

SECRETARIA DISTRITAL DE AMBIENTE

Informe Técnico No. 07901, 27 de diciembre del 2023

**ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, WQI, EN LOS TRAMOS DE LA  
RED DE CALIDAD HÍDRICA DE BOGOTÁ-TRADICIONAL PARA EL  
PERIODO 2022-2023**



La Regadera, río Tunjuelo

**2023**

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE  
SUBDIRECCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO Y DEL SUELO  
**Grupo: Recurso Hídrico Superficial**

**INFORME TÉCNICO:  
ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, WQI, EN LOS TRAMOS DE LA RED DE CALIDAD  
HÍDRICA DE BOGOTÁ-TRADICIONAL PARA PERIODO EL 2022-2023**

**ELABORÓ:**

**HARRISON RINCÓN**  
Profesional Técnico de Apoyo

**ELABORÓ Y REVISÓ:**

**DAVID FELIPE PÉREZ SERNA**

Grupo Recurso Hídrico Superficial

**APROBÓ**

**RODRIGO ALBERTO MANRIQUE FORERO**

Subdirector del Recurso Hídrico y del Suelo (E)

Página 2 de 38

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>8</b>
1.1	MONITOREOS DE LA CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA EN LOS PUNTOS DE LA RCHB.....	8
1.2	Índice de calidad del agua – WQI .....	11
<b>2</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	<b>13</b>
2.1	CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	13
2.2	EVALUACIÓN DEL WQI PARA EL PERIODO 2022-2023 .....	17
2.3	EVALUACIÓN DEL INCUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD.....	17
2.4	RESULTADOS DEL WQI PARA TODOS LOS TRAMOS DE LA RCHB-T .....	21
2.5	DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL WQI EN LA RCHB-T .....	26
2.6	EVOLUCIÓN DEL WQI EN EL PERIODO 2014 A 2023 .....	31
<b>3</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>34</b>
<b>4</b>	<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>38</b>

## ÍNDICE DE TABLAS SIGLAS, ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

DBO <sub>5</sub>	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
L/s	Litros por segundo
NT - NTotal	Nitrógeno Total (NT Kjeldahl + NO <sub>3</sub> + NO <sub>2</sub> )
OC	Objetivos de Calidad
OD	Oxígeno Disuelto
pH	Potencial de Hidrógeno
SST	Sólidos Suspendidos Totales
PT - PTotal	Fósforo Total
Col.Fec	Coliformes Fecales
GyA	Grasas y Aceites
SAAM	Sustancias activas al azul de metileno
PSMV	Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos
RCHB	Red de Calidad Hídrica de Bogotá
RCHB-T	Red de Calidad Hídrica de Bogotá Tradicional
SDA	Secretaría Distrital de Ambiente
PM	Punto de Monitoreo
TO-T1	Tramo 1 del río Torca
TO-T2	Tramo 2 del río Torca
SA-T1	Tramo 1 del río Salitre
SA-T2	Tramo 2 del río Salitre
SA-T3	Tramo 3 del río Salitre
SA-T4	Tramo 4 del río Salitre
FU-T1	Tramo 1 del río Fucha
FU-T2	Tramo 2 del río Fucha
FU-T3	Tramo 3 del río Fucha
FU-T4	Tramo 4 del río Fucha
TU-T1	Tramo 1 del río Tunjuelo
TU-T2	Tramo 2 del río Tunjuelo
TU-T3	Tramo 3 del río Tunjuelo
TU-T4	Tramo 4 del río Tunjuelo

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los determinantes de la calidad del agua medidos <i>in situ</i> y en laboratorio .....	8
Tabla 2. Categorización, clasificación y caracterización de los rangos del WQI .....	12
Tabla 3. Valores del WQI y sus factores .....	22
Tabla 4. Longitud de los ríos de la RCHB clasificadas por WQI desde 2014 a 2023.....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de los 30 puntos de monitoreo de la Red de Calidad Hídrica de Bogotá – Tradicional .....	9
Figura 2. Cantidad de monitoreos por tramo y el porcentaje monitoreos por río con respecto al total de la RCHB en el periodo 2022-2023.....	11
Figura 3. Porcentaje de datos clasificados como atípicos por cada determinante y tramo de los ríos de la RCHB.....	15
Figura 4. Cantidad de datos clasificados como válidos y frente al total de datos cada tramo de los ríos de la RCHB en el periodo 2022 II - 2023 I.....	17
Figura 5. Cantidad de datos que incumplieron los OC en el periodo 2022-2023 clasificados por tramo y porcentajes de incumplimiento de los OC para toda la RCHB.....	18
Figura 6. Clasificación de la longitud de los tramos de los ríos de la RCHB según su WQI para el periodo 2022-2023 .....	27
Figura 7. Distribución del WQI en los tramos de la RCHB-T para el periodo 2022-2023.....	30
Figura 8. Evolución temporal de ríos los urbanos por categoría de calidad de agua según el WQI.....	32
Figura 9. Evolución temporal del Indicador: kilómetros de ríos urbanos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente WQI $\geq$ 65 .....	33

## 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 acciones que adelanta la Subdirección del Recurso Hídrico y del Suelo, se puede destacar que en los últimos periodos ningún río presentó una categoría de calidad de agua Pobre ( $WQI < 45$ ), situación que históricamente nunca había sucedido, lo cual representa un esfuerzo significativo en el continuo desarrollo de actividades de evaluación, control y seguimiento sobre los factores de impacto ambiental derivados de las actividades que inciden sobre el recurso hídrico de la ciudad.

