cumplimiento total de los objetivos de calidad asociados con un uso Aguas naturales y consumo Humano, en las dos estaciones pertenecientes al tramo X y que se encuentran ubicadas antes de la cabecera municipal, denominadas Captación y Puente Larga, tal como se evidencia en la tabla 20.

Tabla 20. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de El Carmen de Viboral

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
El Carmen - Bocatoma Q. La Cimarrona - Captación Municipio	4.00	15.00	7.34	7.17	10.00	205.00	8610.00	100
El Carmen - Q. La Cimarrona - Estación Puente Larga	4.00	15.00	7.82	6.94	10.00	16100.00	67700.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto a la estación Flor Silvestre, que se encuentra sobre la quebrada La Cimarrona, tramo XI, después del casco urbano, cumple para los parámetros DBO₅, SST, pH y los metales Cadmio, Plomo y Cromo, objetivos que se asocian a un uso estético.

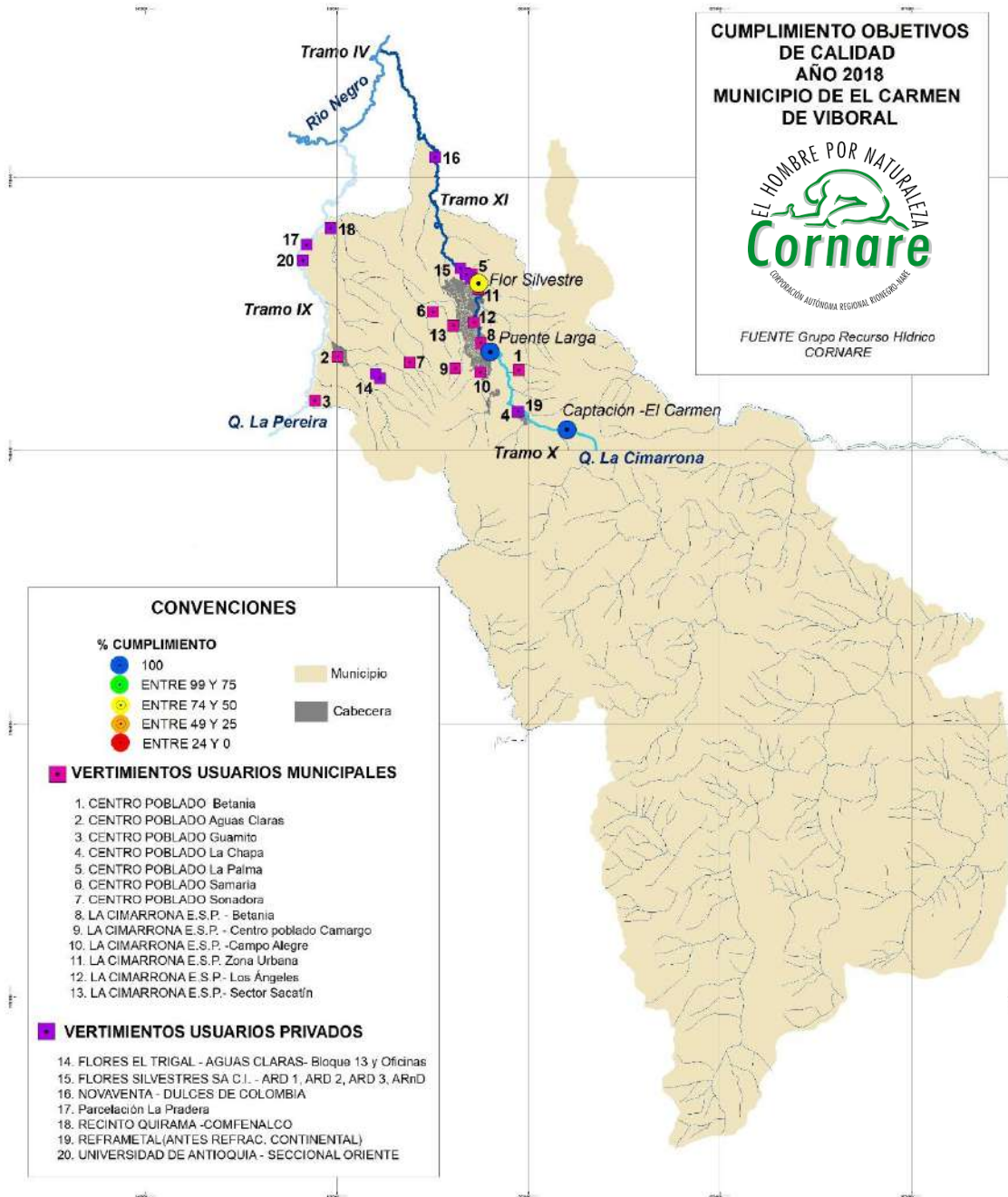
Sin embargo, incumple para los parámetros Oxígeno Disuelto, DQO, Coliformes fecales y totales; se debe considerar que la actual planta de tratamiento del Carmen de Viboral no cuenta con un tratamiento terciario que permita la desinfección microbiológica de patógenos presentes en la descarga de agua residual, además de que en este punto ya se han recibido diferentes descargas pertenecientes a los Centros poblados del Municipio.

Tabla 21. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de El Carmen de Viboral

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	% de cumplimiento
El Carmen - Q. La Cimarrona - Estación Flor Silvestre	17.90	31.60	7.15	2.62	92.20	829700	2419600	0.000107	0.00253	0.000146	60

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

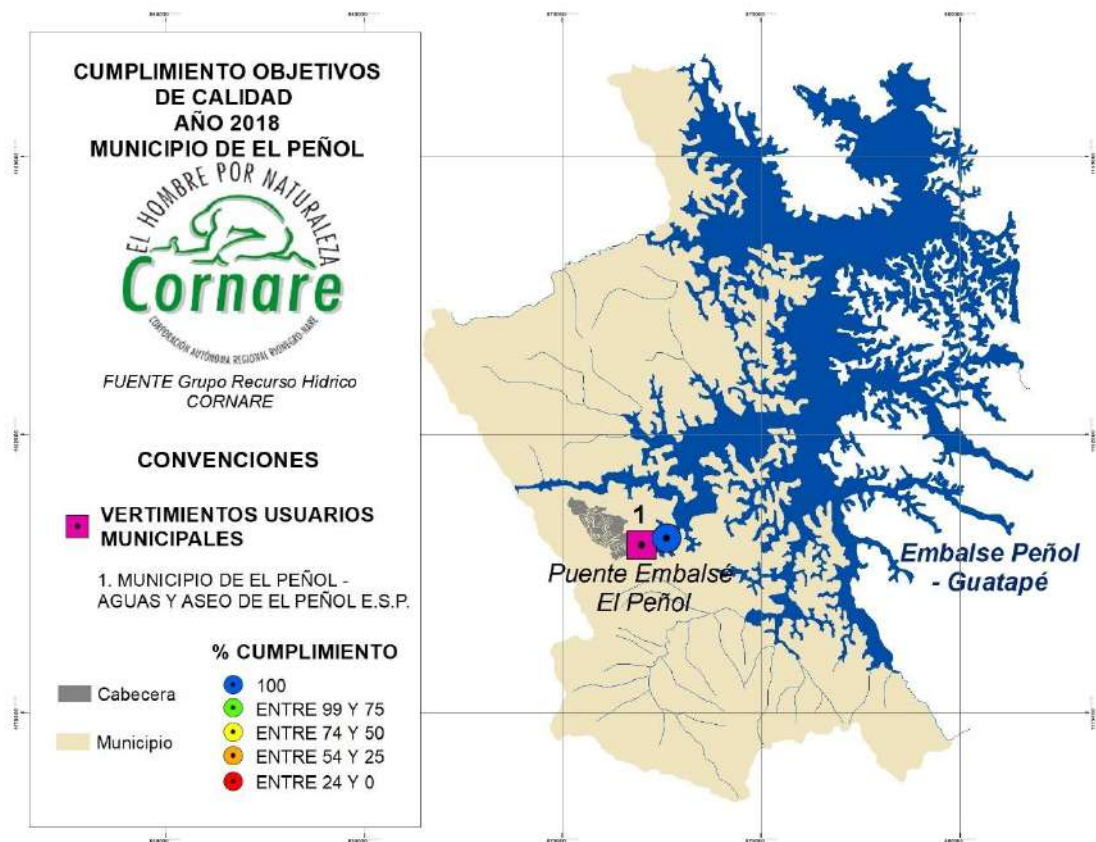
Figura 148. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de El Carmen de Viboral



- **Municipio de El Peñol**

En la Figura 149, se muestra el mapa del Municipio de El Peñol y su correspondiente estación de monitoreo.

Figura 149. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de El Peñol



Esta además de tener BUENA calidad, según el monitoreo realizado en el mes de febrero, cumple con todos los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes fecales.

Tabla 22. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de El Peñol

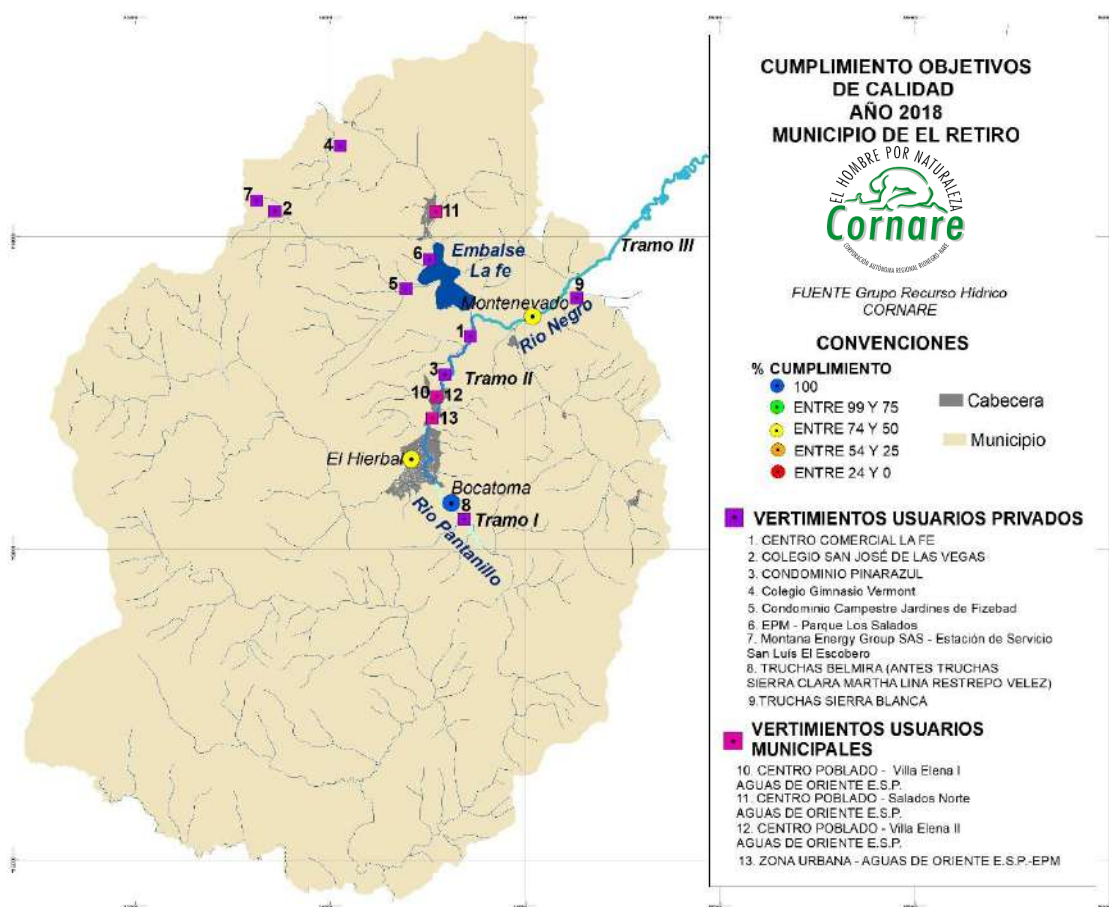
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
El Peñol - Puente Embalse El Peñol	4.00	15.00	8.44	8.03	1000.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de El Retiro**

De acuerdo con la Figura 150, el Municipio de El Retiro cuenta con tres estaciones de monitoreo sobre el Río Negro y Río Pantanillo, asociadas a diferentes tramos.

Figura 150. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de El Retiro



La Estación Captación Río Pantanillo, ubicada en el tramo I, presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH, DQO y Coliformes fecales; relacionados con un uso para Aguas naturales y de consumo humano.

Los tramos siguientes II y III, también se les asocia un uso para Aguas naturales y de consumo humano, toda vez que la parte alta del Río Negro confluye en un mayor porcentaje al Embalse La Fe, el cual es el encargado del suministro de agua potable para el Valle de Aburrá.

También se realizó la evaluación de dichos objetivos sobre la Estación El Hierbal y Montenevado, los cuales presentan un cumplimiento parcial, ya que superan los límites permitidos en los parámetros DQO y Coliformes fecales y totales, como se muestra en la tabla 23.

Tabla 23. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de El Retiro

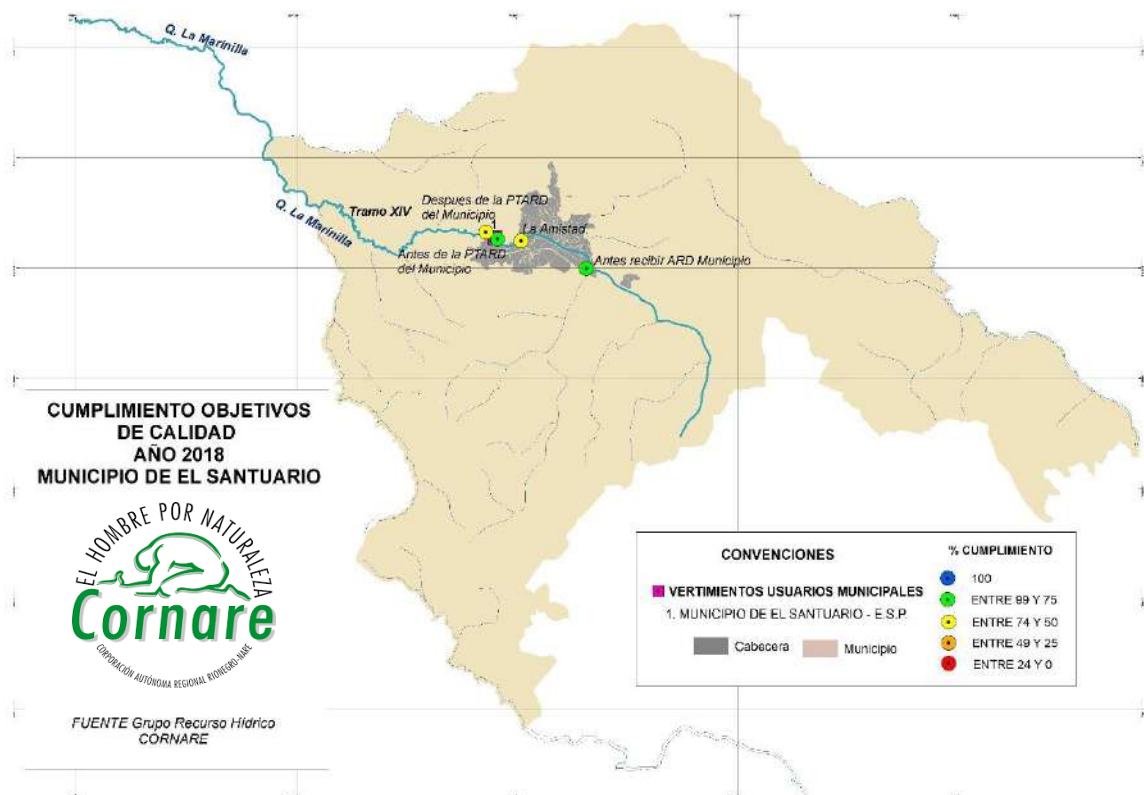
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	% de cumplimiento
El Retiro - Bocatoma R. Pantanillo - Captación Municipio	4.00	15.00	6.50	7.43	10.00	3835.00				100
El Retiro - R. Negro - Estación El Hierbal	4.00	15.00	7.12	6.96	44.50	260000.00	2090000.00			57.14
El Retiro - R. Negro - Estación Montenevado	4.00	15.00	7.20	6.41	36.10	230000.00	1130000.00	0.0000100	0.000107	66.67

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de El Santuario**

En la Figura 151, se presenta el mapa del Municipio de El Santuario y sus correspondientes estaciones de monitoreo pertenecientes al tramo XIV sobre la quebrada La Marinilla.

Figura 151. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de El Santuario



La evaluación de los objetivos de calidad realizada en la Estación antes de recibir las ARD del Municipio, presenta un cumplimiento total de estos, asociados con un uso Agrícola y pecuario, no obstante, no se efectuó el análisis y reporte del parámetro fenoles y cadmio.

La Estación La Amistad, presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, DQO, Oxígeno Disuelto, pH, y Coliformes fecales; sin embargo, supera los límites permitidos para los parámetros Coliformes totales y fósforo total, situación que puede estar asociada a la existencia de 798 descargas directas que realizan habitantes no conectados al sistema de alcantarillado y PTAR.

Igualmente, para la estación antes de la PTAR, se cumple con los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, DQO, Oxígeno Disuelto, pH, Coliformes fecales y totales y Fósforo total.; pero al respecto no se realizó el análisis y reporte de los parámetros Fenoles y Cadmio; observando una notable mejoría en la calidad de la Quebrada La Marinilla.

Tabla 24. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de El Santuario

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Cadmio (mg/L)	% de cumplimiento
El Santuario - Q. La Marinilla - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	25.70	6.79	5.45	12.70	1000.00	28400.00	N.R.	0.098	N.R.	80.00
El Santuario - Q. La Marinilla - Estación La Amistad	4.00	15.00	7.34	4.75	29.40	30900.00	1203300.00	0.00001	6.371	N.R.	70.00
El Santuario - Q. La Marinilla - Antes de Recibir AR de la PTARD del Municipio	4.00	20.70	7.16	4.60	31.40	42200.00	163800.00	N.R.	0.098	N.R.	80.00
El Santuario - Q. La Marinilla - Después de Recibir AR de la PTARD del Municipio	11.20	29.50	7.06	4.92	55.20	1198000.00	2046000.00	N.R.	0.198	N.R.	50.00

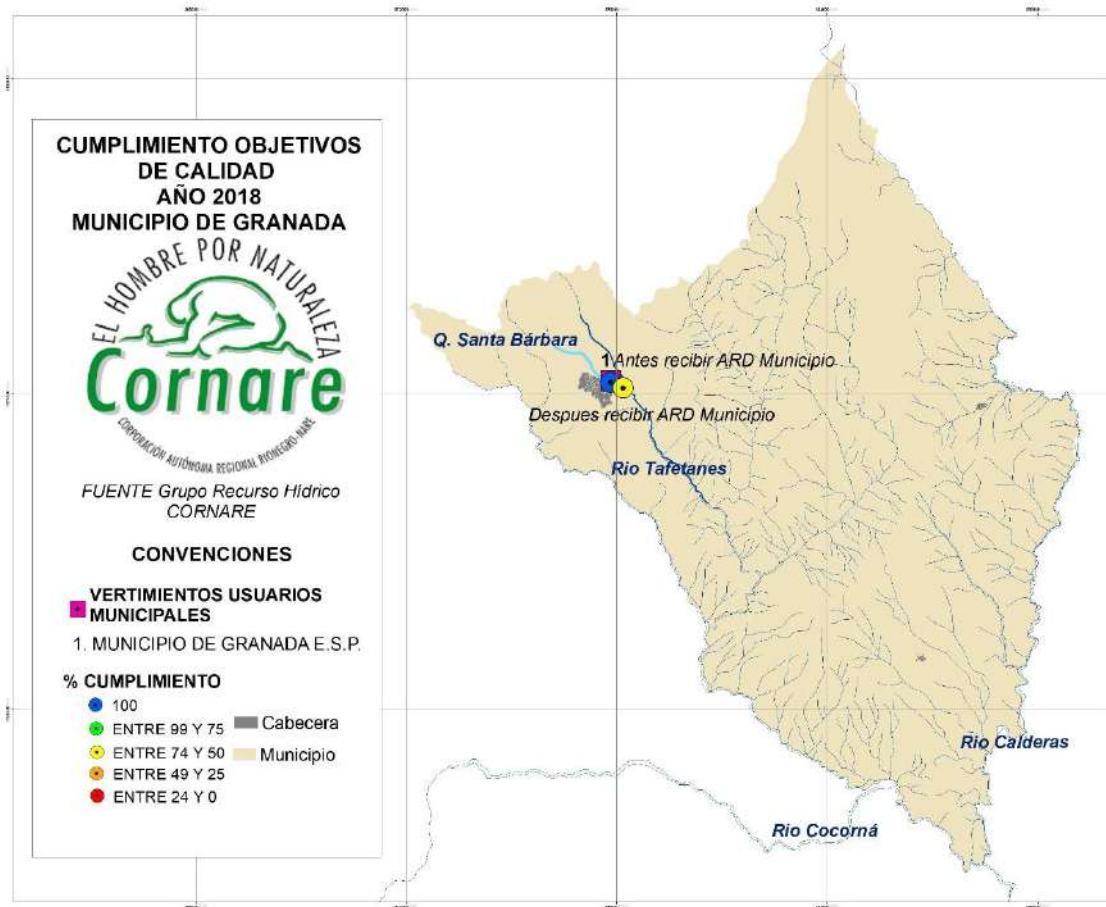
(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Finalmente, en la estación ubicada después de la PTAR del Municipio, se da cumplimiento a los objetivos definidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto, y Fósforo total. Sin embargo, incumple para los parámetros DQO, Coliformes fecales y totales; al respecto es importante considerar que la planta de tratamiento no cuenta con un tratamiento terciario que permita la desinfección microbiológica de patógenos presentes en la descarga de agua residual Municipal.

- **Municipio de Granada**

En la figura 152, se presenta el mapa del Municipio de Granada, con solo dos estaciones asociadas antes y después de la cabecera urbana.

Figura 152. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Granada



La primera de ellas ubicada antes de recibir las AR del Municipio, en la cual se da cumplimiento de todos los objetivos de calidad definidos según el uso estético; y la segunda, ubicada después de recibir las AR del Municipio, tiene un cumplimiento parcial, toda vez que los parámetros Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales, se encuentran fuera de los rangos establecidos.

Tabla 25. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Granada

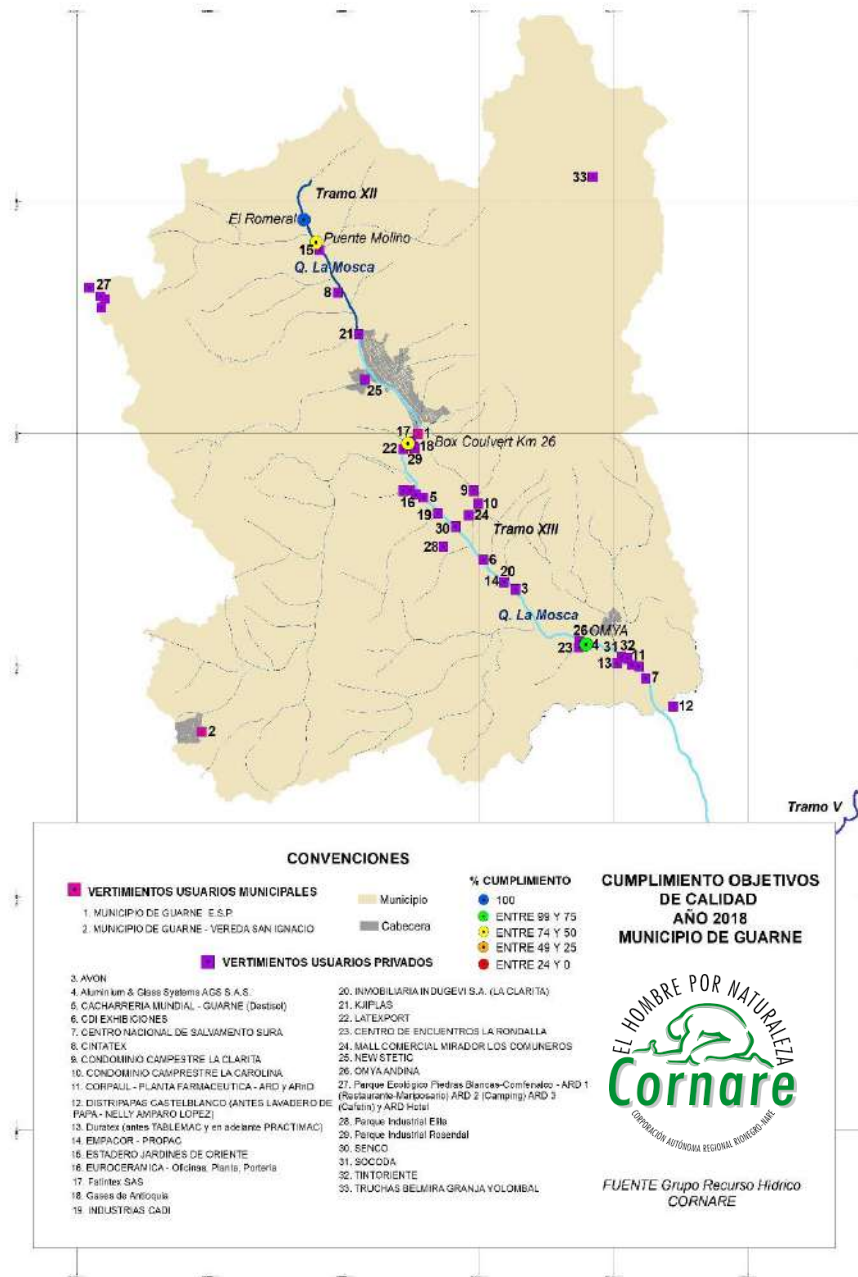
Fuente Hidrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Granada - Q. Santa Bárbara - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.37	7.76	1000.00	100
Granada - Q. Santa Bárbara - Después Recibir ARD Municipio	9.60	19.80	7.08	4.67	1119900.00	60

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Guarne**

En la figura 153, se presenta el mapa del Municipio de Guarne, cuya fuente principal es la quebrada La Mosca, sobre la cual discurre vertimientos importantes del sector productivo asentados en el corredor de la Autopista Medellín- Bogotá (Industrias de alimentos, textiles, Lácteos, entre otros).

Figura 153. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Guarne



En la parte alta de la cuenca se encuentra la estación Romeral y Puente Molino, perteneciente al tramo XII, con un uso para Aguas Naturales y de consumo Humano, la primera estación da cumplimiento total a los objetivos de calidad y la segunda estación presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los parámetros DQO, SST, pH, Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales. Sin embargo, incumple con el objetivo definido para el parámetro DBO₅ y Coliformes totales.

Tabla 26. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Guarne

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
Guarne - Q. La Mosca - Estación Romeral	4.00	15.00	7.60	6.50	19.30	4100.00	85700.00	100
Guarne - Q. La Mosca - Estación Puente Molino	9.60	15.00	7.56	6.50	16.00	44800.00	2419600.00	71.43

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Para la parte media se estableció un uso industrial, y se cuenta con dos estaciones de monitoreo para la respectiva verificación de los objetivos de calidad, correspondiente a la estación Box-Coulvert km.26, la cual incumple con los límites establecidos para los parámetros DQO, Coliformes Fecales y totales; toda vez que se encuentra ubicada posterior a la descarga de la PTAR del Municipio y otras industrias. No se realizó el análisis y reporte de los parámetros Cadmio, Arsénico y Mercurio.

Finalmente, en la estación OMYA, se observa una notable recuperación de la Quebrada La Mosca, teniendo en cuenta que se cumple con todos los objetivos de calidad trazados en el corto plazo, no obstante, no se realizó el análisis de los parámetros Arsénico y Mercurio.

Tabla 27. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Guarne

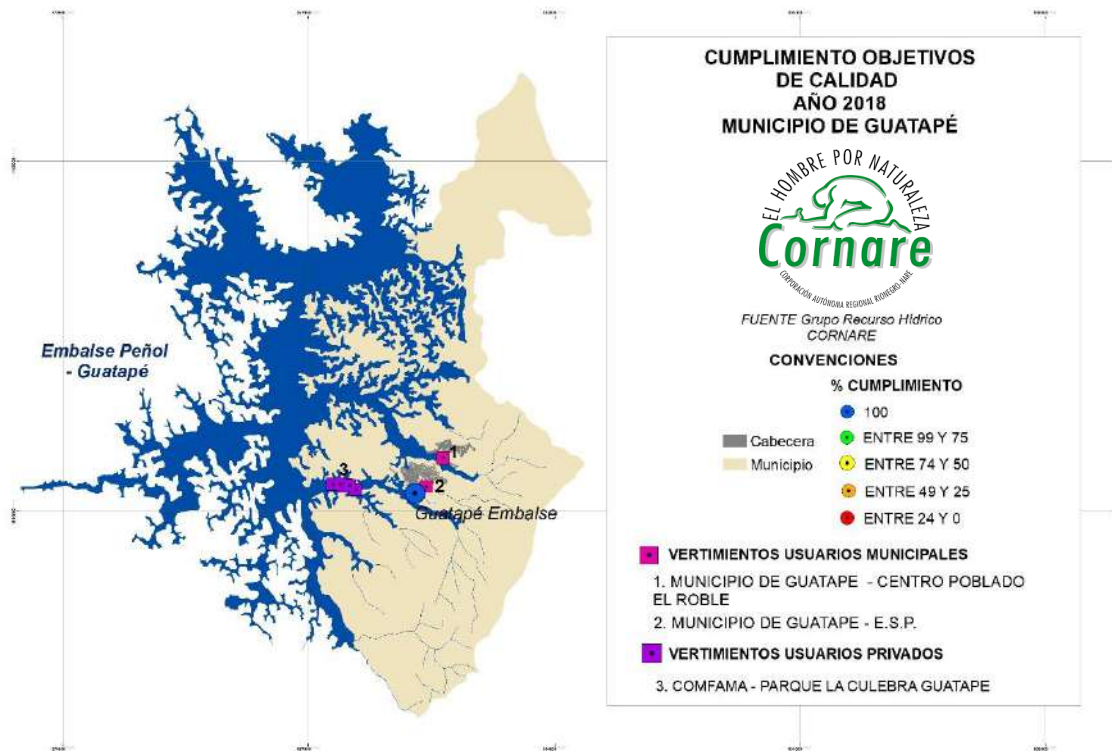
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Níquel (mg/L)	Mercurio (mg/L)	% de cumplimiento
Guarne * - Q. La Mosca - Estación Km 26 Box Coulvert	9.80	20.2	7.56	5.80	47.9	1986300	2419600	0.00001	N.R.	0.00046	0.000146	N.R.	0.000359	N.R.	57.14
Guarne - Q. La Mosca - Estación OMYA	4.00	15.0	7.32	5.26	18.8	11000	117800	0.00001	0.000107	0.00061	0.000146	N.R.	0.000130	N.R.	85.71

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Guatapé**

En la Figura 154, se muestra el mapa del Municipio de Guatapé y su correspondiente estación de monitoreo.

Figura 154. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Guatapé



Esta estación además de tener BUENA calidad, según el monitoreo realizado en el mes de febrero, cumple con todos los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes fecales.

Tabla 28. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Guatapé

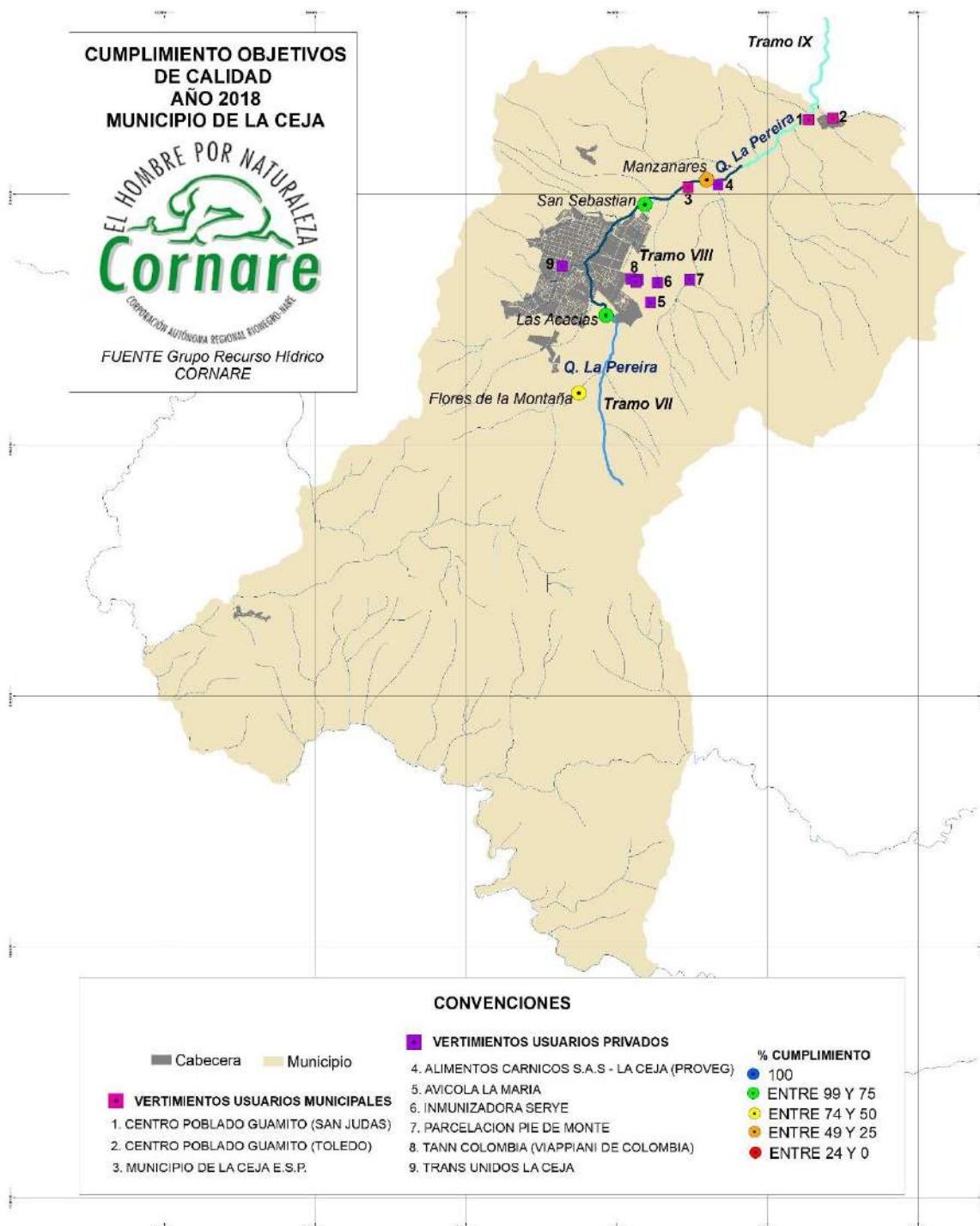
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Guatapé - Embalse	4.00	15.00	7.88	7.54	1000.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de La Ceja**

En la Figura 155, se presenta el mapa del Municipio de La Ceja y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido para cada tramo de la quebrada La Pereira.

Figura 155. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de La Ceja



Las estaciones Flores de la Montaña y las Acacias, se encuentran en el tramo VII con un uso asociado para consumo humano, y de forma general se observa el cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para

todos los parámetros; con excepción de los parámetros de DQO y Coliformes totales en la Estación Flores de la Montaña y DQO en la Estación Las Acacias.

Tabla 29. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de La Ceja

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
La Ceja - Q. La Pereira - Estación Flores de la Montaña (antes de la zona urbana La Ceja)	4.00	15.00	6.79	6.52	31.10	2000.00	113000.00	71.43
La Ceja - Q. La Pereira - Estación Las Acacias	4.00	15.00	7.28	6.90	27.20	4100.00	46500.00	85.71

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

En la estación San Sebastián se presenta un incumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para el parámetro de Oxígeno Disuelto, de acuerdo con un uso Agrícola y pecuario; situación que puede estar influenciada por las descargas de empresas asentadas en el casco urbano de La Ceja, como de algunas descargas de aguas residuales domésticas de la zona urbana no conectadas a la PTAR.

Por último, la estación Manzanares, es la estación con mayor criticidad, aquí ya se ha realizado la descarga del 100% de las aguas residuales que llegan al sistema de alcantarillado y que posteriormente son tratadas en la PTAR Municipal. Los objetivos de calidad establecidos para un uso Agrícola y pecuario no se cumplen, dado que se exceden los límites permitidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, DQO, Coliformes Fecales y Totales.

Tabla 30. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de La Ceja

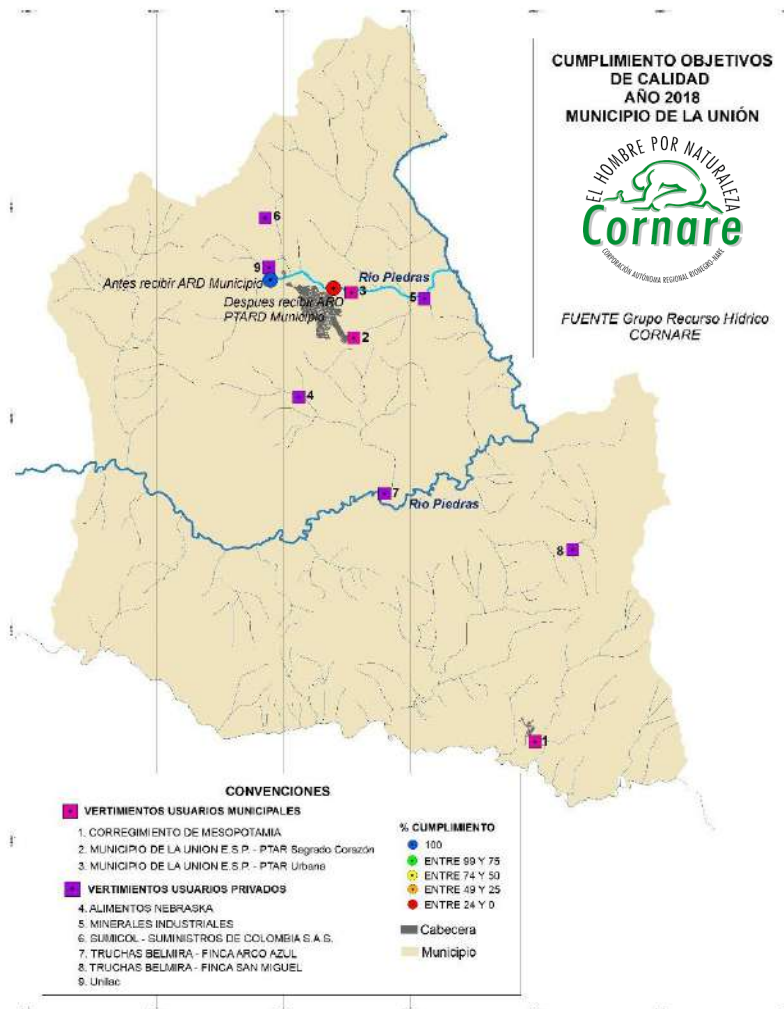
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	% de cumplimiento
La Ceja - Q. La Pereira - Estación San Sebastián	4.00	15.00	7.01	3.25	22.10	6300.00	38800.00	0.00001	87.50
La Ceja - Q. La Pereira - Estación Manzanares	33.10	39.40	7.11	0.52	159.90	1986300.00	2419600.00	0.00001	25.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de La Unión**

En la Figura 156, se presenta el mapa del Municipio de La Unión y sus correspondientes estaciones de monitoreo.

Figura 156. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de La Unión



Se observa en la estación antes de la cabecera urbana un cumplimiento de los objetivos de calidad asociados con un uso estético, y en la estación después de recibir las AR del casco urbano, es la estación con mayor criticidad, teniendo en cuenta que los objetivos de calidad establecidos para un estético no se cumplen, dado que se exceden los límites permitidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales, tal y como se evidencia en la tabla 31.

Tabla 31. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de La Unión

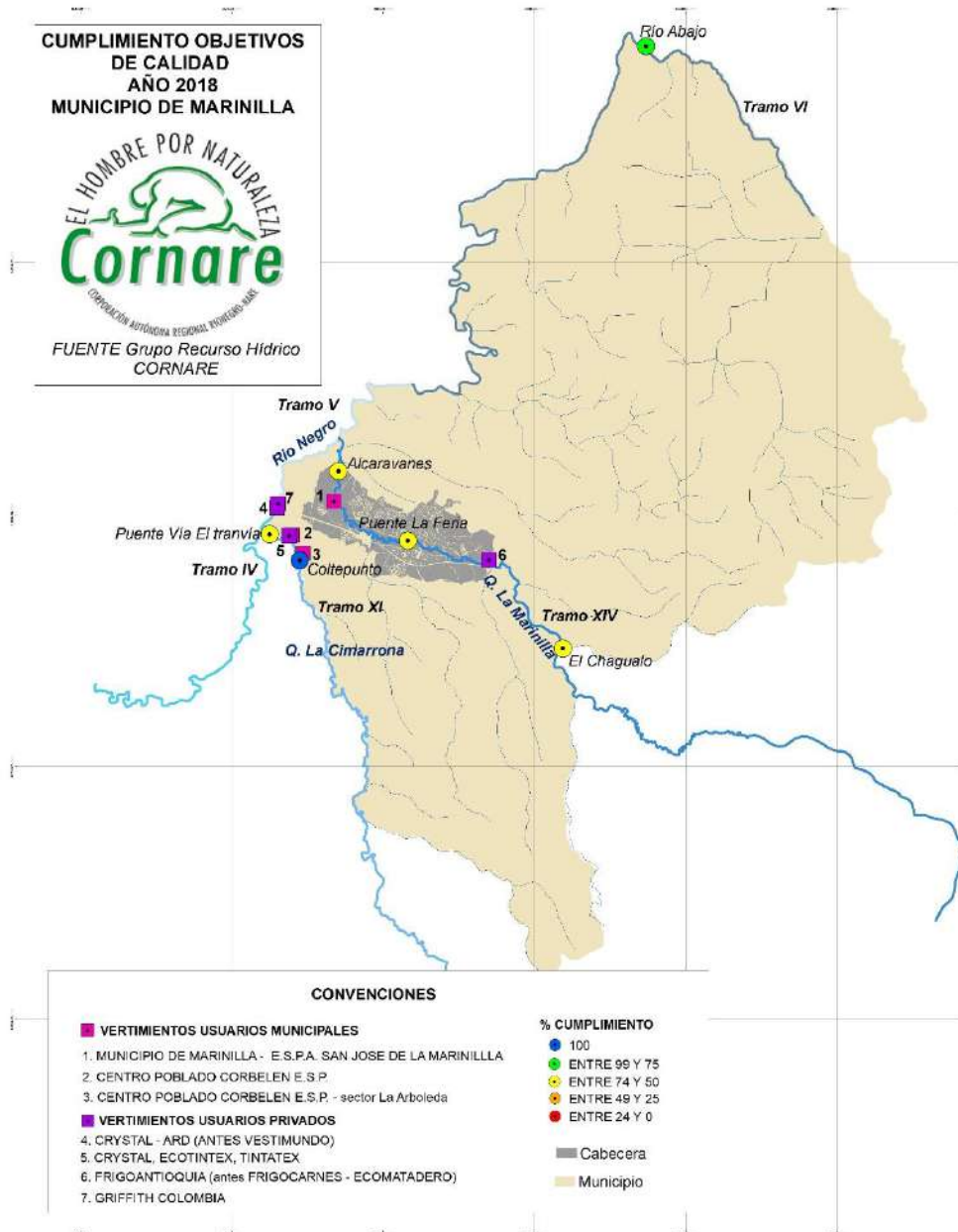
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
La Unión - R. Piedras - Antes Recibir ARD PTAR Municipio	4.00	15.00	6.92	7.03	3100.00	100
La Unión - R. Piedras - Después Recibir ARD PTAR Municipio	113.80	340.90	6.84	1.70	1046200.00	20

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

• **Municipio de Marinilla**

En la Figura 157, se presenta el mapa del Municipio de Marinilla y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido para el tramo XIV de la quebrada La Marinilla (Agrícola y pecuario), tramo XI de la quebrada La Cimarrona (Estético) y tramo VI del río Negro (Agrícola y pecuario).

Figura 157. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Marinilla



Las dos estaciones que se ubican sobre la quebrada La Cimarrona, correspondientes a la estación Coltepunto y estación Puente Vía el Tranvía, presentan un cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y totales, DQO, Cadmio y Plomo; con excepción de los parámetros de Oxígeno Disuelto y Coliformes totales en la Estación Puente Vía El Tranvía.

Además, no se realizó el análisis y reporte del parámetro Cadmio.

Tabla 32. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Marinilla

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	% de cumplimiento
Marinilla - Q. La Cimarrona - Estación Coltepunto	5.40	15.00	7.04	5.84	21.00	9700.00	111200.00	0.000107	0.00046	0.000146	100
Marinilla * - Q. La Cimarrona - Estación Puente Vía El Tranvía (en límites con Municipio. Rionegro)	7.10	30.20	7.12	2.80	58.50	26600.00	613100.00	N.R.	0.00053	0.000146	70

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto a las estaciones ubicadas sobre el tramo de la Quebrada La Marinilla presentan un cumplimiento parcial de los objetivos de calidad, de la siguiente manera:

En la estación El Chagualo, punto que se ubica en límites de los municipios de Marinilla y El Santuario, se cumple con los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto, DQO y Coliformes Fecales.

Sin embargo, los parámetros Coliformes totales y fósforo total, superan los límites permitidos; la concentración elevada de fósforo, puede deberse al aporte de carga contaminante que aguas arriba recibe la corriente por la descarga del Municipio de El Santuario y adicionalmente, producto del vertido de detergentes, pesticidas, fertilizantes (estos últimos dada la vocación agrícola de la zona) identificadas como fuentes difusas que llegan a través de procesos de escorrentía, a la Quebrada La Marinilla.

Para la estación Puente la Feria, se presenta la misma tendencia, la cual no presenta recuperación sino, por el contrario, un aumento de las concentraciones de los parámetros DQO, Coliformes fecales y totales, y Fósforo total, generando un incumplimiento de los objetivos de calidad; el Municipio de Marinilla no tiene aún cobertura total del sistema de alcantarillado y planta de tratamiento, ésta última cuenta aproximadamente con un 56% de cobertura.

Finalmente, para la estación Alcaravanes, que se encuentra al cierre de la subcuenca y después de recibir las aguas residuales de la PTAR del Municipio de Marinilla, se presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad

establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, DQO y Fenoles, sin embargo, presenta incumplimiento para los parámetros Oxígeno Disuelto, Fósforo total, Coliformes Fecales y totales.

De acuerdo con la tabla 33, para las tres anteriores estaciones no se realizó el análisis y reporte del parámetro Cadmio.

Tabla 33. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Marinilla

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Fósforo Total (mg/L)	Cadmio (mg/L)	% de cumplimiento
Marinilla - Q. La Marinilla - Estación El Chagualo - Antes de Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.22	4.31	19.90	19900	325500	0.00001	9.347	N.R.	70.00
Marinilla - Q. La Marinilla - Estación Puente La Feria	9.90	15.00	6.08	3.20	108.4	248100	2419600	0.00001	12.515	N.R.	50.00
Marinilla - Q. La Marinilla - Estación Alcaravanes	4.90	21.30	7.21	1.05	25.50	201400	1119900	0.00001	11.607	N.R.	50.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto a la estación Río Abajo, ubicada sobre el río Negro, y que corresponde a la última estación de monitoreo al cierre de la cuenca del Río Negro, se observa un cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros SST, pH, Oxígeno Disuelto, Plomo, Fenoles, Coliformes Fecales y totales, exceptuando los parámetros DBO₅ y DQO.

Además, es de resaltar que se observa una recuperación de la calidad del agua, considerando que este punto ya ha recibido los principales tributarios y cargas contaminantes de la zona industrial del oriente; tramo que finalmente entrega sus aguas al embalse Peñol-Guatapé.

Tabla 34. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Marinilla

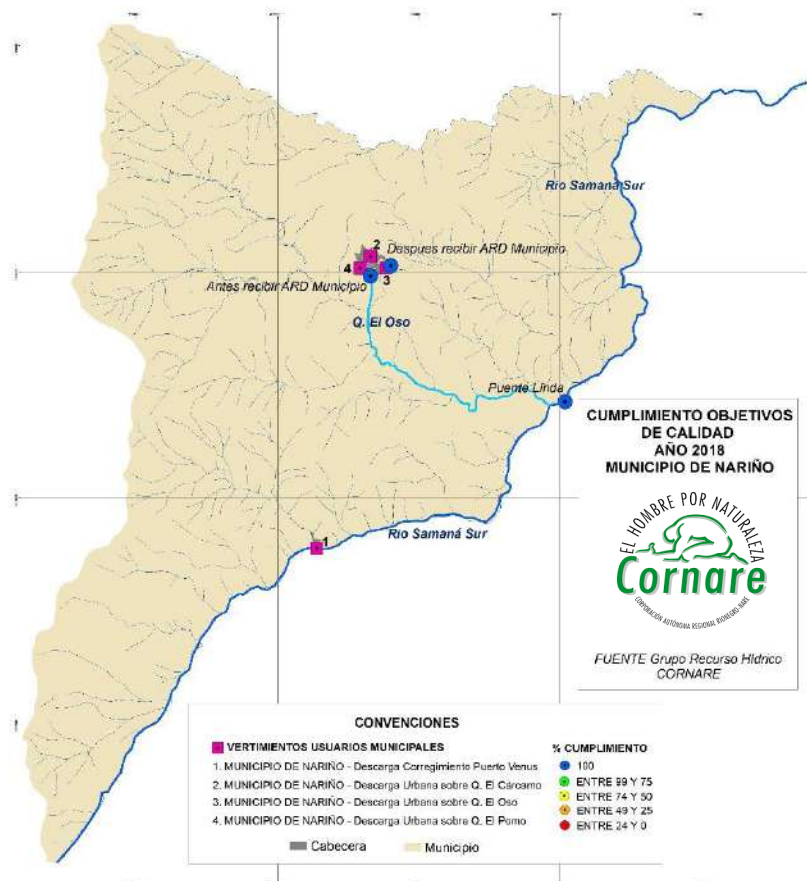
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Plomo (mg/L)	% de cumplimiento
Marinilla - R. Negro - Estación Río Abajo	10.10	15.00	7.34	6.95	31.70	3100.00	57600.00	0.0000100	0.0032500	77.78

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Nariño**

En la Figura 158, se presenta el mapa del Municipio de Nariño y sus correspondientes estaciones de monitoreo.

Figura 158. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Nariño



Se observa en la estación denominada: antes de la cabecera urbana, un cumplimiento de los objetivos de calidad asociados con un uso estético, al igual que para la estación después de recibir las AR del casco urbano.

Tabla 35. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Nariño

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Nariño - Q. El Oso - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	6.50	7.42	155.00	100
Nariño - Q. El Oso - Después Recibir ARD Municipio	5.40	15.00	7.13	7.18	77655.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Igualmente, para la estación Puente Linda, en el Río Samaná Sur, se da cumplimiento a los objetivos de calidad establecidos para todos los parámetros, teniendo en cuenta que la oferta de caudal del Samaná Sur permite una dilución de los contaminantes y una mayor transferencia de oxígeno.

Tabla 36. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Nariño

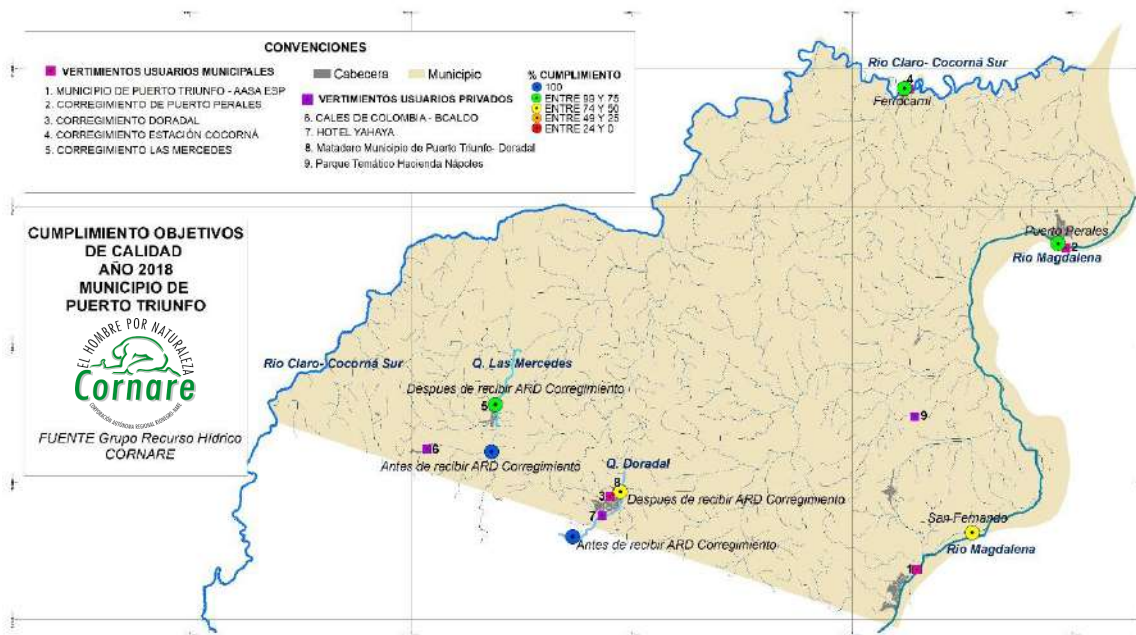
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
Nariño - R. Samaná Sur - Estación Puente Linda	4.00	7.51	7.45	10.00	2000.00	26900.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Puerto Triunfo**

En la figura 159, se presenta el mapa del Municipio de Puerto Triunfo, y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido, que para las cabeceras urbanas de los corregimientos Las Mercedes y Doradal quedo establecido como uso estético, el tramo Río Claro- Cocorná Sur de uso recreativo y contacto primario y finalmente el tramo del río Magdalena de uso agropecuario.

Figura 159. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Puerto Triunfo



De acuerdo a la tabla 37, en la estación antes de la cabecera urbana del corregimiento de Doradal, se evidencia un cumplimiento de los objetivos de calidad y en la estación después de recibir las AR del casco urbano se presenta un incumplimiento del objetivo de calidad establecido para los parámetros SST y Coliformes fecales, y cumple para los parámetros DBO5, pH y Oxígeno Disuelto.

Igualmente, la estación antes de recibir las ARD del Corregimiento de las Mercedes cumple con todos los objetivos de calidad y presenta un incumplimiento del objetivo de calidad establecido para el parámetro Coliformes Fecales, después de recibir las aguas residuales del corregimiento.

Tabla 37. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Puerto Triunfo

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Puerto Triunfo-Doradal - Caño Doradal - Antes Recibir ARD Corregimiento	4.00	15.00	7.71	7.31	1000.00	100.00
Puerto Triunfo-Doradal - Caño Doradal - Después Recibir ARD Corregimiento	4.00	40.10	7.21	4.21	146700.00	60.00
Puerto Triunfo-Las Mercedes - Q. La Mercedes - Antes Recibir ARD PTAR Corregimiento	4.00	15.00	8.21	7.51	1000.00	100.00
Puerto Triunfo-Las Mercedes - Q. La Mercedes - Después Recibir ARD PTAR Corregimiento	4.00	15.00	7.81	7.21	960600.00	80.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto a la estación ubicada sobre el Río Claro- Cocorná Sur, correspondiente a la Estación Ferrocarril, esta da cumplimiento a los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales. En relación con el cumplimiento del objetivo definido para los parámetros de fenoles y COT, no se realizó el respectivo análisis y reporte.

Tabla 38. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Puerto Triunfo

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	COT (mg/L)	% de cumplimiento
Puerto Triunfo - R. Claro-Cocorná Sur - Estación Puente Ferrocarril	4.00	20.00	7.31	6.81	10.00	1000.00	N.R.	N.R.	75

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Para las estaciones ubicadas sobre el río Magdalena, se presenta un cumplimiento parcial de los objetivos de calidad, debido a que solamente el parámetro de Coliformes fecales supera el rango establecido en la estación San Fernando.

Tabla 39. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Puerto Triunfo

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
Puerto Triunfo - R. Magdalena - Estación Pto. Perales	4.00	7.11	6.71	16.90	1000.00	100
Puerto Triunfo - R. Magdalena - Estación San Fernando	4.00	7.41	6.91	20.30	10900.00	80

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Rionegro**

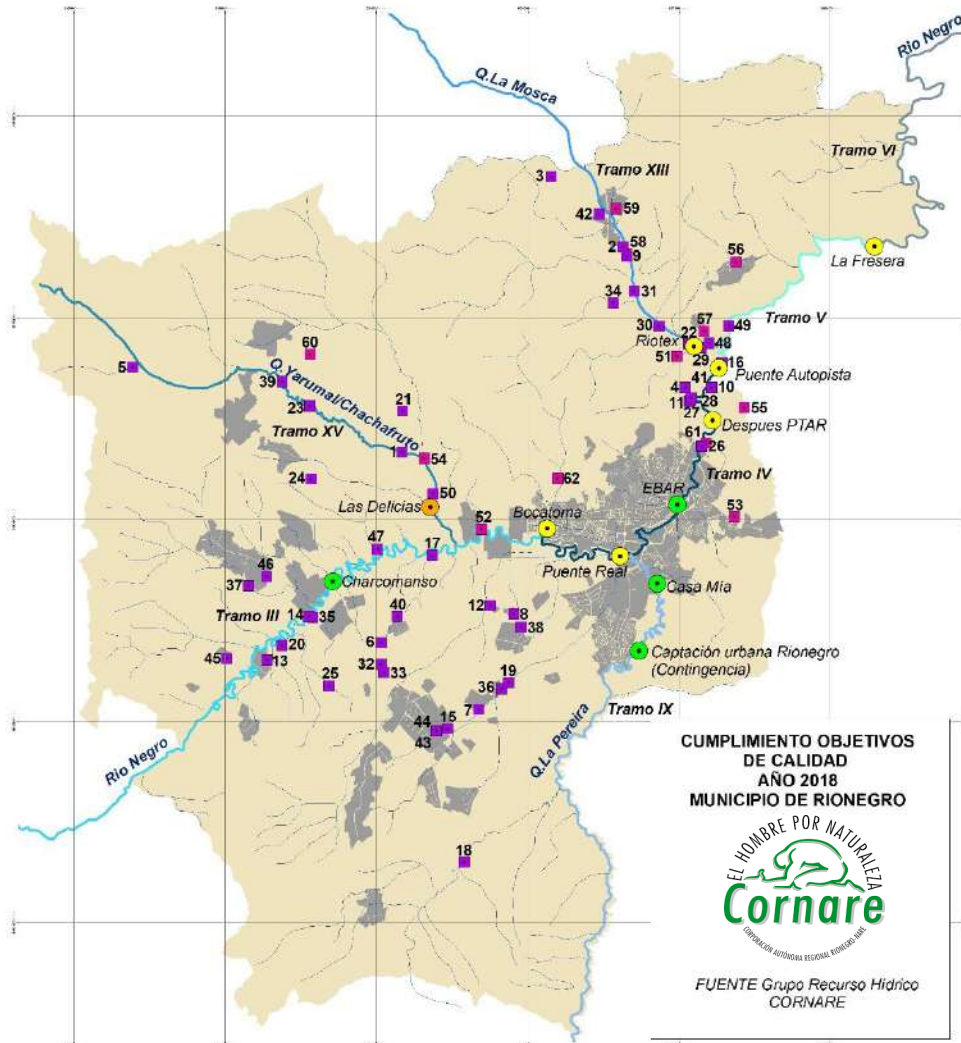
En la Figura 160, se presenta el mapa del Municipio de Rionegro y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad de acuerdo con el uso definido para diferentes corrientes tributarias: tramo IX de la quebrada La Pereira (Agrícola y pecuario), tramo XV de la quebrada Yarumal-Chachafruto (Industrial), tramo XIII de la quebrada La Mosca (Industrial), y corriente



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

principal río Negro Tramo III (Aguas Naturales-Consumo Humano), Tramo IV (Estético), y Tramo V (Agrícola y pecuario).

Figura 160. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Rionegro



CONVENCIONES	
■ VERTIMIENTOS USUARIOS PRIVADOS	■ VERTIMIENTOS USUARIOS MUNICIPALES
1. AEROCIVIL - Aeropuerto José María Córdoba - Alzate 2. ALIMENTOS CARNÍFICOS - RIONEGRO (MIL DELICIAS) 3. BATALLÓN JUAN DEL CORRAL 4. CICHARRERA MUNDIAL - RIONEGRO (PILLOS) 5. CANTERAS YARUMAL UNO 6. CENTRO COMERCIAL COMPLEX LLANOGRANDE 7. CLUB CAMPESTRE LLANOGRANDE 8. COLEGIO HORIZONTALES 9. COLONIAS S.A. COLOMBIANA DE KILSINAS 10. COCTEER - TEXTILES RIONEGRO 11. CERRAJERÍA NACIONAL 99 (INDUSTRIAL) 12. CONDOMINIO CAMPESTRE EL REMANSO 13. CONDOMINIO CAMPESTRE LLANOGRANDE 14. Condominio Hinas (Sociedad Caspi SAS) 15. Condominio San Isidro (Sociedad Caspi SAS) 16. FAMILIA SANCIOLA 17. FLORES DE LA VEGA C.I. (MEGAFLOR) 18. FLORES DE ORIENTE C.I.	19. FLORES EL TERRAL - TINDA FLORES DE E. 20. FLORES EL TERRAL - LAS OLAS - RIONEGRO 21. FUERZA AEREA COLOMBIANA 22. DROPLIFE SCS COLOMBIA S.A (ANTES IMUSA) 23. HOTEL LAS LOMAS 24. Hotel (Asana Hotel Nio Verde Living Suites) 25. Hotel Casa Grande 26. IN CAROSA - MATADERO RIONEGRO 27. IN GETIERRAS 28. INVERSIONES R-ORIENTE 29. LABORATORIOS EGAR 30. LACTEOS RIONEGRO 31. MACROBIO LA BIONCICLADA 32. MUNDOS RIBES CARNES Y VINOS S.A. 33. Mat'che La Lanaguane 34. PANAMERICANA DE ALIMENTOS - RESPIN 35. PARCELACION ANDALUCIA 36. PARCELACION CAMELOT 37. PARCELACION PLANTA DEL ESTE 38. PARCELACION SANTA MARIA DEL LLANO 39. PARCELACION VALLE GRANDE 40. PARCELACION AGUA LUNA DE ORIENTE 41. PINTUCO - COMPAÑIA CI ORAL DE PINTURAS 42. PRODUCTOS ALTRADIESIVOS ARCAD S.A 43. Parroquia Casa de Campo 44. Parroquia La Resaca 45. Parroquia Naranjada 46. Parroquia Ralajas del Toboso 47. Parroquia zona Estreñista - Zona E. 48. RIOTEX (ARO) 49. RIOTEX (AR+D+ARD) 50. ZONA FRANCA
51. CENTRO POBLADO ALTO DE LOS GOMEZ 52. CENTRO POBLADO BARRIO BLANCO 53. CENTRO POBLADO DALLIJO DE LOS HEREDADOS 54. CENTRO POBLADO CHACHAFRUTO - ARSA E.S.P. 55. CENTRO POBLADO CHACHAFRUTO 56. CENTRO POBLADO DE GALICIA PARTE ALTA 57. CENTRO POBLADO DE GALICIA PARTE BAJA 58. CENTRO POBLADO LA FRIATA 59. CENTRO POBLADO LOS PRISONES 60. CENTRO POBLADO SAUCINA - ARSA E.S.P. 61. MUNICIPIO DE RIONEGRO - ESPINO E.S.P. 62. Centro poblado Alto Bander	% CUMPLIMIENTO ● 100 ● ENTRE 99 Y 75 ● ENTRE 74 Y 50 ● ENTRE 49 Y 25 ● ENTRE 24 Y 0

Las dos estaciones que se ubican sobre la quebrada La Pereira, correspondientes a la estación Contingencia San Antonio y estación Casa Mia, presentan un cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Coliformes Fecales y totales, con excepción de los parámetros Oxígeno Disuelto y DQO en la estación Captación Urbana Rionegro -Contingencia y del parámetro Oxígeno Disuelto en la estación Casa Mia.

Tabla 40. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro - Q. La Pereira - Estación Captación Urbana Rionegro (Contingencia)	4.50	15.00	7.08	3.82	34.50	1000.00	29500.00	0.0000100	75.00
Rionegro - Q. La Pereira - Estación Casa Mia	4.00	15.00	7.03	3.05	29.40	3000.00	30100.00		85.71

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

La estación Las Delicias en la Quebrada Chachafruto, presenta un cumplimiento parcial de los objetivos de calidad, ya que los parámetros DBO₅, DQO, Coliformes fecales y totales superan el límite establecido, y un cumplimiento en los parámetros, SST, pH, Oxígeno Disuelto y los metales Cadmio, Plomo y Cromo; en esta zona se encuentran asentadas una buena parte del sector industrial del Municipio de Rionegro (Zona Franca) y además la estación se encuentra aguas abajo de la descarga de la PTAR Sector Chachafruto, operada por ARSA. No se realizó el análisis y reporte de los parámetros Fenoles, Arsénico, Níquel y Mercurio.

Tabla 41. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Níquel (mg/L)	Mercurio (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro - Q. Chachafruto - Estación Las Delicias	10.1	113.8	7.43	6.42	42.9	360900	2419600	N.R.	0.000107	0.00046	0.000146	N.R.	N.R.	N.R.	42.86

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

La estación ubicada en la quebrada La Mosca, denominada Riotex, corresponde al cierre de esta subcuenca antes de su desembocadura al río Negro. En esta se presenta un incumplimiento del objetivo de calidad establecido para el parámetro Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales y totales, y con cumplimiento para los parámetros DBO₅, SST, pH, DQO, Fenoles, Cadmio, Plomo, Cromo, y Níquel. No se realizó el análisis y reporte de los parámetros Arsénico y Mercurio.

Es importante resaltar que la quebrada La Mosca es la fuente receptora de la mayoría de los vertimientos industriales, toda vez que el sector productivo de la región se encuentra asentado en todo el corredor de la Autopista Medellín – Bogotá, en jurisdicción de los Municipios de Guarne y Rionegro.

Tabla 42. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	Arsénico (mg/L)	Níquel (mg/L)	Mercurio (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro * - Q. La Mosca - Estación Riotex	6.00	15.2	6.98	3.23	33.9	165800	2419600	0.00001	0.000107	0.00046	0.000146	N.R.	0.000611	N.R.	64.29

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto a las estaciones ubicadas sobre el río Negro, presentan un cumplimiento parcial de los objetivos de calidad, de la siguiente manera: en la parte alta, se encuentran las estaciones Charco Manso y Bocatoma, la primera estación cumple con los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y totales, Fenoles y Cadmio; con excepción del parámetro DQO y la segunda estación incumple para los parámetros Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y totales; y cumple para los demás parámetros anteriormente señalados.

Tabla 43. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro - R. Negro - Estación Charco Manso	4.00	15.00	7.27	6.60	33.30	5000.00	87000.00	0.00001	0.000107	88.89
Rionegro - R. Negro - Estación Bocatoma Municipio Rionegro	4.00	15.20	7.34	4.90	11.50	50000.00	2060000.00	0.00001	0.000107	66.67

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

La estación Puente Real presenta un incumplimiento para los parámetros Coliformes Fecales y totales, mientras que la estación Puente antes EBAR, cumple con todos los objetivos de calidad a fin de garantizar el uso de agua establecido para este tramo.

Tabla 44. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro - R. Negro - Estación Puente Real	4.00	15.0	7.24	5.57	10.0	1990000	2240000	N.R.	0.00046	0.000146	70.00
Rionegro - R. Negro - Estación Puente Antes de EBAR Rionegro	4.00	15.0	7.17	6.11	24.4	13000	119000	N.R.	0.00046	0.000146	90.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Finalmente, se tiene uno de los tramos más críticos del río Negro en cuanto a su calidad de agua, toda vez que confluyen 4 tributarios y la zona industrial del oriente cercano; en las estaciones Después de la PTAR y Puente Autopista se cumplen solamente con los objetivos establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, Cadmio, Plomo y Cromo.

Tabla 45. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Cadmio (mg/L)	Plomo (mg/L)	Cromo +6 (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro - R. Negro - Estación Después de la Descarga PTAR Rionegro	11.50	19.1	6.96	0.30	75.4	180000	2030000	0.000107	N.R.	0.000146	50.00
Rionegro* - R. Negro - Estación Puente Autopista	4.90	31.50	7.30	1.99	46.8	80000	990000	0.000107	0.00046	0.000146	70.00

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

En la estación la Fresera se presenta un incumplimiento a los objetivos establecidos para los parámetros Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y Coliformes Totales; y cumple con DBO₅, SST, pH, DQO y Fenoles.

Tabla 46. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Rionegro

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	% de cumplimiento
Rionegro - R. Negro - Estación La Fresera	5.50	30.10	6.98	1.05	35.00	410000.00	2030000.00	0.00001	62.50

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de San Carlos**

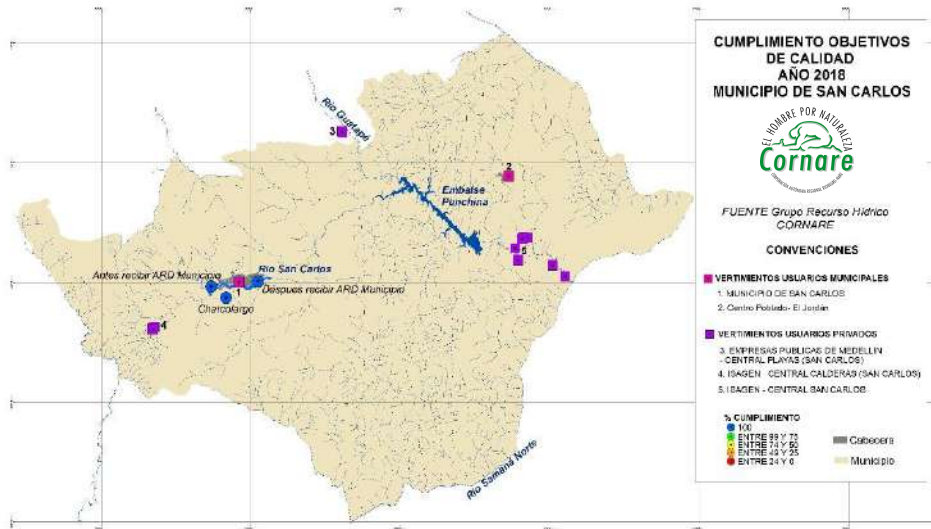
En la Figura 161, se muestra el mapa del Municipio de San Carlos y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales además de tener un ICA de BUENA calidad, según el monitoreo realizado en el mes de febrero, cumple con todos los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes fecales.

Tabla 47. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Carlos

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
San Carlos - R. San Carlos - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.42	7.60	1000.00	100
San Carlos - R. San Carlos - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.39	7.47	17500.00	100
San Carlos - R. San Carlos - Estación Charcolargo	4.00	15.00	7.41	7.49	7825.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

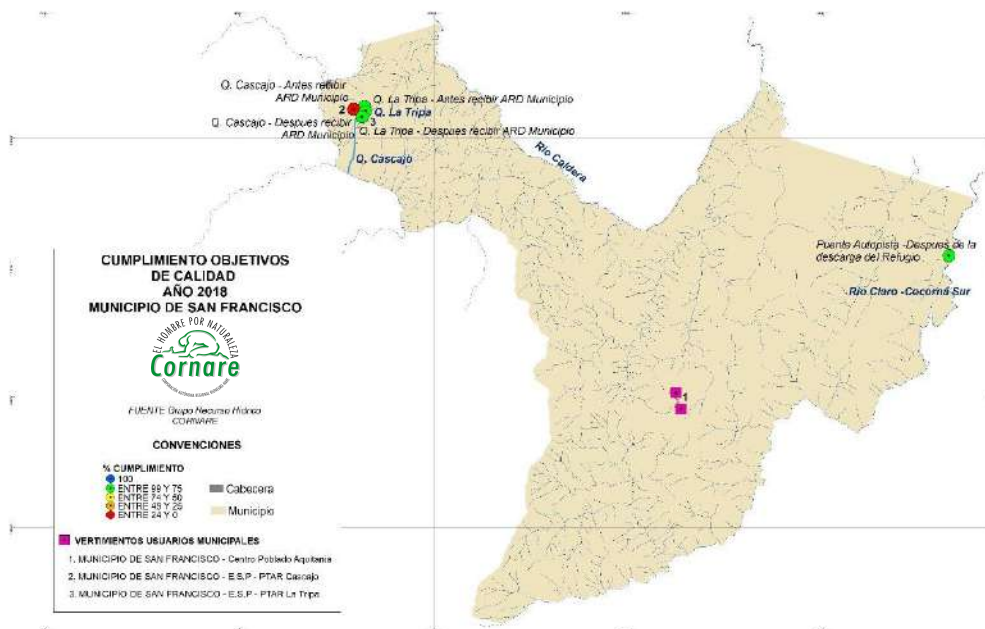
Figura 161. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de San Carlos



- **Municipio de San Francisco**

En la Figura 162, se presenta el mapa del Municipio de San Francisco y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con un uso estético en los tramos pertenecientes a la zona urbana del Municipio y un uso recreativo y contacto primario, para el tramo ordenado sobre el Rio Claro – Cocorná Sur.

Figura 162. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de San Francisco



En las estaciones que se encuentran antes y después de la Zona urbana ubicadas sobre la Quebrada La Tripa y además de la estación antes de recibir las AR del Municipio sobre la Quebrada Cascajo, presentan un cumplimiento de los objetivos de calidad, con excepción del establecido para el parámetro Oxígeno Disuelto.

La estación con mayor criticidad corresponde a la ubicada después de recibir las AR del Municipio sobre la Quebrada Cascajo, con un incumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, y Coliformes fecales, toda vez que recibe la descarga de la planta con mayor porcentaje de cobertura del municipio.

Tabla 48. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Francisco

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
San Francisco - Q. El Cascajo - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.14	5.20	2000.00	80
San Francisco - Q. El Cascajo - Después Recibir ARD Municipio	49.40	60.40	7.76	4.90	1732900.00	20
San Francisco - Q. La Tripa - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.58	6.32	1000.00	80
San Francisco - Q. La Tripa - Después Recibir ARD Municipio	14.80	21.80	7.24	4.19	920800.00	80

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Por último, la estación puente autopista ubicada a la altura del Refugio, reserva Cañón del río Claro, da un cumplimiento total a los objetivos de calidad establecidos para el tramo del Río Claro-Cocomá Sur, para los parámetros DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto, DQO y Coliformes Fecales. No se realizó el análisis y reporte de los parámetros Fenoles y COT.

Tabla 49. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Francisco

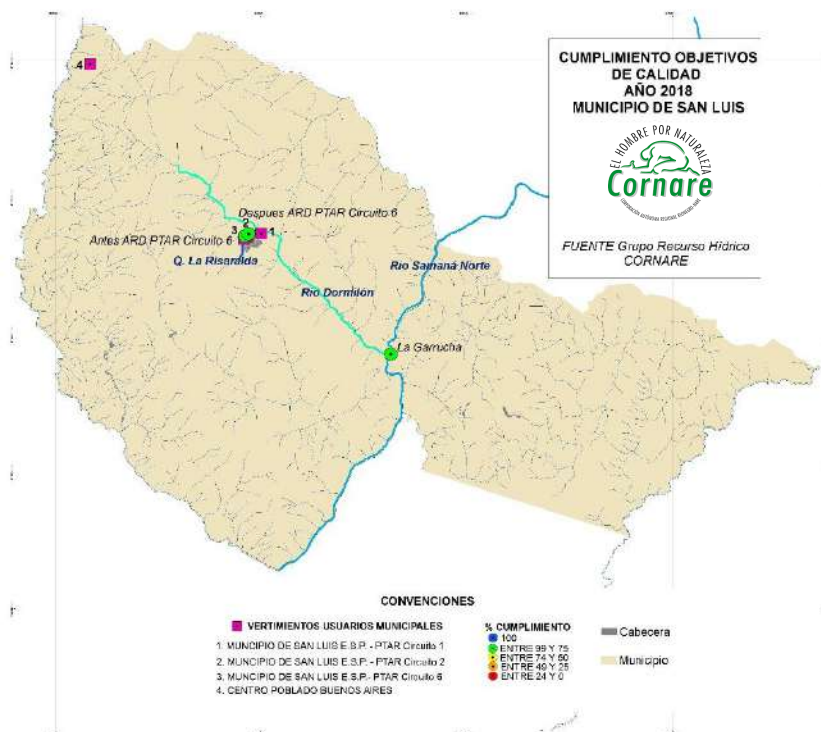
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	COT (mg/L)	% de cumplimiento
San Francisco/Sonsón (límites) - R. Claro-Cocomá Sur - Estación Puente Autopista - Después de la Descarga del Refugio	4.00	15.00	8.35	8.10	10.00	4100.00	N.R.	N.R.	75

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de San Luís**

En la Figura 163, se observa el mapa del Municipio de San Luís, con sus tres estaciones de monitoreo antes y después del casco urbano del Municipio y además la estación La Garrucha, ubicada sobre el Río Samaná Norte.

Figura 163. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de San Luis



Las estaciones antes y después del casco urbano presentan un cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH y Oxígeno Disuelto, con excepción del parámetro Coliformes fecales.

Tabla 50. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Luis

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
San Luis - Q. La Risaralda - Antes ARD PTAR CIRUITO 6	4.00	15.00	7.63	7.63	6300.00	80
San Luis - Q. La Risaralda - Después ARD PTAR CIRUITO 6	4.00	15.00	7.23	8.08	48700.00	80

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

La estación la Garrucha, presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, DQO, Coliformes Fecales y Fenoles, con excepción del parámetro Oxígeno Disuelto.

Tabla 51. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Luis

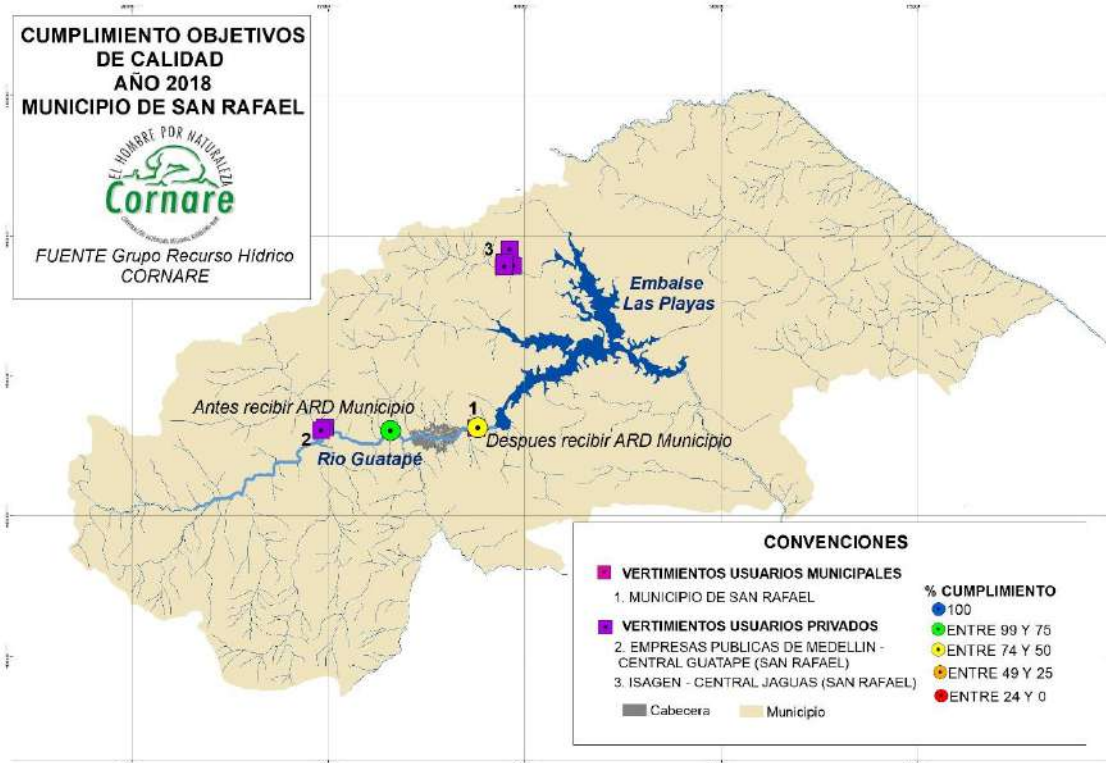
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	% de cumplimiento
San Luis - R. Samaná Norte - Estación La Garrucha	4.00	15.00	7.31	5.42	13.50	1000.00	0.0000100	85.71

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de San Rafael**

En la Figura 164, se observa el mapa del Municipio de San Rafael, con sus dos estaciones de monitoreo antes y después de la zona urbana.

Figura 164. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de San Rafael



La primera estación presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, pH, Oxígeno Disuelto y Coliformes fecales, con excepción del parámetro SST. Y la segunda estación ubicada después del casco urbano, presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DBO₅, pH y Oxígeno Disuelto; exceptuando los parámetros SST y Coliformes Fecales.

Tabla 52. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Rafael

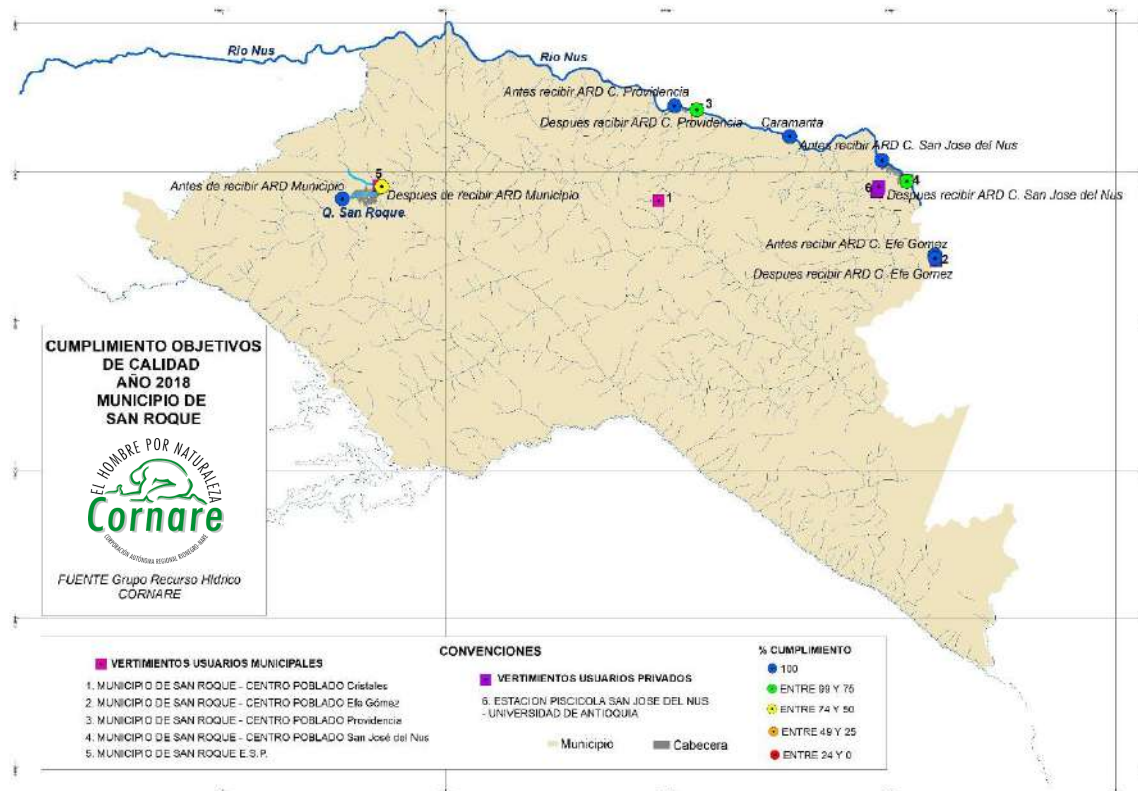
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO ₅ (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
San Rafael - R. Guatapé - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.16	7.71	2000.00	80
San Rafael - R. Guatapé - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.23	7.37	5200.00	60

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de San Roque**

En la Figura 165, se presenta el mapa del Municipio de San Roque, con sus nueve estaciones de monitoreo.

