

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Tecnico No. 06472, 29 de diciembre del 2021

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, WQI, EN LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA RED DE CALIDAD DE HÍDRICA DE BOGOTÁ- PARA EL PERIODO 2020-2021



La Regadera – Río Tunjuelo

2021

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE
DIRECCIÓN DE CONTROL AMBIENTAL
SUBDIRECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y DEL SUELO
Grupo: Recurso Hídrico Superficial

Página 1 de 56

**INFORME TÉCNICO: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, WQI, EN LOS PUNTOS DE
MONITOREO DE LA RED DE CALIDAD DE HÍDRICA DE BOGOTÁ PARA EL PERIODO
2020-2021**

ELABORÓ:

LIZBETH AMAYA
Profesional Técnico de Apoyo

DAVID ZAMORA
Profesional Técnico de Apoyo

REVISÓ

DAVID FELIPE PÉREZ SERNA
Grupo Recurso Hídrico Superficial

APROBÓ

REINALDO GÉLVEZ GUTIÉRREZ
Subdirector del Recurso Hídrico y del Suelo

Página 2 de 56

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	8
1 MATERIALES Y MÉTODOS	10
1.1 MONITOREOS DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE LA RCHB	10
2 RESULTADOS	15
2.1 RÍO TORCA	15
2.2 RÍO SALITRE	22
2.3 RÍO FUCHA	28
2.4 RÍO TUNJUELO	35
2.5 EVOLUCIÓN DEL WQI EN EL PERIODO 2014 A 2021	48
3 CONCLUSIONES	53
4 REFERENCIAS	55

SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

CAR	Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca
DBO ₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno medida a los cinco días
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EAAB-ESP	Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá - Empresa de Servicios Públicos
EUA	Estados Unidos de América
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia
L/s	Litros por segundo
NT - NTotal	Nitrógeno Total (NT Kjeldahl + NO ₃ + NO ₂)
OC	Objetivos de Calidad
OD	Oxígeno Disuelto
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)
OMS	Organización Mundial de la Salud
PEDH	Parque Ecológico Distrital de Humedal
pH	Potencial de Hidrógeno
PSMV	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
PT - PTotal	Fósforo Total
RCHB	Red de Calidad Hídrica de Bogotá
RCHB-T	Red de Calidad Hídrica de Bogotá Tradicional
RCHB-A	Red de Calidad Hídrica de Bogotá Ampliada
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente
PM	Punto de Monitoreo

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Red de Calidad Hídrica de Bogotá – Tradicional, conformada por 30 puntos de monitoreo	12
Figura 2. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron (barras achuradas) con los objetivos de calidad en los tramos del río Torca	16
Figura 3. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Torca.....	19
Figura 4. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Torca.....	21
Figura 5. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron (barras achuradas) con los objetivos de calidad en los tramos del río Salitre.....	22
Figura 6. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Salitre	26
Figura 7. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Salitre	27
Figura 8. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron (barras achuradas) con los objetivos de calidad en los tramos del río Fucha	28
Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Fucha	33
Figura 10. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Fucha	34
Figura 11. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron con los objetivos de calidad en los tramos del río Tunjuelo.....	36
Figura 12. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en el punto de monitoreo La Regadera, río Tunjuelo.....	38
Figura 13. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en los PM Yomasa (Izq.) y Doña Juana (Der.), río Tunjuelo.....	40
Figura 14. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en los PM Barrio México (Izq.-Arriba), San Benito (Der.-Arriba) y Makro Autopista Sur (Abajo), río Tunjuelo	42

Figura 15. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en los PM Transversal 86 (Izq.-Arriba), Puente Independencia (Der.-Arriba) e Isla Pontón (Abajo), río Tunjuelo	44
Figura 16. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Tunjuelo	45
Figura 17. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Tunjuelo.....	46
Figura 18. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) promedio en el río Tunjuelo para el periodo 2014-2019	47
Figura 19. Evolución temporal de ríos urbanos por categoría de calidad de agua	50
Figura 20. Evolución temporal del Indicador: kilómetros de ríos urbanos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente $WQI \geq 65$	51
Figura 21. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) de los principales ríos de la Ciudad	52

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de los determinantes de la calidad del agua medidos <i>in situ</i> y en laboratorio	11
Tabla 2. Categorización, clasificación y caracterización de los rangos del WQI	14
Tabla 3. Evaluación del cumplimiento de los OC y el WQI en el Tramo I, río Torca	17
Tabla 4. Río Torca WQI – Tramo II	18
Tabla 5. Río Salitre WQI – Tramo I	23
Tabla 6. Río Salitre WQI – Tramo II	24
Tabla 7. Río Salitre WQI – Tramo III	25
Tabla 8. Río Salitre WQI – Tramo IV	25
Tabla 9. Río Fucha WQI – Tramo I	29
Tabla 10. Río Fucha WQI – Tramo II	30
Tabla 11. Río Fucha WQI – Tramo III	31
Tabla 12. Río Fucha WQI – Tramo IV	31
Tabla 13. Río Tunjuelo WQI – Tramo I	37
Tabla 14. Río Tunjuelo WQI – Tramo II	39
Tabla 15. Río Tunjuelo WQI – Tramo III	41
Tabla 16. Río Tunjuelo WQI – Tramo IV	43
Tabla 17. Longitud de los ríos de la RCHB clasificadas por WQI desde 2011 a 2021	49

INTRODUCCIÓN

Las corrientes hídricas de la ciudad, ríos urbanos como Tunjuelo, Fucha, Salitre y Torca - están afectados por la presión que sobre ellos se ejerce, pues durante décadas han recibido las descargas de las aguas residuales de quienes habitan el Distrito Capital., actualmente la administración de Bogotá ha dado un paso fundamental para la recuperación de la calidad de los ríos, al construir una visión de ciudad entorno al recurso hídrico, por lo que la Secretaría Distrital de Ambiente como autoridad ambiental urbana ha adoptado el Índice de Calidad del Agua – WQI (por sus Iniciales en inglés Water Quality Index) como indicador de seguimiento para las corrientes urbanas.

Con el fin de contar con los datos para determinar la calidad de estos cuerpos de agua, la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, opera la Red de Calidad Hídrica de Bogotá Tradicional (RCHB-T), esta es una herramienta que monitorea la calidad del agua en treinta (30) estaciones o puntos ubicadas en los ríos a lo largo de su recorrido (desde la parte alta a sus desembocaduras en el río Bogotá), caracterizando por medio de determinantes de la calidad físicos, químicos y microbiológicos.

El desarrollo de la RCHB-T ha permitido evidenciar una mejora en la calidad del recurso hídrico de la ciudad, la cual es producto, entre otras, de las actividades de control, evaluación y seguimiento que adelanta la Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo, se puede destacar que el río Torca es el que se ubica en una mejor categoría respecto a los demás y que los tramos 4 de los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo son los que presentan a lo largo de los últimos periodos los valores más bajos de WQI, pero que en el último año han mejorado su calidad cambiando de una clasificación pobre a marginal.



SECRETARÍA DE **AMBIENTE**

En este orden de ideas, el presente informe técnico tiene por objeto evaluar los datos de la calidad del agua de los puntos de monitoreo de la RCHB para determinar el cumplimiento o no frente a los objetivos de calidad establecidos mediante la Resolución 5731 de 2008, para la vigencia establecida del segundo semestre del año 2020 y 2021.

1 MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se realiza una breve descripción de las generalidades de las jornadas de monitoreo de calidad y cantidad del agua que se llevaron a cabo en el segundo semestre de los años 2020 y 2021 en los puntos que conforman la RCHB-T. En cuanto a los aspectos metodológicos de validación de los datos (detección de datos atípicos) y la metodología para calcular el índice de calidad hídrica (WQI) se siguieron cada uno de los pasos que se encuentran detallados en el numeral 1.1 a 1.3 del Informe Técnico No. 02178 de 2020 "Índice de calidad del agua, WQI, en los puntos de monitoreo de la Red de Calidad Hídrica de Bogotá-tradicional para año 2020" con proceso SDA No. 4980484.

1.1 MONITOREOS DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE LA RCHB

Cualificar y cuantificar la calidad de los principales ríos de la ciudad: Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo, ha permitido consolidar información de la calidad de estas fuentes superficiales, y con esto conformar una base de datos de determinantes de la calidad del agua que representan el estado físico, químico y biológico de estos ríos.

Por lo tanto, en la ejecución de las campañas de monitoreo se han tomado muestras compuestas (por periodos de dos horas y alícuotas cada media hora), toma de datos de campo *in situ* y aforos de caudal (Tabla 1) en cada uno de los treinta puntos de monitoreo, que se encuentran distribuidas de la siguiente manera: río Torca: 4, río Salitre: 6, río Fucha: 8, río Tunjuelo: 10, y río Bogotá: 2 (Figura 1).

Monitoreo	Determinantes de la calidad del agua
Mediciones <i>in situ</i>	Caudal, pH, Temperatura, Conductividad y Oxígeno Disuelto.

Monitoreo	Determinantes de la calidad del agua
En laboratorio	DBO ₅ , DQO, SST, Grasas y Aceites, Surfactantes Activos al Azul de Metileno (SAAM), Ptotal, Ntotal (Kjeldahl, Nitratos, Nitritos) y Coliformes Fecales.

Tabla 1. Clasificación de los determinantes de la calidad del agua medidos *in situ* y en laboratorio

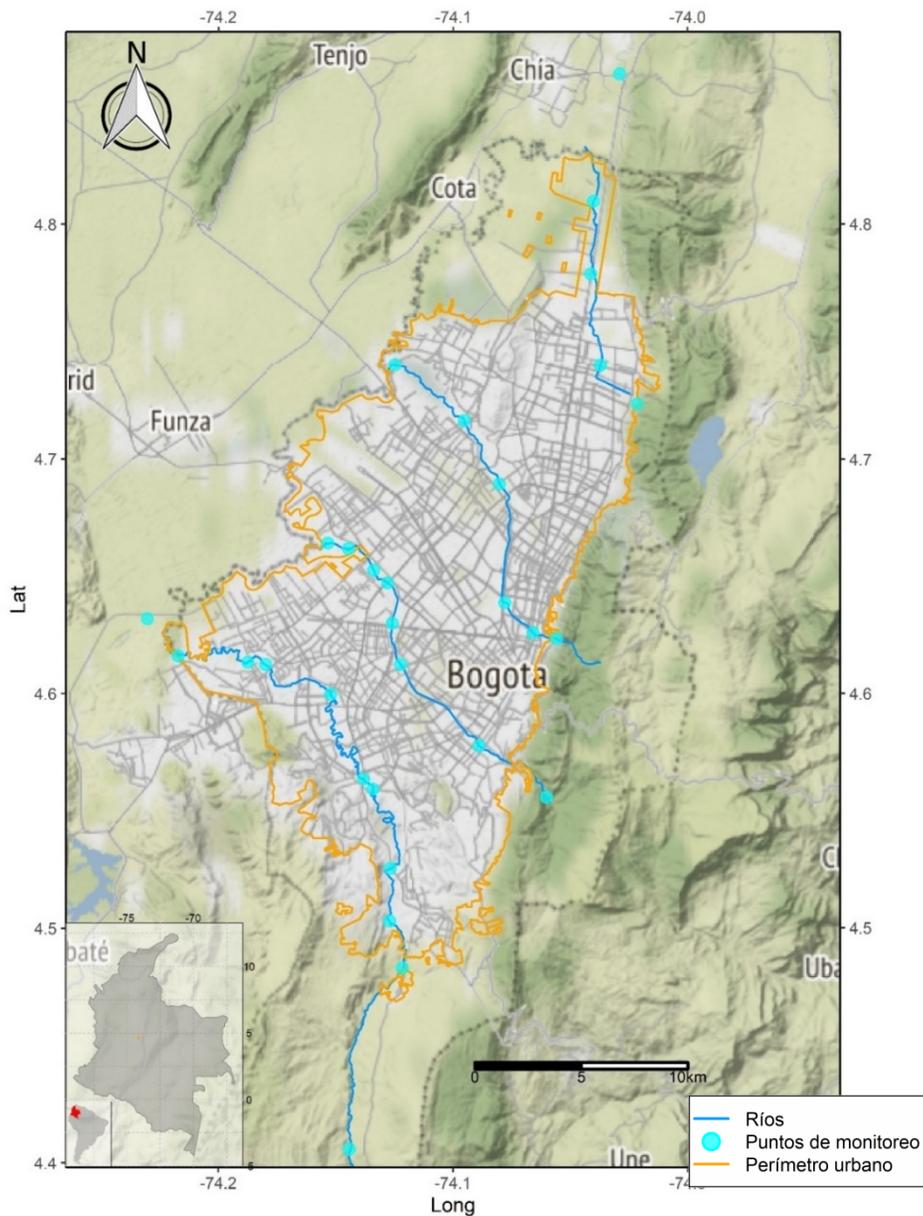


Figura 1. Red de Calidad Hídrica de Bogotá – Tradicional, conformada por 30 puntos de monitoreo

Durante el segundo semestre de 2020, se ejecutaron 65 jornadas de monitoreo entre el 01 de julio al 24 de septiembre. En esta última fecha se dio por finalizado el Convenio Interadministrativo No. SDA-CD-20181468 con la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca – CAR y el Contrato de Prestación de Servicios No. SDA-SECOPII-712018 con el Instituto de Higiene Ambiental. En lo que respecta al año 2021, la SDA celebró el contrato de prestación de servicios No. SDA – 20211379 de 29/06/2021 con la UNIÓN TEMPORAL UT PSL-ANQ, mediante el cual se realiza la toma de muestras y análisis en laboratorio para el monitoreo de calidad y cantidad del recurso hídrico. En el marco del referido contrato y en lo que corresponde a la RCHB se consideraron 100 jornadas de monitoreo ejecutadas entre el 14 de julio y 31 de agosto del presente año.