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 comprendida entre el segundo semestre del año 2022 y el primer semestre del 2023.



## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

En el presente 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 periodo 2022 - 2023 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 con número "ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA, WQI, EN LOS PUNTOS DE MONITOREO DE LA RED DE CALIDAD DE 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 aforo de caudal (Tabla 1) en cada uno de los treinta puntos de monitoreo, que se encuentran distribuidos de la siguiente manera: río Torca (4), río Salitre (6), río Fucha (8), río Tunjuelo (10), y río Bogotá (2) (ver Figura 1).

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

Monitoreo	Determinantes de la calidad del agua
Mediciones <i>in situ</i>	Caudal, pH, Temperatura, Conductividad y Oxígeno Disuelto.
En laboratorio	DBO, DQO, SST, Grasas y Aceites, Surfactantes Activos al Azul de Metileno (SAAM), PTotal, NTotal (Kjeldahl, Nitratos, Nitritos) y Coliformes Fecales.



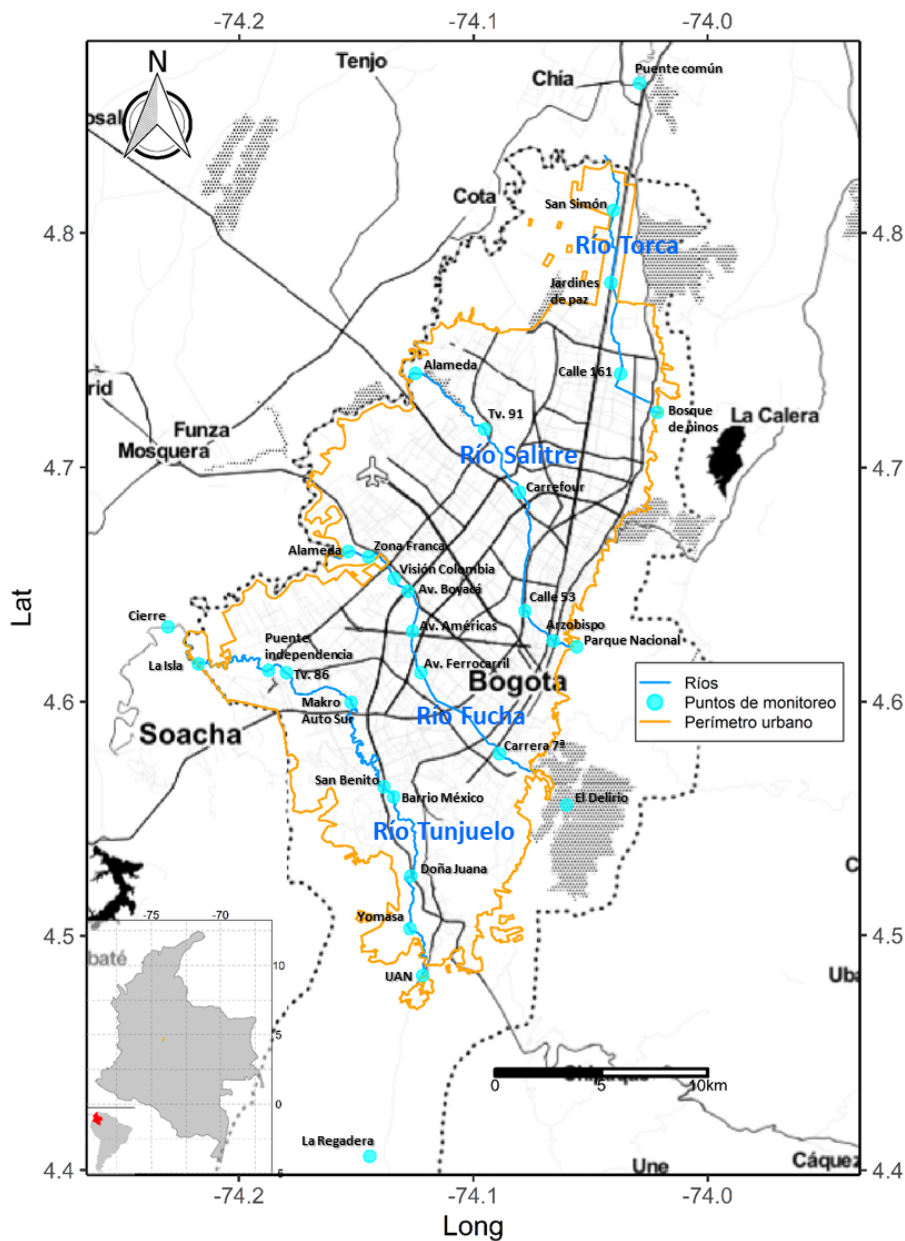


Figura 1. Distribución de los 30 puntos de monitoreo de la Red de Calidad Hídrica de Bogotá – Tradicional