Figura 165. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de San Roque



Respecto a las estaciones ubicadas antes y después de la cabecera urbana del Municipio de San Roque, se da un cumplimiento parcial a los objetivos de calidad establecidos, según un uso estético, para la estación ubicada después del casco urbano, toda vez que los parámetros Oxígeno Disuelto y Coliformes fecales superan el límite permitido.

Tabla 53. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Roque

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
San Roque - Q. San Roque - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.53	8.11	4100.00	100
San Roque - Q. San Roque - Después Recibir ARD Municipio	4.40	15.00	7.25	6.34	238200.00	60

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Para las estaciones que se ubican sobre el río Nus antes del casco urbano de los corregimientos de Providencia, San José del Nus y Efe Gómez se da cumplimiento a los objetivos de calidad establecidos para los parámetros

DBO₅, SST, pH, Oxígeno Disuelto y Coliformes Fecales asociados con un uso estético; las estaciones que se ubican después del casco urbano de los corregimientos de Providencia y San José del Nus, presentan un incumplimiento para el parámetro de Coliformes Fecales, teniendo en cuenta que estos corregimientos no cuentan con soluciones de saneamiento básico, que remuevan la carga contaminante generada.

Tabla 54. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Roque

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
San Roque-Efe Gómez - R. Nus - Antes Recibir ARD Corregimiento	4.00	18.20	7.95	7.55	11000.00	100
San Roque-Efe Gómez - R. Nus - Después Recibir ARD Corregimiento	4.00	23.70	8.02	7.56	13400.00	100
San Roque-San José del Nus - R. Nus - Antes Recibir ARD Corregimiento	4.00	15.00	8.30	7.98	4100.00	100
San Roque-San José del Nus - R. Nus - Después Recibir ARD Corregimiento	4.00	15.00	8.16	7.43	29500.00	80
San Roque-Providencia - R. Nus - Antes Recibir ARD Corregimiento	4.00	63.00	7.35	7.38	8600.00	100
San Roque-Providencia - R. Nus - Después Recibir ARD Corregimiento	4.00	51.30	7.52	7.25	28500.00	80

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Para el tramo restante del río Nus se le asocia un uso agrícola y pecuario, y al respecto la estación Caramanta, tal como se evidencia en la tabla 55, cumple con todos los objetivos de calidad.

Tabla 55. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Roque

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	% de cumplimiento
San Roque - R. Nus - Estación Caramanta	4.00	7.73	7.05	11.90	3100.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de San Vicente**

En la Figura 166, se presenta el mapa del Municipio de San Vicente y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales permiten verificar el cumplimiento de los objetivos de calidad, de acuerdo con el uso definido para el tramo XVI de la quebrada El Salado (Agrícola y pecuario).

La estación antes de recibir las aguas residuales del Municipio presenta un cumplimiento de los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, pH, DQO, Coliformes Fecales y totales, incumpliendo solo para el parámetro Oxígeno Disuelto. Adicionalmente, no se realizó el análisis y reporte de los parámetros Fenoles y Cadmio.

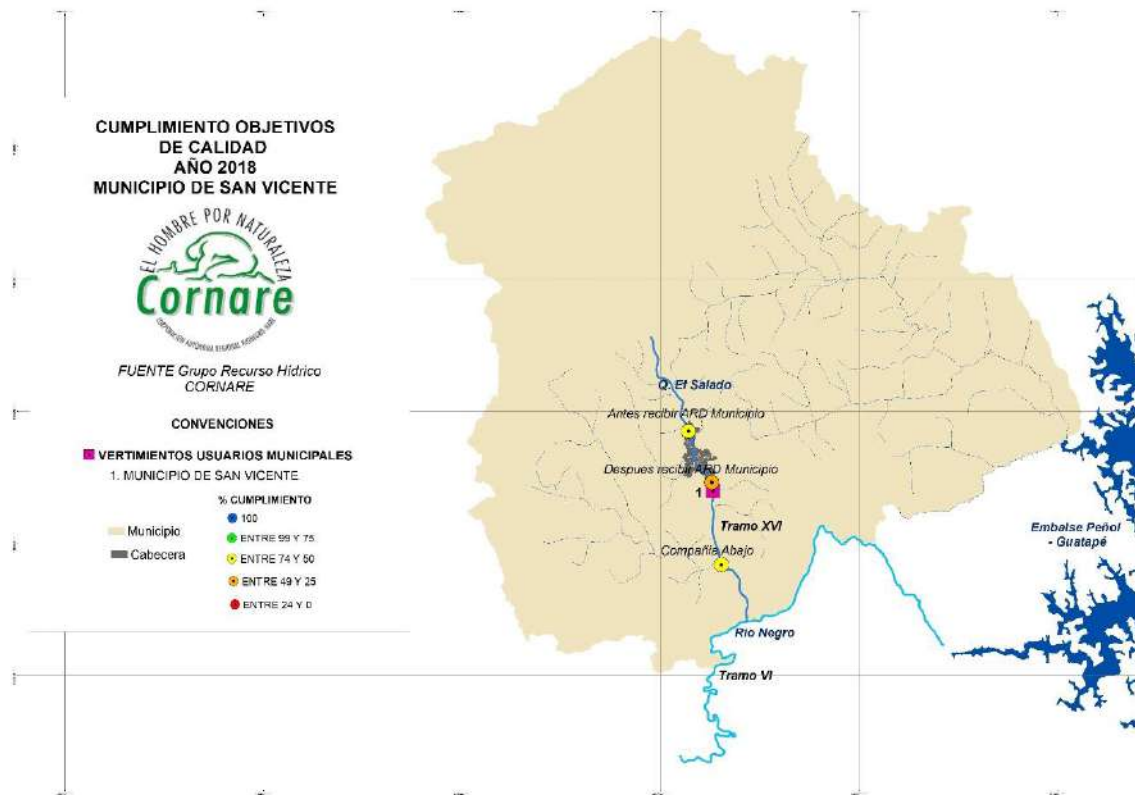
Tabla 56. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Vicente

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	% de cumplimiento
San Vicente - Q. El Salado - Estación Antes de recibir las ARD Municipio	4.00	15.00	6.73	5.48	17.30	3000.00	74200	N.R.	N.R.	66.67
San Vicente - Q. El Salado - Estación Después de la descarga PTARD Municipio	4.80	19.60	6.94	5.09	36.00	11900.00	201400	N.R.	N.R.	44.44

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto a la estación ubicada después de recibir las AR del Municipio, no cumple con los objetivos de calidad establecidos para los parámetros Oxígeno Disuelto, DQO y Coliformes totales, cumpliendo para los demás parámetros de DBO₅, SST, pH y Coliformes Fecales; la planta de tratamiento de aguas residuales entró en operación a finales del año 2018.

Figura 166. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de San Vicente



Finalmente, la estación Compañía Abajo presenta una mejoría respecto a su calidad de agua, sin embargo, aún se presenta incumplimiento de algunos de los objetivos de calidad establecidos para los parámetros DQO, Oxígeno Disuelto, Coliformes Fecales y totales.

Tabla 57. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de San Vicente

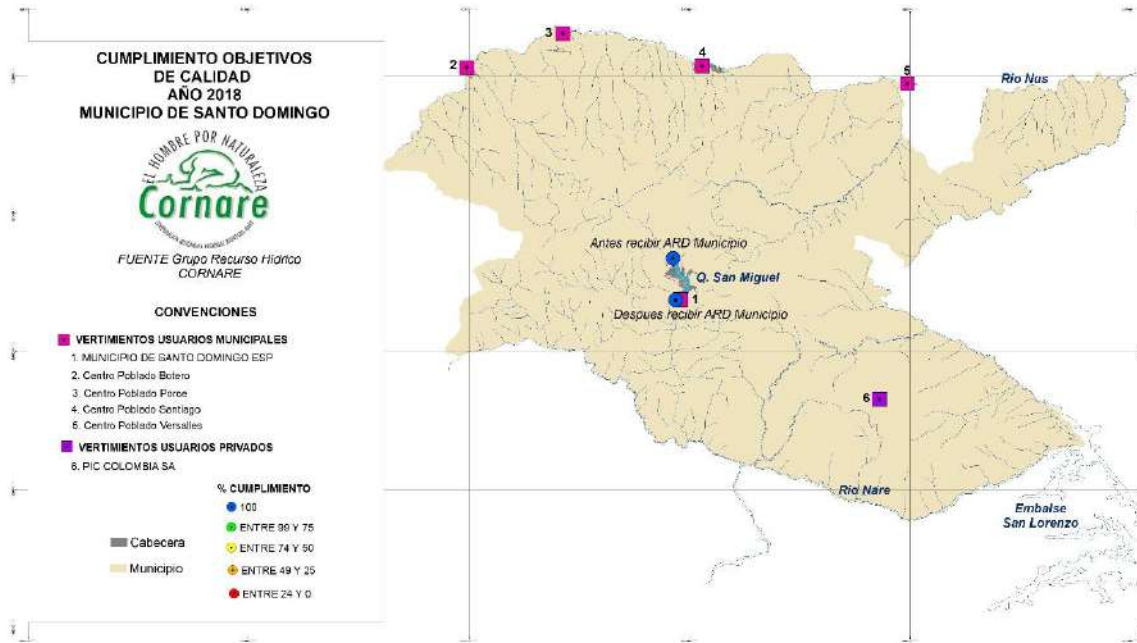
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Coliformes Totales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	Cadmio (mg/L)	% de cumplimiento
San Vicente - Q. El Salado - Estación Compañía Abajo	4.00	15.00	7.44	5.28	32.80	71200.00	980400	0.00001	0.000107	55.56

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- Municipio de Santo Domingo**

En la Figura 167, se muestra el mapa del Municipio de Santo Domingo y sus correspondientes estaciones de monitoreo, ubicadas antes y después de la cabecera urbana.

Figura 167. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Santo Domingo



Las estaciones, además de tener BUENA calidad, según el monitoreo realizado, cumple con todos los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes fecales.

Tabla 58. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Santo Domingo

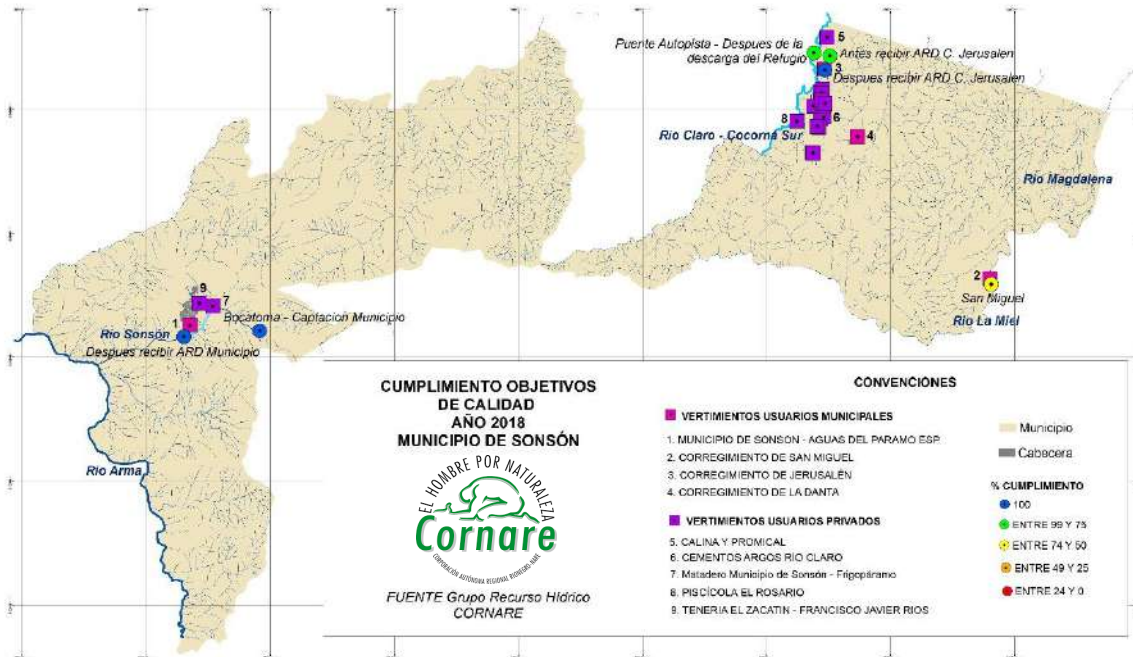
Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Santo Domingo - Q. San Miguel - Antes Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	6.35	7.36	150.00	100
Santo Domingo - Q. San Miguel - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	6.43	6.03	86645.00	100

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

- **Municipio de Sonsón**

En la Figura 168, se muestra el mapa del Municipio de Sonsón y sus correspondientes estaciones de monitoreo, las cuales además de tener BUENA calidad conforme el ICA, se cumple con todos los objetivos de calidad definidos para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH y Coliformes fecales, en las estaciones antes y después de la cabecera urbana del Municipio de Sonsón.

Figura 168. Cumplimiento de los Objetivos de calidad en el Municipio de Sonsón



Antes del Corregimiento de Jerusalén, se presenta un incumplimiento del parámetro Coliformes Fecales, teniendo en cuenta, que este centro poblado no tiene aún sistema de tratamiento para remover la carga contaminante generada. Después del Corregimiento de Jerusalén se cumple con los objetivos de calidad, para los parámetros DBO, SST, pH, Oxígeno Disuelto y Coliformes fecales.

Tabla 59. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Sonsón

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Sonsón - Bocatoma R. Sonsón - Captación Municipio	4.00	15.00	7.42	6.83	50.00	100
Sonsón - R. Sonsón - Después Recibir ARD Municipio	4.00	15.00	7.39	7.19	67700.00	100
Sonsón-Jerusalén - Caño Borniego - Antes Recibir ARD Corregimiento	13.70	15.00	7.45	5.09	275500.00	80
Sonsón-Jerusalén - Caño Borniego - Después Recibir ARD Corregimiento	4.00	15.00	7.77	4.70	10900.00	100

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)	% de cumplimiento
Sonsón - R. La Miel - Estación San Miguel	4.00	1129.20	6.73	7.96	5380.00	60

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

Respecto al cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos para el tramo del Río la Miel, en el cual se ubica la estación San Miguel, en inmediaciones del Corregimiento de San Miguel, se presenta cumplimiento para los parámetros DBO₅, Oxígeno Disuelto y pH, no cumpliendo para los parámetros SST y Coliformes fecales.

Y la estación puente autopista a la altura de la reserva del cañón del río Claro- El Refugio, correspondiente a la campaña ejecutada sobre la fuente Río Claro-Cocomá Sur, se presenta cumplimiento para los parámetros DBO₅, SST, Oxígeno Disuelto, pH, DQO y Coliformes fecales; no se realizó el análisis y reporte de los parámetros Fenoles y COT.

Tabla 60. Cumplimiento, objetivos de calidad, estaciones ubicadas en el Municipio de Sonsón

Fuente Hídrica Monitoreada	DBO5 (mg/L)	SST (mg/L)	pH (Unidades pH)	Oxígeno Disuelto (mg/L)	DQO (mg/L)	Coliformes Fecales (UFC/100ml)	Fenoles (mg/L)	COT (mg/L)	% de cumplimiento
San Francisco/Sonsón (límites) - R. Claro-Cocomá Sur - Estación Puente Autopista - Después de la Descarga del Refugio	4.00	15.00	8.35	8.10	10.00	4100.00	N.R.	N.R.	75

(Azul = cumple, Rojo = No cumple, Negro = No aplica, N.R.= No Reporta)

3.3.1.3 Aplicación del modelo de calidad

La Corporación en compañía de GOTTA Ingeniería, diseño un esquema de gestión de información hidrométrica, de cantidad y calidad de agua como insumo para el Sistema Integrado de Calidad de Agua – SICA – en la jurisdicción de Cornare. A partir del cual, se realiza la simulación distribuida del tránsito y transformación de solutos y sustancias de interés ambiental en la red de drenaje de una cuenca.

Nota: El marco conceptual del Sistema Integrado de Calidad de Agua – SICA, podrá ser revisado en el documento "DISEÑO DE LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA, DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA COMO INSUMO PARA EL SISTEMA INTEGRADO DE CALIDAD DE AGUA – SICA – EN LA JURISDICCIÓN DE CORNARE", el cual es anexo al presente informe para conocimiento y consulta externa.

Para el caso particular del Río Negro como tributario principal, se relaciona a continuación el estado actual del impacto asociado a las diferentes descargas sobre este cuerpo de agua.

3.3.1.3.1. Requerimientos de información

Captaciones

Para la implementación de la herramienta SICA se emplearon 10438 captaciones de aguas superficial, las cuales en su mayoría corresponden a uso doméstico, riego y pecuario. Cabe resaltar, que se emplearon en la simulación tanto las captaciones vigentes como las no vigentes, pues generalmente los usuarios así no tengan la concesión vigente continúan captando el recurso.

La información empleada para la simulación hace referencia a las coordenadas del sitio de captación, el caudal concesionado y el porcentaje de agua retornada

Vertimientos

Para la información de vertimientos se utilizó las caracterizaciones reportadas en la base de datos de tasas retributivas entre los años 2010 a 2016 (Históricas) las cuales fueron actualizadas hasta la fecha, en donde se reportan los siguientes usuarios:

Tabla 60. Usuarios vertimientos año 2018

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	I	RIO PANTANILLO	-	-	-	NO IDENTIFICADOS		
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. La Chuscala y Directos al Alto Río Negro	Directos al Alto Río Negro - Sector Don Diego Monte Nevado	MUNICIPIO DE EL RETIRO - ZONA URBANA - AGUAS DE ORIENTE E.S.P.	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	(Q. La Chuscala y Directos al Alto Río Negro) (Q. Las Palmas - Represa La Fé)	(Directos al Alto Río Negro - Sector Don Diego Monte Nevado) (Q. Espiritu Santo - Embalse La Fé)	MUNICIPIO DE EL RETIRO - CENTROS POBLADOS - AGUAS DE ORIENTE E.S.P. (Villa Elena I y II y Salados Norte)	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. La Chuscala y Directos al Alto Río Negro	Directos al Alto Río Negro - Sector Don Diego Monte Nevado	CENTRO COMERCIAL LA FE	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. Las Palmas - Represa La Fé	Q. San Luis	COLEGIO SAN JOSÉ DE LAS VEGAS	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. La Chuscala y Directos al Alto Río Negro	Directos al Alto Río Negro - Sector Don Diego Monte Nevado	CONDOMINIO PINARAZUL	X	

**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. Las Palmas - Represa La Fé	Q. San Luis	Montana Energy Group SAS - Estación de Servicio San Luis El Escobero	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. Las Palmas - Represa La Fé	Q. Boquerón	Condominio Campestre Jardines de Fizebad	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. Las Palmas - Represa La Fé	Q. Espíritu Santo - Embalse La Fé	EPM - Parque Los Salados	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. Las Palmas - Represa La Fé	Q. Las Palmas	Colegio Gimnasio Vermont	X	
Río Negro	II	RIO NEGRO	Río Negro	Q. Las Palmas - Represa La Fé	Q. Boquerón	Condominio SIERRA GRANDE 1 (APROVAR Propiedad Raiz S.A.S.) - NUEVO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	MUNICIPIO DE RIONEGRO - CENTRO POBLADO BARRO BLANCO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. San Joaquín - Corpoica	CENTRO COMERCIAL COMPLEX LLANOGRANDE	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	CLUB CAMPESTRE LLANOGRANDE	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. El Hato	COLEGIO HORIZONTES	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. El Hato	CONDOMINIO CAMPESTRE EL REMANSO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. Guayabito - La Danzarina	CONDOMINIO CAMPESTRE LAGO GRANDE	X	



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Ponzuela	FLORES DE ORIENTE C.I.	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Río Alto Río Negro	FLORES DE LA VEGA C.I. (VEGAFLOR)	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. El Charro Negro	FLORES EL TRIGAL - LAS OLAS - RIONEGRO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. El Hato	MUNDOS RIBS CARNES Y VINOS S.A.	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. San Joaquín - Corpoica	PARCELACIÓN AGUA LUNA DE ORIENTE	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Río Alto Río Negro	PARCELACION ANDALUCIA	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	PARCELACION CAMELOT	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. El Tablazo	PARCELACION PUNTA DEL ESTE	X	
Río Negro	III	RIO PANTANILLO	Río Negro	Río Pantanillo	Río Pantanillo Parte Baja	TRUCHAS SIERRA CLARA MARTHA LINA RESTREPO VELEZ (antes TRUCHAS BELMIRA)		X
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. La Guinea	TRUCHAS SIERRA BLANCA		X



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Río Alto Río Negro	Parcelación Normandía	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Río Alto Río Negro	Condominio Haras Santa Lucía	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	PARCELACION SANTA MARIA DEL LLANO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. El Tablazo	Parcelación Refugios del Tablazo	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. Don Gabriel	Promotora Zona Estratégica - Zona E	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. El Charro Negro	Hotel Casa Grande	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. El Hato	Mall Drive In Llanogrande (CREPES & WAFLES, HAMBURGUESAS DEL CORRAL y PARA JOHNS)	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. El Hato	Promotora de Inversiones Palobel S.A.S (Jardines de Llanogrande) - NUEVO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. Don Gabriel	PROMOTORA MEDICAL CENTER S.A.S. - NUEVO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	CONDOMINIO CAMPESTRE SAINT ANDREW PH - NUEVO	X	



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	LA MARTINA COUNTRY SUITES HOTEL (PROMOTORA DE PROYECTOS LA MARTINA S.A.S.) - NUEVO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	HOTEL - ECOHOTEL VERDI - NUEVO	X	
Río Negro	III	RIO NEGRO	Río Negro	Alto Río Negro	Q. Don Gabriel	FUNDACION HOSPITAL SAN VICENTE DE PAUL - NUEVO		X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	MUNICIPIO DE RIONEGRO - EPRIO E.S.P.	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. Abreo	Municipio de Rionegro-Centro poblado - Alto Bonito	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	CACHARRERIA MUNDIAL - RIONEGRO (Pintuco)	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	COLTEJER - TEXTILES RIONEGRO		X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	PINTUCO - COMPAÑIA GLOBAL DE PINTURAS		X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	COMPAÑIA NACIONAL DE CHOCOLATES		X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	CRYSTAL - ARD (ANTES VESTIMUNDO)	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	FAMILIA SANCELA	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	FLORES EL TRIGAL - FINCA FLORCARIBE	X	



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	GRIFFITH COLOMBIA	X	X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	INCAROSA (INDUSTRIAS CARNICAS DE ORIENTE) - MATADERO RIONEGRO	X	X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	INGETIERRAS	X	X
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	INVERSIONES RIORIENTE	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	Condominio San Isidro (Sociedad Cupul SAS)	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	Parcelación Casa de Campo	X	
Río Negro	IV	RIO NEGRO	Río Negro	Q. El Hato y Directos al Río Negro Parte Media	Q. San Antonio - El Pueblo	Parcelación La Reserva	X	
Río Negro	V	RIO NEGRO	Río Negro	Bajo Río Negro / La Mosca	Q. Chupadero - El Senso / Q. La Mosca	MUNICIPIO DE RIONEGRO - CENTROS POBLADOS DE GALICIA PARTE ALTA Y GALICIA PARTE BAJA	X	
Río Negro	V	RIO NEGRO	Río Negro	Río Negro Parte Media	Río Negro Parte Media	RIOTEX (ARnD+ARD)	X	X
Río Negro	VI	RIO NEGRO	Río Negro	Q. La Honda	Q. La Honda	RELLENO SANITARIO DEL MUNICIPIO DE MARINILLA - E.S.P.A. SAN JOSE DE LA MARINILLLA - NUEVO		X
Río Negro	VII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja	TANN COLOMBIA (VIAPPIANI DE COLOMBIA)	X	X



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja	MUNICIPIO DE LA CEJA E.S.P.	X	
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja	MUNICIPIO DE LA CEJA - CENTRO POBLADO GUAMITO (SAN JUDAS Y TOLEDO)	X	
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. El Puesto - El Churimo	PARCELACION PIE DE MONTE	X	
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. Grande - Payuco	TRANS UNIDOS LA CEJA		X
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. El Higuierón - Las Palmas - Uchuval	ALIMENTOS CARNICOS S.A.S - LA CEJA (PROVEG)	X	X
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. El Puesto - El Churimo	AVICOLA LA MARIA	X	
Río Negro	VIII	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja	INMUNIZADORA SERYE	X	
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. Quirama	RECINTO QUIRAMA - COMFENALCO	X	
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. Aguas Claras - El Dorado - El Borbollón	FLORES EL TRIGAL - AGUAS CLARAS - CARMEN DE VIBORAL	X	
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja	UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA - SECCIONAL ORIENTE	X	



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja / Q. Aguas Claras - El Dorado - El Borbollón / Q. El Salado - Chupadero - Calados / Q. Quirama	MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL - CENTROS POBLADOS (Guamito, Aguas Claras, Samaria, Sonadora)	X	
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. El Salado - Chupadero - Calados	MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL - LA CIMARRONA E.S.P. (Incluye los sectores o centros poblados: Sacatín y Camargo)	X	
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. La Pereira Parte Baja	Parcelación La Pradera	X	
Río Negro	IX	Q. LA PEREIRA	Río Negro	Q. La Pereira	Q. San Nicolás - Manzanares	Parcelacion Hacienda El Capiro - NUEVO	X	
Río Negro	X	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Alta	MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL - CENTROS POBLADOS (Betania, La Chapa)	X	
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja / Q. La Cimarrona Parte Baja / Q. La Cimarrona Parte Baja / Q. La Madera	MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL - LA CIMARRONA E.S.P. (Incluye Zona Urbana, y los sectores o centros poblados: Betania, Los Angeles y Campo Alegre)	X	
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	MUNICIPIO DE EL CARMEN DE VIBORAL - CENTROS POBLADOS (La Palma)	X	

**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	MUNICIPIO DE MARINILLA - CENTRO POBLADO CORBELEN E.S.P.	X	
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	MUNICIPIO DE RIONEGRO - CENTROS POBLADOS DE CIMARRONAS Y CALLEJON DE LOS HURTADO	X	
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	CRYSTAL ARnD (ANTES VESTIMUNDO)		X
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	ECOTINTEX (ANTES TEXTILES Y SERVICIOS)		X
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	FLORES SILVESTRES SA C.I.	X	X
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	NOVAVENTA - DULCES DE COLOMBIA	X	
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Alta	REFRAMETAL(ANTES REFRAC. CONTINENTAL)	X	
Río Negro	XI	Q. LA CIMARRONA	Río Negro	Q. La Cimarrona	Q. La Cimarrona Parte Baja	TINTATEX		X
Río Negro	XII	Q. LA MOSCA	-	-	-	NO IDENTIFICADOS		
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	MUNICIPIO DE GUARNE E.S.P.	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Honda	MUNICIPIO DE GUARNE - VEREDA SAN IGNACIO	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca Q. La Mosca Q. La Laja	MUNICIPIO DE RIONEGRO - CENTROS POBLADOS DE LOS	X	



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
						PEÑOLES, LA PLAYA Y ALTO DE LOS GOMEZ		
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	ALIMENTOS CARNICOS - RIONEGRO (MIL DELICIAS)	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	AVON	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. Garrido	BATALLON JUAN DEL CORRAL	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	CACHARRERIA MUNDIAL - GUARNE (Destisol)	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Clara	CDI EXHIBICIONES	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	CENTRO NACIONAL DE SALVAMENTO SURA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	CINTATEX	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	COLRESIN S.A COLOMBIANA DE RESINAS	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	Gases de Antioquia (antes COMBUSTIBLES LIQUIDOS DE COLOMBIA y GASESE DE MEDELLIN RGRO)	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Clara	CONDominio CAMPESTRE LA CLARITA	X	



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Clara	CONDOMINIO CAMPRESTRE LA CAROLINA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	CORPAUL - PLANTA FARMACEUTICA	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	EMPACOR - PROPAC	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	ESTADERO JARDINES DE ORIENTE	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	EUROCERAMICA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	GROUPE SEB ANDEAN S.A (ANTES GROUPE SEB COLOMBIA-IMUSA)	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. San José	INDUSTRIAS CADI	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	INMOBILIARIA INDUGEVI S.A. (LA CLARITA)	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	KJIPLAS	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	LABORATORIOS ECAR	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	LACTEOS AURALAC	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	LATEXPORT	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Castro	DISTRIPAPAS CASTELBLANCO (ANTES LAVADERO DE PAPA - NELLY AMPARO LOPEZ)	X	X



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	LICEO SALAZAR Y HERRERA - CENTRO DE ENCUENTROS LA RONDALLA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	MALL COMERCIAL MIRADOR LOS COMUNEROS	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	MATADERO LA RINCONADA		X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Brizuela	NEW STETIC	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	OMYA ANDINA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Cortada	PANAMERICANA DE ALIMENTOS - RESPIN	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	PRODUCTOS AUTOADHESIVOS ARCLAD S.A	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	-	-	PRODUCTOS LA GRANJA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	SENCO	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	SOCODA	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	DURATEX (ANTES TABLEMAC)	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	TINTORIENTE		X



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Aburrá	Q. Ovejas	Q. Ovejas Parte Alta	TRUCHAS BELMIRA GRANJA YOLOMBAL	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	Aluminium & Glass Systems AGS S.A.S.	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	Fatintex SAS		X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	RIOTEX (ARD)	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. Hojas Anchas	Parque Industrial Elite	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	Parque Industrial Rosendal	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	TOPASA - ETIQUETAS CINTAS Y CALCOMANIAS TOPFLIGHT ANDINA S.A.- NUEVO	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	COMPAÑÍA MARRES S.A. -ARTICULOS DECORATIVOS - NUEVO	X	
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	La Mosca	Q. La Mosca	CENTRO INDUSTRIAL Y COMERCIAL BODEX DE ORIENTE P.H. - NUEVO	X	X
Río Negro	XIII	Q. LA MOSCA	Río Negro	Q. La Mosca	Q. San José	CELSA S.A.S. (Parque Industrial Cincuentenario) - NUEVO	X	



**SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016**

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	XIV	Q. LA MARINILLA	Río Negro	Q. La Marinilla	Q. Marinilla Parte Baja	MUNICIPIO DE EL SANTUARIO - E.S.P.	X	X
Río Negro	XIV	Q. LA MARINILLA	Río Negro	Q. La Marinilla	Q. Marinilla Parte Baja	MUNICIPIO DE MARINILLA - E.S.P.A. SAN JOSE DE LA MARINILLA	X	X
Río Negro	XIV	Q. LA MARINILLA	Río Negro	Q. La Marinilla	Q. Marinilla Parte Baja	FRIGOANTIOQUIA (antes FRIGOCARNES - ECOMATADERO)	X	X
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Chachafruto	MUNICIPIO DE RIONEGRO - CENTRO POBLADO CHACHAFRUTO - ARSA E.S.P.	X	
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. La Leonera	MUNICIPIO DE RIONEGRO - CENTRO POBLADO SAJONIA - ARSA E.S.P.	X	
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Yarumal	AEROCIVIL - Aeropuerto José María Córdova	X	
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Yarumal	CANTERAS YARUMAL UNO		X
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. La Leonera	FUERZA AEREA COLOMBIANA		X
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Yarumal	HOTEL LAS LOMAS	X	
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Yarumal	PARCELACION VALLE GRANDE	X	
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Chachafruto	ZONA FRANCA	X	X

CUENCA	NUEVO TRAMO	FUENTE HÍDRICA PRINCIPAL	FUENTE HÍDRICA NS1	FUENTE HÍDRICA NS2	FUENTE HÍDRICA NS3	USUARIO	TIPO DE VERTIMIENTO	
							ARD	ARnD
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. Piedras Blancas	Hotel (Aparta Hotel) Río Verde Living Suites	X	
Río Negro	XV	Q. YARUMAL-CHACHAFRUTO	Río Negro	Q. Chachafruto	Q. La Leonera	ETIFLEX S.A. - NUEVO	X	
Río Negro	XVI	Q. EL SALADO	Río Negro	La Compañía	Q. La Compañía Parte Baja	MUNICIPIO DE SAN VICENTE	X	

Fuente: Cuadro final - Tasa retributiva año 2018 (Grupo Recurso Hídrico – Cornare)

Monitoreo de Fuentes superficiales

La información de monitoreo empleada en el modelo presenta registros históricos desde el año 2010 hasta el 2015 para todas las cuencas en la jurisdicción de CORNARE, la cual contiene información de las siguientes variables de calidad de agua: pH, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, porcentaje de saturación, E.Coli y fósforo total, variables necesarias para calcular el ICA en el modelo de simulación. Adicionalmente, se actualizó la información de monitoreo hasta la fecha 2018, de las estaciones descritas en el numeral 2, del presente documento.

3.3.1.3.2. Resultados

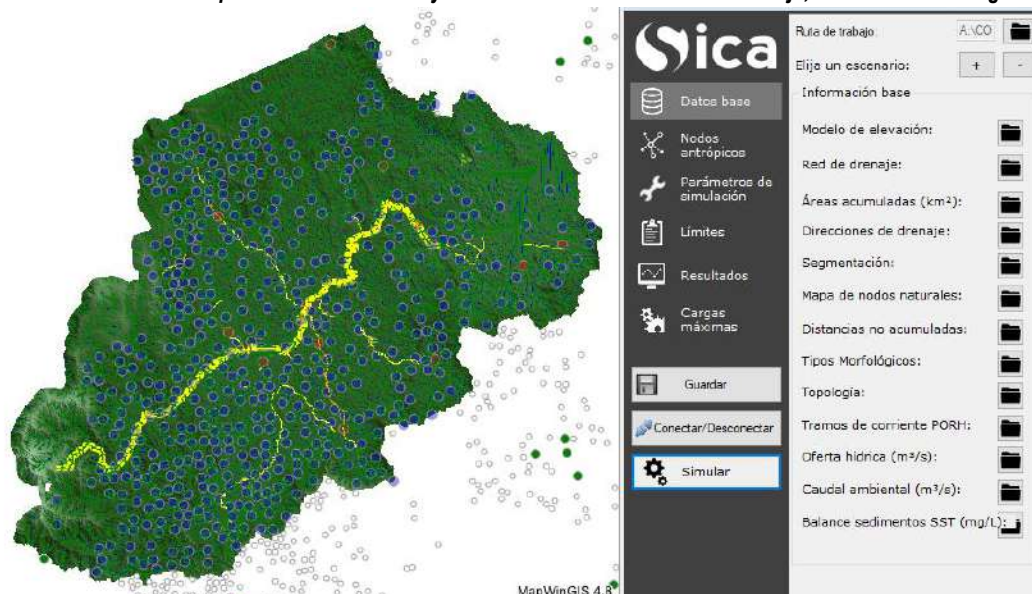
Para comprensión de los resultados obtenidos en la modelación se presentan las siguientes notas aclaratorias:

Geográfica y topográficamente el área de la cuenca del río Negro está localizada en la vertiente oriental de la cordillera central; sus principales afluentes son el Río Pantanillo y las quebradas La Pereira, La Mosca, La Marinilla, La Cimarrona, La Chachafruto y El Salado.

Las estaciones limnimétricas identificadas, de acuerdo a los 6 tramos ordenados, para alimentar el modelo son las descritas en el numeral 2.1., del presente documento.

En la siguiente imagen, se presenta la distribución espacial de los vertimientos (puntos de color rojo) concesiones de agua (puntos de color azul), y los tributarios que contribuyen a alimentar el modelo conceptual del Río Negro

Figura 169. Distribución espacial de vertimientos y concesiones en toda la red de drenaje, Cuenca del Río Negro

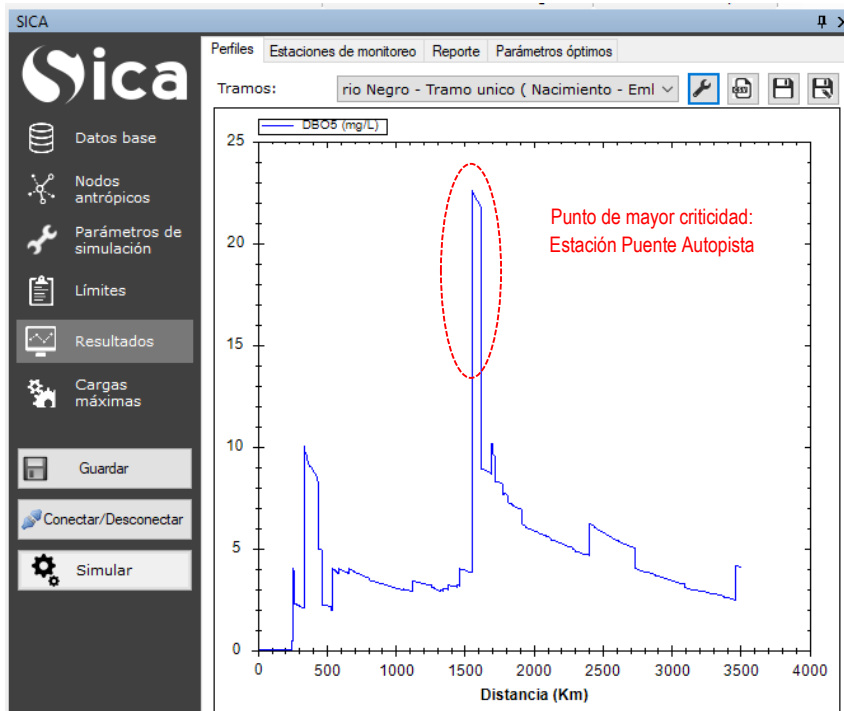


Referente a los productos de calidad de agua la herramienta permite obtener los perfiles simulados para las variables de pH, Oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), Coliformes fecales (*Escherichia Coli*), nitrógeno total Kjeldahl (NTK), nitratos (NO₃) y fósforo total (P), como se puede observar en las siguientes imágenes, en donde se presenta el perfil para cada parámetro a lo largo del tramo.

Adicionalmente, es importante, considerar que los perfiles simulados, se contrastan o se validan a partir de un promedio anual de los tres monitoreos que se realizan en el año por parte de la Corporación, es decir, contempla épocas críticas de verano (monitoreo ejecutado en el mes de febrero), épocas transicionales (monitoreo ejecutado en el mes de mayo y junio) y épocas de invierno (monitoreo ejecutado en el mes de noviembre y diciembre, situación que es relevante a la hora de analizar los resultados que se muestran a continuación.

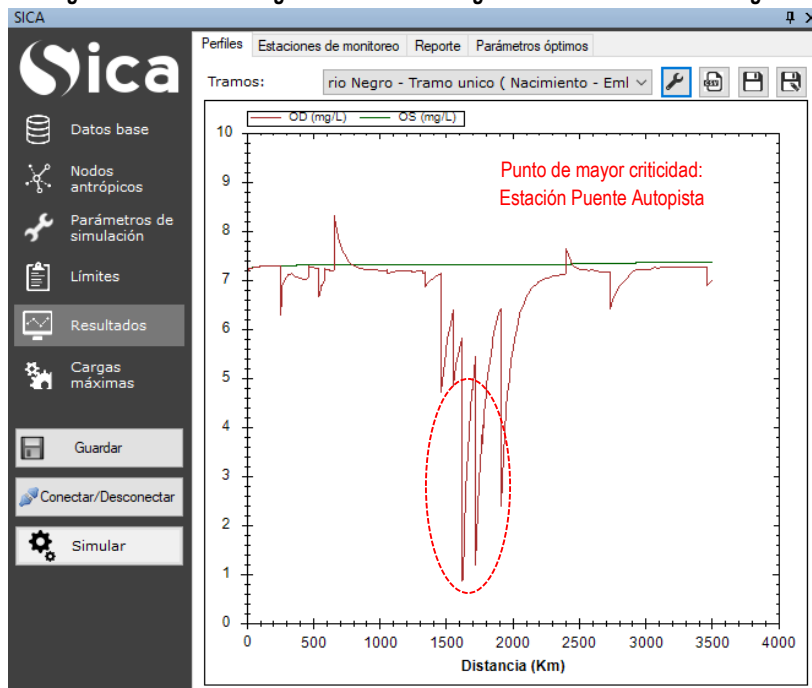
De manera general, frente a los perfiles presentados, se evidencia que el punto más crítico, sobre la corriente del Río Negro, corresponde al punto de calidad denominado Estación Puente Autopista y aguas abajo, dado que en esta área de influencia confluyen los tributarios principales sobre el Río Negro, como lo son la Quebrada La Cimarrona, La Marinilla, y La Mosca; y adicionalmente, ya se ha realizado la descarga proveniente del Municipio de Rionegro y efluentes importantes con características no domésticas del sector industrial textilero.

Figura 170. Perfil de DBO a lo largo del tramo único del Río Negro



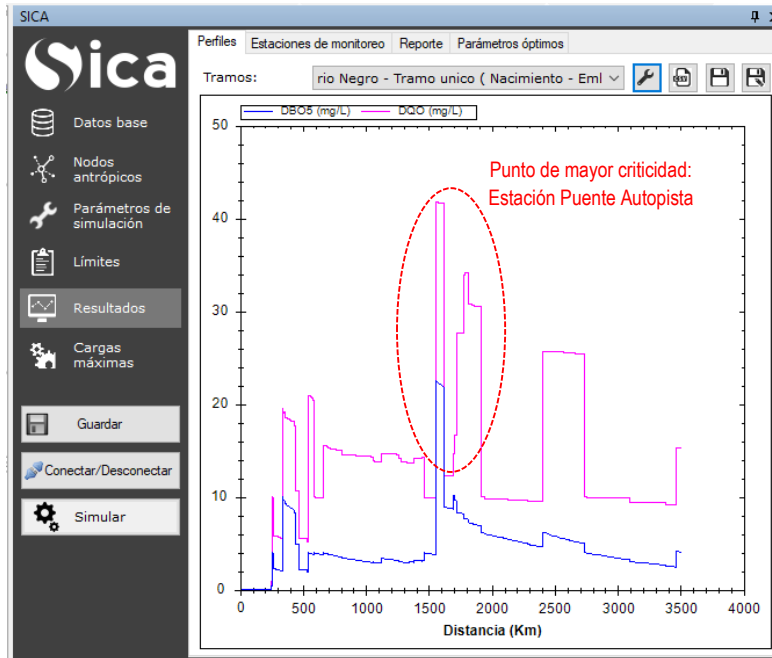
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 171. Perfil de Oxígeno Disuelto a lo largo del tramo único del Río Negro



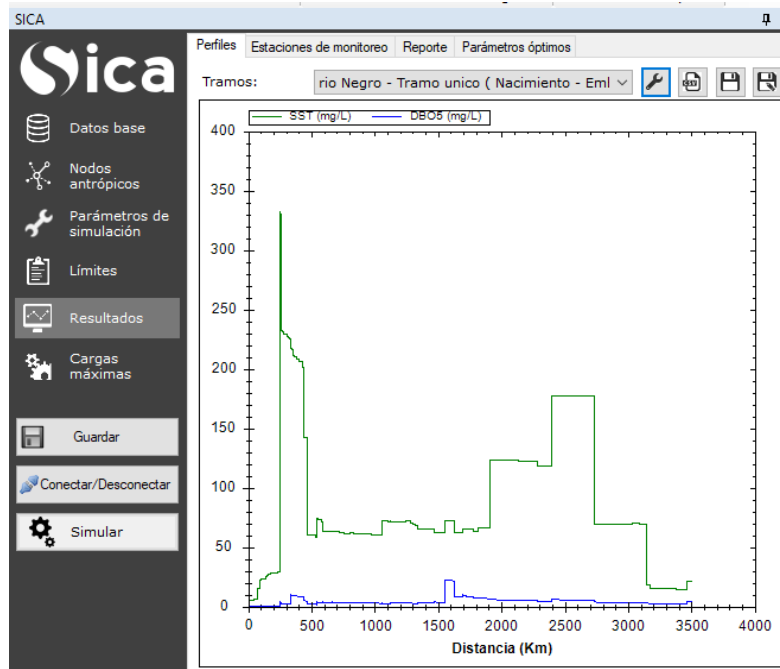
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 172. Perfil de DBO y DQO a lo largo del tramo único del Río Negro



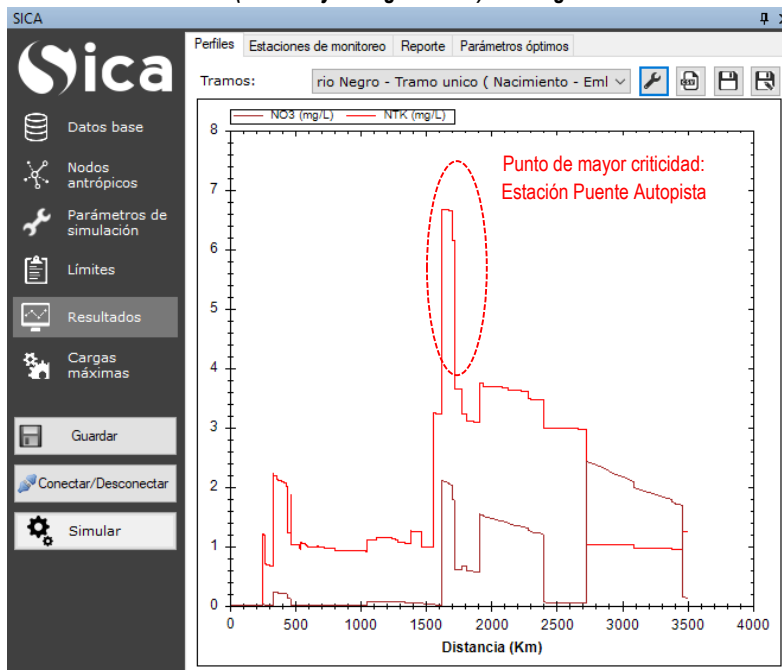
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 173. Perfil de DBO y SST a lo largo del tramo único del Río Negro



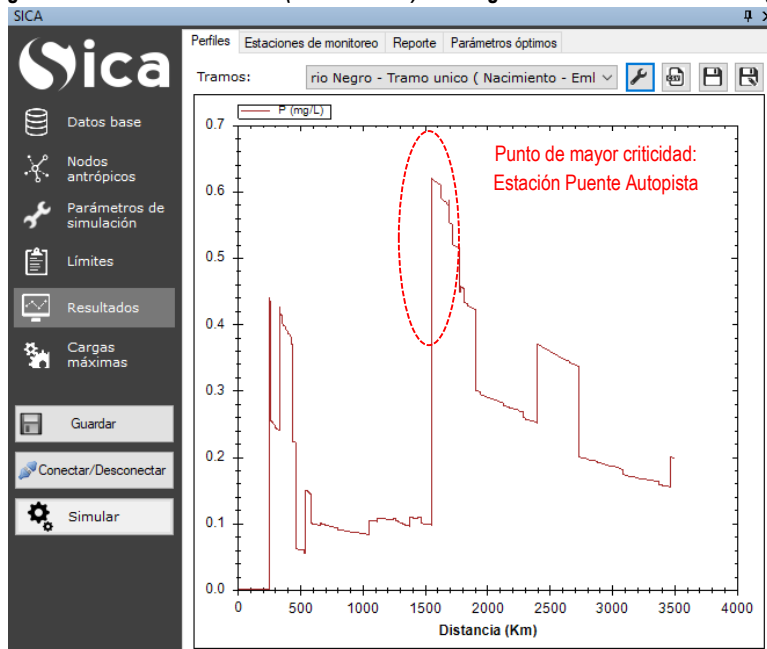
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 174. Perfil de Nutrientes (Nitratos y Nitrógeno total) a lo largo del tramo único del Río Negro



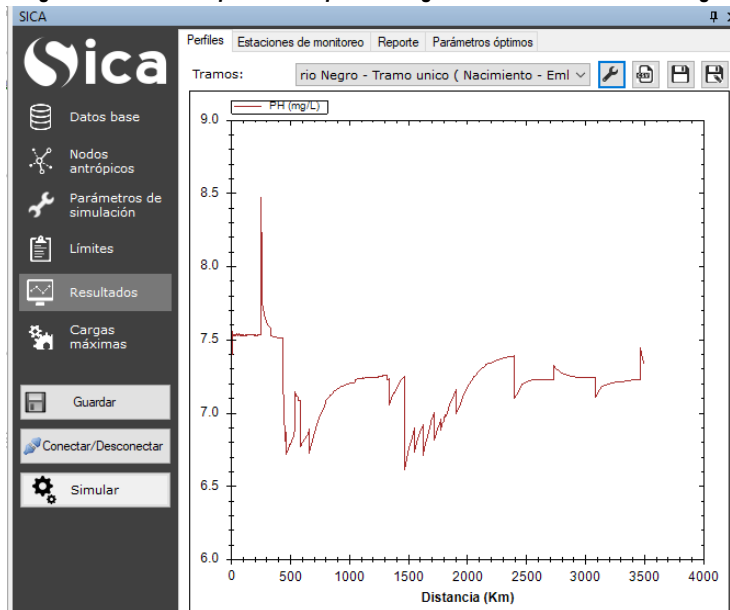
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 175. Perfil de Nutrientes (Fósforo total) a lo largo del tramo único del Río Negro



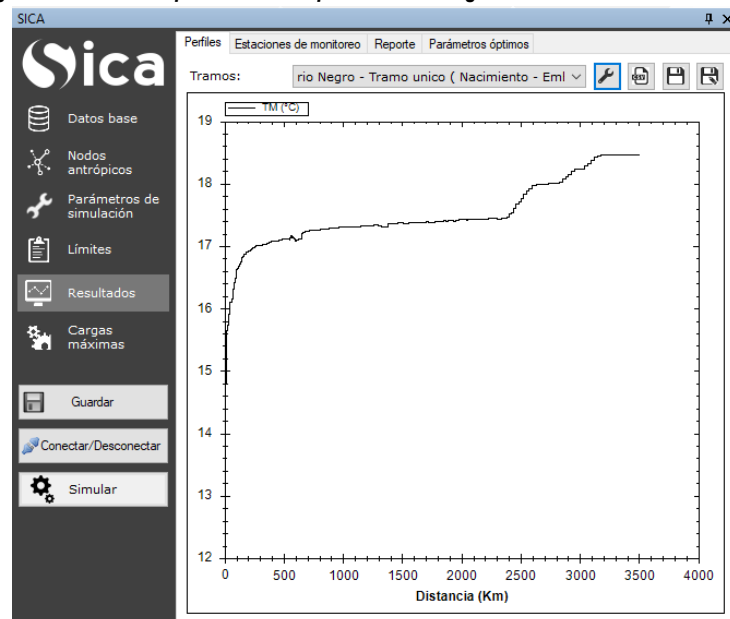
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 176. Perfil del parámetro pH a lo largo del tramo único del Río Negro



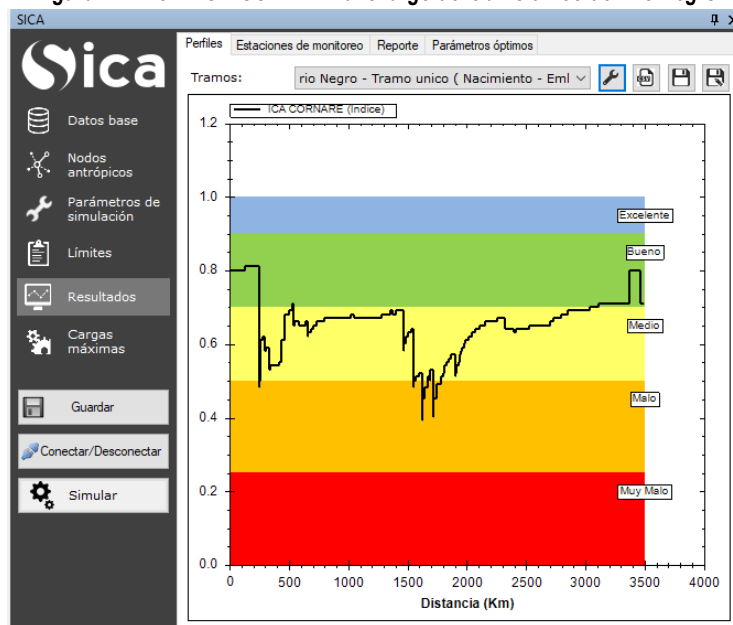
Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 177. Perfil del parámetro Temperatura a lo largo del tramo único del Río Negro



Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

Figura 177. Perfil ICA-CORNARE a lo largo del tramo único del Río Negro



Fuente: Grupo Recurso Hídrico Cornare

En La Figura 170, se presenta el perfil de DBO_5 en el río, dicha concentración se incrementa hasta alcanzar valores en la fuente de 23 mg/L promedio anual, sin embargo, y a pesar de este incremento, un punto importante a resaltar es que las concentraciones de DBO_5 son bajas, a causa de los procesos de aireación y la presencia de los sistemas de tratamiento que se han implementado en el sector productivo y cabeceras urbanas de los diferentes Municipios. Teniendo en cuenta además, que nos encontramos en un período de transición en el que dichos sistemas se encuentran en procesos de ajustes y optimización, con miras al cumplimiento de la Resolución 0631 de 2015.

En la Figura 171, se observa una reducción de la concentración de oxígeno, lo cual es consecuente con la distribución de la demanda biológica de oxígeno, demanda química de oxígeno y nutrientes; dicha disminución se relaciona con el ingreso de los tributarios y los vertimientos industriales. Al Final del trayecto, después de la Estación la Fresera se observa la recuperación de los niveles de oxígeno.

En relación a los SST, es importante, señalar que durante los tres monitoreos realizados durante el año, dichas concentraciones en la gran mayoría de la veces se ha reportado menor al límite de detección del laboratorio correspondiente a 15 mg/L, no obstante, tal y como se observa en la figura 173, se alcanzan concentraciones de 150 mg/L y hasta de 300 mg/L reportados por la simulación en este tramo, situación que podría asociarse a diferentes consideraciones tenidas en cuenta en la modelación. En primera instancia se debe considerar la incertidumbre asociada al método empleado para simular los aportes de SST de las laderas del cauce y el transporte interno de los mismos, y la segunda situación podría ser asociada a que el mapa de SST estimado hace referencia al promedio anual de las concentraciones, lo que podría estar enmascarando los resultados y no reflejando los valores máximos o mínimos que podría estar reportando el tramo de análisis.

En la Figura 174 y 175, se observa la distribución de los nutrientes a lo largo del río Negro. En ambas figuras se observa un incremento de las concentraciones de nitrógeno y fósforo, debido al ingreso de los tributarios y el punto cercano a la descarga del Municipio de Rionegro, que corresponde al Municipio con mayor número de habitantes de la cuenca.

Estos parámetros a pesar de ser fundamentales para la producción primaria, en el medio ambiente provocan un incremento de la eutrofización, responsable de un aumento de los episodios de proliferación de algas tóxicas en el medio -cianobacterias, dinoflagelados o diatomeas-, de anoxia en el agua, muerte de peces y pérdida de la biodiversidad, alcanzando concentraciones máximas cercanas a 7 mg/L para nitrógeno total y 0.62 mg/L de fósforo total, de acuerdo a lo simulado.

La distribución del parámetro de pH en el Río Negro para el año 2018, según la figura 176, muestra una tendencia constante durante todo el tramo hasta su desembocadura al Embalse El Peñol, el cual se mantiene entre los rangos de 6 – 9 unidades de pH, un pH balanceado en el agua.

La distribución del parámetro de la Temperatura en el Río Negro para el año 2018, según la figura 177, muestra un comportamiento que oscila entre temperaturas de 15°C para la cuenca alta y temperaturas de 18.5 °C, para la cuenca baja, hasta su desembocadura al Embalse El Peñol.

Es importante su seguimiento, toda vez que la temperatura afecta la cantidad de oxígeno que puede transportar el agua y también influye en la fotosíntesis de plantas y algas, y la sensibilidad de los organismos frente a los residuos tóxicos, es decir, en aguas más calientes puede aumentar la susceptibilidad de los organismos acuáticos a las enfermedades, porque las bacterias y otros organismos que causan enfermedades crecen con más rapidez en aguas cálidas

Finalmente, es consecuente, el comportamiento respecto a los datos obtenidos en campo, y el seguimiento respectivo del cumplimiento de los Objetivos de Calidad. Es de conocimiento corporativo la necesidad de continuar abanderando proyectos de saneamiento tendientes a la recuperación de nuestros ríos y quebradas.

3.4 LÍNEA ESTRATÉGICA: GESTIÓN DEL RIESGO

La línea estratégica 4 **GESTIÓN DEL RIESGO**, está encaminada a evaluar los riesgos asociados a la oferta y disponibilidad hídrica.

La reducción de la oferta y la disminución de la calidad son dos factores que se evalúan dentro de la matriz de riesgo, sin embargo, hoy adquieren relevancia con motivo de la disminución de la oferta a causa de la demanda excesiva de los cuerpos de agua, principalmente con fines domésticos y energéticos, como se evidenció en el análisis de demanda del presente plan.

3.4.1. PROGRAMA 7. Gestión del Riesgo

Este programa está direccionado para desarrollar estrategias que permitan valorar, atender y prever el riesgo asociado a la oferta y disponibilidad hídrica, apoyado en herramientas comunicativas y de gestión.

En la ejecución del proyecto “**Consolidación de un sistema de información de gestión del riesgo por desabastecimiento hídrico, para generar una línea base de referencia sobre aquellas fuentes que sean**



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

reportadas con presión sobre el recurso”, se continúa dentro del programa de monitoreo del recurso hídrico, el muestreo y aforo anual de las bocatomas de todos los acueductos urbanos. Adicionalmente, se ajustó formato de verificación en campo, que permita recoger información de línea base sobre aquellas fuentes abastecedoras con presión sobre el recurso, información que es suministrada por los acueductos urbanos de la jurisdicción.

3.5 LÍNEA ESTRATÉGICA: FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL Y GOBERNABILIDAD

El **FORTALECIMIENTO INSTITUCIONAL** como línea estratégica del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de las corrientes jurisdicción de CORNARE, busca la difusión de la información consignada en el presente PORH con la finalidad de contar con las herramientas para ilustrar acerca de los objetivos que propende alcanzar el plan y lograr la integralidad de la Corporación y los usuarios del recurso hídrico.

Y la línea estratégica **GOBERNABILIDAD**, propende por el desarrollo de estrategias participativas y comunicativas donde se logre la interacción de los usuarios con CORNARE, con miras al cumplimiento de los procesos normativos y de los diferentes planes que se estén desarrollando en la zona.

La Gobernabilidad es un eje transversal a las diferentes líneas estratégicas planteadas, ya que se promueve la participación y el consenso de ideas en pro de obtener mayor efectividad, en el cumplimiento del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico de las corrientes jurisdicción de CORNARE.

3.5.1. PROGRAMA 8: Fortalecimiento Institucional/Gobernabilidad

Este programa esta direccionado a la difusión del presente PORH, con el objetivo de afianzar la información y tener conocimiento sobre los tramos, objetivo y usos propuestos.

Dentro de este programa se definió la **“Elaboración de un informe de gestión anual en el que se presenten los avances luego de la implementación del PORH”**, con el fin de convertirse en una herramienta de divulgación a nivel interno y externo sobre la calidad del recurso hídrico.

4. CONCLUSIONES

1. Se evidencia un cumplimiento del 100% en la ejecución de los programas y actividades planificadas para el segundo año de implementación del PORH (2018), enmarcadas en el período del corto plazo (2017-2018), como son:
 - a. Gestión de la Oferta: Planificación. Dando continuidad a la evaluación de los instrumentos de medida dispuestos sobre las corrientes principales objeto de ordenamiento, la firma HIIMAT-LU Colombia S.A.S, realizo mantenimiento preventivo y correctivo de las estaciones hidrométricas de la Corporación, mediante Contrato de prestación de Servicios 167-2018, cuyo objeto correspondió: *“Realizar mantenimiento preventivo y correctivo a las 32 estaciones Limnimétricas que conforman la red hidrológica propiedad de la corporación con el fin de garantizar la confiabilidad de la información obtenida de su operación”*.



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

- b. Gestión de la Demanda: Reglamentación del Recurso Hídrico. En el marco del POMCA de la cuenca del Río Negro, se identificaron diferentes subcuencas con un conflicto alto por el uso del recurso hídrico, en las que se relacionaron el Índice de Uso del Agua-IUA y el Índice de Alteración Potencial de la Calidad del Agua-IACAL, recomendándose para éstas la reglamentación de vertimientos, entre las que se encuentra la microcuenca de la Quebrada San Antonio-El Pueblo, que es afluente del tramo 4 de la Cuenca del Río Negro, la cual se considera fuente pertinente para adelantarse este proceso. En virtud de lo cual, en el año 2018, se suscribió Memorando de Entendimiento 21340006-025-2018 entre la Universidad de Antioquia y Cornare, cuyo objeto consistió en *“Aunar esfuerzos entre CORNARE y LA UNIVERSIDAD, para ejecutar el Diagnóstico de la Calidad del Recurso Hídrico en la Microcuenca de la Quebrada San Antonio-El Pueblo, jurisdicción del Municipio de Rionegro, con el propósito de avanzar en la propuesta de reglamentación de vertimientos de esta fuente hídrica superficial, fortalecer habilidades de trabajo en campo de los estudiantes del semillero, apoyar trabajos de grado que usarán la información cartográfica, bases de datos de usuarios del recurso hídrico que posee la entidad y la información de calidad de agua histórica y la generada en ejecución de actividades de monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico”*.
- Ahorro y Uso Eficiente del Agua. Se incorporó desde el año 2018, como programa de educación ambiental Corporativo, la cátedra de educación para la cultura ambiental, dirigido principalmente a los estudiantes de todas las instituciones educativas de la jurisdicción, mediante la elaboración y difusión de cartillas pedagógicas e ilustradas, en las que se incluyó el módulo de recurso hídrico; y cuya información se encuentra disponible en la página web de Cornare, en el siguiente link: [Catedra Ambiental Módulo Agua – CORNARE](#)
- c. Gestión de la Calidad: Monitoreo de calidad y cantidad sobre las corrientes jurisdicción de CORNARE. Mediante los contratos de prestación de servicios No. 039, 040, 041, 042, 246, 247, 248 y 249 de 2018, suscritos con cuatro profesionales de Ingeniería Ambiental, Ingeniería Sanitaria y Biología, se llevó a cabo el programa de monitoreo del recurso hídrico entre el 16 de enero y el 30 de diciembre.
- d. Gestión del Riesgo: se continúa dentro del programa de monitoreo del recurso hídrico, el muestreo y aforo anual de las bocatomas de todos los acueductos urbanos. Adicionalmente, se ajustó formato de verificación en campo, que permita recoger información de línea base sobre aquellas fuentes abastecedoras con presión sobre el recurso, información que es suministrada por los acueductos urbanos de la jurisdicción.
- e. Fortalecimiento Institucional: Se definió la “Elaboración de un informe de gestión anual en el que se presenten los avances luego de la implementación del PORH”, con el fin de convertirse en una herramienta de divulgación a nivel interno y externo sobre la calidad del recurso hídrico.
2. Teniendo en cuenta las campañas de monitoreo ejecutadas durante la vigencia del año 2018, se concluye y se resume de manera general, el porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad para los diferentes criterios evaluados, con relación al número de estaciones monitoreadas sobre las fuentes hídricas superficiales ordenadas en el marco del presente Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico,

jurisdicción Cornare, evidenciando globalmente, el avance en el cumplimiento de los objetivos definidos, de la siguiente manera:

Criterio	Estaciones Monitoreadas que Cumplen los Objetivos de Calidad	Estaciones Monitoreadas que NO Cumplen los Objetivos de Calidad	Total, de Estaciones Monitoreadas	% Estaciones Monitoreadas que Cumplen los Objetivos de Calidad
pH	106	0	106	100%
DBO ₅	96	10	106	91%
Oxígeno Disuelto	77	29	106	73%
SST	85	15	100	85%
DQO	30	18	48	63%
Coliformes Fecales	69	37	106	65%
Coliformes Totales	16	22	38	42%
P total	4	4	8	50%
Nitrógeno Amoniacal	1	0	1	100%
Fenoles	26	0	26	100%
Plomo	12	0	12	100%
Cadmio	24	0	24	100%
Cromo	11	0	11	100%
Níquel	4	0	4	100%

- En más de un 73% del total de las 106 estaciones monitoreadas se cumplen con los objetivos de calidad en los parámetros básicos: Demanda Bioquímica de oxígeno DBO₅ (91%), Sólidos Suspendidos Totales SST (85%) y Oxígeno Disuelto (73%); para la DQO se obtuvo un porcentaje de cumplimiento del 63% en un total de las 48 estaciones que se evaluó este parámetro.
- Para el parámetro pH se alcanzó un 100% de cumplimiento, en las 106 estaciones monitoreadas.
- En el componente microbiológico, para los Coliformes totales y fecales se cumplieron los objetivos de calidad en un 42% y 65% respectivamente, esto considerando que la gran mayoría de sistemas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas implementados en las cabeceras urbanas de la región, no cuentan con tratamiento terciarios que garanticen su efectiva remoción, antes de la descarga sobre una fuente hídrica superficial.
- Para el caso de nutrientes se alcanzó un 50% de cumplimiento, donde 4 de las 8 estaciones monitoreadas cumplieron los objetivos propuestos para el Fósforo total.
- Respecto a los metales Cadmio, Plomo, Cromo y Níquel se alcanzó un 100% de cumplimiento para todas las estaciones monitoreadas.
- Para el parámetro fenoles se alcanzó un 100% de cumplimiento, en las 26 estaciones monitoreadas.



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORH
Y LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA
RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

3. Adicionalmente, como medida de calidad del recurso hídrico, se realizó también el análisis del Índice de Calidad del Agua-ICA_{ra}, que define el grado de calidad de un cuerpo de agua determinado, basado en una ponderación de diferentes criterios de calidad, de acuerdo a la metodología IDEAM (ajustada por Cornare de acuerdo a las condiciones regionales), donde se encontró de manera general, que las diferentes cuencas de la región presentan una tendencia en promedio de calidad BUENA, excepto la Cuenca del Río Negro, que presentó una calidad MEDIA, en las estaciones monitoreadas.
4. Es de resaltar los diferentes mecanismos y herramientas Corporativas, que posibilitan el cumplimiento, seguimiento, control y evaluación de los Objetivos de Calidad establecidos, como son:
 - a. Se ejecuta el modelo de simulación de calidad del agua, mediante la herramienta de simulación SICA (Sistema Integrado de Calidad de Agua -Jurisdicción Cornare) el cual se encuentra embebido en el sistema de información geográfica MapWindow GIS que, entre otros aspectos, permite a la Corporación, analizar el componente de la evaluación ambiental del vertimiento y conceptuar dentro de los trámites de permisos de vertimientos.
 - b. La Corporación cuenta con un equipo de profesionales en monitoreo, que realizan el control y medición anual de las fuentes hídricas de la región, en 313 puntos o estaciones de calidad de fuentes hídricas.
 - c. Para el análisis de las muestras, la Corporación posee un Laboratorio de Aguas, acreditado por el IDEAM en 51 parámetros, el cual, además de atender las necesidades internas de Cornare para temas de planificación y autoridad ambiental, es utilizada por diferentes usuarios externos, supliendo en gran medida la demanda de los usuarios que en nuestra región requieren de este servicio.
 - d. Seguimiento al cumplimiento de la norma de vertimientos, de acuerdo con lo establecido en la Resolución 631 de 2015.
 - e. Establecimiento y seguimiento de las metas de carga contaminante vertidas al recurso hídrico, en el marco del programa de tasa retributiva.
 - f. Control y seguimiento de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos-PSMV, de los prestadores del servicio público de alcantarillado.
 - g. Reconociendo que los vertimientos originados por los Municipios y ESP de la región, representan entre el 90 y 95% del total de carga vertida en la jurisdicción, la Corporación apalanca proyectos de saneamiento municipal, especialmente en lo relacionado con las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales-PTAR, por lo que se cuenta con cobertura de PTAR en 24 de las 26 cabeceras municipales.



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORHY LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

En el marco del SEGUIMIENTO AL COMPONENTE PROGRAMÁTICO DEL PORH, Programa 3. Reglamentación del Recurso Hídrico, se presenta el siguiente:

ANEXO 1

Trabajo de grado:

"ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS TÉCNICOS PARA LA REGLAMENTACIÓN DE UNA CORRIENTE POR USO DEL AGUA Y VERTIMIENTOS, CASO CUENCA SAN ANTONIO - MUNICIPIO DE RIONEGRO"



Conectados por la Vida, la Equidad y el Desarrollo Sostenible

Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare "CORNARE"
Km 50 Autopista Medellín - Bogotá. Carrera 59 N° 44-48 El Santuario - Antioquia. Nit:890985138-3
Teléfonos: 520 11 70 – 546 16 16, www.cornare.gov.co, e-mail: cliente@cornare.gov.co



Cornare



@cornare



cornare



Comare



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS TÉCNICOS PARA REGLAMENTACIÓN DE
UNA CORRIENTE POR USO DEL AGUA Y VESTIMENTOS, CASO CUENCA SAN
ANTONIO - MUNICIPIO DE RIONEGRO.**

Autor

Daniel Andrés Jaramillo Ramírez

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2019

**ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS TÉCNICOS PARA REGLAMENTAR UNA
CORRIENTE POR USO DEL AGUA Y VERTIMIENTOS, CASO CUENCA SAN
ANTONIO DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO.**

Autor:

Daniel Andrés Jaramillo Ramírez

Trabajo de grado como requisito para optar al título de:

Ingeniero Ambiental

Asesor:

Nora Elena Villegas Jiménez

Universidad de Antioquia

Faculta de Ingeniería, Escuela Ambiental

Medellín, Colombia

2019

Agradecimientos

Agradezco a la Universidad de Antioquia, la facultad de ingeniería y la Escuela Ambiental por los beneficios que me han brindado como estudiante.

Agradezco a la profesora Nora Villegas por su asesoría en la que me ayudo con cada una de mis inquietudes y que también fue mi apoyo en la realización de este trabajo.

También deseo agradecer a CORNARE por el apoyo y la información brindada que fueron base para la realización de este trabajo de grado.

Por último y no menos importante agradezco a mi familia por su apoyo incondicional y comprensión.



Índice

1. Resumen.....	8
2.Introducción	9
3. Objetivos	11
3.1 Objetivo general.....	11
3.2. Objetivos específicos:	11
4. Metodología	11
4.1. Marco Normativo.....	12
4.2 Ubicación zona estudio	22
4.3 Descripción de la unidad hidrológica.	23
4.4 Determinación de la oferta hídrica.....	24
4.4.1 Balance hídrico a largo plazo.....	25
4.4.2 La Evapotranspiración. Método de Turc	25
4.4.3 Estimación de caudales medios	26
4.4.3.1 Mapa de precipitación media anual	26
4.4.3.2 Mapa de evapotranspiración real media anual	27
4.4.3.3 Mapa de rendimiento hídrico	27
4.4.4 Estimación de caudales mínimos	27
4.4.5 Estimación del caudal ambiental.	29
4.5 Demanda hídrica.	29
4.5.1 Estimación de la demanda	29
4.5.2 Estimación de la demanda potencial.....	29
4.5.3 Estimación de la demanda futura o proyectada.	29
4.6 Oferta hídrica total disponible.	30
4.7 Índice del uso de agua (IUA).....	31
4.8 Calidad de agua.....	32
5. Resultados	36
5.1 Oferta hídrica.	36
5.1.1 Caudales mínimos y Caudales Ambientales	36
5.1.2 Caudales aforados para la cuenca San Antonio.....	37
5.2. Estimación de la demanda hídrica.	39
5.2.1. Estimación de la demanda Potencial.....	42
5.2.1.1 Demanda potencial sector domestico	43
5.2.1.2 Demanda potencial sector agrícola.....	44
5.2.1.3 Demanda potencial sector pecuario.	45
5.3. Demanda multisectorial potencial y concesionada.	45
5.4 Demanda proyectada.....	46

5.4.1 Demanda proyectada sector Doméstico.....	46
5.4.2 Demanda proyectada sector floricultor.....	47
5.4.3 Demanda proyectada sector pecuario.	48
5.4.4 Demanda multisectorial proyectada.....	48
5.6 Relaciones Oferta hídrica – Demanda hídrica	49
5.7 Estado actual de la calidad de agua.....	50
5.8 Identificación y localización de usuarios que realizan vertimientos.	54
5.9 Disponibilidad hídrica y calidad de agua.....	56
6. Conclusiones	57
7. Referencias Bibliográficas	57
8. Anexos	61
8.1 Anexo 1: Módulos de consumo.	61
8.2 Anexo 2. Índices de calidad de agua.....	62



Listado de figuras

Figura 1. Esquema de normativa nacional sobre la reglamentación.....	22
Figura 2. Ubicación cuenca San Antonio. (Google Earth).....	23
Figura 3. Unidad hidrográfica de la quebrada San Antonio.	24
Figura 4. Puntos de muestreo sobre la quebrada San Antonio.....	35
Figura 6. Mapa de evapotranspiración media anual (mm/año)	36
Figura 5. Mapa de precipitación media anual (mm/año)	36
Figura 7. Mapa de rendimiento hídrico en la cuenca San Antonio.....	36
Figura 8. Caudales aforados en el eje principal del corriente. (Fuente CORNARE) 37	
Figura 9. Caudales aforados en los afluentes. (Fuente CORNARE).....	37
Figura 10. Comparación de caudales en la cuenca San Antonio.	38
Figura 11. Cobertura vegetal en la cuenca San Antonio (Fuente CORNARE).....	39
Figura 12. Proporción de usuarios en la cuenca.	41
Figura 13. Mapa de usuarios de la cuenca San Antonio (CORNARE).	42
Figura 14. Destinación de usos del suelo según POT.	43
Figura 15. Centros poblados dentro de la cuenca San Antonio (POT).....	44
Figura 16. Demanda potencial y concesionada por sector económico.....	46
Figura 17. Proyección de la demanda a nivel multisectorial en la cuenca San Antonio.....	49
Figura 18. Mapa de IUA para condiciones secas.....	50
Figura 19. Mapa de IUA para condiciones medias.....	50
Figura 20. Comportamiento de la calidad de agua en 2 campañas de muestreo (NOV 2018 Y FEB 2019).	52
Figura 21. Ubicación de los puntos de muestreo y sus respectivos ICA (Noviembre 2018).	53
Figura 22. Ubicación de los puntos de muestreo y sus respectivos ICA (Febrero 2019).	54
Figura 23. Localización de los vertimientos en la cuenca San Antonio.	55
Figura 24. ICA de febrero (2019) + IUA condiciones secas.....	56
Figura 25. ICA de noviembre (2018) + IUA condiciones medias.	56

Listado de tablas

Tabla 1. <i>Precipitación media anual en las estaciones.</i>	27
Tabla 2. Categorías IUA	32
Tabla 3. Variables fisicoquímicas en la corriente	33
Tabla 4. <i>Estaciones de aforo y muestreo en la cuenca San Antonio.</i>	33
Tabla 5. <i>Clasificación de la calidad de agua según el valor del ICA.</i>	35
Tabla 6. Rendimiento hídrico y caudal en la cuenca.	36
Tabla 7. Oferta hídrica en la cuenca San Antonio.....	38
Tabla 8. Usuarios en la en la cuenca San Antonio	40
Tabla 9. Población y demanda potencial en los centros poblados y la zona residencial campestre.	44
Tabla 10. Demanda potencial del sector agrícola	45
Tabla 11. Demanda potencial del sector pecuario.....	45
Tabla 12. Proyección demográfica en la zona rural de la cuenca.....	47
Tabla 13. Demanda actual y la proyectada del sector doméstico para 2, 5 y 10 años	47
Tabla 14. Proyección de la demanda del sector floricultor.	48
Tabla 15. Proyección de la demanda del sector pecuario dentro de la cuenca.....	48
Tabla 16. Oferta hídrica total disponible (OHTD) para años medios y secos en la cuenca.....	49
Tabla 17. Índice de uso de agua para periodos medios y secos en la cuenca.....	50
Tabla 18. Resultados de ICA en los 2 muestreos realizados.....	52
Tabla 19. Localización de usuarios que realizan vertimientos	54
Tabla 20. <i>Módulos de consumo uso doméstico.</i>	61
Tabla 21. <i>Módulos de consumo para agricultura tradicional y floricultura</i>	61
Tabla 22. <i>Módulos de consumo para el sector pecuario.</i>	62
Tabla 23. <i>Variables y ponderaciones del índice de calidad de agua.</i>	63

ANÁLISIS DE LOS ELEMENTOS TÉCNICOS PARA LA REGLAMENTACION DE UNA CORRIENTE POR USO DEL AGUA Y VERTIMIENTOS, CASO CUENCA SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE RIONEGRO.

1. Resumen

El presente trabajo de grado se realizó en la cuenca San Antonio perteneciente al municipio de Rionegro del departamento de Antioquia, en la cual se revisó el marco normativo y se analizó elementos técnicos que identifiquen la necesidad de implementar una reglamentación sobre la corriente. Se estudió la relación oferta-demanda en la cuenca a través de la disponibilidad hídrica total (OHTD) y el índice de uso de agua (IUA). A partir de la información proveniente del IDEAM y CORNARE se desarrolló un balance hídrico a largo plazo para determinar los caudales medios y también se utilizó la ecuación de regionalización desarrollada por Zapata, S en 2017, para determinar los caudales mínimos de la corriente. Los resultados de demanda hídrica se basaron en datos suministrados por CORNARE, que entregó información relacionada a los usuarios del recurso hídrico presentes en la cuenca y junto a los datos del DANE y plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio de Rionegro, se proyectó el crecimiento poblacional dentro de la cuenca para obtener la demanda futura no solo del sector doméstico sino también para el sector pecuario y agrícola.

Además se evaluó la calidad de agua presente en la cuenca a partir del índice de calidad de agua (ICA), el cual se desarrolló a través de la información recolectada en dos campañas de muestreo que se llevaron a cabo en noviembre de 2018 y febrero de 2019, se midieron variables físico-químicas que permitieron determinar el estado ambiental de la corriente. Se encontró que para periodos hidroclimáticos secos la corriente no cuenta con la cantidad de agua suficiente para satisfacer las necesidades que presentan los usuarios de la cuenca e igualmente los resultados obtenidos del índice de uso del agua (IUA) indican grandes presiones sobre la fuente para temporadas secas. También se encontró una calidad de agua buena en la corriente para periodos medios, pero esta se degrada en condiciones secas pasando a tener una calidad entre media y mala.

2.Introducción

Con el fin de combatir la degradación del medio ambiente y otras problemáticas que ocurren a nivel mundial se plantearon en el año 2000 los objetivos del milenio, entre los cuales se encuentra “la sostenibilidad del medio ambiente” (PNUD, 2015), que incorpora los principios del desarrollo sostenible en las políticas y programas nacionales. A partir de los logros obtenidos por los objetivos del milenio para el año 2015 se establecieron nuevos objetivos conocidos como los objetivos de desarrollo sostenible, dentro de los cuales hallamos un objetivo relacionado específicamente con el recurso hídrico que busca garantizar la disponibilidad de agua, su gestión sostenible y el saneamiento para todos, resaltando así el rol importante que tiene el agua en la reducción de la pobreza, crecimiento económico y la sostenibilidad ambiental (Gaceta, 2015). Con el fin de resolver las problemáticas asociadas al recurso hídrico en Colombia, surge en el año 2010 la política nacional de gestión integrada del recurso hídrico (PNGIRH), la cual busca establecer directrices para el manejo del recurso hídrico que permitan hacer uso eficiente y sostenible de dicho recurso (Minambiente, 2010).

La normativa colombiana cuenta con una herramienta para la gestión del recurso hídrico conocida como “reglamentación del uso del agua”, que tiene por finalidad la adecuada distribución del agua de cada corriente (Decreto 1076, 2015), y que busca la distribución equitativa del recurso entre los usuarios, y disminuir, o en algunos casos evitar los conflictos entre usuarios por acceso al recurso hídrico. También en la legislación Colombiana encontramos la “reglamentación por vertimientos”, la cual busca controlar la calidad de los cuerpos de agua, con el fin de garantizar los usos actuales y potenciales de una corriente. Este trabajo aborda el análisis de la afectación de la disponibilidad del recurso hídrico por la calidad de agua en la cuenca de la quebrada San Antonio del municipio de Rionegro (Antioquia), donde se presentan altas demandas y alteración de la calidad del agua por el incremento de vertimientos de aguas residuales domésticas (ARD) puntuales y las actividades económicas que se desarrollan en la cuenca.

Varios hechos confluyen para que el municipio de Rionegro y su área urbana y rural presenten un crecimiento poblacional atípico. Su cercanía al aeropuerto internacional José María Córdoba, la instalación de un hospital de alta categoría como es San Vicente Fundación, asentamiento de empresas que han generado empleo, cercanía

a la capital, entre otros, explican la alta tasa de crecimiento de 2.78, cuando la tasa actual en Colombia es del 0.98% (Countrymeters, 2019), lo que ha generado una gran presión en la construcción de viviendas y la expansión urbana que vive el municipio de Rionegro en los últimos años. Es así como se ha presentado un cambio del uso del suelo muy importante, transformando algunos sectores rurales en zonas urbanizadas, lo que se evidencia en la consolidación de centros poblados localizados en las diferentes cuencas del territorio municipal (POT, 2018). También se presenta un importante crecimiento económico en general, pero, relacionado con las áreas rurales, sobresale la actividad floricultora y un desarrollo muy fuerte de la parcelación de predios y la actividad de la construcción en las zonas de perímetro urbano y centros poblados. El constante crecimiento poblacional en los últimos años ha generado un aumento en el consumo de agua que se relaciona con el incremento en la presión sobre corrientes hídricas por los vertimientos descargados que conlleva a la degradación del recurso hídrico (CORNARE, 2018).

En este documento se realiza el diagnóstico de la situación de oferta – demanda y calidad presente en la quebrada San Antonio, la cual se localiza en el municipio de Rionegro (Antioquia, Colombia) y vierte sus aguas al Rio Negro. La cuenca está bajo jurisdicción de la corporación autónoma regional de los ríos Negro y Nare (CORNARE), parte de su área comprende la zona rural del municipio, pero el tramo final de esta se encuentra en la zona urbana del municipio de Rionegro.