En cada uno de los periodos, tanto para el año 2020 (julio-septiembre) como 2021 (julio-agosto), se realizan caracterizaciones bihorarias para las estaciones de la RCHB-T cuya finalidad es cubrir cada estación en diferentes días y horas, los resultados de estos monitoreos servirán de insumo para el desarrollo de los cálculos y análisis del índice relacionados en el presente informe.

Es importante aclarar que, si bien el WQI oficial que se calcula y reporta para los datos recolectados el primer semestre del año vigente y el segundo semestre del año anterior, en esta ocasión se usaron datos del segundo semestre de los años 2020 y 2021 como consecuencia de dos aspectos: (i) la fecha de inicio de las labores de monitoreo en el marco de prestación de servicios No. SDA – 20211379 que se dio en el segundo semestre del año 2021 y (ii) tener una suficiente cantidad de información que permitiera caracterizar de la forma adecuada la variabilidad de la calidad del agua.

De esta manera, el WQI determina de una forma aproximada el avance anual en la calidad del recurso hídrico y con esto establecer las variaciones de calidad por tramos (espacial y temporal) y planificar y ejecutar acciones prioritizadas que mitiguen fenómenos que impactan de forma negativa la calidad del recurso hídrico. Los resultados del WQI se clasifican según las siguientes categorías (Tabla 2):

Categoría	Valor WQI	Descripción
Excelente	[95 <WQI<100]	Calidad del agua cumple los objetivos de calidad, la calidad está protegida sin que las condiciones deseables estén amenazadas
Buena	[80 <WQI< 95]	Calidad del agua cumple los objetivos, la calidad está protegida en un menor nivel, sin embargo, las condiciones deseables pueden estar amenazadas
Aceptable	[65<WQI<80)	Calidad del agua no cumple los objetivos y ocasionalmente las condiciones deseables están amenazadas
Marginal	[45 <WQI <65)	Calidad del agua no cumple los objetivos y frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas
Pobre	[0 <WQI <45)	Calidad del agua no cumple los objetivos, la mayoría de las veces la calidad está amenazada o afectada; por lo general apartada de las condiciones deseables

Tabla 2. Categorización, clasificación y caracterización de los rangos del WQI

2 RESULTADOS

Después de la implementación de los métodos y metodologías se obtienen tablas y gráficos que sintetizan los resultados para cada uno de los tramos de los ríos que conforman la RCHB.

En general los resultados que se presenta para cada tramo son los siguientes:

- Las Figura 2, 5, 8 y 10 se presenta en el eje vertical la cantidad de datos validados que no fueron catalogados como *outliers* (barras de colores), y la cantidad de datos (barras grises con relleno de trama a 45°) que incumplieron los objetivos de calidad del agua por cada determinante, esto últimos presentados en el eje horizontal.
- Las tablas similares a la Tabla 3 presentan la cantidad y porcentaje de datos que no cumplieron con los objetivos calidad por cada uno de los determinantes evaluados (izquierda), mientras que a la derecha de la tabla se presentan las variables F1, F2, nse y F3 empleadas en el cálculo del indicador WQI, y finalmente el valor de este indicador.
- Las figuras tipo radar como la Figura 3 representan el porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y para cada tramo del río analizado.
- Por último, se presenta espacialmente por medio de mapas, el valor del indicador WQI por cada uno tramos que conforman los ríos de la RCHB, tal como se puede observar en la Figura 4.

2.1 RÍO TORCA

En el tramo I del río Torca se tiene en cuenta un punto de monitoreo Bosque de Pinos. En total se desarrollaron seis monitoreos ejecutados así: 2020-II (3) y 2021-II (3), obteniéndose un total de 60 datos, de los cuales sólo 5 no alcanzaron los objetivos de calidad (Figura 2). A partir del análisis estadístico de la información, se determinaron 6 valores atípicos, los cuales no fueron considerados para el cálculo del WQI en el tramo I.

Para el tramo II del río Torca, en el cual se encuentran las estaciones: Calle 161, Jardines de Paz y San Simón, se obtiene un total de 190 datos (182 de ellos validados), de los cuales 4 no cumplen los objetivos de calidad (grasas y aceites, SAAM, coliformes fecales y oxígeno disuelto). En este tramo se realizaron 7 caracterizaciones en la vigencia 2020-II y 12 caracterizaciones en 2021-II.

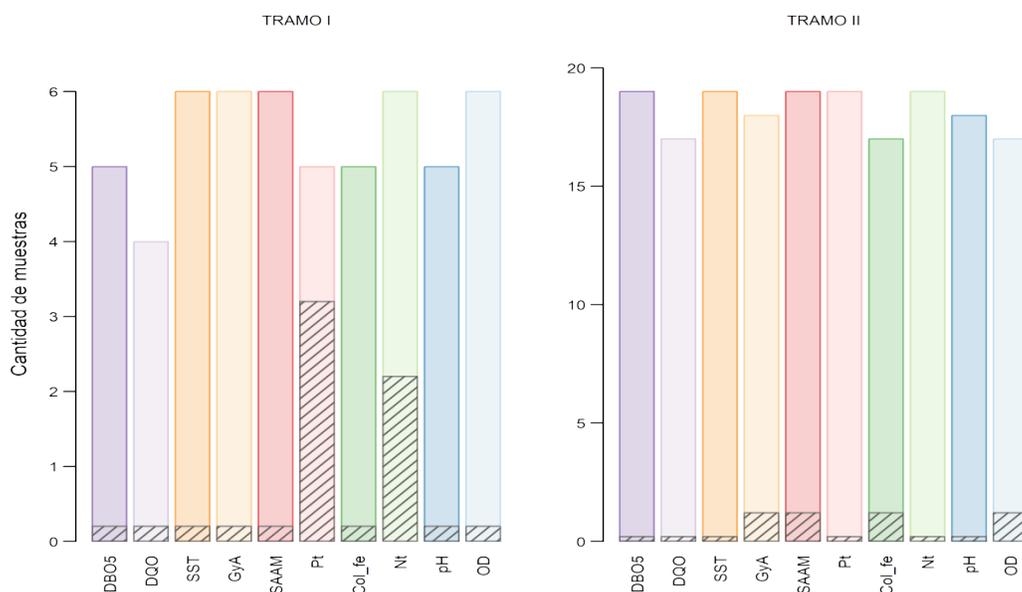


Figura 2. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron (barras achuradas) con los objetivos de calidad en los tramos del río Torca

Con base en los datos validados, se determinó que la calidad del agua en el tramo I, para el periodo evaluado fue **Buena**. De los determinantes evaluados dos (2) no alcanzaron los objetivos de calidad establecido para el tramo I: Ptotal con tres datos y Ntotal con dos datos que equivalen al 60.00% y 33.33 % respectivamente. Lo anterior, corresponde al 9.26 % del total de los datos

considerados en el PM (ver Tabla 3). Es preciso indicar que los datos superan los objetivos de calidad, ya que exceden las concentraciones de referencia para el tramo I del río Torca, puesto que el objetivo son 1 mg/L para el Ptotal y 5 mg/L para el Ntotal.

Determinante de la calidad	No. datos que <u>no</u> cumplen el OC	% de datos que <u>no</u> Cumplen el OC	Variables	Valor
DBO ₅	0	0	F1	20
DQO	0	0	F2	9.26
SST	0	0	nse	0.02
GyA	0	0	F3	1.60
SAAM	0	0	WQI	87.24
Fósforo Total	3	60.00		
Coliformes fecales	0	0		
Nitrógeno Total	2	33.33		
pH	0	0		
OD	0	0		

Tabla 3. Evaluación del cumplimiento de los OC y el WQI en el Tramo I, río Torca

Para el tramo II cuatro de los determinantes (grasas y Aceites, SAAM, coliformes fecales y Oxígeno disuelto) estuvieron por encima (excepto OD que debe estar por debajo) de los objetivos de calidad, presentándose incumplimiento de los primeros dos determinantes en el PM ubicado en la CL-161, mientras que los últimos dos determinantes no cumplieron el valor normativo únicamente en el PM Jardines de Paz. Por su parte en la estación San Simón no se presentaron excedencias en ningún determinante (ver Tabla 4). La frecuencia de datos que superan los límites normativos fue igual para los determinantes antes citados, lo que indica un porcentaje de incumplimiento de 5.56% (grasas y aceites), 5.26% (SAAM), 5.88% (coliformes fecales y Oxígeno disuelto).

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	0	0
DQO	0	0
SST	0	0
GyA	1	5.56
SAAM	1	5.26
Fósforo Total	0	0
Coliformes fecales	1	5.88
Nitrógeno Total	0	0
pH	0	0
OD	1	5.88

Variables	Valor
F1	40
F2	2.20
nse	0.01
F3	0.54
WQI	76.87

Tabla 4. Río Torca WQI – Tramo II

La Figura 3 permite establecer que los determinantes de la calidad del agua que tienen un mayor impacto en la calidad hídrica del tramo II del río Torca, fueron los coliformes fecales y el Oxígeno disuelto. Si bien el WQI para este tramo fue **Aceptable**, el deterioro de la calidad del agua en el río se debe principalmente a descargas de aguas residuales domésticas generadas por la problemática de conexiones erradas que aún persisten en el área aferente al desarrollo del canal para la parte media baja de la cuenca (ver Figura 4).

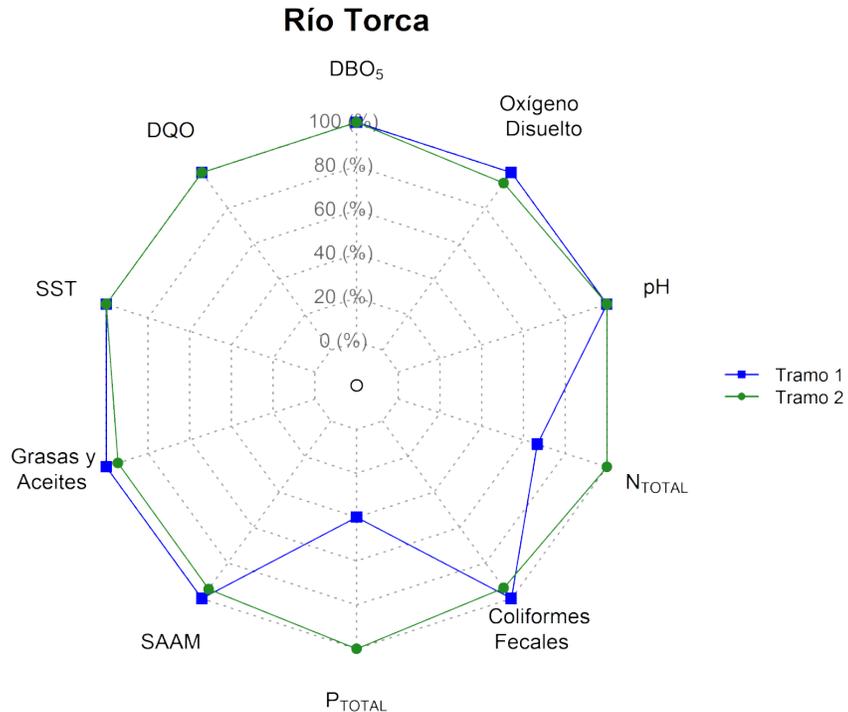


Figura 3. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Torca

En general, se puede establecer que para el primer tramo del río Torca el valor WQI o de calidad del agua presenta un ligero aumento respecto al valor del índice obtenido con todos los datos del año 2020, donde para este tramo se obtuvo un WQI de 85.97 frente a 87.24 para el año 2020 y 2021.

De igual manera, en lo que respecta al segundo tramo la calidad del agua conserva un comportamiento similar del WQI al reportado para el año 2020, donde se registró 76.81, mientras que la evaluación de los monitoreos de los años 2020 (II) y 2021 (II) se estimó un WQI de 76.87.

Este aumento se puede asociar con la variable grasas y aceites que durante el periodo evaluado en el presente informe disminuye su frecuencia de incumplimiento y así mismo su incidencia en la calidad del agua.

A continuación, se presenta el mapa del WQI para los tramos del río Torca para el periodo evaluado.