Durante el segundo semestre de 2022 y el primer semestre del 2023, la SDA continuó ejecutando el contrato de prestación de servicios No. SDA – 20211379 de 2021 con la Unión Temporal UT PSL-ANQ, a través del cual, se llevó a cabo la recolección de muestras y análisis de laboratorio en los puntos de monitoreo de la RCHB, con el propósito de realizar un seguimiento periódico de la calidad y la cantidad del agua superficial de la ciudad. En el contexto de la ejecución de este contrato y específicamente en lo que respecta a la RCHB-T, se obtuvo un total de 383 monitoreos utilizados para el cálculo del índice de calidad de agua ejecutados entre el 5 de julio de 2022 y el 30 de junio de 2023.

Los monitoreos se encuentran distribuidos en los cuatro ríos que componen la RCHB-T. Para el periodo de análisis se evidencia que el río con un mayor porcentaje de monitoreos utilizados para el cálculo del índice de calidad de agua es el Tunjuelo con el 37 % (143), valor que es coherente, debido a que presenta la mayor cantidad de puntos de monitoreo dado a su extensión geográfica y dinámica hídrica. Le sigue el río Fucha y Salitre, que aportan cada uno el 25 % de los monitoreos utilizados para el cálculo del índice de calidad de agua, que equivale a 96 muestreos ejecutados para cada río. Por último, el río Torca aportó 48 monitoreos, que es equivalente al 13 % del total, dado a que es el cuerpo de agua con menor distancia y por ello cuenta con tan solo cuatro estaciones de monitoreo.

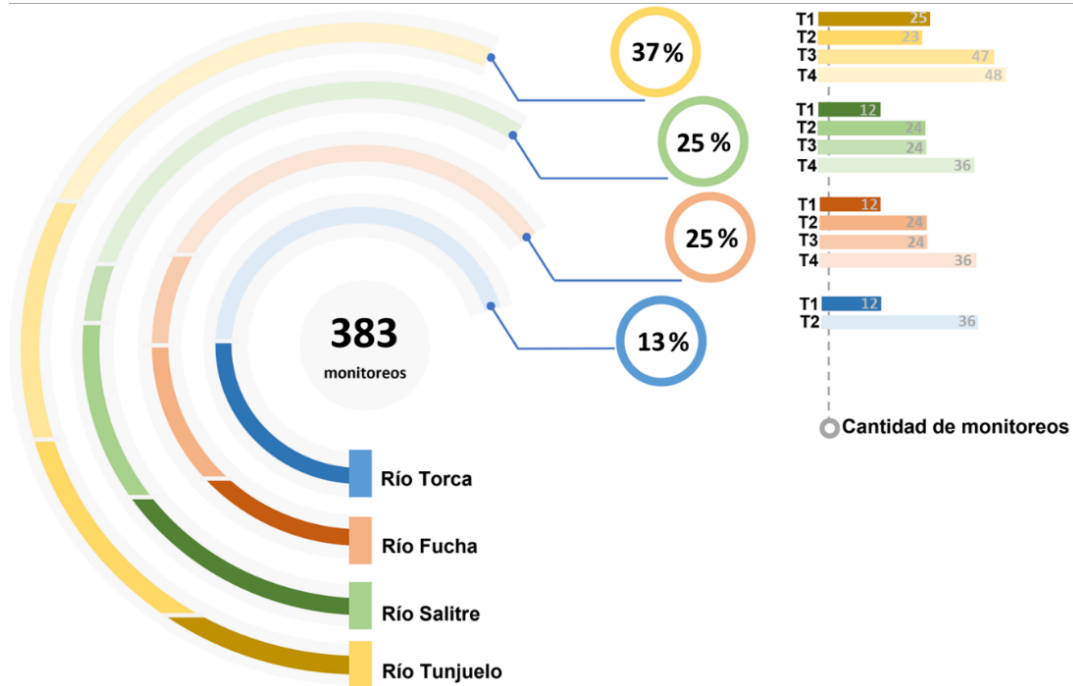


Figura 2. Cantidad de monitoreos por tramo y el porcentaje monitoreos por río con respecto al total de la RCHB en el periodo 2022-2023

## 1.2 Índice de calidad del agua – WQI

Los índices de calidad del agua integran múltiples datos que se recopilan de determinados parámetros de calidad de agua dentro de una ecuación matemática la cual estima el estado del cuerpo de agua con un número que está dentro de una escala determinada de 0 a 100, que a su vez está dentro de una escala relativa que clasifica la calidad del agua desde pobre hasta excelente.