Como procedimiento metodológico se revisa el marco normativo que sirve como eje para direccionar de forma adecuada el desarrollo de la reglamentación de una corriente. También se colecta información secundaria suministrada por CORNARE y el plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio de Rionegro, para poder estimar cual es la demanda actual y futura de agua en la cuenca. Se estima la oferta de agua existente en quebrada, con el objetivo de generar un análisis de la situación oferta – demanda de la zona e identificar los sectores que sufren de déficit, así como los diferentes usos que la provocan, además se determina el estado ambiental del recurso hídrico de la cuenca a través de estudios de calidad de agua realizados.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

- Analizar los elementos técnicos para reglamentar por uso del agua y vertimientos una corriente; caso quebrada San Antonio del municipio de Rionegro,

3.2. Objetivos específicos:

- Revisar el marco normativo para la reglamentación por uso del agua y vertimientos, a la luz de la normativa Colombiana y la Política nacional para la gestión integrada del recurso hídrico (PNGIRH).
- Analizar las relaciones Oferta - Demanda en la cuenca San Antonio, a partir del índice del Uso del Agua y la Disponibilidad hídrica.
- Explorar la incidencia de la calidad del agua en la definición de la Disponibilidad hídrica de la cuenca San Antonio.

4. Metodología

Se revisaron normas y políticas nacionales y el contexto internacional, con el fin de presentar el marco normativo que sirve de directriz a la hora de ejecutar acciones relacionadas con la reglamentación del uso del recurso hídrico en una cuenca. En el plano nacional, el decreto 1076 de 2015, que condensa la normatividad ambiental haciendo énfasis en la reglamentación de una corriente. Se consultó el Plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio de Rionegro, actualizado a 2018, para la identificación de las tendencias demográficas y de usos del suelo. La información hidrológica de la zona se obtuvo a partir de los datos suministrados por el IDEAM en estaciones con influencia en la cuenca. Aspectos físicos de la cuenca e información sobre los usos y demandas de agua fueron consultadas en las bases de datos y bases cartográficas de CORNARE. Entre la información cartográfica revisada, destacan las siguientes:

- Mapa de elevación digital
- Delimitación de la cuenca San Antonio
- Red hídrica de la cuenca San Antonio
- Mapa de usos del suelo en la zona de estudio
- Mapa de cobertura vegetal en la zona de estudio

Para conocer el estado ambiental de la quebrada San Antonioe realizaron dos muestreos (noviembre de 2018 y febrero 2019) de calidad y cantidad a lo largo de la corriente y sus afluentes más importantes en 17 estaciones. Las variables de calidad de agua analizadas se presentan en la Tabla 2.

4.1. Marco Normativo

Con el objetivo de tratar problemas cotidianos catalogados como graves se fijaron lo que se conoce como los objetivos del milenio, los cuales son ocho propósitos de desarrollo humano fijados en el año 2000 y que los países miembros de la “ organización de las naciones unidas (ONU) acordaron conseguir para el 2015 (PNUD, sf). Estos objetivos son:

Objetivo 1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre

Objetivo 2. Lograr la enseñanza primaria universal

Objetivo 3. Promover la igualdad entre los géneros y la autonomía de la mujer

Objetivo 4. Reducir la mortalidad infantil

Objetivo 5. Mejorar la salud materna

Objetivo 6. Combatir el VIH/SIDA, paludismo y otras enfermedades

Objetivo 7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente

Objetivo 8. Fomentar una sociedad mundial para el desarrollo

A partir de los logros obtenidos por los objetivos del milenio se promulgaron los objetivos de desarrollo sostenible o los objetivos mundiales, los cuales abarcan un total de 17 nuevos objetivos en donde se encuentran el objetivo 6, el cual trata de garantizar la disponibilidad de agua y su gestión sostenible y el saneamiento para todos, por ende a través de este objetivo se infiere la necesidad de proteger y recuperar los ecosistemas relacionados con el recurso hídrico, como los bosques, montañas, humedales y ríos. (PNUD, s.f)

En el contexto nacional los artículos 8 y 80 de la constitución política, son la base legal que compromete al estado y a las personas dentro del territorio a proteger los recursos naturales de la nación, además responsabiliza al estado de planificar adecuadamente el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, y de

garantizar el desarrollo sostenible, la conservación, restauración de éstos; igualmente deberá prevenir y controlar los factores que generan deterioro ambiental, imponer sanciones y exigir la reparación de los daños causados. (Constitución política, 1991).

A partir de la ley 99 de 1993 se otorga a las corporaciones autónomas regionales (CAR) la función de establecer las normas y directrices para el manejo del recurso hídrico, dichas funciones se presentan en el *artículo 31* (Ley 99, 1993), entre las cuales se presenta la de otorgar concesiones y otra serie de permisos para el aprovechamiento de los recursos naturales.

Antes de lo propuesto en la constitución política y en la ley 99 de 1993, el estado creó el decreto 2811 de 1974, el cual contenía unos lineamientos muy claros con respecto al uso y aprovechamiento de los recursos naturales, expresados en el *artículo 51*. Cabe resaltar que en este mismo decreto se presenta la dirección que debe tomar el uso y aprovechamiento del recurso hídrico, en donde se busca proteger dicho recurso, a través de diversas acciones que están planteadas en estos artículos:

“Artículo 92. Para poder otorgarle, toda concesión de aguas estará sujeta a condiciones especiales previamente determinadas para defender las aguas, lograr su conveniente utilización, la de los predios aledaños, y en general, el cumplimiento de los fines de utilidad pública e interés social inherentes a la utilización.

No obstante lo anterior, por razones especiales de conveniencia pública, como la necesidad de un cambio en el orden de prelación de cada uso, o el acaecimiento de hechos que alteren las condiciones ambientales, podrán modificarse por el concedente las condiciones de la concesión, mediante resolución administrativa motivada y sujeta a los recursos contencioso administrativos previstos por la ley.

Artículo 93. Las concesiones otorgadas no serán obstáculo para que con posterioridad a ellas, se reglamente la distribución de las aguas de manera general para una misma corriente o derivación.

Artículo 155. Corresponde al Gobierno:

- a) *Autorizar y controlar el aprovechamiento de aguas y la ocupación y explotación de los cauces;*
- b) *Coordinar la acción de los organismos oficiales y de las asociaciones de usuarios, en lo relativo al manejo de las aguas;*
- c) *Reservar las aguas de una o varias corrientes, o parte de dichas aguas;*
- d) *Ejercer control sobre uso de aguas privadas, cuando sea necesario para evitar el deterioro ambiental o por razones de utilidad pública e interés social;*
- e) *Las demás que contemplen las disposiciones legales”.*

Para asegurar un uso y aprovechamiento del recurso hídrico eficiente en el país, se creó en el año 2010 la política nacional de gestión integrada del recurso hídrico, la cual busca resolver la problemática actual del recurso hídrico y permitir hacer uso eficiente del recurso, además plantea preservar el recurso hídrico como una riqueza natural para bienestar de las generaciones futuras. La política se centra en seis lineamientos principales los cuales son: oferta, demanda, calidad, riesgo, fortalecimiento institucional y gobernabilidad; se implementa a través de un marco normativo que posibilita el desarrollo de la gestión integral del recurso hídrico bajo el objetivo de gobernanza representado en varios instrumentos como: instrumentos de regulación, económicos, de información y planificación (Minambiente, 2010).

Los instrumentos de planificación cobran una gran relevancia ya que tratan de generar un uso y manejo sostenible de los recursos renovables, buscando un equilibrio entre el aprovechamiento social y los atributos básicos de composición, estructura y función de los ecosistemas. Además, a partir de estos se promueven diversos programas que tienen como objetivo conservar, proteger, restaurar y prevenir el deterioro de las cuencas. A pesar de los esfuerzos realizados para lograr un manejo sostenible de las fuentes hídricas, aún se presentan en diferentes problemáticas tales como: conflictos por usos de recursos naturales, conflictos por la disponibilidad del recurso hídrico, conflictos por ocupación de territorios y la contaminación de las fuentes de abastecimiento de agua (MADS, 2018).

Con el objetivo de hacer frente a las problemáticas mencionadas anteriormente es necesario hacer uso de una herramienta como la reglamentación del uso de las

aguas. La reglamentación del uso del agua es un proceso administrativo por el cual se realiza la distribución del recurso hídrico, a través del cual se busca lograr una distribución equitativa, eficiente y suficiente del recurso hídrico de acuerdo a la oferta, según las necesidades básicas de la población y considerando las condiciones ambientales necesarias para conservar un equilibrio ecológico (Bustamante, 2008). En Colombia desde la década de los 70s se ha venido trabajando en la conservación de los recursos naturales y debido a esto trato de regular el uso del recurso hídrico a partir de ajustes realizados al procedimiento de concesión de agua, lo cual provoco la manifestación de la reglamentación de corrientes hídricas, esto se puede observar en los siguientes artículos pertenecientes al decreto 2811 de 1974:

“Artículo 156. Para el aprovechamiento de las aguas se estudiará en conjunto su mejor distribución en cada corriente o derivación, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades de los predios. Las personas que puedan resultar afectadas con la reglamentación, tienen el derecho de conocer los estudios y de participar en la práctica de las diligencias correspondientes”.

“Artículo 157. Cualquier reglamentación de uso de aguas podrá ser revisada o variada, a petición de parte interesada o de oficio, cuando hayan cambiado las condiciones o circunstancias que se tuvieron en cuenta para efectuarla y siempre que se haya oído a las personas que puedan resultar afectadas con la modificación”.

Para el año 2015 a través del ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (MADS) se recopilaron todas las normas que regulan el sector ambiental en un único documento denominado Decreto 1076 de 2015 “Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible”. El recurso hídrico es uno de los lineamientos tratados en el decreto anteriormente mencionado, en donde se estipula un orden de prioridad a la hora de obtener una concesión de agua y además se menciona que todo titular que tenga una concesión de agua únicamente tiene derecho a utilizar las aguas que autoriza la concesión, tal y como se expresa en los siguientes artículos:

“Artículo 2.2.3.2.7.6. Orden de prioridades. Para otorgar concesiones de aguas, se tendrá en cuenta el siguiente orden de prioridades:

- a) *Utilización para el consumo humano, colectivo o comunitario, sea urbano o rural;*
- b) *Utilización para necesidades domésticas individuales;*
- c) *Usos agropecuarios comunitarios, comprendidas la acuicultura y la pesca;*
- d) *Usos agropecuarios individuales, comprendidas la acuicultura y la pesca; e) Generación de energía hidroeléctrica;*
- f) *Usos industriales o manufactureros;*
- g) *Usos mineros;*
- h) *Usos recreativos comunitarios, e*
- i) *Usos recreativos individuales”.*

“Artículo 2.2.3.2.8.1. Facultad de uso. El derecho de aprovechamiento de las aguas de uso público no confiere a su titular sino la facultad de usarlas, de conformidad con el Decreto-Ley 2811 de 1974, el presente capítulo y las resoluciones que otorguen la concesión”.

De igual forma en dicho decreto se indica las actividades económicas que requieren una concesión de agua para poder aprovechar el recurso hídrico tal y como se observa en el siguiente artículo.

“Artículo 2.2.3.2.7.1. Disposiciones comunes. Toda persona natural o jurídica, pública o privada, requiere concesión para obtener el derecho al aprovechamiento de las aguas para los siguientes fines:

- a) *Abastecimiento doméstico en los casos que requiera derivación;*
- b) *Riego y silvicultura;*
- c) *Abastecimiento de abrevaderos cuando se requiera derivación;*
- d) *Uso industrial;*
- e) *Generación térmica o nuclear de electricidad;*
- f) *Explotación minera y tratamiento de minerales;*
- g) *Explotación petrolera;*
- h) *Inyección para generación geotérmica;*
- i) *Generación hidroeléctrica;*
- j) *Generación cinética directa;*
- k) *Flotación de maderas;*
- l) *Transporte de minerales y sustancias tóxicas;*

- m) Acuicultura y pesca;
- n) Recreación y deportes;
- o) Usos medicinales, y
- p) Otros usos similares”.

Cuando se agudizan los conflictos por uso del agua, se hace necesario la reglamentación de las corrientes hídricas, la cual se puede efectuar basado en el artículo del decreto 1076 de 2015 mostrado a continuación:

“Artículo 2.2.3.2.13.1. Reglamentación del uso de las aguas. La Autoridad Ambiental competente con el fin de obtener una mejor distribución de las aguas de cada corriente o derivación, de acuerdo con lo previsto en los Artículos 156 y 157 del Decreto-Ley 2811 de 1974, reglamentará cuando lo estime conveniente, de oficio o a petición de parte, el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de aguas públicas, así como las derivaciones que beneficien varios predios. Para ello se adelantará un estudio preliminar con el fin de determinar la conveniencia de la reglamentación, teniendo en cuenta el reparto actual, las necesidades de los predios que las utilizan y las de aquellos que puedan aprovecharlas”.

Es conveniente aclarar que a pesar de que se presentan diversos conflictos que afectan a diferentes cuencas en el país, no todas estas cuencas serán reglamentadas, debido a que la potestad de decidir si se reglamenta o no una cuenca es únicamente de la autoridad ambiental competente tal y como se cita en la norma:

“Artículo 2.2.3.2.13.2. Conveniencia de la reglamentación. Si del resultado del estudio a que se refiere el artículo anterior, se deduce la conveniencia de adelantar la reglamentación, la Autoridad Ambiental competente así lo ordenará mediante providencia motivada”.

En caso de que realmente sea necesario reglamentar una cuenca por uso, la autoridad ambiental debe realizar por lo menos los siguientes estudios:

Artículo 2.2.3.2.13.4. Visita ocular y estudios de reglamentación de una corriente. La visita ocular y los estudios de reglamentación de una corriente serán efectuados por funcionarios idóneos en la materia, y comprenderán cuando menos los siguientes aspectos:

- a) Cartografía;
- b) Censo de usuarios de aprovechamiento de aguas;
- c) Hidrometeorológicos;
- d) Agronómicos;
- e) Riego y drenaje;
- f) Socioeconómicos;
- g) Obras hidráulicas;
- h) De incidencia en el desarrollo de la región;
- i) De incidencia ambiental del uso actual y proyectado del agua;
- j) Legales;
- k) Módulos de consumo, y
- l) Control y vigilancia de los aprovechamientos.

En todo caso, la autoridad ambiental competente podrá determinar las características que debe contener cada uno de los aspectos señalados en consideración a la fuente y aprovechamiento de que se trata”.

Además vale la pena mencionar que las concesiones de agua existentes en una cuenca no podrán afectar la reglamentación de una corriente hídrica tal y como se expresa a continuación:

“Artículo 2.2.3.2.8.2. Concesiones y reglamentación de corrientes. Las concesiones otorgadas no serán obstáculo para que la Autoridad Ambiental competente con posterioridad a ellas, reglamente de manera general la distribución de una corriente o derivación teniendo en cuenta lo dispuesto en el Artículo 93 del Decreto-Ley 2811 de 1974”.

Aunque una cuenca sea reglamentada aún es posible realizarle cambios a partir de las peticiones realizadas a la autoridad ambiental por parte de actores interesados y teniendo en cuenta las necesidades actuales de los usuarios tal y como se cita a continuación:

“Artículo 2.2.3.2.13.10. Revisión y modificación de reglamentación de aguas de uso público. Cualquier reglamentación de aguas de uso público podrá ser revisada o variada por la Autoridad Ambiental competente a petición de parte interesada o de oficio, cuando hayan cambiado las condiciones o

circunstancias que se tuvieron en cuenta para efectuarla y siempre que se haya oído a las personas que pueden resultar afectadas con la modificación.”

“Artículo 2.2.3.2.13.11. Aspectos a considerar en la revisión y modificación de reglamentación de aguas de uso público. En el trámite de revisión o variación de una reglamentación de aguas de uso público se tendrán en cuenta las necesidades de los usuarios y las circunstancias que determinan la revisión o variación con el fin de que aquellas se satisfagan en forma proporcional.

Se tendrá, igualmente, en cuenta el cumplimiento dado por los usuarios a las normas que regulan el manejo del recurso y especialmente a las obligaciones comprendidas en la reglamentación que se pretenda variar o revisar”.

Además del control al uso de del recurso hídrico, la normativa plantea una vigilancia sobre los vertimientos que se realizan a las diferentes corrientes hídricas, expresado en el decreto 3930 de 2010, condensado en el decreto 1076 de 2015 el cual reglamenta todo lo que tiene que ver con los criterios de calidad y los vertimientos de aguas residuales a los cuerpos de agua.

“Artículo 2.2.3.3.7.1. Procedencia de la reglamentación de vertimientos. La autoridad ambiental competente con el fin de obtener un mejor control de la calidad de los cuerpos de agua, podrá reglamentar, de oficio o a petición de parte, los vertimientos que se realicen en estos, de acuerdo con los resultados obtenidos en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.

El objetivo de esta reglamentación consiste en que todos los vertimientos realizados al cuerpo de agua permitan garantizar los usos actuales y potenciales del mismo y el cumplimiento de los objetivos de calidad.

Si del resultado del Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico, se determina la conveniencia y necesidad de adelantar la reglamentación, la autoridad ambiental competente, así lo ordenará mediante resolución.

En dicha resolución se especificará, la fecha lugar y hora de las visitas técnicas correspondientes al proceso de reglamentación de vertimientos”.

“Artículo 2.2.3.3.7.3. Efectos de la orden de reglamentar los vertimientos. Los permisos de vertimiento que se otorguen durante el proceso de reglamentación

previsto en el presente capítulo, deberán revisarse por parte de la autoridad ambiental competente como resultado de dicho proceso”.

En caso de ser necesario realizar una reglamentación por vertimientos, la autoridad ambiental debe realizar los siguientes estudios y posterior proyecto tal y como se expresa en la norma.

“Artículo 2.2.3.3.7.4. De la visita técnica y estudio de reglamentación de vertimientos. La visita técnica y los estudios para la reglamentación de vertimientos, comprenderán por lo menos los siguientes aspectos:

- 1. Revisión y actualización de la información contenida en el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico.*
- 2. Revisión y actualización de la georreferenciación de los vertimientos en cartografía oficial.*
- 3. Inventario y descripción de las obras hidráulicas.*
- 4. Caracterización de los vertimientos.*
- 5. Incidencia de los vertimientos en la calidad del cuerpo de agua en función de los sus usos actuales y potenciales.*
- 6. Análisis de la capacidad asimilativa del tramo o cuerpo de agua a reglamentar teniendo en consideración el Ordenamiento del Recurso Hídrico correspondiente.*

Artículo 2.2.3.3.7.5. Proyecto de reglamentación de vertimientos. La autoridad ambiental competente, elaborará el proyecto de reglamentación de vertimientos, dentro de los seis (6) meses siguientes contados a partir de la realización de las visitas técnicas y el estudio a que se refiere el artículo anterior.

Dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la elaboración del proyecto, la autoridad ambiental competente deberá publicar un (1) aviso en un (1) periódico de amplia circulación en la región en el que se informe sobre la existencia del proyecto de reglamentación y el lugar donde puede ser consultado. Si existen facilidades en la zona, adicionalmente se emitirá este aviso a través de la emisora radial del lugar. Adicionalmente el proyecto de

reglamentación deberá ser publicado en la página web de la autoridad ambiental competente.

Finalizado el plazo anterior, los interesados dispondrán de un plazo de veinte (20) días calendario para presentar las objeciones del proyecto”.

En caso de haber objeciones al proyecto de reglamentación, la autoridad ambiental deberá estudiar dichos casos tal y como se cita a continuación:

“Artículo 2.2.3.3.7.6. Objeciones al proyecto de reglamentación de vertimientos. Una vez expirado el término de objeciones la autoridad ambiental competente, procederá a estudiarlas dentro un término no superior a sesenta (60) días hábiles, en caso de que sean conducentes ordenará las diligencias pertinentes”.

“Artículo 2.2.3.3.7.7. Decisión sobre la reglamentación de los vertimientos. Una vez practicadas estas diligencias y, si fuere el caso, reformado el proyecto de reglamentación de vertimientos, la autoridad ambiental competente, procederá a expedir la resolución de reglamentación y su publicación se realizará conforme a lo dispuesto en los Artículos 70 y 71 de la Ley 99 de 1993.

La reglamentación de vertimientos afecta los permisos existentes, es de aplicación inmediata e implica el otorgamiento de permisos de vertimientos para los beneficiarios o la exigencia del plan de cumplimiento. Contra la decisión de la autoridad ambiental competente procede el recurso de reposición dentro de los cinco (5) días hábiles siguientes a la notificación de la misma”.

Es posible realizarle cambios a una reglamentación partir de las peticiones realizadas a la autoridad ambiental por parte de actores interesados y teniendo en cuenta las necesidades actuales de los usuarios.

“Artículo 2.2.3.3.7.9. Revisión de la reglamentación de vertimientos. Cualquier reglamentación de vertimientos podrá ser revisada por la autoridad ambiental competente, a petición de parte interesada o de oficio, cuando hayan cambiado las condiciones o circunstancias que se tuvieron en cuenta para efectuarla.

Cuando quiera que la revisión de la reglamentación implique la modificación de la misma, se deberá dar aplicación al procedimiento previsto en el presente capítulo”.

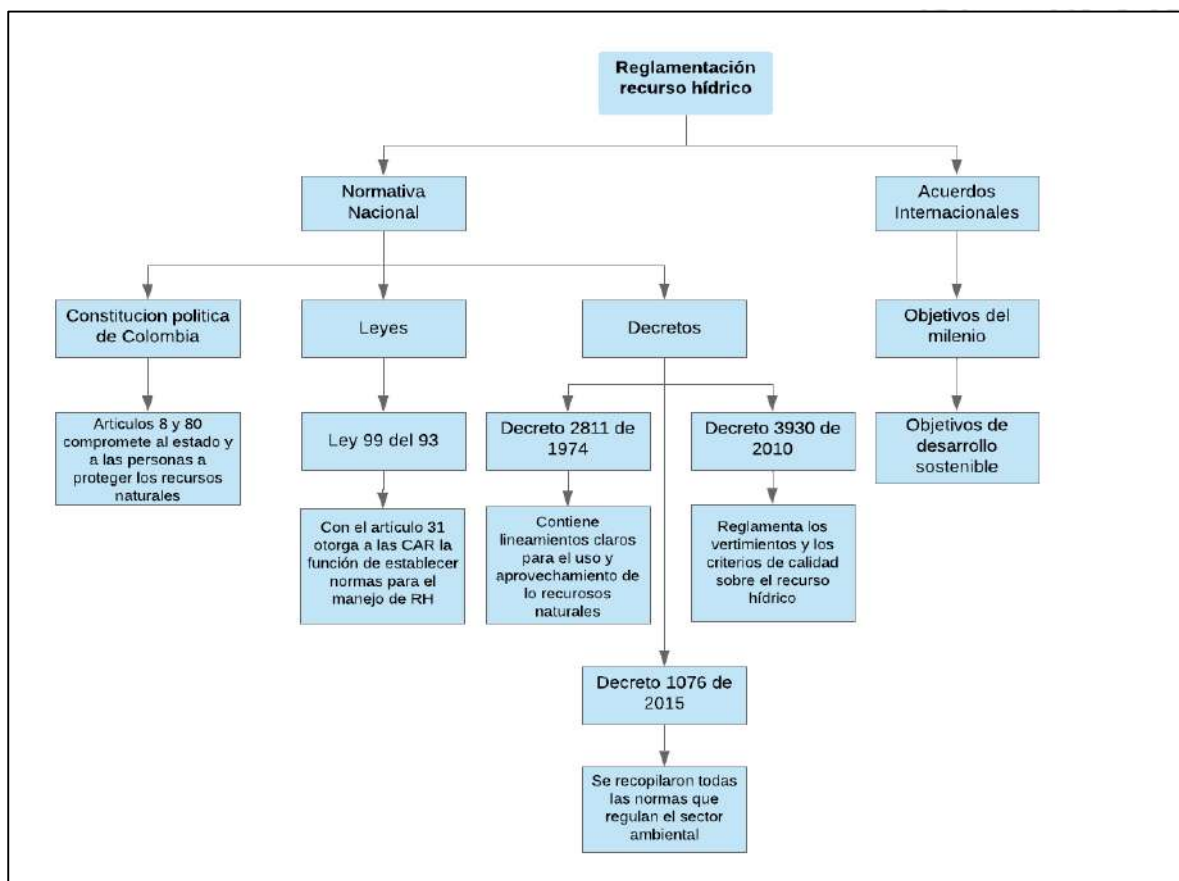


Figura 1. Esquema de normativa nacional sobre la reglamentación

4.2 Ubicación zona estudio

La cuenca San Antonio, también llamada El Pueblo, está ubicada dentro del municipio de Rionegro en el departamento de Antioquia. La quebrada San Antonio-El Pueblo nace en inmediaciones de la Vereda Cabeceras de Llanogrande y atraviesa las veredas Vilachuaga, Chipre y San Antonio, hasta desembocar en el Río Negro, en zona urbana del municipio de Rionegro. Esta corriente tiene un recorrido de 9,88km, la fuente es represada para formar lagos artificiales que son aprovechados para cultivo y para recreación. La cuenca cuenta con un área de 10,41km², nace a una altitud de 2200 msnm en el sitio conocido como Alto del Perro y desciende hasta su desembocadura al Río Negro en los 2089 msnm, discurriendo en un paisaje

geomorfológico descrito como colinas bajas con laderas rectas que se dirigen al centro del valle del Río Negro (CORNARE,2017).

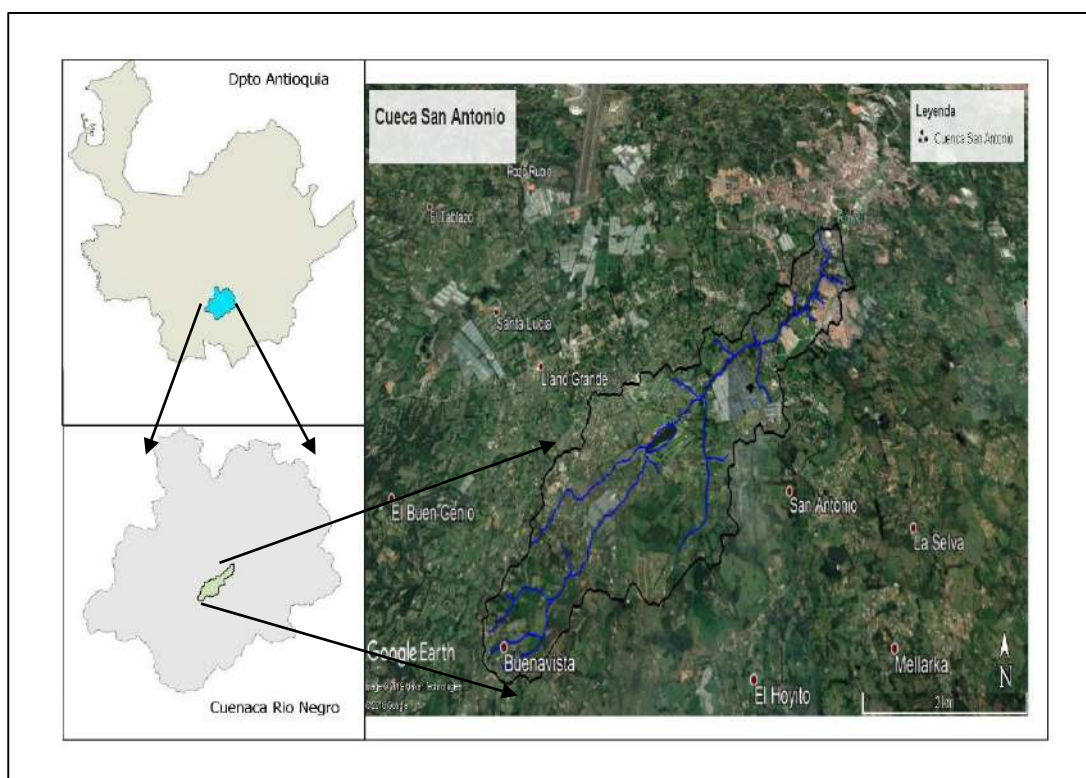


Figura 2. Ubicación cuenca San Antonio. (Google Earth)

4.3 Descripción de la unidad hidrológica.

A partir de la información cartográfica brindada por CORNARE se identificaron los principales afluentes de la corriente, asumiendo cuatro áreas de drenaje sobre las que se realizaron los análisis de oferta, demanda y calidad del agua, así: Zona alta, Vilachuaga, Cabeceras y Cuenca media-baja (Figura 3)

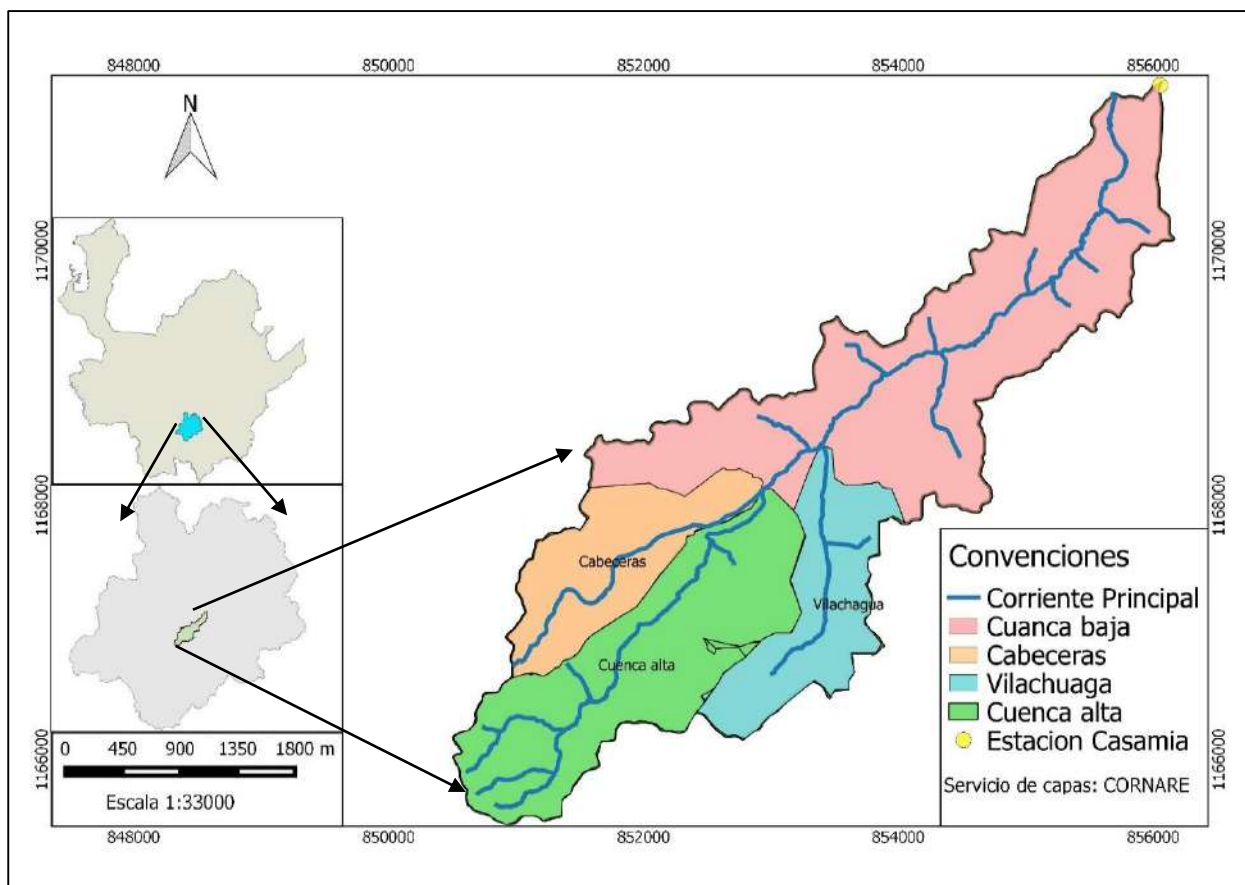


Figura 3. Unidad hidrográfica de la quebrada San Antonio.

4.4 Determinación de la oferta hídrica

La oferta hídrica se refiere al volumen de agua continental almacenada en los cuerpos de agua superficiales en un periodo determinado de tiempo, se cuantifica a través de la escorrentía y rendimientos hídricos expresados como caudal por unidad de área ($l/s - km^2$) (SIAC, 2016). La evaluación del recurso hídrico en una zona determinada se puede realizar a través del balance hídrico, el cual se basa en el principio de conservación de masa que se expresa como el volumen que entran en una unidad hidrográfica determinada menos el volumen que se evacua de esta, es exactamente el volumen que se queda. (GITS, 2007).

Las entradas de la ecuación del balance hídrico son la precipitación (P), en forma de lluvia, recibida realmente en la superficie del suelo, mientras que las salidas en la ecuación incluyen: la evapotranspiración real (ETR), que involucra a la evaporación desde la superficie del suelo y desde una masa de agua, la escorrentía (E) representada por la producción hídrica que fluye superficialmente en un área determinada, además hay que tener en cuenta la infiltración (I) del agua en el suelo.

Igualmente se desprecian las pérdidas superficiales, es decir agua superficial que se entrega a otra cuenca, estos aportes y/o pérdidas se consideran despreciables por ser muy pequeños comparados con las otras entradas y salidas del sistema (Unesco, 1981), por lo cual la ecuación general de balance hídrico queda de la siguiente forma:

$$\Delta s = P - ETR - I - E \quad (1)$$

Donde:

ΔS : Variación del volumen de almacenamiento de agua

P: Precipitación

ETR: Evapotranspiración real

I: Infiltración

E: Escorrentía

4.4.1 Balance hídrico a largo plazo

El balance hídrico a largo plazo supone que en un periodo de tiempo largo el almacenamiento de agua que hay en el suelo y en la atmosfera es despreciable y por ende la escorrentía superficial (E) de la cuenca se calcula:

$$E = \int_{Area\ cuenca} [P(x, y) - ETR(x, y)] dA \quad (2)$$

Donde:

E: Escorrentía o el caudal medio de la cuenca a largo plazo

$P(x, y)$: Es la lámina de precipitación que se da en el punto (x, y).

$ETR(x, y)$: Es la evapotranspiración real que se da en el punto (x, y).

dA : Es el diferencial de área en la cuenca.

4.4.2 La Evapotranspiración. Método de Turc

Para la estimación de la evapotranspiración real varios autores han propuesto diferentes métodos que permiten tener un estimado de esta variable mediante el desarrollo de ecuaciones empíricas, entre las que encontramos el método de **Turc**, el cual es uno de los métodos más confiables para calcular esta variable en Colombia (Valencia. V, 2010). La evapotranspiración real se estima de la siguiente manera.

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad (3)$$

Donde:

P: Precipitación media anual (mm/año).

L: es función de la temperatura y se expresa de la siguiente manera.

$$L = 300 + 25T^2 + 0.05T^3 \quad (4)$$

Donde la temperatura (T) se puede estimar de forma indirecta en Colombia para regiones con poca información a través de la ecuación propuesta por Chaves y Jaramillo (1998), donde se regionaliza la temperatura con la altura a nivel del mar. En la región andina la expresión para la temperatura es la siguiente (Zapata. S, 2017).

$$T = 29.42 - 0.0061.H \quad (5)$$

Donde:

T: Es la temperatura media anual (°C).

H: Es la elevación sobre el nivel del mar (m).

4.4.3 Estimación de caudales medios

La estimación de los caudales medios se hizo a partir del balance hídrico a largo plazo (ecuación 2), mediante interpolación de la precipitación media de las estaciones en el área de influencia (Tabla 1) y se utilizó el método de Turc para la evapotranspiración.

4.4.3.1 Mapa de precipitación media anual

Se usaron los datos de precipitación de la Tabla 1 para realizar la interpolación con el software QGIS, aplicando el método inverso a la distancia (**IDW**), el cual determina los valores de celda a través de una combinación ponderada linealmente de un conjunto de puntos de muestra. Este método supone que la variable que se representa cartográficamente disminuye su influencia a mayor distancia desde su ubicación de muestra (ArcGis, 2016), para estimar aproximadamente los valores de precipitación en los puntos donde no se tiene información dentro del área comprendida por estas estaciones, obteniendo así un mapa de precipitación media anual tipo ráster para la zona de interés.

Tabla 1. Precipitación media anual en las estaciones.

Estación	Precipitación media anual (mm/año)
A.J.M Córdoba	2122
Campo alegre	2913
La selva	2124
Marinilla	2217
Santuario	2656
La Unión	2336

Fuente. Zapata, S. (2017)

4.4.3.2 Mapa de evapotranspiración real media anual

Se obtuvo el mapa de evapotranspiración real (ETR) a partir de álgebras de mapas de QGIS, con el método de Turc (ecuación 3). Se calculó la Temperatura media anual en el área de estudio (ecuación 5), utilizando el modelo de elevación digital (DEM) de la zona de estudio para determinar las alturas y calcular el factor L (ecuación 4). Con esta información se elaboró el mapa de evapotranspiración real de la zona de interés.

4.4.3.3 Mapa de rendimiento hídrico

A partir de los mapas de precipitación media anual y de evapotranspiración real obtenidos (figuras 5 y 6) se procedió a obtener el mapa de rendimiento hídrico, a través de álgebra de mapas en la plataforma QGIS, en donde hay que tener en cuenta lo estipulado por la ecuación 2, en la cual al mapa de precipitación media anual se le resta el mapa de evapotranspiración real dando como resultado un mapa tipo ráster del rendimiento hídrico que llevado al área de cada unidad hidrológica analizada, permite obtener el caudal de dicha zona en l/s.

4.4.4 Estimación de caudales mínimos

La cuenca San Antonio, no cuenta con información hidrológica que permita establecer series de caudales, por tal motivo, es necesario utilizar metodologías aplicables a cuencas con información escasa, como el modelo de tanques, desarrollado por Vélez (2001). Este modelo representa por medio de un sistema de cuatro tanques conectados entre sí los procesos determinantes de la producción de escorrentía en

una cuenca, a partir de información de precipitación y evapotranspiración potencial en cada intervalo de tiempo y de manera agregada espacialmente (Amaya et al., 2009). En trabajos anteriores, se empleó y calibró el modelo de tanques para el cálculo de caudales mínimos en la cuenca La Pereira (ecuación 6), colindante con la cuenca de estudio, con condiciones hidrogeológicas comunes por lo que los resultados de esa calibración fueron utilizados en la cuenca San Antonio, (Zapata. S, 2017).

$$Q_{\text{mínimo}} = 0.00097 \cdot A - 3 \times 10^{-6} \quad (6)$$

Donde:

$Q_{\text{mínimo}}$: Caudal mínimo en m^3/s

A: Área de la cuenca en km^2

La calibración del modelo de tanques utilizó la información hidrometeorológica de la estación Casamia ubicada a la salida de la cuenca La Pereira, utilizó las series de precipitación de estaciones hidrometeorológicas presentes en las inmediaciones de la cuenca La Pereira (Tabla 1), para la evapotranspiración potencial (EVP), utilizó el método de Turc modificado, cuya ecuación se presenta a continuación.

$$ETP = K \left(\frac{T}{T + 15} \right) \cdot (R + 50) \quad (7)$$

Donde:

ETP: Evapotranspiración potencial

K: Factor de corrección mensual que es igual a 0.13 para periodos de 10 días.

T: Temperatura media ($^{\circ}\text{C}$).

R: Radiación global incidente ($\text{Cal}/\text{cm}^2.\text{día}$)

Para determinar los caudales mínimos de las unidades hidrográficas de la cuenca San Antonio, se usó la ecuación de regionalización de caudales mínimos de la quebrada La Pereira, aplicada al área de dichas unidades.

4.4.5 Estimación del caudal ambiental.

Para la estimación del caudal ambiental se emplea la metodología propuesta en la resolución 865 de 2004, que le asigna un porcentaje equivalente al 25% al caudal medio mensual multianual más bajo de la corriente de estudio. En cada una de las unidades hidrológicas de la cuenca San Antonio se toma el 25% del caudal mínimo obtenido a partir de la ecuación 6.

4.5 Demanda hídrica.

El estudio nacional del agua define la demanda hídrica como *“La sustracción de agua del sistema natural destinada a suplir las necesidades y los requerimientos de consumo humano, producción sectorial y demandas esenciales de los ecosistemas existentes sean intervenidos o no. La extracción y, por ende, la utilización del recurso implica sustracción, alteración, desviación o retención temporal del recurso hídrico, incluidos en este los sistemas de almacenamiento que limitan el aprovechamiento para usos compartidos u otros usos excluyentes”* (IDEAM, 2014). Con el fin de facilitar la estimación cuantitativa de la demanda hídrica en un lugar, se hace necesario conocer los diferentes usos y coberturas de suelo presentes en una zona de interés y los usuarios asentados en esta, como se presenta a continuación.

En este análisis la demanda sectorial, considera los sectores doméstico, pecuario y agrícola y recreativo.

4.5.1 Estimación de la demanda

El cálculo de la demanda hídrica superficial de la cuenca San Antonio se realizó sumando todas las concesiones de agua de los diferentes sectores económicos registradas en la corriente ante la autoridad ambiental CORNARE.

4.5.2 Estimación de la demanda potencial.

Para la demanda potencial se usaron los módulos de consumo establecidos en el ENA 2014 y por CORNARE a través de la Resolución 112-2316 de 2012 (Anexo 1), además se tomó en cuenta información proveniente de diferentes fuentes (POT, DANE, CORNARE).

4.5.3 Estimación de la demanda futura o proyectada.

La demanda proyectada o futura se determina tiene en cuenta el crecimiento poblacional y las tendencias de crecimiento de los sectores económicos. Para determinar la población futura se utilizó información del plan de ordenamiento

territorial (POT) del municipio de Rionegro, como densidades poblacionales, tamaño de centros poblados de interés, entre otros y se proyecta el crecimiento poblacional en periodos de tiempo corto, mediano y largo plazo que corresponden a 2, 5 y 10 años respectivamente. Se aclara que la expansión urbana del municipio de Rionegro sobre la cuenca San Antonio, espera cubrir sus necesidades de acueducto del sistema urbano, cuya fuente de aprovisionamiento no extrae agua de ésta cuenca. La demanda doméstica futura en la zona rural está asociada al crecimiento y expansión de los centros poblados (porciones de territorio con características urbanas enclavados en zonas rurales).

La demanda proyectada en el sector floricultor, se calcula teniendo en cuenta lo estipulado por el POT del municipio de Rionegro con respecto al sector floricultor, en donde los nuevos floricultivos únicamente se expandirá en terrenos cuyos usos sean: Zonas de producción sostenible y de producción agropecuaria, en el caso de interés solo hay presencia de zonas de producción sostenible en la parte alta de la cuenca (Figura 14), por lo cual será la única parte de la cuenca en donde se espera la aparición de nuevos floricultivos.

Para calcular las proyecciones del sector pecuario se usan los datos de número de bovinos, porcinos y equinos presentes en el municipio de Rionegro, información disponible en el anuario estadístico de Antioquia (2012-2016). Para la proyección de la demanda se consideró un crecimiento constante en un periodo de 10 años.

4.6 Oferta hídrica total disponible.

Se determinó la oferta hídrica total disponible (OHTD) mediante la ecuación (8), para condiciones de año medio y año seco, en cada una de las cuatro unidades hidrológicas de la cuenca San Antonio a partir de los caudales medios y mínimos obtenidos.

$$OHTD = O_{Nat} - Q_{Amb} - Dh_{jt} \quad (8) \quad \text{Donde:}$$

OHTD: Oferta hídrica total disponible

O_{Nat} : Oferta natural

Q_{amb} : Caudal ambiental

Dh_{jt} : Demanda hídrica multisectorial

4.7 Índice del uso de agua (IUA).

El índice de uso de agua (IUA) corresponde a la cantidad de agua utilizada por los diferentes sectores usuarios en un determinado periodo de tiempo y espacio, en relación con la oferta hídrica superficial disponible dentro de una cuenca, en las mismas condiciones espaciales y temporales (IDEAM, 2014). Para calcular este índice se utiliza la siguiente ecuación:

$$IUA = (Dh_{jt} / Oh_{jt}) * 100 \quad (9)$$

Donde:

IUA_{jt}: Índice de uso de agua.

Dh_{jt}: Demanda hídrica sectorial en la unidad espacial j y en el periodo de tiempo t requerido.

Oh_{jt}: Oferta hídrica superficial disponible en la unidad espacial j y en el periodo de tiempo t requerido.

Donde a su vez.

$$Oh_{jt} = Oh_{jtTotal} - Q_{Amb} \quad (10)$$

Donde,

Oh_{jtTotal}: Es el volumen total de agua superficial en el punto de referencia.

Q_{Amb}: Es el caudal ambiental.

El índice de uso del agua es un indicador que permite determinar la relación entre la extracción de agua y la oferta hídrica neta, lo cual señala la presión ejercida por las actividades antrópicas sobre el recurso hídrico (Saldarriaga, G y Carrillo, L.M, 2012). El IUA clasifica la presión a la que está sometida el recurso hídrico como se presenta en la Tabla 2.

Tabla 2. Categorías IUA

Rango IUA	Categoría IUA	Significado
>100	Crítico	La presión de la demanda es crítica respecto a la oferta
>50	Muy Alto	La presión de la demanda es muy alta respecto a la oferta
20,01 – 50	Alto	La presión de la demanda es alta con respecto a la oferta disponible.
10.01 - 20	Moderado	La presión de la demanda es moderada con respecto a la oferta disponible.
1 - 10	Bajo	La presión de la demanda es baja con respecto a la oferta disponible.
<1	Muy Bajo	La presión de la demanda es muy baja con respecto a la oferta disponible.

Fuente. IDEAM

4.8 Calidad de agua.

A partir de los dos muestreos realizados en cuenca (noviembre 2018 y febrero 2019) se pudo calificar el estado de calidad de las corrientes. Las variables analizadas y los puntos de muestreo que se presenta en las Tablas 3, 4 y la Figura 4.

Tabla 3. Variables fisicoquímicas en la corriente

Parámetros medidos in Situ	Parámetros medidos en laboratorio
Caudal (l/s)	DBO (mg/L)
Ph (U de Ph)	DQO (mg/L)
Temperatura °C de agua	Fosforo Total (mg/L – P)
Conductividad Eléctrica	Nitrógeno Amoniacal
Oxígeno disuelto (mg/l)	Solidos suspendidos totales (mg/L)
Saturación de oxígeno (%)	Solidos sediméntales (ml/l)
	Solidos totales (mg/L)
	E.Coli (NMP/100 ml)
	Coliformes totales (NMP/100 ml)

Fuente: CORNARE

Tabla 4. Estaciones de aforo y muestreo en la cuenca San Antonio.

Código estación	Nombre de la estación	Coordenadas geográficas	Descripción
E1	Parte alta de la cuenca	6° 6'19.34"N 75°25'16.37"O	Se encuentra en el sector los sauces al frente de la finca la penca, presenta vegetación al lado derecho del cauce
E2	Vía San Nicolás – vereda Cabeceras	6° 5'59.24"N 75°25'5.01"O	Se presenta vegetación en ambos costados del cauce además hay potreros y casas en cercanías a la corriente.
E3	Vereda Cabeceras	6° 6'36.29"N 75°24'58.16"O	Se presenta vegetación en ambos costados del cauce además hay potreros y casas en cercanías a la corriente, además está próximo a un floricultivo

E4	Vereda Cabeceras Floricultivo	6° 6'23.49"N 75°24'45.49"O	Vegetación a ambos costados de la carretera, se encuentra a la entrada de un floricultivo y está al lado de una carretera sin pavimentar
E5	Club campestre Llanogrande	6° 6'44.76"N 75°24'37.79"O	Quebrada Cabeceras antes del club campestre Llanogrande
E8	Salida del lago del club Llanogrande	6° 6'56.70"N 75°24'18.36"O	Vegetación a ambos lados del cauce, aguas abajo se encuentra la desembocadura de la PTAR del club Llanogrande
E9	Rincones de Llanogrande		En este punto pasa una vía sobre el cauce y además se encuentra un floricultivo y un área en construcción
E12	Puentes rincones de Llanogrande	6° 7'3.09"N 75°24'8.65"O	Este punto se encuentra dentro del floricultivo el trigal, antes de la descarga del lago del cultivo.
E14	Villa Ligia	6° 7'30.28"N 75°23'31.34"O	En este punto hay lecho natural con sedimento fino
E15	Gualanday	6° 7'55.32"N 75°23'1.08"O	Se presenta una gran cantidad de vegetación la cual represa la corriente, además este punto se ubica sobre la transversal 24
E17	Desembocadura	6° 8'26.12"N 75°22'53.21"O	Se ubica a la salida de Comfama y en este punto el cauce esta canalizado

Fuente. CORNARE

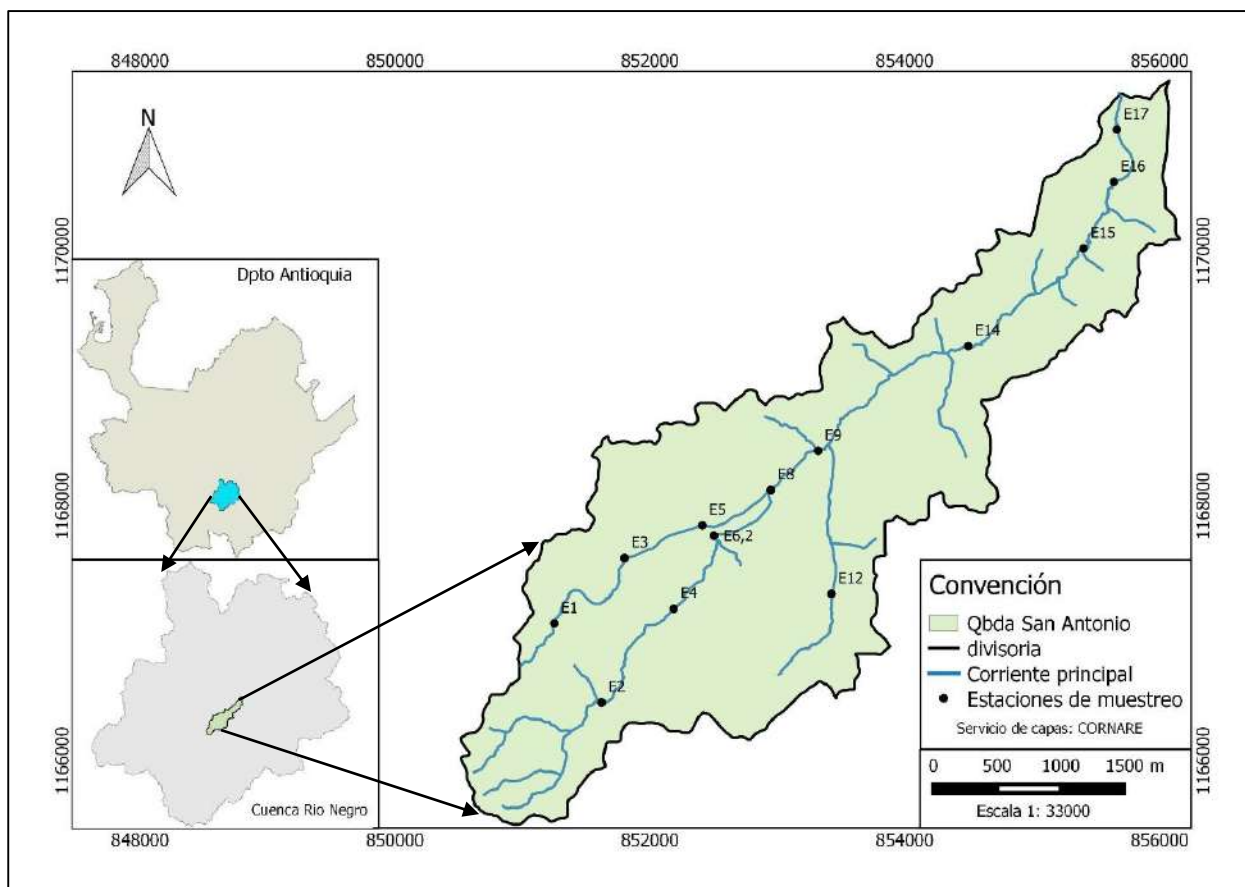


Figura 4. Puntos de muestreo sobre la quebrada San Antonio.

El estado de calidad se determinó utilizando el índice de calidad de agua (ICA) modificado de CORNARE que se describe ampliamente en el anexo 2, el cual calcula valores y asigna categorías en escala numérica y de colores al estado de calidad en un punto de la corriente (Tabla 5)

Tabla 5. Clasificación de la calidad de agua según el valor del ICA

Valores categorizados que puede tomar el indicador	Clasificación de la calidad de agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy Malo	
0,26 – 0,50	Malo	
0,51 – 0,70	Medio	
0,71 – 0,90	Bueno	
0,91 – 1	Excelente	

Fuente. CORNARE

5. Resultados

5.1 Oferta hídrica.

De acuerdo con la metodología presentada en el apartado 4, se obtuvieron la oferta hídrica de año medio y seco, en primer lugar se elaboraron los mapas de precipitación media anual y evapotranspiración media anual (Figuras 5 y 6)

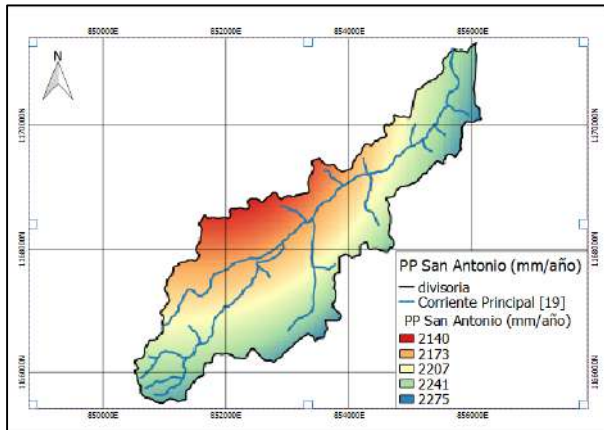


Figura 6. Mapa de precipitación media anual (mm/año)

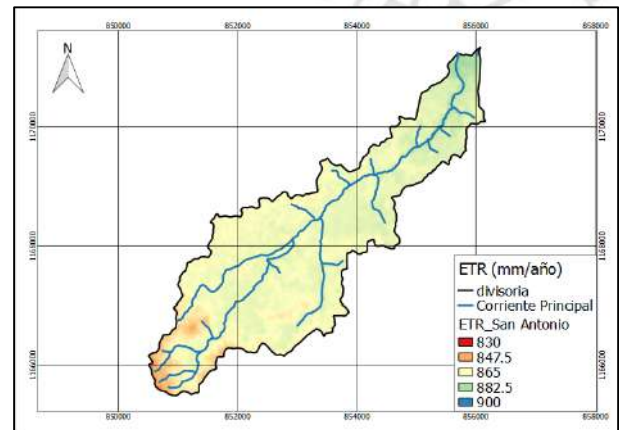


Figura 5. Mapa de evapotranspiración media anual (mm/año)

A partir de los mapas de precipitación media anual y de evapotranspiración real obtenidos (figuras 5 y 6) se procedió a obtener el mapa de rendimiento hídrico medio (Figura 7) y a calcular los caudales medios de cada unidad hidrológica así: Parte Alta 121 l/s; Cabeceras 59,75 l/s; Vilachuaga 58,52 l/s; Media Baja 446,3 l/s.

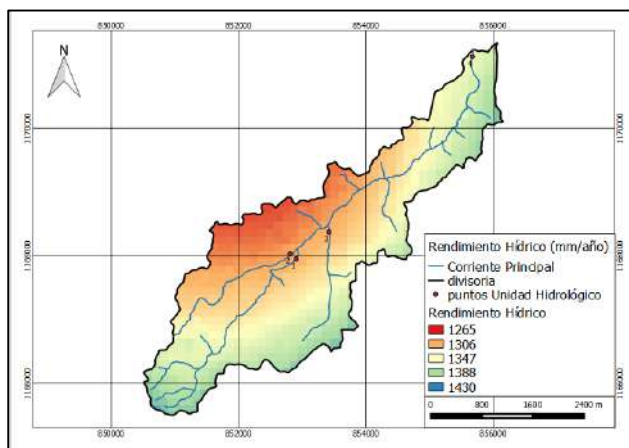


Figura 7. Mapa de rendimiento hídrico en la cuenca San Antonio.

Tabla 6. Rendimiento hídrico y caudal en la cuenca.

Nº	Unidad hidrológica	Rendimiento Hídrico (mm/año)	Caudal (l/s)
1	Parte Alta	1307	121
2	Cabeceras	1311	59,75
3	Vilachuaga	1306	58,52
4	Sitio de Cierre	1354	446,3

5.1.1 Caudales mínimos y Caudales Ambientales

Mediante el uso de ecuación 6, se obtuvo para cada zona hidrográfica los caudales mínimos que se presentan en la tabla 7.

A partir de los caudales mínimos obtenidos y según la resolución 865 del 2004, se calcularon los caudales ambientales para las zonas hidrográficas respectivas, tabla 7.

5.1.2 Caudales aforados para la cuenca San Antonio.

Como resultado de las campañas de muestreo de noviembre 2018 y febrero 2019 se elaboró el perfil de caudales para el eje principal de la corriente y sus afluentes que se presentan en la Figuras 8 y 9.

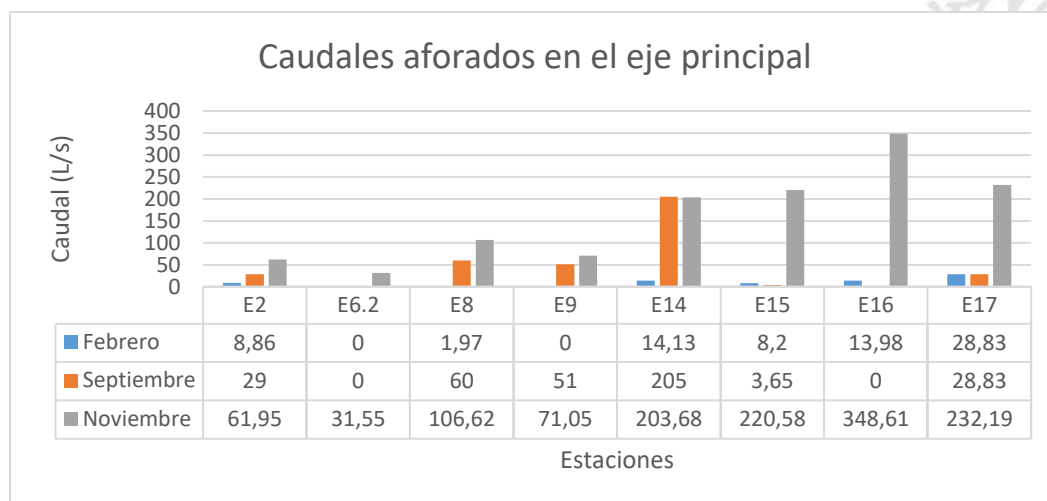


Figura 8. Caudales aforados en el eje principal del corriente. (Fuente CORNARE)

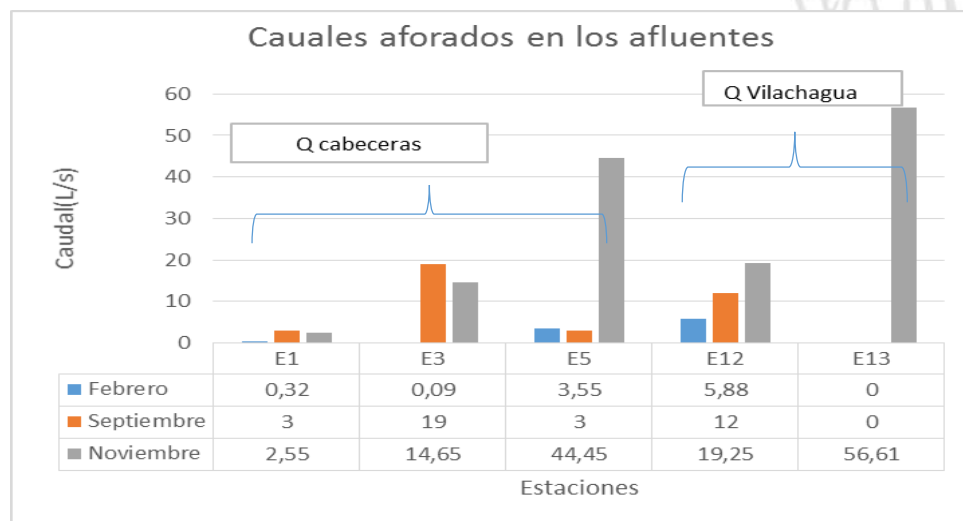


Figura 9. Caudales aforados en los afluentes. (Fuente CORNARE)

Cabe resaltar que los valores iguales a cero dentro de algunas estaciones en las figuras 8 y 9, se debe a que no fue posible por diversos motivos obtener las mediciones de caudal en esos puntos.

Finalmente, se puede elaborar el panorama de la oferta hídrica en la cuenca San Antonio, mediante los resultados del análisis y de los caudales medidos en dos momentos, como lo muestra la tabla 7.

Tabla 7. Oferta hídrica en la cuenca San Antonio

Afluente	Caudal medio (l/s)	Caudal mínimo (l/s)	Caudal Ambiental (l/s)	Aforo Febrero 2019 (l/s)	Aforo Noviembre 2018 (l/s)
Parte alta	121	2.83	0,708	-	31,55
Cabeceras	59,75	1.39	0,348	3,55	44,45
Vilachuaga	58,52	1.36	0,34	-	56,6
Media Baja	207,03	4,52	1,13		
Sitio cierre	446,3	10,1	2,52	28,83	232,19

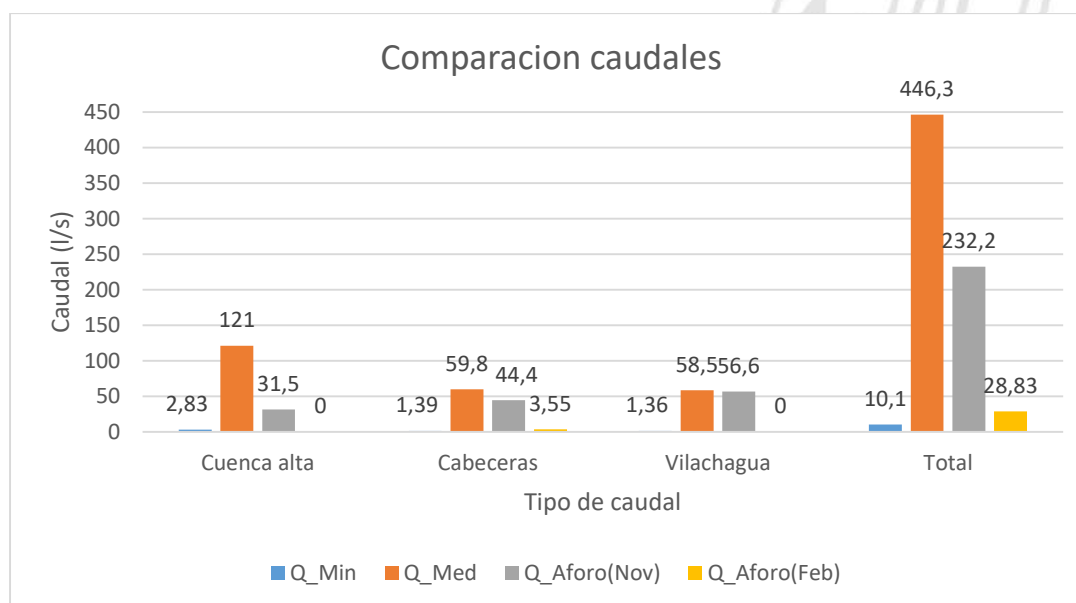


Figura 10. Comparación de caudales en la cuenca San Antonio.

Los resultados que presenta la figura 10, sugieren un situación de alta presión sobre estas fuentes hídricas, puesto que los caudales aforados en el mes de noviembre que deberían reflejar mayores volúmenes de agua, muestra un panorama de caudales muy inferior a lo que se esperaría del balance hídrico de condiciones medias (año medio). A pesar de que los caudales aforados en febrero son mayores a lo que se espera para condiciones secas (caudal mínimo), es preocupante la poca cantidad de

agua que ofrece la corriente comparada, ya que es menos del 10% de lo que se espera para condiciones hidroclimáticas medias.

5.2. Estimación de la demanda hídrica.

En primera instancia se revisó el mapa de usos del suelo en la cuenca, suministrado por CORNARE (Figura 11), ya que generalmente, las demandas de aguase asocian a los usos del suelo. Se identifica la mayor proporción del área dedicada a pastoreo (3067 ha) seguido de área dedicada a cultivos de flores bajo invernadero. Sobresale en esta cuenca un porción del área importante dedicada a la recreación representada por El Club Llanogrande y Comfama de Rionegro (región amarilla) 87,2ha. Cabe resaltar que en esta cuenca se asientan dos centros poblados en la parte alta (Alto del perro y Cabeceras) y un corregimiento en expansión en parte baja (San Antonio de Pereira). Con esta información de usos actuales del suelo y los usos definidos por el POT, se procede a calcular las demandas actuales y proyectadas que se presentan en apartados siguientes.

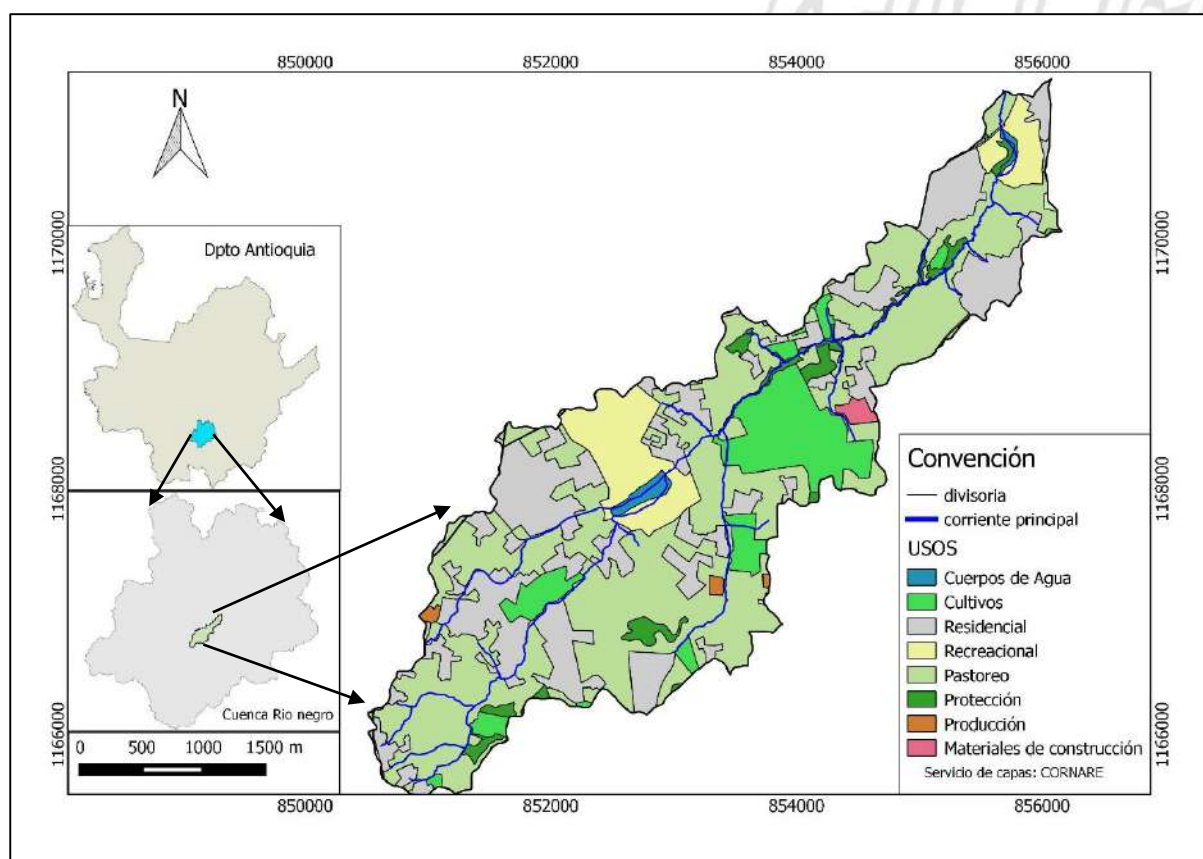


Figura 11. Cobertura vegetal en la cuenca San Antonio (Fuente CORNARE).

A partir de la figura anterior se observa que en grandes tramos de la corriente se localizan zonas utilizadas para el pastoreo, también es posible encontrar en menor

medida zonas de protección, cuyo objetivo como lo indica su nombre es el de resguardar la corriente y sus afluentes. A lo largo de la cuenca es posible localizar una gran cantidad de sectores utilizados como zona residencial, asociadas al incremento poblacional que vive la zona actualmente. En la cuenca es posible encontrar algunos parches que son utilizados como zonas de cultivo durante todo el trayecto de la corriente, además se puede visualizar un par de sitios de gran tamaño que son usados como zonas recreacionales y que están asociadas al parque COMFAMA y el club Llanogrande.

A partir de la información suministrada por CORNARE de registro de usuarios del Recurso Hídrico, que cuentan con concesión, se identifica un total de 18 usuarios (Tabla 8), distribuidos en los siguientes usos: Domestico, Pecuario, Riego, Recreativo y "Otros". Llama la atención que en esta cuenca el sector recreación cuenta con el mayor caudal concesionado (72% del total otorgado), en tanto que solo un 26% se divide en proporciones cercanas para el consumo humano, el Riego y "Otros" y una pequeña proporción 0,6% se ha otorgado al sector pecuario (Figura 12). Estos usuarios se distribuyen espacialmente como se ilustra en la Figura 13, Las mayores concesiones se ubican en la zona media baja de la cuenca, los acueductos se ubican en la zona alta y en la cuenca de la quebrada Cabeceras, en tanto los usuarios del Riego se distribuyen por toda la cuenca.

Cabe resaltar que los usuarios cuyas coordenadas no coincidieron con los límites de la cuenca no se tuvieron en cuenta a la hora de realizar los cálculos.

Tabla 8. Usuarios en la en la cuenca San Antonio

Tipo de uso y Q otorgado (ID) Usuarios	Domestico	Pecuario	Riego	Recreativo	Otros	Q total otorgado (l/s)
(1) ISADEM & CIA		0,0074	0,022			0,0294
(2) Club Llanogrande	0,252	0,077	1,926	6,061		8,316
(3) Condominio Verdi					0,46	0,460
(4) Moreno Jaramillo & CIA		0,069	0,279			0,348
(5) Cultivo El Laurel			1,89			1,890
(6) COMFAMA				28	2	30,0

(7) Queen Flowers S.A			0,8			0,800
(8) Acueducto Barahonda	0,172	0,03	0,038			0,240
(9) Acueducto Cabeceras	3,29					3,290
(10) Diana Jaramillo		0,027				0,027
(11) Beatriz Jaramillo		0,027				0,027
(12) Luis Alberto Arbeláez			0,1			0,100
(13) José Libardo Tamayo			0,33			0,330
(14) Alfonso Vélez	0,06	0,021	0,139			0,220
(15) Nubia de J Grajales			0,012	0,004		0,016
(16) Catalina Garcia*			0,01			0,01
(17) Jose Arbey Osorio*			0,017			0,017
(18) Comercializadora Aster Farms*			1,4			1,4
Caudal Total	3,774	0,2584	6,963	34,061	2,464	47,5204

Fuente. CORNARE. (*) Usuarios cuyas coordenadas no se ubicaron dentro de la cuenca

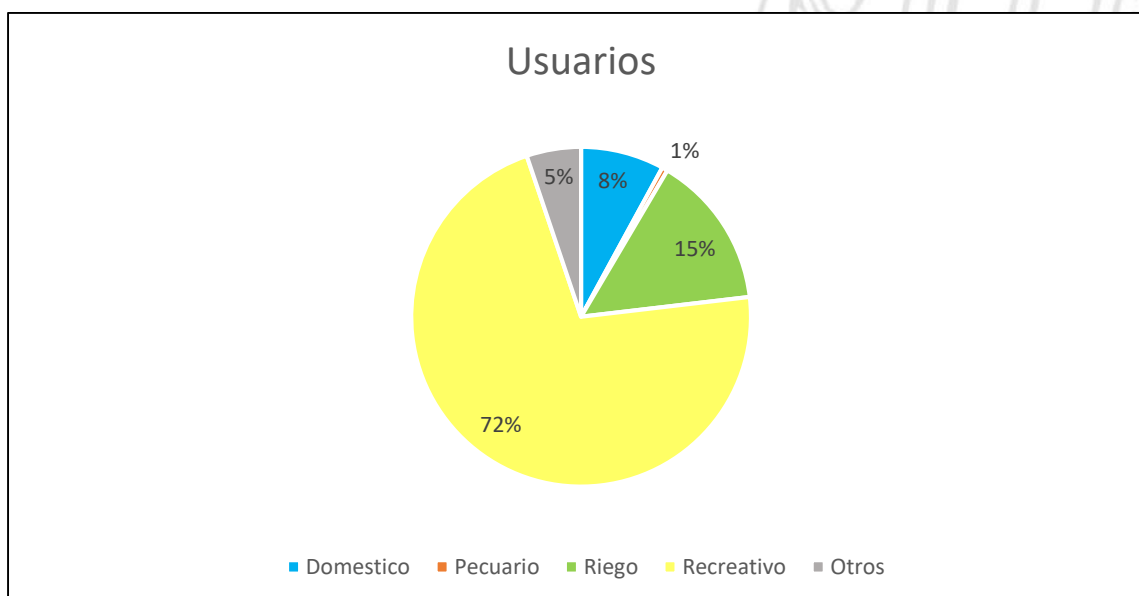


Figura 12. Proporción de usuarios en la cuenca.

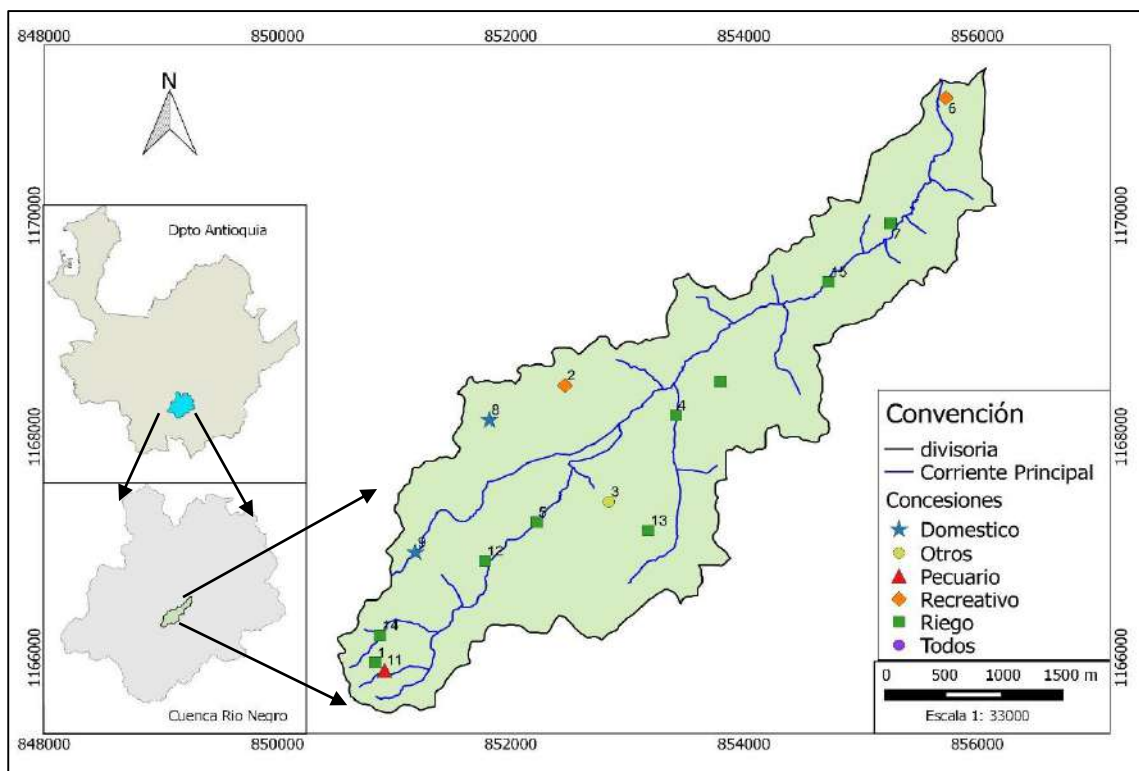


Figura 13. Mapa de usuarios de la cuenca San Antonio (CORNARE).

5.2.1. Estimación de la demanda Potencial

Para hacer una mejor aproximación a la cuantificación de las necesidades reales de agua para atender los diferentes sectores y actividades en la cuenca se usaron los módulos de consumo establecidos por CORNARE (resolución 112-2316 de 2012) y el estudio nacional del agua (ENA, 2014). Es muy importante considerar las determinaciones del plan de ordenamiento territorial (POT) del municipio de Rionegro, en cuanto a la destinación del suelo en su territorio (Figura 14). El sector medio bajo de la cuenca tiene una destinación residencia y la zona media es residencial campestre, la zona de retiro de fuentes hídricas de la cuenca tiene destinación para protección, en tanto que sólo la cabecera de la cuenca considera zona de producción (allí se permiten los floricultivos, entre otras actividades).

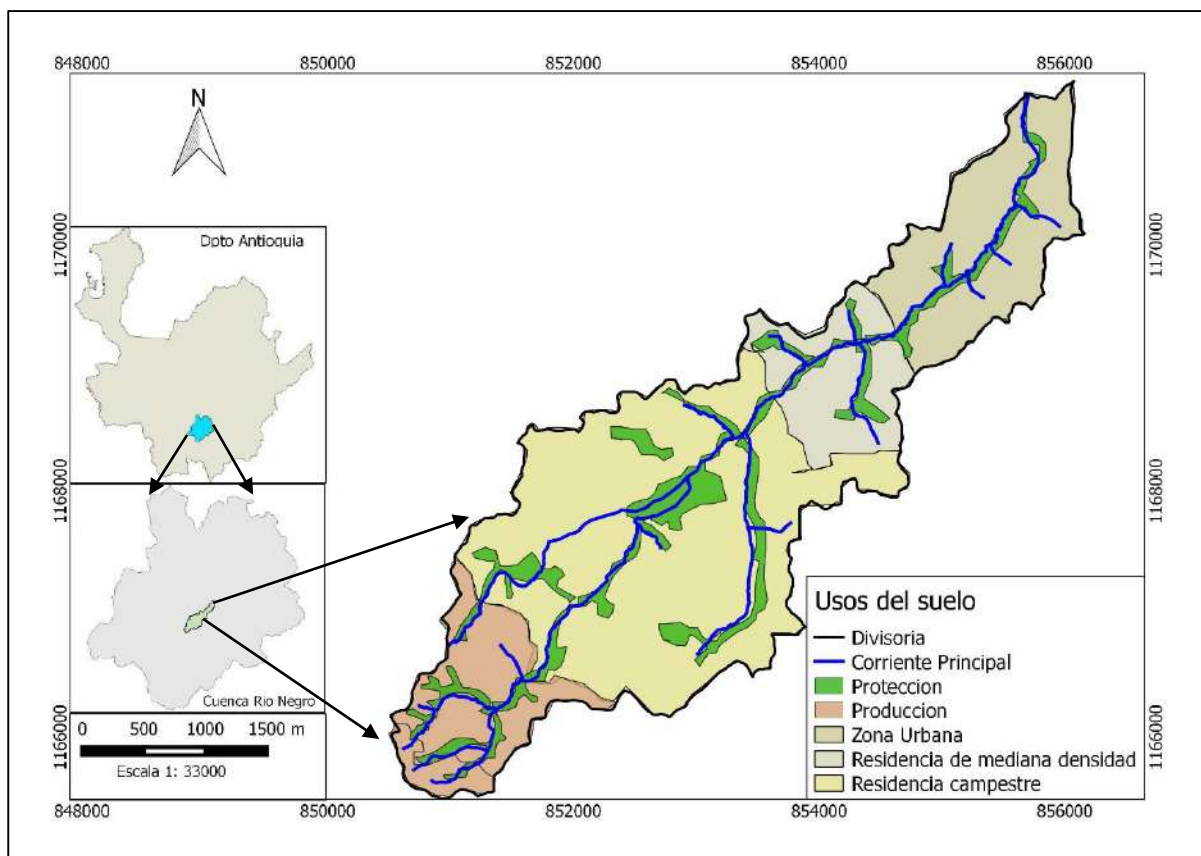


Figura 14. Destinación de usos del suelo según POT Rionegro 2018.

5.2.1.1 Demanda potencial sector doméstico

Para calcular la demanda potencial del sector doméstico se calculó teniendo en cuenta las áreas urbanizadas del mapa de coberturas (Figura 11) y se asignó como densidad poblacional la estipulada en el POT municipal para residencial y campestre de cada sector de la cuenca según el mapa de destinación y usos del suelo (ver Tabla 9). Recordar que la zona baja de la cuenca se considera que se abastece del acueducto municipal. A los centros poblados enclavados en zonas rurales (El Alto del Perro y Cabeceras) que se visualizan en la Figura 15 se asigna dotación máxima neta para población con clima templado presentados por el estudio nacional del agua (ENA, 2014), Anexo 1

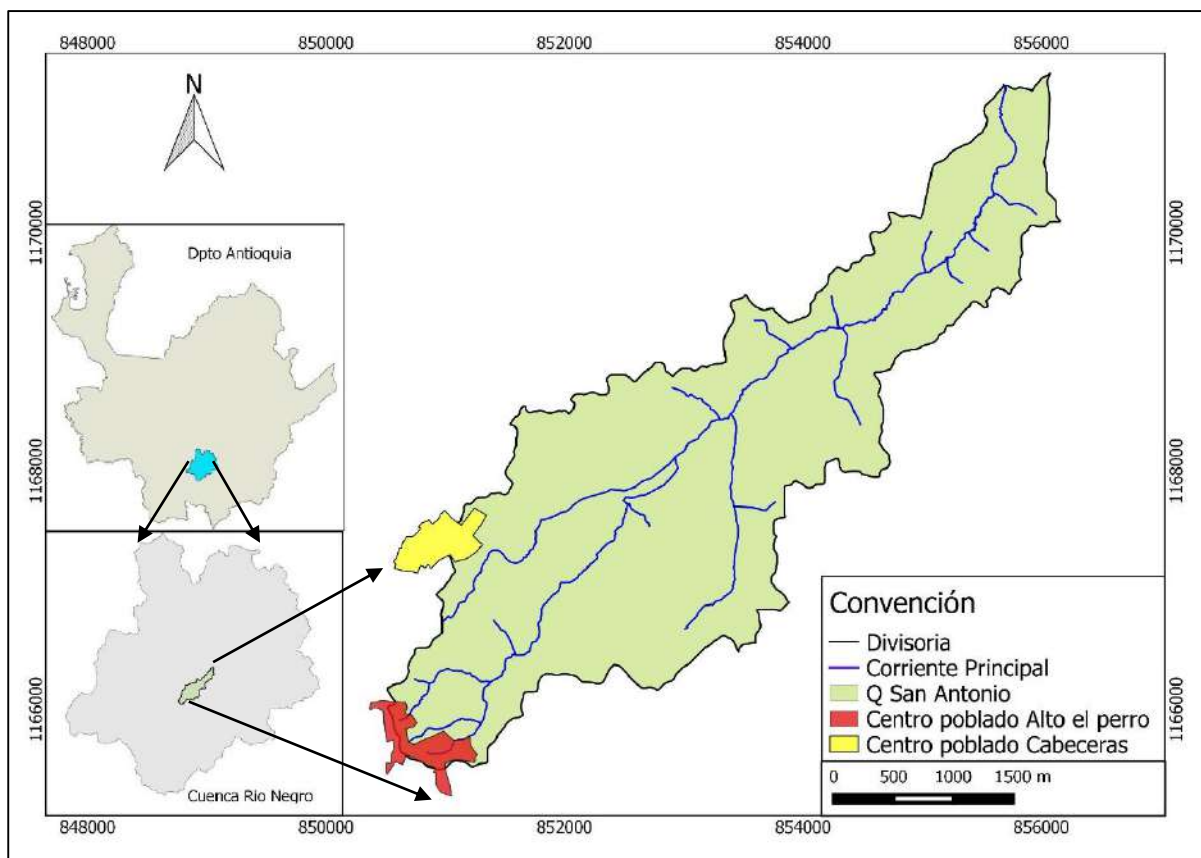


Figura 15. Centros poblados dentro de la cuenca San Antonio (POT).