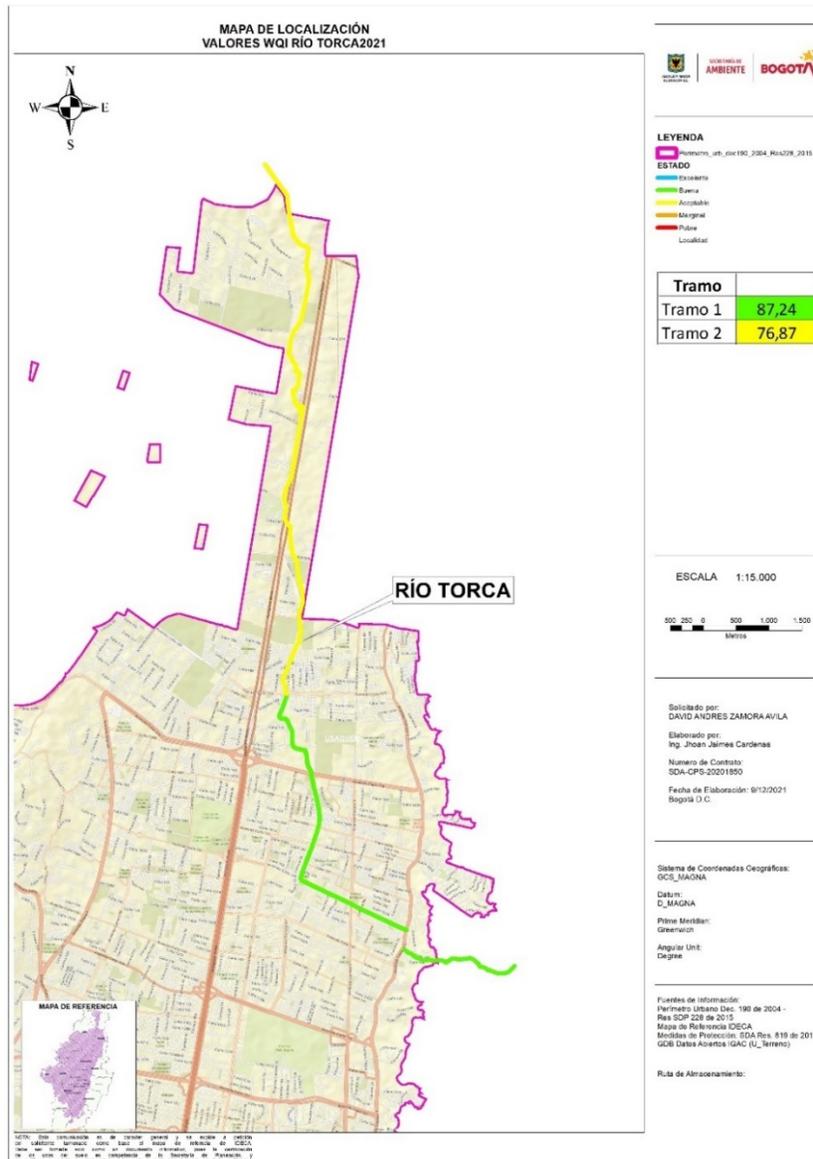


Figura 4. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Torca

2.2 RÍO SALITRE

A partir del análisis estadístico de la información monitoreada en el tramo I del río Salitre (que cuenta únicamente con el PM Parque Nacional) se validó el 92 % de los datos, para un total de 46 datos validados y 4 datos atípicos. En el tramo II del río Salitre (PM Arzobispo y Calle 53) se validó el 90 % de los datos, para un total de 54 datos validados y 6 datos atípicos mientras que para los tramos III y IV, se validó el 98.75 % (79 datos) y el 96.31 % (183 datos) respectivamente. La cantidad de datos validados se muestra en la Figura 5.

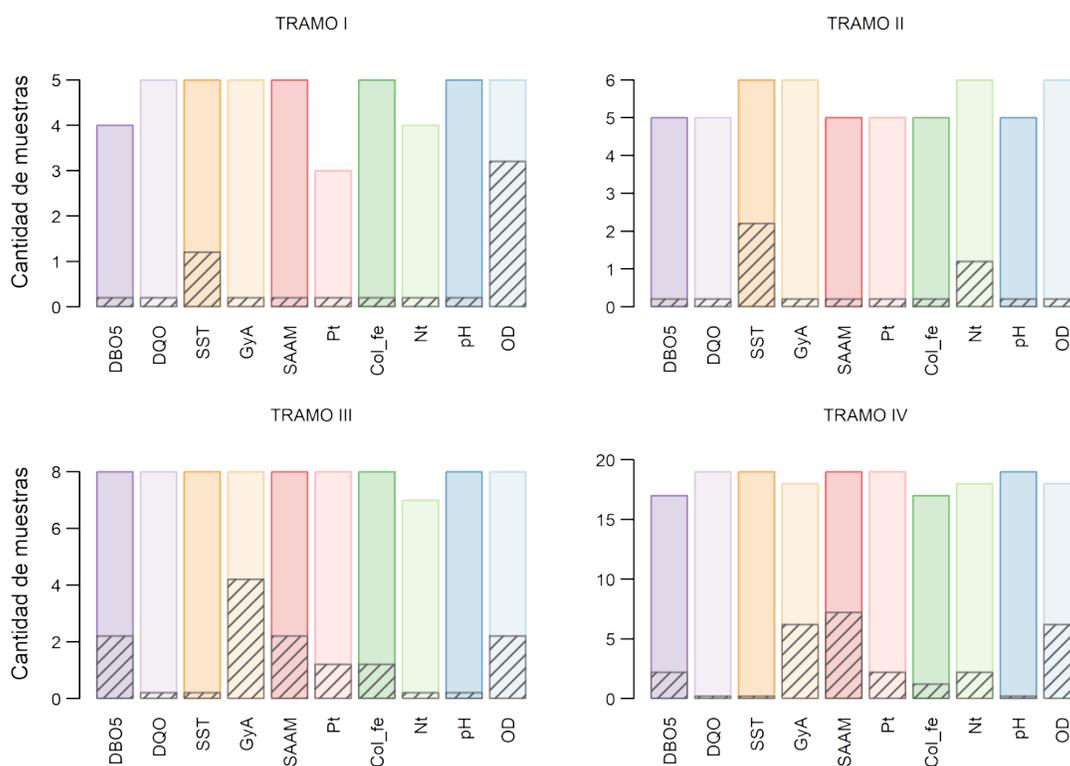


Figura 5. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron (barras achuradas) con los objetivos de calidad en los tramos del río Salitre

Del total de los 46 datos validados para el PM Parque Nacional únicamente cuatro datos no alcanzaron los objetivos de calidad, lo que corresponde al 8.7 % de los datos analizados. A partir de la estimación del WQI la calidad del agua en este primer tramo fue [Buena]. El determinante que incumplió los objetivos de calidad con mayor frecuencia fue OD (tres datos) seguido de SST con un dato. Como se puede ver en la Tabla 5, el WQI para este tramo fue de 87.38, reflejando que la calidad este tramo se mantiene en buenas condiciones y cercana al límite superior de esta categoría [calidad buena: 80 a 94].

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
DBO ₅	0	0	F1	20
DQO	0	0	F2	8.70
SST	1	20	nse	0.01
GyA	0	0	F3	1.45
SAAM	0	0	WQI	87.38
Fósforo Total	0	0		
Coliformes fecales	0	0		
Nitrógeno Total	0	0		
pH	0	0		
OD	3	60		

Tabla 5. Río Salitre WQI – Tramo I

Para los dos PM (Arzobispo y Carrera 30 con Calle 53) del tramo II del río Salitre, se obtuvo un WQI de 87.06 que se clasifica en la categoría [Buena]. Los determinantes que más incumplieron fueron SST y Ntotal con concentraciones altas con respecto a sus objetivos de calidad, como lo evidencia el valor del F3 que es muy similar a los valores que se presentan en el tramo III y IV donde una mayor cantidad de datos y determinantes presentan incumplimiento de la concentración objetivo (ver Tabla 6).

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	0	0
DQO	0	0
SST	2	33.33
GyA	0	0
SAAM	0	0
Fósforo Total	0	0
Coliformes fecales	0	0
Nitrógeno Total	1	16.67
pH	0	0
OD	0	0

Variables	Valor
F1	20
F2	5.56
nse	0.09
F3	8.45
WQI	87.06

Tabla 6. Río Salitre WQI – Tramo II

Para el tramo III del río Salitre el 16.67 % de los datos no alcanzaron el valor objetivo, este porcentaje corresponde a 12 datos de los 79 válidos. El determinante que presentó una mayor frecuencia fue GyA con un porcentaje de incumplimiento del 50 %, mientras que OD, SAAM, y DBO₅ tienen un 25 % de incumplimiento de los OC. De acuerdo con el cálculo del WQI la calidad del agua en este tramo fue **[Marginal]** (ver Tabla 7). El porcentaje de incumplimiento de los objetivos de calidad se infiere de la afectación en la calidad del río por descargas de agua residual asociadas principalmente por el vertimiento procedente del sistema de alcantarillado combinado por medio de estructuras de alivio.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	2	25
DQO	0	0
SST	0	0
GyA	4	50
SAAM	2	25
Fósforo Total	1	12.5

Variables	Valor
F1	60
F2	15.19
nse	0.11
F3	9.56
WQI	63.84

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
Coliformes fecales	1	12.5
Nitrógeno Total	0	0
pH	0	0
OD	2	25

Variables	Valor
-----------	-------

Tabla 7. Río Salitre WQI – Tramo III

Finalmente, para el tramo IV del río Salitre se tiene que, de los 183 datos validados, 26 no cumplieron el objetivo de calidad, es decir el 14.20 %. En este tramo se tiene que los determinantes de calidad que presentaron una mayor frecuencia de incumplimiento fueron: OD, Tensoactivos y GyA. Los porcentajes asociados al número de datos que no cumplieron con los objetivos de calidad se presentan en la Tabla 8. En la que también se observa que la totalidad de los datos de los parámetros SST, DQO y pH cumplieron el valor objetivo. El tramo IV mostró una calidad del agua [Marginal] con un valor de 58.33.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	2	11.76
DQO	0	0
SST	0	0
GyA	6	33.33
SAAM	7	36.84
Fósforo Total	2	10.53
Coliformes fecales	1	5.88
Nitrógeno Total	2	11.11
pH	0	0
OD	6	33.33

Variables	Valor
F1	70
F2	14.21
nse	0.12
F3	10.34
WQI	58.33

Tabla 8. Río Salitre WQI – Tramo IV

La Figura 6 permite visualizar los resultados antes descritos y evidencia la notoria influencia que tienen los determinantes de GyA, SAAM y Oxígeno Disuelto, en la calidad del agua en los tramos III y IV del río Salitre, mientras que para los tramos I y II los SST fueron relevantes en el incumplimiento de los OC y por ende en la calidad del río. El menor porcentaje de cumplimiento se obtuvo para el determinante Oxígeno disuelto en el tramo I con un 40 %.

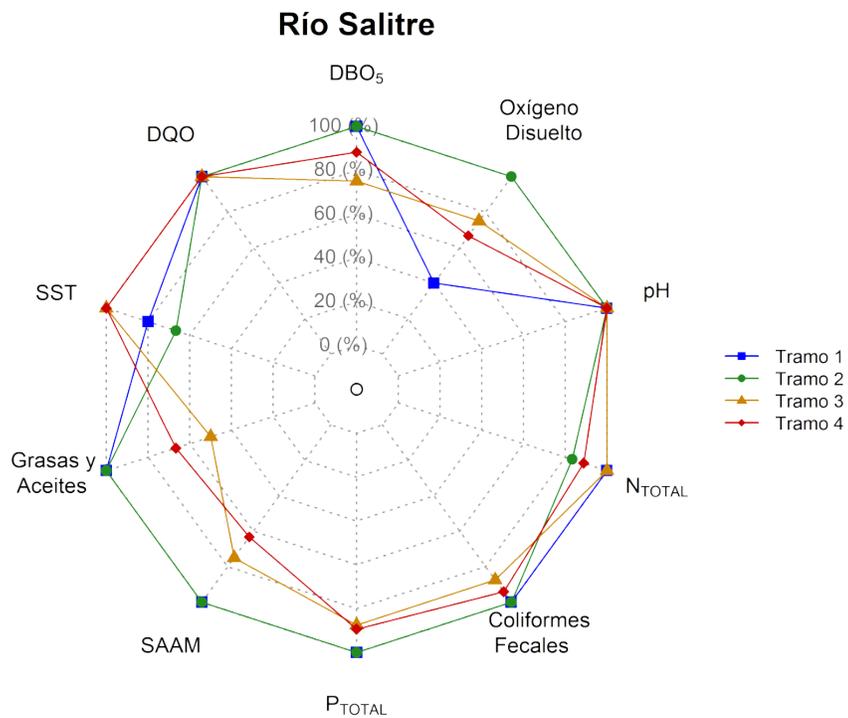


Figura 6. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Salitre

A continuación, se presenta el mapa del indicador WQI para los tramos del río Salitre.