La administración de Bogotá adoptó como índice de calidad de agua el *WQI* (por sus siglas en inglés *Water Quality Index*), la cual tiene unos rangos numéricos y unas categorías según el número obtenido, la información base para el cálculo del índice son los monitoreos ejecutados durante el periodo.

De esta manera, el WQI determina de una forma aproximada el estado anual (junio a julio) de la calidad del recurso hídrico y con esto establecer las variaciones por tramos (espacial y temporal). Esta información es útil para planificar y ejecutar acciones prioritizadas que mitiguen los factores que impactan de forma negativa la calidad del recurso hídrico. El resultado del WQI se clasifica en las siguientes categorías (Tabla 2):

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

Categoría	Valor WQI	Descripción
<b>Excelente</b>	<b>[95 &lt;WQI&lt;100]</b>	Calidad del agua cumple los objetivos de calidad, la calidad está protegida sin que las condiciones deseables estén amenazadas
<b>Buena</b>	<b>[80 &lt;WQI&lt; 94]</b>	Calidad del agua cumple los objetivos, la calidad está protegida en un menor nivel, sin embargo, las condiciones deseables pueden estar amenazadas
<b>Aceptable</b>	<b>[65&lt;WQI&lt;79]</b>	Calidad del agua no cumple los objetivos y ocasionalmente las condiciones deseables están amenazadas
<b>Marginal</b>	<b>[45 &lt;WQI &lt;64]</b>	Calidad del agua no cumple los objetivos y frecuentemente las condiciones deseables están amenazadas
<b>Pobre</b>	<b>[0 &lt;WQI &lt;44]</b>	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

## 2 RESULTADOS

---

A continuación, se presentan los análisis obtenidos, iniciando con la validación de los datos recopilados durante el período evaluado con el fin de verificar la integridad de la información recolectada. Posteriormente, se evalúan los resultados del índice de calidad de los tramos que conforman los principales ríos, por medio de los datos obtenidos del periodo 2022 - 2023, los cuales se sintetizan mediante diversas representaciones gráficas, lo que facilita la comprensión y la visualización de los datos obtenidos.

### 2.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la determinación del índice de calidad es necesario la depuración de valores atípicos con el fin de garantizar la precisión, integridad y utilidad de los resultados, dado que pueden influir significativamente en la clasificación general de la calidad del agua, lo que podría llevar a evaluaciones inexactas o sesgadas. En el mapa de calor (Figura 3) se muestran los porcentajes de datos atípicos por tramo por cada uno de los diez (10) determinantes evaluados. Los siguientes son los principales hallazgos:

- El determinante que presenta el mayor porcentaje de datos atípicos es el de Col.Fec en toda la RCHB. En concreto, diez tramos presentan un porcentaje de valores atípicos que supera el 10 %. Por otro lado, los tramos que muestran la menor incidencia de valores atípicos corresponden al SA-T2, SA-T3, SA-T4 y al FU-T4. Es necesario señalar que la sensibilidad de este determinante a los valores atípicos puede estar relacionada con condiciones específicas durante la toma y preservación de las muestras, así como con la variabilidad intrínseca en sus concentraciones, que dependen de la dinámica de las descargas de aguas residuales.
- Otro de los porcentajes más altos de valores atípicos se presenta en SAAM, ya que sus porcentajes se encuentran en el rango del 10 % al 20 % en siete tramos evaluados, siendo el FU-T1, TO-T1, TU-T1 y FU-T2 los más altos.
- Los determinantes OD y pH muestran la menor presencia de valores atípicos en los tramos evaluados. Es importante destacar que ambos determinantes exhiben la mayor cantidad de tramos sin datos atípicos, específicamente seis de los 14 tramos de la RCHB, sin embargo, el parámetro de OD obtuvo el porcentaje de atípicos más relevante respecto a los otros determinantes, con un valor de 33 % para el tramo TO-T1. Los tramos que no presentaron valores atípicos para OD se distribuyen de la siguiente forma: uno en el río

Página 13 de 38

Fucha (FU-T3) y Torca (TO-T2) y los cuatro del río Salitre. En cuanto al pH, los tramos sin datos atípicos se distribuyen en los ríos Fucha (FU-T1, FU-T2 y FU-T3) y Tunjuelo (TU-T1, TU-T3 y TU-T4). Además, es importante mencionar que, en el caso del pH, los tramos con datos atípicos no superan el 10 %, lo cual concuerda con el comportamiento del determinante DQO que es el tercero con menor presencia de valores atípicos.