Tabla 9. Población y demanda potencial en los centros poblados y la zona residencial campestre.

Sector	Área Ha	# Viv / Ha	# hab / viv	Población	Demanda (l/s)
Zona Residencial campestre	189,71	1,7	4	1290	1,71
Centro poblado Alto el Perro	23,55	10,04	4	946	1,26
Centro poblado Cabeceras	23	4,17	4	383	0,51
Total				2619	3,48

Fuente. POT municipio de Rionegro

5.2.1.2 Demanda potencial sector agrícola.

En la Tabla 10 se presenta la demanda potencial del sector agrícola, la que se determinó con base en el mapa de coberturas (Figura 11) y los módulos de consumo para las actividades agrícolas y sector floricultor, Anexo 1.

Tabla 10. Demanda potencial del sector agrícola

Actividad	Área (Ha)	Módulo de consumo	Demanda potencial (l/s)
Agricultura tradicional	27,61	150 (L / Ha-día)	0,048
Floricultivos	83,2	0,2 (L / s-Ha)	16,64

Fuente. CORNARE. Se consideró cultivos bajo invernadero.

5.2.1.3 Demanda potencial sector pecuario.

El método para determinar la demanda potencial pecuaria se basa en el uso de los datos entregados por el censo nacional agropecuario realizado por el DANE a nivel departamental y los datos encontrados en el anuario estadístico de Antioquia, con el cual se realizan aproximaciones de la cantidad de cabezas de ganado, cerdos, y equinos que se presentan dentro de la zona de interés. Además fue necesario utilizar el módulo de consumo para el sector pecuario establecido en la resolución 112-2316 de 2012 emitida por CORNARE en el año 2012 (anexo 1), en donde se establecen la dotación necesaria para desarrollar las diversas actividades asociadas al sector pecuario.

Tabla 11. Demanda potencial del sector pecuario.

Tipo Animal	# Animales	Módulo de consumo (L/animal-día)	Demanda (L/s)
Bovino	996	60	0,69
Porcino	2178	22	0,55
Equino	109	40	0,05

Fuente. Elaboración propia.

5.3. Demanda multisectorial potencial y concesionada.

A partir de los datos obtenidos para cada sector económico se comparan los datos dotación concesionada con la demanda potencial para cada sector económico, con el fin de señalar si la asignación de cantidad de recurso hídrico a utilizar para cada sector es el adecuado.

El caudal otorgado actualmente al sector doméstico es levemente superior a la demanda potencial; en el sector pecuario y floricultor el caudal otorgado es muy inferior a la demanda potencial a diferencia del sector agrícola que posee caudal otorgado muy superior a la demanda potencial (Figura 16). Es de anotar que el sector floricultor amortigua sus necesidades de agua con los reservorios de agua y que el sector agrícola, puede ser que tenga concesiones inactivas o de poco uso.

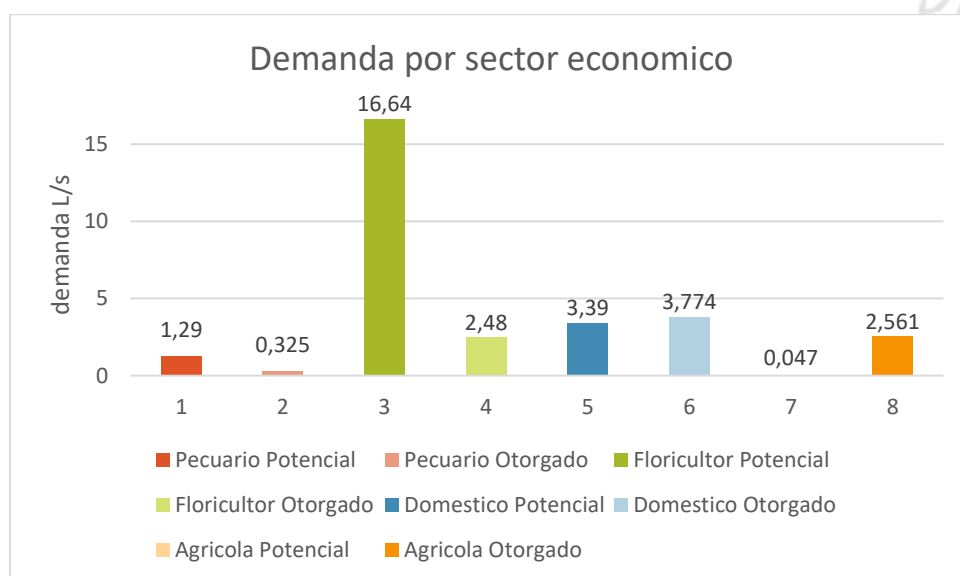


Figura 16. Demanda potencial y concesionada por sector económico.

5.4 Demanda proyectada

5.4.1 Demanda proyectada sector Doméstico.

La demanda futura doméstica en esta cuenca considera la población proyectada de los centros poblados de Cabeceras y Alto del Perro, además de la población de la zona residencial campestre en el resto del área rural de la cuenca teniendo en cuenta las densidades aprobadas en el POT para cada sector según las Figuras 14 y 15. Se asume, que la ocupación de cada área según su densidad permitida se distribuye en un crecimiento constante a lo largo del periodo de 10 años, donde alcanza la saturación permitida, obteniendo el resultado de población futura de la Tabla 12. A partir de la población proyectada y con los módulos de consumo para el sector doméstico (Anexo 1) se estimó la demanda futura al corto, mediano y largo plazo (2, 5 y 10 años, respectivamente), ver Tabla 13.

Tabla 12. Proyección demográfica en la zona rural de la cuenca

Sector	Área (Ha)	Densidad Viv/Ha	Hab/Viv	Población Actual	2 años	5 años	10 años
Zona Residencia campestre	287	3	4	1290	2250	2698	3444
CP Cabeceras	23	20	4	383	730	1250	1840
CP Alto El Perro	23,56	30	4	946	1200	1583	2827
Total				2619	4180	5531	8111

Fuente. Elaboración propia. CP: Centro Poblado

Tabla 13. Demanda actual y la proyectada del sector doméstico para 2, 5 y 10 años

Sector	Demanda Actual (l/s)	2 años (l/s)	5 años (l/s)	10 años (l/s)
Residencia campestre	1,71	2,99	3,59	4,58
Alto el perro	1,26	1,59	2,1	3,76
Cabeceras	0,51	0,97	1,66	2,45
Total	3,48	5,55	7,35	10,79

El incremento importante de la demanda futura es de esperarse, dada la densificación permitida por el POT municipal y que implicará un análisis detallado de las relaciones oferta – demanda en la cuenca.

5.4.2 Demanda proyectada sector floricultor.

La proyección de la demanda de agua para este sector se realizó al corto, mediano y largo plazo (2, 5 y 10 años), donde se utilizó una tasa de crecimiento constante en el tiempo esperando en que para dentro de 10 años el territorio disponible para floricultivos (zona de producción en la figura 14) será totalmente ocupado por esta actividad, con esto se busca determinar las proyecciones de consumo de agua relacionadas a este sector económico en un escenario extremo. Vale aclarar que los

resultados presentados a continuación no incluye la demanda actual que tiene este sector.

Tabla 14. Proyección de la demanda del sector floricultor.

	2 Años	5 Años	10 Años
Área (Ha)	24,6	61,5	123
Modulo (L/s-Ha)	0,2	0,2	0,2
Demanda (l/s)	4,92	12,3	24,6

Fuente. Elaboración propia.

5.4.3 Demanda proyectada sector pecuario.

Teniendo en cuenta la metodología presentada en el apartado 4 se calcularon las proyecciones del sector pecuario, para un periodo de tiempo corto, mediano y de largo plazo (2 años, 5 años y 10 años), que permite determinar el cambio a futuro que tendrá la demanda para este sector económico.

Tabla 15. Proyección de la demanda del sector pecuario dentro de la cuenca.

Tipo	2 Años	5 Años	10 Años
Bovino	1098	1271	1622
Porcino	2374	2701	3350
Equino	137	192	338
Demanda (L/s)	1,42	1,64	2,12

Fuente. Elaboración propia.

Las anteriores proyecciones del sector pecuario, son meras expectativas, puesto que las tendencias de cambio de uso del suelo hacia el residencial campestre y expansión urbana, seguramente desplazarán esta actividad.

5.4.4 Demanda multisectorial proyectada

De los anteriores análisis se identifica la demanda hídrica multisectorial futura en la cuenca San Antonio en el corto, mediano y largo plazo. Los resultados indican que si el auge de la actividad floricultora se mantiene como en la actualidad, el suelo donde el POT permite esta actividad se dedicará completamente a ella, implicando una

demanda de agua demasiado alta, en un sector de la cuenca con poca disponibilidad (parte alta). En el sector doméstico se espera a futuro tres veces la demanda actual aproximadamente.

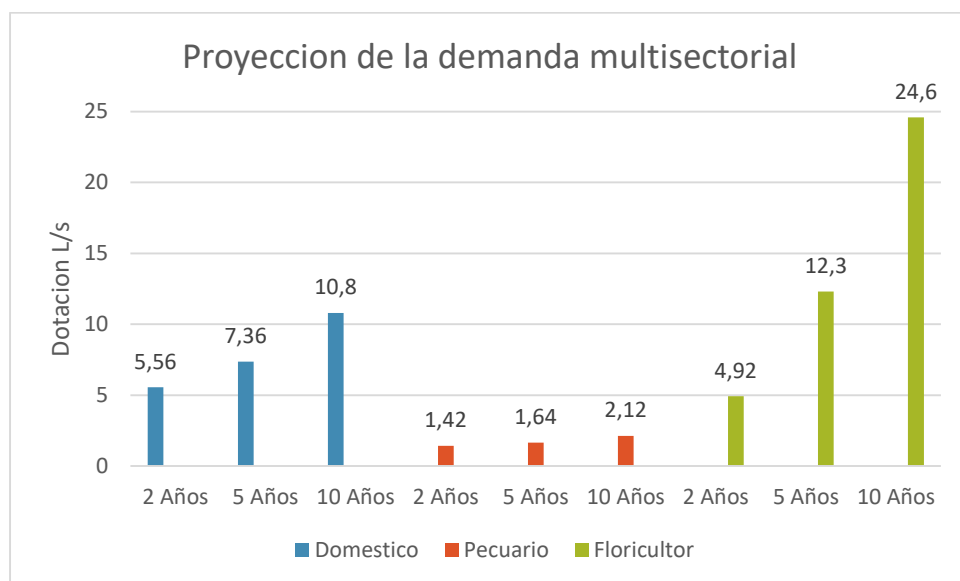


Figura 17. Proyección de la demanda a nivel multisectorial en la cuenca San Antonio.

5.6 Relaciones Oferta hídrica – Demanda hídrica

Las relaciones oferta demanda de la cuenca para años medios y secos, se resumen en la oferta hídrica total disponible (OHTD) calculada a partir de la ecuación 8 que se muestran en la Tabla 16 y el indicador de presión denominado Índice de Uso de Agua (IUA) que se calculó con la ecuación 9, los valores de oferta hídrica de la tabla 7 y valores de demanda hídrica multisectorial de la tabla 8. Estos resultados se presentan en la Tabla 17. En condiciones de año medio la oferta hídrica total disponible (OHTD), es suficiente para atender las demandas actuales de la cuenca. En condiciones de año seco en Vilachuaga hay disponibilidad, en tanto que hay déficit importante en la parte media baja y en el sector cabeceras.

Tabla 16. Oferta hídrica total disponible (OHTD) para años medios y secos en la cuenca.

	Caudal Ambiental (l/s)	Caudal Medio (l/s)	OHTD Año Medio (l/s)	Caudal Mínimo (l/s)	OHTD Año Seco (l/s)
Parte Alta	0,7	121	117,5	2,83	-0,63
Cabeceras	0,35	59,75	47,7	1,39	-10,7
Vilachuaga	0,34	58,52	57,48	1,36	0,34
Sitio de cierre	2,52	446,3	412,9	10,1	-23,3

Tabla 17. Índice de uso de agua para periodos medios y secos en la cuenca.

Cuenca	Año medio	IUA	Año seco	IUA
Parte alta	2,3%	Bajo	129%	Crítico
Cabeceras	19,8%	Moderado	1075%	Crítico
Vilachuaga	1,1%	Bajo	66%	Muy malo
Parte media baja	6,95%	Bajo	407%	Crítico

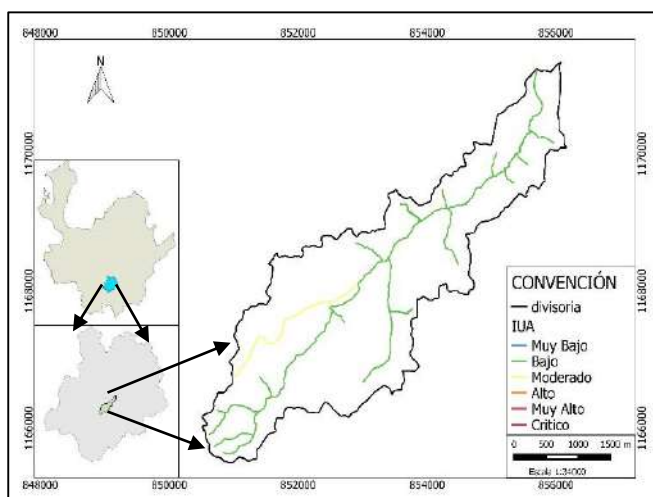


Figura 19. Mapa de IUA para condiciones medias

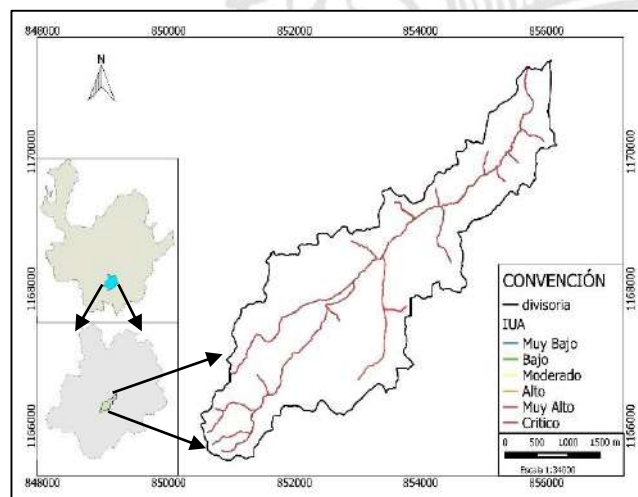


Figura 18. Mapa de IUA para condiciones secas.

De acuerdo con el IUA en condiciones de año medio la presión sobre el recurso hídrico se clasifica baja a moderada en toda la cuenca, pero en periodos hidrológicos secos el IUA es crítico en casi toda la cuenca y muy malo en Vilachuaga, lo que indica que la corriente no puede soportar las demandas del recurso por parte de los usuarios.

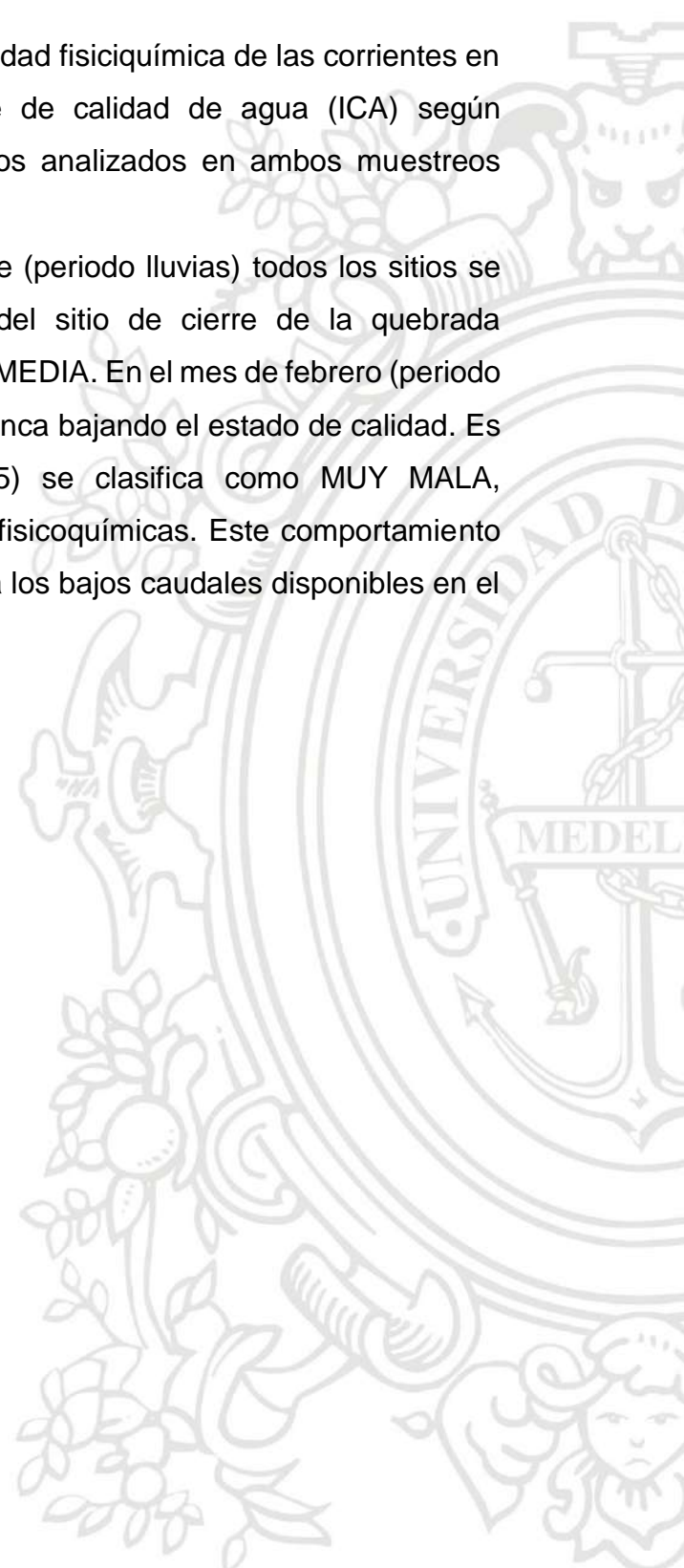
5.7 Estado actual de la calidad de agua

Se realizaron dos muestreos de calidad y cantidad sobre la quebrada San Antonio, y sus principales afluentes en dos periodos hidrológicos contrastantes (Noviembre 2018 y Febrero 2019), en 17 estaciones, como se presentó en el numeral 4.8. En la figura 20 Se presentan algunas variables de calidad de agua medidas en ambas campañas de muestreo. Resalta los bajos contenidos de oxígeno disuelto en las estaciones E5, E9, E12 y E15 en ambos muestreos, además la presencia de coliformes totales en todos los sitios de monitoreo, como resultado del ingreso de aguas residuales domésticas que requieren del oxígeno para su estabilización (DBO5 alta en la estación E5). Altas DQO especialmente en las microcuencas Cabeceras y Vilachuaga

que reflejan vertimientos de origen industrial (en este caso actividad floricultora y agrícola).

Para tener una representación general de la calidad fisicoquímica de las corrientes en la cuenca San Antonio, se calculó el índice de calidad de agua (ICA) según CORNARE, 2011 para cada uno de los puntos analizados en ambos muestreos (Tabla 18 y Figuras 21 y 22).

De acuerdo con el ICA en el mes de noviembre (periodo lluvias) todos los sitios se catalogan de calidad BUENA, a excepción del sitio de cierre de la quebrada Cabeceras (E5) donde la calidad clasificó como MEDIA. En el mes de febrero (periodo seco) el ICA empeora en general en toda la cuenca bajando el estado de calidad. Es de resaltar que la quebrada Cabeceras (E5) se clasifica como MUY MALA, coincidiendo con la tendencia de las variables fisicoquímicas. Este comportamiento podría explicarse por la menor dilución debido a los bajos caudales disponibles en el periodo seco.



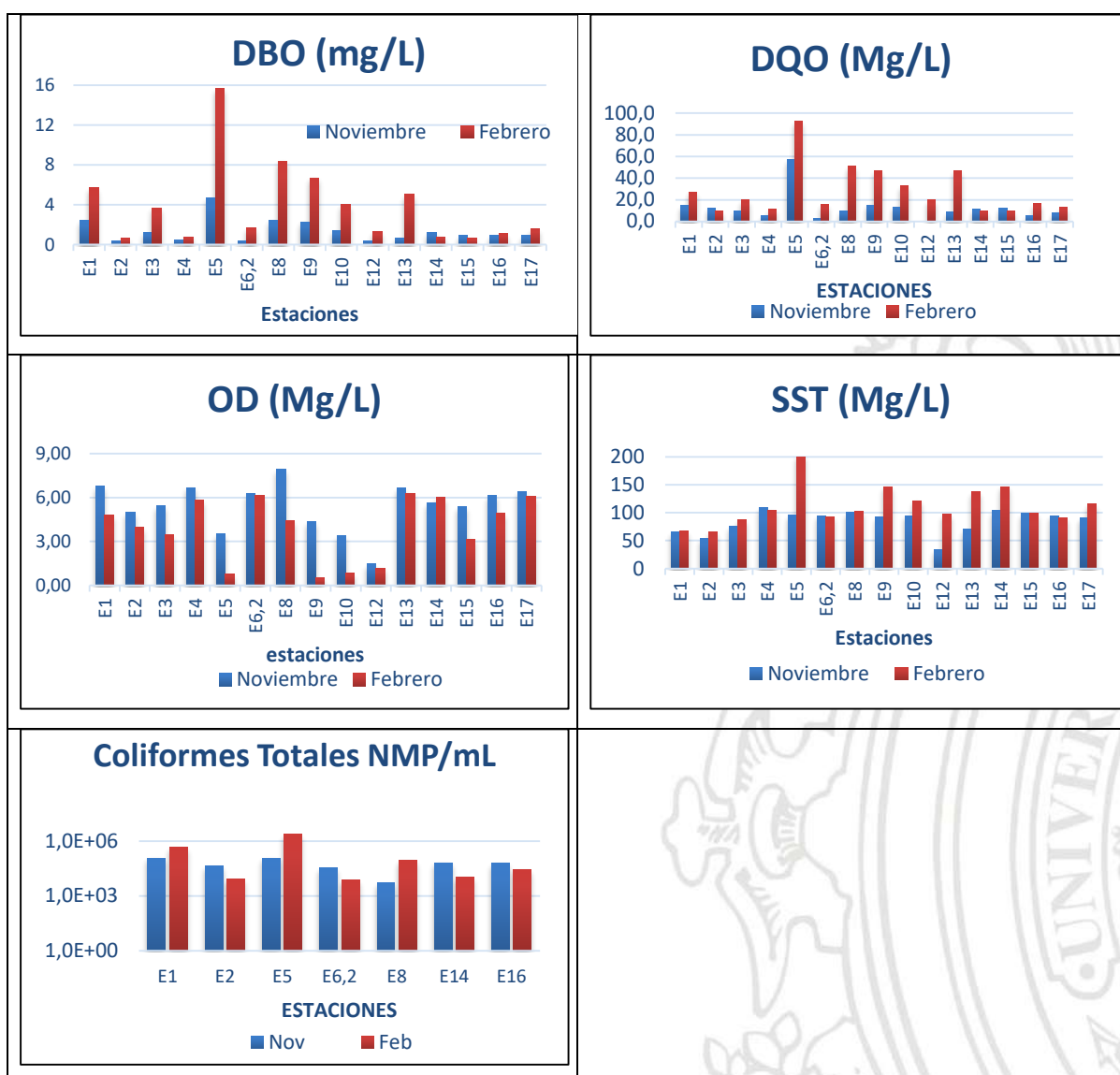


Figura 20. Comportamiento de la calidad de agua en 2 campañas de muestreo (NOV 2018 Y FEB 2019).

Tabla 18. Resultados de ICA en los 2 muestreos realizados.

Estaciones	ICA (Noviembre)	Clasificación	ICA (Febrero)	Clasificación
E1	0,798	BUENA	0,741	BUENA
E2	0,795	BUENA	0,482	MALA
E3	0,830	BUENA	0,604	MEDIO
E4	0,831	BUENA	0,542	MEDIO
E5	0,585	MEDIO	0,237	MUY MALA
E6,2	0,825	BUENA	0,546	MEDIO

E8	0,817	BUENA	0,727	BUENA
E9	0,737	BUENA	0,525	MEDIO
E11	0,732	BUENA		-
E12	0,755	BUENA	0,497	MALA
E13	0,833	BUENA	0,781	BUENA
E14	0,813	BUENA	0,675	MEDIO
E15	0,801	BUENA	0,582	MEDIO
E16	0,821	BUENA	0,659	MEDIO
E17	0,832	BUENA	0,71	BUENA

Fuente. CORNARE

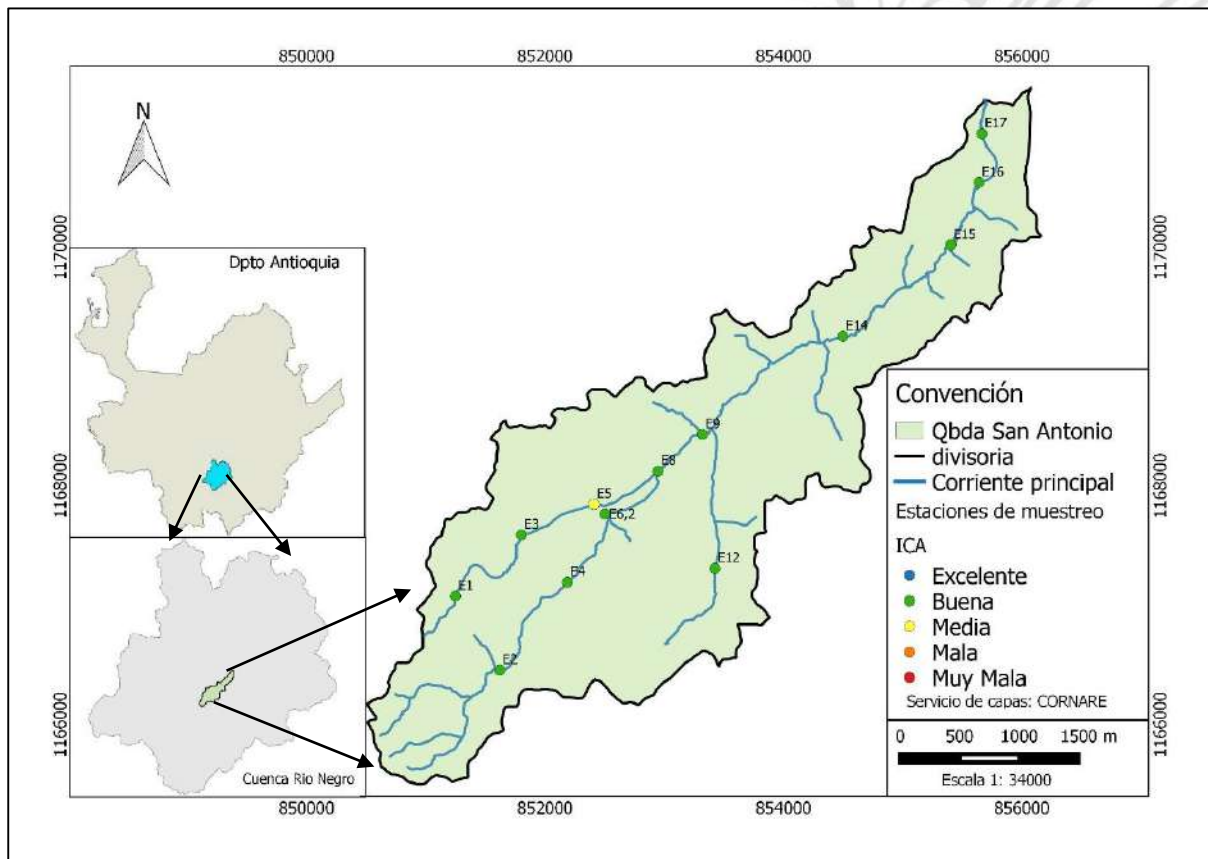


Figura 21. Ubicación de los puntos de muestreo y sus respectivos ICA (Noviembre 2018).

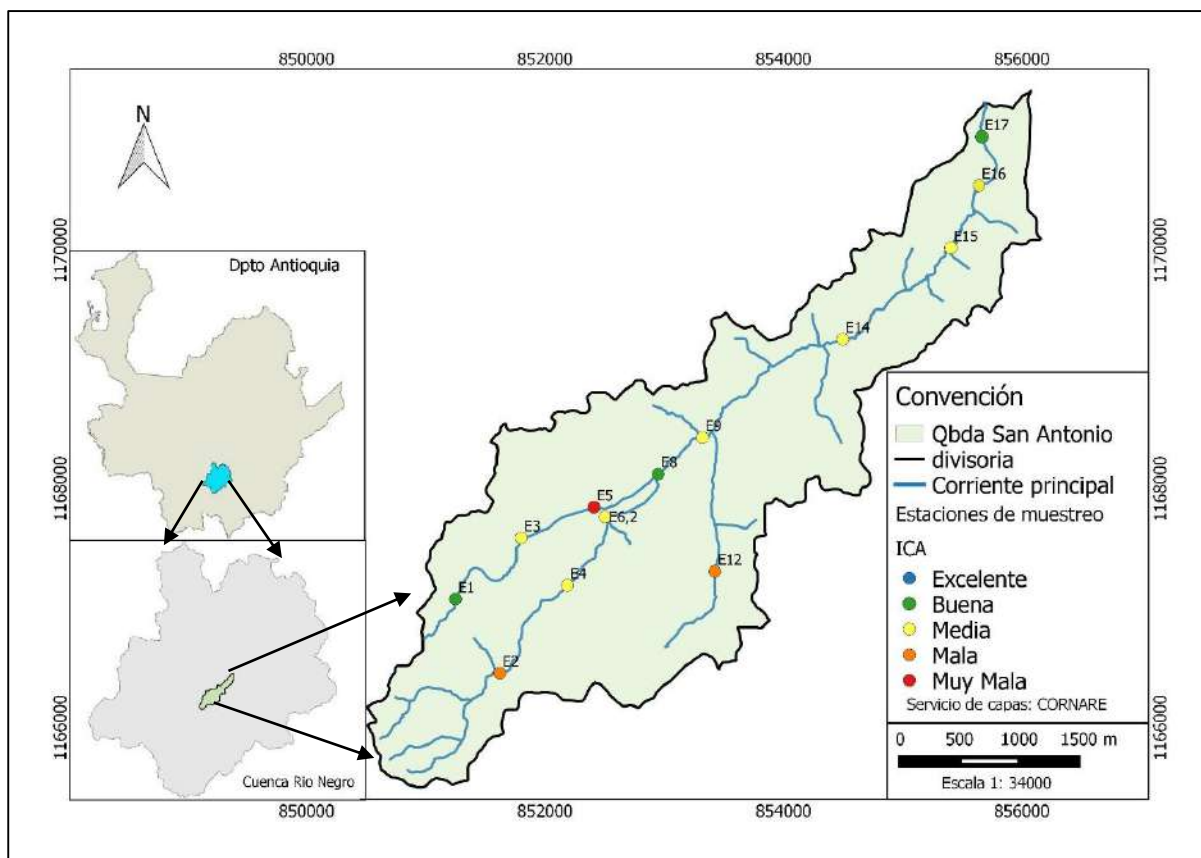


Figura 22. Ubicación de los puntos de muestreo y sus respectivos ICA (Febrero 2019).

5.8 Identificación y localización de usuarios que realizan vertimientos.

A partir de la información suministrada por CORNARE de registro de vertimientos en la cuenca, se identifica un total de 17 usuarios (Tabla 19) que se localizan en la figura 23, los cuales en su mayoría vierten aguas residuales domesticas excepto 2 usuarios (Las Acacias y Comfama) que vierten a la corriente aguas residuales industriales.

Tabla 19. Localización de usuarios que realizan vertimientos

ID	Usuarios	Coordenada X	Coordenada Y
1	FLORES EL TRIGAL S.A.S. (Bloque 17)	854035,18	1168938,3
2	FLORES EL TRIGAL S.A.S. (Bloque 3)	853627,23	1168758,3
3	SOCIEDAD CUPAL S.A.S (CONDOMINIO SAN ISIDRO)	852415,35	1167842,9
4	CORPORACION COLEGIO MONTESORI	853596,18	1166512,6
5	S.I.C. SOCIEDAD DE INVERSION Y CONSTRUCCION S.A.S. (HOTEL RINCONES DE LLANOGRNADE)	853209	1168522
6	AGRICOLA TRES ESQUINAS S.A.S. (PARCELACION LA JUANITA)	854062	1168211
7	PARCELACION CAMELOT P.H	853800	1168500

8	CORPORACION CLUB CAMPESTRE LLANOGRANDE	852831,28	1168136,9
9	PARCELACION CASA DE CAMPO	852187,65	1167800,8
10	PARCELACION LA RESERVA	852158	1167817
11	C.I. INVERSIONES AGRICOLAS LAS ACACIAS	852020	1167120
12	PROYECTO ECO HOTELERO VERDI *	852750	1172675
13	FINCA LA MANUELA	851646,91	1166787,8
14	ESTACION DE SERVICIO TUCAN	855784	1171032
15	CAJA DE COMPENSACION FAMILIAR DE ANTIOQUIA "COMFAMA"	856220	1170402
16	AVICOLA NACIONAL S.A - AVINAL *	855324	1164594
17	FINCA TORRE VIEJA LLANOGRANDE	853142	

*usuarios cuyas coordenadas no entraron en inmediaciones de la cuenca.

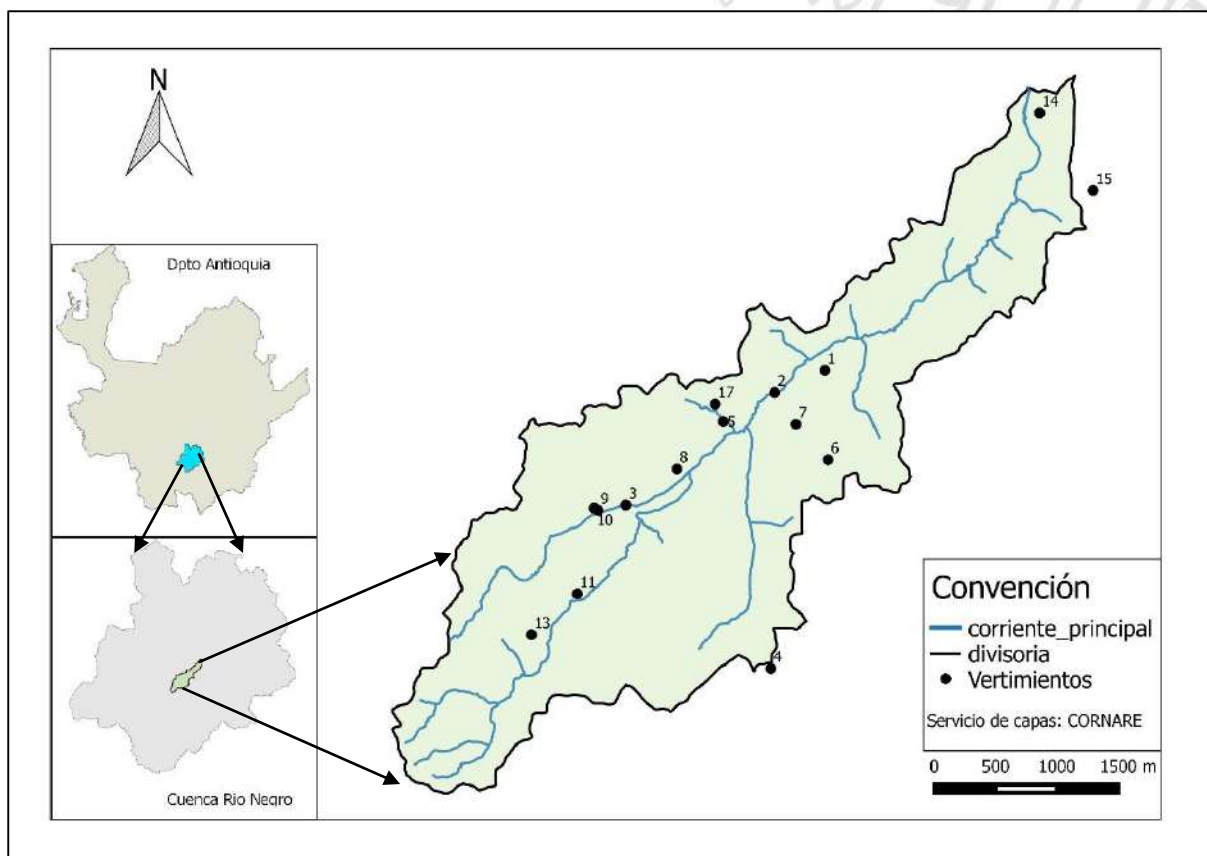


Figura 23. Localización de los vertimientos en la cuenca San Antonio.

5.9 Disponibilidad hídrica y calidad de agua

Es común referirse a la disponibilidad hídrica, en términos de “cantidad de agua” sin embargo, cuando confluyen condiciones de degradación de la calidad del agua y un estado de deficitario de agua, se empeora el estado de presión ejercida. En el caso de la quebrada San Antonio y sus afluentes más importantes quebrada Cabeceras y Vilachagua, se compararon los resultados de los indicadores hidrológicos de cantidad (IUA) y calidad (ICA) para los dos escenarios hidrológicos año-medio y año seco y se les asoció la calidad del agua evaluada con el ICA, encontrado en muestreo de noviembre al de año medio y el ICA encontrado en febrero al año seco Figuras 24 25).

Se observa que para condiciones medias la cuenca hay una presión sobre el recurso catalogado como bajo y su calidad es buena a lo largo de toda la corriente (Figura 25), en contraste a lo que sucede en condiciones secas (Figura 24) en donde la presión sobre la corriente se vuelve crítica debido al déficit de agua que presenta la cuenca y además se observa una degradación del estado ambiental de la corriente pasando a tener una calidad entre media y mala. Si a las condiciones presentadas en condiciones secas se superpone la ubicación de las captaciones para uso doméstico de los acueductos que se abastecen de las fuentes hídricas en la zona alta y en la microcuenca del afluente quebrada Cabeceras, se podría hablar de un riesgo alto al desabastecimiento de estos acueductos.

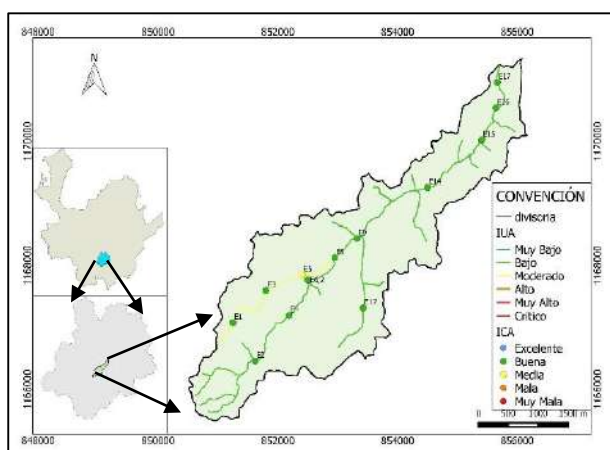


Figura 25. ICA de noviembre (2018) + IUA condiciones medias.

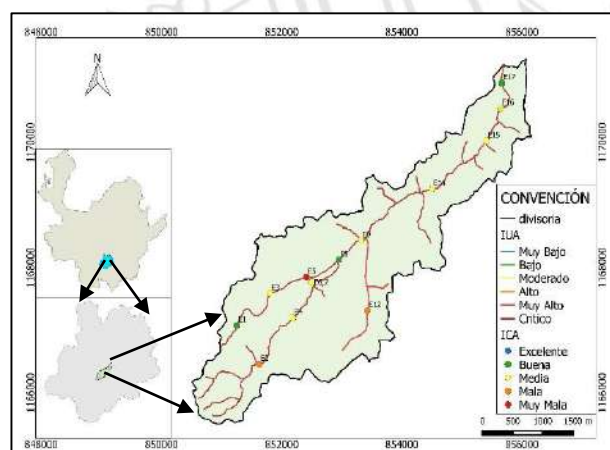


Figura 24. ICA de febrero (2019) + IUA condiciones secas

Los anteriores resultados, llevan a sugerir la necesidad de controlar e intervenir en las demandas de agua en la cuenca y ejercer control sobre los vertimientos, lo que podría tener resultados positivos en la mejora de la disponibilidad de agua en términos tanto de cantidad como de calidad de agua en las corrientes de la cuenca San Antonio.

6. Conclusiones

- Se identifica que la cuenca para condiciones secas presenta un déficit de agua y por ende no puede soportar la presión ejercida por parte de los usuarios.
- Los análisis de calidad de agua muestran que para condiciones secas la cuenca sufre una degradación de su estado ambiental, pasando a tener una calidad entre media y mala.
- Lo anterior sugiere que la cuenca San Antonio requiere de una reglamentación tanto por uso de agua como por vertimientos.

7. Referencias Bibliográficas

Alcaldía de Rionegro. (2018). Plan de ordenamiento territorial. Obtenido de <https://www.rionegro.gov.co/Paginas/plan-de-ordenamiento-territorial.aspx>

Amaya, G. C. Restrepo-Tamayo, M. Vélez, J.I. Vélez y Alvarez-Villa. O. (2009). Modelación del comportamiento hidrológico de tres cuencas en el Urabá Antioqueño – Colombia. Avances en Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia. 19, 21-38.2016.

ArcGis. (2016). Como funciona IDW. Obtenido de <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/spatial-analyst-toolbox/how-idw-works.htm>

Bustamante, D. (2008). Reglamentación de corrientes superficiales para la gestión del recurso hídrico. Universidad Nacional, Medellín.

Cifuentes, C. A. (2016). Evaluación de diferentes métodos de interpolación para la variable precipitación en el departamento de Caldas-Colombia. (Trabajo de grado). Universidad de Manizales.

Chávez, B y Jaramillo, A. (1998). Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. Cenicafé..

Constitucion polica. Gaceta constitucional N° 116. Bogota, Colombia. 20 de Julio de 1991.

CORNARE. (2012). Modulos de consumo 112 Vol 2316. (21 de Junio de 2012).

CORNARE. (2015). Convenio N° 455 de 2015. Reglamentacion de las fuentes hidricas La Bolsa, La Brizuela y La Uchuvula. Estudios tecnicos microcuenca La Uchuvula, municipio La Ceja.

CORNARE. (2016). N° radicado 131-0770-2016. Por medio de la cual se reglamenta la fuente de agua denominada La Uchuvula en el municipio de La Ceja. (29 de Septiembre de 2016)

CORNARE. (2016). Plan de Ordenamiento del Recursos Hidrico cuenca Rio Negro. Medellin, Colombia.

CORNARE. (2018). Seguimiento anual 2017, al plan de ordenamiento del recurso hidrico-PORH y los objetivos de calidad establecidos mediante la resolucion N° 112-5304 DEL 26 DE Octubre de 2016.

CORNARE. (2017). Formulación del plan de ordenación y manejo de la cuenca hidrográfica del río negro. Medellin, Colombia.

CORTOLIMA - Corporacion Autonoma Regional del Tolima (2017). Soporte técnico para la revisión de la reglamentación de la cuenca hidrográfica del río Opia

Countrymeters (2019). Población de Colombia 2019. Encontrado en: <https://countrymeters.info/es/Colombia>.

DANE. Departamento administrativo nacional de estadística (2016). 3^{er} censo nacional agropecuario. Bogotá, Colombia.

DANE. Departamento administrativo nacional de estadística (2018.). Censo Nacional de población y vivienda 2018. Bogotá, Colombia.

Decreto 1076. Diario oficial N° 49523, Bogotá, Colombia. 26 de Mayo de 2015.

Decreto 2811. Diario oficial N° 34243, Bogotá, Colombia. 18 de Diciembre de 1974

Decreto 3930. Diario oficial N° 47837, Bogotá, Colombia. 25 de Octubre de 2010

GITS – Grupo de investigación en transporte de sedimentos. (2007). Hidrología básica y aplicada. Cataluña, España.

Gobernación de Antioquia (2017). Anuario estadístico de Antioquia 2017. Obtenido de: <http://www.antioquiadatos.gov.co/index.php/produccion-2017>

LA GACETA. (24 de marzo de 2015). La Importancia de Proteger los Recursos Hídricos. Obtenido de LA GACETA: <https://www.lagaceta.com.ar/nota/631212/opinion/importancia-proteger-recursos-hidricos.html>

Ley 99. Diario oficial N° 41146, Bogotá, Colombia. Diciembre 22 de 1993.

García, W. (2006). *El sistema complejo de la cuenca hidrográfica*. Universidad Nacional, Medellín Colombia.

IDEAM – Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia. (2014). *Estudio Nacional del Agua*. Bogota, Colombia.

IDEAM – Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia. (2014). *Índice del uso del agua (IUA)*. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/iua>

IDEAM – Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia. (2014). *Indicadores*. Obtenido de: <http://www.ideam.gov.co/web/agua/indicadores1>

IDEAM – Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales de Colombia. (2011). *Índice de calidad de agua en corrientes superficiales*. Obtenido de: [http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21 HM Índice calidad agua 3 Fl.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031](http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21+HM+Indice+calidad+agua+3+Fl.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031)

MADS – Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible (2018). Guía metodológica para la formulación de los planes de manejo ambiental de microcuencas. Bogotá.

Minambiente – Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial. (2010). Política Nacional para la gestión integral del recurso hídrico. Bogotá, Colombia

Municipio de Rionegro. (2016). Anuario estadístico de Rionegro 2016. Rionegro. Colombia.

PNUD Programa de las naciones unidas para el desarrollo (s.f).Objetivos de desarrollo sostenible. Obtenido de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

PNUD Programa de las naciones unidas para el desarrollo (s.f). Objetivos de desarrollo del milenio. Obtenido de: https://www.undp.org/content/undp/es/home/sdoverview/mdg_goals.html

Resolución 0865. Diario Oficial N° 45630. Bogotá. Colombia. 4 de Agosto de 2004.

Saldarriaga, G y Carrillo, L.M. (2012). Hoja metodológica del indicador índice de uso del agua (versión 1,00). Objetivo del milenio 7, Colombia: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM – Departamento administrativo nacional de estadística DANE.

SIAC – Sistema de información ambiental de Colombia. (s.f.). Gestión del agua. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/gestionagua>

SIAC - Sistema de información ambiental de Colombia. (2016).Oferta de agua. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/ofertaagua>

SIAC - Sistema de información ambiental de Colombia. (2016).Demanda de agua. Obtenido de <http://www.siac.gov.co/demandaagua>

UNESCO – Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (1981). Methods for Water Balance Computation (No 17 de la serie “Studies and reports in hydrology”). Paris, Francia

Valencia, V. M. (2010). Evaluacion de la relacion entre la evapotranspiracion potencial teorica y la evapotranspiracion registrada en los departamentos de Cundinamarca y Valle del Cauca (Trabajo de grado). Universidad Javeriana, Bogotá.

Zapata. S. (2017). Mapas de disponibilidad hidrica como estrategia didactica hacia el empoderamiento comunitario del recurso hidrico en la microcuenca aguas claras del municipio del Carmen de viboral (Trabajo de grado). Universidad de Antioquia, Medellin.

8. Anexos

8.1 Anexo 1: Módulos de consumo.

Sector domestico

De acuerdo a lo estipulado Por el estudio nacional del agua (ENA, 2014), los módulos para uso doméstico son los que se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 20. Módulos de consumo uso doméstico.

Clima	Dotación L / Hab – día
Cálido	125
Templado	115
Frio	115

Fuente. ENA 2014

Cabe resaltar que el clima asociado al municipio de Rionegro se toma como templado, además en caso de no haber reporte de personas permanentes en una vivienda se toma como base la existencia de 4 personas según Ley 142 de 1994 de servicios públicos

Sector agrícola

Tabla 21. Módulos de consumo para agricultura tradicional y floricultura

Sector	Actividad	Unidad	Módulo de Consumo
Agricultura tradicional	Fumigación y riego	L / Ha - día	150
Floricultivos a cielo abierto	Aspersión	L / s – Ha	0,05
	Goteo		0,02
	Manguera		0,1
Floricultivos Invernadero	Aspersión	L / s – Ha	0,3
	Goteo		0,2
	Manguera		0,35

Fuente. Resolución 112-2316 de 2012, CORNARE

Sector pecuario

Según el Decreto 1076 de 2015, se entiende por uso pecuario como la utilización del recurso hídrico para consumo del ganado en todas las diferentes especies, la cantidad destinada para uso pecuario se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 22. Módulos de consumo para el sector pecuario.

MÓDULOS DE CONSUMO SECTORES PRODUCTIVOS				
Sector	Actividad	Unidad	Módulo de consumo con Bioseguridad	Módulo de consumo sin Bioseguridad
Avícola	Engorde - Postura	L/Animal - día	0,25	0,20
	Sacrificio	L/Ave	15	10
Porcícola	Granjas de Cría	L/Animal - día	71	61
	Granjas de Ciclo completo		32	22
	Granjas de Cría - Precebo		29	19
	Granjas de Precebo		21	11
	Granjas de Ceba		27	17
Bovinos	Estabulado	L/Animal - día	0	80
	Potrero		0	60
Equinos	Estabulado	L/Animal - día	0	50
	Potrero		0	40
Caprino	Estabulado	L/Animal - día	0	12
	Producción de Leche		0	15

Fuente. Resolución 112-2316 de 2012, CORNARE

8.2 Anexo 2. Índices de calidad de agua

El índice de calidad de agua (ICA), el cual es un número (entre 0 y 1), el cual determina el grado de calidad que posee un cuerpo de agua, en términos del bienestar humano, este número es una agregación de las condiciones físico-químicas de un cuerpo de agua, el cual puede mostrar evidencia de los problemas de contaminación, el cual se calcula de la siguiente manera (IDEAM). El índice agregado de calidad fisicoquímica ICAfa utiliza 7 variables para calcular el estado ambiental

$$ICAfa = \sum_{i=1}^n W_i I_{ijt} \quad (11)$$

Donde:

W_i: Es el peso relativo asignado a cada variable de calidad i

I_{ijt}: Es el valor calculado de la variable I, (obtenido al utilizar la ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrada durante la medición realizada en un periodo determinado t.

n: Es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador, n es igual a 7.

El peso asignado a cada variable se registra en la siguiente tabla, además dentro de la tabla se encuentran la unidad de medida de cada una de las variables y la ponderación que tiene dentro del cálculo del índice (CORNARE, 2016).

Tabla 23. Variables y ponderaciones del índice de calidad de agua.

Variable	Unidad de medida	Ponderación
IDBO	Mg/L	15%
ISST	Mg/L	15%
IPorcentaje de Saturación	% de saturación	26%
IPh	Unidades de pH	6%
IConductividad eléctrica	μS/cm	8%
IE Coli	NMP/100ml	18%
IFósforo Total	Mg/L - P	12%

Fuente. CORNARE

Dependiendo del valor de cada variable se obtiene un valor correspondiente al índice I, los cuales se muestran a continuación.

- Subíndice de Saturación de Oxígeno Disuelto (I %sat OD):

Cuando el % de saturación de OD \leq 100%, entonces $I \%sat OD = 1 - (1 - 0.01 * \% \text{ saturación de OD})$

Cuando el % de saturación de OD $>$ 100%: entonces $I \%sat OD = 1 - (0.01 * \% \text{ saturación de OD} - 1)$

- Subíndice de Coliformes Fecales (ICF) COMO Escherichia coli (NMP/100 mL)

Cuando los CF \leq 10000 NMP/100 mL: entonces $ICF = 1$

Cuando los CF $>$ 10000 NMP/100 mL \leq 40000 NMP/100 mL; entonces $ICF = -10,857 * LN (CF) + 142,47$

Cuando los CF $>$ 40000 NMP/100 mL \leq 100000 NMP/100 mL; entonces $ICF = -21,715 * LN (CF) + 284,95$

Cuando los CF $>$ 100000 NMP/100 mL; entonces $ICF = 0$

- Subíndice de Sólidos Suspendidos Totales (Isst)

Cuando los SST \leq 4.5 mg/L; entonces $ISST = 1$

Cuando los SST $>$ 4.5 mg/L $<$ 320 mg/L; entonces $ISST = 1 - (-0.02 + 0.003 * SSTmg/L)$

Cuando los SST \geq 320 mg/L; entonces ISST = 0

- Subíndice de Demanda Bioquímica de Oxígeno (IDBO5) :

Cuando la DBO5 \leq 2; entonces IDBO5 = 1

Cuando la DBO5 $>$ 2; $<$ 30; entonces IDBO5 = $1 - (-0.05 + 0.70 \text{ Log}_{10} \text{ DBO5})$

Cuando la DBO5 \geq 30; entonces IDBO5 = 0

- Subíndice de Conductividad Eléctrica (ICond) :

I Cond = $1 - 10 (-3.26 + 1.34 \text{ Log}_{10} \text{ Conductividad})$

- Subíndice de pH (IpH) :

Cuando el pH $<$ 4; entonces IpH = 0.10

Cuando el pH \geq 4; $<$ 7; entonces I pH = $0.02628419 * e^{(pH * 0.520025)}$

Cuando el pH \geq 7; $<$ 8; entonces I pH = 1

Cuando el pH \geq 8; \leq 11; entonces I pH = $1 * e^{((pH - 8) * -0.5187742)}$

Cuando el pH $>$ 11; entonces I pH = 0.10

- Subíndice de Fósforo Total (IFósforo Total):

Cuando el Fósforo Total \leq 0.01; entonces I Fósforo Total = 1

Cuando el Fósforo Total $>$ 0.01; \leq 0.02; entonces I Fósforo Total = 0.75

Cuando el Fósforo Total $>$ 0.02; \leq 1; entonces I Fósforo Total = 0.50

Cuando el Fósforo Total $>$ 1; entonces I Fósforo Total = 0.25



SEGUIMIENTO ANUAL 2018, AL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO-PORHY LOS OBJETIVOS DE CALIDAD ESTABLECIDOS MEDIANTE LA RESOLUCIÓN N°112-5304 DEL 26 DE OCTUBRE DE 2016

En el marco del programa de MONITOREO DE CALIDAD Y CANTIDAD SOBRE LAS CORRIENTES DE LA JURISDICCIÓN DE CORNARE,
3.3.1.3 Aplicación del modelo de calidad, se presenta el siguiente:

ANEXO 2

Modelo Conceptual del Sistema Integrado de Calidad de Agua – SICA:

**"DISEÑO DE LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN
HIDROMÉTRICA, DE CANTIDAD Y CALIDAD DE
AGUA COMO INSUMO PARA EL SISTEMA INTEGRADO
DE CALIDAD DE AGUA – SICA – EN LA
JURISDICCIÓN DE CORNARE"**



Conectados por la Vida, la Equidad y el Desarrollo Sostenible

Corporación Autónoma Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare "CORNARE"
Km 50 Autopista Medellín - Bogotá. Carrera 59 N° 44-48 El Santuario - Antioquia. Nit:890985138-3
Teléfonos: 520 11 70 – 546 16 16, www.cornare.gov.co, e-mail: cliente@cornare.gov.co



Cornare



@cornare



cornare



Cornare

**DISEÑO DE LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA, DE
CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA COMO INSUMO PARA EL SISTEMA
INTEGRADO DE CALIDAD DE AGUA – SICA – EN LA JURISDICCIÓN
DE CORNARE**

Por:



www.gottaingenieria.com

Para:



Medellín, Octubre de 2017

TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
2.	GENERALIDADES.....	4
2.1.	Localización del área de estudio	4
2.2.	Instrumentos de administración y planificación	5
2.2.1.	Trámites de permiso de concesión de agua superficial	6
2.2.2.	Trámites de ocupación de cauce	8
2.2.3.	Trámites de vertimientos.....	10
2.2.4.	Tasas retributivas.....	17
2.2.5.	Planes de monitoreo y seguimiento de fuentes superficiales.....	19
2.3.	Gestión actual de nuevos trámites ambientales	21
3.	MARCO CONCEPTUAL DEL SISTEMA INTEGRADO DE CALIDAD DEL AGUA (SICA).....	24
3.1.	Caracterización del medio físico.....	25
3.1.1.	Patrón de drenajes.....	25
3.1.2.	Segmentación de la red de drenajes	25
3.2.	Características morfológicas	26
3.3.	Mecanismos de dispersión	29
3.4.	Escenarios de escorrentía superficial.....	30
3.4.1.	Relación de balance hídrico de largo plazo	30
3.4.2.	Caudales promedio mensuales multianuales.....	31
3.5.	Cargas base de sólidos suspendidos totales.....	34
3.5.1.	Balances de sedimentos en el largo plazo.....	34
3.5.2.	Erosión en ladera.....	35
3.5.3.	Retención en embalses.....	42
3.5.4.	Aportes de sedimento desde tributarios de aguas arriba	43
3.6.	Plataforma de simulación	43
3.6.2.	Relaciones matemáticas para la modelación de la calidad del agua	47
4.	IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SICA EN LA JURISDICCIÓN DE CORNARE.....	56
4.1.	Caracterización del medio físico.....	56
4.1.1.	Mapas base y patrón de drenajes.....	56
4.1.2.	Segmentación de la red de drenaje	56
4.2.	Características morfológicas y mecanismos de dispersión	60

4.3.	Escenarios de escorrentía superficial.....	61
4.3.1.	Caudales promedio mensuales multianuales.....	62
4.4.	Cargas base de sólidos suspendidos totales.....	63
4.4.1.	Erosión laminar en ladera	64
4.4.2.	Transporte de sedimentos al interior de las cuencas.....	68
4.4.3.	Retención de sedimento en embalses	69
4.4.4.	Carga base de sólidos suspendidos totales.....	70
4.5.	Intervención antrópica sobre la red de drenaje.....	73
4.5.1.	Captaciones.....	73
4.5.2.	Vertimientos.....	73
4.6.	Monitoreo de fuentes superficiales	73
4.7.	Objetivos de calidad de agua	74
4.7.1.	Tramos de corriente de la cuenca del río Negro	89
4.7.2.	Tramos de corriente de la cuenca en jurisdicción de CORNARE	90
4.8.	Implementación computacional del modelo SICA	91
4.8.1.	Segmentación del modelo SICA para en las cuencas de la jurisdicción de CORNARE 91	
4.8.2.	Escenarios de modelación.....	93
4.8.3.	Resultados de la implementación de SICA.....	94
5.	DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA, DE CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA.....	100
5.1.	La idea detrás de una estrategia para la gestión de información	101
5.2.	Identificación y definición de los tipos de información	102
5.3.	Definición de los tipos y modelos de datos.....	103
5.3.1.	Trámites de ocupación de cauce	105
5.3.2.	Información topográfica y del cauce.....	107
5.3.3.	Información de permisos de vertimiento	107
5.3.4.	Información hidrométrica.....	108
5.3.5.	Información experimentos trazadores.....	108
5.3.6.	Información de tasas de reacción	110
5.3.7.	Información de caracterización de vertimiento y de fuente receptora	111
5.4.	Retroalimentación de SICA con la información de los trámites	114

5.5.	Integración de los sistemas de información CITA–GEOPORTAL–SICA	117
5.5.1.	Modelo de datos	121
6.	CONCLUSIONES	123
7.	BIBLIOGRAFÍA	125

LISTA DE FIGURAS

Figura 2-1. Localización general de la jurisdicción de CORNARE.....	4
Figura 2-2. Número de trámites anuales en CORNARE.....	5
Figura 2-3. Esquematación de impactos acumulativos en una cuenca de análisis.....	6
Figura 2-4. (a) Porcentaje de concesiones de acuerdo con el tipo de fuente. (b) Concesiones de aguas superficiales vigentes. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	8
Figura 2-5. Uso de concesiones superficiales. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	8
Figura 2-6. Número de permisos de ocupación de cauce tramitados por año, en el periodo 2008 a 2016, en CORNARE.....	10
Figura 2-7. Fechas de vencimiento de permisos de vertimientos, (a) base de datos F-TA-40 Vertimientos V.01.xls. (b) F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	11
Figura 2-8. Permisos de vertimientos otorgados de acuerdo con el tipo del cuerpo receptor definidos en F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	12
Figura 2-9. (a) Porcentaje de permisos de vertimientos georeferenciados. (b) Porcentaje de permisos de vertimientos con coordenadas WGS84 y planas. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	13
Figura 2-10. (a) Tipos de permisos de vertimientos. (b) Porcentaje de permisos otorgados con reporte de caracterización de vertimientos. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	15
Figura 2-11. Registros de vertimientos susceptibles de cobro de tasa retributiva por año: Base de datos CORNARE 2017.....	17
Figura 2-12. Industrias que presentan mayor número de monitoreos por año en uno de sus sistemas de tratamiento.....	18
Figura 2-13. Localización vertimientos susceptibles de cobro de tasa retributiva por año: Base de datos CORNARE 2017.....	19
Figura 2-14. Número de sitios monitoreados entre los años 2010 – 2015 en las cuencas Nus, Buey-Arma, Porce, río Claro, Nare, Samaná Norte, Samaná Sur, río Guatapé y tramo río Magdalena. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	20
Figura 2-15. Número de sitios monitoreados entre los años 2011 – 2015 en la cuenca del río Negro. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	20
Figura 2-16. Localización sitios de monitoreo de fuentes de aguas superficiales en la jurisdicción de CORNARE. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.....	21
Figura 2-17. Diagrama de flujo de la gestión de trámites ambientales CORNARE.....	22
Figura 3-1. Representación conceptual de la red de drenaje segmentada para análisis de tramos. Tomada de Jiménez (2015).....	26
Figura 3-2. Esquema para la clasificación morfológica de tramos. Tomada y modificada de Flores et al. (2006).....	27
Figura 3-3. Relaciones de geometría hidráulica media, obtenidas para el ancho de banca llena.....	28
Figura 3-4. Relaciones empíricas entre el tiempo medio de viaje, el caudal y variables geométricas de un tramo.....	29
Figura 3-5. Selección de la estrategia de parametrización del modelo ADZ, de acuerdo con la categoría morfológica de la corriente.....	30

Figura 3-6. Fuentes y sumideros de sedimento en el balance de sedimentos de una unidad topológica. Modificada de Wilkinson et al. (2009).	35
Figura 3-7. Esquema de las variables involucradas en la estimación del índice de conectividad. Modificada de Borselli et al. (2008).	41
Figura 3-8. Esquema conceptual del SICA.	43
Figura 3-9. Clasificación de información de entrada para la simulación en la herramienta SICA.	44
Figura 3-10. Propagación de la incertidumbre de acuerdo con la conceptualización del modelo de transporte de solutos SICA. Tomada de Jiménez (2015).	46
Figura 3-11. Intervalos de predicción para las ecuaciones de geometría hidráulica que relacionan el área de cuenca con el ancho de banca llena.	47
Figura 4-1. MDE, mapa de direcciones de drenaje, mapa de áreas acumuladas y mapa de red de drenaje ráster, utilizados para la caracterización del medio físico.	57
Figura 4-2. Nodos hidrológicos y topográficos identificados en la jurisdicción de CORNARE.	58
Figura 4-3. Perfil topográfico (arriba) e índice de segunda derivada (abajo) de los transectos escogidos para ilustrar la identificación de nodos topográficos.	59
Figura 4-4. Composición porcentual de la clasificación morfológica de los tramos en los que se segmentó la red de drenajes.	60
Figura 4-5. Caudal promedio anual multianual, en la condición natural y en la condición intervenida, a lo largo de los perfiles representados en la Figura 4-2.	61
Figura 4-6. Perfiles de caudal promedio mensual multianual natural, sobre el transecto 1.	63
Figura 4-7. Mapa del factor R , de erosión de la lluvia, para la jurisdicción de CORNARE.	64
Figura 4-8. Mapa del factor K , de erodabilidad del suelo, para la jurisdicción de CORNARE.	65
Figura 4-9. Mapa del factor LS , vinculado a la topografía, para la jurisdicción de CORNARE.	66
Figura 4-10. Mapa del factor C , vinculado a la cobertura vegetal, para la jurisdicción de CORNARE.	67
Figura 4-11. Campo de erosión laminar promedio del suelo, estimado con la RUSLE, para la jurisdicción de CORNARE.	68
Figura 4-12. Relación de Entrega en Ladera, HSDR, calculada para la jurisdicción de CORNARE.	69
Figura 4-13. Carga promedio de sólidos suspendidos totales, calculada para la jurisdicción de CORNARE.	70
Figura 4-14. Perfiles de carga de sólidos suspendidos totales, a lo largo de los transectos representados en la Figura 4-2.	71
Figura 4-15. Comparación entre los valores de carga promedio de SST modelados y los observados en las estaciones del IDEAM.	72
Figura 4-16. Tramos objetivos de calidad en las cuencas de la jurisdicción de CORNARE definidos mediante la Resolución 112-5304 de 2016.	89
Figura 4-17. Tramos en las cuencas de la jurisdicción de CORNARE, definidos mediante el PORH (2015).	90
Figura 4-18. Cuenca Samaná Norte es tributaria a la cuenca del río Nare.	93
Figura 4-19. Perfil de oferta natural en el tramo único del río Negro.	94
Figura 4-20. Perfil de caudal disponible y demanda en el tramo único del río Negro.	95
Figura 4-21. Perfil de DBO ₅ a lo largo del tramo único del río Negro.	96

Figura 4-22. Perfil de DBO ₅ y SST a lo largo del tramo único del río Negro.	96
Figura 4-23. Perfil ICAg a lo largo del tramo único del río Negro.	97
Figura 4-24. Visualización mapa ICAg en toda la red de drenaje del tramo único del río Negro.	97
Figura 4-25. Visualización objetivos de calidad en el tramo único del río Negro.	98
Figura 5-1. Articulación de información recolectada en los instrumentos de administración y planificación, con los sistemas de información de la Corporación y con SICA.	101
Figura 5-2. Información aprovechable a partir de los instrumentos de administración y planificación de La Corporación.	103
Figura 5-3. Esquema de la información recolectada para elaborar el estudio hidráulico de un trámite de ocupación de cauce.	104
Figura 5-4. Esquema de la información recolectada para elaborar el estudio de evaluación ambiental de vertimiento de un trámite de permiso de vertimiento.	105
Figura 5-5. Representación conceptual del experimento de trazadores. (a) Curva tiempo vs concentración. (b) Puntos de la curva en donde se estima información hidrodinámica.	109
Figura 5-6. Uso de la información de la información topográfica recolectad para trámites de ocupación de cauces en la mejor representación geométrica de las corrientes dentro del modelo SICA.	115
Figura 5-7. Esquema de una sección transversal natural y del cambio en su geometría luego de una intervención antrópica.	116
Figura 5-8. Procesos a intervenir en el flujo de gestión de trámites ambientales CORNARE.	119
Figura 5-9. Diagrama de flujo de gestión de trámites ambientales desde el CITA con apoyo del Geoportal y la integración con SICA.	120
Figura 5-10. Modelo de datos propuesto.	122

LISTA DE TABLAS

Tabla 3-1. Parámetros de escala y coeficientes de determinación de los ajustes en las relaciones potenciales entre el caudal promedio mensual multianual y el área de drenaje, para la jurisdicción de CORNARE. Tomada de (CONVENIO MADS-CORNARE No 366-2015).....	33
Tabla 3-2. Factor de erodabilidad en $\text{ton.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ asociado a diferentes geoformas. Tomada de Zaragoz et al. (2007).....	37
Tabla 3-3. Valor del factor de cobertura vegetal.	38
Tabla 3-4. Valores del factor de prácticas de manejo.	40
Tabla 3-5. Ponderación ICAg.....	53
Tabla 3-6. Caracterización de los cuerpos de agua lticos según su caudal (IDEAM, 2009).	53
Tabla 3-7. Clasificación ICAg.....	54
Tabla 4-1. Objetivos de calidad de agua definidos en la Resolución 112-5304 de 2016 para la cuenca del río Negro.	74
Tabla 4-2. Objetivos de calidad de agua definidos en la Resolución 112-5304 de 2016 para las otras cuencas de la jurisdicción de CORNARE.	81
Tabla 4-3. Objetivos de calidad de agua definidos en la Resolución 112-5304 de 2016 para las zonas urbanas municipales y centros poblados.	84
Tabla 5-1. Tabla usada para ejemplificar la forma en la que se almacenarían diferentes TOC.....	106
Tabla 5-2. Total de variables mencionadas en la resolución 0631 de 2015.....	113

LISTA DE ANEXOS

Manual_de_usuario_v2.4.pdf – Manual de usuario para el manejo del paquete SICA dentro de la plataforma Mapwindow-

Instalador_SICA_2017.rar – Archivo comprimido que incluye todos los archivos necesarios para la instalación de SICA según se explica en el manual. Este instalador corresponde a la versión más actualizada del software implementada dentro del proyecto.

GIRH_CORNARE_2017.db – Base de datos para la plataforma Mapwindow que incluye toda la información hidroclimática y de calidad recopilada para la jurisdicción.

SICA_JURISDICCION – Carpeta que contiene la estructura de carpetas y archivos de todos los escenarios ejecutados para la jurisdicción en el paquete SICA. Su lectura se hace según las indicaciones del manual de usuario.

1. INTRODUCCIÓN

En el año 2001, La Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare (CORNARE) y la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (UNALMED) llevaron a cabo el desarrollo e implementación de un Atlas Hidrológico para el manejo del recurso hídrico en la jurisdicción de CORNARE (UNALMED y CORNARE, 2001), bajo el sistema de información geográfica HidroSIG, que para entonces era una herramienta escrita en el lenguaje de programación *Java*. Posteriormente, en el año 2009, las mismas instituciones elaboraron una actualización del Atlas Hidrológico, cuyo principal cambio fue la migración de la información y el anidamiento del HidroSIG al sistema de información geográfica MapWindow GIS (UNALMED y CORNARE, 2009). Este último trabajo permitió configurar una base de datos dinámica y actualizable en relación con los registros de precipitación y caudal disponibles en la Jurisdicción de CORNARE.

Posteriormente, en el año 2011, CORNARE, Masbosques y la Gobernación de Antioquia jalaron una nueva actualización del Atlas Hidrológico (CORNARE et al., 2011). En ese momento y gracias a la disponibilidad de información satelital de escala más fina, esencialmente de Modelos Digitales de Elevación (MDE), la jurisdicción de CORNARE pudo representarse con más detalle, pasándose de usar MDE's que contaban con un tamaño de celda de 90 m, a MDE's cuyo tamaño de celda era de 30 m.

A partir del año 2015, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y CORNARE, a través del convenio interadministrativo MADS-CORNARE número 366-2015 (CORNARE et al. 2016), llevaron a cabo un estudio cuyo objetivo fue *Evaluar la propuesta de estimación de caudales ambientales a escala regional, con fines de la gestión integral del recurso hídrico, en la cuenca del río Nare*. Dentro de este estudio se realizó la implementación de la herramienta de simulación de calidad del agua SICA (Sistema Integrado de Calidad del Agua, GOTTA y HTM) en la cuenca del río Negro. El SICA, al igual que el Atlas Hidrológico HidroSIG, se encuentra embebido en el sistema de información geográfica MapWindow GIS y puede articularse a las bases de datos dinámicas de la Corporación.

Este estudio se pone en el presente de los desarrollos descritos en los párrafos anteriores, proponiéndose como alcances (i) la actualización de la base de datos corporativa (HidroSIG 4.0 – MapWindow GIS) de calidad del agua superficial, para incluir los registros generados en el marco de los PORH, POMCA y planes de monitoreo y seguimiento del recurso hídrico que ya hayan sido consolidados en una base de datos, debido a que estos instrumentos administrativos se encuentran actualmente en desarrollo; (ii) la extensión del dominio de simulación de la herramienta SICA para incluir las cuencas de los ríos tributarios al río Arma, ríos Samaná Norte y Sur, río Cocorná, río Nare, tributarios a los ríos Aburrá y Nus y tributarios directos del río Magdalena, es decir, al territorio restante de la jurisdicción de CORNARE en la que el SICA no funciona actualmente; (iii) el diseño de una estrategia de aprovechamiento de la información (datos) proveniente de trámites de ocupación de cauce, trámites de vertimiento y programas de monitoreo y seguimiento, que permitan retroalimentar y enriquecer la gestión integral del recurso hídrico en la jurisdicción de CORNARE; y (iv) la realización de un curso de capacitación de 24 horas, orientado al manejo de la herramienta SICA, a través del

cual podrá hacerse la transferencia de conocimiento a funcionarios de CORNARE y/o al personal designado por ésta.

En este documento se informa sobre el desarrollo de los alcances (i), (ii) y (iii), entendiéndose que las jornadas de capacitación fueron efectivamente desarrolladas con base en los elementos aquí descritos. Además de los capítulos de introducción, conclusiones y bibliografía, el documento ha sido dividido en cuatro capítulos. En el Capítulo 2 se describe el área de estudio y se hace un diagnóstico de la información de concesiones, vertimientos, ocupaciones de cauce, tasas retributivas y planes de monitoreo y seguimiento de fuentes superficiales tramitados por CORNARE. El diagnóstico se realiza con el propósito de identificar el tipo de información que produce cada uno de estos trámites y su potencial aprovechamiento para la actualización de las bases de datos, así como para el enriquecimiento en la gestión integral del recurso hídrico en la jurisdicción de CORNARE.

En el Capítulo 0 se describe el marco conceptual del modelo SICA, haciendo énfasis en la manera en la que, para su operación, se hace la identificación, segmentación, clasificación y parametrización de las corrientes superficiales, los escenarios de escorrentía superficial utilizados con propósitos de modelación, la estimación de cargas base de sólidos suspendidos totales, fundamentada en la interacción entre la climatología, la cobertura y el suelo, enmarcada en la conexión hidrológica ladera-cauce. El capítulo se concluye con una descripción de los modelos matemáticos subyacentes, la implementación algorítmica y la plataforma de simulación, bajo una perspectiva integradora. Posteriormente, en el Capítulo 0, se desarrolla la implementación del SICA para todo el territorio que compone la jurisdicción de CORNARE.

Finalmente, el Capítulo 5 se concentra en la identificación de la información que se genera para los diferentes trámites procesados en la Corporación; información cuyo estudio posterior podría mejorar el entendimiento del comportamiento físico de cauces y laderas, retroalimentar las relaciones empíricas ajustadas a diferentes procesos que en esas unidades se modelan, incorporarse a las simulaciones para obtener una representación más realista del comportamiento de las variables de interés, vinculadas al medio acuático y consecuentemente, permitir una toma de decisiones más informada, con una visión holística del medio físico y centralizada en almacenamiento y tratamiento de la información.

2. GENERALIDADES

2.1. Localización del área de estudio

La jurisdicción de CORNARE está conformada por 26 municipios del departamento de Antioquia y está ubicada en el Oriente del departamento, con una población aproximada de 632,807 habitantes. Comprende un área aproximada de 827,600 ha correspondiendo al 13% del departamento y al 0.7% de Colombia (ver www.cornare.gov.co), y se encuentra dividida en cinco subregiones: Valles de San Nicolás, Bosques, Aguas, Porce-Nus y Páramo (ver la Figura 2-1).

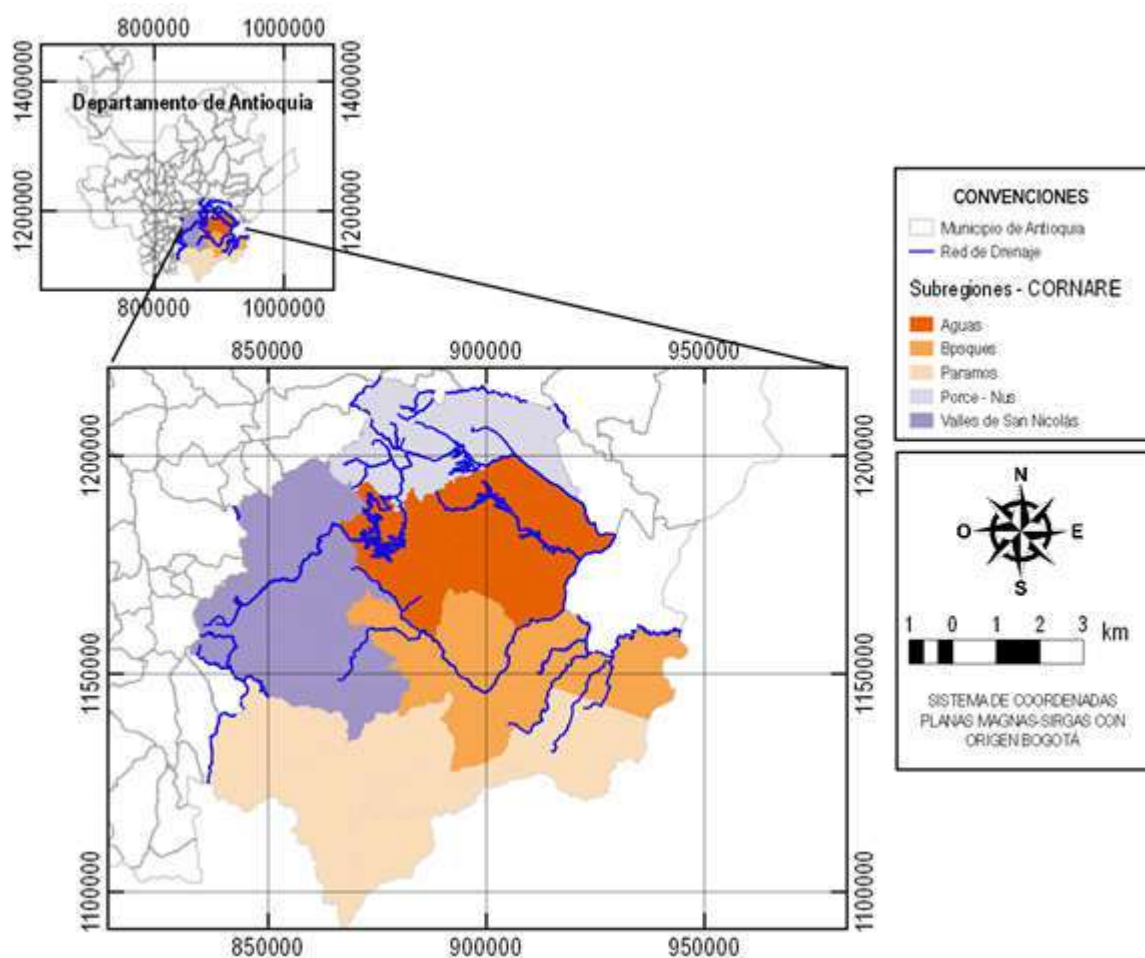


Figura 2-1. Localización general de la jurisdicción de CORNARE.

2.2. Instrumentos de administración y planificación

Como se ha mencionado anteriormente, las Corporaciones Autónomas Regionales cuentan con instrumentos de administración y planificación, a partir de los cuales se busca armonizar el aprovechamiento del agua como factor de desarrollo económico. Dentro de estos instrumentos se encuentran enmarcados, por ejemplo, los trámites de permisos de vertimiento y permisos de ocupación de cauce que permiten acompañar la toma de decisiones en escalas locales.

Sin embargo, ante los diferentes trámites que allegan a las Corporaciones, y en este caso particular a CORNARE, surge la pregunta: ¿Qué aprovechamiento se dio o se ha dado a la información que cada uno de los usuarios suministró para dar cumplimiento al trámite, más allá de la revisión de calidad técnica de los estudios propios de cada trámite?

La Figura 2-2 ilustra la cantidad de expedientes abiertos entre los años 2008 y 2015 en la Corporación, relacionados con los trámites de permisos de vertimiento y ocupación de cauce. Sí bien se evidencia que la cantidad de trámites en permisos de vertimientos es bastante variable, estos reportan un valor promedio de 265 trámites por año; mientras que para el trámite de ocupación de cauce la media reportada es de 56 trámites por año. Dentro de esta cantidad de trámites efectuados, la mayoría de ellos no han sido empleados para retroalimentar los procesos fluviales, siendo más relevante aun si se tiene en cuenta que por lo menos dicha información contiene levantamientos topo-batimétricos que bajo un análisis sistemático integrado, permitiría a la Corporación representar con coherencia sectores de la red de drenaje que no cuentan con ningún tipo de información.

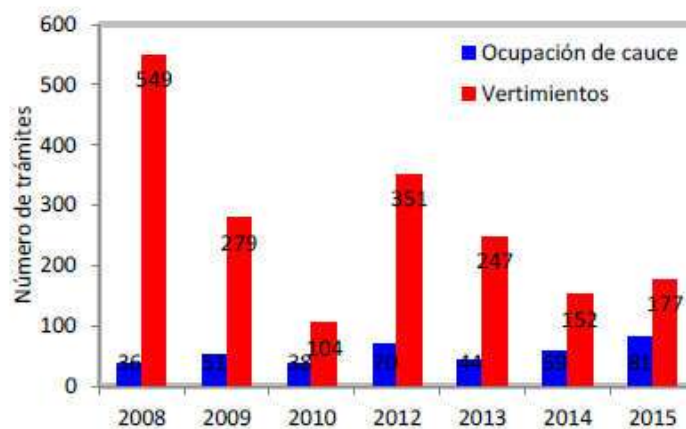


Figura 2-2. Número de trámites anuales en CORNARE.

Ahora bien, no solo es relevante tener la información relacionada con la topo-batimetría, sino también poder consolidar información del trámite de concesiones de agua (agua captada), monitoreos de calidad de agua tanto a las fuentes superficiales como a los vertimientos. Todo esto con el fin de poder hacer un análisis de balance hídrico asociado con la cantidad de agua captada y la cantidad de agua que es retornada a la corriente, lo cual afecta de manera directa la calidad de agua de la fuente; así como también realizar un análisis de balance de masa mediante los registros de monitoreo (fuentes

superficiales y vertimientos) permitiendo evaluar impactos acumulativos aguas abajo de zonas de interés tal como se representa en la Figura 2-3.

De acuerdo con lo anterior, y en este mismo orden de ideas, entre los numerales 2.2.1 y 2.2.5 se presenta una descripción detallada de los trámites ambientales relacionados con permiso de concesión de aguas, ocupación de cauces y de vertimientos; así como la información de los cobros de tasas retributivas y los planes de monitoreo y seguimiento de fuentes superficiales. En donde se relaciona la cantidad de procesos realizados por año y los diferentes tipos de información que se puede almacenar de acuerdo al tipo de instrumento, ya sea de administración o planificación.