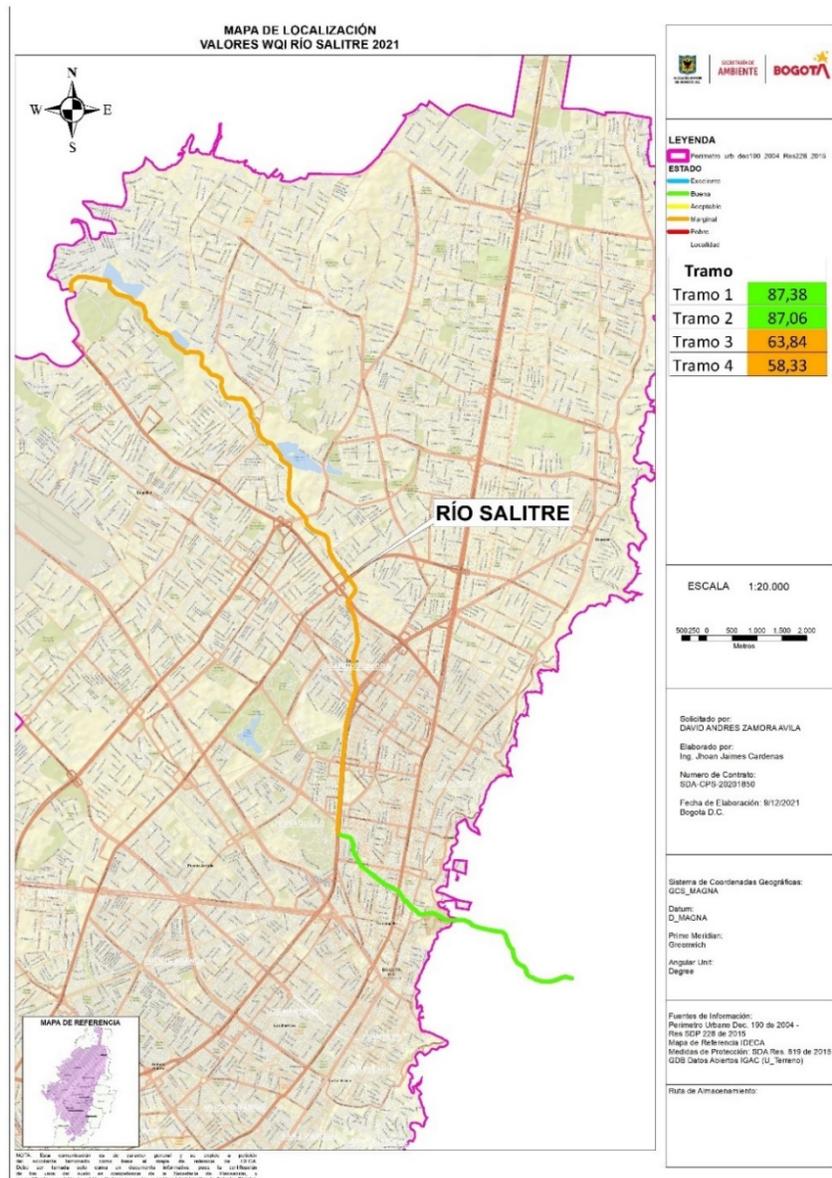


Figura 7. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Salitre

2.3 RÍO FUCHA

En el tramo I del río se encuentra ubicada la estación de monitoreo [El Delirio] para la cual se calculó el WQI con un total de 45 datos validados. Estos datos cuatro (4) no cumplieron con los objetivos de calidad (Figura 8) que corresponden a los determinantes SST y Ntotal. De esta manera el valor del WQI en este tramo es de 85.99 [Buena].

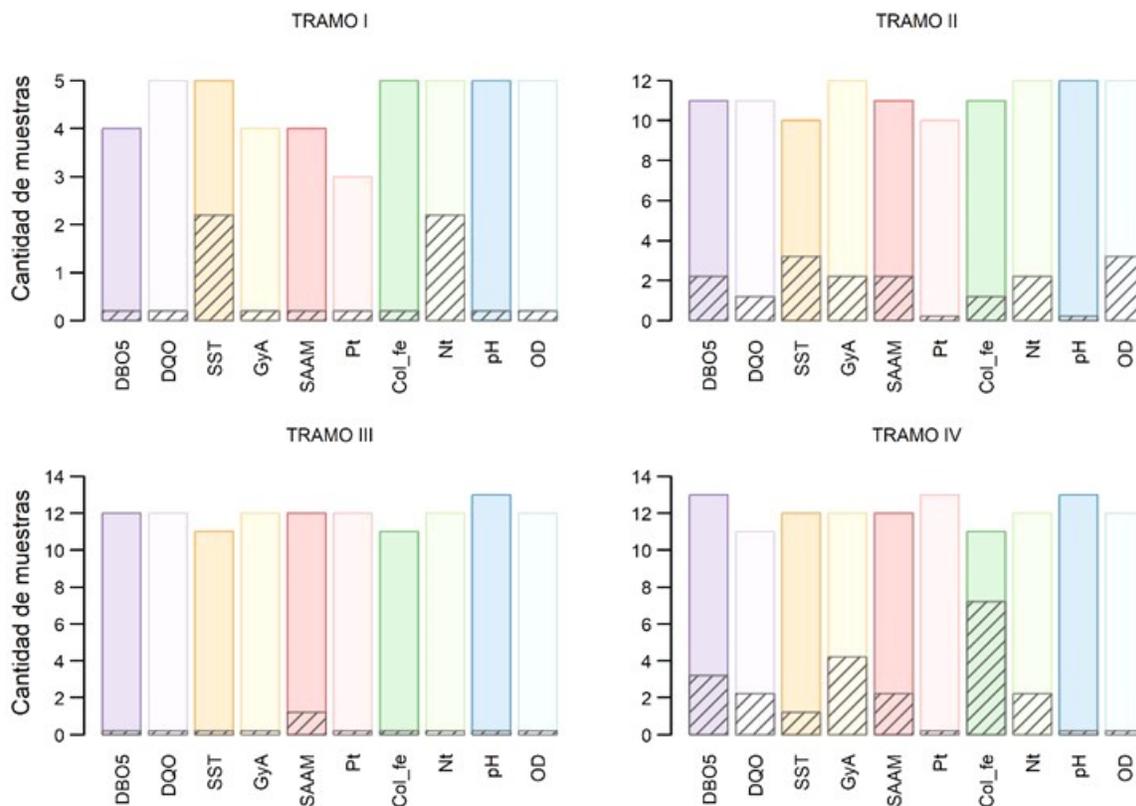


Figura 8. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron (barras achuradas) con los objetivos de calidad en los tramos del río Fucha

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
DBO ₅	0	0	F1	20.00
DQO	0	0	F2	8.89
SST	2	40	nse	0.12
GyA	0	0	F3	10.49
SAAM	0	0	WQI	85.99
Fósforo Total	0	0		
Coliformes fecales	0	0		
Nitrógeno Total	2	40		
pH	0	0		
OD	0	0		

Tabla 9. Río Fucha WQI – Tramo I

Los puntos de monitoreo que conforman el tramo II del río Fucha son Carrera 7 y Avenida Ferrocarril. La cantidad de datos validados y empleados para el cálculo del WQI de estos puntos fue de 112, de los cuales 16 no cumplieron con los objetivos. Esto incidió en que la calidad de agua de este tramo sea clasificada como **[Marginal]** (Tabla 10). Es importante resaltar que todo el conjunto de datos correspondiente a los determinantes Ptotal y pH alcanzaron el objetivo de calidad, por el contrario, en el parámetro SST el porcentaje de incumplimiento de los datos se ubicó en un 30 % convirtiéndolo en el determinante más crítico para este tramo del río Fucha. La afectación de la calidad de agua en este tramo se da principalmente por descargas de aguas residuales en los afluentes como el Canal Albina y río Seco por la inadecuada operación de las estructuras de alivio asociadas con el sistema de alcantarillado.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	2	18.18
DQO	1	9.09
SST	3	30
GyA	2	16.67
SAAM	2	18.18
Fósforo Total	0	0
Coliformes fecales	1	9.09
Nitrógeno Total	2	16.67
pH	0	0
OD	3	25

Variables	Valor
F1	80
F2	14.29
nse	0.57
F3	36.16
WQI	48.64

Tabla 10. Río Fucha WQI – Tramo II

En el tramo III se presenta, para todos los determinantes de la calidad un menor porcentaje de incumplimiento (ver Tabla 11) en comparación con los resultados obtenidos en el tramo II. Para este tramo se determinó que del conjunto de datos validos (119) únicamente un dato incumplió el objetivo de calidad, que corresponde al determinante SAAM (Figura 9). No obstante, la magnitud del incumplimiento (diferencia entre el objetivo y el valor medido) de este determinante es menor, si se comparan los factores de excursión del tramo II.

Los objetivos de calidad para el tramo III son más flexibles respecto al tramo I y II, el WQI del tramo III se clasificó en categoría **Buena** con un valor de 94.21. La mejora en el WQI para el tramo III se ha ido consolidado en el tiempo manteniendo una buena calidad.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	0	0
DQO	0	0

Variables	Valor
F1	10.00
F2	0.84

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
SST	0	0
GyA	0	0
SAAM	1	8.33
Fósforo Total	0	0
Coliformes fecales	0	0
Nitrógeno Total	0	0
pH	0	0
OD	0	0

Variables	Valor
nse	0.00
F3	0.02
WQI	94.21

Tabla 11. Río Fucha WQI – Tramo III

En el tramo IV de este río hay tres puntos de monitoreo [Visión Colombia, Fucha Zona Franca y Fucha con Alameda], el cálculo del WQI se realizó con un total de datos de 121, de los cuales 21 (17.36 % de los datos) no alcanzaron los objetivos de calidad, por lo tanto, la calidad del agua del tramo es **[Marginal]** (ver Tabla 12 y Figura 9). Si bien la categoría de índice no cambia para el periodo evaluado se evidencia una mejora en la magnitud, ya que incrementó 8 unidades con respecto al valor reportado para el año 2020.

En los determinantes de calidad pH, Ptotal y OD se presentó cumplimiento del objetivo de calidad para todos los datos analizados. El determinante de calidad crítico fue Coliformes fecales, debido a que el 63.64 % de las mediciones presentó incumplimiento del valor objetivo. Para DBO₅ y GyA se estimó un incumplimiento del 23.08 % y 33.33 %, respectivamente.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	3	23.08
DQO	2	18.18
SST	1	8.33
GyA	4	33.33

Variables	Valor
F1	70.00
F2	17.36
nse	0.04
F3	3.98

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
SAAM	2	16.67	WQI	58.30
Fósforo Total	0	0		
Coliformes fecales	7	63.64		
Nitrógeno Total	2	16.67		
pH	0	0		
OD	0	0		

Tabla 12. Río Fucha WQI – Tramo IV

En la Figura 9 se puede observar que el pH y el Ptotal fueron los determinantes que para todos los tramos cumplieron el valor objetivo mientras que la DQO y SAAM presentaron un porcentaje de cumplimiento de la concentración objetivo mayor al 80 %. Por otra parte, el tramo III reportó el mejor porcentaje de cumplimiento en todos los determinantes de calidad respecto a los otros tramos, el cual fue superior al 90 %.

Los determinantes Ntotal y SST en el tramo I presentaron un bajo porcentaje de cumplimiento, lo que afectó el valor del índice y la categorización. Finalmente, los Coliformes fecales, la DBO5 y las GyA fueron los determinantes de calidad con menor porcentaje de cumplimiento en los tramos II y IV.

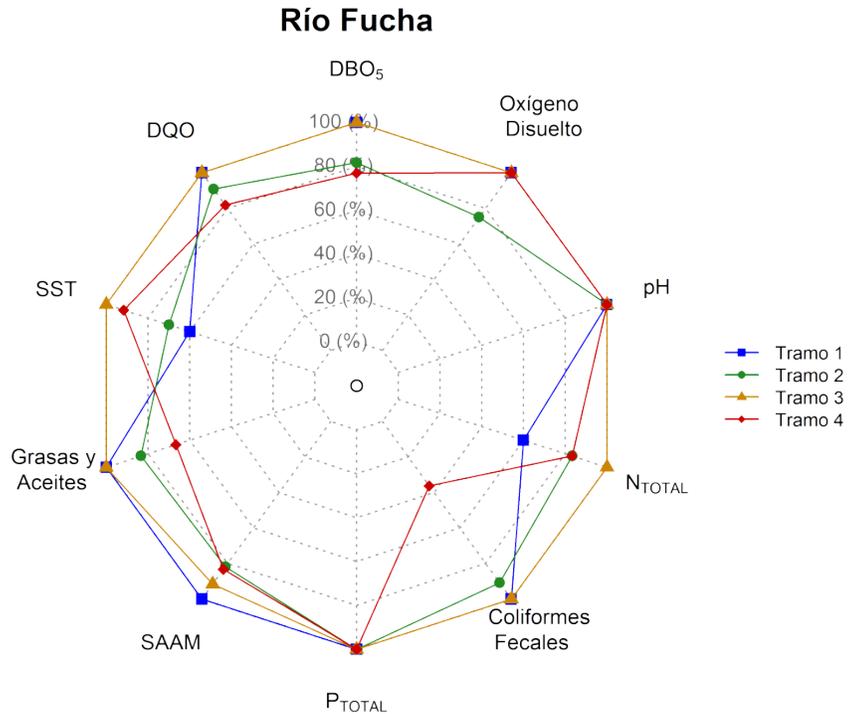


Figura 9. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Fucha

A continuación, se presenta el mapa del índice WQI para los tramos del río Fucha.