- Los tramos iniciales de cada cuerpo de agua presentan porcentajes de valores atípicos significativamente más altos en comparación con los demás tramos evaluados en cada cuerpo de agua. Para el río Torca se puede observar que en su tramo inicial la DBO<sub>5</sub> registró un porcentaje considerablemente alto en este cuerpo de agua, llegando al 25 %. En lo que respecta a la zona alta del río Fucha, se observa que los principales determinantes en términos de porcentaje de atípicos son: Col.Fec, GyA, OD y SAAM. Es de precisar que el resultado de los parámetros SAAM y GyA en el tramo inicial del río Fucha (FU-T1) se posicionan en el segundo del porcentaje de atípicos más alto, entre todos los tramos evaluados en general, con un valor de 25% cada uno. En relación con la zona alta del río Salitre, los parámetros de SST, DBO<sub>5</sub> y Col.Fec presentaron los porcentajes más elevados de atípicos, alcanzando un 17 % cada uno. Mientras que para el río Tunjuelo el 25 % de los datos medidos para el determinante Col.Fec se consideró como atípico.
- El determinante Col.Fec presentó valores atípicos en la totalidad de los tramos evaluados, mientras que para GyA, SST, DBO<sub>5</sub>, PTotal y SAAM se obtuvieron concentraciones atípicas en más de once de los tramos objeto de análisis.

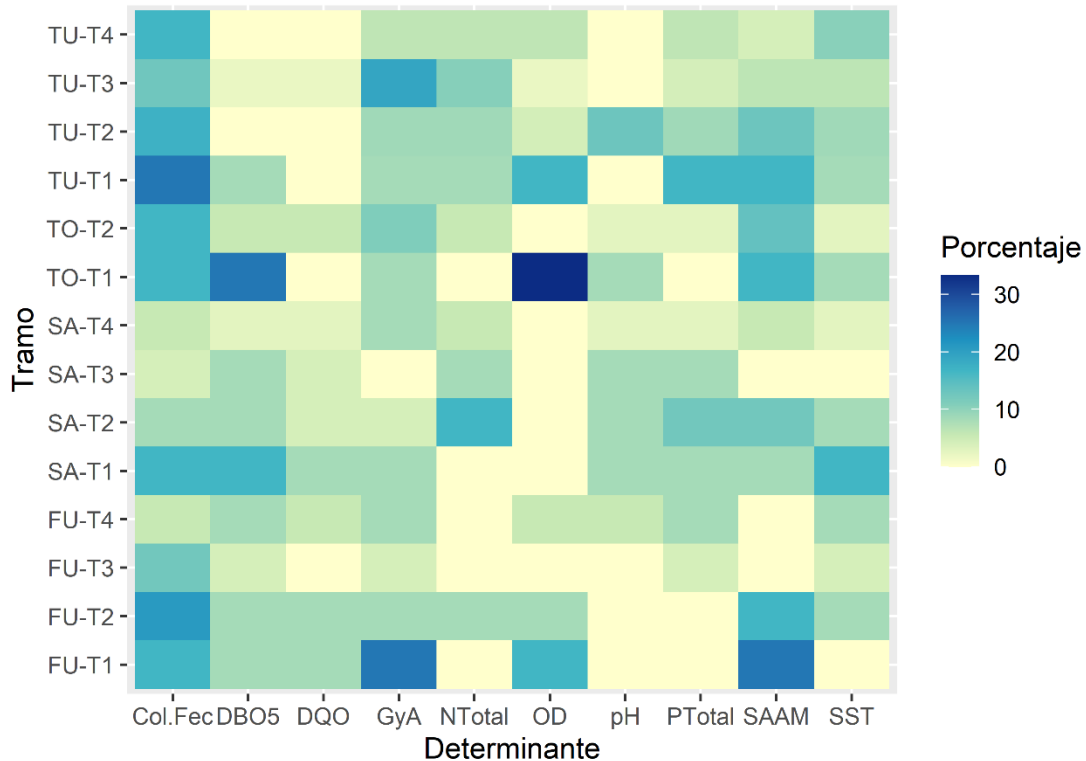


Figura 3. Porcentaje de datos clasificados como atípicos por cada determinante y tramo de los ríos de la RCHB

En la Figura 4, se presenta una comparación entre la cantidad de datos iniciales, que incluye los valores atípicos, representados por las barras horizontales de color gris, y el conjunto de datos finales o válidos obtenidos después de la depuración (sin atípicos), representados por las barras de colores (azul, verde, ocre y rojo).

En el caso del río Salitre, se destaca que el tramo SA-T2 registró la mayor cantidad de valores atípicos, con 20 registros de un total de 240 datos. Este valor coincide con el total de registros del tramo SA-T3, ya que ambos tramos están conformados por dos estaciones y comparten la estación Calle 53, aunque en este último se observaron sólo 11 datos atípicos. Por otro lado, el tramo SA-T4, a pesar de tener el mayor número de resultados (360), registró solo 14 valores atípicos, para un total de 346 datos validados.