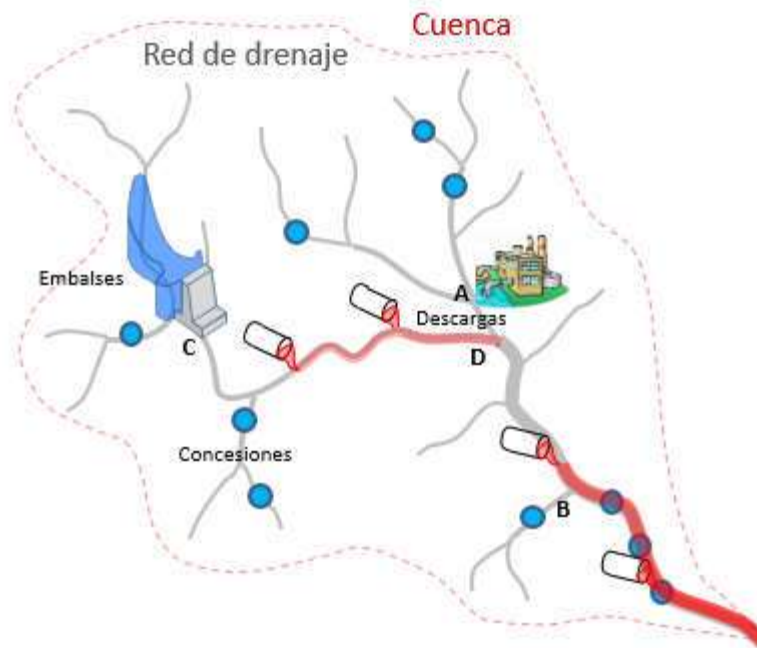


Figura 2-3. Esquematación de impactos acumulativos en una cuenca de análisis.

2.2.1. Trámites de permiso de concesión de agua superficial

La normatividad referente al trámite de permiso de concesión de agua está definida mediante el Decreto – Ley 2811 de 1974 (Artículo 50 -63, 77 - 163), la Ley 99 de 1993 (Título I, VI, VII y VIII) y Decreto único reglamentario 1076 de 2015. Artículos: (2.2.3.2.7.1 - 2.2.3.2.7.8; 2.2.3.2.9.1 - 2.2.3.2.10.20; 2.2.3.2.16.4 - 2.2.3.2.16.21; 2.2.9.6.1.22), en donde se establece el derecho al aprovechamiento de las aguas superficiales con fines de: abastecimiento doméstico, uso industrial, generación térmica o nuclear de electricidad, explotación minera y tratamiento de minerales, explotación petrolera, inyección para generación geotérmica, generación hidroeléctrica, generación cinética directa; flotación de maderas, transporte de minerales y sustancias tóxicas, acuicultura y pesca, recreación y deportes, usos medicinales.

El trámite exige como requisito diligenciar el Formulario Único Nacional de Solicitud concesión aguas superficiales, el cual solicita la siguiente información:

- Usuario
- Número de identificación (NIT y/o C.C.)
- Municipio, barrio y/o vereda de ubicación del vertimiento
- Cuenca / Subcuenca o microcuenca a la cual pertenece
- Tipo de fuente de abastecimiento
- Nombre de la fuente
- Coordenadas de la captación
- Uso del agua captada
- Caudal
- Vigencia de la concesión

De acuerdo con la información disponible para la elaboración de este estudio, la cantidad de concesiones registradas en la jurisdicción de CORNARE son 10,649, de las cuales el 98.02% corresponden a 10438 captaciones en fuentes superficiales, el 1.61% corresponde a 171 captaciones de agua subterráneas y el 0.38% restante (40 captaciones) corresponden a aprovechamientos en fuentes sub-superficiales (Figura 2-4a). De las 10,438 concesiones de agua superficiales se tiene que el 78.73% se encuentran con el trámite vigente correspondiendo a 8,384 captaciones, las restantes registran el trámite vencido (Figura 2-4b).

Cabe anotar que aunque las concesiones se encuentren con el trámite vencido, generalmente los usuarios continúan con la captación del recurso hídrico, en consecuencia la contabilidad de agua superficial de la Corporación siempre tiene y tendrá en cuenta las concesiones vencidas como vigentes. Por lo tanto, el análisis de cantidad de concesiones se realizó sobre las 10,438 concesiones reportadas en la base de datos, en donde los principales usos son: doméstico con 4,340 captaciones, riego 2,980 captaciones y pecuario 2,096, las restantes se encuentran divididas en los siguientes usos: comercial, industrial, piscícola, recreativo, ornamental, medicinal, generación de energía y otros.

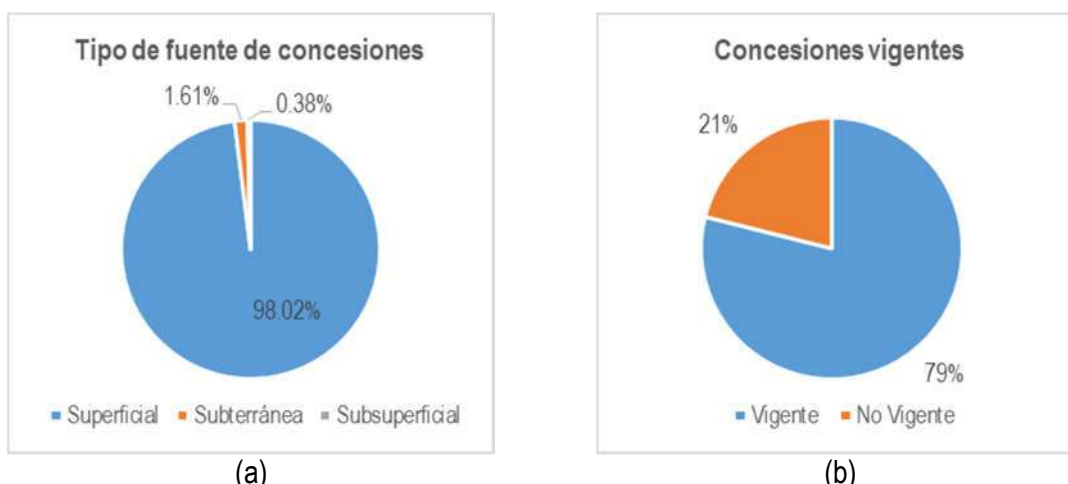


Figura 2-4. (a) Porcentaje de concesiones de acuerdo con el tipo de fuente. (b) Concesiones de aguas superficiales vigentes. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.



Figura 2-5. Uso de concesiones superficiales. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

2.2.2. Trámites de ocupación de cauce

La normatividad asociada con los trámites de ocupación cauce corresponde al Decreto – Ley 2811 de 1974, el Decreto 1541 de 1978 y la Ley 99 de 1993. En ellas se asigna al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) la responsabilidad de revisar y entregar autorización para las obras que impliquen la intervención sobre un cauce, tarea que este Ministerio realiza a través de las Corporaciones Autónomas Regionales. Para iniciar un trámite de ocupación de cauce se requiere que sea diligenciado el Formulario Único Nacional de Solicitud de Ocupación de Cauce, Playas y Lechos, al que deben adjuntarse una serie de documentos de carácter técnico y jurídico. Dicho formulario se compone de cinco secciones: (i) datos del solicitante, (ii) información general, (iii) información del

cauce, el lecho y/o la playa y de la obra a ejecutar, (iv) Documentación que debe ser anexada y (v) la firma del solicitante o del apoderado debidamente constituido.

Para el propósito de este estudio, es de interés la información de carácter técnico que aporta al conocimiento y la caracterización del comportamiento ambiental de las corrientes, en los tramos para los cuales se han solicitado y aprobado permisos de ocupación de cauce; tanto en forma previa a la realización de las intervenciones, debido a que su análisis podría posibilitar el entendimiento de procesos naturales (principalmente de carácter hidráulico y de calidad del agua) en lugares de la red de drenaje que compartan características morfodinámicas similares y que aún no hayan sido intervenidos, como en forma posterior a la realización de las intervenciones. Todo esto a la luz de una visión de cuenca, que se esfuerce por entender globalmente y de forma acumulativa los procesos. La información técnica de interés se concentra en las secciones iii y iv del Formulario Único Nacional de Solicitud de Ocupación de Cauce, Playas y Lechos. Particularmente la sección iv del formulario solicita la anexión de un estudio hidrológico e hidráulico del tramo que se desea intervenir, y en la sección iii se requieren los siguientes datos:

- Nombre de la fuente hídrica
- Cuenca
- Longitud y su unidad de medida
- Ancho y su unidad de medida
- Departamento
- Municipio/Localidad
- Vereda/Barrio
- Coordenadas X y Y
- Uso de la fuente en el área de influencia
- Características de la fuente hídrica en el sitio de la obra (pendiente del lecho en % y alineamiento recto, meándrico u otro)

Los permisos de ocupación de cauce tramitados por CORNARE desde el año 2013 hasta la fecha de elaboración de este informe fueron proporcionados por la Corporación, y se recogen en el libro de Excel con nombre F-TA-45_Base_de_Datos_Ocupacion_de_Cauce_desde_2013.xlsx. Un gráfico que muestra la evolución del número de trámites de ocupación de cauce, actualizado al tener en cuenta la información que contiene este libro de Excel se presenta en la Figura 2-6.

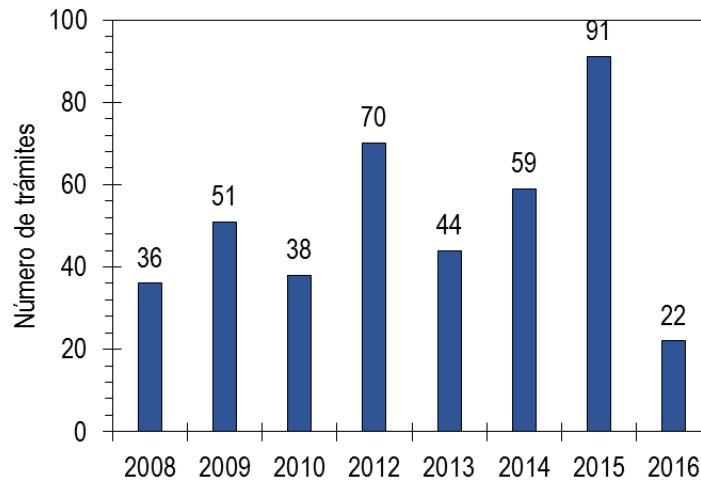


Figura 2-6. Número de permisos de ocupación de cauce tramitados por año, en el periodo 2008 a 2016, en CORNARE.

2.2.3. Trámites de vertimientos

Los lineamientos definidos para el trámite de permiso de vertimientos establecidos por el MADS son definidos a partir del artículo 2.2.3.3.5.2 del decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente 1076 (MADS, 2015), en donde se establecen los requisitos del permiso de vertimientos, y en el artículo 2.2.3.3.1.6. del mismo decreto donde se define los aspectos mínimos de ordenamiento del recurso hídrico. A partir de estos artículos CORNARE mediante el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos solicita la siguiente información:

- Usuario
- Número de identificación (NIT y/o C.C.)
- Municipio, barrio y/o vereda de ubicación del vertimiento
- Cuenca / Subcuenca o microcuenca a la cual pertenece
- Tipo de vertimiento (doméstico, industrial, pecuario, porcícola, otros)
- Tipo de sistema de tratamiento (pretratamiento, tanque séptico sencillo, FAFA, entre otros)
- Tipo de disposición del efluente (suelo, agua)
- Coordenadas del punto de descarga del vertimiento
- Caracterización del vertimiento y de la fuente receptora
- Caudal asociado al vertimiento y a la fuente receptora
- Evaluación Ambiental de Vertimientos
- Planos del sistema de tratamiento

En caso de que el permiso de vertimiento sea aprobado, la información anterior se encuentra consolidada en dos bases de datos en formato .xls y denominadas: F-TA-40 Vertimientos V.01 y F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05.

La primera base de datos (F-TA-40 Vertimientos V.01) reporta información de los trámites de vertimientos realizados entre los años 2000 y 2013 (Figura 2-7a), años en los que se entregaron 1896 permisos de vertimientos de los cuales el 84.18% ya se encuentran vencidos (hasta el año 2016), próximos a vencerse se registra un 0.47% y 5.85% entre los años 2017 y 2018, respectivamente. Los permisos de vertimientos que se encuentran vigentes hasta el año 2023 reportados en esta base de datos hacen referencia a un 6.12% de los otorgados.

La segunda base de datos (F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05) reporta información de los permisos de vertimientos otorgados entre los años 2012 y 2016 (Figura 2-7b), años en los que se han entregado 727 permisos de vertimientos de los cuales se encuentran vencidos el 0.69% (2015 a 2016), próximos a vencerse el 1.24% (2017 a 2019), con vigencia entre los años 2020 a 2017 se encuentra la mayoría de los permisos con un 97.11%, y finalmente con una vigencia hasta el año 2041 se reporta el 0.28%.

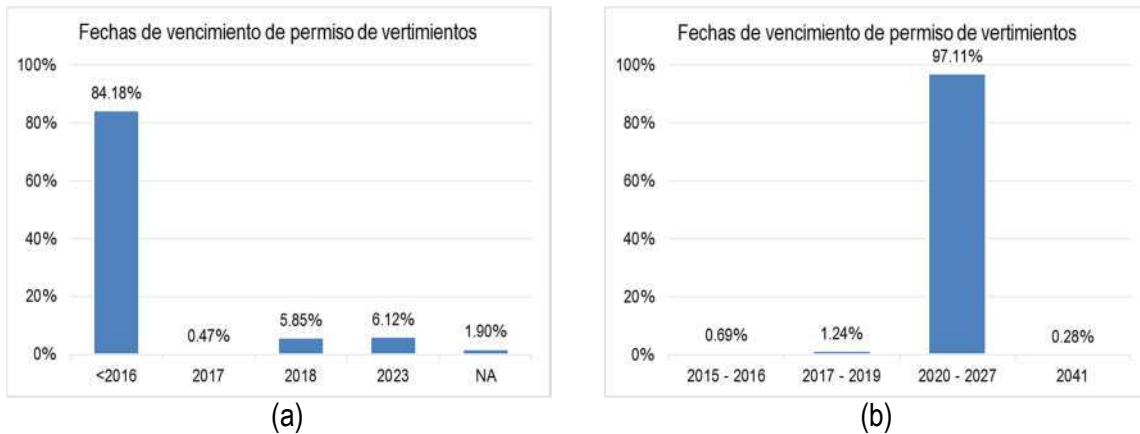


Figura 2-7. Fechas de vencimiento de permisos de vertimientos, (a) base de datos F-TA-40 Vertimientos V.01.xls. (b) F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

Adicionalmente, dentro de la consolidación en la base de datos F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05 se presenta un campo en donde se define el tipo de cuerpo receptor, discretizado entre suelo, fuente de agua y alcantarillado. La Figura 2-8 presenta los porcentajes de permisos de vertimientos otorgados para los diferentes cuerpos receptores, en donde se observa que de un total de 727 permisos otorgados el 51.44% entrega la descarga al suelo, y el 43.60% entrega el vertimiento a fuentes hídricas superficiales. Por último, el 3.03% entrega a un sistema de alcantarillado y el 1.93% no reporta información.

Cabe resaltar, que para este estudio es relevante la información relacionada con los vertimientos realizados a las fuentes de agua superficial, dado que el objetivo principal de este proyecto es la gestión de información hidrométrica, tanto de cantidad como de calidad pues esta es un insumo para el Sistema Integrado de Calidad de agua – SICA. Por lo tanto la información que se menciona en los siguientes numerales hace referencia únicamente al 43.60% del total de los vertimientos otorgados.

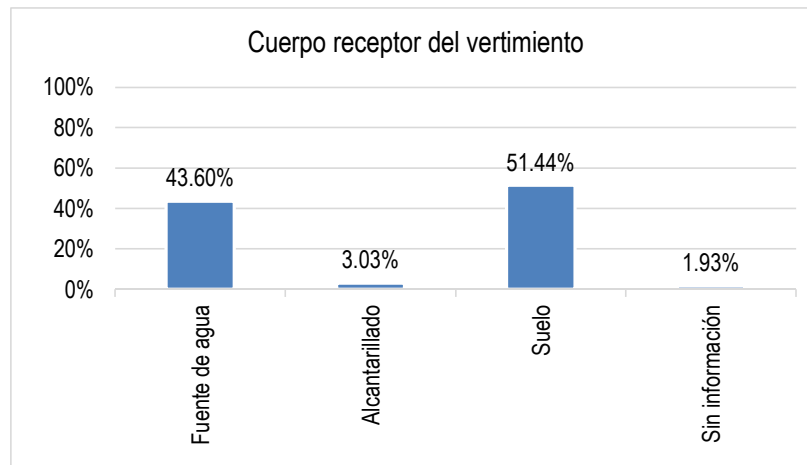


Figura 2-8. Permisos de vertimientos otorgados de acuerdo con el tipo del cuerpo receptor definidos en F-TA-40_Base_de_Datos_Vertimientos_V.05. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

En el diagnóstico de la información actual consolidada en las bases de datos antes mencionadas, se ha encontrado falencias en el almacenamiento de la misma, ya que la información entregada por los usuarios a la Corporación no ha sido recopilada satisfactoriamente. A continuación se describe en que aspectos de la consolidación de información se presentan inconvenientes.

2.2.3.1. Coordenadas de localización del vertimiento

Dentro de los parámetros necesarios de la caracterización de un vertimiento es importante reportar la localización del mismo, ya que esto permite definir sobre que corriente específica se localiza y en consecuencia establecer si dicha corriente presenta características adecuadas para poder ser receptora del vertimiento.

Pese a lo anterior, se ha evidenciado que de un total de 317 permisos de vertimientos otorgados el 12.62% (correspondiente a 40 permisos otorgados) no presentan georreferenciación (Figura 2-9a), y de esos 277 permisos georeferenciados el 68.23% presentan coordenadas WGS84 y el porcentaje restante reporta coordenadas planas (Figura 2-9b).

Para establecer que es lo que posiblemente está sucediendo con la información de coordenadas de los trámites de permiso de vertimientos, se realizó una búsqueda en Connector de algunos permisos, en donde se evidencia que la información se encuentra reportada en un documento adicional de la Corporación y el cual debe ser consultado para obtener dichas coordenadas. A continuación se presentan la información encontrada para la búsqueda de tres expedientes aleatorios que no reportan coordenadas en las bases de datos:

- Expediente 056490420107, usuario: Municipio de San Carlos, en donde se registra en el informe técnico 132-0312-2014 que la información de coordenadas debe ser revisada en el documento:

“Formulario técnico para trámite de permiso de vertimientos para los proyectos financiados por Cornare – numeral No. 8”.

- Expediente 051970421744, usuario: Municipio de Cocorná, en donde se registra en el informe técnico 134-0186-2015 que la información de coordenadas debe ser revisada en el documento: *“Formulario técnico para trámite de permiso de vertimientos para los proyectos financiados por Cornare – numeral No. 8”.*
- Expediente 056700420727, usuario: Municipio de San Roque, en donde se registra en el informe técnico 135-0007-2015 que la información de coordenadas debe ser revisada en el documento: *“Formulario técnico para trámite de permiso de vertimientos para los proyectos financiados por Cornare – numeral No. 8”.*

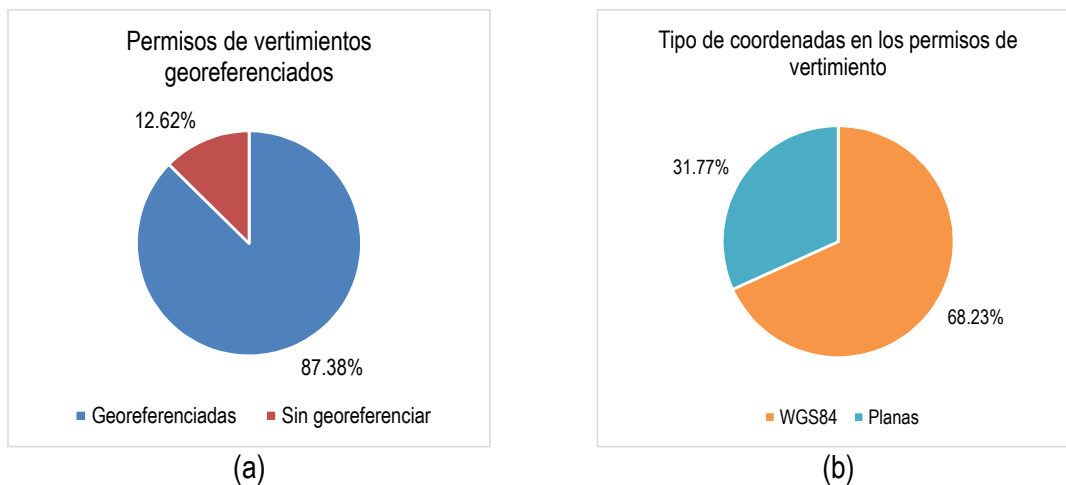


Figura 2-9. (a) Porcentaje de permisos de vertimientos georeferenciados. (b) Porcentaje de permisos de vertimientos con coordenadas WGS84 y planas. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

Lo anterior evidencia que se está perdiendo información entre los informes técnicos realizados por el funcionario de la Corporación y la información que debe ser consolidada en la base de datos de los permisos de vertimientos otorgados.

2.2.3.2. Caracterización del vertimiento

La caracterización del vertimiento es uno de los campos más importantes en la consolidación de información para este estudio porque es la que permite establecer la calidad de agua vertida a la fuente receptora, definir la eficiencia de remoción del vertimiento y establecer si a partir de dicha caracterización se está cumpliendo con la resolución 0631 (MADS, 2015), mediante el cual se establecen los parámetros y los valores límites admisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público.

En primera instancia, las dos bases de datos mencionadas presentan diferencias en el almacenamiento de esta información, ya que mientras la primera consolida únicamente información sobre porcentajes de eficiencia del sistema de tratamiento para los parámetros grasas y aceites, demanda bioquímica de oxígeno - DBO, demanda química de oxígeno – DQO y sólidos suspendidos totales – SST; la segunda base de datos que se considera la más actualizada, consolida a parte de los porcentajes de eficiencia de las variables anteriores, sus concentraciones, así como también variables adicionales como son: nitrógeno total, fósforo total, pH, coliformes fecales, sustancias activas al azul de metileno – SAAM, material flotante y variables in situ como son el oxígeno disuelto – OD, pH, temperatura y caudal.

Ahora bien, haciendo énfasis en la segunda base de datos siendo la más actualizada y la que contempla un mayor número de campos a almacenar, así como también teniendo en cuenta la resolución 0631 (MADS, 2015) el cual establece las variables mínimas a medir para determinado tipo de actividad económica, se considera que se debe extender los campos a requerir en la base de datos dado que esta es un documento general en donde puede estar almacenada la información de un vertimiento doméstico el cual contempla alrededor de 16 variables a medir, mientras que un vertimiento industrial y dependiendo de su actividad específica podría estar considerando un número mayor de variables, información que se está perdiendo y que podría ser útil para otro tipo de proceso dentro de la Corporación. Dentro del conjunto de variables a incluir se mencionan algunas como: demanda química de oxígeno – DQO, los diferentes compuestos de nitrógeno (nitratos – NO_3^- , nitritos – NO_2^- y nitrógeno amoniacal – NH_3), ortofosfatos, acidez total, alcalinidad total, entre otros; aunque es válido acotar que estos no son las únicas variables a incluir y por ende debe tenerse en cuenta la resolución 0631 (MADS, 2015).

Siguiendo en la misma línea de caracterización del vertimiento, dentro de la Corporación este trámite se discretiza de dos formas: (i) de renovación y/o traspaso, y (ii) de usuario nuevo, lo que indica que para un usuario existente el trámite de renovación debe incluir la caracterización del vertimiento y por ende esta información debería aparecer consolidada en la base de datos; mientras que para los usuarios nuevos, dado que no se puede hacer una caracterización del vertimiento actual, este campo debería relacionar las concentraciones máximas admisibles con la que el vertimiento puede entregar a la fuente receptora según la resolución 0631 (MADS, 2015).

De acuerdo con lo anterior, en la consolidación de información se registra que el 43.60% correspondiente a 317 permisos de vertimientos otorgados pueden ser descargados a una fuente superficial (Figura 2-8), De estos 317 permisos el 67.51% corresponden a permisos de vertimiento de usuarios nuevos (Figura 2-10a), el 17.67% corresponden a permisos de renovación, modificados se asocian al 6.31% de permisos otorgados, el 1.89% hacen referencia a los permisos que son renovados y traspasados, y únicamente el 0.32% corresponde a los permisos que son renovados y traspasados. Esto indica que deberían existir por lo menos 83 permisos de vertimientos (26.18%) que reporten información respecto a la caracterización del vertimiento; pese a lo anterior, únicamente se registra de 19 permisos otorgados (24.10%) que al menos reportan información de tres variables caracterizadas, los restantes (63 permisos) no presentan información relacionada con la caracterización del vertimiento (Figura 2-10b).

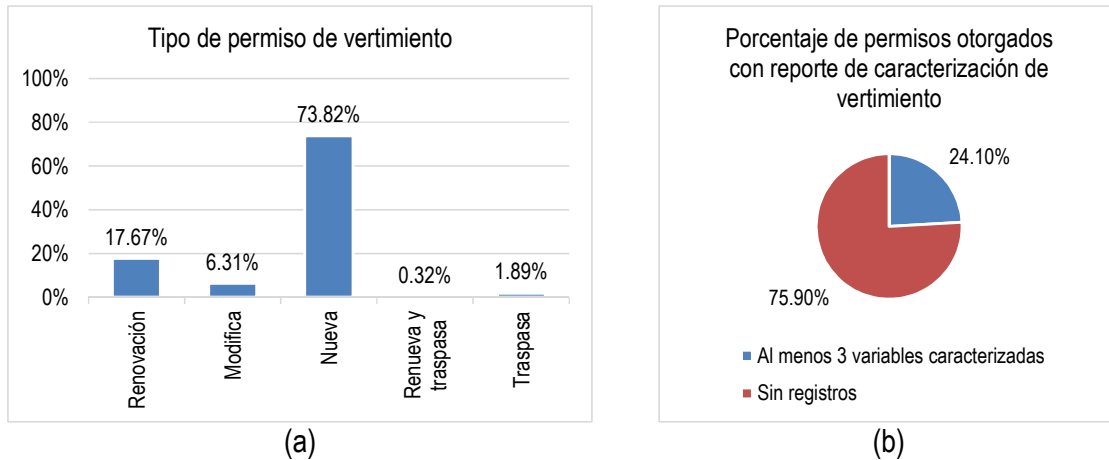


Figura 2-10. (a) Tipos de permisos de vertimientos. (b) Porcentaje de permisos otorgados con reporte de caracterización de vertimientos. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

Para soportar que la información entregada por el usuario no se está almacenando satisfactoriamente por parte de la Corporación, se hace una búsqueda de algunos casos específicos mediante la intranet de CORNARE en el sistema Connector el cual almacena la información de cada uno de los usuarios con trámite ante la Corporación, mediante la generación de expedientes, la búsqueda arroja la siguiente información:

- Expediente 04041067, usuario: CEMENTOS ARGOS S.A PLANTA RIO CLARO, en donde se registra en el informe técnico 112-0404-2015 la caracterización de 16 sistemas de tratamiento tanto a la entrada como a la salida, de los cuales ninguna de las variables medidas se encuentran reportado en la base de datos consolidada.
- Expediente 051480405096, usuario: PARCELACIÓN AGUAS CLARAS, en donde se registra en el informe técnico 112-1123-2013 la caracterización de los sistemas de tratamiento tanto a la entrada como a la salida, valores que no se reportan en la base de datos consolidada.
- Expediente 053180401540, usuario: AUTOGAS DE COLOMBIA BREASCOL S.A.S, en donde se registra en el informe técnico 131-0223-2016 la caracterización del sistema de tratamiento tanto a la entrada como a la salida, valores que no se reportan en la base de datos consolidada.

Adicional a lo anterior, se debe mencionar que dentro del formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos solo se solicita como información de caracterización del vertimiento las variables SST, DBO₅, DQO y caudal, información que no está sujeta a lo definido en la resolución 0631 (2015) en donde se define cuáles son las variables a medir según el tipo de actividad realizada, así como tampoco al Decreto Reglamentario Único del Sector Ambiente 1076 (2015) el cual establece unas variables mínimas a monitorear cuando se va a realizar una modelación de calidad del recurso hídrico (artículo 2.2.3.3.1.6), mientras la Guía Nacional de Modelación se expide. Las variables

mínimas establecidas fueron: DBO5, DQO, SST, pH, temperatura, O.D, coliformes totales y fecales, información hidrobiológica y caudal.

2.2.3.3. Caracterización de la fuente receptora

La caracterización de la fuente receptora es tan importante como la caracterización del vertimiento, porque esto permite definir las condiciones iniciales de la corriente antes de entregarle el agua residual generada en una determinada actividad, facilitando evaluar las condiciones naturales de la corriente y las posibles afectaciones en términos de calidad debido a un nuevo vertimiento en la corriente receptora.

En cuanto a los datos asociados a esta caracterización, cabe resaltar que mediante el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos la Corporación solicita información de las variables: DBO₅, DQO, SST y caudal, y a partir de las evaluaciones ambientales de vertimientos adicional a estas variables se debe consolidar información referente a las variables: nitrógeno total, fósforo total, pH, coliformes fecales, sustancias activas al azul de metileno – SAAM, material flotante y variables in situ como son el OD, pH y temperatura, según el decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente 1076 (MADS, 2015). Cada una de estas variables presenta un campo definido en la base de datos de consolidación de los permisos de vertimientos; sin embargo, de los 317 permisos de vertimientos otorgados para descargar en aguas superficiales, ningún valor de las variables se encuentra almacenado. Lo anterior, sugiere dos situaciones: (i) que no se ha consolidado adecuadamente la información de la caracterización de las fuentes superficiales y/o (ii) que en la documentación entregada por el usuario no se reporta tal información.

Por lo tanto, se consultó en el software Connector, en donde se evidenció que los dos casos anteriores están sucediendo, ya que mediante el expediente 055910421628 el cual relaciona al usuario: CALTEK S.A.S., a través del oficio remitido 112-0453-2017 se reporta información de la caracterización de la fuente superficial, valores que no se ingresaron en la base de datos de permiso de vertimientos para la consolidación de la información.

Además, se evidencia que algunos usuarios no están reportando la información asociada a la caracterización del vertimiento, como es el caso del expediente 053180401540, el cual relaciona al usuario: AUTOGAS DE COLOMBIA — BREASCOL S.A.S, en donde mediante el oficio 131-5195-2015 se presenta el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos con los campos vacíos de la caracterización de la fuente receptora. Así como tampoco se evidencia en la Evaluación Ambiental del Vertimiento reportada en el mismo oficio dentro del documento: “Solicitud de renovación permiso de vertimientos” elaborado por Biologística S.A.S. (2015), mencionándose únicamente que: *“el vertimiento será descargado a una fuente sin nombre y que tendrá un impacto mínimo, toda vez que se garantizará el vertimiento de las aguas residuales acorde con la legislación ambiental vigente, teniendo en cuenta que el grado de contaminación de la fuente es alto debido a que se ve afectada por varios vertimientos de viviendas que se realizan agua abajo”*.

2.2.4. Tasas retributivas

Las bases de datos de tasas retributivas entregadas por CORNARE reportan información de caracterización del vertimiento entre los años 2010 a 2016, en ella se presentan las concentraciones de las variables DBO₅, DQO, SST, ST, grasas y aceites, detergentes, pH y temperatura, tanto para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas – PTARD como de los vertimientos industriales de la jurisdicción de CORNARE. Además, se reportan variables adicionales como metales pesados en algunos de los vertimientos industriales.

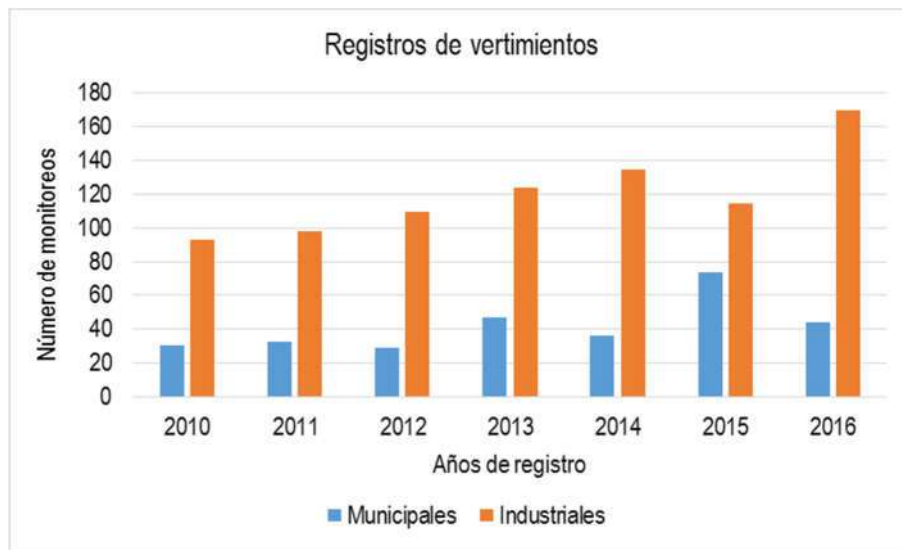


Figura 2-11. Registros de vertimientos susceptibles de cobro de tasa retributiva por año: Base de datos CORNARE 2017.

Para la base de datos que consolida la información de las PTARD municipales se resalta que de los 26 municipios de la jurisdicción, 21 de ellos reportan sistemas de tratamiento de aguas residuales y los 5 restantes no evidencian ningún sistema de tratamiento, estos municipios son: San Rafael, San Roque, Santo Domingo, Argelia y Nariño. Entre los años 2010 a 2012 se reportan entre 29 y 32 sistemas de tratamientos posibles de cobro de tasas retributivas, lo que indica que en varios de los municipios que reportan sistema de tratamiento registran más de un sistema o que el mismo sistema ha sido monitoreado más de una vez (Figura 2-11), mientras que para los años 2013 a 2016 los registros son mayores y se presentan entre 36 a 74 vertimientos de sistemas de tratamiento municipales, sugiriendo que la mayoría de los sistemas de tratamientos reportan al menos dos monitoreos al año.

Para los sistemas de tratamiento industriales se reportan 130 industrias, de las cuales 44 de ellas presentan al menos dos sistemas de tratamiento: uno para aguas residuales industriales y otro para las domésticas. Sin embargo, en algunos casos se reporta más de dos sistemas de tratamientos como

es el caso de ISAGEN (centrales hidroeléctricas), Parque ecológico Piedras Blancas y Corpaul planta farmacéutica

La Figura 2-12 muestra 5 de las industrias susceptibles al cobro de tasas retributivas, las cuales reportan en uno o en más años más de un monitoreo; es el caso del Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales – STAR del Aeropuerto José María Córdoba, el cual presenta para el año 2010 cinco monitoreos, pero para el resto de los años (2011 a 2016) solo se reportaron un monitoreo. Por el contrario para la industria Tann Colombiana S.A. se registraron 3 y 2 monitoreos para el año 2013 y 2014, respectivamente. Por otro lado, la industria Panamericana de Alimentos S.A.S presentó 4 monitoreos para el año 2016, mientras que en los años anteriores solamente se reportaba 1 por año.

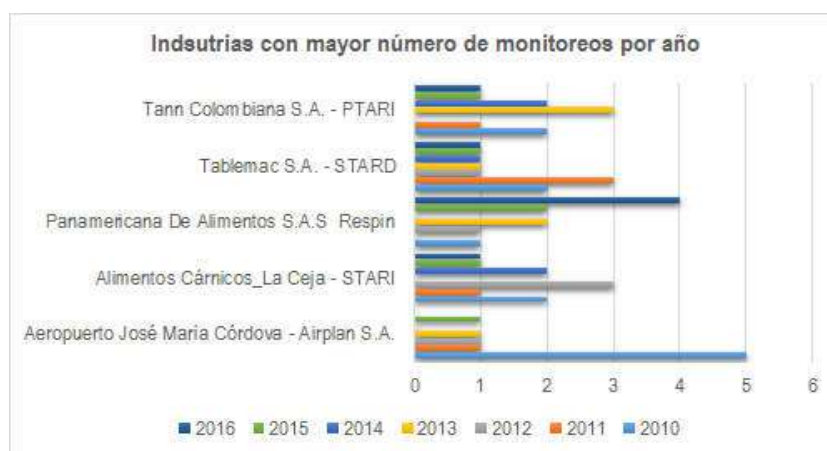


Figura 2-12. Industrias que presentan mayor número de monitoreos por año en uno de sus sistemas de tratamiento.

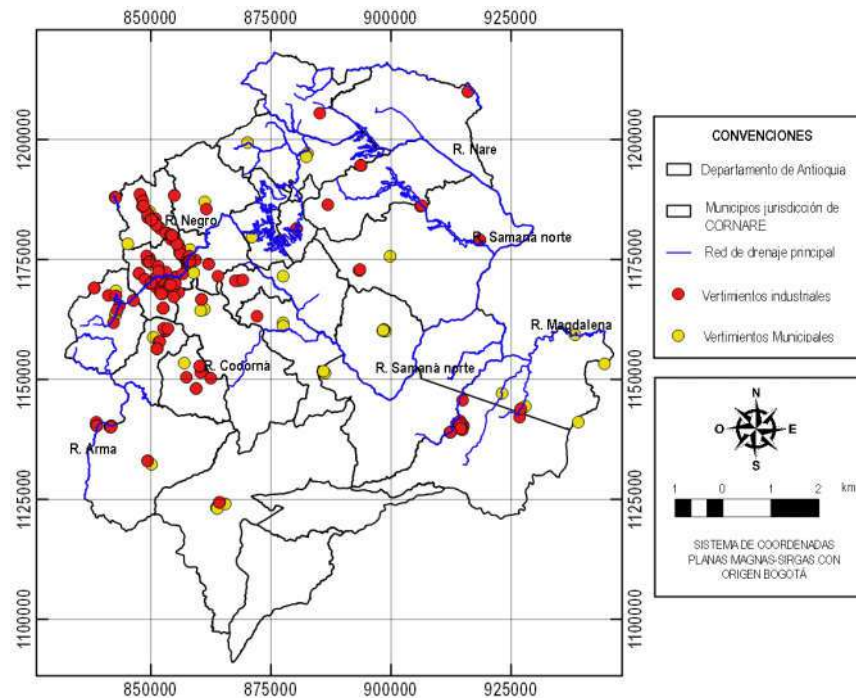


Figura 2-13. Localización vertimientos susceptibles de cobro de tasa retributiva por año: Base de datos CORNARE 2017.

2.2.5. Planes de monitoreo y seguimiento de fuentes superficiales

La información reportada en las bases de datos del plan de monitoreo y seguimiento de fuentes superficiales hace referencia a la caracterización de las fuentes superficiales para las cuencas Nus, Buey-Arma, Porce, río Claro, Nare, Samaná Norte, Samaná Sur, río Guatapé y tramo río Magdalena, pertenecientes a la jurisdicción de CORNARE entre los años 2010 a 2015, en donde las variables a medir fueron: temperatura del agua, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno, pH, DQO, DBO5, sólidos totales – ST, sólidos suspendidos totales – SST, conductividad eléctrica, turbiedad, coliformes totales y *E.Coli*.

Para la cuenca del río Negro se reporta una base diferente en donde se registran muestreos entre los años 2011 – 2015 y las variables medidas fueron las mismas reportadas para las otras cuencas de la jurisdicción y adicionalmente se midieron los compuestos de nitrógeno (nitrógeno total kjeldahl, nitratos – NO₃⁻, nitratos – NO₂⁻, y nitrógeno amoniacal).

La Figura 2-14 reporta la cantidad de monitoreos por año en cada una de las cuencas de la jurisdicción de CORNARE, exceptuando la cuenca del río Negro que se presenta en una gráfica a parte (Figura 2-14). Se evidencia que la cuenca que registra un mayor número de monitoreos a lo largo de los años (2010 – 2015) es la cuenca del río Samaná Norte, con los mayores números de monitoreo entre los años 2010 y 2015 (26 por año). En contraste, la cuenca del embalse y del río Guatapé no registra información entre los años 2010 a 2014, mientras que para el año 2015 se presentaron 7 monitoreos.

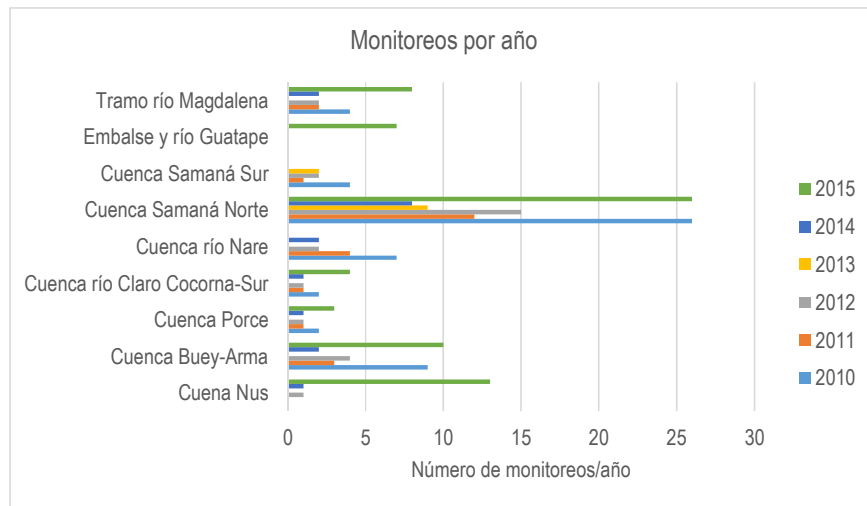


Figura 2-14. Número de sitios monitoreados entre los años 2010 – 2015 en las cuencas Nus, Buey-Arma, Porce, río Claro, Nare, Samaná Norte, Samaná Sur, río Guatapé y tramo río Magdalena. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

La Figura 2-15 muestra la cantidad de monitoreos realizados en la cuenca del río Negro entre los años 2011 - 2015, en donde se establecieron 6 estaciones de monitoreo definidas como: Chachafruto, La Mosca, El Salado, río Negro, La Pereira y La Cimarrona. Se observó que el sitio con mayor frecuencia de monitoreo es río Negro, reportando para el año 2014 una cantidad de 24 por año y 22 para el año 2015, para los años restantes la cantidad de monitoreos es de 21. Por otro lado, el sitio de monitoreo El Salado registró 3 monitoreos por año entre el 2011 y 2014, siendo este el de menor frecuencia, y para el año 2015 los monitoreos fueron de 2 por año.

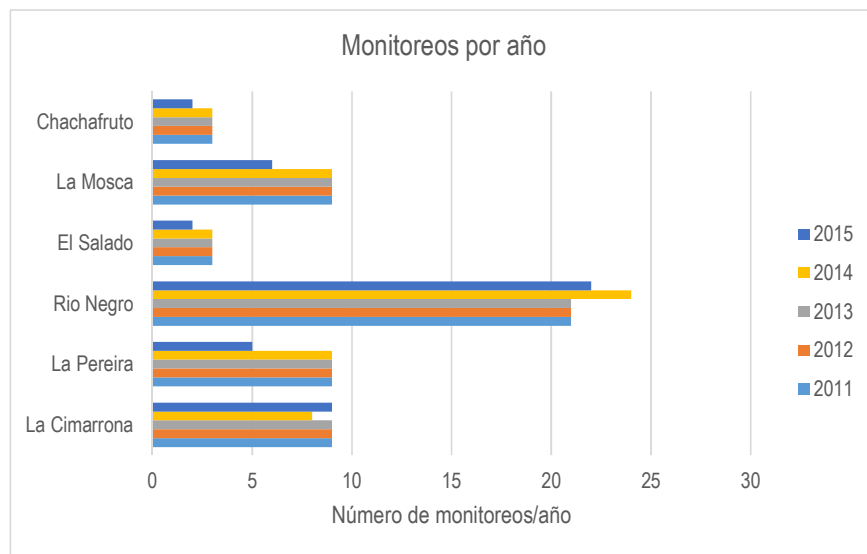


Figura 2-15. Número de sitios monitoreados entre los años 2011 – 2015 en la cuenca del río Negro. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

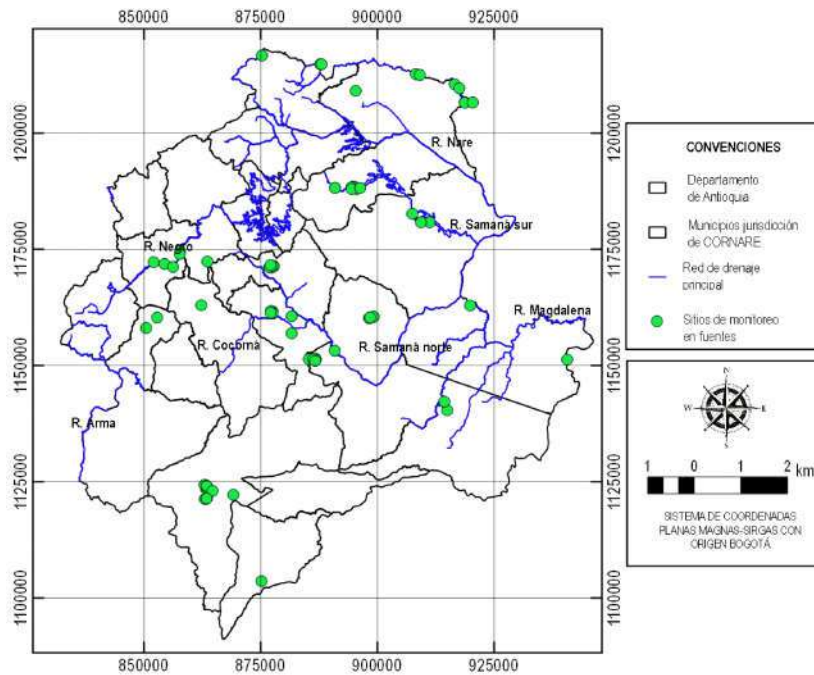


Figura 2-16. Localización sitios de monitoreo de fuentes de aguas superficiales en la jurisdicción de CORNARE. Fuente: Base de datos CORNARE 2017.

2.3. Gestión actual de nuevos trámites ambientales

Para la gestión de trámites ambientales, actualmente la Corporación cuenta con un proceso que se lleva a cabo en su mayor parte manual.

Inicialmente cuando el trámite es solicitado, dependiendo de si se trata de una concesión de agua, ocupación de cauce o vertimiento se debe anexar la información según el formato único cuyos campos se mencionaron en las secciones anteriores.

Seguidamente de la asignación de un expediente, el trámite es designado a un técnico quien es el encargado de validar la información entregada así como realizar la visita de validación. Luego de ejecutados estos pasos, el técnico es quién, con base en la información de trámites ambientales disponibles en una base de datos de Excel, concluye la viabilidad del trámite en un informe. El informe es entregado posteriormente a la oficina jurídica en donde se entrega una resolución de aprobación en caso de darse.

Una vez aprobado el trámite, lo siguiente es consolidar la información en las bases de datos de la Corporación: el libro de Excel, Connector y la información documental en físico. En la Figura 2-17 se resume este flujo de información.

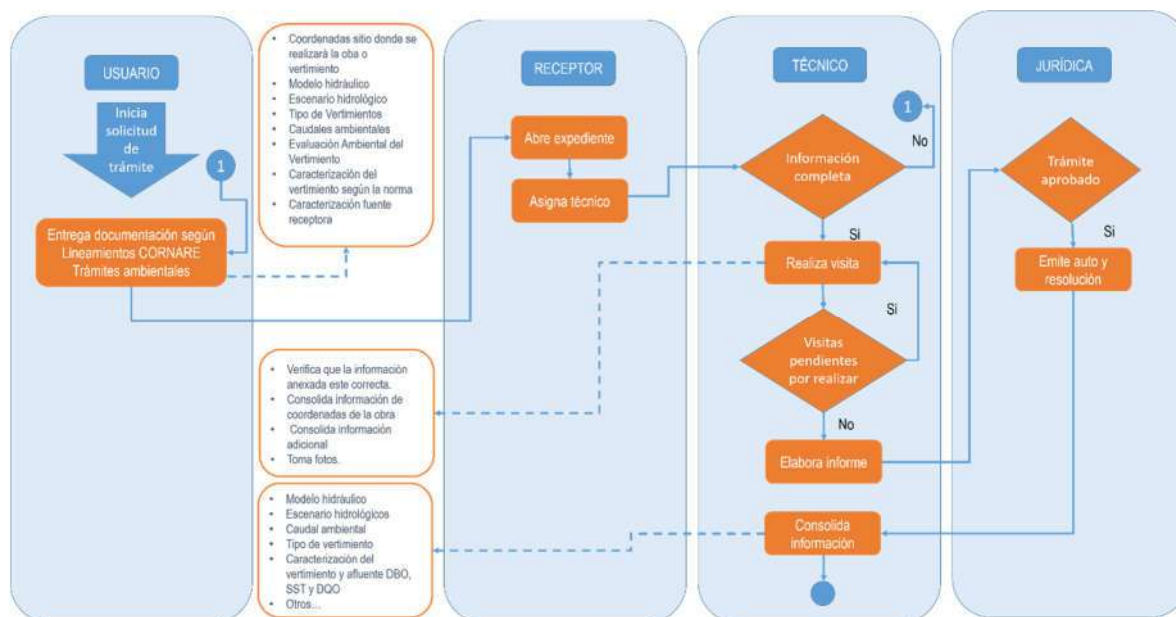


Figura 2-17. Diagrama de flujo de la gestión de trámites ambientales CORNARE.

En el flujo mencionado se identificaron puntos críticos susceptibles de ser mejorados:

- Las bases de datos usadas en Excel no se encuentran centralizadas y pueden tener diferencias en su contenido entre unas y otras. Esto hace que por ejemplo a la hora de evaluar un trámite no se realice con el criterio debido.
- La información en Excel además no provee las herramientas de búsqueda y consolidación que provee por ejemplo un Sistema de Gestión de Base de Datos.
- El análisis sobre otorgamiento o no de trámites se realiza sobre todo con base en cantidad y no de calidad de agua, lo que puede concluir en detrimento del recurso hídrico.

La información consolidada como respaldo a los informes técnicos detrás de un trámite ambiental (por ejemplo la información empleada para configurar modelos), en la mayoría de los casos reposa en fuentes estáticas que no son usadas para retroalimentar futuros estudios, desaprovechándose de esta manera todo su potencial.

3. MARCO CONCEPTUAL DEL SISTEMA INTEGRADO DE CALIDAD DEL AGUA (SICA)

Dentro de las estructuras conceptuales para la simulación del transporte de solutos en corrientes superficiales a partir de los cuales es posible estimar los tiempos de viaje y las propiedades asimilativas de los tramos de una corriente, cabe mencionar tres familias: aquellas basadas en la clásica ecuación advección-dispersión (modelo ADE; Taylor, 1954), aquellas basadas en el modelo de almacenamiento temporal Transient Storage (modelo TS; Bencala y Walters, 1983) y aquellas basadas en el modelo de zona muerta agregada (modelo ADZ; Beer and Young, 1983).

Los modelos ADE y TS son distribuidos en la escala de tramo, ya que dependen tanto del espacio x como del tiempo t . Éste aspecto sugiere la necesidad de contar con secciones transversales a lo largo de un tramo de interés, lo cual se convierte a su vez en una limitación cuando se piensa en la totalidad de tramos que conforman la red de drenaje de una cuenca. Por su parte, el modelo ADZ es agregado en la escala de tramo, de ahí que sólo tenga al tiempo t como variable independiente. Adicionalmente, los requerimientos de información del modelo ADZ y su número de parámetros es más bajo, lo cual permite expandir su aplicación con mayor facilidad hacia la escala de cuenca.

Aún cuando las estructura de los tres modelos mencionados ha mostrado buen desempeño en diferentes casos de estudio, tanto en el plano nacional como en el internacional, se considera que el modelo ADZ ofrece ventajas en la configuración de una herramienta para responder las problemáticas de calidad de agua en la escala de cuenca, teniendo en cuenta además los beneficios computacionales de la aplicación.

El modelo ADZ usa el concepto de dos regiones de flujo, una región donde el soluto sufre un transporte exclusivamente advectivo y parcialmente mezclado durante el tiempo τ , y una segunda región, en serie con la primera, donde el soluto es dispersado y liberado lentamente a la salida del tramo. La segunda región es precisamente el elemento ADZ del tramo, el cual tiene un volumen V que es sólo una fracción DF del volumen total del tramo V_{TOTAL} , y en el que el soluto reside un tiempo T_r invirtiendo un tiempo total de residencia en el tramo, o tiempo medio de viaje, t_m .

Para sustancias no conservativas, Lees et al. (1998) desarrollaron una versión mejorada del modelo de calidad de aguas QUASAR (*Quality Along System Rivers*), el cual, además de los procesos advectivos y dispersivos representados por el esquema de simulación ADZ, incorpora sumideros o fuentes de masa de la sustancia modelada mediante reacciones de primer orden. La ecuación (3-1) representa el modelo ADZ-QUASAR, donde k corresponde a la constante de reacción relacionada con la sustancia modelada.

$$\frac{dC(t)}{dt} = \frac{1}{t_m} \frac{1}{\tau} [e^{-k\tau} C_u(t - \tau) - C(t)] + \sum Entradas - \sum Pérdidas \quad (3-1)$$

3.1. Caracterización del medio físico

3.1.1. Patrón de drenajes

La topografía juega un papel muy importante en el flujo y la distribución de agua y energía sobre el paisaje, controlando muchos procesos hidrológicos, geomorfológicos, biológicos y climatológicos a diferentes escalas espaciales y temporales. Estos procesos a su vez, alteran la forma del terreno mediante complejas retroalimentaciones que determinan la dinámica del medio. Consecuentemente, el análisis cuantitativo de la información topográfica, se ha convertido en una herramienta muy útil para lograr un mejor entendimiento de las variables que afectan, tanto la forma del paisaje, como la interacción del terreno con otros factores ambientales (Ramírez, 2002).

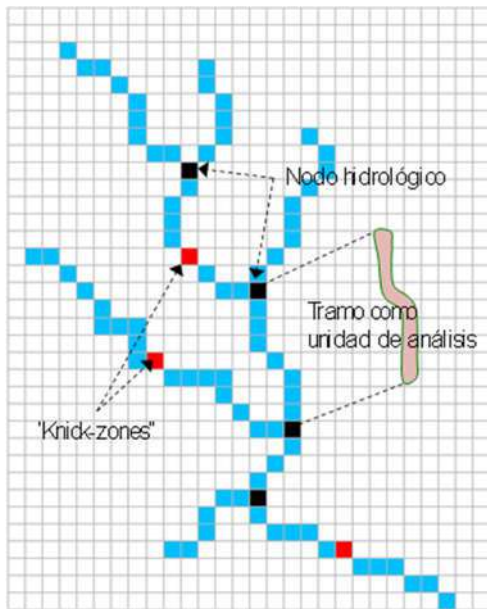
En particular, los procesos involucrados en la respuesta hidrosedimentológica del terreno, ante la variabilidad climática, están intrínsecamente relacionados con la topografía a través de la configuración de la red de drenaje (Horton, 1945). Más precisamente, la red de drenaje y su interconexión con el sistema de laderas determinan la relación entre la precipitación y el flujo de agua y sedimentos en una cuenca (Rodríguez-Iturbe y Rinaldo, 1997). En este par de observaciones se encuentra el corazón de la hidrología moderna y hacen que tareas como la determinación de las trayectorias de flujo sobre el terreno, el delineamiento de la red de drenaje y la caracterización morfodinámica de las cuencas y de las partes que la integran, sean punto de partida de cualquier esfuerzo de modelación.

Para dicho fin es indispensable la manipulación de un modelo digital de elevación (MDE) en formato ráster, el cual no sólo resulta útil para visualizar la superficie del terreno sobre un plano, sino que puede ser usado para determinar los siguientes productos: (i) el mapa de direcciones de drenaje superficiales, (ii) el mapa de áreas de drenaje acumuladas y (iii) el mapa de red de drenajes en formato ráster. Los cuales representan el insumo base para la siguiente etapa en la caracterización del medio físico: la segmentación de la red de drenajes.

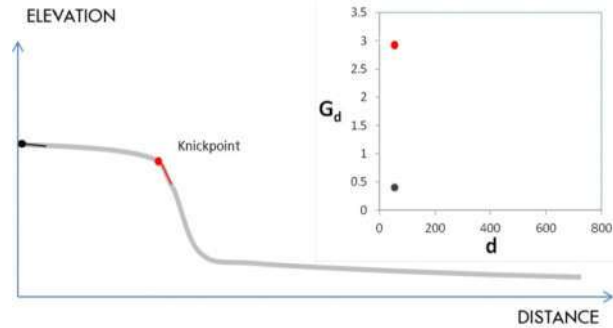
3.1.2. Segmentación de la red de drenajes

Teniendo en cuenta que los modelos ADZ y ADZ-QUASAR operan de forma agregada en la escala de tramo, es importante aclarar que la versatilidad de su estructura conceptual permite llevarlos a escalas espaciales más amplias mediante la consideración de esquemas en serie o en paralelo.

La red de drenaje puede entonces representarse como una serie de tramos interconectados, tal como se ilustra en la Figura 3-1 donde se propone una estrategia de segmentación basada en la identificación de nodos hidrológicos y nodos topográficos, sobre la representación ráster de la red de drenaje. Como nodos hidrológicos se conocen aquellos sitios donde confluyen dos o más corrientes (celdas rojas en la Figura 3-1a) y como nodos topográficos a los sitios en donde se presentan cambios significativos de pendiente, a lo largo del perfil longitudinal de una corriente (*knickpoints*, celdas negras en la Figura 3-1a), tal y como se ilustra en la Figura 3-1b. De esta manera un tramo queda delimitado por la sucesión de dos nodos consecutivos, o entre la sucesión entre cabecera de una corriente y el primer nodo consecutivo en la dirección de drenaje.



(a) Red de drenaje en formato ráster.



(b) Perfil longitudinal.

Figura 3-1. Representación conceptual de la red de drenaje segmentada para análisis de tramos.
Tomada de Jiménez (2015).

3.2. Características morfológicas

Desde las propuestas iniciales de Leopold y Maddock Jr. (1953), el concepto de geometría hidráulica sigue siendo utilizado como instrumento para la estimación de características morfológicas de corrientes. Dicho concepto se refiere a la relación entre variables como el ancho W , la velocidad media U , y la profundidad media H , con el caudal de flujo, de acuerdo con expresiones de la forma mostrada en la ecuación (3-2), donde los a_i, b_i son constantes.

$$W = aQ^b \quad U = a_1Q^{b_1} \quad H = a_2Q^{b_2} \quad (3-2)$$

En virtud de la ausencia de registros de caudal, suele emplearse el área de cuenca A como variable sustituta para la construcción de relaciones de geometría hidráulica (Burns, 1998), teniendo en cuenta que ha mostrado ser un parámetro de escala explicativo en la estimación de caudales medios, mínimos y máximos.

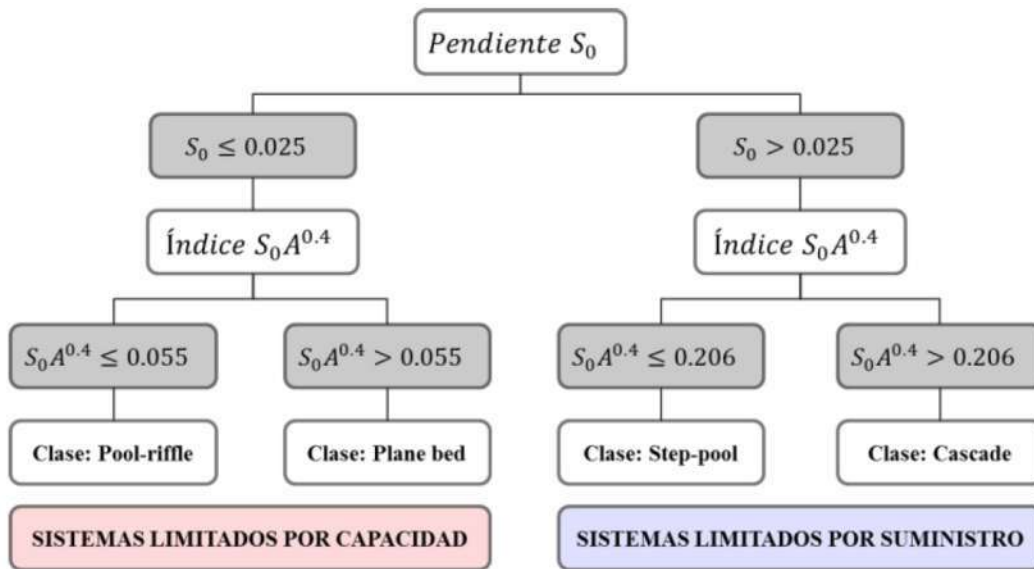
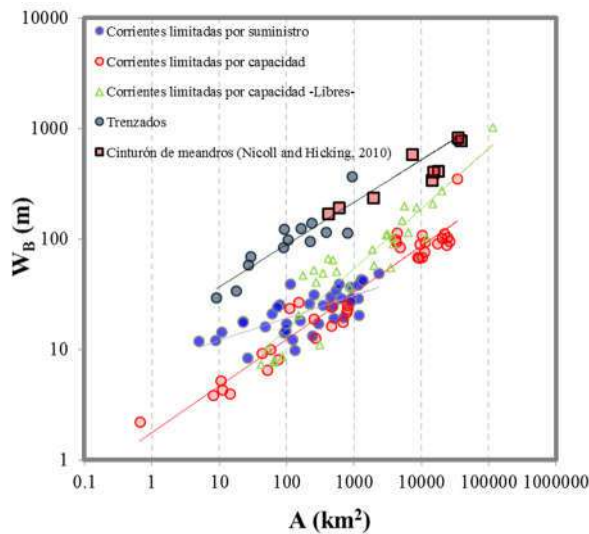


Figura 3-2. Esquema para la clasificación morfológica de tramos. Tomada y modificada de Flores et al. (2006).

La caracterización morfológica de un tramo de corriente, se hace entonces a partir de los términos de su clasificación dentro los tipos morfológicos presentados por Flores et al. (2006) de acuerdo con el árbol de clasificación mostrado en la Figura 3-2, donde la pendiente de un tramo S_0 y el área de cuenca que tributa al mismo A , pueden estimarse mediante el procesamiento del modelo digital de elevación en la región de interés. Los tipos morfológicos se pueden agrupar en dos grandes categorías: sistemas limitados por capacidad de transporte (transport-limited) y sistemas limitados por suministro (supply-limited). Dentro de dichas categorías, a su vez, se encuentran los tipos morfológicos *pool-riffle* (pozo-cruce), *plane-bed* (lecho plano), *step-pool* (escalón-pozo) y *cascade* (cascada).

Cabe anotar que un vasto número de investigaciones han mostrado que pueden diferenciarse procesos físicos en relación con el tipo de morfología de una corriente, tal como su forma para transportar y/o almacenar sedimento, la disponibilidad de hábitat, la forma en que éstos disipan energía y particularmente la forma en que transportan solutos.

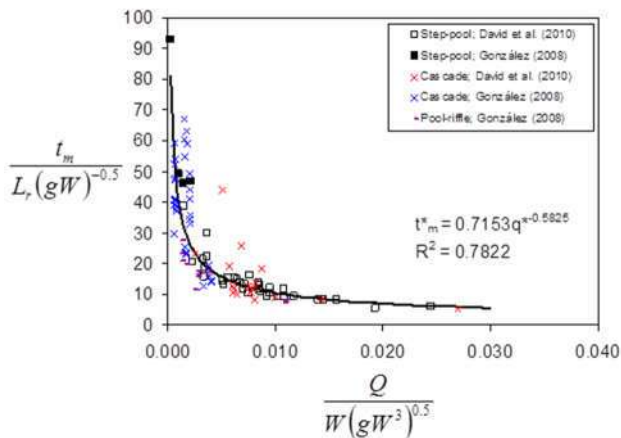
Tras asignar un tipo morfológico a un tramo de corriente, el ancho de su cauce WB puede estimarse de acuerdo con las relaciones de geometría hidráulica para banca llena obtenidas por Jiménez (2015), las cuales están categorizadas de acuerdo con el esquema de clasificación propuesto por Flores et al. (2006) e incorporando como instrumento adicional el grado de confinamiento lateral del tramo, de acuerdo con las relaciones que se muestran en la Figura 3-3.



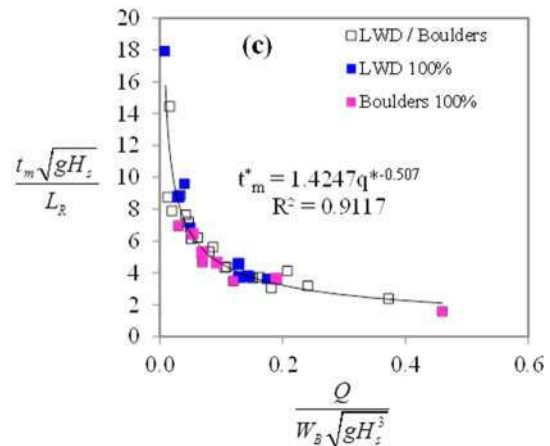
<i>Supply-limited</i>	$W = 7.5789A^{0.2025}$ $R^2 = 0.5063$
<i>Braided</i>	$W = 15.336A^{0.3823}$ $R^2 = 0.8809$
<i>Transport-limited</i>	$W = 1.7828A^{0.41955}$ $R^2 = 0.9264$
<i>Transport-limited free</i>	$W = 1.2399A^{0.5451}$ $R^2 = 0.8628$

Figura 3-3. Relaciones de geometría hidráulica media, obtenidas para el ancho de banca llena.

Si además se conoce el caudal que discurre por la corriente, el ancho del cauce y la morfología pueden usarse para determinar los tiempos medios de viaje t_m , utilizando relaciones empíricas. Jiménez et al. (2010) y Jiménez y Wohl (2013) presentan, con ese propósito, las relaciones que se presentan en la Figura 3-4.

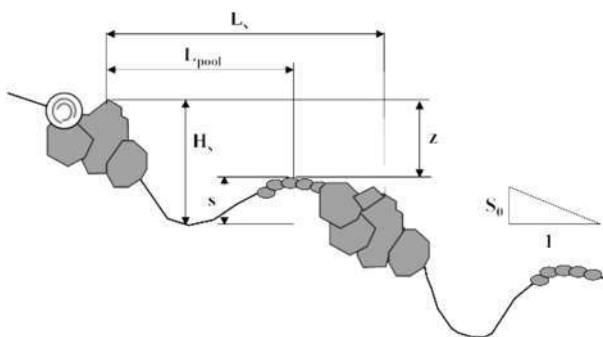


(a) Relación entre el tiempo medio de viaje, el caudal y variables geométricas de un tramo para varios tipos de morfología. Tomada de Jiménez et al. (2010).



(b) Relación entre el tiempo medio de viaje, el caudal y variables geométricas de un tramo para la morfología step-pool. Tomada de Jiménez y Wohl (2013).

Continúa en la siguiente página.



(c) Esquema del perfil de la morfología step-pool, donde H_s , L_s , L_{pool} y S_0 son la altura del escalón, la distancia entre escalones, la longitud de la piscina y la pendiente del tramo respectivamente. Tomada de Jiménez y Wohl (2013).

Figura 3-4. Relaciones empíricas entre el tiempo medio de viaje, el caudal y variables geométricas de un tramo.

3.3. Mecanismos de dispersión

En la escala de tramo se ha demostrado que la advección diferencial y el almacenamiento transitorio pueden ser representados de forma agregada a través del modelo ADZ. Los cuales tienden a convertirse en modelos de mejor aplicación en los casos en que se carece de información detallada. De acuerdo con la representación conceptual del modelo ADZ, describir adecuadamente los mecanismos de dispersión en un tramo de corriente equivale a definir los valores de los parámetros t_m , τ y DF para una condición de flujo Q determinada.

González (2008) analizó el comportamiento de la variabilidad de la fracción dispersiva DF en ríos de montaña y encontró que no sólo ésta tiene alta variabilidad a diferencia de los ríos de planicie, sino que en condiciones de escasez de información puede emplearse una magnitud $DF = 0.272 \pm 0.015$.

Jiménez y Wohl (2013) confirmaron la alta variabilidad de DF en tramos con morfología escalón-pozo y encontraron que ésta podía relacionarse con descriptores morfológicos de dichos sistemas, al igual que los tiempos de viaje t_m y τ . En Camacho (2000) y Lees et al. (2000), se presenta una estrategia para estimar los tiempos de tránsito t_m y τ a través del esquema de simulación MDLC-ADZ que permite realizar el tránsito de caudales y el tránsito de solutos en un segmento de corriente, en forma acoplada.

En el modelo aplicado de transporte de solutos distribuido se tienen en cuenta las diferentes contribuciones para determinar los mecanismos de transporte a nivel de tramo en la red de drenaje. En la Figura 3-5 se esquematiza la estrategia de selección de la aproximación empleada para estimar los parámetros DF , t_m y τ , de acuerdo con los tipos morfológicos definidos previamente.



Figura 3-5. Selección de la estrategia de parametrización del modelo ADZ, de acuerdo con la categoría morfológica de la corriente.

3.4. Escenarios de escorrentía superficial

Además de la caracterización del medio físico, para la implementación del modelo SICA se requiere de la definición de un escenario de escorrentía superficial. La modelación de la escorrentía superficial es un problema de significativo interés en ingeniería y ha sido abordado utilizando marcos conceptuales agregados y distribuidos. Debido a que la conceptualización del modelo SICA es por sí misma semi-distribuida en el espacio, se requiere que el escenario de escorrentía superficial posea esta misma característica.

Teniendo en cuenta lo anterior y considerando la posibilidad de comparar los resultados de simulación de calidad del agua que hace SICA, con los valores medios de los diferentes monitoreos de calidad con que cuenta CORNARE, una primera aproximación al escenario de escorrentía superficial corresponde al de los caudales promedio multianuales, los cuales, ante escenarios de información escasa, pueden ser estimados con la relación de balance hídrico de largo plazo.

3.4.1. Relación de balance hídrico de largo plazo

Para formular el balance hídrico de largo plazo en una porción de territorio, se considera una columna de suelo-atmósfera, que en la mayoría de los casos es asimilable a una cuenca hidrográfica. Bajo la suposición de que el borde inferior de la columna de suelo es un estrato impermeable, lo que permite ignorar las pérdidas subterráneas, y de que el análisis se realiza para un horizonte temporal de larga duración, lo que permite ignorar los cambios en el almacenamiento de agua en el suelo, la escorrentía superficial natural es:

$$R = P - ETR \tag{3-3}$$

donde R es el valor esperado de la escorrentía superficial, P es el valor esperado de la precipitación y ETR es el valor esperado de la evapotranspiración real, variables integradas sobre el borde superior de la columna de suelo. Si además se considera la relación para cuencas $R = Q/A$, con Q igual al

caudal esperado a la salida de la cuenca y A el área tributaria de ésta última, la expresión se reduce a:

$$Q = (P - ETR)A \quad (3-4)$$

El efecto de la regulación hídrica que generan las intervenciones antrópicas puede ser considerado si se conoce el valor promedio de caudal Q_r extraído desde o añadido a la cuenca. En el caso en el que Q_r es extraído de la cuenca su magnitud es negativa, y es positiva en el caso contrario. Ante esto, la ecuación de balance hídrico de largo plazo puede reescribirse como:

$$Q = (P - ETR)A \pm Q_r \quad (3-5)$$

donde el primer término del lado derecho representa la producción natural de la cuenca y el segundo término del lado derecho, las intervenciones antrópicas.

3.4.2. Caudales promedio mensuales multianuales

Escenarios adicionales de escorrentía superficial pueden elaborarse al considerar los caudales promedio mensuales multianuales. Relaciones entre estas cantidades para todos los meses del año y el área de drenaje de la cuenca hidrográfica, fueron desarrollados en la Propuesta Metodológica de Estimación de Caudales Ambientales a Escala Regional (CONVENIO MADS-CORNARE No 366-2015), con base en análisis de escalamiento simple y utilizando datos de caudales promedio mensuales multianuales, que fueron obtenidos mediante modelación hidrológica agregada, en diferentes puntos de la jurisdicción de CORNARE. Las relaciones de escala entre los caudales medios mensuales Q_i en m^3/s y las áreas de drenaje de las cuencas A_i en km^2 poseen la siguiente forma matemática:

$$Q_i = \alpha_i A_i^{\beta_i} \quad (3-6)$$

donde α_i y β_i son parámetros que resultan de un análisis de regresión, y pueden ser consultados para los diferentes meses del año en la

Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Parámetros de escala y coeficientes de determinación de los ajustes en las relaciones potenciales entre el caudal promedio mensual multianual y el área de drenaje, para la jurisdicción de CORNARE. Tomada de (CONVENIO MADS-CORNARE No 366-2015).

Mes	α_i	β_i	R^2
Enero	0,03135378	1,06525282	0,83
Febrero	0,02671181	1,09340339	0,77
Marzo	0,03086688	1,09967330	0,70
Abril	0,05286199	1,08207402	0,67
Mayo	0,07384988	1,06148758	0,76
Junio	0,06176043	1,05817674	0,78
Julio	0,05238555	1,05178022	0,77
Agosto	0,05599164	1,05930451	0,75
Septiembre	0,07513762	1,05113778	0,74
Octubre	0,08278997	1,04725647	0,75
Noviembre	0,07024448	1,05358716	0,77
Diciembre	0,04769809	1,05523384	0,80

Aunque la Ecuación (3-6), en conjunto con los parámetros de la

Tabla 3-1, permiten estimar de manera directa los caudales promedio mensuales multianuales, es importante considerar que la estimación que con ellos se lograría del promedio anual multianual, podría ser diferente a la estimación que se hace con el modelo de balance hídrico de largo plazo. Con el objeto de igualar estos valores promedio, se puede utilizar la siguiente expresión:

$$Q_i = \frac{Q}{\bar{Q}_i} \alpha_i A_i^{\beta_i} \quad (3-7)$$

donde Q_i representa el caudal promedio mensual multianual, escalado para que el valor promedio de los caudales medios mensuales multianuales \bar{Q}_i sea igual al caudal promedio multianual Q , obtenido por balance hídrico de largo plazo. De esta manera, el valor promedio multianual quedaría estimado con el método de balance hídrico de largo plazo y la variabilidad intraanual seguiría las relaciones de escala de los caudales promedio mensuales multianuales.

Finalmente, la regulación antrópica en la cuenca también puede ser considerada a la escala promedio multianual, en el caso en el que se conocen los caudales promedio de regulación mensuales $Q_{r,i}$. En tal caso, la Ecuación (3-7) tomaría la forma:

$$Q_i = \frac{Q}{\bar{Q}_i} \alpha_i A_i^{\beta_i} \pm Q_{r,i} \quad (3-8)$$

3.5. Cargas base de sólidos suspendidos totales

Como se ha mencionado antes, las cuencas son sistemas altamente dinámicos, en los que las características morfométricas, las condiciones de cobertura y el suelo, se interrelacionan continuamente con elementos meteorológicos. El resultado de esta interacción son los procesos de escorrentía y el transporte de sedimentos, los cuales ocurren de forma natural y pueden ser alterados por la mano del hombre. Particularmente, en lo que se refiere a la producción de sedimentos y para caracterizar la condición natural, antes de la intervención antrópica que se analiza en una parte posterior, el modelo SICA permite incluir un campo de concentraciones base. Este apartado se dedica a describir la conceptualización, utilizada en este trabajo, para determinar los mapas de concentraciones base promedios mensuales y el mapa de concentración base promedio anual.

3.5.1. Balances de sedimentos en el largo plazo

Para una unidad topológica, asimilable a una celda de aquellas en las que ha sido el terreno, o a un tramo de una corriente, Wilkinson et al. (2014) presentan una conceptualización (ver la donde el proceso de producción de sedimentos primario, corresponde a la formación de surcos, cárcavas y canales en las partes altas de la cuenca, cuyo aporte es denotado como G_x . Por otro lado, a la unidad topológica ingresan sedimentos producidos y transportados desde laderas adyacentes, a través de procesos de erosión laminar H_x . Al interior del cauce, también tienen lugar procesos de producción de sedimento, que se acentúan en ríos de planicie en los que la disipación de energía se logra, entre

otros, a través de la migración lateral del cauce y que se traduce en la constante erosión de las márgenes o bancas del río B_x .

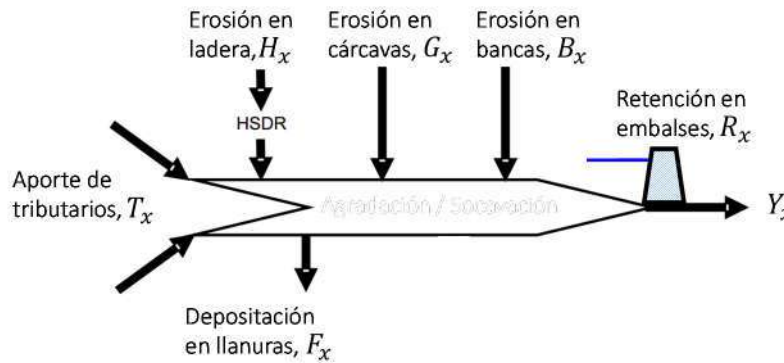


Figura 3-6. Fuentes y sumideros de sedimento en el balance de sedimentos de una unidad topológica. Modificada de Wilkinson et al. (2009).

Adicionalmente, por la acción de eventos de desbordamiento del flujo sobre el nivel de banca llena, se genera en el largo plazo la depositación de sedimentos en las llanuras de inundación F_x , razón por la cual dicho proceso es considerado como un sumidero en el esquema conceptual. Del mismo modo se considera como sumidero el intercambio de sedimentos entre el canal principal y cuerpos de agua aledaños como lagos o ciénagas y finalmente el atrapamiento de los mismos en embalses.

De acuerdo con lo anterior, la carga de sedimento aguas abajo de una unidad topológica Y_x (ton/año) puede estimarse de acuerdo con la Ecuación (3-9), donde H_x (ton/año) representa la contribución de sedimentos debido a procesos en la ladera, T_x (ton/año) es la contribución de los tributarios a la unidad topológica de interés, G_x (ton/año) es la contribución por erosión en cárcavas, B_x (ton/año) representa la contribución debida a procesos de erosión en banca, F_x (ton/año) es el sedimento que se deposita en la llanura de inundación correspondiente y R_x (ton/año) es el sedimento atrapado por embalses.

$$Y_x = T_x + H_x + G_x + B_x - F_x - R_x \quad (3-9)$$

Aunque la Ecuación (3-9) no reviste mayor complejidad para su evaluación, requiere de una cantidad significativa de información, a la que no se tiene acceso con frecuencia. No obstante, existen elementos que permiten evaluar términos que contribuyen de manera más significativa al cálculo de Y_x . Es así que para este trabajo se consideran los aportes de ladera, los aportes de tributarios y la retención en embalses.

3.5.2. Erosión en ladera

La estimación de los aportes de sedimentos generados por erosión laminar en las laderas H_x , se hizo a través de la metodología RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos (NRCS – USDA en la actualidad) la cual viene expresada por:

$$E_x = R K LS C P \quad (3-10)$$

donde E_x es la erosión laminar en $\text{ton m}^{-2}.\text{año}^{-1}$, R la erosividad de la lluvia $\text{MJ.mm m}^{-2}.\text{h}^{-1}$, K la erodabilidad del suelo $\text{ton.h MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$, LS el factor topográfico, C las coberturas del suelo y P las prácticas de manejo del mismo.

Así, para cada unidad topológica, es posible estimar la contribución H_x de acuerdo con la Ecuación (3-11), donde $HSDR$ corresponde al coeficiente de aporte de sedimentos (factor adimensional entre 0 y 1) y representa la depositación de partículas debido a la reducción de la capacidad de transporte de sedimentos de la escorrentía superficial a lo largo de una ladera o sub-cuenca. El área de la ladera o subcuenca viene dado por A_L .

$$H_x = HSDR E_x A_L \quad (3-11)$$

3.5.2.1. Erosividad de la lluvia (R)

Este parámetro se estima a través de intensidades de lluvia de baja duración. Debido a la escasa información disponible con resolución temporal adecuada, se hace necesario recurrir a métodos estimativos basados en resoluciones temporales más gruesas. Para el caso del territorio colombiano, Pérez (2001) propone una relación entre el factor R en $\text{kJ.mm.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$ y los valores de precipitación promedio multianual P en mm.año^{-1} , de la región, a través de la siguiente expresión:

$$R = 1.19254 \times 10^{-5} P^{1,7014} \quad (3-12)$$

De manera que para obtener un campo de erosividad de la lluvia, se requiere un mapa de precipitaciones promedio multianuales en la región de estudio.

3.5.2.2. Erodabilidad del Suelo (K)

La erodabilidad se refiere a la pérdida de suelo provocada por la acción directa de la lluvia, la escorrentía superficial y la infiltración, en tanto que el factor de erodabilidad en el modelo RUSLE considera únicamente la influencia de las propiedades del suelo en dicha pérdida.

La estimación de la erodabilidad mediante experimentos en parcelas es una tarea difícil, costosa y con alto nivel de incertidumbre durante su posterior generalización hacia extensas áreas de estudio, es por ello que en números estudios se buscan relacionar este parámetro con propiedades más generales

de los suelos. Dentro de las más conocidas se encuentra la propuesta de Wischmeier et al. (1971) quienes proponen estimar el factor de erodabilidad como sigue:

$$K = \frac{0.00021M^{1,14}(12 - OM) + 3,25(s - 2) + 2,5(p - 3)}{100} \quad (3-13)$$

donde s es el código de la estructura de suelo, M es el parámetro de tamaño de partícula y p es la clase del perfil de permeabilidad.

Sin embargo, el uso de expresiones como la Ecuación (3-13), siguen siendo de aplicación limitada en Colombia, porque la información necesaria para su uso no se encuentra disponible. Un segundo nivel de aproximación, se basa en su relación con las geoformas presentes en la zona de estudio. Una de las clasificaciones que mayor diferenciación de tipos geomorfológicos ofrece es la propuesta por Zaragoza et al. (2007), la cual se presenta en la Tabla 3-2.

Tabla 3-2. Factor de erodabilidad en $\text{ton.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}$ asociado a diferentes geoformas. Tomada de Zaragoza et al. (2007).

Descripción	K	Descripción	K	Descripción	K	Descripción	K
Aluvión	0,24	Calcáreas y areniscas	0,14	Conglomerados y arcillas	0,22	Limos y arenas	0,28
Arcillas	0,28	Calcáreas y dolomías	0,14	Conglomerados y margas: caliche	0,18	Limos, arcillas rojas y caliche continental	0,30
Arcillas y conglomerados	0,28	Calcáreas y margas	0,22	Conglomerados, areniscas y arcillas	0,16	Margas	0,32
Arcillas, margas y yesos	0,30	Caliza zoógena	0,14	Cuaternario indiferenciado arenas, gravas	0,22	Margas abigarradas yesíferas	0,32
Arenas	0,26	Cantos, gravas y limos	0,20	Detrítico cañadas	0,24	Margas ocre claro con niveles arenosos	0,32
Areniscas	0,18	Cantos, gravas, arenas y arcillas	0,20	Dolomías	0,14	Margas y areniscas	0,28
Areniscas calcomargosas y margas	0,24	Cantos, gravas, arenas y limos	0,20	Dunas	0,26	Margocalizas	0,16
Calcarenita	0,16	Conglomerado arcilloso y arcillas	0,16	Lentejón detrítico intercalado	0,20	Terra rossa: dolinas	0,28
Calcáreas tobáceas	0,14	Conglomerado tramo regresivo	0,16	Limos y arcillas	0,28		

3.5.2.3. Factor topográfico (LS)

Este parámetro considera la afectación generada por la topografía sobre la erosión laminar. La geometría del terreno afecta directamente la capacidad de arrastre de sedimentos por parte de las aguas de escorrentía; en efecto, entre más altas sean las pendientes, mayores serán las velocidades de flujo, y entre más largas sean las trayectorias de drenaje, mayor escorrentía será acumulada, ocasionando en ambos casos un aumento en la capacidad de arrastre de los sedimentos.