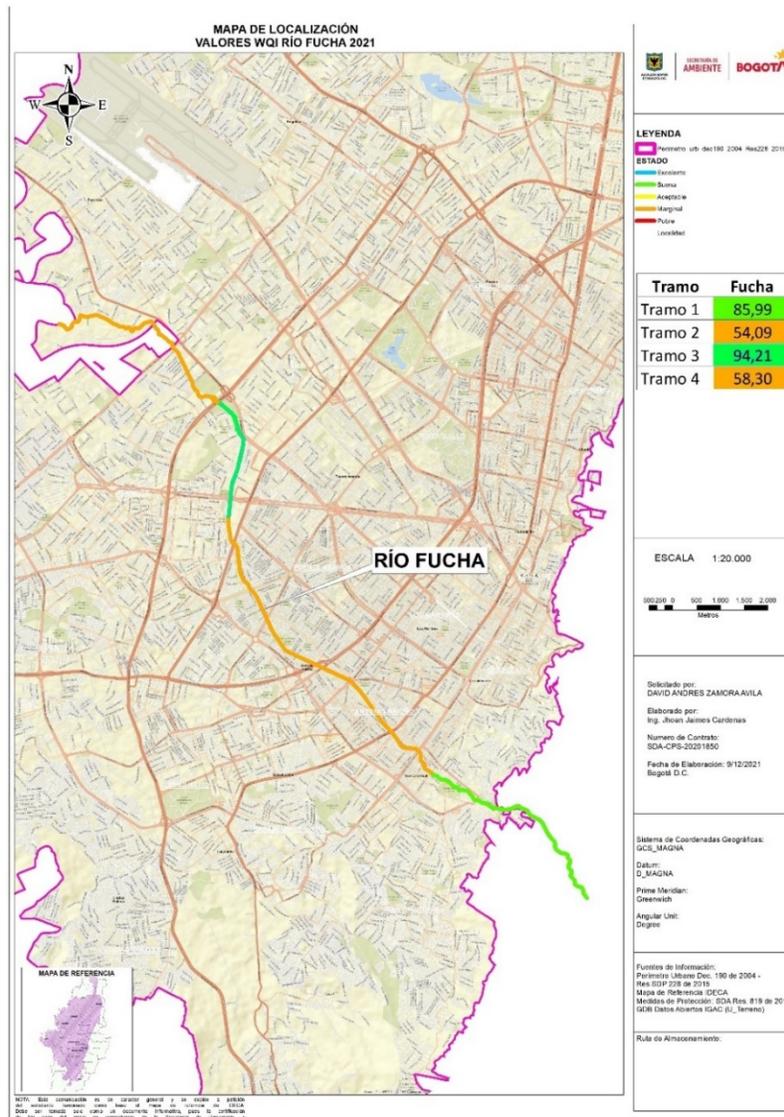


Figura 10. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Fucha

2.4 RÍO TUNJUELO

En el río Tunjuelo, el índice de calidad, WQI, tiene una variación particular asociada con la regulación del caudal por la operación del embalse La Regadera que no sólo repercute en el primer tramo, sino que su efecto se traslada a los tramos posteriores. Esta condición hidráulica ha impactado la calidad del agua de todo el río Tunjuelo, ya que los caudales para el periodo objeto del presente análisis, han sido más altos que los registrados históricamente en el segundo semestre de cada año, lo cual repercute en la magnitud y categoría del WQI que es evidente en los tramos III y IV del río. De manera que para determinar la incidencia que tiene la variabilidad de los caudales en la calidad del agua del río Tunjuelo, se realizó un análisis de la curva de excedencia de caudales en cada uno de los puntos que conforman los tramos II, III y IV, y en el PM La Regadera.

En el primer tramo, se monitorearon dos estaciones (La Regadera y Universidad Antonio Nariño), de las cuales para el cálculo del WQI sólo se considera el punto La Regadera que contó con un total de 41 datos validados de los cuales el 9.76 % [4 datos] no alcanzaron el objetivo de calidad [ver Figura 11 y Tabla 13].

De acuerdo con los datos reportados, durante el periodo analizado sólo se presenta un determinante que incumple con los objetivos de calidad, los SST, los cuales registran valores superiores 10 mg/L. No obstante, es importante resaltar que tal como se evidencia mediante el cálculo del factor de excursión y la variable F3, la magnitud por la cual se da el incumplimiento es poco significativa, mientras que las variables F1 y F2 tuvieron mayor incidencia en el cálculo del WQI (Tabla 13 y Figura 9), que para el tramo I estuvo en categoría **[Buena]**.

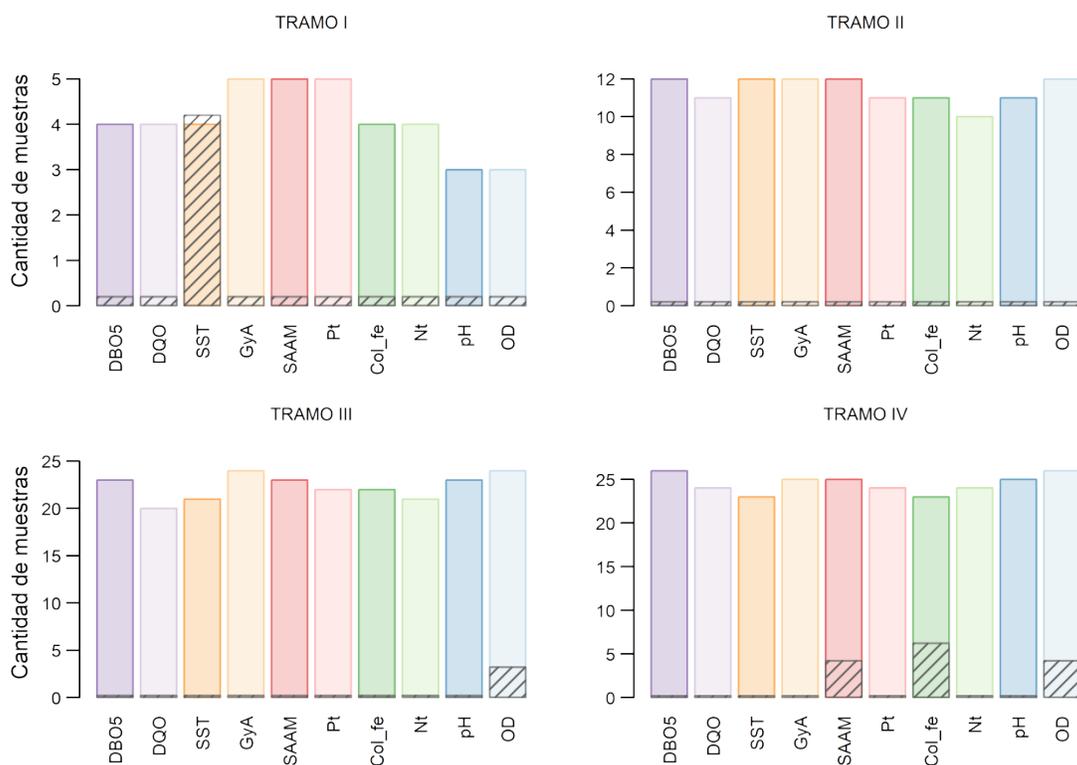


Figura 11. Cantidad de datos validados y datos que no cumplieron con los objetivos de calidad en los tramos del río Tunjuelo

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC
DBO ₅	0	0
DQO	0	0
SST	4	100
GyA	0	0
SAAM	0	0
Fósforo Total	0	0
Coliformes fecales	0	0
Nitrógeno Total	0	0

Variables	Valor
F1	10.00
F2	9.76
nse	0.03
F3	2.94
WQI	91.76

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
pH	0	0		
OD	0	0		

Tabla 13. Río Tunjuelo WQI – Tramo I

En la Figura 12, los puntos de color rojo corresponden a los valores de caudal obtenidos en el segundo semestre de los años 2020 y 2021, la línea de color negro es la curva de excedencia de caudales (CEC) que corresponde a los datos históricos desde el año 2009 al 2019 y la línea de color amarillo corresponde a la media de los caudales aforados en el segundo semestre de cada año desde 2009 hasta 2019. En la CEC se puede observar que cuando los caudales son superiores a 0.04 m³/s inicia la apertura de las compuertas señalando que la primera acción hidráulica genera un flujo aproximadamente de 1 m³/s y de allí en adelante los incrementos se dan en función del nivel del embalse. Los caudales generados del proceso de regulación han llegado a valores superiores 10 m³/s. Los puntos rojos se encuentran por encima de 1 m³/s evidenciando que los monitoreos evaluados en el presente informe se realizaron durante la apertura de la compuerta. Si bien el segundo semestre del año se caracteriza por tener un régimen de precipitación con mayor cantidad y magnitud de lluvias que el primero, los caudales asociados con la escorrentía de la cuenca alta de río Tunjuelo en esa época del año tienden a ser iguales o menores a 0.029 m³/s (>42 % del tiempo), como lo representa la línea de color amarillo. Como consecuencia de estos caudales se presenta una mayor dilución de las concentraciones que aportan los puntos de vertimiento localizados aguas abajo del PM, es decir se incrementa la capacidad de asimilación del cuerpo receptor. Si bien se podría inferir que existe un efecto relacionado con el desarrollo de actividades de saneamiento y por ende una reducción en el aporte de carga contaminante asociada con los puntos vertimiento, es evidente, por la localización del PM y por el seguimiento a los factores de impacto, que la referida acción no ha tenido lugar.

TU-Regader

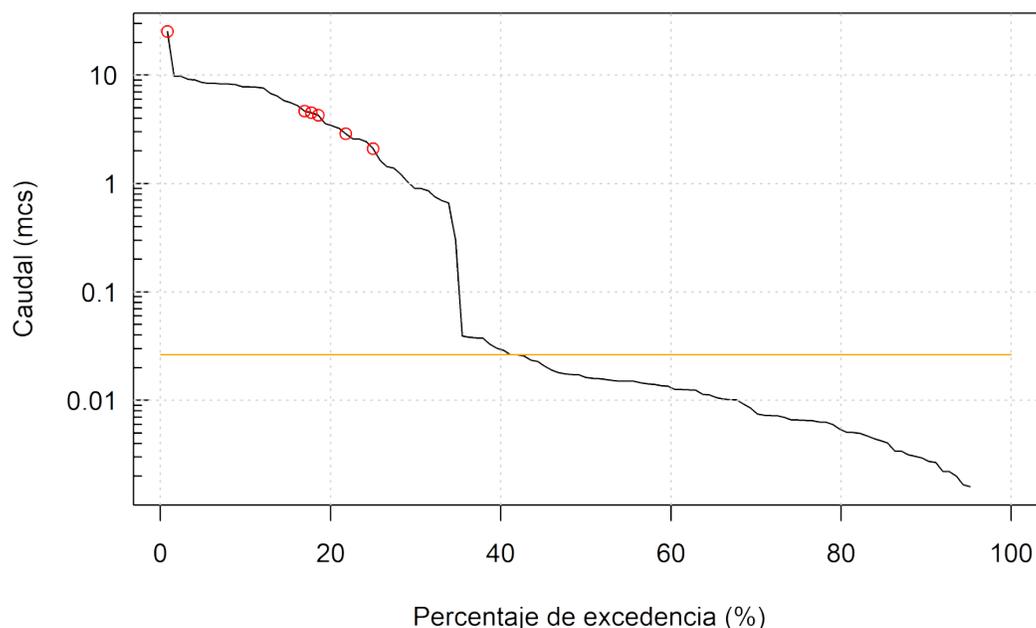


Figura 12. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en el punto de monitoreo La Regadera, río Tunjuelo

En el Tramo II, los puntos de monitoreo corresponden a Yomasa y Doña Juana, en los cuales para el periodo analizado 2020-II y 2021-II se obtuvieron 114 datos validados, que cumplen en todos los casos, los objetivos de calidad, por lo cual el índice de calidad hídrica WQI para este tramo tiene un valor de 100 y una categoría de **[Excelente]** (Tabla 14). El comportamiento presentado difiere significativamente de lo evaluado durante el año 2020, toda vez que durante dicho periodo el cuerpo de agua presentó un WQI de 70 y una categoría de **[Aceptable]**, donde cinco de los diez determinantes evaluados presentaron registros que superaban el objetivo de calidad. Si bien históricamente se han reportado en el Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá -Orarbo- valores de WQI por encima de 80, como ocurrió para los años

2013 y 2016, es la primera vez que se tiene un valor del índice igual a 100. Lo anterior como consecuencia del incremento de caudales derivado de la apertura de las compuertas en el embalse de La Regadera que genera menores concentraciones en los puntos Yomasa y Doña Juana. Esta condición se refleja en los caudales determinados durante el periodo 2020-II y 2021-II que fueron superiores a la mediana histórica (2 veces o más, línea de color amarillo) en ambos PM y que por lo general se presentan en menos del 30 % de las veces que se ha medido caudal en el tramo II (Figura 13).