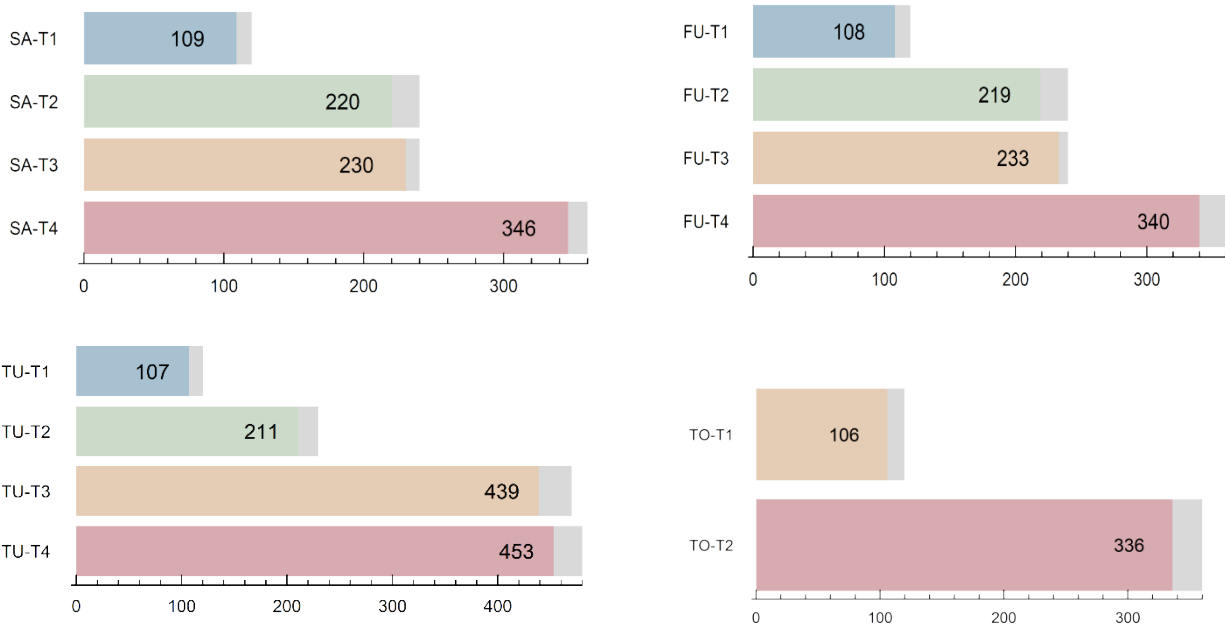


En el caso del río Fucha, se puede observar que en el tramo FU-T1, los datos atípicos representan el 10 % del conjunto inicial de datos, lo que equivale a 12 registros. Este tramo se destaca por tener la proporción más alta de datos atípicos en comparación con los otros tres tramos, considerando su cantidad total de datos, que es de 120. En cuanto a los otros tramos, el de menor porcentaje de datos atípicos es FU-T3, con solo el 3 % de la totalidad de los datos, lo que corresponde a 7 registros considerados como atípicos. Por otro lado, el tramo FU-T2 presentó 21 datos atípicos, lo que equivale al 9 %, siendo la cantidad máxima del río Fucha. En relación con el último tramo, se registra una cantidad de 20 datos considerados como atípicos que representan el 6 % de la totalidad de los datos considerados (360) con lo que se obtiene 340 registros validados.

En relación con río Tunjuelo, es importante destacar que en sus dos tramos iniciales se registraron los porcentajes más altos de datos atípicos. El tramo TU-T1 tuvo un total de 107 datos validados para el cálculo del indicador de los 120 obtenidos en los monitoreos desarrollados. Por su parte, el tramo TU-T2 presentó un 8 % de valores atípicos de los 230 datos considerados. No obstante, es relevante mencionar que estos dos tramos son los que tienen la menor cantidad de datos en este cuerpo de agua, ya que los demás tramos cuentan con un mayor número de registros. Respecto a los tramos TU-T3 y TU-T4, se obtuvo la mayor cantidad de datos atípicos en comparación a todos los tramos evaluados, con 31 y 27 registros respectivamente. Sin embargo, es importante señalar que esta cantidad de atípicos no superan el 8 % de los datos iniciales en ninguno de los dos tramos, considerando que el TU-T3 cuenta con 470 observaciones iniciales y el TU-T4 con 480.

Finalmente, se encontró para el río Torca los valores atípicos en los dos tramos que lo componen no superan el 13 % del conjunto de datos inicial de cada tramo. Se registraron 14 valores atípicos para el TO-T1 y 24 para el TO-T2 en relación con el total de datos iniciales de cada tramo, que era de 120 y 360 registros, respectivamente.

Luego de establecer el conjunto de datos válidos conforme la detección y la eliminación de atípicos en cada punto de monitoreo, se determina el índice de calidad del agua.