Para el cálculo del factor LS , Van Remortel et al. (2001), proponen una metodología que utiliza como insumos al MDE y su mapa de direcciones de drenaje asociado. El método consiste en calcular el ángulo de pendiente máxima en la dirección del flujo μ , luego localizar las celdas de cabecera, siendo éstas las zonas que no reciben flujo desde ninguna otra celda, y posteriormente estimar las distancias no acumuladas en la dirección del flujo. Con ello resuelto, se produce un mapa de longitudes acumuladas $L_{m\acute{a}x}$ en pies, estimado a través de una suma de longitudes de terreno desde la cabecera de cuenca más distante a la celda analizada. Finalmente, el factor LS se calcula como:

$$LS = \left(\frac{L_{m\acute{a}x}}{72,6}\right)^m (65,41 \text{ Sen}^2\mu + 4,56 \text{ Sen } \mu + 0,065) \quad (3-14)$$

Es importante resaltar que el factor LS es adimensional. Por otro lado, el exponente m se estima así:

$$m = \begin{cases} 0,2 & \mu < 0,57^\circ \\ 0,3 & 0,57^\circ \geq \mu < 1,72^\circ \\ 0,4 & 1,72^\circ \geq \mu < 2,86^\circ \\ 0,5 & \mu \geq 2,86^\circ \end{cases} \quad (3-15)$$

Van Remortel et al. (2001) también proponen un umbral que permite considerar los procesos de depositación/erosión a lo largo de las distancias evaluadas. Para ello, se realiza un análisis del cambio de pendiente evaluado de una celda con respecto a la pendiente de la siguiente celda en la dirección del flujo. Así pues, si esa variación en pendientes es mayor o igual al umbral, las longitudes acumuladas se descartaran. En este trabajo no se empleó tal umbral, porque se introdujo explícitamente el factor $HSDR$, para cuantificar las pérdidas de sedimento en las laderas que tributan a cada unidad topológica.

3.5.2.4. Cobertura vegetal (C)

La cobertura vegetal es de gran importancia dentro del proceso de producción de sedimentos en una ladera. Ella disminuye la capacidad del agua para arrastrar finos del suelo. Referencia (fecha) definieron algunos valores para el factor C , con base en la metodología de clasificación Corine Land Cover, a diferentes niveles. Como se muestra en la Tabla 3-3.

Tabla 3-3. Valor del factor de cobertura vegetal.

Cobertura (Corine Land Cover)		Factor C
Nivel 2	Nivel 3	
Bosques	Bosque natural denso	0,001

	Bosque natural fragmentado	0,007
	Bosque natural plantado	0,005
Cultivos anuales o transitorios	Otros cultivos anuales o transitorios	0,4
Áreas agrícolas heterogéneas - Mosaicos	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	0,15
Cultivos permanentes	Café	0,1
	Otros cultivos	0,3
	Frutales	0,25
Pastos	Pastos limpios	0,2
	Pastos arbolados	0,06
	Pastos enmalezados o enrastrados	0,04
Áreas abiertas sin o con poca vegetación	Tierras desnudas o degradadas	0,7
Aguas continentales	Aguas continentales	0,0001
Zonas urbanas	Zonas urbanas	0,0001

De este modo, para obtener los valores del factor C se requiere disponer de un mapa de cobertura vegetal en la zona de estudio.

3.5.2.5. Prácticas de manejo (P)

Las acciones antrópicas pueden promover o disminuir la producción de sedimentos, esto dependiendo de la actividades del hombre en el suelo. Para caracterizar este proceso, Montoya et al. (2006) propusieron algunos valores para el parámetro P , según el uso de suelo, basados en análisis realizados para el estudio de erosión en la cuenca hidrográfica del río La Miel. Dichos valores se presentan en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4. Valores del factor de prácticas de manejo.

Uso del suelo	Factor P
Ganadería	0,4
Urbano	0,4
Forestal	0,7
Conservación	0,7
Agricultura	0,5

Se infiere de aquí que, para obtener un mapa de factores P , se requiere de un mapa de usos del suelo de la zona de estudio.

3.5.2.6. Regionalización del factor HSDR

Para estimar el factor $HSDR$ se empleó el índice de conectividad IC propuesto por Borselli et al. (2008), el cual representa la conectividad potencial entre diferentes sectores de una cuenca. Conceptualmente, dicho índice considera la probabilidad de que el sedimento que puede llegar a un sumidero B, desde una posición A ubicada aguas arriba en el esquema de drenaje, como la ilustrada en la Figura 3-7, es inversamente proporcional a la longitud de la trayectoria que conecta a A con B, pero adicionalmente depende de la cantidad de sedimento generado aguas arriba de A, que efectivamente llega a éste punto. De esta manera, la probabilidad p de que una unidad de masa que llega a A alcance la red de drenaje en B, puede expresarse como:

$$p = p_u p_d \tag{3-16}$$

donde p_u es la probabilidad de que las fuentes de sedimento aguas arriba de A estén más o menos conectadas a éste sitio, y p_d la probabilidad de que el sedimento llegue a B, luego de recorrer la trayectoria A-B.

Para representar p_d , además de la longitud de la trayectoria se consideran como factores adicionales que favorecen o desfavorecen a la conectividad, la pendiente hacia aguas abajo y el uso que se le da al suelo, toda vez que éstos promueven la ganancia o pérdida de sedimento.

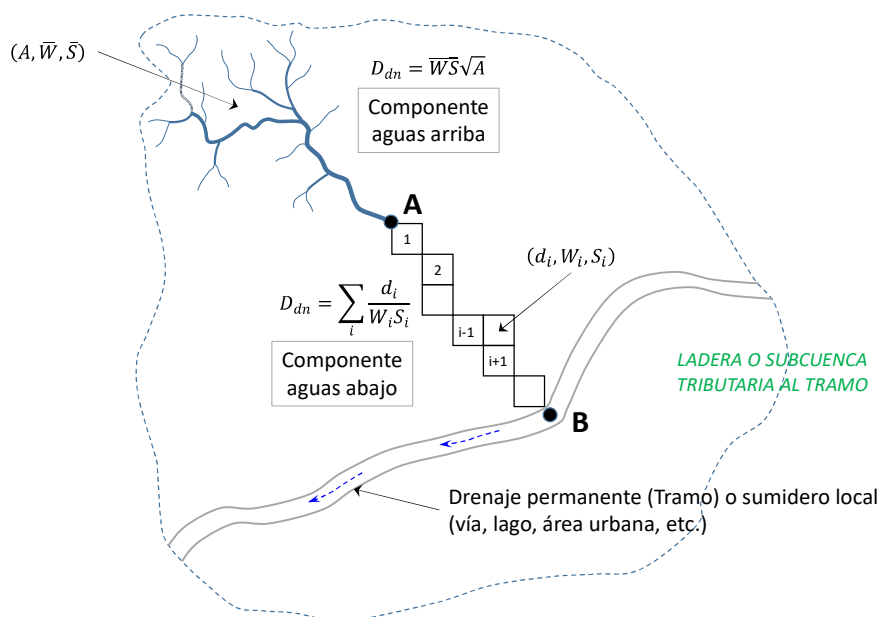


Figura 3-7. Esquema de las variables involucradas en la estimación del índice de conectividad. Modificada de Borselli et al. (2008).

De acuerdo con lo anterior, p_d es inversamente proporcional al componente hacia aguas abajo D_{dn} , el cual se estima como:

$$D_{dn} = \sum_i^n \frac{d_i}{W_i S_i} \tag{3-17}$$

donde d_i es la longitud en metros de la i -ésima celda, a lo largo de la trayectoria hacia aguas abajo, W_i es un factor de ponderación asimilable a la cobertura y S_i es la pendiente en la dirección de drenaje en m/m.

En forma análoga, la probabilidad p_u se relaciona con los mismos factores. La diferencia es que al expandir el análisis hacia un área (el de la cuenca tributaria a cualquier punto A), el componente hacia aguas arriba D_{up} se estima como una función de los valores medios en la cuenca tributaria de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$D_{up} = \bar{W} \bar{S} \sqrt{A} \tag{3-18}$$

donde \bar{W} es el factor de ponderación promedio de la cuenca, \bar{S} es la pendiente promedio de la cuenca en m/m y A es el área de drenaje, tributaria al punto A.

A partir de las cantidades D_{dn} y D_{up} se define el índice de conectividad de la unidad topológica IC :

$$IC = \log_{10} \left(\frac{D_{up}}{D_{dn}} \right) \quad (3-19)$$

El valor de IC varía en el rango $(-\infty, +\infty)$ e indica mayor conectividad entre más alta sea su magnitud.

Luego de evaluar diferentes métricas en modelos de producción de sedimentos Vigiak et al. (2012) propusieron la regionalización del factor $HSDR$ como una función de IC , a través de la siguiente expresión:

$$HSDR = HSDR_{m\acute{a}x} \left(1 + \exp \left(\frac{IC_0 - IC}{k} \right) \right)^{-1} \quad (3-20)$$

donde el factor $HSDR$ se calcula para la unidad topológica de análisis, IC representa el índice de conectividad medio en la unidad topológica, $HSDR_{m\acute{a}x}$ corresponde al valor máximo que puede alcanzar el factor $HSDR$, es decir, 1, y finalmente, IC_0 y k son parámetros de calibración que Vigiak et al. (2012) obtuvieron iguales a 0.5 y 2, respectivamente, encontrando además correspondencia con otros estudios. Debido a ello, dichos autores sugieren que los parámetros de calibración de la Ecuación (3-20) son independientes del paisaje topográfico.

3.5.3. Retención en embalses

En la jurisdicción de CORNARE se encuentra una cadena de embalses muy importante para Colombia, en términos de producción de energía eléctrica, la cual conforman los embalses de Peñol-Guatapé, San Lorenzo, Playas y Punchiná; así mismo, dentro de la jurisdicción de la Corporación se ubica el embalse de La Fe, que atiende una parte de la demanda de agua para consumo en la ciudad de Medellín y su área metropolitana, entre otros embalses, la mayoría de ellos a filo de agua.

Debido a esto, se hace necesario determinar el porcentaje del sedimento que es depositado en dicho tipo de embalses. Brune (1953) indica que la eficiencia de retención en embalses depende de un gran número de factores, encontrándose entre ellos la relación entre capacidad de almacenamiento y caudal que ingresa al mismo, la edad del embalse, la forma del embalse, el tipo de desagües y métodos utilizados, las características de tamaño de grano del sedimento y el comportamiento de las fracciones finas bajo varias condiciones. Otros trabajos describen ejercicios de correlación, realizados para determinar la eficiencia de retención con uno o varios de estos factores. Uno de los más ampliamente usados ha sido la curva empírica propuesta por Brune en 1953 a partir de un análisis de 44 registros de eficiencia de retención en embalses. Por otro lado, Morris (1963) propuso una expresión que relaciona la eficiencia de retención de sedimentos TE en porcentaje, con la relación entre capacidad de almacenamiento y caudal que ingresa al mismo C/I . La expresión se presenta a continuación:

$$TE = \frac{C/I}{0.012 + 1.02 C/I} \quad (3-21)$$

3.5.4. Aportes de sedimento desde tributarios de aguas arriba

Para finalizar la descripción del método de estimación de las cargas base de sólidos suspendidos totales, es preciso hacer la siguiente síntesis procedimental: (i) El territorio se divide en unidades topológicas, que son asimilables a una celda de aquellas que componen el MDE o a un tramo identificado sobre la red de drenaje, (ii) para cada una de estas unidades se estima la erosión laminar en ladera, utilizando la ecuación RUSLE, (iii) de igual forma se estima la relación de entrega de cada unidad topológica, lo que se hace con el factor *HSDR*, (iv) se calcula el transporte del material erosionado en ladera, al multiplicar los resultados de los pasos ii y iii, (iv) luego se realiza la retención en los embalses y, finalmente, (v) se trasladan las cargas transportadas por cada unidad topológica hacia la unidad topológica siguiente en la dirección de drenaje.

3.6. Plataforma de simulación

La herramienta SICA ha sido implementada en el sistema de información geográfica MapWindow GIS 4.8.8. En lo que sigue, se describen las características generales de esta aplicación.

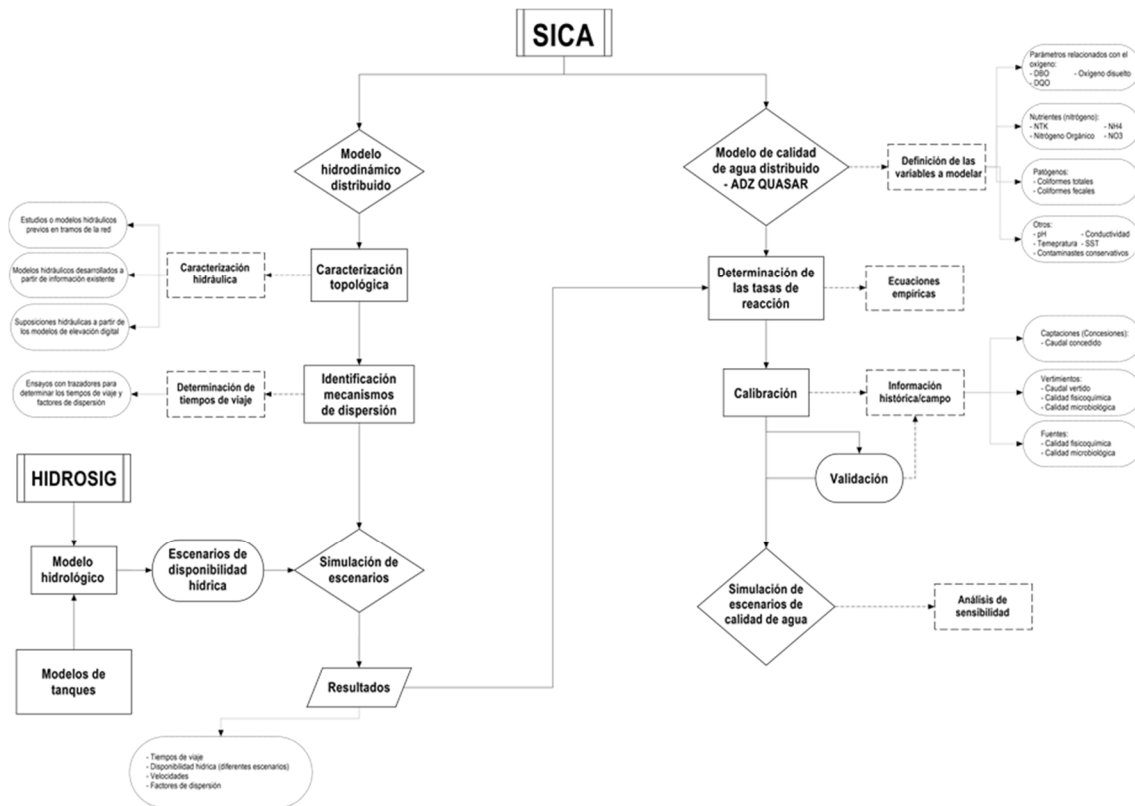


Figura 3-8. Esquema conceptual del SICA.

3.6.1.1. Esquema metodológico de modelación en SICA

El desarrollo de esta herramienta se hizo teniendo en cuenta que MapWindow GIS es de acceso libre y de código abierto. Adicionalmente, más allá de ofrecer las capacidades básicas de cualquier sistema de información geográfica, dentro de este sistema (en su versión 4.6) se encuentra disponible la última versión de HidroSIG, un desarrollo de la Universidad Nacional de Colombia (Sede Medellín). Ésta versión incluye módulos para la delimitación automática de cuencas hidrográficas, la estimación de caudales medios, la configuración de bases de datos de objetos geográficos y el almacenamiento de series históricas de calidad de agua y variables hidroclimáticas, el análisis morfológico de cuencas y corrientes, la estimación de la disponibilidad hídrica en la red de drenaje en una cuenca, entre otros.

Las herramientas de HidroSIG, que se encuentran en la plataforma MapWindow GIS, son de vital importancia a la hora de cuantificar la oferta hídrica, además de que se utiliza como base para la arquitectura de la implementación del modelo SICA. En la Figura 3-8 se presenta un esquema conceptual general de la herramienta SICA, en el cual se muestran las etapas más importantes del proceso de modelación. En los siguientes apartados se amplía la información sobre estas etapas.

3.6.1.2. Modelo hidrodinámico distribuido

En esta etapa se realiza la caracterización del medio físico. En orden a eso se debe contar con un mapa de modelo digital de elevación, con su respectiva red de drenaje, que permitan la generación de los mapas base descritos en la Figura 3-9a, mediante el uso de las herramientas de procesamiento morfológico e hidrológico, por los paquetes MapWindow GIS e HidroSIG.

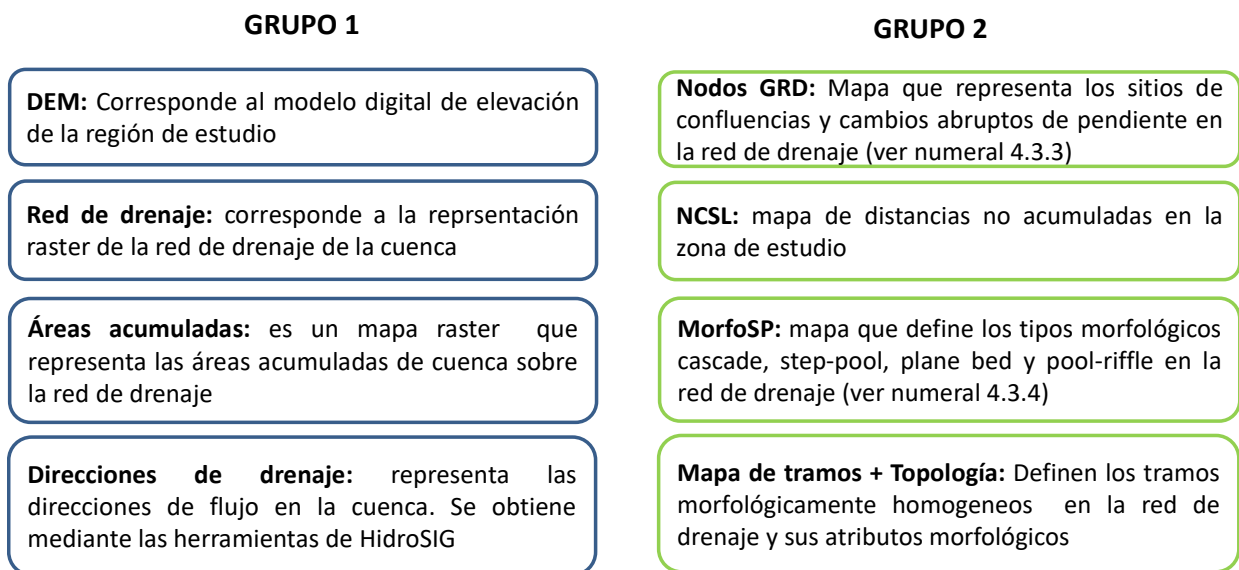


Figura 3-9. Clasificación de información de entrada para la simulación en la herramienta SICA.

La información base se utiliza para generar los productos topológicos y morfométricos, descritos en la Figura 3-9b, de acuerdo con el procedimiento descrito en los numerales previos. Esto permite establecer los segmentos y tramos diferenciados de acuerdo a sus características más importantes, así como cuantificar los mecanismos de transporte de sustancias, gobernantes en cada uno de ellos.

Antes de continuar con la fase de modelación de calidad de agua es necesario definir los escenarios de disponibilidad del recurso.

3.6.1.3. Modelo de calidad del agua distribuido

Aunque los modelos ADZ y ADZ-QUASAR operan de forma agregada en la escala de tramo, su versatilidad en estructura conceptual permite llevarlos a escalas espaciales más amplias mediante la consideración de esquemas en serie o en paralelo, pudiendo desarrollar un modelo distribuido regionalizado a partir de una red de drenaje en formato *raster* segmentada a partir del tamaño de pixel definido por la escala espacial de trabajo seleccionada y adecuada.

En esta etapa se hace importante la información disponible para configurar el modelo de calidad. Los Nodos antrópicos: representan las capas (*shapefiles*) correspondientes a sitios de vertimiento, sitios de captación y sitios de control. Éstos últimos corresponden a sitios sobre la red de drenaje sobre los cuales se quiere observar la variación en el tiempo de una variable de calidad de agua específica.

3.6.1.4. Análisis de incertidumbre

La estrategia de simulación adoptada por el SICA se basa en esquemas conceptuales que integran desarrollos teóricos y empíricos que en esencia poseen algún grado de incertidumbre, la cual repercute en los resultados que se obtienen luego de su aplicación, mucho más por tratarse de un esquema de simulación distribuida.

El modelo distribuido tiene diferentes fuentes de incertidumbre que puede tomarse en dos grupos de principal importancia. El primero se refiere a las fuentes inherentemente relacionadas con el DEM, que se propagan por el área de la cuenca que se requiere para estimar tanto el cauce de banca llena (W_B) y el índice potencial específico ($S_0A^{0.4}$) necesario, a su vez, en el esquema de clasificación morfológica. Así mismo, el gradiente de flujo S_0 es una variable sensible a los cambios de resolución de los modelos de elevación digital. El segundo grupo se refiere a las contribuciones provenientes de las relaciones empíricas utilizadas para dimensionar las parametrizaciones del modelo ADZ.

La Figura 3-10 esquematiza, de forma general, los componentes de la incertidumbre que considera la herramienta SICA. El área de la cuenca y la pendiente del canal se obtienen a partir del modelo digital y la segmentación de la red de drenaje (Paso No. 1), esto permite la clasificación morfológica del tramo de corriente (Paso No. 2). Luego de conocer la clase morfológica de los tramos, pueden estimarse su ancho de banca llena a través de un intervalo [$W_{B\ min} - W_{B\ max}$] cuyos límites están definidos en términos de los intervalos de predicción de relaciones empíricas que se muestran en la Figura 3-11a y Figura 3-11b.

El ancho de banca llena seleccionado se convierte en insumo para la obtención de los parámetros del modelo ADZ, para el caso de los sistemas limitados por el suministro, es necesario establecer mecanismos que permitan una mejor definición del ancho, debido a que los tiempos de tránsito bajo este esquema dependen no sólo del ancho de banca llena sino de la altura promedio de escalón y la longitud escalón-escalón en la secuencia aleatoria (Jiménez y Wohl, 2013). Mientras que en los sistemas con capacidad limitada, las contribuciones a la incertidumbre vienen dadas por las variaciones de los parámetros DF , β y n_{Mann} dentro de intervalos equiprobables, y su interacción dentro del modelo MDLC-ADZ (Camacho, 2000; Lees et al., 2000).

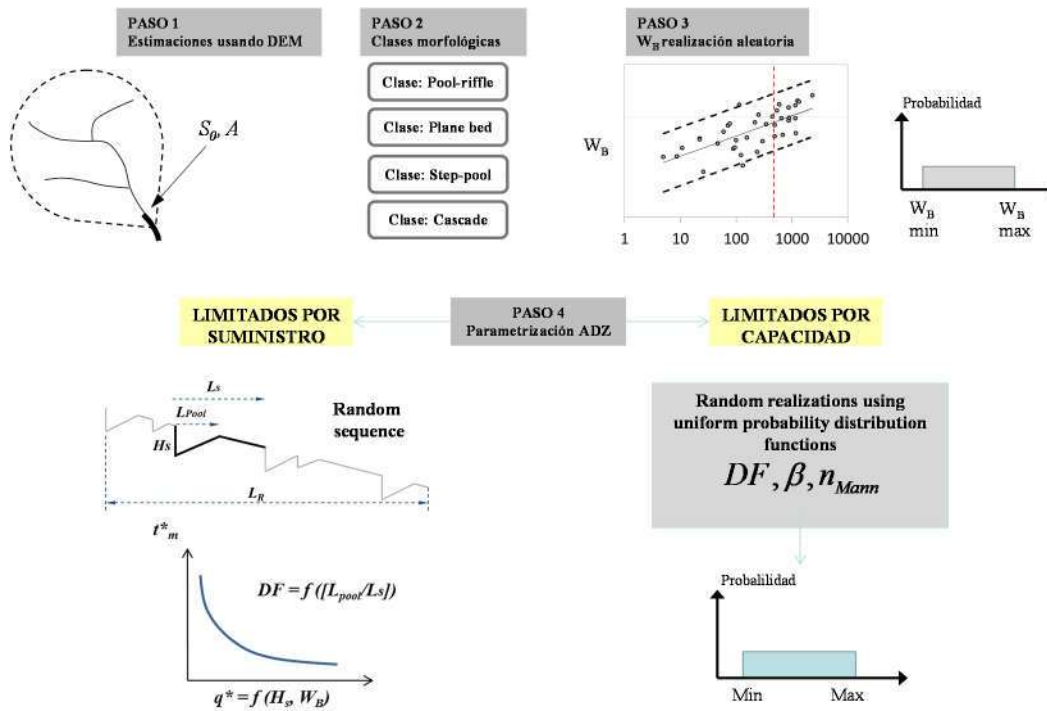


Figura 3-10. Propagación de la incertidumbre de acuerdo con la conceptualización del modelo de transporte de solutos SICA. Tomada de Jiménez (2015).

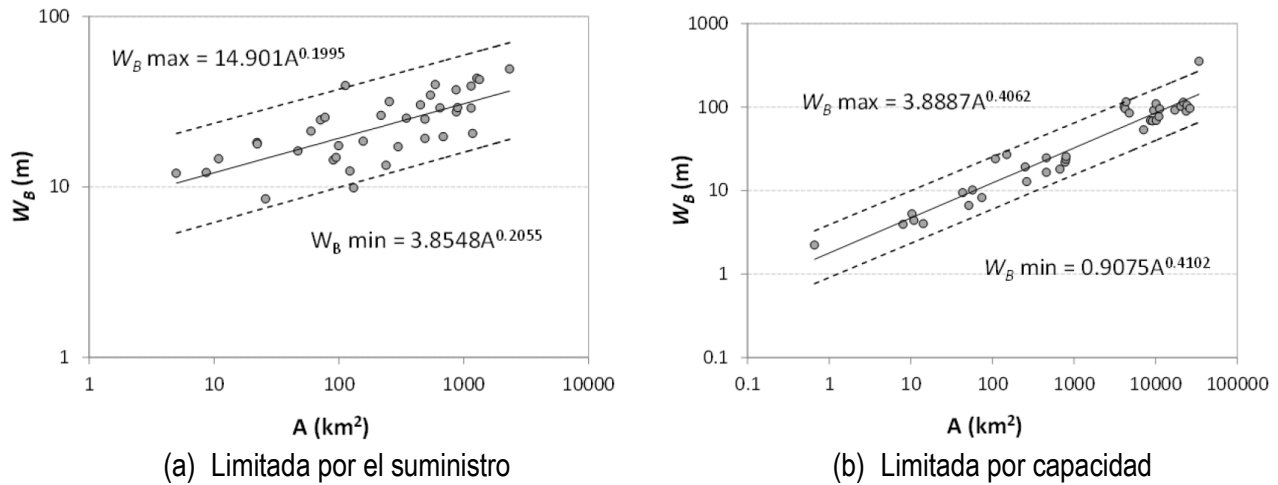


Figura 3-11. Intervalos de predicción para las ecuaciones de geometría hidráulica que relacionan el área de cuenca con el ancho de banca llena.

3.6.2. Relaciones matemáticas para la modelación de la calidad del agua

3.6.2.1. Sólidos suspendidos totales

La Ecuación (3-1) puede ser adaptada para la modelación de los sólidos suspendidos totales, de la siguiente manera:

$$\frac{dSST(t)}{dt} = \frac{1}{t_m} \frac{1}{\tau} [e^{-k_{sst}\tau} SST_u(t_m - \tau) - SST(t)] - k_{sst} SST(t) \quad (3-22)$$

donde SST representa la concentración de sólidos suspendidos totales y k_{sst} representa la tasa de sedimentación de éste constituyente. La tasa de sedimentación se estima como:

$$k_{SST} = \frac{v_{SST}}{H} \quad (3-23)$$

donde v_{SST} es la velocidad de sedimentación de los sólidos suspendidos totales y H es la profundidad promedio del agua. Para calcular el valor de v_{SST} en m/d se utiliza la propuesta de Van Rijn (1993), la cual depende del diámetro característico del sedimento d en milímetros:

$$v_{SST} = \begin{cases} \frac{(G - 1)gd}{18\mu} & 0,001 < d \leq 0.1 \\ \frac{10\mu}{d} \left[\left(1 + \frac{0,01(G - 1)gd^3}{\mu^2} \right)^{0.5} - 1 \right] & 0,1 < d \leq 1 \\ 1.1[(G - 1)gd]^{0.5} & d > 1 \end{cases} \quad (3-24)$$

donde G es la gravedad específica del sedimento y μ la viscosidad cinemática del agua.

3.6.2.2. Demanda química de oxígeno

Se supone que la demanda química de oxígeno (DQO) es degradada en relación con la velocidad de sedimentación de las partículas adsorbidas a los sólidos, de modo que se emplea la tasa k_{sst} como parámetro de degradación (ANLA, 2013). De esta manera:

$$\frac{dDQO(t)}{dt} = \frac{1}{t_m} \frac{1}{\tau} [e^{-k_{sst}\tau} DQO_u(t_m - \tau) - DQO(t)] - k_{sst} DQO(t) \quad (3-25)$$

donde DQO es la concentración de la demanda química de oxígeno.

3.6.2.3. Demanda bioquímica de oxígeno

A continuación se presenta el procedimiento de cálculo de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que proponen Hernández y Camacho (2014). La DBO modelada es la DBO última carbonácea ($CDBO_u$); sin embargo, dado que la mayoría de los laboratorios solo reportan la de 5 días (DBO_5 , nitrificación inhibida), la $CDBO_u$ se estima a partir de la siguiente relación:

$$CDBO_u = \frac{CDBO_5}{1 - \exp(-5k_1)} \quad (3-26)$$

donde k_1 es la tasa de descomposición de la CDBO en botella. Cuando no se conoce su valor, se recomienda tomarla igual a $0,23 \text{ d}^{-1}$. Esta cantidad fue propuesta por Brown y Barnwell (1987).

Para la modelación de la CDBO, se obtiene:

$$\frac{dDBO(t)}{dt} = \frac{1}{t_m} \frac{1}{\tau} [e^{-k_{DBO}\tau} DBO_{in}(t_m - \tau) - DBO(t)] - k_r DBO(t) - 0,00286 k_{nd} NO_3(t) \quad (3-27)$$

donde:

$$k_{DBO} = k_r + 0,00286 k_{nd} \frac{NO_3(t)}{DBO(t)} \quad (3-28)$$

$$k_r = [1 - \exp(-k_{ox} O_u)] k_{DBO} \quad (3-29)$$

donde k_{ox} es el coeficiente exponencial para el efecto de la disminución de la concentración de oxígeno disuelto en la tasa de decaimiento de la DBO. El valor 0,00286 en la ecuación (3-28) es una constante estequiométrica que considera el efecto de la desnitrificación sobre el contenido de carbono (Pelletier et al., 2006).

3.6.2.4. Oxígeno disuelto

El modelo completo para la determinación del oxígeno disuelto en cualquier paso del tiempo es:

$$O(t) = \frac{\exp(k_{OD}\tau)O_u + k_a T_r O_s}{k_a T_r + 1} \quad (3-30)$$

donde t_m es el tiempo medio de viaje, τ es el tiempo de primer arribo, O_u es el oxígeno aguas arriba, O_s es la concentración de saturación de oxígeno disuelto, k_a es la tasa de reaeración y T_r es el tiempo de rezago del modelo ADZ. De acuerdo con las relaciones que expone Rojas (2011), la tasa de desoxigenación k_{OD} se puede estimar como:

$$k_{OD} = k_r \frac{O_u}{O_s} - 4,57k_n \frac{NTK}{O_s} - k_r \frac{DBO_u}{O_s} \quad (3-31)$$

donde k_n es la tasa de decaimiento del nitrógeno y k_r es la tasa de decaimiento de la materia orgánica

El valor de saturación de oxígeno es calculado con la siguiente expresión:

$$O_s = O_{sf}(1 - 0,1148H) \quad (3-32)$$

donde H representa la elevación sobre el nivel del mar en kilómetros.

Para corrientes de montaña se recomienda utilizar la expresión formulada por Tsvoglou y Neal (1976) con el objeto de obtener la tasa de reaeración k_a :

$$k_a = c \frac{\Delta H}{t_m} \quad (3-33)$$

donde ΔH representa el cambio de elevación en la superficie del agua en un subtramo seleccionado, en metros, y t_m es el tiempo medio de viaje de la masa de agua en días. c es una constante igual a 0,1772.

3.6.2.5. Nitrógeno total

La extensión para la modelación de nitrógeno total viene dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{dNTK(t)}{dt} = \frac{1}{t_m} \frac{1}{\tau} [e^{-k_n\tau} NTK_u(t_m - \tau) - NTK(t)] - k_n NTK(t) \quad (3-34)$$

donde NTK representa la concentración de nitrógeno total (calculado como nitrógeno total Kjeldahl) y k_n representa la tasa de degradación de la misma. La tasa de nitrificación es estimada a partir de la siguiente expresión (Rojas, 2011):

$$\text{Log} \left(\frac{k_n H^2}{\mu} \right) = 3,421 + 1,36 \text{Log} \left(\frac{\sqrt{gH^3}}{\mu} \right) \quad (3-35)$$

donde k_n es la tasa de nitrificación en s^{-1} , H es la profundidad media del agua en el tramo, en metros, g es la aceleración de la gravedad en m/s^2 y μ es la viscosidad cinemática del agua en m^2/s .

3.6.2.6. Índice de calidad general en corriente de aguas superficiales ICAG

El índice de calidad de agua superficial es un indicativo de las condiciones de calidad en las corrientes de agua superficial, el cual permite evaluar las condiciones generales de la fuente hídrica de análisis en términos de características fisicoquímicas, índice propuesto por el Laboratorio de Calidad Ambiental del IDEAM. Teniendo en cuenta el plan anual de monitoreo establecido para evaluar el impacto antrópico sobre los recursos hídricos a través del estudio de la naturaleza química, física, y microbiológica del agua La Corporación Regional de las Cuencas de los Ríos Negro y Nare (CORNARE), se plantea como porcentajes de ponderación para el ICA para la jurisdicción de CORNARE los definidos para la cuenca del río Negro, de acuerdo con la información entregada por los funcionarios (Tabla 3-5).

El ICA global o total tiene en cuenta dos componentes: el primero se denomina ICA fisicoquímico agregado ICA_{fa} , y el segundo es el Índice lótico de capacidad ambiental general $ILCAG$ y se expresa matemáticamente como:

$$ICA_g = ICA_{fa} \cdot 0.7 + ILCAG \cdot 0.3 \quad (3-36)$$

donde:

ICA_g : Índice de calidad general.

ICA_{fa} : Índice agregado de calidad físico-química

$ILCAG$: Índice lótico de capacidad ambiental general (referido al caudal).

Su determinación requiere la medición en campo de los siguientes parámetros: Porcentaje de Saturación de Oxígeno (%), Coliformes fecales (CF), Sólidos suspendidos totales (SST), Demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), Demanda química de oxígeno (DQO), Conductividad eléctrica (CE), pH, Nitrógeno total (NTK), fósforo total (P) y Caudal (Q).

En la obtención de los índices de calidad del agua para la primera variable del índice general, se realiza el cálculo de los subíndices de calidad para el componente físico-químico con las ecuaciones y condiciones que se presentan a continuación:

- **Subíndice de saturación de oxígeno disuelto ($I_{\%satOD}$)**

Si $\%satOD \leq 100\%$, entonces,

$$I_{\%satOD} = 1 - (1 - 0.01 \cdot \%satOD) \quad (3-37)$$

Si $\%satOD > 100\%$, entonces,

$$I_{\%satOD} = 1 - (1 - 0.01 \cdot \%satOD - 1) \quad (3-38)$$

- **Subíndice de coliformes fecales (I_{CF}) como Escherichiacoli (NMP/:mL)**

Si $50/100 \text{ mL} \leq CF < 1600/100\text{mL}$, entonces,

$$I_{CF} = 0.98 - e^{((CF-50) \cdot -9.917754E-4)} \quad (3-39)$$

Si $CF < 50/100 \text{ mL}$, entonces, $I_{CF} = 0.98$

Si $CF \leq 1600/100 \text{ mL}$, entonces, $I_{CF} = 0.10$

- **Subíndice de sólidos suspendidos totales (I_{sst})**

$$I_{SST} = 1 - (0.02 + 0.003 \cdot SST_{mg/L}) \quad (3-40)$$

Si los $SST \leq 4.5 \text{ mg/l}$, entonces, $I_{SST} = 1$

Si los $SST > 320 \text{ mg/l}$, entonces, $I_{SST} = 0$

- **Subíndice de demanda bioquímica de oxígeno ($I_{DBO 5}$)**

$$I_{DBO5} = 1 - (-0.05 + 0.70 \cdot \log_{10} DBO_5) \quad (3-41)$$

Si la $DBO_5 < 2 \text{ mg O}_2/\text{L}$, entonces, $I_{DBO 5} = 1$

Si la $DBO_5 > 30 \text{ mg O}_2/\text{L}$, entonces, $I_{DBO 5} = 0$

- **Subíndice de demanda química de oxígeno (I_{DQO})**

Si $DQO \leq 20$ entonces $I_{DQO} = 0.91$

Si $20 < DQO \leq 25$ entonces $I_{DQO} = 0.71$

Si $25 < DQO \leq 40$ entonces $I_{DQO} = 0.51$

Si $40 < DQO \leq 80$ entonces $I_{DQO} = 0.26$

Si $DQO > 80$ entonces $I_{DQO} = 0.125$

- **Subíndice de conductividad eléctrica (I_{cond})**

$$I_{cond} = 1 - 10^{(-3.26 + 1.34 \log_{10} Cond)} \quad (3-42)$$

Si $I_{Cond} < 0$ (negativo) entonces $I_{Cond} = 0$

- **Subíndice de pH (I_{pH})**

Si $pH < 4$, entonces, $I_{pH} = 0.10$

Si $4 \leq pH < 7$, entonces,

$$I_{pH} = 0.02628419 e^{(pH - 0.520025)} \quad (3-43)$$

Si $7 \leq pH < 8$, entonces, $I_{pH} = 1$

Si $8 \leq pH < 11$, entonces,

$$I_{pH} = 1 e^{((pH - 8) (-0.5187742))} \quad (3-44)$$

Si $pH > 11.1$

$$I_{pH} = 0.1 \quad (3-45)$$

- **Relación de Nitrógeno total NTK/Fósforo total PT**

Si $N/P \geq 15$ entonces $I_{N/P} = 0.80$

Si $10 < N/P < 15$ entonces $I_{N/P} = 0.60$

Si $5 < N/P \leq 10$ entonces $I_{N/P} = 0.35$

Si $N/P \leq 5$ entonces $I_{N/P} = 0.15$

Después de obtenidos los subíndices el cálculo del ICAg equivale a:

$$ICA_g = \sum W_i x Indice_i \quad (3-46)$$

Donde W_i son los pesos que se utilizan para la ponderación y se presentan en la Tabla 3-5 según los definidos por La Corporación.

Tabla 3-5. Ponderación ICAg

Variable	Esquema de ponderación Peso W_i para la cuenca del río Negro
% Saturación de oxígeno	0.26
Coliformes fecales – <i>E. Coli</i>	0.18
Sólidos Suspendidos Totales	0.15
Demanda bioquímica de oxígeno	0.15
Conductividad eléctrica	0.08
pH	0.06
Fosforo total	0.12

Para la estimación del ILCAG Índice lótico de capacidad ambiental general, se tiene en cuenta la clasificación presentada en la

Tabla 3-6. Caracterización de los cuerpos de agua lóticos según su caudal (IDEAM, 2009).






Caudal (m ³ /s)	ILCAG	Capacidad Ambiental
<1	0	Muy baja
>1 - 10	0 – 0.333	Baja
>10 - 100	0.333 – 0.666	Media
>100 - 1000	0.666 - 1	Alta
>=1000	1	Muy alta

Si $1 \leq Q < 1000$, entonces,

$$ILCAG = 0.333 \log_{10}(Q) \quad 3-47$$

Después de la obtención de los ICA_g se clasifica en las siguientes categorías.

Tabla 3-7. Clasificación ICAg

Valor del Índice	Clasificación	Leyenda	Usos
0.00 - 0.25	Muy Malo		Restricciones para el contacto humano y limita la vida acuática.
0.26 - 0.50	Malo		Restricciones para el contacto humano y limita la vida acuática.
0.51 - 0.70	Medio		Restricciones para el contacto humano y limita la vida acuática.
0.71 - 0.90	Bueno		Contacto humano, vida acuática.
0.91 - 1.00	Excelente		Contacto humano, vida acuática.

4. IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO SICA EN LA JURISDICCIÓN DE CORNARE

4.1. Caracterización del medio físico

4.1.1. Mapas base y patrón de drenajes

Tanto el MDE a que se tuvo acceso, como su mapa de direcciones de drenaje vinculado, hacen parte de la base cartográfica oficial de CORNARE y fueron proporcionados para la elaboración de este trabajo. Más específicamente, estos dos mapas corresponden a representaciones ráster de las variables, en celdas cuadradas con lado igual a 30,0 m. En la Figura 4-1 se ilustran tanto el mapa de MDE como el mapa de direcciones de drenaje, se incluyen también el mapa de áreas acumuladas y el mapa de red de drenajes ráster, con la representación de los embalses. Para elaborar éste último se utilizó un umbral de área de 10 ha, valor mínimo con el cual fue posible obtener una representación de los drenajes en formato ráster, sin la formación excesiva de canales paralelos, a la resolución espacial de los mapas.

4.1.2. Segmentación de la red de drenaje

La segmentación de la red de drenaje consistió en la delimitación de tramos de corrientes, entre nodos hidrológicos y topográficos, previamente identificados. En la Figura 4-2, se presenta un mapa en el que se han pintado los nodos hidrológicos (celdas amarillas, sobre la red de drenajes ráster) y los nodos topográficos (celdas rojas, sobre la red de drenajes ráster). La distribución de nodos sobre la red de drenajes se aprecia más claramente en la ampliación hecha dentro de la Figura 4-2, para una porción de la cuenca del río Guatapé, nótese que las celdas amarillas o nodos hidrológicos demarcan la confluencia de la corriente principal con sus tributarios, mientras que las celdas rojas o nodos topográficos se localizan, en general, en otros sitios de la red. La Figura 4-2 muestra también 5 transectos, escogidos para ilustrar el procedimiento de identificación de los nodos topográficos. El transecto número 1 recorre los ríos Negro y Nare, hasta confluir con el río Magdalena; el transecto número 2 recorre los ríos Samaná y Nare, hasta confluir con el río Magdalena; el transecto número 3 recorre los ríos Piedras y Buey, hasta confluir con el río Arma; y finalmente, el transecto número 4 recorre los ríos Tasajo y Aures, hasta confluir con el río Arma.

Los perfiles de elevación asociados con estos transectos se reúnen en la Figura 4-3, y se presentan acompañados del índice de segunda derivada, cuyos picos se corresponden con cambios significativos de pendiente, los cuales se demarcaron con líneas verticales de color verde sobre los perfiles, y que corresponden a los nodos topográficos. Nótese que los perfiles se presentan en forma adimensional, de tal manera que puedan ser comparables entre ellos. Los esquemas permiten apreciar la capacidad del método para localizar quiebres abruptos en los perfiles, y su sensibilidad en zonas de transición de alta a baja pendiente, caracterizadas por un cambio rápido de elevaciones altas a elevaciones más bajas, lo cual es apropiado y ventajoso para realizar una adecuada segmentación de la red de drenaje.

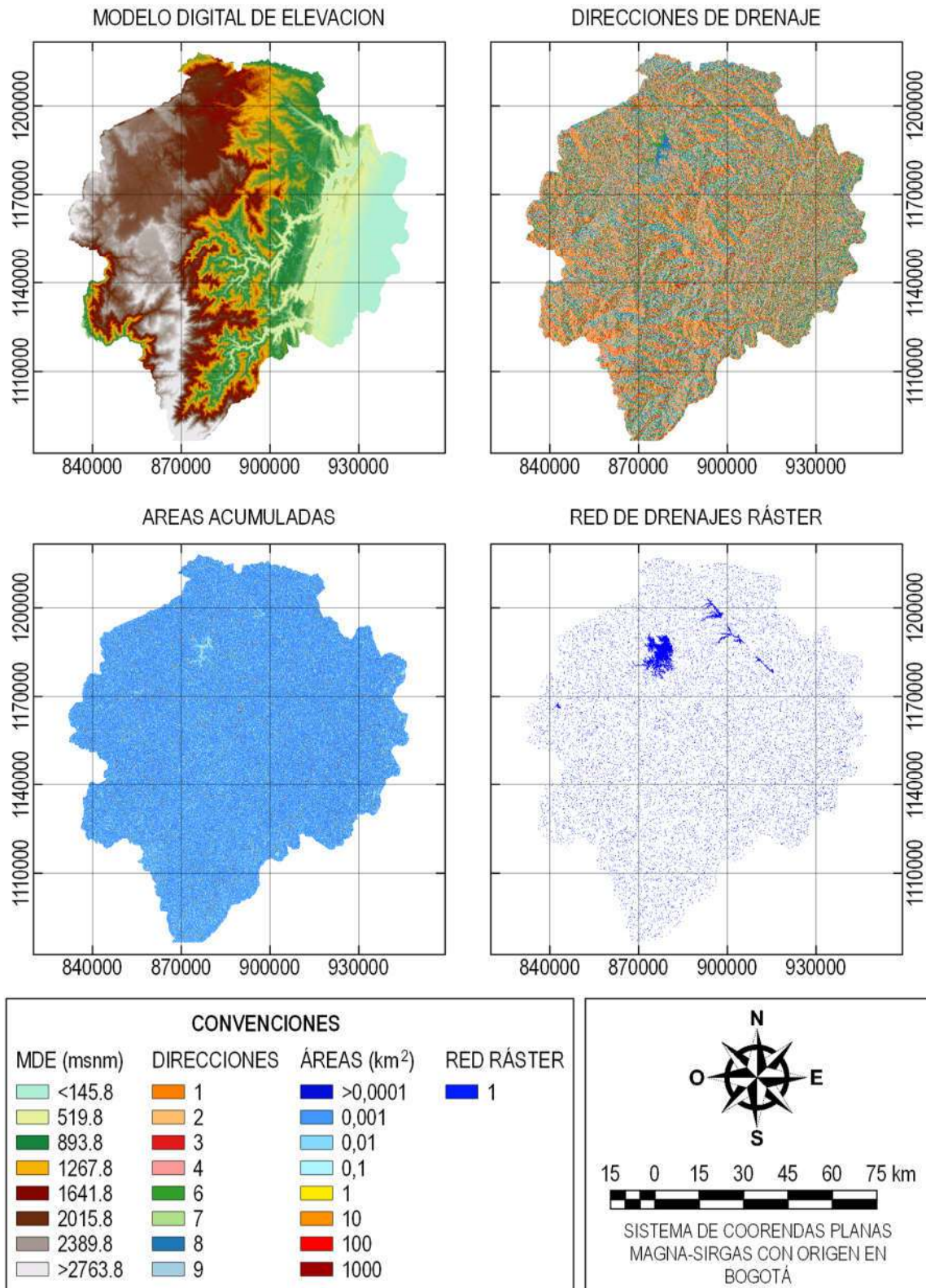


Figura 4-1. MDE, mapa de direcciones de drenaje, mapa de áreas acumuladas y mapa de red de drenaje ráster, utilizados para la caracterización del medio físico.

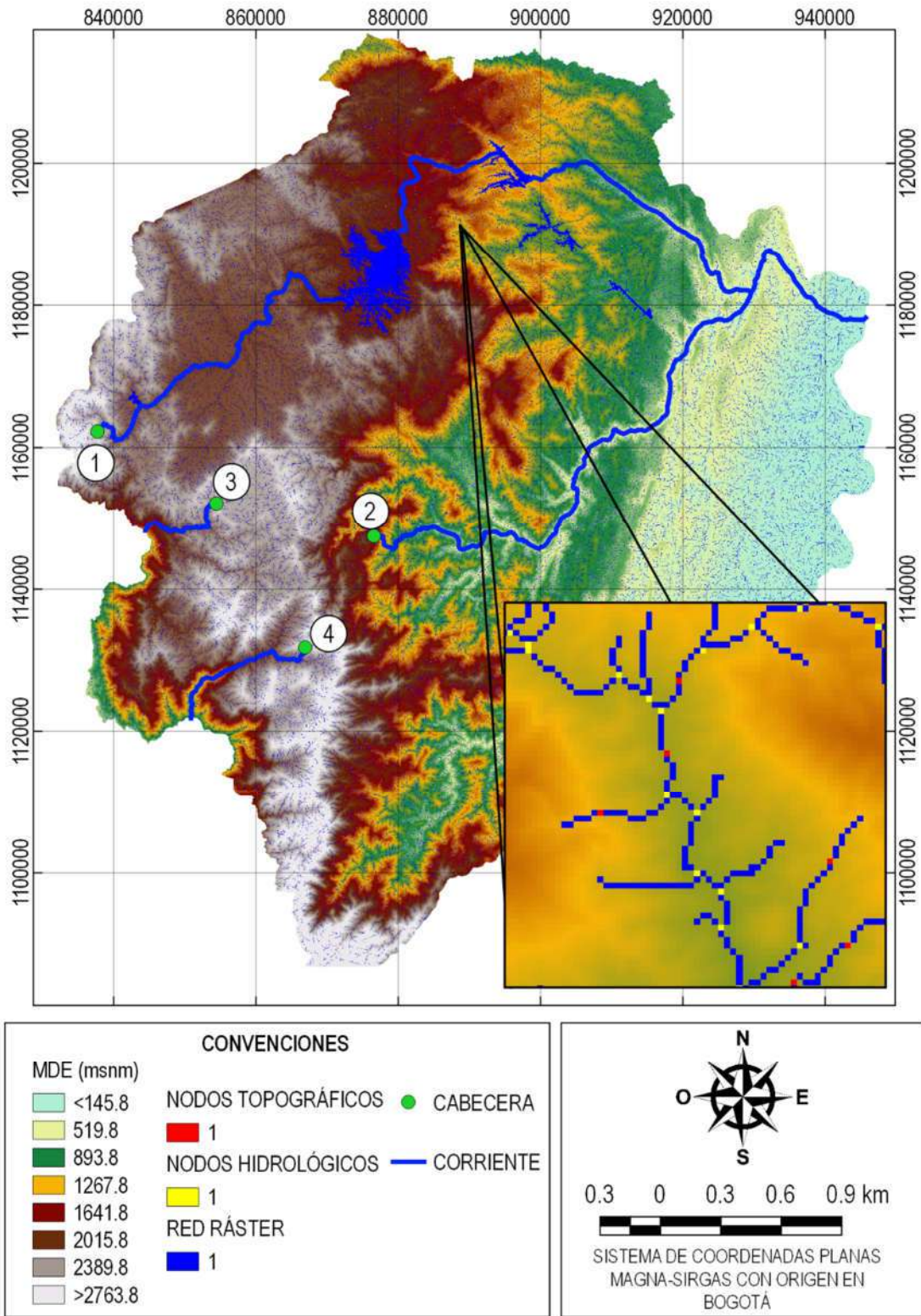
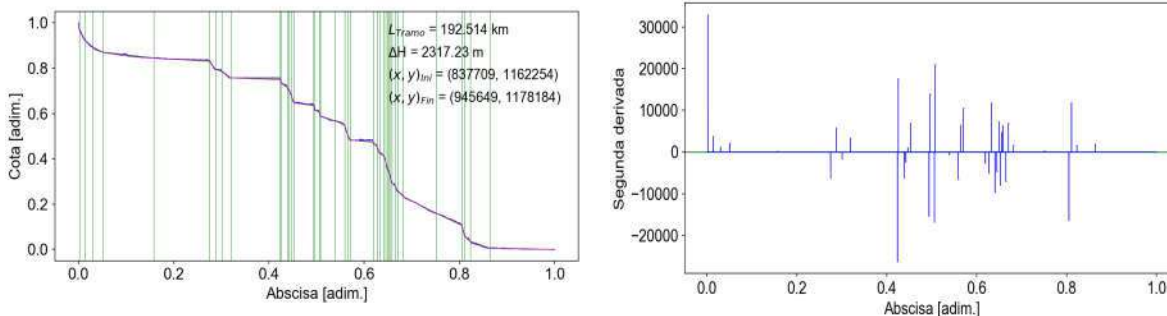
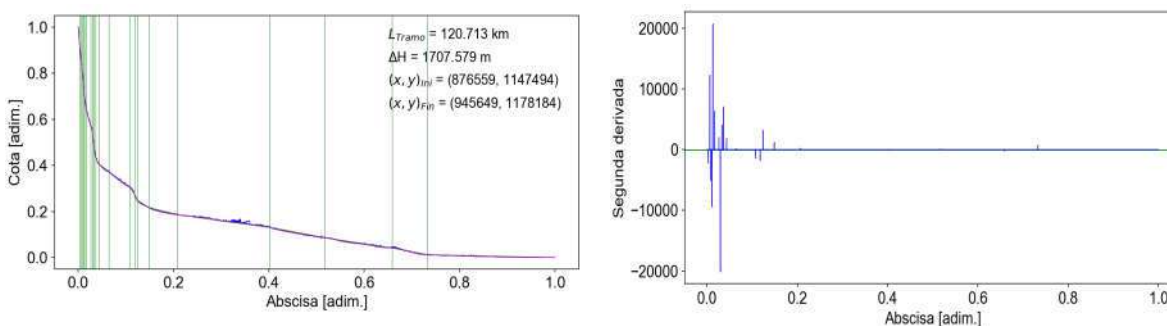


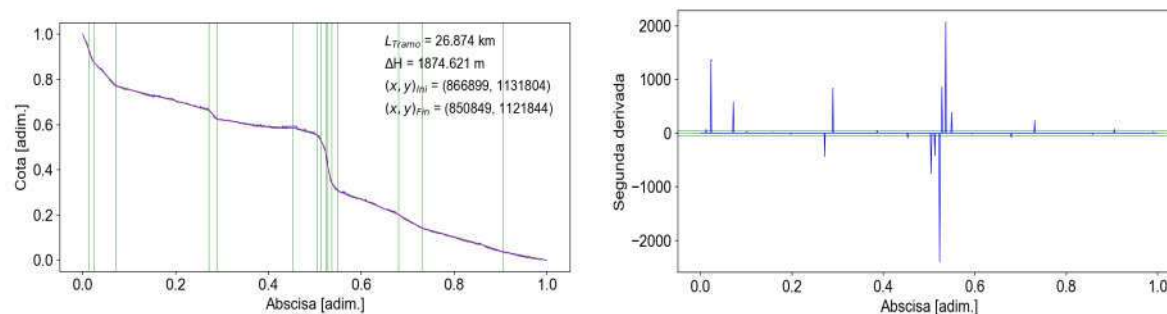
Figura 4-2. Nodos hidrológicos y topográficos identificados en la jurisdicción de CORNARE.



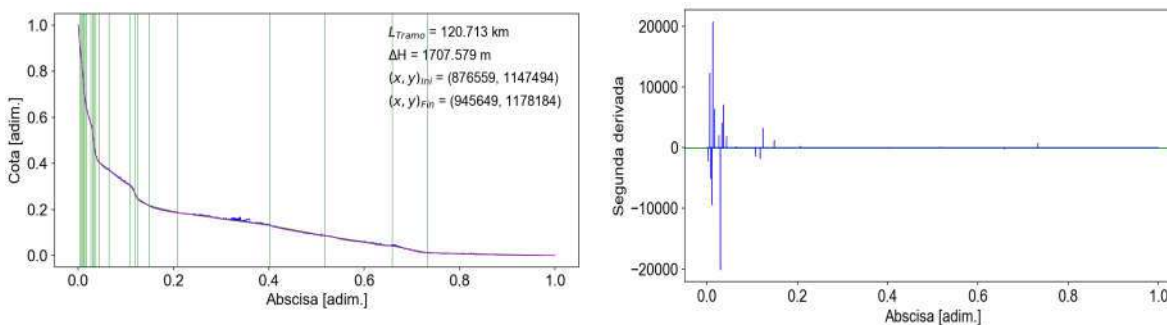
(a) Transecto número 1, a lo largo de los ríos Negro y Nare.



(b) Transecto número 2, a lo largo de los ríos Samaná Norte y Nare.



(c) Transecto número 3, a lo largo de los ríos Piedras y Buey.



(d) Transecto número 4, a lo largo de los ríos Tasajo y Aures.

Figura 4-3. Perfil topográfico (arriba) e índice de segunda derivada (abajo) de los transectos escogidos para ilustrar la identificación de nodos topográficos.

4.2. Características morfológicas y mecanismos de dispersión

Una vez que fueron identificados los nodos hidrológicos y topográficos se facilitó la definición de tramos, entre nodos sucesivos, a los que posteriormente se asociaron un área de drenaje tributaria y una pendiente promedio, inferida a partir del MDE y el mapa de direcciones de drenaje. Con base en estas dos propiedades y utilizando el método propuesta por Flores et al. (2006), se clasificaron los tramos en las morfologías *Pool-riffle*, *Plane bed*, *Step pool* y *Cascade*. Para ofrecer una idea sobre el tipo de morfologías de tramo presente en la zona de estudio se elaboró el gráfico la Figura 4-4. Esta última muestra el porcentaje de tramos, con respecto al total, que poseen cada uno de los tipos de morfología. Se aprecia que la morfología de tramo más frecuente es la *Pool-riffle*, presente en un 46,02% de las veces, y vinculada a sistemas de baja pendiente, limitadas por la capacidad de transporte, la mayor parte de las cuales se ubican en el Altiplano del Oriente Antioqueño y en las zonas llanas, de afluencia al río Magdalena.

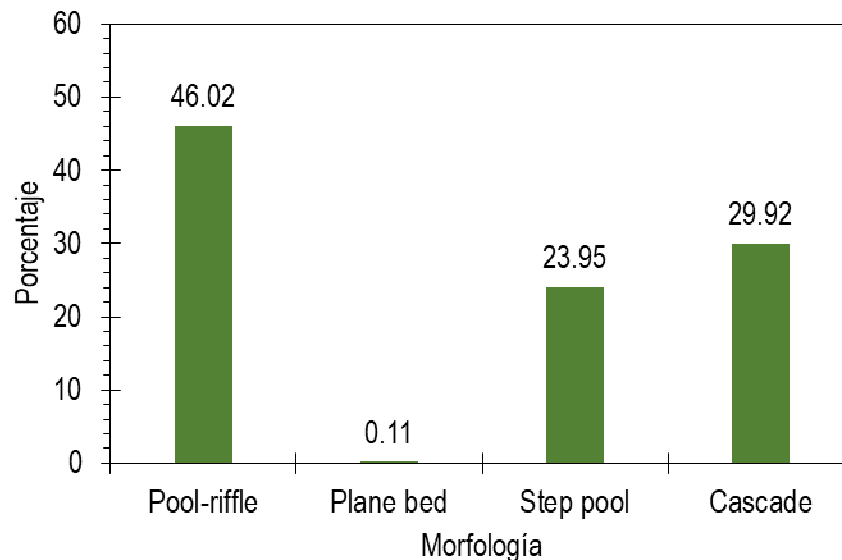


Figura 4-4. Composición porcentual de la clasificación morfológica de los tramos en los que se segmentó la red de drenajes.

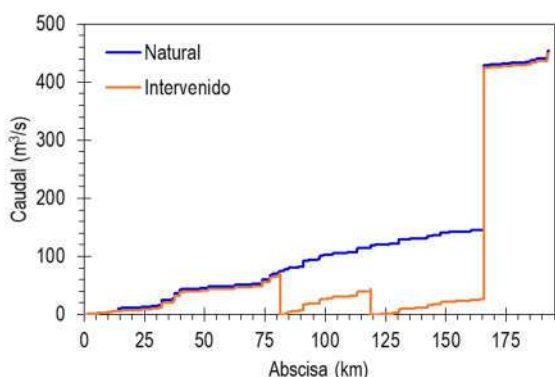
La morfología de tramo *Plane bed*, por otro lado, es la menos frecuente y se encuentra tan sólo en un 0,11 % de las veces. Se debe recordar que este tipo de morfología de tramo es característica de sistema de muy baja pendiente, limitados por su capacidad de transporte.

A pesar de lo anterior, el grupo de morfologías de tramo más recurrente es el limitado por disponibilidad de material, dentro del cual se encuentran las clasificaciones *Step pool* y *Cascade*, los cuales se encuentran, en conjunto, en un 53,87 % de las veces. Este tipo de morfologías son características de

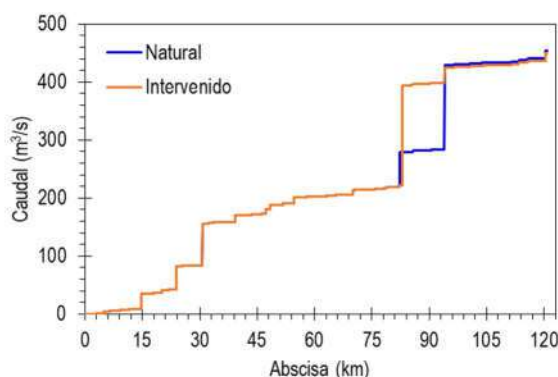
sistemas más alta pendiente y se ubican predominantemente en las partes altas de las cuencas de los ríos Guatapé, Samaná Norte, Samaná Sur, Buey, Aures y Samaná Sur.

4.3. Escenarios de escorrentía superficial

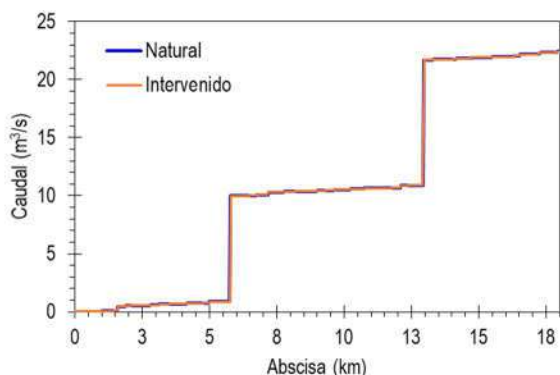
Como se mencionó en el marco conceptual, los escenarios de oferta superficial propuestos para la implementación del modelo son los valores promedio mensuales multianuales y el valor promedio anual multianual de los caudales. La estimación de este último se hizo utilizando la relación de balance hídrico de largo plazo y los mapas de precipitación y evapotranspiración real del método Cenicafé-Budyko, los cuales hacen parte de la base de datos cartográfica oficial de CORNARE. Por la dificultad en su ilustración, el campo resultante no se presenta en este trabajo, y en su lugar, en la Figura 4-5 se muestra la variabilidad de caudales a lo largo de los perfiles longitudinales ilustrados en la Figura 4-2.



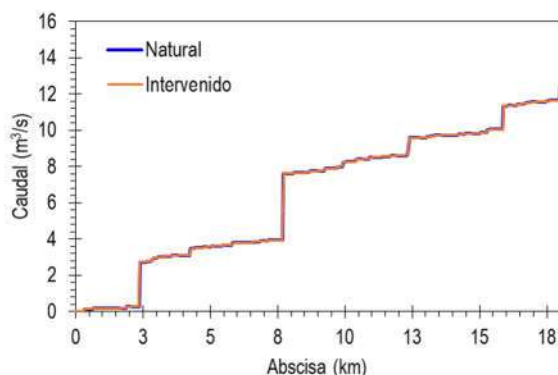
(a) Perfil número 1.



(b) Perfil número 2.



(c) Perfil número 3.



(d) Perfil número 4.

Figura 4-5. Caudal promedio anual multianual, en la condición natural y en la condición intervenida, a lo largo de los perfiles representados en la Figura 4-2.

Debe notarse que para cada perfil se presentan dos condiciones de caudal promedio de largo plazo: el de la condición natural y el de la condición intervenida. Sólo en el caso número 1 y número 2 se aprecian diferencias entre estas dos condiciones, en algunos sectores del perfil. Las diferencias en el perfil número 1 se deben a la presencia de los embalses de La Fe, El Peñol-Guatapé y San Lorenzo. La suposición que se hizo para modelar la presencia de los embalses fue que, en el largo plazo, cada uno de ellos tenía la capacidad de regular el caudal promedio, es por eso que cerca de la abscisa de los 15 km en el perfil número 1 (ver la Figura 4-5a), la variable intervenida se desprende del perfil natural, por la presencia del embalse de la Fe, que bajo la suposición hecha regula un caudal de 4,49 m³/s, los cuales no retornan a la jurisdicción de CORNARE, debido a que son trasvasados a la cuenca del río Aburrá. Posteriormente, el perfil sobre el transecto número 1 presenta una caída de caudal, cerca de la abscisa de los 80 km (ver la Figura 4-5a), debido a la regulación de 70,73 m³/s, que ejerce el embalse El Peñol-Guatapé. Estas aguas son trasvasadas hacia la cuenca del río Guatapé y alimentan el embalse Playas. Luego, cerca de la abscisa de los 120 km, se observa otra caída de caudal en el perfil sobre el transecto número 1, ella corresponde a la regulación de 44,32 m³/s que realiza el embalse San Lorenzo, el cual las trasvasa hacia la cuenca del río Guatapé para alimentar también el embalse Playas. Finalmente, cerca de la abscisa de los 175 km, el perfil de caudales sobre el transecto 1 crece en forma importante, como consecuencia de la entrada de la confluencia con el río Samaná Norte, el cual contiene la descarga del embalse Punchiná, cuya regulación es de 170,71 m³/s.

Para la regulación que ocurre sobre el río Guatapé no se presenta un perfil, sin embargo se debe mencionar que esta cuenca recibe los dos trasvases de la cuenca del río Negro-Nare, descritas en el párrafo anterior, y que cuenta con la presencia del embalse Playas, el cual regula un caudal de 147,82 m³/s que es descargado sobre el mismo río Guatapé, para alimentar el embalse Punchiná.

El perfil sobre el transecto número 2 (ver la Figura 4-5b) en la condición intervenida, permite ver, cerca de la abscisa de los 80 km la descarga del embalse Punchiná, la cual ocurre unos cientos de metros aguas abajo de la confluencia entre los ríos Guatapé y Samaná Norte.

Finalmente, los transectos número 3 y número 4 (ver la Figura 4-5c y la Figura 4-5d) muestran una condición natural idéntica a la condición intervenida, dado que en las corrientes sobre las que se obtuvieron no presentan intervención antrópica o ésta no fue modelada. A este punto es importante que se tenga presente que las únicas intervenciones consideradas, para la formulación de los escenarios de caudal en este trabajo, fueron las de la cadena de embalses El Peñol-Guatapé, San Lorenzo, Playas y Punchiná.

4.3.1. Caudales promedio mensuales multianuales

Se generaron mapas de caudales promedio mensual multianual para la jurisdicción de CORNARE, utilizando las Ecuaciones (3-7) y (3-8), es decir, tanto para la condición natural, como para la condición intervenida. Para ejemplificar los resultados obtenidos, en la Figura 4-6 se presentan los perfiles de caudal promedio multianual en la condición natural, obtenidos a lo largo del transecto número 1, los cuales han sido separados por trimestres. Al analizar detalladamente estos perfiles, se puede observar

que el ciclo anual de los caudales es bimodal (nótese que la escala de caudales en todos los gráficos es la misma), con picos en los meses de mayo y octubre. El mes más seco, en promedio, es enero y la temporada más seca se corresponde con el trimestre diciembre, enero, febrero. Los trimestres de marzo, abril y mayo, y septiembre, octubre y noviembre son más húmedos, y el trimestre junio, julio agosto, es un periodo de transición entre los periodos húmedos.

El régimen de la escorrentía superficial obtenido es el esperado para la Región Andina colombiana, y es consecuencia de la modulación a la escala intraanual sobre el caudal, que ejerce la oscilación meridional de la Zona de Convergencia Intertropical.

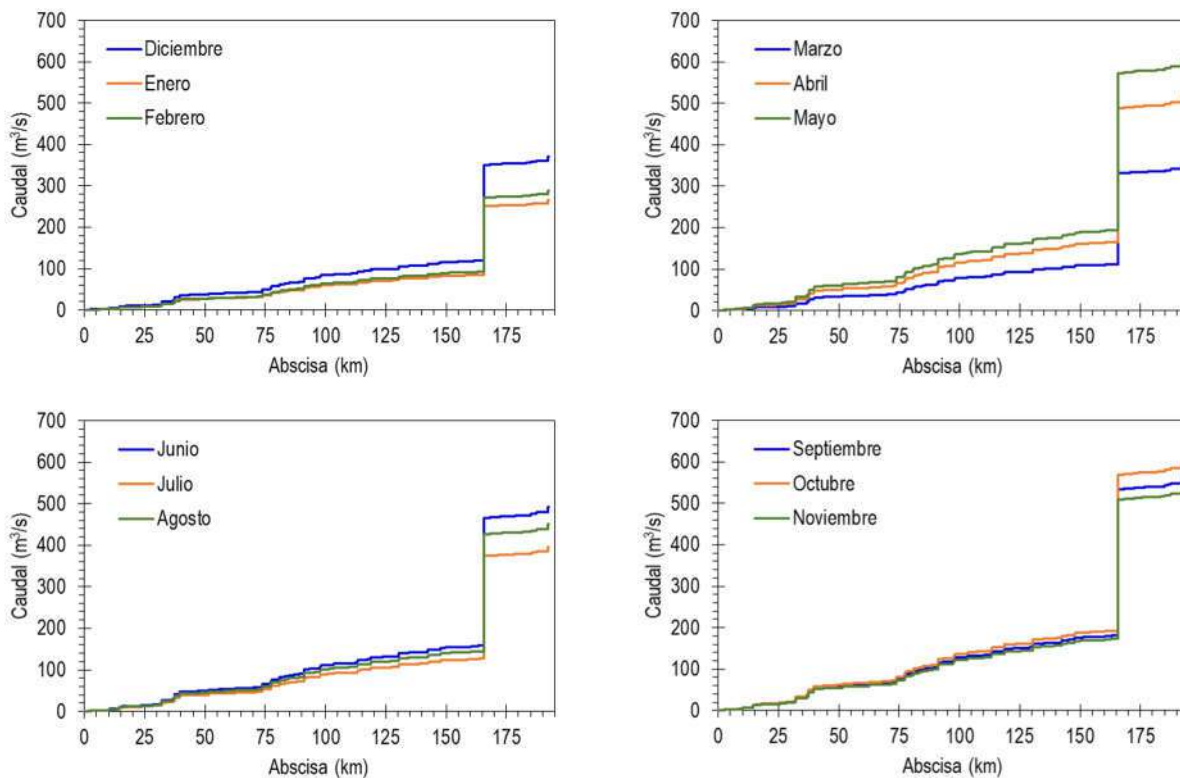


Figura 4-6. Perfiles de caudal promedio mensual multianual natural, sobre el transecto 1.

4.4. Cargas base de sólidos suspendidos totales

De acuerdo con la metodología descrita en el título 0, la carga promedio anual de sólidos suspendidos totales, transportada por las corrientes que discurren sobre el territorio que es jurisdicción de CORNARE, se estimó al considerar los procesos de erosión laminar en ladera, aporte de tributarios y retención en embalses. En síntesis, procedimiento de estimación se realizó en tres etapas: (i) el cálculo de la erosión laminar promedio con la RUSLE, (ii) la estimación del índice de conectividad y la relación de entrega en ladera y (iii) el drenado de sedimentos bajo la consideración de retención en embalses. A continuación se presentan los resultados correspondientes a cada una de estas etapas.

4.4.1. Erosión laminar en ladera

La erosión laminar en la ladera se estimó utilizando la RUSLE, la cual se describió en el apartado 3.5.2. La aplicación de esta ecuación demanda de la definición de los factores R , K , LS , C y P , vinculados a la, erosividad de la lluvia, la erodabilidad del suelo, la pendiente de la topografía, las coberturas vegetales y las prácticas de manejo, respectivamente.

El mapa del factor R se calculó utilizando la ecuación de Pérez (2001), en conjunto con el campo de precipitación promedio anual multianual; siendo este último, el campo oficial de la Corporación y proporcionado por ella. El resultado puede revisarse en la Figura 4-7.

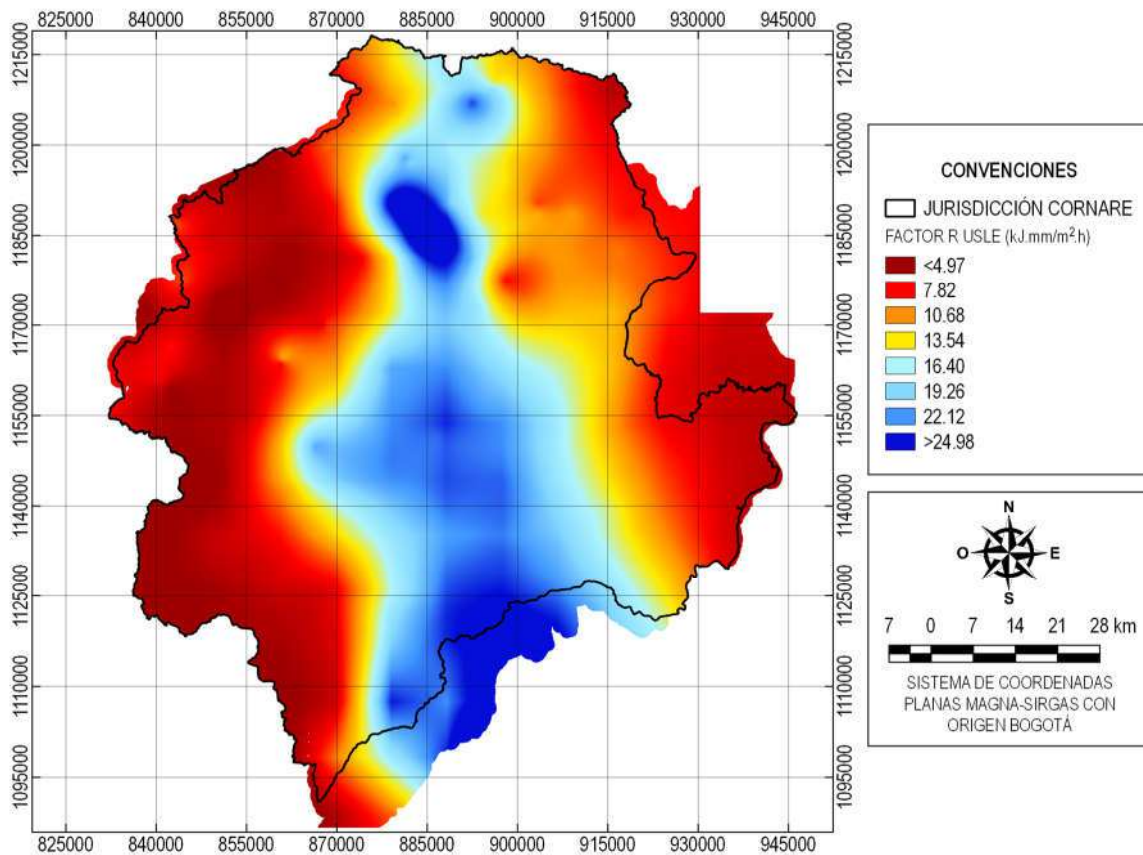


Figura 4-7. Mapa del factor R , de erosión de la lluvia, para la jurisdicción de CORNARE.

Como se esperaba, el mapa de factor del factor R presenta una distribución espacial muy similar a la del campo de precipitación promedio multianual, es decir, con una zona de máxima continuidad que atraviesa la jurisdicción en dirección Sur-Norte, sobre la cual se presentan los valores máximos de erosión de la lluvia, cuya magnitud es mayor a los 24,98 kJ.mm/m².h. Los valores de erosión más pequeños se presentan en el costado occidental de la jurisdicción, teniendo magnitudes menores a 4,97 kJ.mm/m².h.

Por otra parte, para la estimación del mapa del factor K se utilizó el Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia (IGAC, 2007), en el que se describen las características de textura de las unidades geológicas y se presenta un shapefile de las mismas. Con base en ello y a partir de la información presentada en la Tabla 3-2, se estimó el campo del factor K que se presenta en la Figura 4-8.

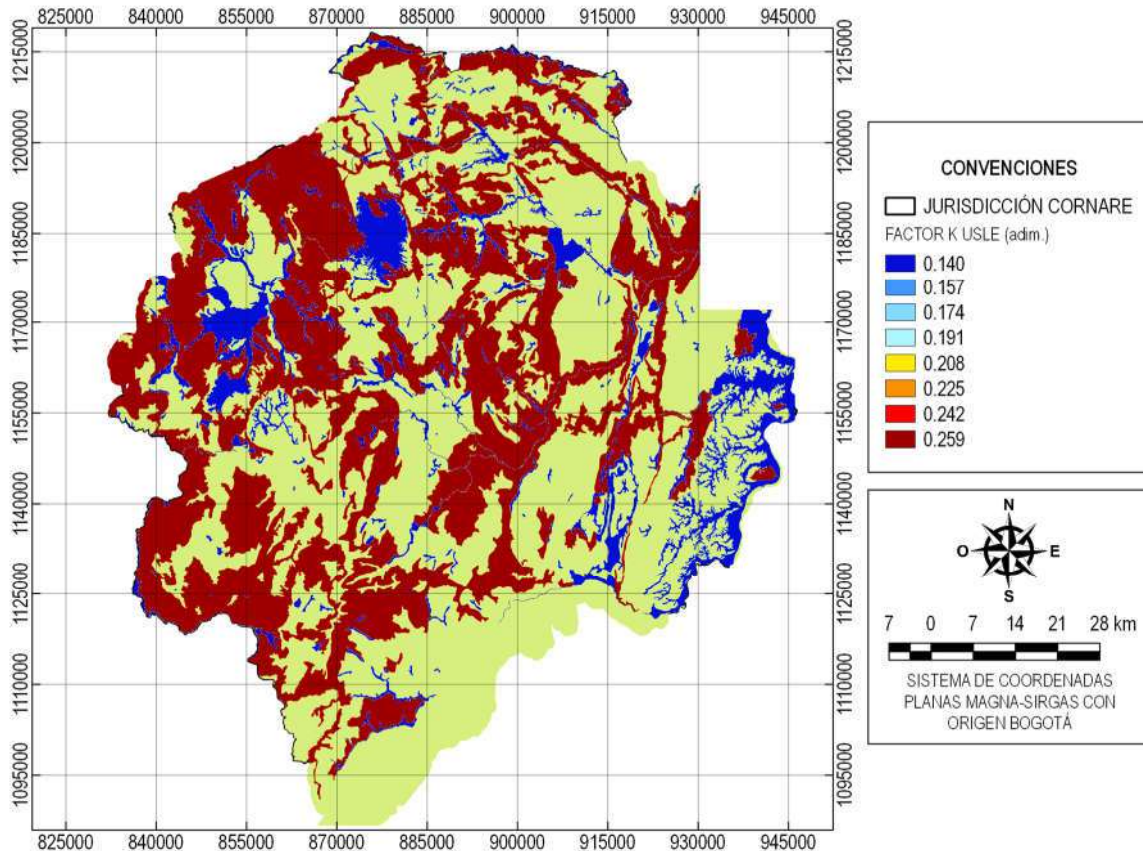


Figura 4-8. Mapa del factor K , de erodabilidad del suelo, para la jurisdicción de CORNARE.

En el mapa del factor K se observa una distribución espacial muy heterogénea. Es también clara la presencia de los cuerpos de agua y sus vecindades, en los que se han dispuesto pequeños valores de erodabilidad, del orden de 0,14, debido a que en ellos ocurren otros procesos en la dinámica de los sedimentos, como la depositación o la resuspensión, pero no son sectores que se caractericen por su alta productividad de sedimentos en ladera.

En la Figura 4-9 se ilustra el mapa del factor LS , las pendientes de terreno y longitudes de drenaje, necesarias para su estimación, fueron ambas calculadas con base el MDE y su mapa de direcciones de drenaje. Los mayores valores del factor LS se encuentran en las partes altas de las cuencas de los ríos Samaná Norte y Samaná Sur, así como en las cuencas de los tributarios a los ríos Buey y Arma,

siendo esto consistente con los sectores en los que se identifican las mayores pendientes del terreno. Los menores valores del factor *LS* se estimaron en el Altiplano del Oriente Antioqueño, es decir en la parte alta de la cuenca Negro-Nare, e igualmente en el Valle del río Magdalena, donde las pendientes del terreno son menores.

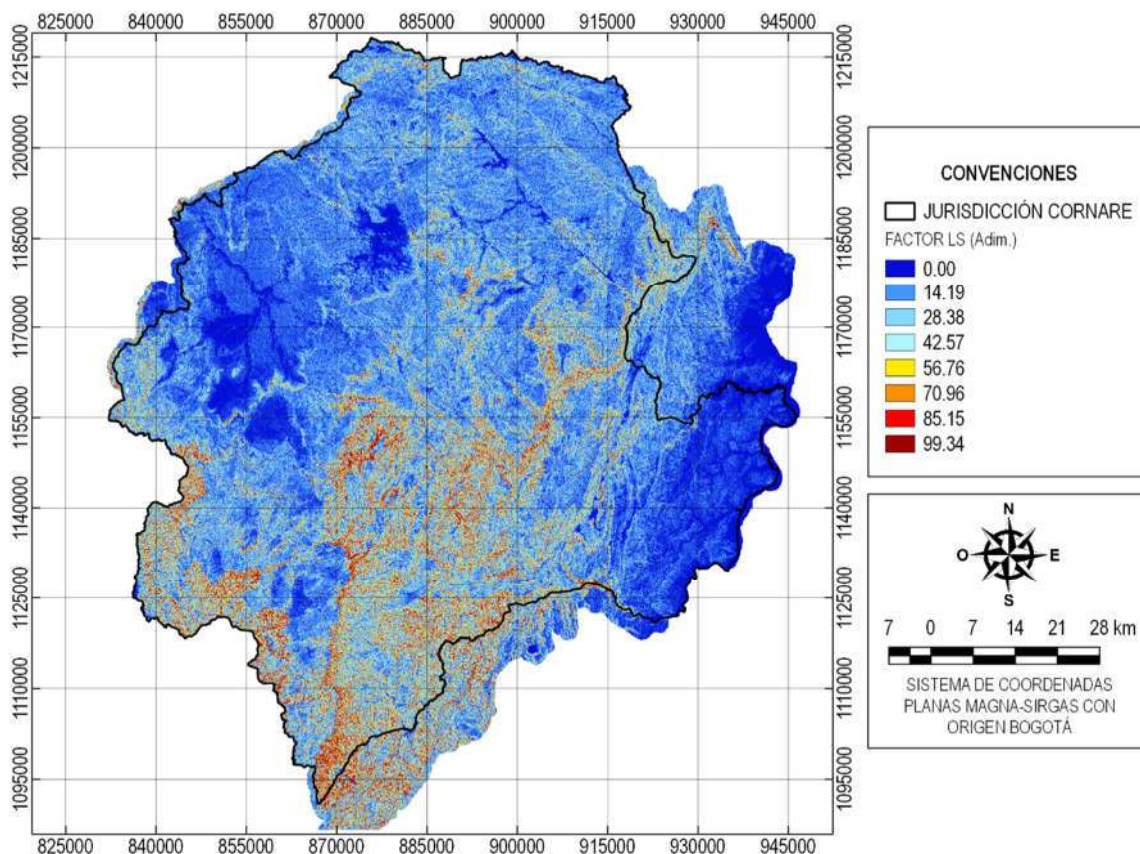


Figura 4-9. Mapa del factor *LS*, vinculado a la topografía, para la jurisdicción de CORNARE.