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
DBO ₅	0	0	F1	0.00
DQO	0	0	F2	0.00
SST	0	0	nse	0.00
GyA	0	0	F3	0.00
SAAM	0	0	WQI	100.00
Fósforo Total	0	0		
Coliformes fecales	0	0		
Nitrógeno Total	0	0		
pH	0	0		
OD	0	0		

Tabla 14. Río Tunjuelo WQI – Tramo II

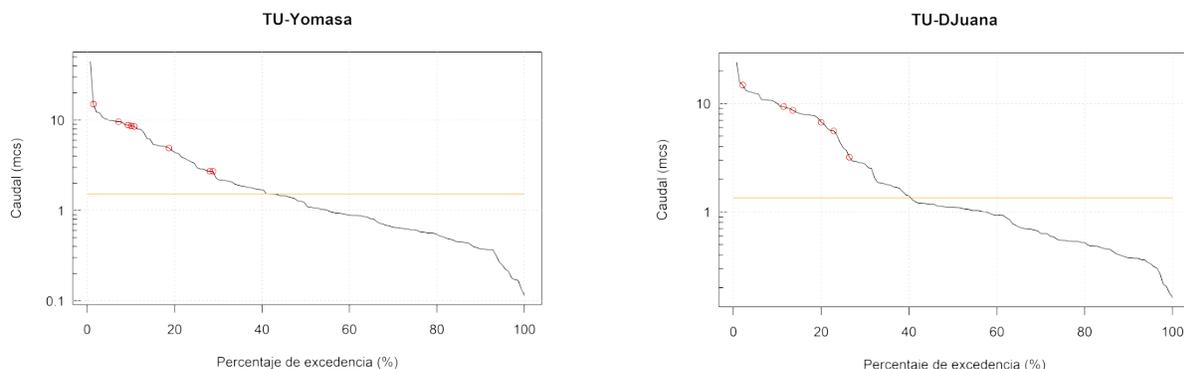


Figura 13. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en los PM Yomasa (Izq.) y Doña Juana (Der.), río Tunjuelo

En el tramo III, se encuentran los puntos de monitoreo Doña Juana, Barrio México, San Benito y Makro Autopista Sur. Como resultado del proceso de detección de datos atípicos se determinaron como válidos 223 datos, de los cuales 3 datos no alcanzaron el valor establecido como OC, lo que corresponde al 12.5%. destacándose que únicamente el oxígeno disuelto presenta valores por fuera de lo establecido en los OC (Figura 16).

Respecto al aporte en el incumplimiento de los OC de cada uno de los PM se tiene que para el punto de Barrio México un sólo dato incumplió, lo que corresponde a un 4.17 %, mientras que para el punto de San Benito 2 datos fueron inferiores a la concentración objetivo para el Oxígeno disuelto que representa el 8.33 % de aporte en el incumplimiento.

Por lo expuesto, la clasificación del índice WQI para el periodo analizado (2020-II y 2021-II) es **[Buena]**, variando considerablemente del cálculo realizado para el periodo anterior (2019-2020) el cual fue **[Marginal]**. La mejora en la clasificación del índice no obedece a una reducción en las concentraciones debido a la eliminación de puntos de vertimiento, la razón que ha repercutido en el cumplimiento de los objetivos de calidad es el incremento de los caudales asociado a la apertura de las compuertas del embalse La Regadera. Al respecto la Figura 14 permite evidenciar

que los caudales del periodo de evaluación del WQI (puntos rojos) están por encima de la mediana histórica (línea amarilla) en los puntos que conforman el tramo III. Además, cabe resaltar que parte del efecto generado por el embalse es removido o amortiguado por el sector del parque minero de Tunjuelito o la zona (cuenca media) donde el río se desbordó y que en consecuencia cambio la morfometría de este sector del río. Allí los flujos se volvieron más lentos, es decir mayores tiempos de retención hidráulica, pero sin embargo la condición de incremento de los caudales es evidente e incluso próxima al máximo histórico reportado.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
DBO ₅	0	0	F1	10.00
DQO	0	0	F2	1.35
SST	0	0	nse	0.00
GyA	0	0	F3	0.29
SAAM	0	0	WQI	94.17
Fósforo Total	0	0		
Coliformes fecales	0	0		
Nitrógeno Total	0	0		
pH	0	0		
OD	3	12.5		

Tabla 15. Río Tunjuelo WQI – Tramo III

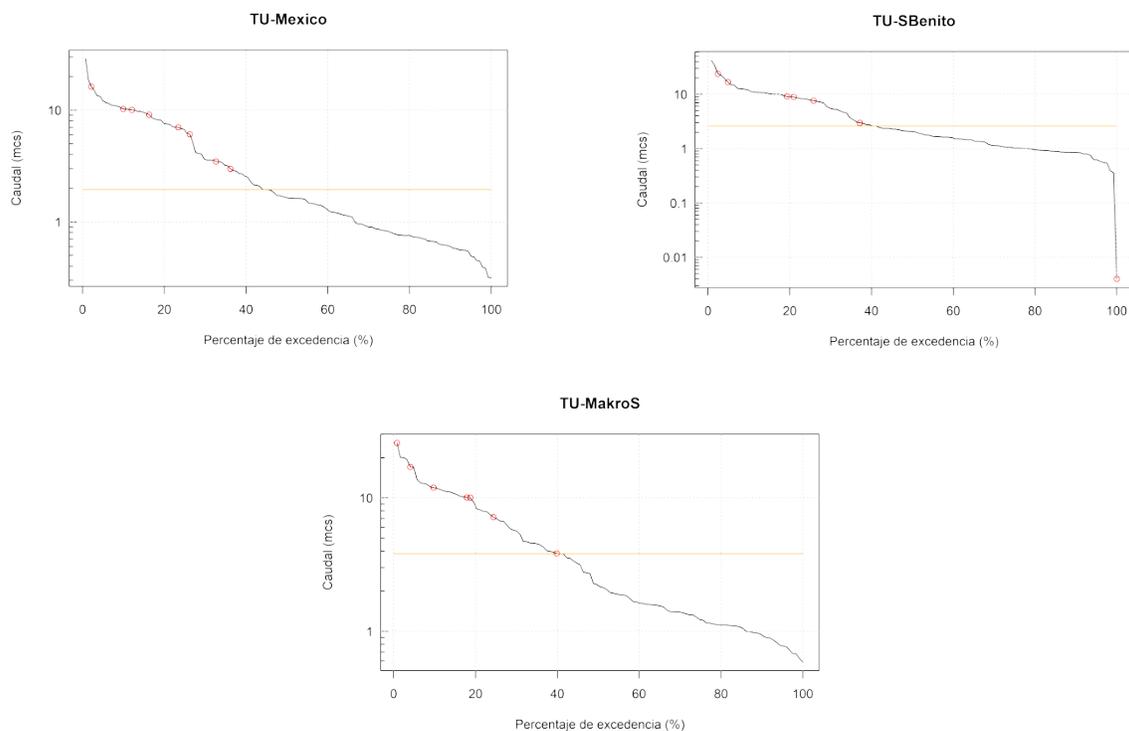


Figura 14. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en los PM Barrio México (Izq.-Arriba), San Benito (Der.-Arriba) y Makro Autopista Sur (Abajo), río Tunjuelo

El tramo IV está conformado por cuatro puntos de monitoreo [Makro Autopista Sur, Transversal 86, CAI Antonia Santos e Isla Pontón San José], la evaluación de los resultados obtenidos permite establecer que para el periodo 2020 la calidad del río fue **[Marginal]**, mientras que para la evaluación del periodo 2020-II y 2021-II es **[Buena]**. De los datos analizados se establecieron 14 como atípicos y 245 como datos validados, de los cuales 14 datos [5.71 %] excedieron el valor objetivo (ver Figura 17 y Tabla 15). En este tramo los determinantes que incumplen con los objetivos de calidad son: SAAM, coliformes fecales y OD, lo anterior asociado a los vertimientos procedentes de la red de alcantarillado público de la ciudad que se realizan en este último tramo como es el caso del interceptor Tunjuelo Medio.

Tal como se estableció para el tramo III del río Tunjuelo históricamente, en el tramo IV nunca se había reportado un valor del WQI en una categoría superior a marginal. El máximo valor reportado se obtuvo en el año 2017 cuando el índice fue de 53. Aquí el efecto del embalse tiende a ser menos evidente a medida que río llega a su desembocadura en el río Bogotá, como se puede observar en la Figura 15, pero aun así, es absolutamente claro que en la mayoría de los PM para el periodo objeto de análisis los caudales están por encima de la mediana histórica (línea amarilla), lo cual tal como se mencionó anteriormente genera una mayor capacidad de asimilación del río y con esto una disminución en las concentraciones para los determinantes evaluados en el tramo IV.

Determinante de la calidad	No. datos que no cumplen el OC	% de datos que no Cumplen el OC	Variables	Valor
DBO ₅	0	0	F1	30.00
DQO	0	0	F2	5.71
SST	0	0	nse	0.01
GyA	0	0	F3	1.26
SAAM	4	16.00	WQI	82.35
Fósforo Total	0	0		
Coliformes fecales	6	26.09		
Nitrógeno Total	0	0		
pH	0	0		
OD	4	15.38		

Tabla 16. Río Tunjuelo WQI – Tramo IV

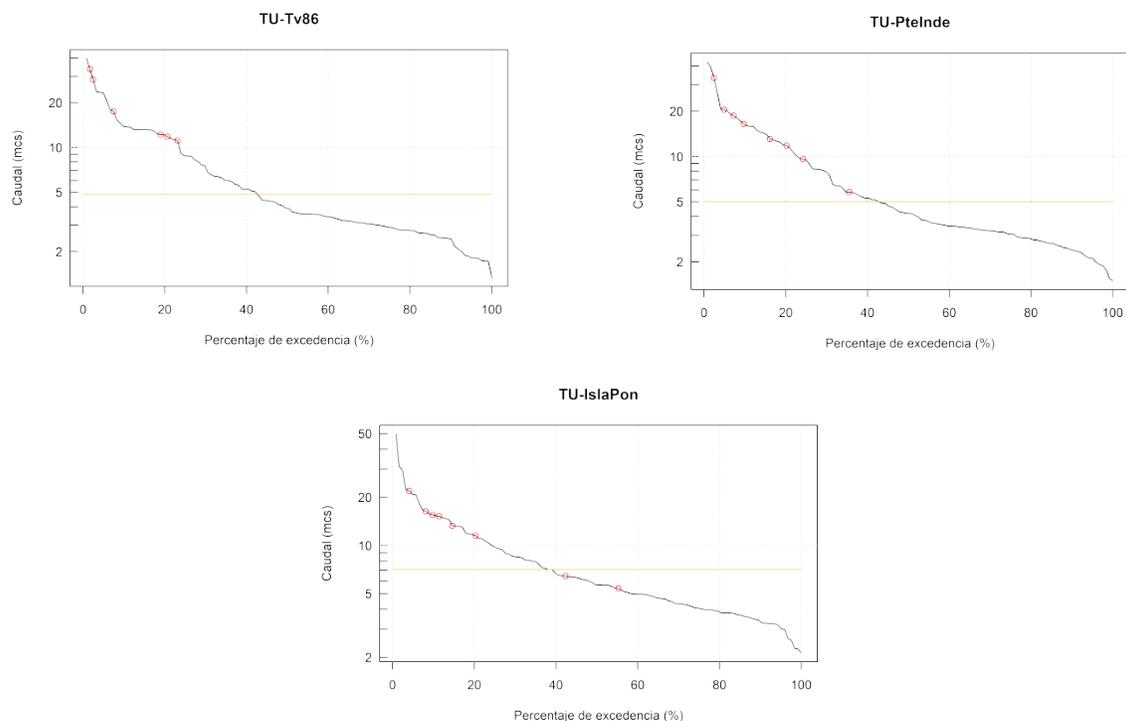


Figura 15. Curva de excedencia de caudales desde el año 2009 al 2020 en los PM Transversal 86 (Izq.-Arriba), Puente Independencia (Der.-Arriba) e Isla Pontón (Abajo), río Tunjuelo

Como se puede observar en la Figura 16 los tramos I y IV presentaron mayores porcentajes de incumplimiento de los objetivos de calidad, en el primer caso relacionado con los SST (100 %) y en el segundo con los porcentajes obtenidos para las determinantes SAAM (16.00 %), coliformes fecales (26.09 %), oxígeno disuelto (15.38 %). En menor proporción encontramos para el tramo III que el 12.5 % de los datos evaluados incumplen el objetivo de calidad para OD. Contrario a lo obtenido en el tramo II en el cual la totalidad de determinantes cumplen con los objetivos de calidad.