**Figura 4. Cantidad de datos clasificados como válidos y frente al total de datos cada tramo de los ríos de la RCHB en el periodo 2022 II - 2023 I**

## 2.2 EVALUACIÓN DEL WQI PARA EL PERIODO 2022-2023

A partir de los datos validados se realiza el cálculo de los tres factores que permiten estimar el Índice de Calidad del Agua (WQI). A continuación, se presentan los resultados del cumplimiento de los objetivos de calidad hídrica y sus respectivos análisis para los ríos Torca, Salitre, Fucha y Tunjuelo. Luego, se evalúan los valores consolidados del WQI para el periodo 2022 -2023 de los tramos que conforman los ríos, así como su clasificación de acuerdo con las categorías del índice.

## 2.3 EVALUACIÓN DEL INCUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DE CALIDAD

En primer lugar, se contempla el análisis de porcentaje de incumplimiento de los objetivos de calidad de los determinantes, contemplados en el artículo 3 de la resolución 5731 de 2008, para

cada tramo de las fuentes hídricas principales de la ciudad por medio de una gráfica de barras apiladas (Figura 5).

En el eje horizontal de la siguiente Figura, se representa la cantidad de datos por determinante que no cumplieron con los objetivos establecidos, mientras que en el eje vertical se muestran los distintos tramos de cada río. Las barras horizontales están divididas en segmentos coloreados que representan los diferentes determinantes evaluados y el grado de incumplimiento. Los colores varían desde un tono azul hasta un tono similar al azafrán. En la leyenda se muestra el porcentaje de los datos que incumple el objetivo de calidad con respecto a la totalidad de datos validados por determinante, para toda la RCHB-T durante el periodo evaluado.

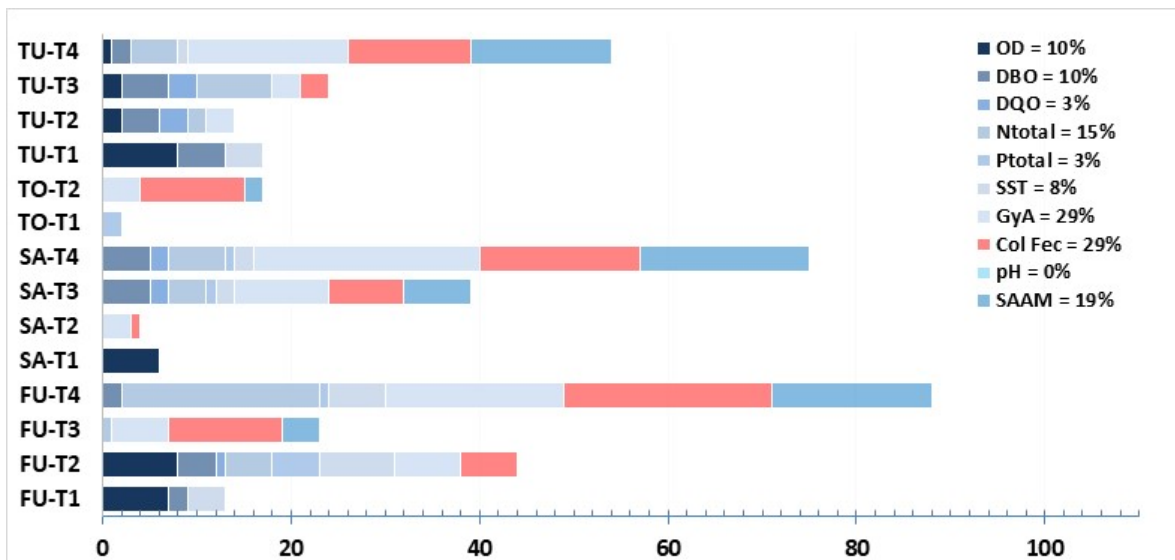


Figura 5. Cantidad de datos que incumplieron los OC en el periodo 2022-2023 clasificados por tramo y porcentajes de incumplimiento de los OC para toda la RCHB.

Al analizar los resultados relacionados con el incumplimiento de los parámetros en los tramos iniciales de los ríos evaluados, se evidencia que el determinante OD presenta la mayor cantidad de datos que no cumplen con los valores de referencia establecidos como objetivo de calidad en los tramos TU-T1, FU-T1 y SA-T1. El porcentaje de incumplimiento más alto se obtuvo en el TU-T1, que corresponde al 80 % de los datos considerados en el tramo, el cual es un valor

significativamente alto. Para el FU-T1, siete de los diez datos validados no cumplieron con el valor de referencia (70 %), mientras que en el SA-T1 el 50 % de los datos son inferiores a la concentración de OD establecida. Además, en los tramos altos de los ríos Fucha y Tunjuelo se evidencia un incumplimiento en los valores objetivo para los parámetros de SST y DBO<sub>5</sub>. En el caso del TU-T1 el porcentaje de incumplimiento es del 45.5 % para DBO<sub>5</sub> y del 36.4 % para SST, mientras que para el FU-T1 los porcentajes que fueron cercanos al 18 % y al 33 % para DBO<sub>5</sub> y SST, respectivamente.