Otro de los factores involucrados en la RUSLE es el de cobertura, o factor *C*. La definición de los valores para este factor, en este trabajo, se hizo con base en la información presentada en la Tabla 3-3, y utilizando el producto de coberturas vegetales del Estudio General de Suelos y Zonificación de Tierras del Departamento de Antioquia (IGAC, 2007). El mapa de factor *C* obtenido se presenta en la Figura 4-10.

Y finalmente, ante la ausencia de la información para su información, el factor *P* de la RUSLE, asociado con las prácticas de manejo del suelo, se supuso constante e igual a 1, porque el efecto de las prácticas de manejo se tuvo en cuenta a la hora de elaborar los mapas de los factores *K* y *C*.

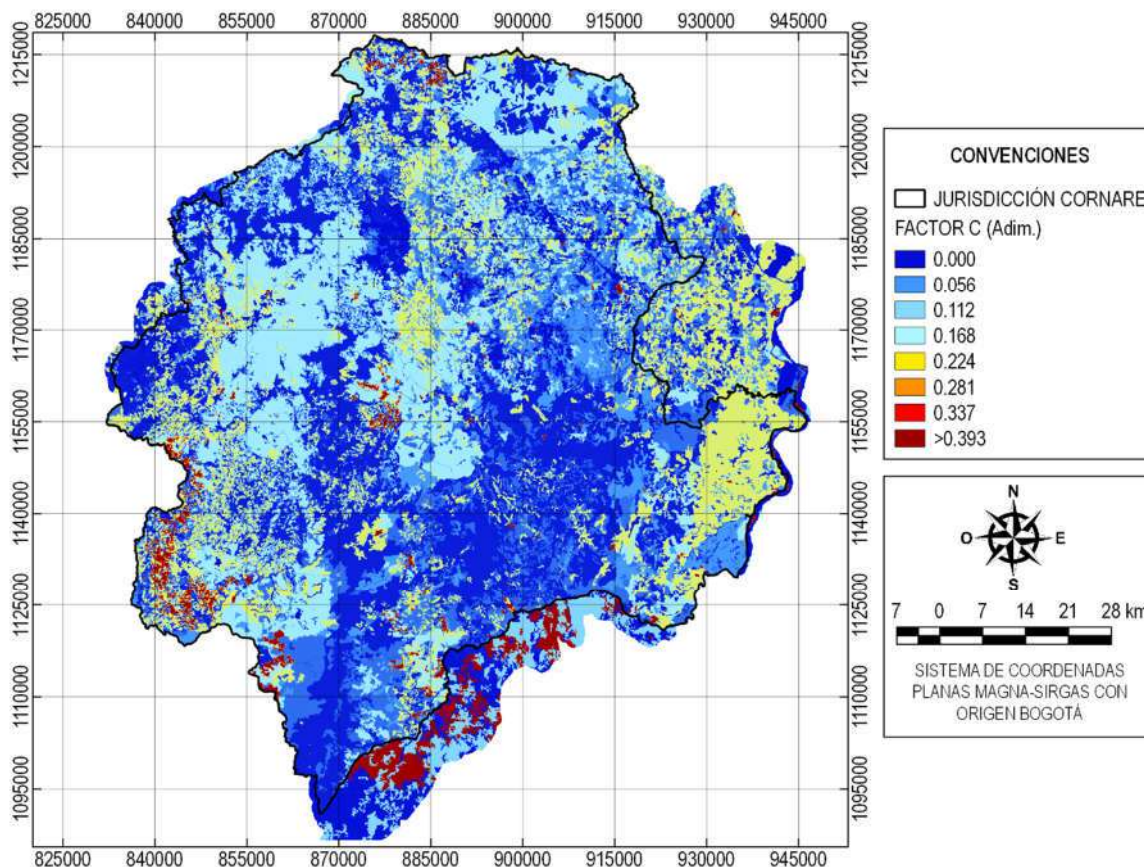


Figura 4-10. Mapa del factor C , vinculado a la cobertura vegetal, para la jurisdicción de CORNARE.

Con los campos presentados de la Figura 4-7 a Figura 4-10 se estimó el campo de erosión laminar promedio del suelo, a la luz de la RUSLE, el mapa resultante se presenta en la Figura 4-11. Nótese, en esta última, el importante papel que desempeña la precipitación en el proceso de producción de sedimentos, lo que es claro en la mayor continuidad que se observa en los mayores valores del campo de erosión laminar RUSLE en la dirección Sur-Norte, sobre la parte central de la jurisdicción de la Corporación. Esta es una característica que es claramente heredada de la distribución espacial de la lluvia.

Otra característica relevante que se observa en el campo de erosión laminar RUSLE es la menor producción de sedimentos en las zonas más llanas, es decir en lo que corresponde al Altiplano del Oriente Antioqueño y en el Valle del río Magdalena, que son los sectores en los que se concentran los colores más azules (menor erosión) en la Figura 4-11. Finalmente, los cuerpos de agua y en particular los embalses aparecen en color azul intenso y esto se debe a que, los cuerpos de agua generan un efecto de amortiguación en las gotas de lluvia, disipando la energía con la que erodarían el suelo.

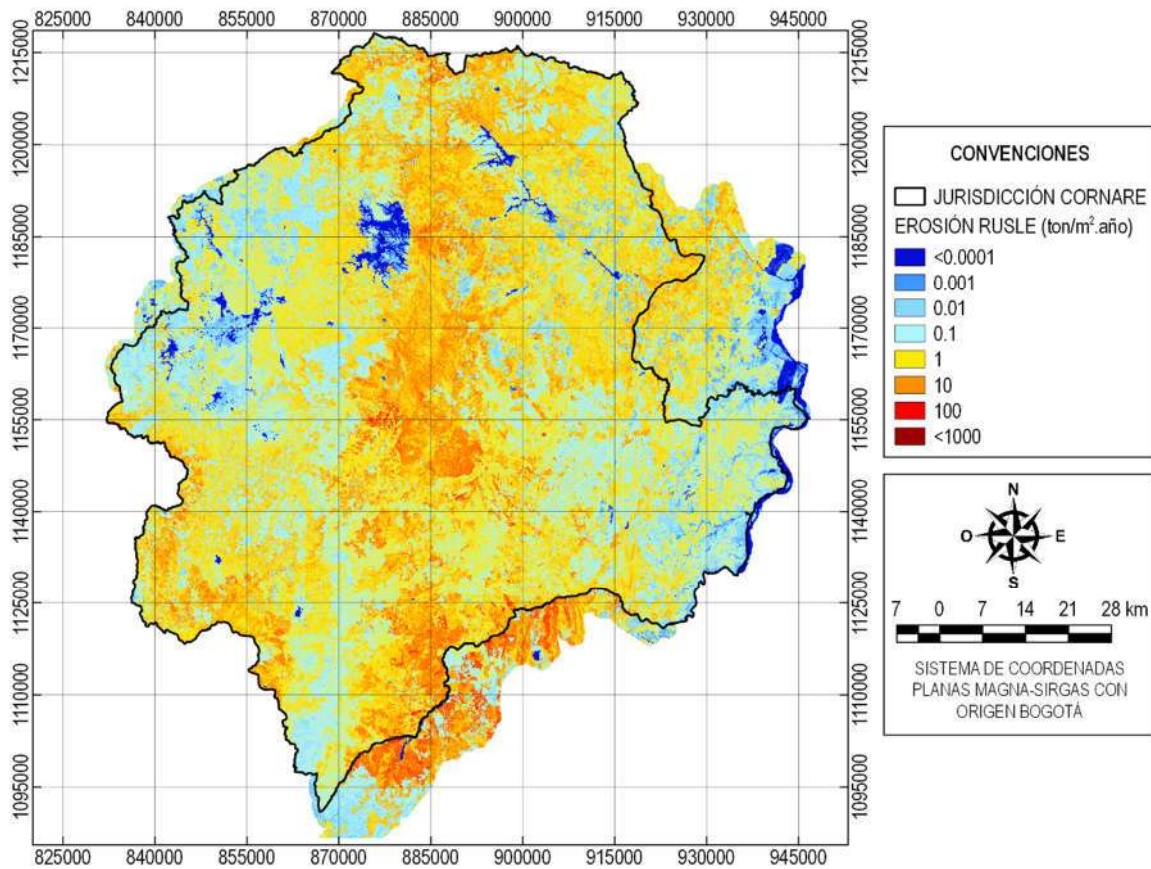


Figura 4-11. Campo de erosión laminar promedio del suelo, estimado con la RUSLE, para la jurisdicción de CORNARE.

4.4.2. Transporte de sedimentos al interior de las cuencas

No todo el sedimento que se produce en el territorio es trasladado a lo largo de las laderas y finalmente entregado a los cauces, por el contrario, parte de él es depositado en las mismas laderas. Para tener una idea de cuánto sedimento es efectivamente transportado entre una y otra celda, del mapa de erosión laminar presentado en la Figura 4-11, se estimó la Relación de Entrega en Ladera, o HSDR por sus siglas en inglés, de acuerdo con la metodología descrita en el apartado 3.5.2.6. El mapa de resultado para la HSDR se muestra en la Figura 4-12.

La conectividad entre las celdas de una cuenca, y en consecuencia la HSDR, son sensiblemente dependientes de las pendientes del terreno, pero también de la cobertura vegetal. Es bien conocido el papel de la vegetación en la retención de sedimentos y en la modulación de su transporte sobre las laderas. Por esa razón, el mapa de la HSDR que se presenta en la Figura 4-12 muestra que, aunque las pendientes son altas en las partes altas de las cuencas de los ríos Samaná Norte, Samaná Sur y en las partes altas de las cuencas tributarias al río Arma, la HSDR en estos sectores es relativamente más pequeñas (colores amarillos del mapa) y esto se debe a las buenas condiciones de la cobertura

vegetal en esas zonas. En el resto de la jurisdicción la conectividad es más o menos pareja y la HSDR asciende a 0,144, excepto en algunos sectores del altiplano en los que las pendientes son más bajas y existe una buena cobertura vegetal, o en los embalses, en los cuales se encuentra limitado el transporte de sedimentos.

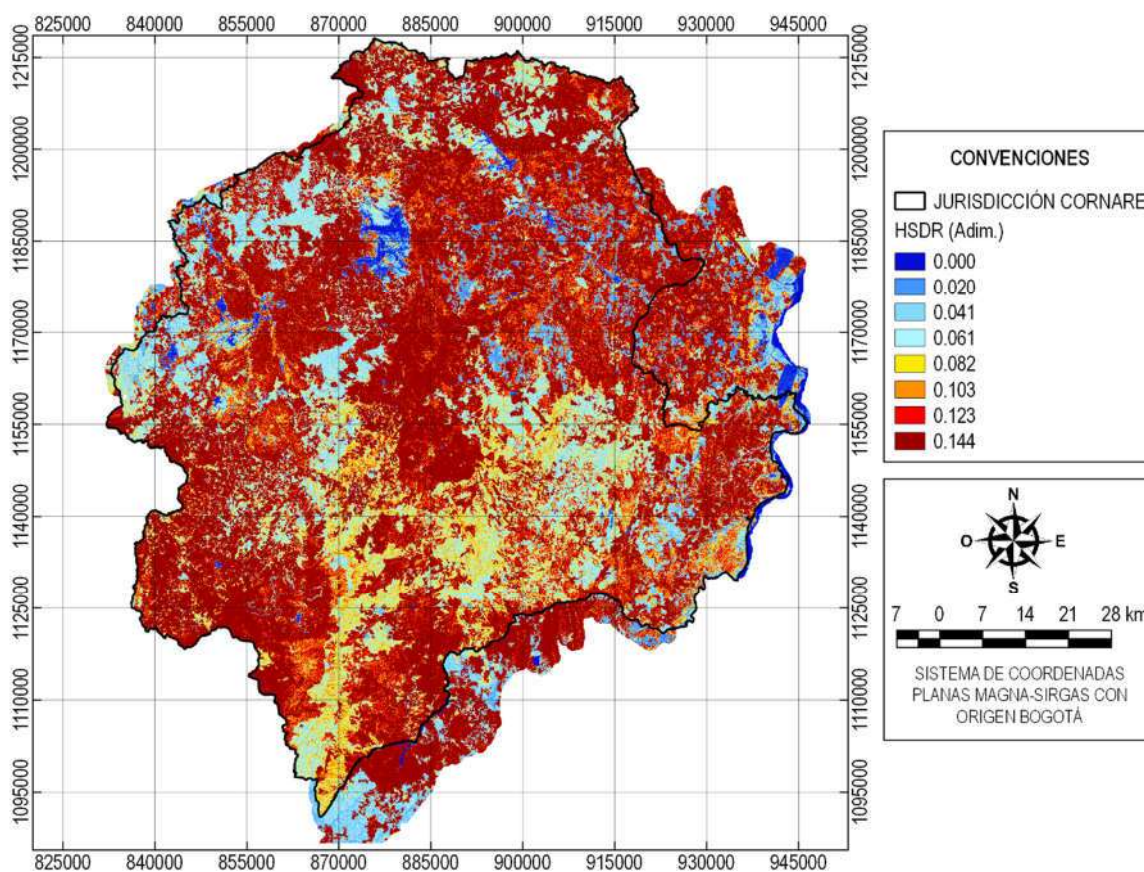


Figura 4-12. Relación de Entrega en Ladera, HSDR, calculada para la jurisdicción de CORNARE.

4.4.3. Retención de sedimento en embalses

Para estimar la retención en embalses se utilizó la relación propuesta por Morris (1963). Para tal efecto, los cálculos de porcentaje de retención se realizaron utilizando el caudal promedio de largo plazo y el volumen de almacenamiento reportado para cada uno de los principales embalses. Así, se llegó a que la retención en el embalse de La Fe es del 96,49%, en el embalse de El Peñol-Guatapé del 94,37%, en el embalse de San Lorenzo del 88,25%, en el embalse de Playas del 60,54% y en el embalse de Punchiná del 56,10%.

4.4.4. Carga base de sólidos suspendidos totales

Habiendo definido los mapas de erosión laminar en ladera, de relación de entrega en ladera y de retención en embalses, se hizo posible calcular el balance de sedimentos, de acuerdo a la conceptualización descrita en el título 0. El mapa de carga de sólidos suspendidos totales puede verse en la Figura 4-13.

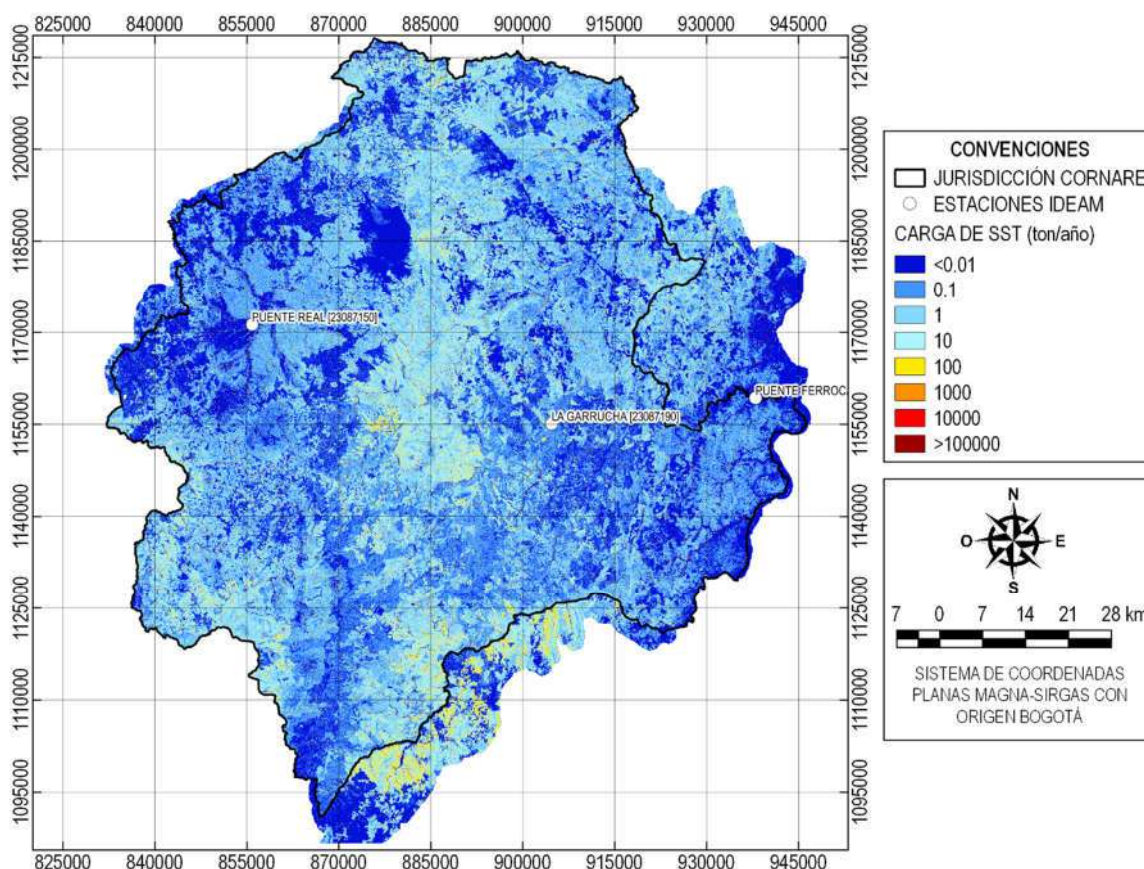


Figura 4-13. Carga promedio de sólidos suspendidos totales, calculada para la jurisdicción de CORNARE.

Debido a la escala a la que puede presentarse la imagen, el mapa de carga de sólidos suspendidos totales enfatiza en la carga transportada en las laderas, y no permite apreciar muy claramente rasgos particulares de transporte en la red de drenajes. El transporte en las laderas hereda patrones del mapa de producción de sedimentos estimado con la RUSLE y es fuertemente condicionado por la HSDR.

Para ilustrar el transporte de sólidos suspendidos totales en los cauces, se dibujaron los perfiles a lo largo de las cuatro corrientes delineadas en la Figura 4-2. Estos perfiles se presentan en la Figura 4-14.

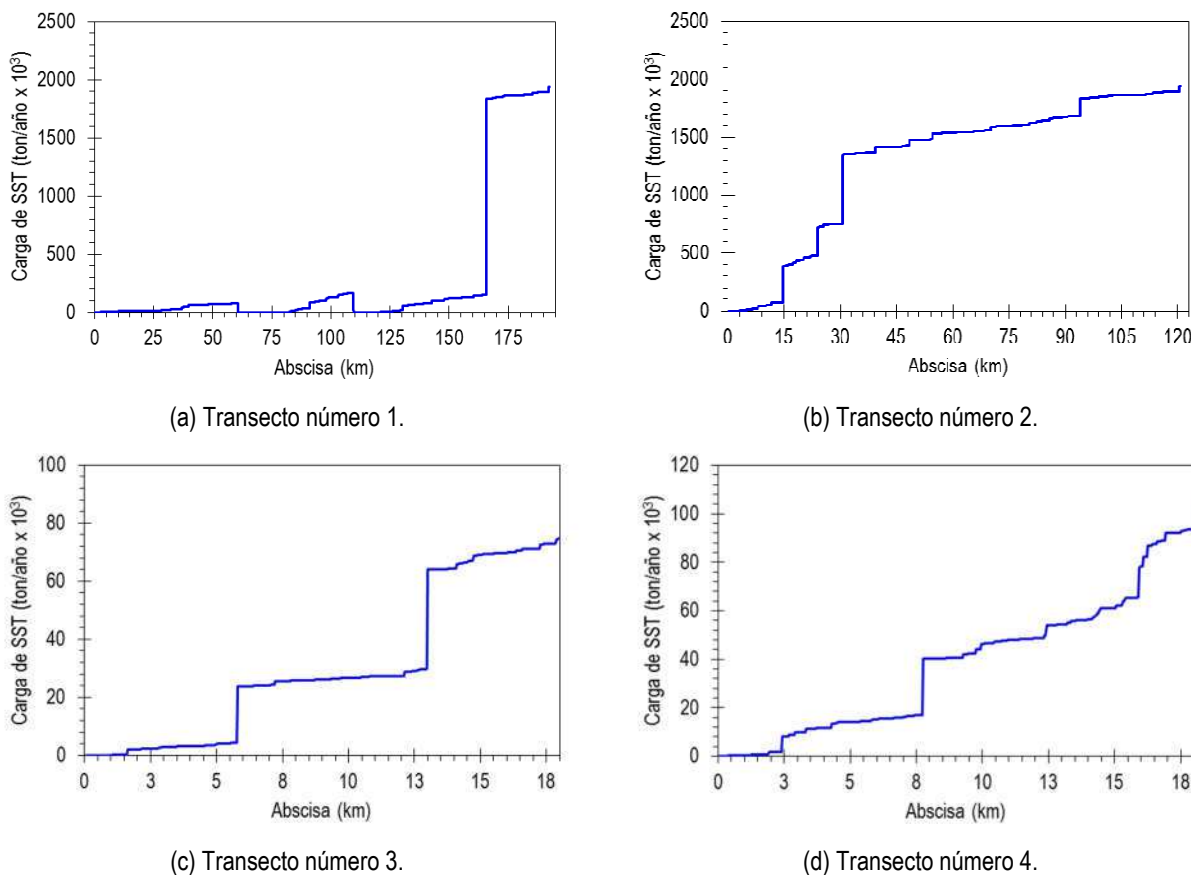


Figura 4-14. Perfiles de carga de sólidos suspendidos totales, a lo largo de los transectos representados en la Figura 4-2.

La principal característica de los perfiles mostrados en la Figura 4-14 es su comportamiento monótono creciente hacia aguas abajo, siempre que no haya presencia de intervención antrópica. Esta propiedad se puede apreciar en la Figura 4-2b, la Figura 4-2c y la Figura 4-2d. En el caso de la Figura 4-2a, se aprecian dos caídas en el perfil, una cercana a la abscisa de los 60 km otra cercana a la abscisa de los 110 km. La primera de estas caídas en el perfil de carga de sólidos suspendidos totales transportada es consecuencia de la retención producida por el embalse El Peñol-Gutapé, la siguiente, aparece por la retención que ejerce el embalse de San Lorenzo.

Para tener una idea de la capacidad de representación del modelo, se comparó el valor modelado con los valores promedio observados en las estaciones Puente Real (23087150), La Garrucha (23087190) y Puente Ferrocarril (23077020), que se localizan sobre los ríos Negro, Samaná Norte y Cocorná, respectivamente, y que son administradas por el IDEAM. Su ubicación puede observarse en la Figura 4-13. Por otro lado, el gráfico de comparación de las cargas observadas y simuladas se presenta en la Figura 4-15.

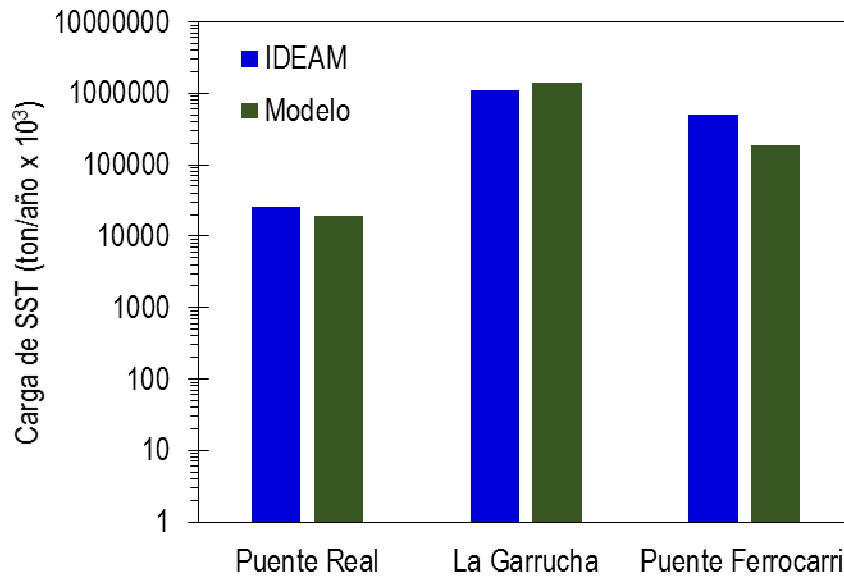


Figura 4-15. Comparación entre los valores de carga promedio de SST modelados y los observados en las estaciones del IDEAM.

Debe resaltarse que la escala de carga de SST en la Figura 4-15 es logarítmica, lo que hace que las diferencias entre el valor estimado por el modelo de producción de sedimentos y el valor observado en las estaciones del IDEAM parezca más pequeña. La razón por la que se utiliza la escala logarítmica es porque los datos en las estaciones La Garrucha (23087190) y Puente Ferrocarril (23077020), son un par de órdenes de magnitud mayores que los datos de la estación Puente Real (23087150), lo que impide su correcta visualización. Una idea más clara entre las diferencias, evaluadas por estación, se obtienen al considerar los siguientes errores relativos: Puente Real -27,19%, La Garrucha 31,96% y Puente Ferrocarril -61,94%.

De acuerdo con la forma en la que fue calculado, el error relativo, descrito en el párrafo anterior, toma valores negativos cuando el modelo subestima las observaciones y valores positivos cuando el modelo sobreestima las observaciones. Analizando los casos, se encuentra que el modelo subestima las cargas de sedimentos observadas en las estaciones Puente Real y Puente Ferrocarril, mientras que sobreestima las observaciones en la estación La Garrucha.

Para concluir, se entiende que las magnitudes de los errores relativos son altas; sin embargo, los procesos de producción de sedimentos en un territorio son complejos y numerosos, y debe decirse, aún no se encuentran muy bien entendidos, por lo que la aproximación propuesta, que permite acercarse por lo menos al orden de magnitud de la variable, se considera satisfactoria.

4.5. Intervención antrópica sobre la red de drenaje

Las intervenciones antrópicas sobre las fuentes superficiales involucran directamente la captación de agua y a su vez el vertimiento de la misma luego de estas ser utilizada. Generalmente, las mayores intervenciones se debe a la actividad doméstica en donde se capta agua para consumo humano, la cual luego es retornada a la fuente superficial con unas características de calidad de agua más deteriorada debido a los diferentes contaminantes que se incorporan al momento de ser empleada. Sin embargo, esta no es la única actividad que ocasiona impactos sobre la red de drenaje, ya que la actividad industrial, comercial, de agricultura, entre otras, también ocasionan impactos negativos en las condiciones de calidad del agua afectando no solo de manera puntual las fuentes hídricas, sino que diferentes sitios de intervención a lo largo una fuente superficial ocasiona un efecto acumulativo de presión del recurso tanto en términos de cantidad, en el caso de las captaciones, como en términos de calidad asociados a los vertimientos generados.

Lo anterior evidencia la necesidad de realizar un análisis acoplado de cada uno de los sitios de intervención antrópica, con el objetivo de establecer el grado de afectación de la corriente, así como predecir y valorar los impactos derivados de dichos vertimientos a través de modelos de simulación en función de la capacidad de asimilación y dilución del cuerpo de agua receptora. A continuación se describe cada una de las intervenciones antrópicas empleadas en la implementación del modelo.

4.5.1. Captaciones

Para la implementación de la herramienta SICA se emplearon 10438 captaciones de aguas superficial, las cuales en su mayoría corresponden a uso doméstico, riego y pecuario, como se mencionó en el numeral 2. Cabe resaltar, que se emplearon en la simulación tanto las captaciones vigentes como las no vigentes, pues generalmente los usuarios así no tengan la concesión vigente continúan captando el recurso.

La información empleada para la simulación hace referencia a las coordenadas del sitio de captación, el caudal concesionado y el porcentaje de agua retornada.

4.5.2. Vertimientos

Para la información de vertimientos se utilizó las caracterizaciones reportadas en la base de datos de tasas retributivas entre los años 2010 a 2016, en donde se reportan 130 vertimientos industriales y 21 vertimientos domésticos, información que fue mencionada y analizada en el numeral 2.2.3.

4.6. Monitoreo de fuentes superficiales

La información de monitoreo empleada en el modelo presenta registros históricos desde el año 2010 hasta el 2015 para todas las cuencas en la jurisdicción de CORNARE, la cual contiene información de

las siguientes variables de calidad de agua: pH, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, porcentaje de saturación, E.Coli y fosforo total, variables necesarias para calcular el ICA en el modelo de simulación.

Estos sitios de monitoreo sirven como condiciones de frontera en casos en donde no se tiene suficiente información referente a los vertimientos presentes en un tramo y/o corriente, y por consiguiente se hace necesario establecer valores fijos reales y no generar simulaciones con pocos vertimientos, obteniéndose una simulación poco coherente.

4.7. Objetivos de calidad de agua

Los criterios de calidad de agua deben ser incorporados en la simulación de calidad en el área de estudio, ya que esto permite articular la componente hidrológica con los requerimientos en términos de calidad de agua de los diferentes usuarios (naturales y/o jurídicos) del recurso hídrico.

Los objetivos de calidad se han definido mediante la Resolución 112-5304 de 2016, en donde se adopta el Plan de Ordenamiento del Recurso Hídrico – PORH y los objetivos de calidad de las fuentes receptoras de vertimientos en los 26 municipios de la jurisdicción de CORNARE para el periodo 2016-2026. A continuación se mencionan los tramos establecidos tanto para la cuenca del río Negro, como para las otras cuencas pertenecientes a la jurisdicción.

Tabla 4-1. Objetivos de calidad de agua definidos en la Resolución 112-5304 de 2016 para la cuenca del río Negro.

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
1	Río Pantanillo. Desde el sector identificado como el Bombeo la Ceja, hasta 200 metros antes del perímetro urbano del municipio de El Retiro en el sector La Terruca	843904; 1160000	842679; 1161649	DBO ₅	mg/ L	Aguas naturales- Consumo humano	5	Aguas naturales- Consumo humano	5	Preservación de Flora y fauna	5
				DQO	mg/ L		15		15		
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		> 5		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		10000		10000		
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		Ausente		
				SST	mg/l		20		20		
BMWP/Col	Puntaje BMWP		>80								
2	Río Negro. 200 metros antes del perímetro urbano del	842679; 1161649	843604; 1165706	DBO ₅	mg/ L	Aguas naturales- Consumo humano	5	Aguas naturales- Consumo humano	5	Aguas naturales- Consumo humano	5
				DQO	mg/ L		15		15		

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
	municipio de El Retiro en el sector La Terruca, hasta la estructura hidráulica de entrada al embalse La Fe			COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		> 5		> 5
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		100000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		50000		30000
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		Ausente		Ausente
				SST	mg/L		25		25		25
				Fosforo Total	mg/L P						0.1
3	Río Negro. Desde la estructura hidráulica de entrada al embalse La Fe en el Municipio de El Retiro, hasta 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. en el Barrio El Porvenir del Municipio de Rionegro	843604; 1165706	854287; 1171602	DBO ₅	mg/ L	Aguas naturales- Consumo humano	5	Aguas naturales- Consumo humano	5	Aguas naturales- Consumo humano	5
				DQO	mg/ L		20		20		20
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		> 5		> 5
				Coliformes totales	UFC/100 ml		100000		100000		100000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		30000		30000
				Grasas y aceites	mg/ L		20		20		20
				SST	mg/L		70		70		70
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Plomo (Pb)	mg/L				0.10		0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L						0.10
				Hidrocarburos Totales	mg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
Fósforo total	mg/L P			0.1							
4	Río Negro. 300 metros aguas abajo de la captación de EPRío S.A E.S.P. del Municipio de Rionegro hasta la Estación Puente Autopista, en límites con el Municipio de Marinilla	854287; 1171602	857901; 1175164	DBO ₅	mg/ L	Uso Estético	15	Uso Estético	15	Uso Estético	15
				DQO	mg/ L		40		40		40
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>4		>4		>5
				Coliformes totales	UFC/100 ml		160000		160000		160000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		80000		80000		80000
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
				SST	mg/l		300		250		120
				Olor			Moderado		Moderado		Débil
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos (Organoclorados, Organofosforados y Carbamatos)	µg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				Fósforo total	mg/L P						0.3
5	Río Negro. Estación Puente Autopista hasta la Estación La Fresera. Ambos puntos en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla	857901; 1175164	860573; 1177594	DBO ₅	mg/ L	Uso agrícola y pecuario	10	Uso agrícola y pecuario	10	Uso agrícola y pecuario	10
				DQO	mg/ L		40		40		40
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>3		>4		>5
				SST	mg/ L		140		95		70
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		70000		70000		70000
				Cadmio (Cd)	mg/L				0.01		0.01
				Plomo (Pb)	mg/L						0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L						0.10
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos (Organoclorados, Organofosforados y Carbamatos)	µg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
Fosforo Total	mg/L P			0.2							
6	Río Negro. Estación La Fresera, en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla hasta la Estación Río Abajo, en límites de los Municipios de	860573; 1177594	868535; 1180944	DBO ₅	mg/ L	Uso agrícola y pecuario	5	Uso agrícola y pecuario	5	Uso agrícola y pecuario	5
				DQO	mg/ L		30		30		30
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>3		>4		>5

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
	Marinilla y El Peñol			Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				SST	mg/l		161		95		40
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		40000		40000		40000
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Cadmio (Cd)	mg/L				0.01		0.01
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L						0.10
				Fósforo total	mg/L P						0.2
7	Quebrada La Pereira. Nacimiento Quebrada La Pereira en la vereda El Tambo del Municipio de La Ceja, hasta 400 metros antes del perímetro urbano del municipio, sector Hacienda Horizontes	851105; 1154133	850819; 1157671	DBO ₅	mg/ L	Aguas naturales: Consumo humano	5	Aguas naturales: Consumo humano	5	Preservación de Flora y fauna	5
				DQO	mg/ L		15		15		15
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		6-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		> 5		> 6
				SST	mg/l		15		15		15
				Coliformes totales	UFC/100 ml		50000		50000		50000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		10000		10000		10000
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		Ausente		Ausente
				Fósforo Total	mg/ L				0.2		0.2
				BMWP/Col	Puntaje BMWP						>80
8	Quebrada La Pereira. Desde 400 metros antes del perímetro urbano del municipio de la Ceja en el sector Hacienda Horizontes, hasta la desembocadura de la Quebrada La Uchuval del Municipio de La Ceja	850819; 1157671	853518; 1160576	DBO ₅	mg/ L	Uso agrícola y pecuario	15	Uso agrícola y pecuario	15	Estético	15
				DQO	mg/ L		30		30		30
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		>5		>5
				SST	mg/l		15		15		15
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		50000		50000
				Cadmio (Cd)	mg/L				0.01		0.01
				Olor							Débil

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
				Plomo (Pb)	mg/L						0.10
				Fósforo Total	mg/L P						0.15
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos (Organoclorados, Organofosforados y Carbamatos)	µg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L						0.10
9	Quebrada La Pereira. Desde la desembocadura de la Quebrada La Uchuval en el Municipio de La Ceja hasta la desembocadura de la Quebrada La Pereira sobre el Río Negro en el Municipio de Rionegro	853518; 1160576	856078; 1171339	DBO ₅	mg/ L	Uso agrícola y pecuario	5	Uso agrícola y pecuario	5	Aguas naturales- Consumo humano	5
				DQO	mg/ L		30		30		
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		>5		> 5
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Coliformes totales	UFC/100 ml		70000		70000		70000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		15000		15000		15000
				Cadmio (Cd)	mg/L				0.01		0.01
				Grasas y aceites	mg/ L						20
				Fósforo Total (P)	mg/L						0.2
				SST	mg/L		70		70		70
				Plomo (Pb)	mg/L						0.10
				Hidrocarburos Totales	mg/l				Análisis/reporte		Análisis/reporte
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L				0.10						
10	Quebrada La Cimarrona. Nacimiento en la vereda Boquerón sobre la cota 2600, hasta la confluencia con la Quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral	865477; 1159970	861456; 1163622	DBO ₅	mg/ L	Aguas naturales: Consumo humano	10	Aguas naturales: Consumo humano	10	Preservación de Flora y fauna	10
				DQO	mg/ L		30		30		30
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		6-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 5		> 5		> 6
				SST	mg/L		70		70		25
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		50000		50000		50000
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		Ausente		Ausente

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)					
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO			
		INICIO	FINAL											
11	Quebrada La Cimarrona. Desde la confluencia con la quebrada La Madera en el Municipio de El Carmen de Viboral hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de Rionegro y Marinilla	861456; 1163622	857663; 1174672	Fósforo Total	mg/ L	Uso Estético					Uso Estético	0.2		
				BMWP/Col	Puntaje BMWP							>80		
				DBO ₅	mg/ L							20	20	20
				DQO	mg/ L							60	60	60
				COT	mg/ L							Análisis/reporte	Análisis/reporte	Análisis/reporte
				Oxígeno disuelto	mg/ L							>5	>5	>5
				pH	Unidades pH							5-9	5-9	5-9
				SST	mg/L							70	70	70
				Coliformes totales	UFC/100 ml							200000	200000	200000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml							100000	100000	100000
				Olor								Moderado	Moderado	Débil
Cadmio (Cd)	mg/L	0.01	0.01	0.01										
Plomo (Pb)	mg/L	0.10	0.10	0.10										
Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L	0.10	0.10	0.10										
Fósforo Total (P)	mg/l			0.20										
12	Quebrada La Mosca. Nacimiento de la Quebrada La Mosca (El Chuscal Sector Alto de la Virgen) hasta 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda Romeral del Municipio de Guarne	848330; 1191332	847159; 1189291	DBO ₅	mg/ L	Aguas naturales- Consumo humano					Preservación de Flora y fauna	5		
				DQO	mg/ L							20	20	20
				COT	mg/ L							Análisis/reporte	Análisis/reporte	Análisis/reporte
				pH	Unidades pH							5-9	5-9	6-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L							> 5	> 5	> 6
				SST	mg/L							15	15	15
				Coliformes totales	UFC/100 ml							120000	120000	120000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml							50000	50000	50000
				Grasas y aceites	mg/ L							Ausente	Ausente	Ausente
				Fósforo Total (P)	mg/ L									0.2
				BMWP/Col	Puntaje BMWP									>80
13	Quebrada La Mosca. Desde 500 metros antes de llegar a la autopista Medellín-Bogotá Sector Villa Flor Vereda	847201; 1190459	857929; 1175418	DBO ₅	mg/ L	Uso Industrial					Uso Industrial	20		
				DQO	mg/ L							40	40	40
				COT	mg/ L							Análisis/reporte	Análisis/reporte	Análisis/reporte
				Oxígeno disuelto	mg/ L							>5	>5	>5

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
	Romeral del Municipio de Guarne, hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Rionegro			pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				SST	mg/L		40		40		20
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		200000		200000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		100000		100000		100000
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Arsenico (As)	mg/L		0.1		0.1		0.1
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Níquel (Ni)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Mercurio (Hg)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Barrido de Plaguicidas y Metabolitos (Organoclorados, Organofosforados y Carbamatos)	µg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				Fósforo Total (P)	mg/L						0.1
14	Quebrada La Marinilla. Desde Nacimiento de la quebrada La Marinilla, en el Sector Morritos, del Municipio de El Santuario hasta desembocadura sobre el río Negro en el Municipio de Marinilla	870949; 1166942	859134; 1176499	DBO ₅	mg/L	Uso agrícola y pecuario	15	Uso agrícola y pecuario	15	Uso agrícola y pecuario	15
				DQO	mg/L		40		40		40
				COT	mg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/L		> 3		>4		> 5
				SST	mg/L		70		70		40
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Coliformes totales	UFC/100 ml		200000		200000		200000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Fósforo Total (P)	mg/L		0.25		0.25		0.25
				Plomo (Pb)	mg/L				0.10		0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L						0.10
15	Quebrada Yarumal-Chachafruto. Nacimiento de	844348; 1176654	852557; 1171498	DBO ₅	mg/L	Uso Industrial	5	Uso Industrial	5	Uso Industrial	5
				DQO	mg/L		20		20		20

OBJETIVOS DE CALIDAD					CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
No. TRAMO	DESCRIPCIÓN TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
	la Quebrada Yarumal en la cota 2600 vereda Yarumal, hasta la desembocadura de la Quebrada Chachafruto sobre el Río Negro en el Municipio de Rionegro			COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		>5		>5
				SST	mg/L		450		200		100
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		30000		30000
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Arsenico (As)	mg/L		0.1		0.1		0.1
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Plomo (Pb)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Níquel (Ni)	mg/L		0.10		0.10		0.10
				Mercurio (Hg)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Hidrocarburos Totales	mg/L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				Fósforo total (P)	mg/L						0.1
16	Quebrada El Salado Desde el Nacimiento de la Quebrada El Salado en el sector Guacirú del Municipio de San Vicente, hasta la desembocadura sobre el Río Negro en límites de los Municipios de San Vicente y Marinilla	859310; 1190131	862796; 1181749	DBO ₅	mg/ L	Uso agrícola y pecuario	5	Uso agrícola y pecuario	5	Uso agrícola y pecuario	5
				DQO	mg/ L		20		20		20
				COT	mg/ L		Análisis/reporte		Análisis/reporte		Análisis/reporte
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		>6		> 6
				SST	mg/L		40		40		40
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002
				Coliformes totales	UFC/100 ml		150000		150000		150000
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		30000		30000		30000
				Cadmio (Cd)	mg/L		0.01		0.01		0.01
				Plomo (Pb)	mg/L				0.10		0.10
				Cromo hexavalente (Cr ⁶⁺)	mg/L						0.10

Tabla 4-2. Objetivos de calidad de agua definidos en la Resolución 112-5304 de 2016 para las otras cuencas de la jurisdicción de CORNARE.

ID	TRAMO	OBJETIVOS DE CALIDAD			CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
		COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
1	Tramo Río Nare . Inicia en la confluencia del vertedero embalse El Peñol-Guatapé con la Quebrada Santa Gertrudis, hasta la confluencia con el Río Samaná Norte	879874 1191017	929582; 1181774	DBO ₅	mg/ L	Agrícola y pecuario	5	Agrícola y pecuario	5	Estético	5
				DQO	mg/ L		30		30		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		2000		
				SAR	Fracción		Análisis/report e		Análisis/report e		
				Grasas y aceites	mg/ L		20		20		
2	Tramo Río Nus . Nace en la Cota 1900 sector Los Planes, hasta la confluencia de la Quebarda La Soledad en Efe Gómez.	880829; 1212468	918802; 1206371	DBO ₅	mg/ L	Agrícola y pecuario	20	Agrícola y Pecuario	20	Agrícola y Pecuario	20
				DQO	mg/ L		40		30		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		20000		15000		
				SAR	Fracción		Análisis/report e		Análisis/report e		
				Grasas y aceites	mg/ L		20		20		
3	Tramo Samaná Norte . En la confluencia del Río Calderas y el Río Verde hasta la desembocadura sobre el Río Nare	899817; 1145703	929625; 1181783	DBO ₅	mg/ L	Recreativo Contacto primario	15	Recreativo Contacto primario	15	Recreativo Contacto primario	15
				DQO	mg/ L		40		30		
				COT	mg/ L		Análisis/report e		Análisis/report e		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
				Grasas y aceites	mg/l		Ausente		Ausente		
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		
				Material flotantes			Ausente		Ausente		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		3000		3000		
				SST	mg/l		50		50		
4	Tramo Samaná Sur . Inicio de tramo Cota 3100 hasta la confluencia del Río Samaná Sur con el Río La Miel	867347; 1091037	926651; 1122166	DBO ₅	mg/ L	Agropecuario	20	Estético	20	Estético	20
				DQO	mg/ L		40		40		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
				Coliformes totales	UFC/100 ml		50000		50000		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		5000		

ID	TRAMO	OBJETIVOS DE CALIDAD			CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)				
		COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO		
		INICIO	FINAL										
5	Tramo I Río Buey. Inicio en el Salto del Buey, hasta la confluencia con el Río Piedras	853749; 1143894	847950 1148198	SAR	Fracción	Preservación fauna y flora	Análisis/report e	Preservación fauna y flora	Análisis/report e	Preservación fauna y flora	Análisis/report e		
				Grasas y aceites	mg/ L		20					20	20
				DBO ₅	mg/ L		5					5	5
				DQO	mg/ L		40					40	30
				COT	mg/ L		Análisis/report e					Análisis/report e	Análisis/report e
				pH	Unidades pH		6-9					6-9	6-9
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6					> 6	> 6
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		3000					3000	3000
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente					Ausente	Ausente
				Nitrógeno Nitratos (N-NO ₃)	mg/ L		1					1	1
				Nitrógeno amoniacal (N-NH ₃)	mg/ L		1					1	1
Fósforo Total	mg/ L	0.2	0.2	0.2									
BMWP/Col	Puntaje BMWP			>80									
6	Tramo II Río Buey. Desde la confluencia del Río Piedras y Buey hasta la confluencia con el Río Arma.	847950 1148198	836138; 1125076	DBO ₅	mg/ L	Agrícola y pecuario	5	Agrícola y pecuario	5	Agrícola y pecuario	5		
				DQO	mg/ L		60		60		60		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		>6		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		3000		3000		
				SAR	Fracción		Análisis/report e		Análisis/report e		Análisis/report e		
				Grasas y aceites	mg/ L		20		20		20		
				SST	mg/L		200		150		100		
7	Tramo Río Claro-Cocorná Sur. Desde la cota 2100 Sector la Danta, hasta Perales sobre el río Magdalena	891962; 1128170	944384; 1159945	DBO ₅	mg/ L	Recreativo de contacto primario	5	Recreativo de contacto primario	5	Recreativo de contacto primario	5		
				DQO	mg/ L		100		70		50		
				COT	mg/ L		10		10		10		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		>6		
				Grasas y aceites	mg/l		Ausente		Ausente		Ausente		
				Fenoles	mg/L		0.002		0.002		0.002		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		5000		5000		
				SST	mg/l		150		150		100		

ID	OBJETIVOS DE CALIDAD				CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
	TRAMO	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
		INICIO	FINAL								
8	Tramo Río Magdalena. Inicio de tramo Corregimiento San Miguel (Sonsón), hasta el Corregimiento de Puerto Perales (Puerto Triunfo)	935765; 1131398	945823; 1154432	DBO ₅	mg/ L	Agropecuario	5	Estético	5	Estético	5
				DQO	mg/ L		30		30		
				pH	Unidades pH		5-9		5-9		
				Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		> 6		
				Coliformes fecales	UFC/100 ml		5000		5000		
				Grasas y aceites	mg/ L		Ausente		Ausente		
				SAR	Fracción		Análisis/report e				

Tabla 4-3. Objetivos de calidad de agua definidos en la Resolución 112-5304 de 2016 para las zonas urbanas municipales y centros poblados.

ID	OBJETIVOS DE CALIDAD				CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)			
	TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MÁXIMO ESTABLECIDO
			INICIO	FINAL								
1	Municipio de Abejorral	Quebrada El Matadero. Inicia en la confluencia de las Quebradas Gus y Aduanillas, hasta aguas abajo de la futura PTAR	850107; 1132672	849662; 1133046	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Estético	15	Estético	15
					SST	mg/ L		20		20		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		>5		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		200000		200000		
2	Municipio de Alejandría	Quebrada Nudillales. Confluencia con la Quebrada El Triángulo zona Urbana hasta desembocar sobre el Río Nare	882354; 1196197	882474; 1197621	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Estético	15	Estético	15
					SST	mg/ L		350		350		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		27000		27000		
3	Municipio de Argelia	Quebrada Llanadas. Inicio de tramo sector La Julia área urbana hasta la confluencia sobre la Q. La Arenosa	880776; 1126207	883154; 1125382	DBO ₅	mg/ L	Estético	15	Estético	15	Estético	10
					SST	mg/ L		25		20		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		> 6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		160000		160000		
4	Municipio de Cocorná	Quebrada La Granja. Inicio de tramo en el área urbana de Cocorná hasta aguas abajo de PTAR La Granja	877507; 1161848	877118; 1161303	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Estético	20	Estético	20
					SST	mg/ L		20		20		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		>5		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		1600000		1600000		

ID	TRAMO	FUENTE	OBJETIVOS DE CALIDAD			CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
			COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O
			INICIO	FINAL								
5	Municipio de Cocorná	Quebrada El Zapote. Inicio de tramo en el área urbana de Cocorná hasta aguas abajo de PTAR El Zapote	877513; 1161420	877530; 1161232	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Estético	20	Estético	20
					SST	mg/ L		20		20		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		>5		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		1600000		1600000		
6	Municipio de Concepción	Río Concepción. Inicio de tramo Río Concepción sector San Juan Llano, hasta la confluencia con la Q. El Merro	868070; 1198422	871174; 1198828	DBO ₅	mg/ L	Estético	5	Estético	5	Estético	5
					SST	mg/ L		15		15		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		3000		3000		
7	Municipio de El Peñol	Embalses	872498; 1179118	872498; 1179119	DBO ₅	mg/ L	Estético	5	Estético	5	Estético	5
					SST	mg/ L		15		15		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		>5		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		150000		150000		
8	Municipio de Granada	Quebrada Santa Bárbara. Inicio de tramo aguas arriba zona urbana sector Vahitos, hasta la confluencia con la Quebrada Vahitos	876230; 1172337	878263; 1171082	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Estético	20	Estético	15
					SST	mg/ L		20		20		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		195000		195000		
9	Municipio de Guatapé	Embalses	880381; 1180680	880381; 1180681	DBO ₅	mg/ L	Estético	5	Estético	5	Estético	5
					SST	mg/ L		15		15		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		150000		150000		
10	Municipio de La Unión	Río Piedras. Desde El sector Gualanday, hasta después de recibir las aguas residuales de la PTAR	855856; 1151872	858699; 1152961	DBO ₅	mg/ L	Estético	7	Estético	7	Estético	7
					SST	mg/ L		180		180		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		170000		170000		
11	Municipio de Nariño	Quebrada El Oso. Inicio de tramo en área urbana de Nariño hasta desembocadura	878364; 1112604	878281; 1110850	DBO ₅	mg/ L	Estético	40	Estético	40	Estético	30
					SST	mg/ L		30		30		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		> 6		> 6		

ID	TRAMO	FUENTE	OBJETIVOS DE CALIDAD			CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)		
			COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO	USO AGUA	VALOR MAXIMO ESTABLECIDO
			INICIO	FINAL								
1 2	Municipio de Puerto Triunfo	Río Magdalena. Inicia después de la desembocadura del Río La Miel hasta un sector aguas abajo del Corregimiento de Puerto Perales.	935765; 1131398	945823; 1154432	Coliformes fecales	NMP/100 ml	Estético	1000000	Estético	1000000	Estético	1000000
					DBO ₅	mg/ L		4		4		4
					SST	mg/ L		15		15		15
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		>6
Coliformes fecales	NMP/100 ml	3000	3000	3000								
1 3	Municipio de Puerto Triunfo- Corregimiento Doradal	Caño Doradal. Inicia antes del área urbana de Doradal hasta la confluencia con la Quebrada Dosquebradas	926287; 1142557	927740; 1145303	DBO ₅	mg/ L	Estético	30	Estético	30	Estético	30
					SST	mg/ L		30		30		30
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>4		>4		>4
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		1100		1100		1100
1 4	Municipio de Puerto Triunfo- Corregimiento Estación Cocorná	Río Claro. Inicia en un sector aguas arriba del centro poblado hasta un sector aguas abajo del mismo	937322; 1159163	938528; 1159225	DBO ₅	mg/ L	Estético	10	Estético	10	Estético	10
					SST	mg/ L		123		123		123
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		>7
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		5000		5000		5000
1 5	Municipio de Puerto Triunfo- Corregimiento Las Mercedes	Quebrada La Mercedes. Aguas arriba del perímetro urbano, hasta aguas bajo de la PTAR	923142; 1146700	923752; 1149807	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estético	4	Estético	4
					SST	mg/ L		15		15		15
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		>7
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		5900		5900		5900
1 6	Municipio de Puerto Triunfo- Corregimiento Puerto Perales	Río Magdalena. Inicia en un sector aguas arriba del centro poblado hasta un sector aguas abajo del mismo	943330; 1153694	944745; 1153562	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estético	4	Estético	4
					SST	mg/ L		15		15		15
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		>6
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		3000		3000		3000
1 7	Municipio de San Carlos	Río San Carlos. Inicio de tramo en la confluencia con la Q. Palmichal sector Dinamarca hasta aguas abajo de la cabecera confluencia	896308; 1174726	901242; 1176328	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estético	4	Estético	4
					SST	mg/ L		20		20		15
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		5-9
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		>6
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		160000		160000		100000

ID	TRAMO	FUENTE	COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)	
			INICIO	FINAL			USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O
18	Municipio de San Francisco	Quebrada El Cascajo. Inicio de tramo de la Q. Cascajo (Guacales), hasta aguas abajo después de la PTAR de la cabecera en la cota 1100	886956; 1151689	886074; 1151200	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Estético	20	Estético	20
					SST	mg/ L		30		30		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		1450000		1450000		
19	Municipio de San Francisco	Quebrada La Tripa. Inicio de tramo Q La Tripa en límites vereda Asiento Grande hasta 200 metros aguas abajo de la PTAR La Tripa	887024; 1151411	886607; 1150883	DBO ₅	mg/ L	Estético	30	Estético	30	Estético	30
					SST	mg/ L		30		30		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		142000		142000		
20	Municipio de San Luis	Quebrada La Risaralda. Inicio tramos quebrada La Risaralda aguas arriba de la zona urbana, hasta desembocara sobre el río Dormilón	898197; 1159534	898805; 1160601	DBO ₅	mg/ L	Estético	30	Estético	30	Estético	30
					SST	mg/ L		40		40		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		3500		3500		
21	Municipio de San Rafael	Río Guatapé. Inicio de tramo en el sector El Charco hasta el área de ingreso al Embalse Playas	893163; 1187972	896856; 1188171	DBO ₅	mg/ L	Estético	7	Estético	7	Estético	7
					SST	mg/ L		7		7		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		3450		3450		
22	Municipio de San Roque	Quebrada San Roque. Inicia en el sector aguas arriba zona urbana hasta un sector aguas abajo del perímetro urbano	893671; 1208315	896900; 1209558	DBO ₅	mg/ L	Estético	6	Estético	6	Estético	6
					SST	mg/ L		15		15		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		4800		4800		
23	Municipio de San Roque (Centros Poblados)	Río Nus	880829; 1212468	918802; 1206371	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estético	4	Estético	4
					SST	mg/ L		330		330		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		15000		15000		
24	Municipio de Santo Domingo	Quebrada San Miguel. Inicia en proximidad del área	879401; 1208378	879495; 1206859	DBO ₅	mg/ L	Estético	10	Estético	10	Estético	10
					SST	mg/ L		20		20		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		

ID	TRAMO	FUENTE	OBJETIVOS DE CALIDAD		CRITERIO	UNIDADES DE MEDIDA	CORTO PLAZO (2 AÑOS)		MEDIANO PLAZO (5 AÑOS)		LARGO PLAZO (10 AÑOS)	
			COORDENADA (Magna-Sirgas Colombia-Bogotá)				USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O	USO AGU A	VALOR MAXIMO ESTABLECID O
			INICIO	FINAL								
		urbana de Santo Domingo, hasta después del Cementerio en el sector Los Reyes			Oxígeno disuelto	mg/ L		>5		>5		>5
					Coliformes fecales	NMP/100 ml						
25	Municipio de Sonsón	Río Sonsón. Inicia en el sector Chaverras hasta antes de la confluencia de la Quebrada Yarumal	865527; 1123995	863192; 1121676	DBO ₅	mg/ L	Estético	20	Estético	20	Estético	20
					SST	mg/ L		30		30		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>6		>6		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		140000		140000		
26	Municipio de Sonsón- Corregimiento de Jerusalén	Caño Borniego. Nace en la cota 500 aguas arriba del centro poblado, hasta un sector aguas abajo del mismo	915150; 1144393	914665; 1143223	DBO ₅	mg/ L	Estético	500	Estético	500	Estético	300
					SST	mg/ L		200		200		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>3		>3		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		100000		100000		
27	Municipio de Sonsón- Corregimiento de San Miguel	Río La Miel. Inicia en un sector aguas arriba del centro poblado hasta un sector aguas abajo del mismo	928249; 1125445	927880; 1126818	DBO ₅	mg/ L	Estético	4	Estético	4	Estético	4
					SST	mg/ L		15		15		
					pH	Unidades pH		5-9		5-9		
					Oxígeno disuelto	mg/ L		>7		>7		
					Coliformes fecales	NMP/100 ml		2600		2600		

Adicionalmente a los objetivos de calidad de agua establecidos en la Resolución 112-5304 de 2016, también en esta implementación se contemplan como tramos de análisis los definidos en el Acuerdo N° 176 del 31 de Mayo de 2006, en donde se adoptaron para las fuentes receptoras de vertimientos de la jurisdicción de CORNARE unos tramos de calidad estableciéndose una estructura de monitoreo, control y vigilancia. Estos tramos se establecen como otras unidades de análisis y visualización en la herramienta SICA, a continuación se mencionan los tramos establecidos tanto para la cuenca del río Negro, como para las otras cuencas pertenecientes a la jurisdicción

Cabe resaltar que estos tramos de análisis se presentan en un archivo diferente, lo que hace posible obtener solamente valores en los tramos de calidad definidos en la Resolución 112-5304 o si bien, si se desea conocer solamente las condiciones para los tramos definidos en el Acuerdo N° 176 del 31 de Mayo de 2006 también es posible, únicamente cambiando en el ingreso de datos el archivo de TRAMOS_PORH.shp.

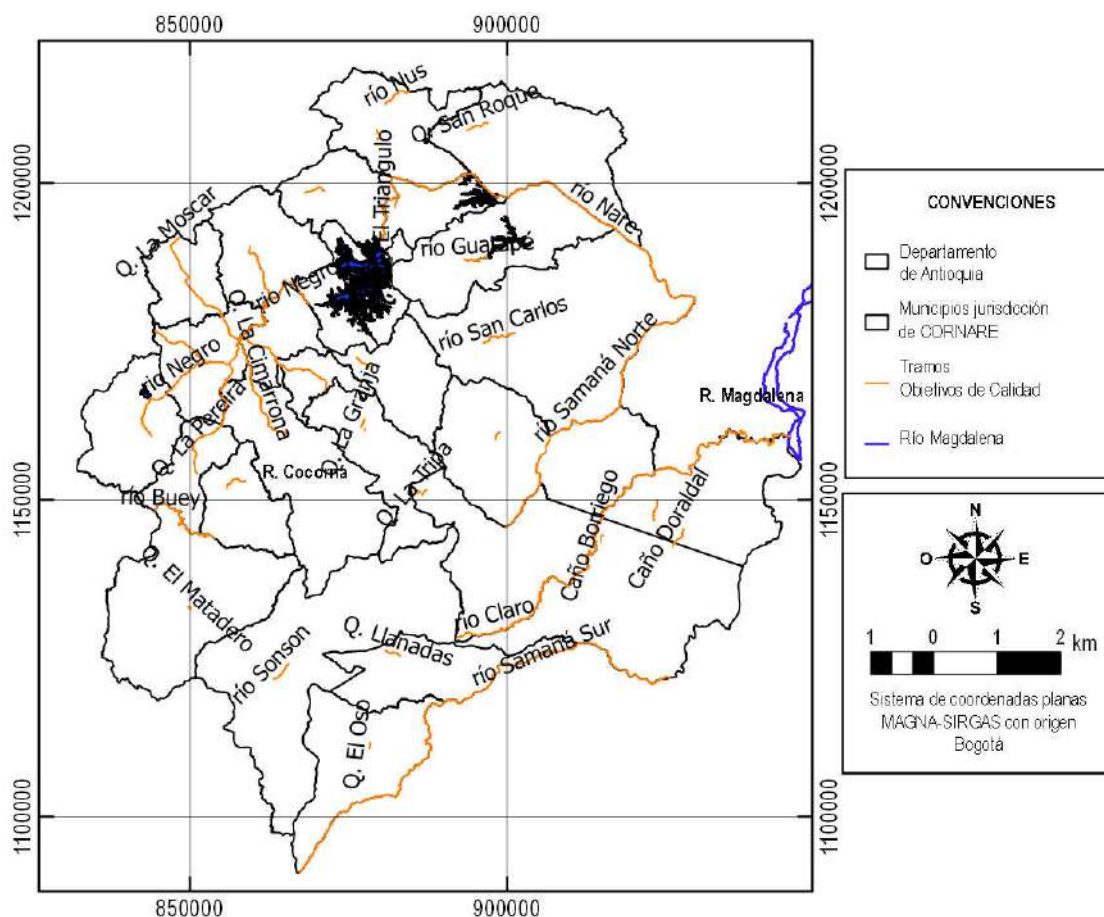


Figura 4-16. Tramos objetivos de calidad en las cuencas de la jurisdicción de CORNARE definidos mediante la Resolución 112-5304 de 2016.

4.7.1. Tramos de corriente de la cuenca del río Negro

- Tramo I: Río Pantanillo
- Tramo II: Represa la Fe inicio barrio El Porvenir:
- Tramo III, IV, V, VI, VIII: Inicio Barrio el Porvenir – Riotex.
- Tramo VII: Río Negro Antes de Recibir La Q. Marinilla - Embalse.
- Tramo IX. Quebrada La Pereira.
- Tramo X. Quebrada La Cimarrona desde su nacimiento hasta después de la PTARD del Carmen de Viboral.
- Tramo XI. Quebrada La Cimarrona después del municipio del Carmen hasta la descarga de la Corporación la Cimarrona
- Tramo XII. Quebrada La Mosca alto de La Virgen Pte barrio San Antonio.
- Tramo XIII. Puente Barrio San Antonio. Desembocadura en el río Negro
- Tramo XIV. Quebrada la Mosca: - Quebrada la Brizuela.

4.7.2. Tramos de corriente de la cuenca en jurisdicción de CORNARE

- Tramo cuenca Buey – Arma: Tramo I río Buey – Piedras, Tramo II río Arma.
- Tramo cuenca Samaná sur
- Tramo cuenca río Nare
- Tramo cuenca río Samaná norte
- Tramo cuenca río Nus
- Tramo río Claro – Cocorná sur
- Tramos directos al río Magdalena

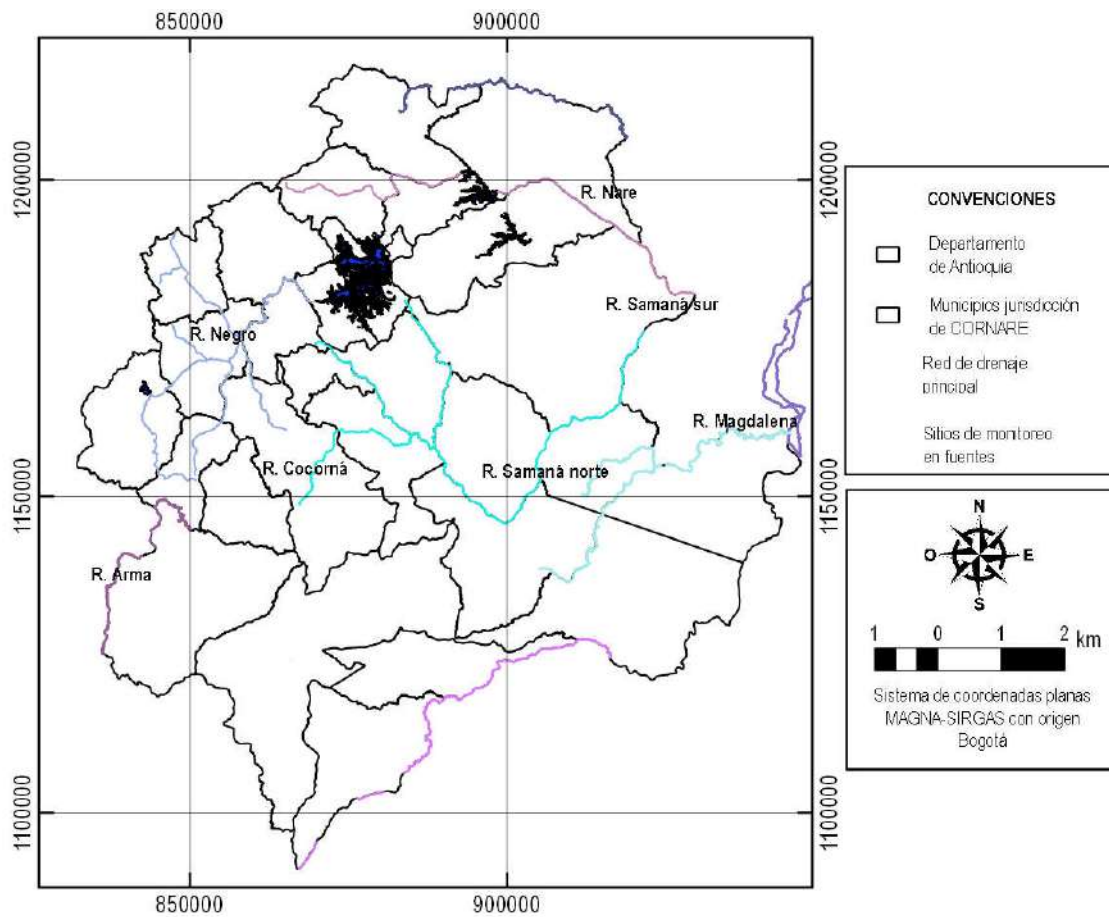


Figura 4-17. Tramos en las cuencas de la jurisdicción de CORNARE, definidos mediante el PORH (2015).

4.8. Implementación computacional del modelo SICA

La herramienta SICA permite simular las siguientes variables de calidad de agua: sólidos suspendidos totales -SST-, pH, demanda bioquímica de oxígeno -DBO-, demanda química de oxígeno -DQO-, oxígeno disuelto -OD- Nitrógeno total Kjeldahl -NTK- y coliformes fecales -Coli-.

Para la evaluación regional de la calidad del agua y la disponibilidad hídrica, se llevan a cabo los siguientes pasos:

- Definición de tramos de corriente a lo largo de los cuales se hace las verificaciones de la aparición de problemáticas relacionadas con la calidad del agua y la disponibilidad. Estos tramos se asocian a los definidos en los PORH, los cuales fueron mencionados en el numeral 4.7.
- Definición de condiciones de frontera en el modelo de calidad de agua.
- Comparación de perfiles de calidad de agua y criterios de calidad de agua, para lo cual una problemática corresponde a la condición $C_{simulada} > C_{ref}$, donde $C_{simulada}$ es la concentración de alguna de las variables simuladas mediante el modelo de calidad de agua empleado y C_{ref} es el criterio de calidad de agua correspondiente, cuando se encuentre disponible.
- Evaluación de disponibilidad hídrica, para lo cual una problemática corresponde a aquella condición en la que $Q_D < 0$, donde Q_D es la oferta hídrica disponible que viene dada por la ecuación (4-1). En dicha ecuación, Q corresponde a la oferta hídrica natural, $Q_{ambiental}$ es el caudal ambiental, D_{cum} es la demanda de agua acumulada desde aguas arriba hasta el sitio de interés y R_{cum} los retornos de agua (vertimientos) acumulados desde aguas arriba hasta el sitio de interés.

$$Q_D = Q - Q_{ambiental} - D_{cum} + R_{cum} \quad (4-1)$$

Es importante notar que la condición crítica $Q_D < 0$ se presenta cuando:

$$(Q + R_{cum}) < (Q_{ambiental} + D_{cum}) \quad (4-2)$$

lo cual ocurre cuando existe alta demanda acumulada y/o la magnitud de caudal ambiental es un alto condicionante ambiental el sitio de análisis.

4.8.1. Segmentación del modelo SICA para en las cuencas de la jurisdicción de CORNARE

Si bien en el numeral 0 se realizó la caracterización del medio físico, la morfología y la segmentación de la red de drenaje de acuerdo con el tipo de morfología para toda la jurisdicción de CORNARE, fue

necesario para la implementación de SICA realizar una división de esta información por cuencas dado que el procesamiento de los mapas se hace muy lento con toda la jurisdicción. A continuación se presenta las cuencas en las que fue dividido el procesamiento de SICA, así como las recomendaciones que se deben tener en cuenta para su simulación.

SICA para la jurisdicción de CORNARE se encuentra dividida de la siguiente forma:

- Río Negro
- Río Nare y Nus
- Río Cocorná – río Claro
- Río Samaná Norte
- Río Samaná Sur
- Río Buey - Arma

Dentro de estas cuencas se hace importante mencionar dos de ellas: río Nare y Nus, y río Samaná Norte, dado que este último hace parte de la cuenca del primero como se puede evidenciar en la Figura 4-18. Esto es especialmente relevante dado que para realizar siempre la simulación de calidad de agua en SICA para la cuenca del río Nare es necesario primero simular para la cuenca del río Samaná Norte y obtener los valores a la salida de ella (punto blanco en la Figura 4-18) de las concentraciones de las variables simuladas, valores que se deben ingresar como un vertimiento ficticio en el archivo Excel denominado *LB_Vertimientos_CORNARE_Agosto2017.xlsm* y con el código de *VSamanaNorte*. Luego se debe efectuar la simulación para la cuenca de río Nare y Guatapé para así poder obtener los efectos acumulativos de la presión antrópica generada en la cuenca del río Samaná Norte.

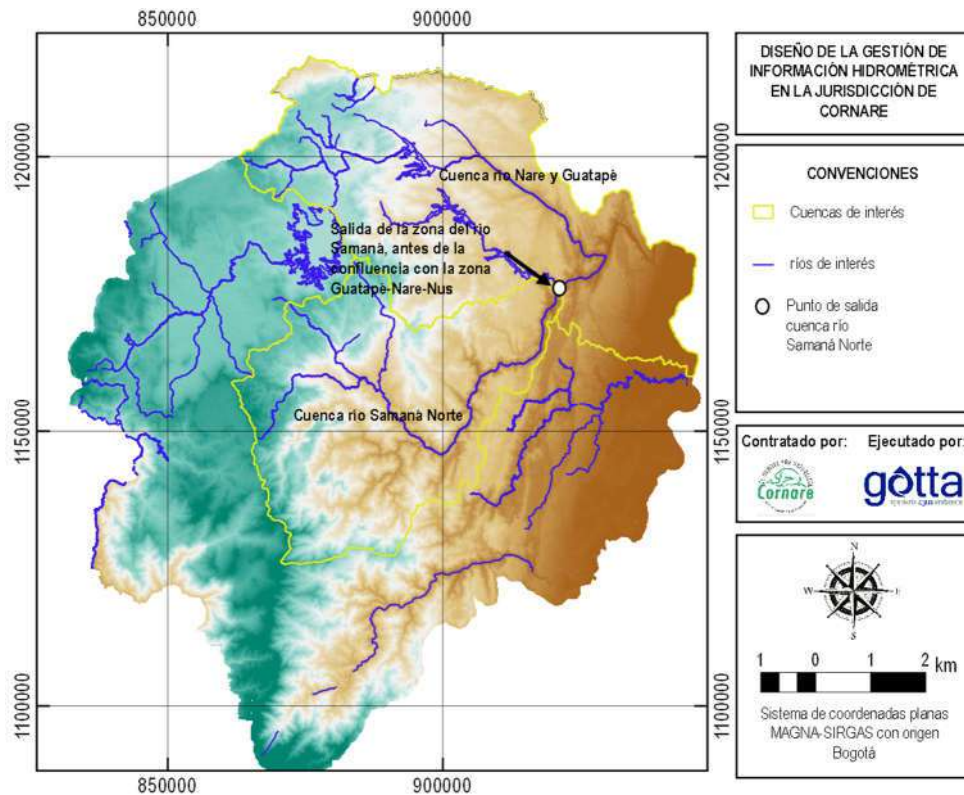


Figura 4-18. Cuenca Samaná Norte es tributaria a la cuenca del río Nare.

4.8.2. Escenarios de modelación

Para la modelación de calidad de agua se empleó como escenario de oferta hídrica el caudal mínimo de los promedios multianual, el cual representa una condición crítica de calidad de agua que junto con el estado actual de intervención (captaciones superficiales y vertimientos puntuales) puede emplearse como línea base de referencia.

No obstante, teniendo en cuenta que en el numeral 4.3 se definieron dos condiciones de caudales promedios mensuales multianuales: la natural y la intervenida, y si bien este último asume que la hidroeléctrica regula el caudal medio y considera la descarga de la generadora deteniendo la acumulación de caudal en los pie de presa y trasladándolo hacia los puntos de descarga, se decidió establecer como escenario de simulación la condición natural ya que la herramienta SICA presenta dificultades a la hora de reportar adecuadamente el caudal de descarga mediante el mapa de oferta en condición intervenida. Es decir, SICA define unos tramos de simulación a partir de nodos morfológicos y topológicos, y el caudal asociado a cada tramo corresponde al valor reportado en el primer pixel del mismo, esto implicaría que el caudal de descarga de la generadora debería encontrarse siempre al inicio del tramo, situación que no siempre se cumple dado que el pixel de descarga de presa podría quedar dentro del tramo y por consiguiente este no sería asociado al caudal del tramo sino un caudal menor reportado en el pixel de inicio.

Por tanto, para superar este inconveniente, además de emplear el mapa de oferta hídrica en condición natural, las descargas de las generadoras se representaron como nodos antrópicos, ya que así se condiciona al algoritmo a que genere un tramo a partir de cada sitio de descarga y así establecer en ese sitio el caudal del tramo afectado por la generadora.

4.8.3. Resultados de la implementación de SICA

Dado que este proyecto tiene como objetivo principal extender el dominio de simulación de la herramienta SICA para incluir las cuencas del río Arma, Samaná, La Miel, el río Cocorná y Directos Magdalena Medio a partir de la caracterización del medio físico, y no presentar un diagnóstico de calidad de agua en cada una de las cuencas de la jurisdicción de la Corporación, los resultados de esta implementación están dirigidos a ilustrar que tipos de variables son modeladas, las gráficas de perfiles que se pueden obtener de cada uno de ellas y el resto de información final que puede arrojar el programa. Para ello se toma como zona de análisis la cuenca del río Negro con el objetivo de presentar e ilustrar los diferentes resultados que puede arrojar SICA.

La herramienta permite obtener perfiles relacionados con la cantidad y calidad de agua, en este orden de ideas, asociado a este primer perfil se puede visualizar la oferta natural, el caudal ambiental, el caudal disponible y la demanda de agua reportado por la simulación. La Figura 4-19 presenta el perfil de la oferta natural y la Figura 4-20 muestra el perfil del caudal disponible y la demanda de agua para el tramo único del río negro.

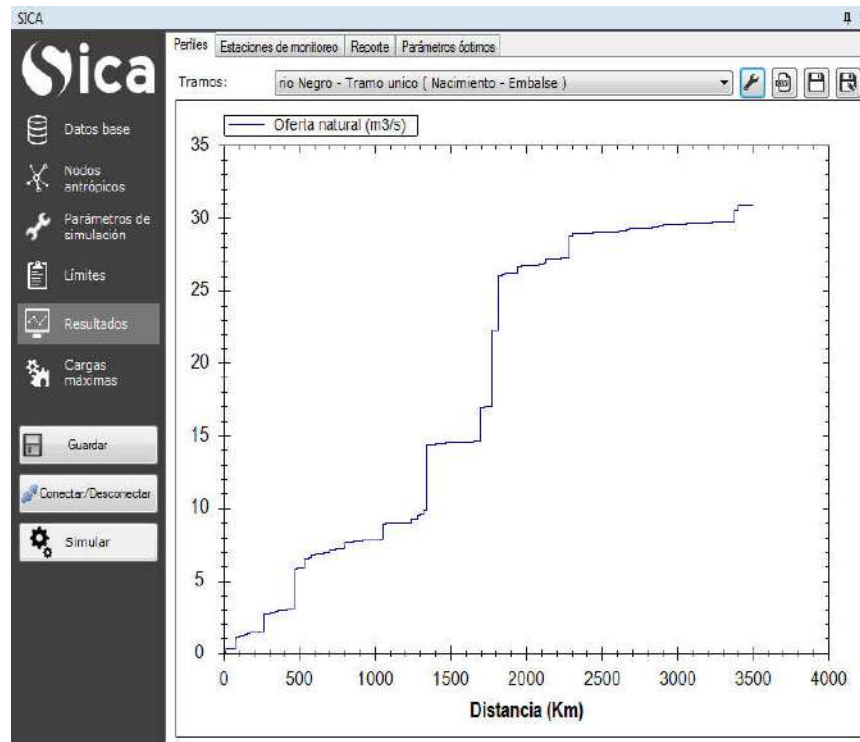


Figura 4-19. Perfil de oferta natural en el tramo único del río Negro.

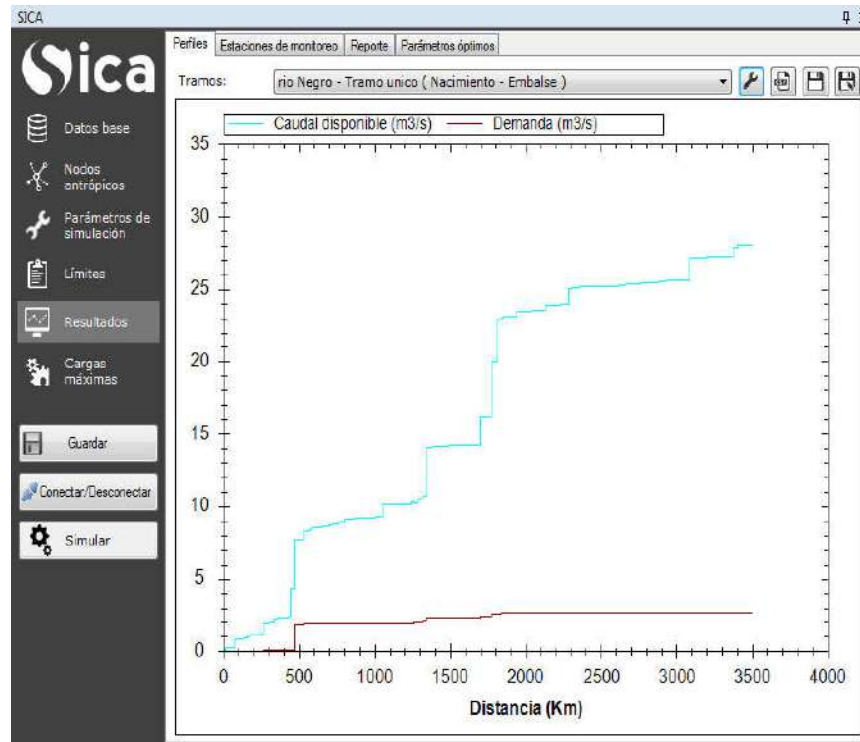


Figura 4-20. Perfil de caudal disponible y demanda en el tramo único del río Negro.

Referente a los productos de calidad de agua la herramienta permite obtener los perfiles simulados para las variables pH, oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), coliformes fecales (Escherichia Coli), nitrógeno total Kheldal (NTK), nitratos (NO₃) y fósforo total (P), como se puede observar en la Figura 4-21 en donde se presenta el perfil de DBO a lo largo del tramo único de del río Negro.

En este mismo orden, en ocasiones es necesario evaluar variables que se relacionan ya sea el caso de DQO y DBO, DQO y SST, OD y % de saturación de oxígeno, entre otras; es así que SICA permite visualizar diferentes variables en una misma figura con el objetivo de poder relacionar los efectos de una especie contaminante respecto a la otra. La Figura 4-22 muestra los perfiles de las variables DQO y SST, en donde se puede evidenciar en el perfil de SST un incremento de concentración y por tanto el perfil de DQO también refleja este incremento en el mismo sitio.

Adicional a esto y con el objetivo de definir las condiciones actuales de la corriente, la herramienta también permite evaluar el índice de calidad de agua general – ICAg en donde se puede observar la clasificación del ICA a lo largo del tramo de análisis (Figura 4-23) mediante las bandas de colores que van entre 0 y 1; así como también es posible visualizar en el mapa los valores ICA en la red de drenaje del río Negro (Figura 4-24).

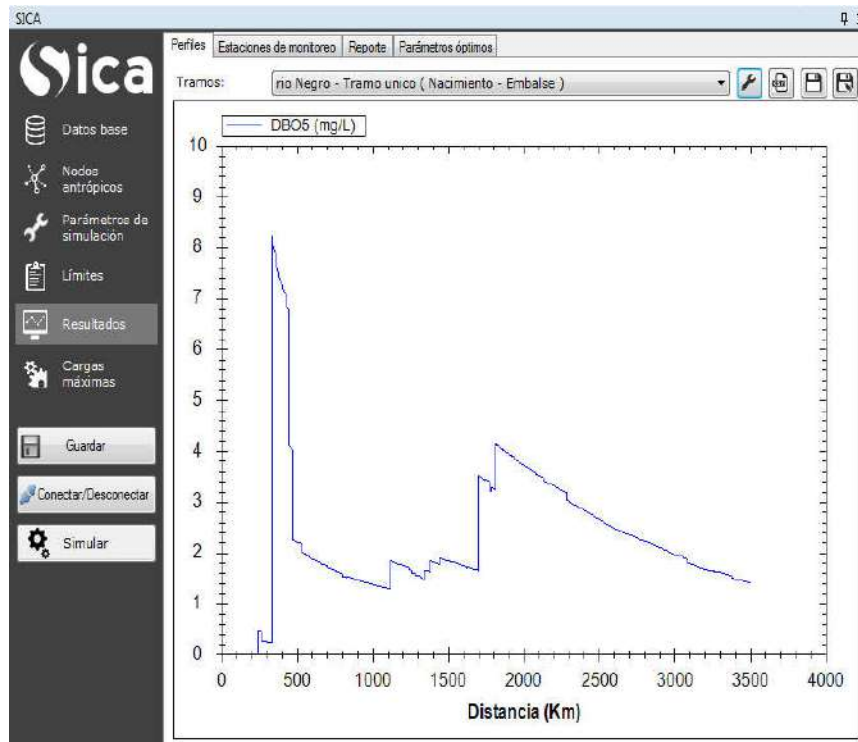


Figura 4-21. Perfil de DBO₅ a lo largo del tramo único del río Negro

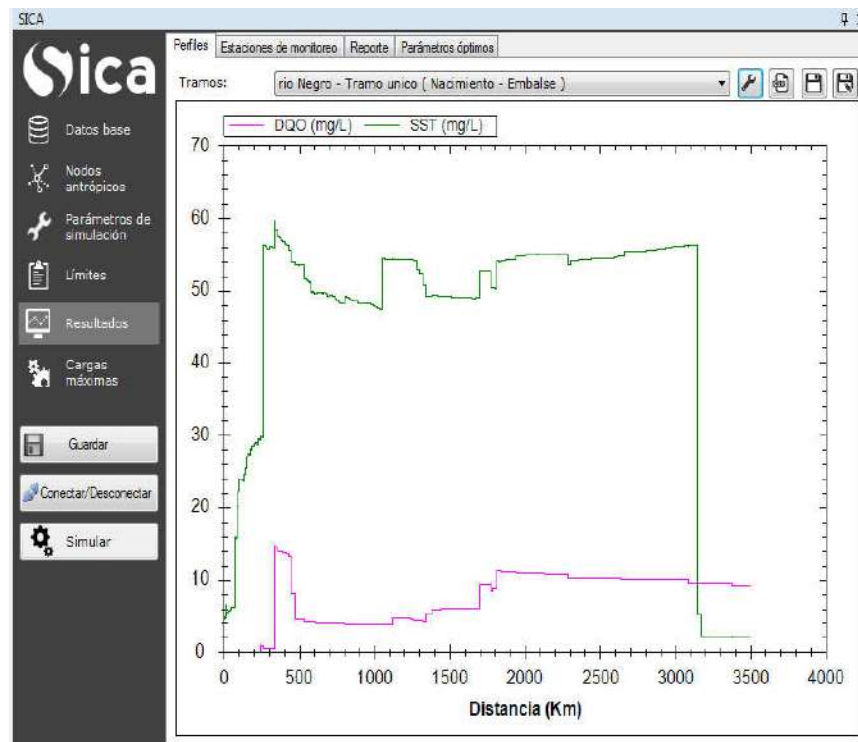


Figura 4-22. Perfil de DBO₅ y SST a lo largo del tramo único del río Negro.