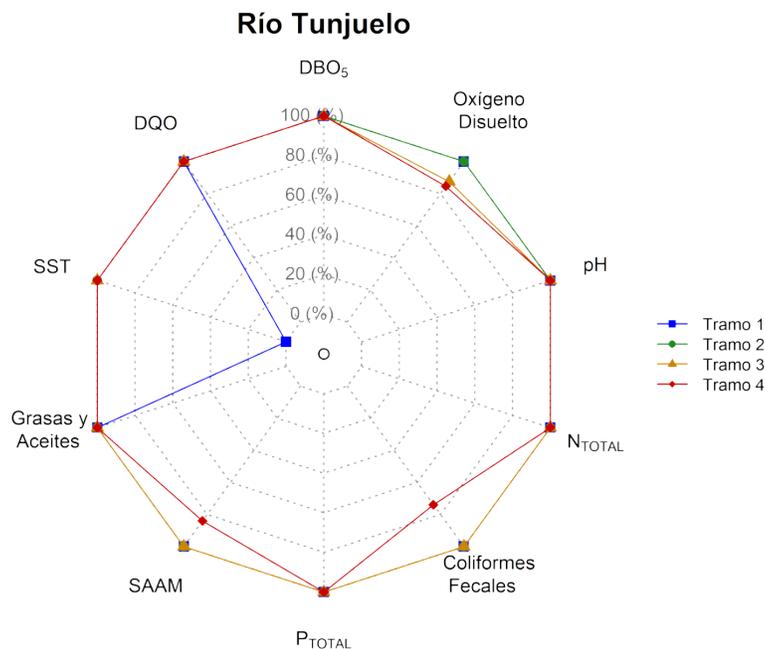


Figura 16. Porcentaje de cumplimiento de los objetivos de calidad por determinante de la calidad del agua y tramo del río Tunjuelo

A continuación, se presentan los mapas del índice WQI para los tramos del río Tunjuelo correspondiente al periodo 2020-II a 2021-II (Figura 17) y el valor promedio del índice correspondiente al periodo 2014-2019 (Figura 18). Al comparar ambos mapas, se evidencia la influencia que el caudal tiene sobre la dinámica de la calidad del agua como consecuencia de la regulación que se lleva a cabo en el embalse La Regadera. Para el periodo evaluado en el presente informe la regulación generó una reducción de las concentraciones de los determinantes que transporta el río y se refleja en las magnitudes y categorías superiores del WQI con respecto a los valores históricos.

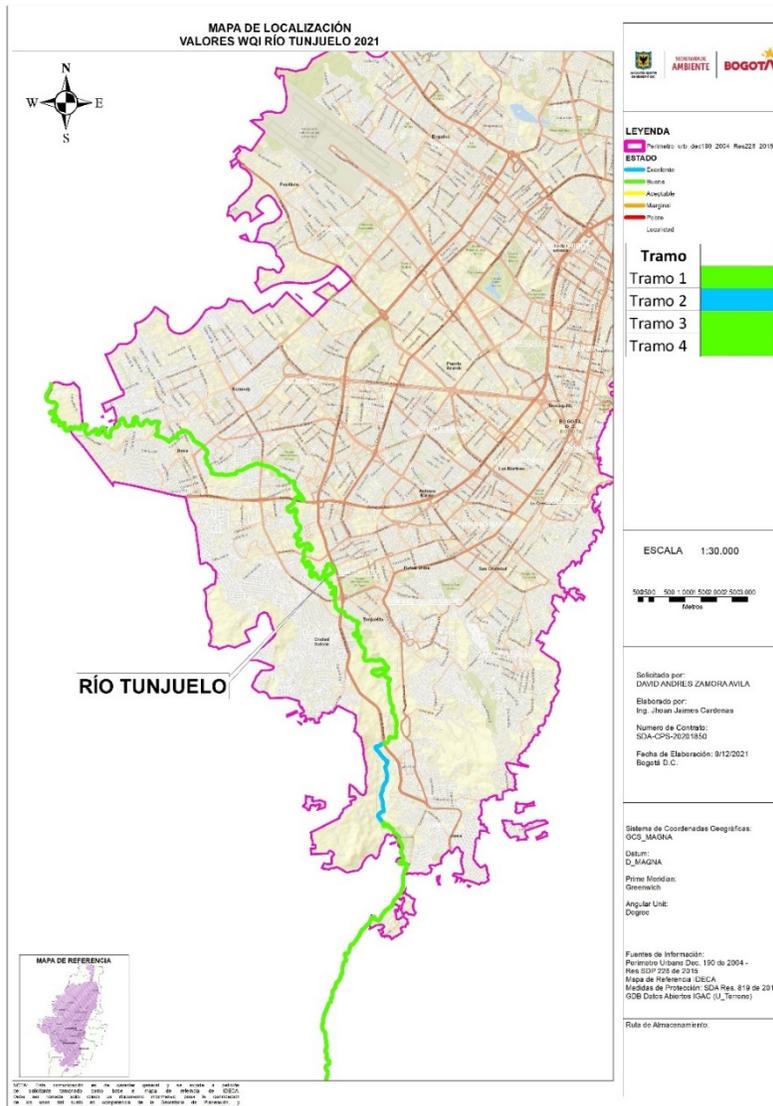


Figura 17. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) en el río Tunjuelo

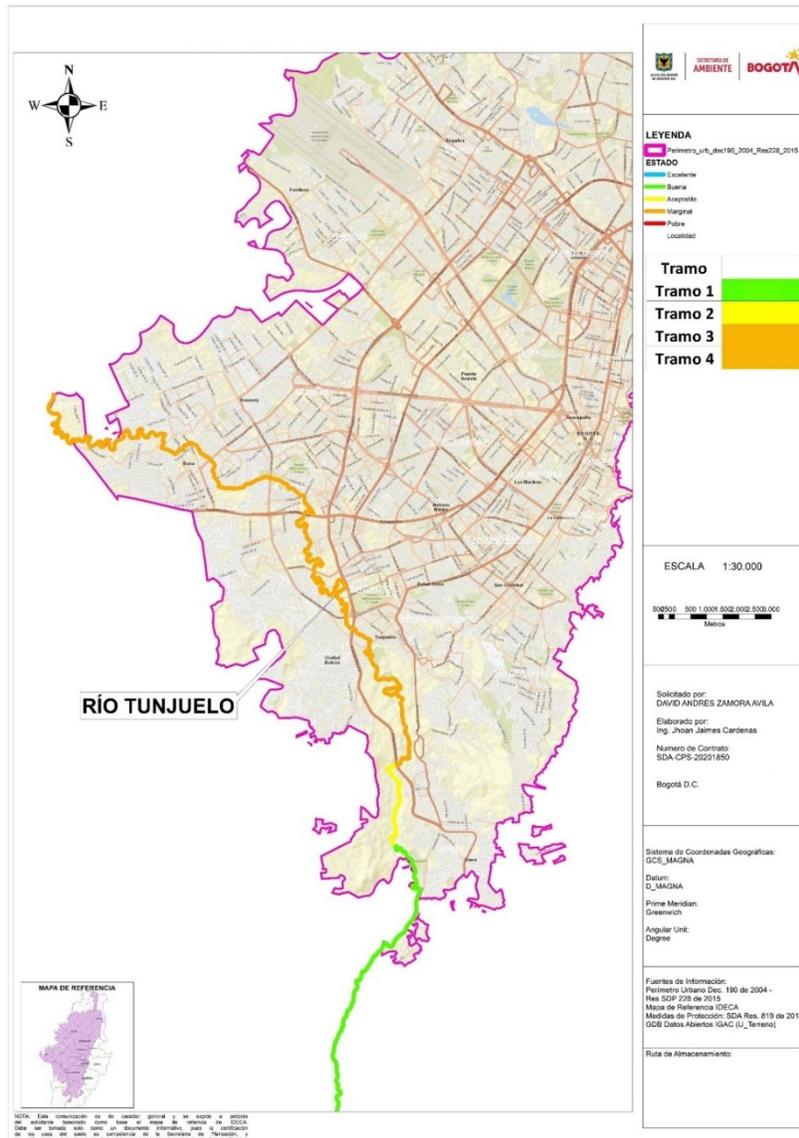


Figura 18. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) promedio en el río Tunjuelo para el periodo 2014-2019

2.5 EVOLUCIÓN DEL WQI EN EL PERIODO 2014 A 2021

Es importante determinar la longitud de las zonas de los ríos que presentan condiciones iguales o superiores a un estado Aceptable (≥ 65) según la evolución del WQI en los puntos de la RCHB. Es así que conforme con el Acuerdo 761 de 2020 por el cual se adopta el Plan de Desarrollo Económico, Social, Ambiental y de Obras Públicas del Distrito Capital 2020-2024 “*Un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI*”, se planteó la meta sectorial “*Ejecutar un (1) programa de monitoreo, evaluación, control y seguimiento ambiental al recurso hídrico y sus factores de impacto en el Distrito Capital*”, cuyo cumplimiento está bajo la responsabilidad de la Secretaría Distrital de Ambiente -SDA- y de manera particular en la Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo –SRHS.

Para cumplir con dicho plan, se formuló el proyecto de inversión 7789 “*Diseño, formulación e implementación de un programa de monitoreo, evaluación, control y seguimiento sobre el Recurso Hídrico del Distrito Capital Bogotá*” con el cual se pretende, desarrollar una herramienta para identificar las variables que generan contaminación y afectación a las fuentes hídricas que permita planificar y orientar acciones en el marco de la gestión integral del recurso hídrico, fortaleciendo los procesos de evaluación, control y seguimiento como un ejercicio dinámico por medio de la intervención sistemática sobre los factores de impacto al recurso.

La ejecución de las actividades de monitoreo, evaluación, control y seguimiento ambiental como un sistema articulado, consolidado e integral, trae como consecuencia una planificación adecuada para la asignación de recursos humanos, técnicos y financieros con el fin de garantizar una mejor calidad del recurso hídrico subterráneo y superficial, que redundará en un beneficio ambiental para la ciudad de Bogotá y el aporte a la construcción de una ciudad más cuidadora, incluyente, consciente y sostenible.

De acuerdo con lo expuesto y con el fin de cuantificar la mejora de la calidad del agua se planteó como indicador de seguimiento lograr 41 kilómetros de ríos urbanos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente, que permitirá realizar una evaluación periódica del programa de monitoreo, evaluación, control y seguimiento del recurso hídrico del Distrito capital y sus factores de impacto.

A continuación, se muestra en la Tabla 17 y Figura 17, para el actual periodo (2020-II y 2021-II) el número de kilómetros de río en cada una de las categorías del WQI.

Clasificación WQI	Long. de los ríos [km] clasificada por WQI							
	2014-2015	2015-2016	2016-2017	2017-2018	2018-2019	2019-2020	2020	2020-2021
EXCELENTE	0.00	3.62	5.96	5.96	5.96	2.31	2.31	0.00
BUENA	11.55	20.60	14.16	7.05	16.90	20.55	10.70	15.75
ACEPTABLE	8.56	0.00	6.84	13.94	0.00	4.10	13.94	11.20
MARGINAL	2.70	19.59	52.26	2.70	42.20	43.84	49.73	57.29
POBRE	61.43	40.43	5.03	54.59	19.18	13.45	7.56	0.00

Tabla 17. Longitud de los ríos de la RCHB clasificadas por WQI desde 2011 a 2021

Es preciso mencionar que en la sumatoria de kilómetros de río por cada categoría del WQI relacionada en la Tabla 17 no es procedente incluir la longitud de los tramos II, III y IV del río Tunjuelo (longitud total = 32.65 km), en las categorías determinadas en el presente informe. Lo anterior teniendo en cuenta el análisis desarrollado en el numeral 2.4 que se realizó con el objeto de evaluar la incidencia que tiene la variación particular asociada con la regulación del caudal por la operación del embalse La Regadera en la calidad del río Tunjuelo, por medio de curvas de excedencia de caudales, con lo cual fue posible establecer que, durante el periodo de evaluación la regulación del embalse La Regadera generó un incremento del caudal que estuvo caracterizado por tener baja probabilidad de excedencia, es decir magnitudes altas y poco recurrentes que se observó desde la parte alta hasta su desembocadura en el río Bogotá. Esta condición implica que predominen procesos de dilución que se reflejan en la disminución de las concentraciones de los

diez determinantes evaluados y por ende en el cumplimiento de los objetivos de calidad. Es decir que el WQI en categoría [Excelente] y [Buena] de los tramos II, y III y IV del río Tunjuelo, respectivamente, son producto de una condición hidráulica predominante en las jornadas de monitoreo realizadas mas no se relacionan con una real mejora de la calidad del río debido al desarrollo de acciones tendientes al saneamiento.