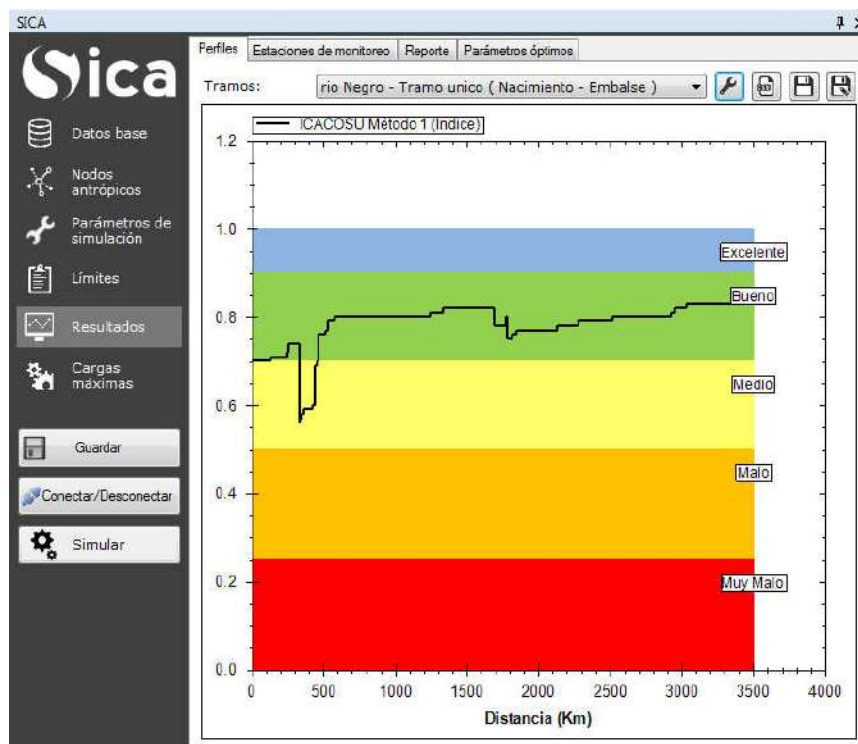


Figura 4-23. Perfil ICAg a lo largo del tramo único del río Negro.

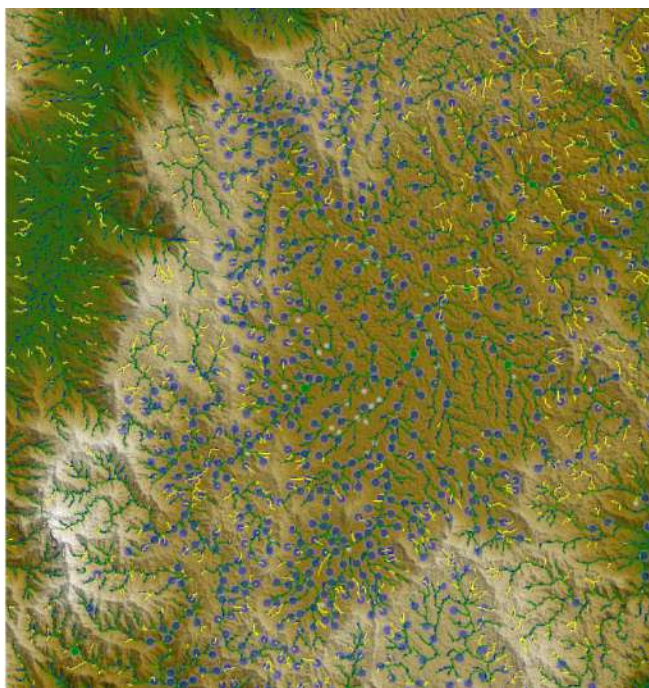


Figura 4-24. Visualización mapa ICAg en toda la red de drenaje del tramo único del río Negro.

Finalmente, SICA permite evaluar objetivos de calidad los cuales son establecidos por La Corporación en diferentes tramos de la corriente, por lo tanto la herramienta permite visualizar la concentración máxima permitida por una variable en un tramo determinado así como también permite observar la concentración del río después de un vertimiento (o varios) en un tramo de análisis, como se puede observar en la Figura 4-25 en donde se tiene un objetivo de calidad 25 mg/L para los SST en el tramo II del río Negro y los reportados por la simulación en ese tramo se encuentran sobre los 53 y 95 mg/L, lo que podría estar indicando posibles errores en la simulación.

Sin embargo, los resultados arrojados más que relacionarse con posibles errores de simulación se deben asociar a diferentes situaciones y/o consideraciones tenidas en cuenta para la modelación. En primera instancia se debe considerar la incertidumbre asociada al método empleado para simular los aportes de SST de las laderas del cauce y el transporte interno de los mismos (descrito en el numeral 4.4), la segunda situación podría ser asociada a que el mapa de SST estimado hace referencia al promedio anual de las concentraciones lo que podría estar enmascarando los resultados y no reflejando los valores máximos que podría estar reportando el tramo de análisis.

En conclusión, lo anterior permite establecer que SICA no solamente es una herramienta de simulación que permite establecer concentraciones asimiladas en el río, sino que también es un apoyo en la toma de decisiones no solo la parte de otorgar un permiso de ocupación de cauce, de concesión de agua o de vertimientos, sino también en poder definir objetivos de calidad de agua en diferentes tramos de corrientes de acuerdo a lo que arrojan las simulaciones.

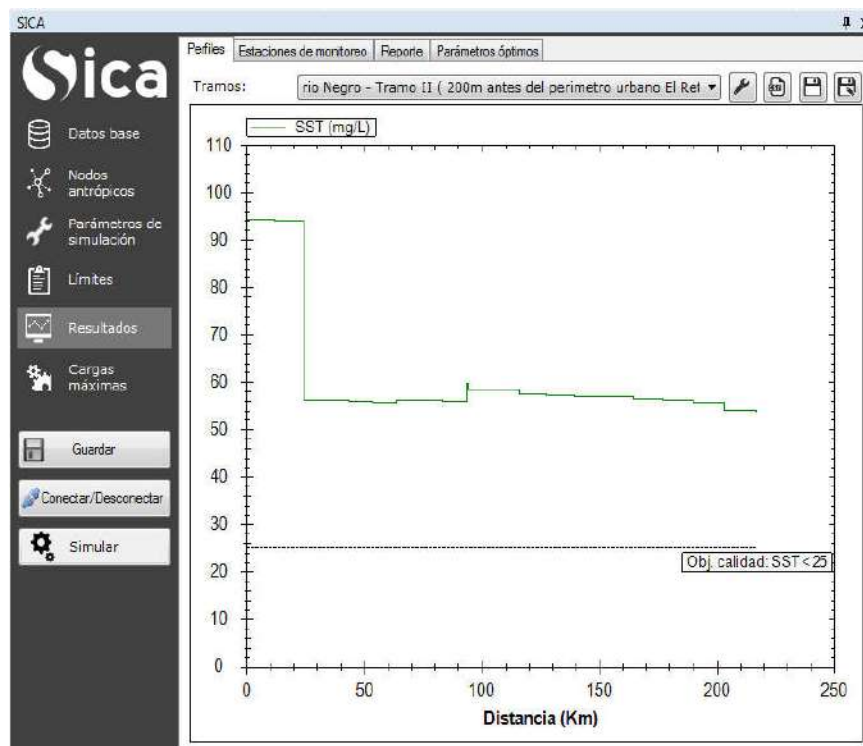


Figura 4-25. Visualización objetivos de calidad en el tramo único del río Negro.

5. DISEÑO DE UNA ESTRATEGIA PARA LA GESTIÓN DE INFORMACIÓN HIDROMÉTRICA, DE CANTIDAD Y CALIDAD DEL AGUA

En el marco de la Gestión Integral del Recurso Hídrico (GIRH), CORNARE cuenta con instrumentos de administración, instrumentos de planificación e instrumentos financieros a través de los cuales busca, en las dimensiones y escalas propias de cada uno de éstos, armonizar el aprovechamiento del agua como factor de desarrollo económico, sin generar detrimento de su calidad y cantidad, ni la de los ecosistemas que de ella dependen.

Pese a que los objetivos que se persiguen en cada uno de dichos instrumentos son diferentes, existen puntos en común entre ellos, dentro de los cuales cabe destacar: (i) la caracterización del estado del recurso hídrico en términos de calidad y cantidad y (ii) el conocimiento del sistema fluvial como articulador de los procesos físicos subyacentes. En relación con el primer punto en común, CORNARE posee diferentes instrumentos para evaluar los regímenes de caudales de las corrientes, así como su contaminación, ya sea en el marco de un POMCA, un PORH, un permiso de ocupación de cauce, un permiso de captación o vertimiento, etc. Sin embargo, en lo que tiene que ver con el segundo punto en común, no siempre la información proveniente de un instrumento se capitaliza en otro, y por lo tanto esta no es empleada para retroalimentar el entendimiento de los procesos fluviales, dilatando el tiempo que la autoridad ambiental requiere para conocer mejor estos sistemas bajo su tutela, o en algunos casos se duplican los esfuerzos que en una escala regional de análisis podrían simplificarse.

Lo que quiere exponerse, bajo esta mirada, es que la información que se genera en trámites como concesiones, permisos de vertimientos y permisos de ocupación de cauces es utilizada para acompañar la toma de decisiones en problemas de escala local, tales como la disponibilidad hídrica, la intervención con obras civiles, el vertimiento de cargas máximas permisibles o la aplicación de tasas retributivas, pero en la mayoría de los casos esa información no se emplea para mejorar el conocimiento de las corrientes desde una perspectiva global e integradora, tendiente a su gestión en escala regional, aun cuando las herramientas de modelación que son utilizadas como soporte para la toma de decisiones, funcionan bajo esta mirada.

Por esa razón, en este capítulo se identifican los procedimientos de recolección de información (levantamientos topográficos, aforos, monitoreos, experimentos con trazadores, análisis morfométricos, hidrológicos e hidráulicos, etc.), que subyacen a la elaboración de los diferentes instrumentos de planificación y administración de que dispone la Corporación, con el propósito de diseñar una estrategia para la gestión y retroalimentación de toda la información, que conduzca a una toma de decisiones mejor informada y enmarcada en un contexto regional. El desarrollo de esta actividad se hace considerando: (i) la identificación y definición de los tipos de información, como son un levantamiento topográfico de un tramo de corriente, un monitoreo de físico-químico, un monitoreo hidrobiológico, un monitoreo sedimentológico y un experimento con trazadores, entre otros; (ii) la definición del tipo de datos, es decir, la tipificación de los registros que como mínimo deben recogerse y reportarse para representar adecuadamente cada uno de los tipos de información descritos en el numeral anterior; y (iii) el procesamiento de los datos en un contexto regional, o dicho de otra manera, la parametrización sistemática, homologada, con soporte estadístico y regionalmente integrada de los

diferentes tipos de datos, para generar conocimiento que retroalimente el entendimiento de los sistemas fluviales en la jurisdicción y que a su vez robustezca la base conceptual de las herramientas de soporte, como lo son HidroSIG y SICA.

5.1. La idea detrás de una estrategia para la gestión de información

El esquema de la Figura 5-1 permite ejemplificar la idea fundamental de este capítulo. En la parte superior izquierda ilustra el sistema de cauces interconectados de una cuenca hidrográfica. Sobre puntos específicos de estos cauces la Corporación tramita continuamente una serie de instrumentos, y durante el proceso de trámite se recopila información localizada así como la elaboración de informes, cuyas conclusiones permite a la Corporación tomar decisiones sobre el recurso hídrico. Para ilustrar algunos instrumentos fuente de información, se han representado las ocupaciones de cauce (OC) con fichas de rompecabezas en color azul, los planes de monitoreo y seguimiento (PMS) con fichas de color verde y las evaluaciones ambientales de vertimientos (EAV) con fichas de color rojo. En este punto es importante recalcar que existen otros instrumentos fuente de información a los que se hará mención posteriormente, y que los tres escogidos desempeñan un papel ilustrativo.

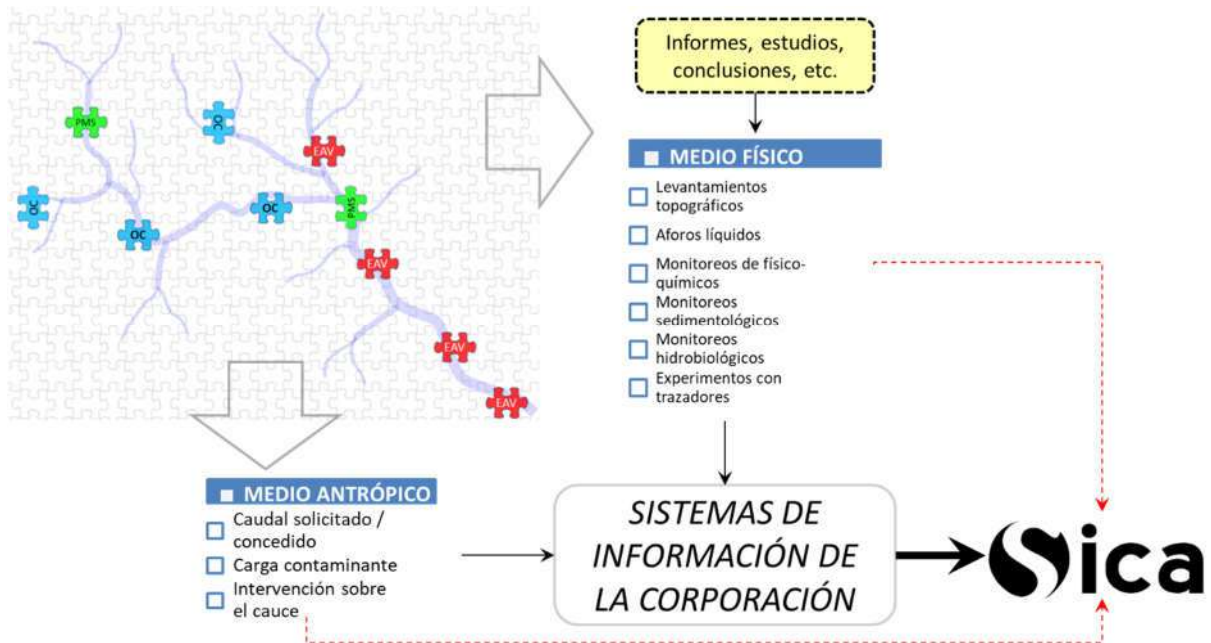


Figura 5-1. Articulación de información recolectada en los instrumentos de administración y planificación, con los sistemas de información de la Corporación y con SICA.

Por otra parte, el escoger fichas de rompecabezas para representar los instrumentos fuente de información no es una decisión trivial, de hecho, esta forma de representación permite entender el problema que se discute, a través de la analogía que concibe el sistema fluvial como un gran

rompecabezas. De manera que, cada vez que se tramita un instrumento de administración o planificación de carácter local, una nueva ficha del rompecabezas es conocida, aportando conocimiento sobre el medio físico (los cauces) a través de diversos procedimientos de medición y modelación (ver la Figura 5-1), y caracterizando además las diferentes intervenciones antrópicas sobre puntos específicos de la red de drenajes. Aunque cada ficha, entendida y estudiada individualmente, permite a los funcionarios de la Corporación conocer y cuantificar los impactos de las intervenciones de cada trámite particular para decidir su viabilidad ambiental, no posibilita el entendimiento del gran rompecabezas como sistema dinámico e interconectado, o en otros términos, no cuantifica los impactos acumulativos de las intervenciones antrópicas hacia aguas abajo, ni facilita el traslado del conocimiento generado en tramos de corriente estudiados, hacia tramos con características de régimen hidrológico o propiedades morfométricas semejantes.

La Figura 5-1 ilustra una de las posibles vías que podrían seguirse para atender las dos necesidades planteadas al final del párrafo anterior. En resumen, la estrategia consiste en estandarizar el procedimiento de entrega de información por parte de los solicitantes de trámites, de manera que los datos entregados se acomoden a un modelo o formato previamente diseñado para cada tipo de instrumento, permitiendo su almacenamiento y tratamiento a través de los sistemas de información de la Corporación. A este último lugar podrían acceder programas de modelación como SICA, con o sin supervisión humana, para actualizar los cambios en el sistema de drenajes por intervención humana, que hayan sido aprobados, y para robustecer las relaciones con las que se modelan los cauces en los que no se ha levantado información, a partir de los datos y el conocimiento que se obtiene en cada nuevo sitio intervenido.

5.2. Identificación y definición de los tipos de información

Para ilustrar jerárquicamente la clasificación de información, partiendo desde el tipo de instrumento y llegando hasta los tipos de información capitalizable, se elaboró la Figura 5-2. En la parte superior de esta figura aparecen en un grupo los instrumentos de administración y en otro los instrumentos de planificación. Algunos de los instrumentos se listan en cajetines de color amarillo, dentro de cada grupo. Por debajo de los instrumentos, y en cajetines de color verde, se han dispuesto los procedimientos de medición, modelación o juicio experto, que generan datos directamente consolidables y que son transversales a los instrumentos. Finalmente, los datos que son directamente consolidables en la base de datos de la Corporación se listan en cajetines de color azul, en la parte inferior de la Figura 5-2.

En lo que sigue se proponen estructuras de datos para recopilar y almacenar la información aquí descrita. Posteriormente, se explica cómo esa información podría retroalimentar el modelo SICA, acondicionándolo a la situación actual de la red de drenaje y permitiéndole aprender sobre ella con cada nuevo trámite aprobado.

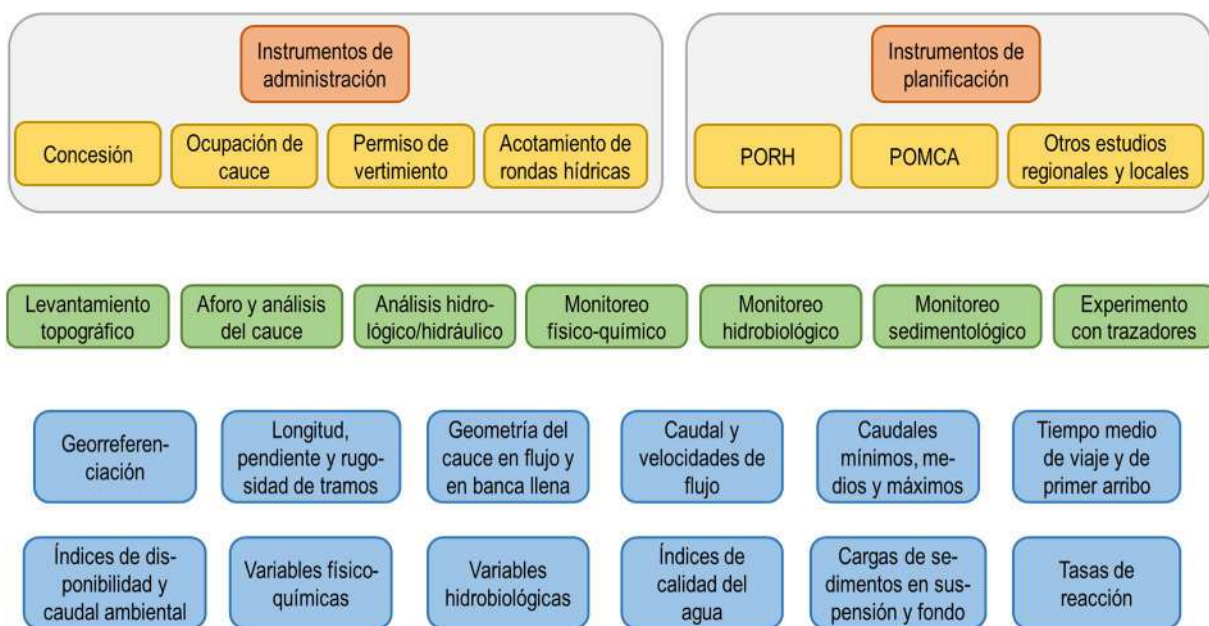


Figura 5-2. Información aprovechable a partir de los instrumentos de administración y planificación de La Corporación.

5.3. Definición de los tipos y modelos de datos

Debido a su carácter regional, los productos que generan los instrumentos de planificación son directamente integrables a las bases de datos de la Corporación, por lo que la atención en este título se dedica a desglosar los datos recopilables de los instrumentos de administración aprobados, enfocando la atención en tres de ellos: (i) ocupaciones de cauce, (ii) permisos de vertimiento y (iii) concesiones; debido a que son éstos los que más frecuentemente se tramitan en la Corporación, además de que el modelo de datos de un permiso de vertimiento puede ser usado para almacenar los datos recolectados, en los planes de seguimiento y monitoreo del recurso hídrico.

En la Figura 2-2 se presentó la evolución año a año, del número de solicitudes de ocupación de cauce y permisos de vertimientos ante CORNARE, durante el periodo 2008 a 2015. A partir de ella se puede inferir que el número de promedio de solicitudes hechas al año es de 51 trámites de ocupación de cauce y de 265 trámites de permiso de vertimientos, lo que refleja que es un número significativo de trámites los cuales representan una clara posibilidad para la recolección de información, que podría ayudar a entender de manera más exhaustiva, la red hídrica que administra la Corporación.

De acuerdo a lo anterior, si los 51 solicitudes de ocupación de cauce y los 265 solicitudes de permiso de vertimientos que en promedio procesa la Corporación al año llegasen a la etapa de aprobación, esto representaría por el lado de ocupación de cauce la disponibilidad de 51 estudios hidrológicos e hidráulicos, y por el lado de los permisos de vertimientos la disponibilidad de 265 estudios hidráulicos y 265 sitios de caracterización de variables físico-químicas (tanto de los vertimientos como de las corrientes receptoras). Estudios que se encontrarían distribuidos a lo largo de la red de drenaje que

gestiona la Corporación, los cuales permitirían evaluar las condiciones naturales y de intervención de la red ya que habría surtido un proceso de valoración y revisión técnica.

La configuración presentada en la Figura 5-3 esquematiza la típica situación de información disponible durante un trámite de ocupación de cauce, en el que se plantea la intervención con una obra civil; para el ejemplo, una estructura de protección de margen constituida por un muro de contención y un jarillón contra inundaciones. Para evaluar el impacto que esta obra generaría sobre el cauce, debería hacerse un levantamiento topográfico de detalle, el cual estaría constituido por un conjunto de secciones transversales (transectos azules) en el tramo del cauce (delimitado por los puntos amarillos) donde se ubicaría la obra civil (transecto café). El levantamiento topográfico representa la condición natural (sin intervención) del terreno y sobre él se efectuaría el diseño de la infraestructura de protección, con lo que se tendría la condición intervenida. Vinculado al tramo de corriente analizado, y con el propósito de estimar el caudal de diseño (de un periodo de retorno de 100 años) para las obras, debería considerarse la cuenca hidrográfica tributaria, la cual se representa en la Figura 5-3 con la línea segmentada de color rojo, haciendo coincidir su punto de cierre con el punto de inicio del tramo de interés.

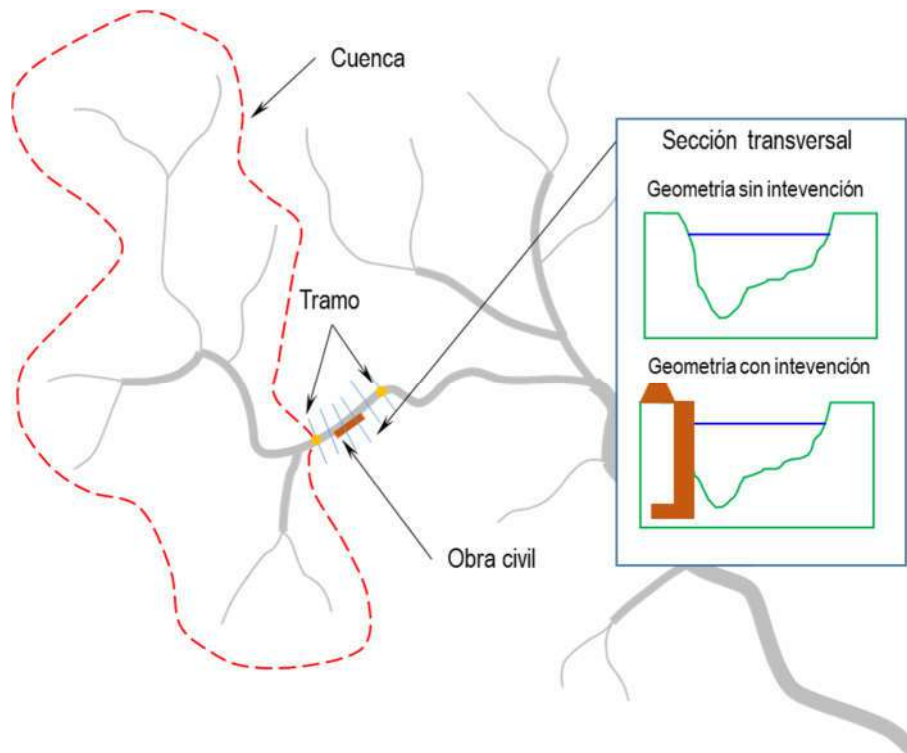


Figura 5-3. Esquema de la información recolectada para elaborar el estudio hidráulico de un trámite de ocupación de cauce.

La Figura 5-4 esquematiza la información disponible en los tramites de permiso de vertimientos, en el que se hace relevante levantar información de caracterización del vertimiento (barril de derrame), la

caracterización de la fuente receptora (puntos de color verde), y la geometría del tramo de estudio levantada mediante secciones transversales (líneas de color negro).

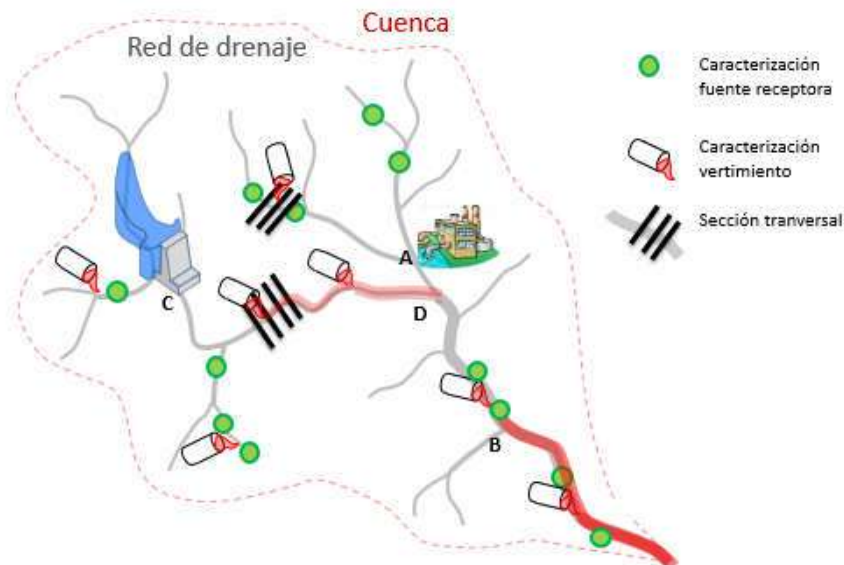


Figura 5-4. Esquema de la información recolectada para elaborar el estudio de evaluación ambiental de vertimiento de un trámite de permiso de vertimiento.

Con esta idea de los datos, en este título se describe, en forma inicial, cómo podría aprovecharse la oportunidad de incorporarlos para mejorar en forma continua la representatividad de modelo SICA.

5.3.1. Trámites de ocupación de cauce

Para alcanzar ese propósito, la información de los estudios hidrológico e hidráulico, vinculados a cada trámite de ocupación de cauce, se diferencia en dos grupos: (i) información de georreferenciación hidrométrica e hidrológica e (ii) información topográfica y del cauce. A continuación se profundiza en esas ideas.

5.3.1.1. Información de georreferenciación, hidrométrica e hidrológica

El estudio hidrológico de un trámite de ocupación de cauce es esencialmente un estudio hidrológico de crecientes. Su objetivo debe ser la estimación de los caudales máximos, vinculados a diferentes periodos de retorno, en los puntos en los que se planifica la intervención del cauce, cualquiera que sea la metodología que se siga, siempre que esté acorde a la calidad y cantidad de información

disponible. Durante la realización del estudio hidrológico, se genera, entonces, gran cantidad de información, siendo relevantes para lo que aquí se propone, las siguientes variables:

- **ID de tramo:** Se refiere a un número utilizado para identificar al tramo.
- **Coordenadas X y Y:** Se refiere a las coordenadas Este y Norte del punto de cierre de la cuenca para la cual se realiza el cálculo de los caudales máximos.
- **Caudales máximos:** Se refiere a los caudales máximos estimados para los diferentes periodos de retorno. Siendo de particular interés los correspondientes a los periodos de retorno de 2,33, 5, 10, 15 y 100 años. Los cuatro primeros porque se refieren en la literatura como caudales morfológicamente efectivos o formadores de banca, el caudal de un periodo de retorno de 15 años se incluye para estar alineados con la metodología de delimitación de rondas hídricas, y el de 100 años porque es el caudal exigido para el tránsito hidráulico durante la evaluación del trámite de ocupación de cauce.
- **Pendiente:** Se refiere a la pendiente del tramo de corriente que se analiza hidráulicamente durante el trámite de ocupación de cauce.
- **Longitud:** Se refiere a la longitud del tramo de corriente que se analiza hidráulicamente durante el trámite de ocupación de cauce.
- **Fotografías del tramo de interés:** Se refiere a fotografías tomadas a lo largo del tramo que se solicita intervenir en el trámite de ocupación de cauce, las cuales pueden, luego de la evaluación de un experto, ayudar a determinar propiedades morfológicas e hidráulicas de la corriente.

Estas tres variables podrían utilizarse para configurar lo que, en adelante, será denominado como Tramo de Ocupación de Cauce (TOC). Estos sitios pueden ser apilados en una base de datos, para almacenar sus propiedades, como intenta ejemplificarse en la Tabla 5-1.

Tabla 5-1. Tabla usada para ejemplificar la forma en la que se almacenarían diferentes TOC.

ID de tramo	X,Y inicio del tramo	X,Y fin del tramo	Q _{2,33}	Q ₅	Q ₁₀	Q ₁₅	Pendiente	Longitud	Registro fotográfico
1	X _{1i} ,Y _{1i}	X _{1f} ,Y _{1f}	Q _{2,33-1}	Q ₅₋₁	Q ₁₀₋₁	Q ₁₅₋₁	S ₁	L ₁	Foto 1-1.png, Foto 1-2.png
2	X _{2i} ,Y _{2i}	X _{2f} ,Y _{2f}	Q _{2,33-2}	Q ₅₋₂	Q ₁₀₋₂	Q ₁₅₋₂	S ₂	L ₂	Foto 2-1.png
3	X _{3i} ,Y _{3i}	X _{3f} ,Y _{3f}	Q _{2,33-3}	Q ₅₋₃	Q ₁₀₋₃	Q ₁₅₋₃	S ₃	L ₃	Foto 3-1.png

Los datos de cada uno de los sitios registrados en la Tabla 5-1 obrarían como metadatos y se vincularían directamente al otro grupo: el de la información topográfica y del cauce, descrita a continuación.

5.3.2. Información topográfica y del cauce

Cada Tramo de Ocupación de Cauce debería tener vinculada información topográfica y del cauce, proveniente del estudio hidráulico correspondiente. El objetivo del estudio hidráulico que acompaña a un trámite de ocupación de cauce es la verificación de que el tránsito hidráulico, del caudal máximo de un periodo de retorno de 100 años, se realice sin modificaciones significativas de las condiciones naturales, después de realizada la intervención antrópica. Siendo de particular interés los efectos de socavación, inundación y estabilidad de la obra que podrían generarse.

Para alcanzar el objetivo del estudio hidráulico vinculado a un trámite de ocupación de cauce se requiere, como línea base, un levantamiento topográfico de detalle y la asociación de otras propiedades hidráulicas: entiéndase el coeficiente de rugosidad n de Manning y los puntos que delimitan la condición de banca llena en cada sección. La sección transversal es la unidad fundamental del levantamiento topográfico y un conjunto de secciones conformarían un tramo, vinculado a un Tramo de Ocupación de Cauce en la Tabla 5-1. Las variables que componen la sección transversal son las siguientes:

- **ID de tramo:** Dado que cada sección pertenece a un tramo, se refiere al identificador de tramo al que pertenece cada sección.
- **Coordenadas X y Y:** Se refieren a las coordenadas Este y Norte, del punto en el que cada sección transversal, vista en planta, corta el eje de la corriente que está siendo analizada.
- **n de Manning:** Se refiere al coeficiente de rugosidad efectivo, asociado a la sección.
- **Abscisas de banca:** Se refieren a las abscisas en el plano de la sección transversal, en las que se ubican las bancas del terreno, las cuales delimitan morfológicamente el cauce.
- **Abscisas y cotas de sección:** Todas las secciones transversales pueden representarse como un conjunto de parejas ordenadas, abscisa-cota, registradas de manera secuencial.

Como se ha dicho antes los tramos se vinculan a colecciones de secciones transversales. Visto de esta manera, se hace sencillo recuperar información como la de caudales, n de Manning o abscisas de banca vinculadas a cada sección, así como referenciar geográficamente la posición de las mismas.

5.3.3. Información de permisos de vertimiento

Este trámite permite recopilar información para caracterizar las propiedades del medio físico a través de información hidrométrica asociada a secciones transversales, así como también la que describe el grado de afectación que puede tener un nuevo usuario sobre el sistema hídrico, en este caso asociado a la carga contaminante que se vierte a través de la caracterización de calidad de agua tanto del vertimiento como de la fuente receptora del mismo y su respectivo caudal asociado.

5.3.4. Información hidrométrica

El manejo de la información hidrométrica principalmente asociada a secciones transversales se debe efectuar de la misma forma como se describe en el numeral 5.3.1.1 de la información de trámites de ocupación de cauce; sin embargo a la información ya establecida se le debe adicionar velocidad media de la corriente de estudio ya que esta presenta variaciones dependiendo de la geometría del canal y el caudal.

- **Velocidad media en la sección:** Se refiere a la velocidad media del agua que se puede presentar en una sección transversal específica. La consolidación de esta información tiene el mismo objetivo que se plantea en numeral 5.3.1.1, el cual hace referencia a realizar una parametrización sistemática a través del almacenamiento gradual de datos a medida que se tramiten permisos de ocupación de cauce, concediendo un soporte estadístico y permitiendo homogenizar zonas o tramos no monitoreados para así alcanzar una integración en el campo regional.

5.3.5. Información experimentos trazadores

La consolidación del experimento de trazadores a través de un trámite de vertimiento, únicamente se realiza en el caso que se solicite una Evaluación Ambiental de Vertimientos – EAV, la cual debe ser entregado por generadores que desarrollen actividades industriales, comerciales y de servicio, así como los provenientes de conjuntos residenciales de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 en el capítulo 7, artículos 2.2.9.7.1.1 y 2.2.9.7.6.2 (MADS, 2015). Se debe aclarar que la consolidación de esta información se debe realizar siempre y cuando el usuario presente en el informe un experimento de trazadores, mientras esto no ocurra no se debe consolidar dicha información.

El experimento de trazadores permiten definir las características hidrodinámicas de la corriente con el fin de estimar los factores de asimilación de la misma, para esto se requiere la estimación del tiempo de arribo (τ) y el tiempo medio de viaje (t_m) del contaminante, el primero hace referencia al tiempo de llegada del contaminante y el segundo se asocia al tiempo medio en donde se registra la mayor concentración del trazador.

Información que puede ser obtenida a través de la medición de la concentración del trazador en uno o más puntos de la corriente en un tiempo específico (Figura 5-5).

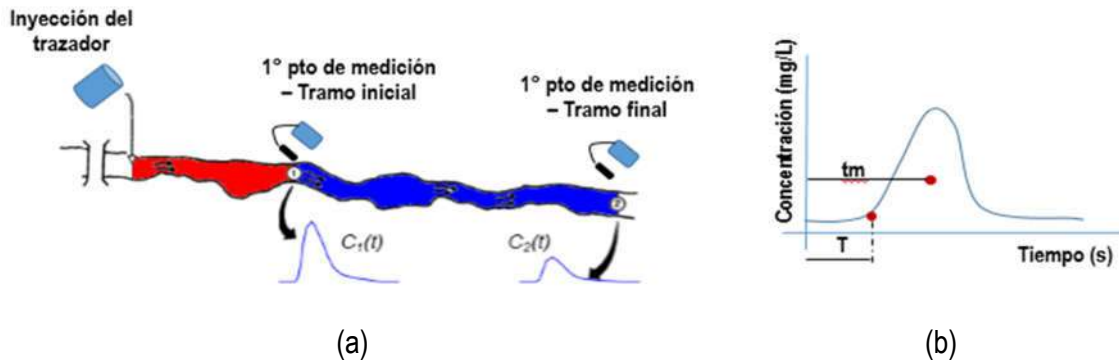


Figura 5-5. Representación conceptual del experimento de trazadores. (a) Curva tiempo vs concentración. (b) Puntos de la curva en donde se estima información hidrodinámica.

La información que debe ser consolidada es la siguiente:

- **ID de tramo:** Se refiere a un número utilizado para identificar al tramo.
- **Fecha del experimento:** Hace referencia al día, mes y año en que se realizó el experimento.
- **Coordenadas X y Y del punto de inyección:** Se refiere a las coordenadas Este y Norte del punto de inyección del trazador.
- **Coordenadas X y Y del punto inicial:** Se refiere a las coordenadas Este y Norte del sitio en donde se toma la primera medida del trazador, la cual puede registrar la misma coordenada del punto de inyección en caso en que el experimento solamente reporte un punto de medición de la concentración del trazador.
- **Coordenadas X y Y del punto final:** Se refiere a las coordenadas Este y Norte del sitio en donde se toma la segunda medida del trazador.
- **Caudales:** Se refiere al caudal medido en el sitio en el momento de realizar el experimento.
- **Pendiente:** Se refiere a la pendiente del tramo de corriente en donde se efectuó el experimento de trazadores.
- **Longitud:** Se refiere a la longitud del tramo de corriente en el que se efectuó el experimento de trazadores. Si el experimento cuenta únicamente con un sitio de medición del trazador el tramo hace referencia a la distancia que hay desde el punto de inyección (o en este caso sería el mismo punto de inicial) hasta el punto final de la medición, si por el contrario el experimento cuenta con dos sitio de medición el tramo se asocia a la distancia que hay entre el primer sitio de medición y el segundo sitio de medición.

- **Tiempo de arribo:** Hace referencia al tiempo que se demora en llegar la primera señal del trazador al sitio de medición (Figura 5-5b).
- **Tiempo medio de viaje:** Hace referencia al tiempo tomado en la(s) estación(es) cuando alcanza la máxima concentración del trazador (Figura 5-5b).
- **Curva tiempo vs concentración de cada sitio de medición del trazador:** Hace referencia a la concentración registrada en cada instante de tiempo, mientras el trazador llega y sale del sitio de medición.
- **Coefficiente de dispersión longitudinal:** Parámetro fundamental para implementar un modelo de dispersión de contaminantes, puede estimarse a partir de ecuaciones empíricas o curvas tiempo vs concentración.

La finalidad de reportar la curva tiempo vs concentración (Figura 5-5b) es con el fin de consolidar información que permita asociar un tiempo medio de viaje y un tiempo de arribo a zonas dentro de la jurisdicción que no presentan información, a través de relaciones empíricas como se menciona en el numeral 3.2 y la Figura 3-4. Esto permite estimar características dispersivas en tramos no monitoreados y retroalimentar las relaciones empíricas en las que se fundamenta SICA.

5.3.6. Información de tasas de reacción

Las tasas de reacción permiten establecer el tiempo de los procesos de degradación y transformación de las sustancias de interés ambiental, esto con el fin de modelar los determinantes básicos de la calidad del agua. El valor de la tasa de reacción permite estimar si la asimilación de las sustancias en el agua es más rápida o más lenta en un determinado tramo de estudio.

La consolidación de la información asociada a la tasa de reacción se encuentra agrupada dentro de la solicitud de una Evaluación Ambiental de Vertimientos – EAV ya que esta debe tener inmersa un modelo de simulación de calidad de agua que establezca los impactos que cause el vertimiento, y por lo tanto, a su vez deben incluir información referente a parámetros necesarios para simular, como es en este caso las tasas de reacción de algunas sustancias de interés.

Debido a que las tasas de reacción definidas por el usuario no siempre son confiables, el almacenamiento de esta información debe realizarse cuando La Corporación considere que éstas son confiables, es decir, en el caso del usuario cuando éste en su informe técnico reporte un procedimiento adecuado y confiable para la estimación de dichos valores, o en caso contrario cuando La Corporación defina tasas de reacción para algunos tramos de las corrientes de la jurisdicción que presenten estudios en cuanto a la dinámica de la corriente.

La información que debe ser consolidada referente a tasas de reacción son las siguientes:

- **ID de tramo:** Se refiere a un número utilizado para identificar al tramo.
- **Coordenadas X y Y del punto inicial del tramo:** Se refiere a las coordenadas Este y Norte del sitio en donde se establece el tramo inicial de modelación.
- **Coordenadas X y Y del punto final del tramo:** Se refiere a las coordenadas Este y Norte del sitio en donde se establece el tramo final de modelación.
- **Tasa de reacción definida para el tramo de simulación (k):** Se refiere a la tasa de reacción empleada en el modelo de simulación para determinar la asimilación de las variables de interés ambiental.

5.3.7. Información de caracterización de vertimiento y de fuente receptora

Teniendo en cuenta que se debe consolidar los registros históricos de cada una de las caracterizaciones puntuales de vertimientos, la recopilación de esta información debe ser a partir de dos fuentes de información: (i) permisos de vertimientos otorgados en donde se consolida la información de cada uno de los usuarios que generan vertimiento y (ii) mediante la información de los usuarios susceptibles a cobro de tasas retributivas, los cuales son usuarios de tipo industrial y/o comercial.

Con el fin de que esta información consolidada sea empleada para análisis regionales de la jurisdicción, es necesario extraer la siguiente información:

- Identificación del usuario (código, expediente, nombre, etc.)
- Coordenadas X,Y del sitio de vertimiento
- Caudal vertimiento generado y de la fuente receptora
- Caracterización de calidad de agua del vertimiento asociado al tipo de actividad desarrollada por el usuario, Caracterización de calidad de agua de la fuente receptora (aguas arriba y aguas abajo).
La

- Tabla 5-2 presenta cada una de las variables que la resolución 0631 del 2015 menciona, teniendo en cuenta todos los tipos de actividades; estas variables representan a su vez cada uno de los campos que se deben destinar en la base de datos de almacenamiento de información de calidad, ya que dependiendo del tipo de actividad la caracterización del vertimiento puede o no reportar algunas de ellas.

Tabla 5-2. Total de variables mencionadas en la resolución 0631 de 2015

pH	Sólidos sedimentables	Fluoruros	Arsénico	Mercurio
Conductividad eléctrica	Sólidos disueltos totales	Sulfatos	Antimonio	Molibdeno
Oxígeno disuelto	Nitrógeno Total	Sulfuros	Azufre	Níquel
% Saturación de OD	Nitrógeno Kjeldahl Total	Coliformes termotolerantes	Bario	Oro
Temperatura	Nitrógeno Orgánico	Coliformes totales	Berilio	Plata
Turbidez	Nitrógeno amoniacal	Coliformes fecales	Boro	Hierro
Color	Nitritos	Escherichia coli	Bromo	Plomo
Alcalinidad	Nitratos	Coliformes termotolerantes	Cadmio	Cianuro
Acidez	Fósforo Total	Coliformes totales	Cloro	Selenio
Dureza Total	Ortofosfatos	Coliformes fecales	Cobalto	Titanio
Dureza Cálrica	Fósforo orgánico	Escherichia coli	Cobre	Vanadio
Magnesio	Fósforo inorgánico	Hidrocarburos Totales - HTP	Cromo III	Zinc
DBO	Grasas y aceites	Hidrocarburos aromáticos Policíclicos - HAP's	Cromo VI	Litio
DQO	Fenoles	BTEX	Cromo total	Compuestos organoclorados
Sólidos totales	Compuestos semivolátiles fenólicos	Compuestos Halogenados Absorbibles - AOX	Estaño	Compuestos organofosforados
Sólidos suspendidos totales	Tensoactivos aniónicos como SAAM - Detergentes	Formaldehidos	Flúor	
Sólidos Suspendidos volátiles	Cloruros	Aluminio	Manganeso	

- Coordenadas X,Y de los sitios monitoreados aguas arriba y aguas abajo sobre la fuente receptora
- Si es el caso de modelación en donde se estime la constantes de decaimiento, estas deberán también ser consolidadas, ya que son importantes a la hora de evaluar las características de cada tramo.

5.4. Retroalimentación de SICA con la información de los trámites

Si la información base de los instrumentos, que se describió en los apartados anteriores, fuera solicitada como un entregable de cada trámite, podría alimentar una base de datos de importancia significativa para la gestión, principalmente, del recurso hídrico y del territorio en general.

Compilada en una base de datos como se ha especificado, la información de trámites retroalimentaría SICA de la siguiente manera:

- Las relaciones de geometría hidráulica transversal se enriquecerían y adaptarían al territorio, al incorporar las diferentes secciones transversales en condición natural de los trámites de ocupación de cauce, a partir de las cuales se inferirían características regionales trasladables a lo largo de la red de drenaje.

Para ilustrar esto, se ha elaborado la Figura 5-6, en la que se han esquematizado algunas secciones provenientes de trámites de ocupación de cauce, distribuidas sobre la red de drenajes. Dado que la geometría transversal es conocida en cada sección, porque ella se enmarca en un tramo de corriente al que se le ha realizado un levantamiento topográfico de detalle, se puede identificar sobre ella la condición de banca llena y determinar el ancho correspondiente a esa condición. Adicionalmente, como se mostró en la Figura 5-3 al tramo de corriente se encuentra asociada una cuenca hidrográfica con un área tributaria de drenaje cuantificada. Cuando el área de drenaje y el ancho en condición de banca llena se grafican en ejes perpendiculares, se obtiene un diagrama de dispersión como el presentado en la Figura 5-6 (Jiménez, 2015), donde los puntos han sido separados por morfología. Las diferentes relaciones que emergen del diagrama de dispersión, son la herramienta fundamental de parametrización geométrica de SICA; por lo tanto, cada nueva sección levantada, copiada en base de datos y procesada, entraría a formar parte de la relación, adaptándola al territorio y robusteciendo los modelos de regresión que permiten su traslado a sitios de la red de drenaje no muestreados, pero con morfología similar.

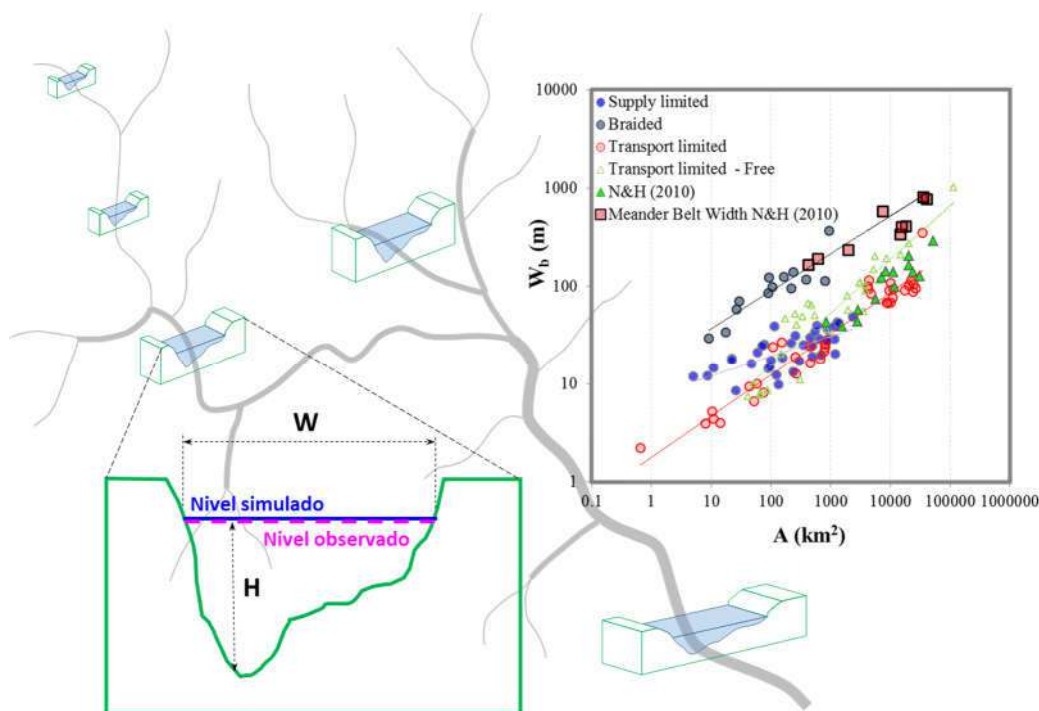


Figura 5-6. Uso de la información de la información topográfica recolectada para trámites de ocupación de cauces en la mejor representación geométrica de las corrientes dentro del modelo SICA.

Debido a que el ancho en condición de banca llena, bajo la conceptualización actual del SICA, es el único elemento trasladable a lo largo de la red de drenaje, de la geometría transversal de secciones, se ha obligado al SICA funciona con una suposición recursiva respecto a la forma de los cauces, al aproximarlos a una geometría triangular. Sin embargo, de capitalizarse los levantamientos topográficos de los trámites de ocupación de cauce, una representación hidráulica de los cauces más próxima a la realidad sería posible. Para aclarar esto, considérese la ecuación de Manning en condición de flujo normal, y escrita para el caudal:

$$Q = \frac{1}{n} A_m R_h^{2/3} S_0^{1/2} \tag{5-1}$$

donde Q es el caudal, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, A_m es el área mojada de flujo, R_h es el radio hidráulico de flujo y S_0 es la pendiente de fondo del tramo de corriente analizado. Nótese que el n de Manning y la pendiente del tramo son también datos que generaría el trámite y que podrían aprovecharse.

Entonces, si se considera una relación potencial entre R_h y A_m , de la forma $R_h = \alpha A_m^\beta$, la ecuación de Manning podría reescribirse como:

$$Q = \frac{1}{n} \alpha^{2/3} A_m^{2\beta/3} S_0^{1/2} \tag{5-2}$$

De modo que, para cualquier escenario de simulación con un Q establecido, podría estimarse el área mojada de flujo y seguidamente la velocidad media ($U = Q/A_m$) y la profundidad de flujo, variables de suma importancia para las estimaciones del transporte de constituyentes suspendidos y disueltos en el agua.

La estimación de la profundidad de flujo estaría vinculada directamente a la geometría natural de la sección transversal, medida durante el trámite de ocupación de cauce. También de esa geometría se partiría para estimar los parámetros α y β , y se posibilitaría el estudio de su relación con el área de drenaje y las morfologías de la corriente, para hacerlos trasladables a lo largo de la red de drenaje, de manera equivalente a como se hace actualmente con el ancho en banca llena.

- Las secciones transversales en los sitios en los que se ha autorizado la ocupación de los cauces serían incluidas dentro del modelo de manera explícita. Así, el modelo se haría sensible a la intervención antrópica.

Para aclarar esto, considérese la Figura 5-7, en la que se presenta una sección transversal natural y el cambio que sufre su geometría tras la intervención con una obra de protección de ladera, que para el ejemplo se ha constituido por un muro de contención y un terraplén contra inundaciones. Se puede observar claramente que la obra modifica las propiedades de flujo en el tramo de corriente en que se introduce. El SICA podría asimilar todas las transformaciones ocurridas sobre la red, si la información de los trámites de ocupación de cauce estuviera compilada en una base de datos de fácil asimilación. Concretamente, las variables afectadas por una intervención antrópica en un cauce serían los parámetros α , β , S_0 y n . Las tres primeras relacionadas con la modificación de la geometría del cauce y la última con la modificación de su rugosidad.

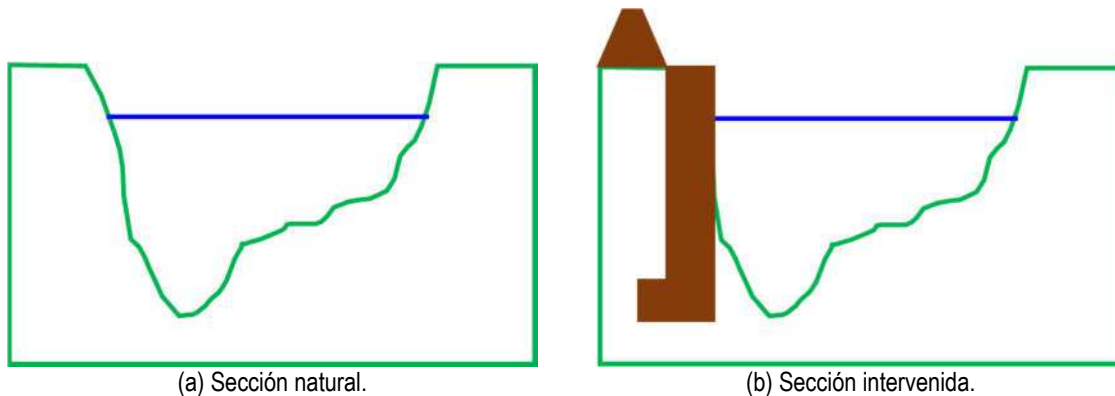


Figura 5-7. Esquema de una sección transversal natural y del cambio en su geometría luego de una intervención antrópica.

En la Figura 3-3 del capítulo 0 se ilustran las relaciones empíricas a partir de la geometría hidráulica obtenidas para ancho de banca llena.

- La parametrización de tiempos de viaje se enriquecería, basada en los análisis hidráulicos localizados y aprovechando el esfuerzo que se pone en la caracterización de la geometría hidráulica y del n de Manning, en cada trámite de ocupación de cauce y de vertimientos a partir de los experimentos de trazadores.
- Incorporación de mayor información tanto en cantidad calidad de agua de las fuentes hídricas y de los vertimientos permitiría al modelo acercarnos a una modelación más real, mediante la cual sea posible evaluar los impactos generados por la incorporación de uno o varios nuevos usuarios con el fin de estimar los efectos acumulativos.

En conclusión, cada trámite, sea de concesión de agua, de ocupación de cauce y/o permiso de vertimientos sería un nuevo dato para el modelo SICA y permitiría modelar de manera más cercana a la realidad los procesos de calidad del agua.

5.5. Integración de los sistemas de información CITA–GEOPORTAL–SICA

En la actualidad CORNARE tiene en desarrollo varios sistemas que se espera apoyen los procesos de principio a fin en la gestión de trámites ambientales: el Centro Integrado de Información de Trámites ambientales (CITA) como inicializador de los diferentes tipos de trámites, el Geoportal MapGIS para la visualización y análisis de la información georreferenciada asociada a estos; y adicionalmente el Sistema Integrado para la Calidad del Agua SICA.

Se propone en este documento la integración de los tres sistemas mencionados con el fin de lograr una gestión fluida por parte de los técnicos de la Corporación e información en tiempo real que asista las decisiones sobre el recurso hídrico.

Algunas de las ventajas de una posible integración serían:

- Ejecución automática de procesos en el flujo de gestión de la información.
- Centralización de la información en la base de datos de la Corporación.
- Aprovechamiento del potencial de la información que recibe la Corporación, para entre otras caracterizar tramos sin información.
- Mayor usabilidad para el usuario final.
- Análisis de calidad y cantidad de agua en tiempo real disponible para todos los trámites ambientales.
- Conocimiento y aprovechamiento en tiempo real de la información asociada a trámites ambientales.
- Generación de reportes en los formatos establecidos por el SIRH (Sistema de Información del Recurso Hídrico).

En esta sección se propone un flujo de trabajo que lo integre y un modelo de datos para ser implementado sobre una base de datos unificada de la Corporación.

En la Figura 2-17 se abordó el flujo que actualmente se atraviesa en la Corporación para gestionar un nuevo trámite ambiental. En la Figura 5-8 se presentan en verde los procesos que estarían asistidos por la integración de sistemas, principalmente relacionados con el quehacer de quien recibe el trámite y del técnico. En la Figura 5-9 se presenta el flujo automatizado, en donde se puede visualizar, la integración de los tres componentes mencionados, CITA, el Geoportal y SICA con un único repositorio de datos que respondan por lo menos a cuatro componentes: información de trámites, componente geoespacial y los esquemas de datos que soporten la modelación y regionalización por SICA.

Los diferentes trámites serían desencadenados por el usuario interesado en la aprobación del mismo. Los requisitos para revisión del trámite deben ser asistidos por CITA en donde un funcionario CORNARE ingresa como nueva tarea a realizar. CITA, ingresados todos los documentos e información del trámite propuesto en los puntos anteriores, asignaría un técnico disponible para realizar una visita de validación de la información. Una vez realizada la visita, el técnico, asistido por una aplicación sobre una Tablet, ingresa la nueva información obtenida sobre el trámite, información que residirá en la fuente de datos de CITA.

Con el fin de realizar la valoración que permita dilucidar si aprobar o no el trámite, el técnico deberá validar en el Geoportal la disponibilidad en términos de cantidad del agua y allí mismo, usando para ello la funcionalidad de SICA, la calidad de la misma. De esta forma SICA se propone como un componente que pueda ser usado desde el mismo Geoportal con el fin de facilitar la usabilidad.

Es importante que los diferentes componentes apunten a un repositorio central de la información, esto con el fin de contar siempre con datos en tiempo real y que la aprobación de trámites se vea reflejada en las siguientes corridas del modelo. En la misma figura se pueden notar cuatro esquemas del repositorio de datos. Uno primero que responde a las necesidades de CITA, uno segundo que corresponde a la base de datos Geográfica y uno tercero y cuarto asociada a SICA. Las dos componentes finales deberían ser agregadas a las bases de datos existentes de la Corporación según el modelo de datos que se propone y explica en la sección 5.5.1 conformado por dos partes, correspondientes a simulación y regionalización respectivamente.

Es necesario hacer esa separación con el siguiente fin: una vez se haga un estudio de viabilidad por ejemplo de ocupación de cause, este estudio provea la información del tramo sin intervención que permite caracterizar otros tramos desprovistos de información que responden al mismo tipo de tramo. Esta información como es natural se almacenaría en la componente de Regionalización. Ahora bien, una vez intervenido el tramo, las condiciones reales de este, deben ser tenidas en cuenta únicamente para efectos de modelación, por lo que la información del tramo intervenido será almacenada en la componente de Simulación.

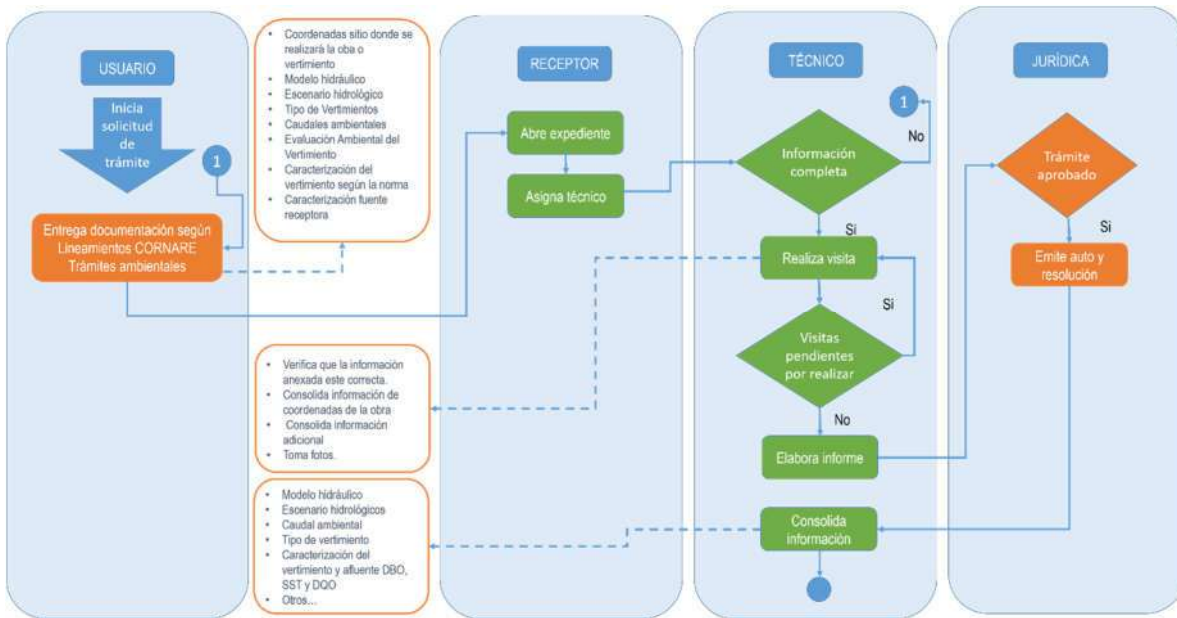


Figura 5-8. Procesos a intervenir en el flujo de gestión de trámites ambientales CORNARE.

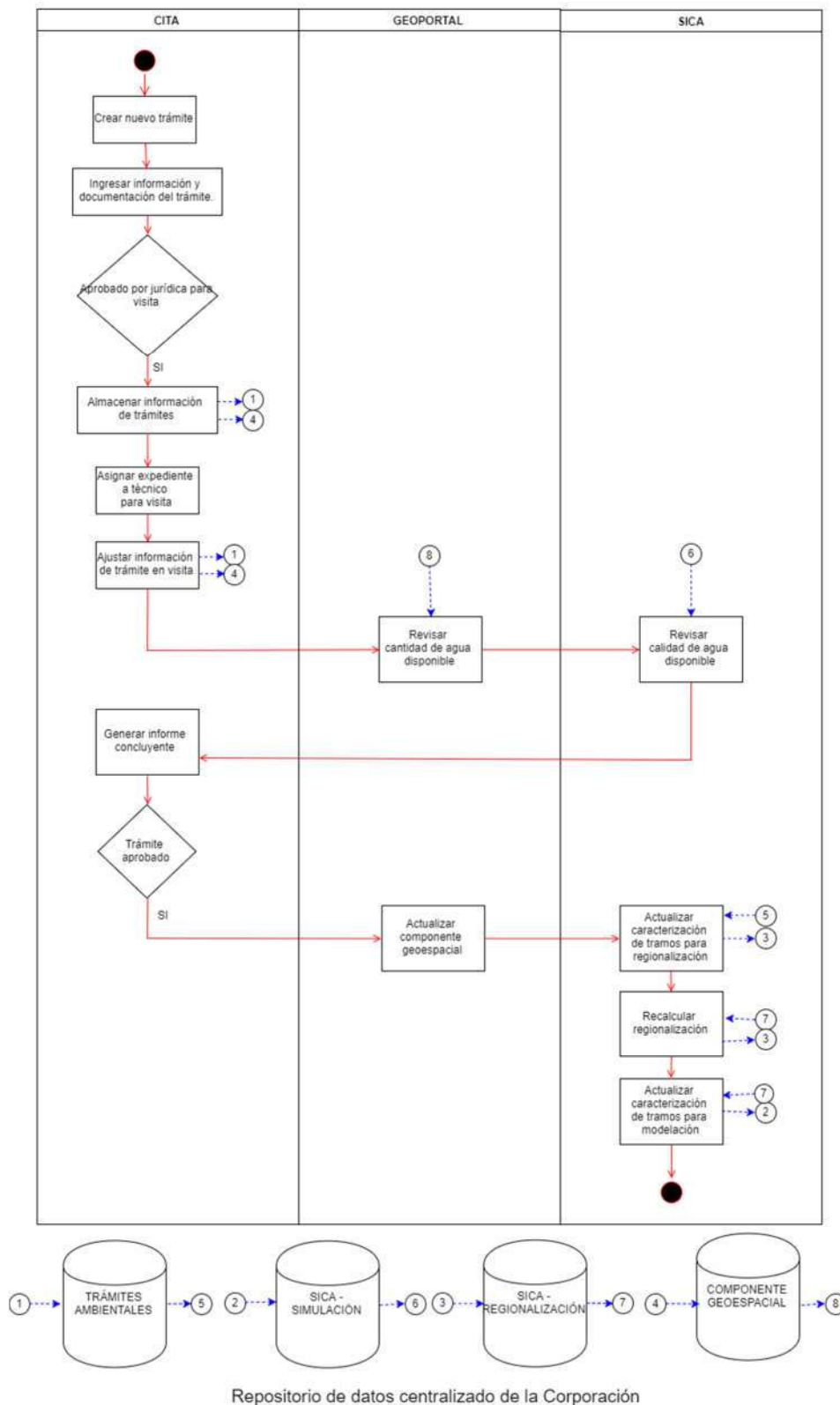


Figura 5-9. Diagrama de flujo de gestión de trámites ambientales desde el CITA con apoyo del Geoportal y la integración con SICA.

5.5.1. Modelo de datos

En la Figura 5-10 se presenta un modelo de datos que una vez implementado en una fuente de datos, integra la información posible de extraer de los diferentes trámites de vertimiento a las necesidades de SICA. También provee una estructura base de referencia para regionalizar y caracterizar tramos que no cuentan con información.

El modelo de datos responde a los tipos de información, atributos y descripciones enunciadas en los numerales 5.3 y 5.3.3. Integrando estos, se identifica como identidad central del modelo el tramo (entidad TRAMO), el cual puede ser descrito a partir de unas secciones transversales (entidad SECCIÓN) y es susceptible de mediciones con experimentos de trazadores (EXPERIMENTO). A su vez cada tramo puede contener uno o más sitios que pueden responder a vertimientos, captaciones o estaciones de monitoreo (SITIO). La información que eventualmente contenga esta última entidad tendría que corresponder a la almacenada en la base de datos geográfica de la entidad. La diferenciación que se hace entre las entidades asociadas a los tramos R_Tramo y S_Tramo, corresponde precisamente al objeto de uso ya sea para regionalizar (el primero) o simular (el segundo).

Como una necesidad adicional, la entidad Fotografía, fortalecería la descripción y caracterización de cada uno de los tramos.

En la propuesta de integración de sistemas de información y centralización de los datos, este modelo de datos debería por tanto estar integrado e incorporado a las fuentes de datos propias de la Corporación y ser usado desde CITA y el Geoportal potenciado por SICA como funcionalidad agregada.

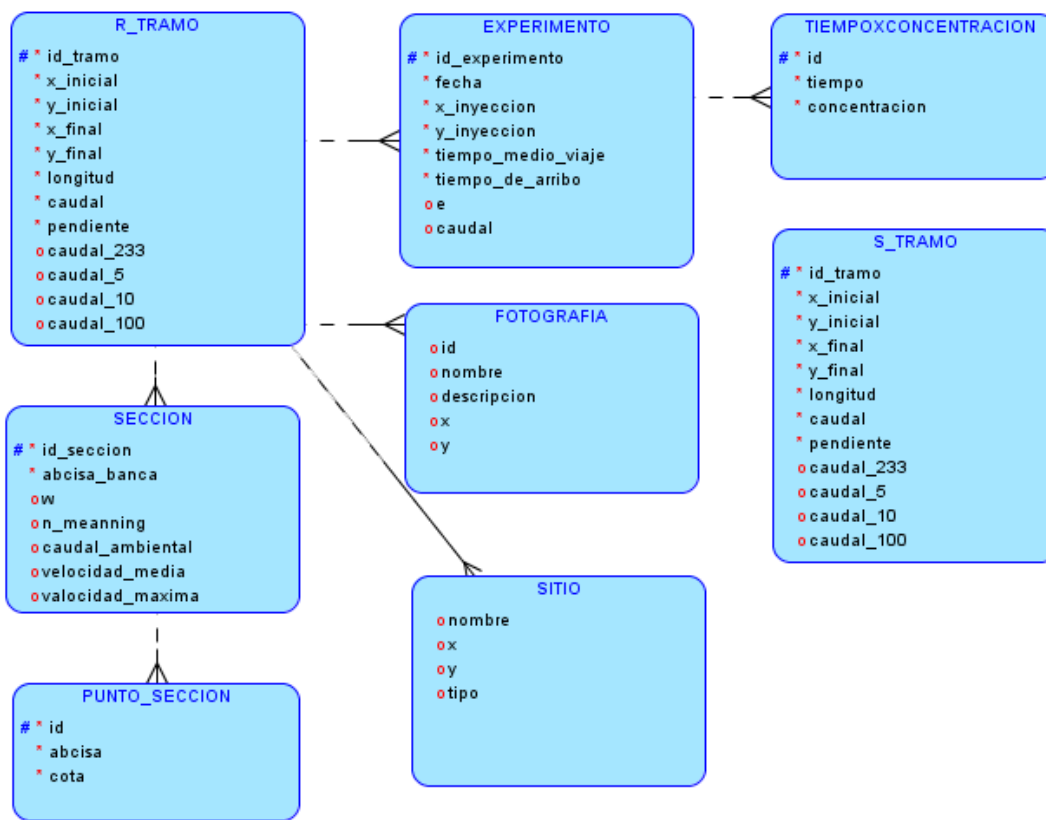


Figura 5-10. Modelo de datos propuesto.

6. CONCLUSIONES

Enfocada en una mejor una mejor Gestión Integral del Recurso Hídrico dentro de su jurisdicción, CORNARE ha invertido en una serie de esfuerzos de modelación que iniciaron con la implementación del programa HidroSIG, dedicado a la estimación de la cantidad del agua, en el año 2001, seguido de sus actualizaciones en los años 2009 y 2011 y la posterior adhesión del programa SICA, dedicado a la simulación de la calidad del agua, con su prueba piloto en la cuenca del río Negro, que se desarrolló en el año 2015. En secuencia con ese proceso, en este documento se describió la extensión de la implementación del programa SICA a toda la jurisdicción de CORNARE, se presentó una línea de trabajo futuro, pensada con el propósito de obtener cada vez una más realista representación y cuantificación de los procesos físicos relacionados con el recurso hídrico.

En relación con la implementación del modelo SICA para toda la jurisdicción, el esfuerzo se concentró en posibilitar las simulaciones en las cuencas del río Arma, ríos Samaná Norte y Sur, río Cocorná, río Nare, tributarios a los ríos Aburrá y Nus y tributarios directos del río Magdalena, así como de actualizar las bases de datos de captaciones y vertimientos en la cuenca del río Negro. De igual manera, se homogenizó la cartografía base, referida al modelo digital de elevaciones, el mapa de direcciones de drenaje y los mapas de precipitación y evapotranspiración real, para que correspondieran con los productos oficiales utilizados por la Corporación.

Dos nuevas características fueron añadidas a la implementación de SICA durante el desarrollo de este trabajo, la primera posibilita la inclusión de estimaciones de la concentración de sólidos suspendidos totales que producen naturalmente las cuencas, descontando la retención en embalses, para análisis de calidad del agua, y la segunda facilita la evaluación de un índice de calidad del agua en toda la red de drenaje, permitiéndole a los funcionarios de la Corporación observar de manera interactiva una clasificación de calidad del agua en escala de colores, y determinar el efecto inmediato de un nuevo vertimiento sobre el tramo de corriente en el que se efectuaría.

Por otra parte, en relación con la línea de trabajo futuro, se hizo un diagnóstico de la información de trámites de ocupación de cauce, concesiones y permisos de vertimiento, con el propósito de explorar la posibilidad de capitalizar los datos recolectados en ellos, de modo que puedan ser utilizados para mejorar la gestión del recurso hídrico. A partir del diagnóstico fue posible diseñar una estrategia para la gestión de la información, con estructuras de datos bien definidas, pensadas para almacenar los datos que aportan mayormente al conocimiento de los cauces y al entendimiento de los impactos acumulativos que la contaminación, generada por la actividad antrópica genera sobre ellos.

El diagnóstico de los trámites de ocupación de cauce permitió identificar que CORNARE procesa un número promedio de 51 trámites al año, que se traducen en 51 estudios hidrológicos y 51 estudios hidráulicos sobre toda su red de drenajes, los cuales producen datos valiosos, pero que son utilizados únicamente para tomar decisiones sobre la situación local que se relaciona con el trámite.

En el caso de los vertimientos, la información reportada en la base de datos del trámite de permiso de vertimientos presenta falencias en su consolidación ya que 40 de un total de 317 permisos de vertimientos otorgados para descargar a fuentes de aguas superficiales no reportan georeferenciación,

dato que si existe y que se menciona en los informes técnicos de cada expediente en donde se dirige al lector a consultar un documento de la Corporación denominado: “*Formulario técnico para trámite de permiso de vertimientos para los proyectos financiados por Cornare – numeral No. 8*”. Sin embargo, este direccionamiento no debería existir, ni en el informe técnico y mucho menos en la consolidación de la base de datos, dado que este es uno de los datos más relevantes en el levantamiento de información, pues permite establecer la ubicación del vertimiento y definir la corriente receptora del mismo, de lo contrario la información levantada no puede ser utilizada.

Continuando con la misma línea de inconveniente en la consolidación de la información, el diagnóstico evidencia que de 317 permisos de vertimientos otorgados 63 de ellos no reportan información de la caracterización del vertimiento, cuando dentro de la información reportada por los informes técnicos si se registran al menos tres de las variables a reportar DBO₅, DQO y SST, dado que son las variables mínimas requeridas en el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos.

En cuanto a la caracterización de las fuentes receptoras, las bases de datos contemplan los campos para consolidar dicha información, tanto aguas arriba como aguas abajo del vertimiento. Pese a lo anterior, se encontró que en algunos casos la información se reporta en el informe técnico o en el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos, pero en ningún momento es trasladada a la base de datos consolidada; Aunque en otros casos, se evidenció que la información no es reportada por los documentos entregados por el usuario, ni en el formulario único nacional de solicitud de permiso de vertimientos, ni en la evaluación ambiental del vertimiento.

Se considera que los campos en la base de datos de los permisos de vertimientos otorgados debería ampliarse en cuanto a variables de caracterización fisicoquímica, teniendo en cuenta las establecidas por la resolución 0631 (MADS, 2015) para las diferentes actividades económicas, así como también considerando las variables mínimas requeridas para la modelación de calidad de agua según lo establecido por el decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente 1076 (MADS, 2015). Esto con el objetivo almacenar toda la información levantada por el usuario, la cual es útil en otros estudios y proyectos de la Corporación.

Teniendo en cuenta que actualmente la Corporación emplea diferentes bases de datos para almacenar la información de calidad de agua, es recomendable completar todos los campos de cada una de ellas con la información pertinente y no dejar la información vacía solamente porque esta se encuentra en otro documento, ya que esto ocasiona pérdida de información entre los consolidados y/o documentos adicionales.

Las dificultades descritas con la gestión de la información de los diferentes trámites podría ser resuelta desde el momento mismo en la que el usuario radica la solicitud, debido a que, con la estrategia que de gestión que se propone en este documento, el usuario debería registrar los datos del trámite de manera virtual y estos serían recolectados en una base de datos de manera inmediata, evitándole a la Corporación el trámite de digitalización. Desde dicha base de datos serían consultados de manera expedita, y utilizados para modelar la cantidad y calidad del recurso hídrico de manera más informada y consecuente con la situación real del territorio, lo que finalmente repercutiría en mayor conocimiento y mejores decisiones sobre la administración del recurso hídrico.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Beer, T. & Young, P.C. (1983). Longitudinal Dispersion in Natural Streams. *Journal of Environmental Engineering*, 109(5), pp.1049–1067.
- Bencala, K.E. & Walters, R.A. (1983). Simulation of solute transport in a mountain pool-and-riffle stream with a kinetic mass transfer model for sorption. *Water Resources Research*, 19(3), p.732.
- Borselli, L., Cassi, P., & Torri, D. (2008). Prolegomena to sediment and flow connectivity in the landscape: a GIS and field numerical assessment. *Catena*, 75(3), 268-277.
- Brown, L.C. & Barnwell, T.O. (1987). The enhanced stream water quality models QUAL2E and QUAL2E-UNCAS: documentation and user manual, Athenas.
- Burns, M.M. (1998). Limitations of Hydraulic Geometry Techniques in Stream Restoration Design. In *Engineering Approaches to Ecosystem Restoration*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, pp. 126–132. Available at: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40382%281998%2920>.
- CORNARE (2017) Bases de datos de permisos de vertimientos otorgados (2000 – 2017).
- CORNARE (2017) Bases de datos de plan de monitoreo y seguimiento de fuentes superficiales (2010 – 2015).
- CORNARE (2017) Bases de datos de cobro de tasas retributivas (2010 – 2015).
- CORNARE (2017) Bases de datos de estaciones reportadas al Sistema de Información del Recurso Hídrico – SIRH.
- Camacho, L.A. (2000). Development of a hierarchical modeling framework for solute transport under unsteady flow conditions in rivers. Imperial College of Science Technology and Medicine.
- Chapra, S.C. (1997). *Surface Water-Quality Modeling*, Tufts University: Waveland Press.
- Chapra, S.C. & Pelletier, G.J. (2003). QUAL2K: a modeling framework for simulating river and stream water quality: documentation and user's manual. , p.121.
- Chapra, S.C., Pelletier, G.J. & Tao, H. (2012). QUAL2K: A Modeling Framework for Simulating River and Stream Water Quality. , p.87.
- Chow, V. . T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. *Hidrología Aplicada*.
- Churchill, M., Elmore, H., & Buckingham, R. (1962). The prediction of stream reaeration rates. *International Journal of Air and Water Pollution*, 6(5), pp.467–504.
- Cox, B. (2003). A review of currently available in-stream water-quality models and their applicability for simulating dissolved oxygen in lowland rivers. *Science of the Total Environment*, 314-316(3), pp.335–377.

- Flores, A.N. et al. (2006). Channel-reach morphology dependence on energy, scale, and hydroclimatic processes with implications for prediction using geospatial data. *Water Resources Research*, 42(6), p.n/a–n/a. Available at: <http://doi.wiley.com/10.1029/2005WR004226>.
- Giraldo, J.D., Díaz-Granados, M. & Camacho, L.A. (2005). Modelo distribuido de tránsito de crecientes en cuencas. *Avances Hidráulicos*, (12), pp.91–101.
- González, R.A. (2008). Determinación del comportamiento de la fracción dispersiva en ríos característicos de montaña. Universidad Nacional de Colombia.
- Hernández, J.S. & Camacho, L.A. (2012). Una metodología para la obtención de los parámetros de transporte del modelo ADE a partir del modelo ADZ. In XX Seminario Nacional de Hidráulica e Hidrología. Barranquilla: Universidad Nacional de Colombia, p. 10.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 275
- Jiménez, M.A. (2015). Morphological representation of drainage networks, implications on solute transport and distributed simulation at the basin scale. Universidad Nacional de Colombia.
- Jiménez, M.A. (2008). MUTC - Un modelo de transporte en ríos: Aplicación al río Sinú. Universidad Nacional de Colombia.
- Jiménez, M.A. & Wohl, E. (2013). Solute transport modeling using morphological parameters of step-pool reaches. *Water Resources Research*, 49, pp.1345–1359.
- Lees, M.J., Camacho, L.A. & Chapra, S.C. (2000). On the relationship of transient storage and aggregated dead zone models of longitudinal solute transport in streams. *Water Resources Research*, 36(1), pp.213–224.
- Lees, M.J., Camacho, L.A. & Whitehead, P. (1998). Extension of the QUASAR river quality model to incorporate dead-zone mixing. *Hydrology and Earth System*, 2(2-3), pp.353–365.
- Leopold, L.B. & Maddock Jr., T. (1953). The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications. *USGS Professional Paper*, 252(252), p.57.
- Melching, C.S. & Flores, H.E. (1999). Reaeration Equations Derived from U.S. Geological Survey Database. *Journal of Environmental Engineering*, 125(May), pp.407–414.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. (2015). *Decreto 0631 "Por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y de dictan otras disposiciones"*. Bogotá.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS. (2015). *Decreto 1076. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible*. Bogotá.
- O'Connor, D.J. & Dobbins, W.E. (1958). Mechanism of Reaeration in Natural Streams. *Trans. ASCE.*, 123, pp.641–684.

- Olsen, D. S., Roper, B. B., Kershner, J. L., Henderson, R., & Archer, E. (2005). Sources of variability in conducting pebble counts: their potential influence on the results of stream monitoring programs. *Journal of the American Water Resources Association*, 41(5), 1225–1236.
- Owens, M., Edwards, R., & Gibbs, J. (1964). Some Reaeration Studies in Streams. *International Journal of Air and Water Pollution*, 8, pp.469–486.
- Pelletier, G.J., Chapra, S.C. & Tao, H. (2006). QUAL2Kw – A framework for modeling water quality in streams and rivers using a genetic algorithm for calibration. *Environmental Modelling & Software*, 21(3), pp.419–425. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364815205001489>.
- Pérez, J. (2001) Estimación del factor erosividad de la lluvia en Colombia. Tesis de pregrado. Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Ramírez, J. (2002). *Extracción automática de redes de drenaje a partir de modelos digitales del terreno*. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Rodriguez-Iturbe, I., & Rinaldo, A. (1997). *Fractal river basins: chance and self-organization*. Power.
- Rojas, A.F. (2011). Aplicación de factores de asimilación para la priorización de la inversión en sistemas de saneamiento hídrico en Colombia. Universidad Nacional de Colombia.
- Stumm, W. & Morgan, J.J. (1996). *Aquatic Chemistry* Wiley-Inte., New York: 3rd ed.
- Taylor, G. (1954). The Dispersion of Matter in Turbulent Flow through a Pipe. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 223(1155), pp.446–468.
- Thackston, E.L. & Dawson, J.W. (2001). Recalibration of a reaeration equation. *Journal of environmental engineering*, 127, pp.317–321.
- Tsivoglou, E.C. & Neal, L.A. (1976). Tracer measurements of reaeration: III. Predicting the reaeration capacity of inland streams. *Journal (Water Pollution Control Federation)*, 48(2), pp.2669–2689
- UNAL, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín (2011). *HIDROSIG: Manual de usuario*.
- Van Remortel, R., Hamilton, M., Hickey, R. (2001) Estimating the LS factor for RUSLE through iterative slope length processing of digital elevation data. *Cartography*, Vol. 30, No. 1, pp. 27-35.
- Van Rijn, L. (1993). Principles of sediment transport in rivers, estuaries and coastal seas. *Aqua publications*, 2(3), p.4.
- Vélez, J., Poveda, G. & Mesa, O., 2000. *Balances Hidrológicos de Colombia*, Medellín: Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos. Universidad Nacional de Colombia sede Medellín.
- Vigiak, O., Borselli, L., Newham, L. T. H., McInnes, J., & Roberts, A. M. (2012). Comparison of conceptual landscape metrics to define hillslope-scale sediment delivery ratio. *Geomorphology*, 138(1), 74-88.

Wilkinson, S. N., Dougall, C., Kinsey-Henderson, A. E., Searle, R. D., Ellis, R. J., & Bartley, R. (2014). Development of a time-stepping sediment budget model for assessing land use impacts in large river basins. *Science of the Total Environment*, 468, 1210-1224.

Zaragozí, Z. B. et al. (2007) Tratamiento espacial de los desprendimientos de laderas en ambientes semiáridos mediante Sistemas de Información Geográfica. Universidad de Alicante. España.