Por consiguiente, para efectos de la cuantificación del indicador de kilómetros de río, así como para los reportes del WQI, en los tramos II, III y IV del río Tunjuelo se tendrá en cuenta la categoría de los periodos 2019 y 2020 que se ha mantenido constante y es consecuente con las condiciones de calidad del río Tunjuelo.

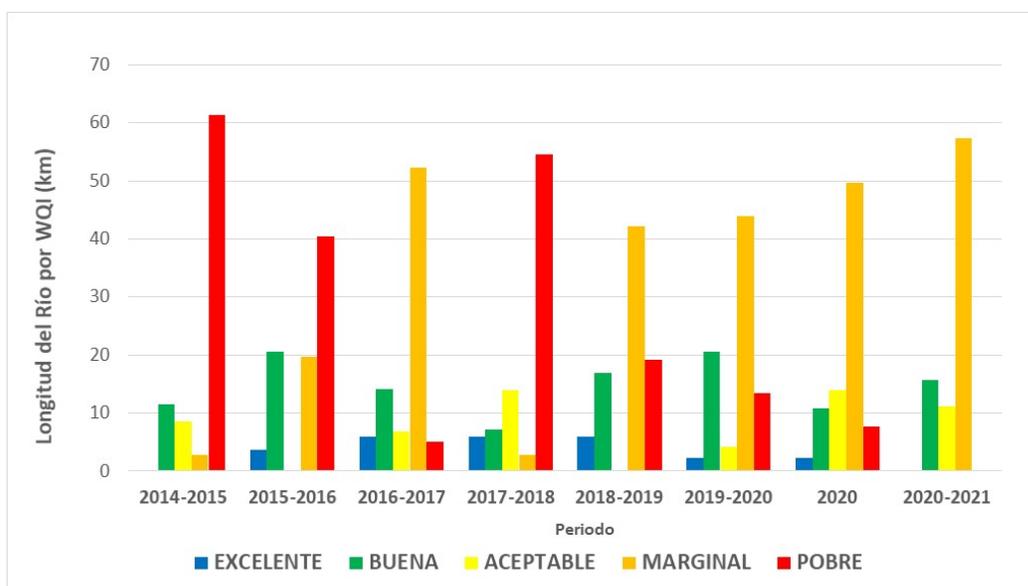


Figura 19. Evolución temporal de ríos urbanos por categoría de calidad de agua

En cuanto al indicador “Número de Kilómetros de ríos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente”, se tiene que para el periodo 2020-II-2021-II la longitud de kilómetros río con

valores de WQI superiores o iguales a 65 unidades se mantuvo en la misma cantidad, es decir 26.95 km. Con respecto al periodo establecido como línea base se mantiene el incremento de 4.1 km reportado en el 2020.

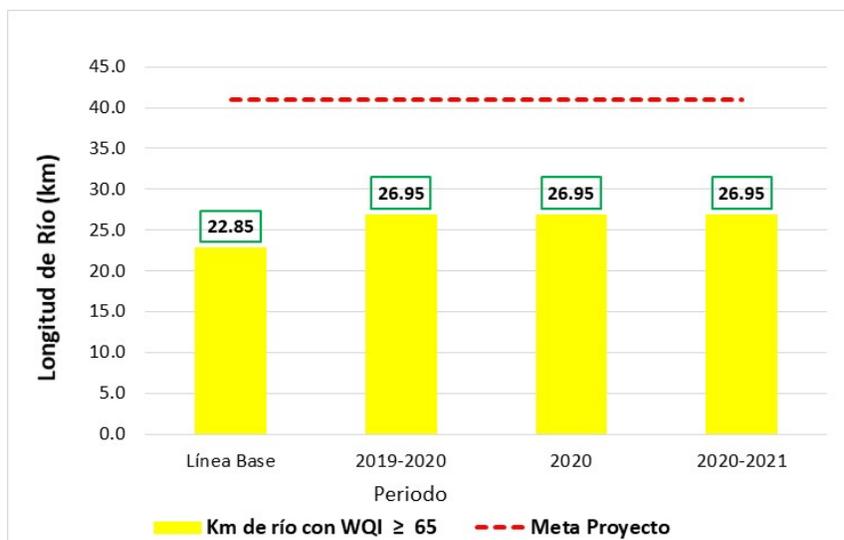


Figura 20. Evolución temporal del Indicador: kilómetros de ríos urbanos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente WQI \geq 65

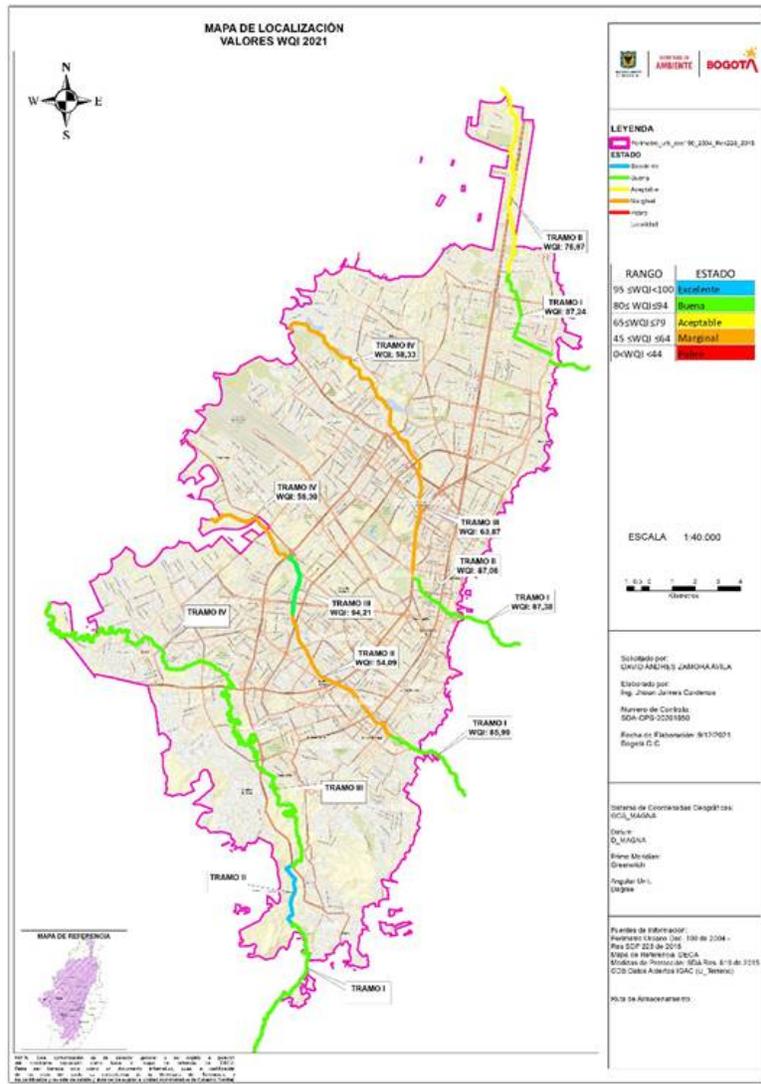


Figura 21. Mapa del índice de calidad hídrica (WQI) de los principales ríos de la Ciudad

3 CONCLUSIONES

La calidad del río Torca estuvo entre [Buena] y [Aceptable] a lo largo de su recorrido por la ciudad. En el primer tramo se evidenció que el Ptotal y Ntotal estuvieron por encima de los OC y afectaron la calidad del agua durante el periodo evaluado (2020-II y 2021-II). Para el tramo dos los determinantes GyA y SAAM para el punto de la Calle 161 y coliformes fecales y Oxígeno disuelto, en el punto de Jardines de Paz superaron el valor establecido como objetivo de calidad, estos determinantes se asocian con la descarga de aguas residuales domésticas generadas por la problemática de conexiones erradas presentes en el área aferente al canal, lo que aporta alto contenido de materia orgánica, grasas y aceites y detergentes, que repercute en la disminución de la concentración de Oxígeno disuelto. Comparando los resultados actuales con lo establecido en el periodo 2020 se puede establecer que la calidad del agua en los tramos evaluados se mantiene constante.

Con respecto al río Salitre, la variación en la calidad del río se dio a partir del primer tramo en donde el WQI redujo su valor 5 unidades con respecto al periodo anterior, pero mantuvo su clasificación en [Buena]. Respecto al tramo II la clasificación del índice bajó a [Buena], ya que se encontraba en categoría [Excelente] en el periodo 2020. Mientras que en los tramos III y IV se la magnitud del índice se mantuvo casi invariable en categoría [Marginal].

La calidad del agua del primer tramo del río Fucha se mantuvo en [Buena], como consecuencia del incumplimiento de los OC de los determinantes Ntotal y SST. En el tramo II la calidad del agua varía significativamente desde el punto Carrera Séptima debido a la descarga de vertimientos, en su mayoría, de aguas residuales procedentes de las estructuras de alivio del sistema de alcantarillado combinado de la ciudad, sin embargo, hubo un incremento en la magnitud del WQI que se reflejó en el cambio de categoría de [Pobre] a [Marginal] con respecto al periodo 2020. El cambio más importante se presentó en el tramo III, ya que pasó de una categoría [Aceptable] a

Página 53 de 56

[Buena], presentando solamente un incumplimiento en la concentración objetivo para el determinante de SST. Con respecto al tramo IV se mantuvo su clasificación en [Marginal] en relación con el valor reportado para el periodo 2020, pero con un incremento de 8 unidades en la magnitud del índice.

Para el río Tunjuelo la calidad del agua en el tramo I se mantiene, toda vez que su clasificación es [Buena], respecto al periodo anterior se evidencia un aumento en el valor de WQI obtenido, pasando de 85.26 a 91.76, esto asociado al cumplimiento de los OC del parámetro Ntotal, que a su vez dependen del cierre y apertura de las compuertas del embalse La Regadera.

De este punto en adelante se evidencia un cambio significativo en las magnitudes y categorías del WQI con respecto a los valores históricos, sin embargo con base en el análisis desarrollado por medio de curvas de excedencia de caudales, fue posible establecer que, durante el periodo de evaluación la regulación del embalse La Regadera generó un incremento del caudal que estuvo caracterizado por tener baja probabilidad de excedencia, es decir magnitudes altas y poco recurrentes que se observó desde la parte alta hasta su desembocadura en el río Bogotá. Esta condición implica que predominen procesos de dilución que se reflejan en la disminución de las concentraciones de los diez determinantes evaluados y por ende en el cumplimiento de los objetivos de calidad. Es decir que el WQI en categoría [Excelente] y [Buena] de los tramos II, y III y IV del río Tunjuelo, respectivamente, son producto de una condición hidráulica predominante en las jornadas de monitoreo desarrolladas mas no se relacionan con una real mejora de la calidad del río. Por consiguiente, para efectos de los reportes del WQI, en los tramos II, III y IV del río Tunjuelo se tendrá en cuenta la categoría de los periodos 2019 y 2020 que se ha mantenido constante y es consecuente con las condiciones de calidad del río Tunjuelo.

4 REFERENCIAS

Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., y Smyth, P. (1996) "Knowledge discovery and data mining: Towards a unifying framework" in Discovery and Data Mining. Portland, OR, Proc. 2nd Int. Conf. on Knowledge Discovery and Data Mining, 82–88.

Seo, S. (2006) A review and comparison of methods for detecting outliers in univariate data sets.

Acuña, E. y Rodríguez, C. (2004). On Detection Of Outliers And Their Effect In Supervised Classification.

Iglewicz B., and Hoaglin D. (1993). How to detect and handle outliers. ASQC Quality Press.

Chen M. S., Han J., y Yu P.S. (1996). "Data mining: an overview from a database perspective", IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering.



REINALDO GELVEZ GUTIERREZ
SUBDIRECCION DE RECURSO HIDRICO Y DEL SUELO

Anexos: RCHB-T 2020_II-2021_II.xlsx

Elaboró:

DAVID ANDRES ZAMORA AVILA	CPS:	CONTRATO SDA-CPS-20210849 DE 2021	FECHA EJECUCION:	21/12/2021
---------------------------	------	-----------------------------------	------------------	------------

Revisó:

DAVID ANDRES ZAMORA AVILA	CPS:	CONTRATO SDA-CPS-20210849 DE 2021	FECHA EJECUCION:	28/12/2021
---------------------------	------	-----------------------------------	------------------	------------

DAVID FELIPE PEREZ SERNA	CPS:	CONTRATO SDA-CPS-20210548 DE 2021	FECHA EJECUCION:	29/12/2021
--------------------------	------	-----------------------------------	------------------	------------



SECRETARÍA DE AMBIENTE

DAVID FELIPE PEREZ SERNA

CPS:

CONTRATO SDA-CPS-
20210548 DE 2021

FECHA EJECUCION:

28/12/2021

Aprobó:
Firmó:

REINALDO GELVEZ GUTIERREZ

CPS:

FUNCIONARIO

FECHA EJECUCION:

29/12/2021