En términos generales, los tramos iniciales no presentan un gran número de determinantes que incumplan los OC. Esto se evidencia en los tramos SA-T1 y TO-T1, donde sólo se identificó un determinante que no cumplió con la concentración objetivo. En el caso del SA-T1, se trata del OD con el 50 % de incumplimiento, mientras que para el TO-T1, únicamente 2 datos del determinante PTotal superaron el valor objetivo, que representa el 16.7 % de incumplimiento. Por otro lado, en los primeros tramos de los ríos Fucha y Tunjuelo, tres determinantes (OD, SST y DBO<sub>5</sub>), no cumplieron el OC.

En el segundo tramo de los cuerpos de agua, se observa un incremento en la cantidad de determinantes que no cumplen con los OC en comparación con el primer tramo. Este patrón se relaciona con la influencia de los vertimientos asociados con aguas residuales procedentes del sistema de alcantarillado que afectan la calidad del agua, especialmente en los ríos Salitre, Torca y Fucha.

En términos específicos, al analizar los resultados, se determina que los tramos TU-T2 y FU-T2 muestran un alto número de determinantes con registros que no cumplen los OC. Para el FU-T2 se evidenció que un total de ocho (OD, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, GyA, PTotal, NTotal y Col.Fec) de las 10 variables medidas incumplen el valor de referencia, además, el 20 % (44 datos) del total de los registros analizados para este tramo no cumplen el OC, siendo el OD y los SST los parámetros críticos, con 8 registros para cada uno que representan el 36 % del total de los resultados para cada determinante. Seguido por GyA y Col.Fec que cuenta con 7 y 6 datos respectivamente, lo que equivale al 32 % de incumplimiento para estos parámetros.

Para el TU-T2 cinco determinantes incumplen el valor objetivo (OD, DBO<sub>5</sub>, DQO, GyA y Notal), aunque el total de datos que exceden los OC es sólo del 7 % (14 valores).

En menor medida, los tramos TO-T2 y SA-T2 presentan una baja cantidad de determinantes con datos que no cumplen los OC, con tres (SAAM, GyA y Col.Fec) y dos (GyA y Col.Fec), respectivamente. Estas cantidades no superan el 6 % del total de los datos obtenidos en los monitoreos de estos tramos. Sin embargo, para el parámetro Col.Fec la cantidad de datos que excede el OC en el tramo TO-T2 corresponde a 11 registros, que representa un 37 % de incumplimiento, que es la variable y el porcentaje más alto, en comparación con el tramo II de los ríos de la ciudad, lo cual hace evidente la afectación debido a las descargas de agua residual doméstica asociadas con la problemática de conexiones erradas procedentes del sistema de alcantarillado público de la ciudad y en menor proporción a la inexistencia de un sistema de alcantarillado para la parte baja de la cuenca (desde Jardines de Paz hasta la desembocadura al río Bogotá).

En el tercer tramo de los ríos Tunjuelo, Fucha y Salitre, se destaca que el SA-T3 presenta la mayor cantidad de datos y parámetros que no cumplen con los OC. En este tramo, se identificaron ocho determinantes (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, GyA, SAAM, PTotal, Col.Fec y NTotal) con un total de 39 datos, representando el 17 % de los registros del SA-T3. Los determinantes más relevantes por su incumplimiento son: GyA (42 %), Col.Fec (35 %) y SAAM (29 %).

En contraste, el FU-T3 presenta la menor cantidad de datos que superan los valores establecidos como objetivo, con un total de 23 registros distribuidos en los determinantes GyA, SAAM, Col.Fec y NTotal. Los determinantes más críticos fueron GyA y Col.Fec, con tasas de incumplimiento del 26 % y 57 %, respectivamente. En cuanto al TU-T3, se establece que seis determinantes (OD, DBO<sub>5</sub>, DQO, GyA, Col.Fec y NTotal), no cumplen con los OC, siendo la DBO<sub>5</sub> y el NTotal los parámetros más relevantes en términos de incumplimiento, con un 11 % para DBO<sub>5</sub> y un 19 % para NTotal. En cuanto al número de datos se tiene que, el 6 % de los registros validados (24 resultados) no cumplen los OC en el tramo.

Respecto al último tramo de los ríos Salitre, Fucha y Tunjuelo, se observó que los tramos FU-T4 y SA-T4 presentaron el mayor número de datos que excedieron los OC. Sin embargo, al considerar el número de determinantes que incumplieron, el tramo SA-T4 registró la máxima cantidad con 8 determinantes, mientras que los otros dos tramos (FU-T4 y TU-T4) presentaron incumplimiento en 7 variables. Es importante destacar que el tramo FU-T4 registró la mayor cantidad de datos que superaron los valores de referencia, con un total de 88 registros distribuidos en varios determinantes, como PTotal (3 %), DBO<sub>5</sub> (6 %), SST (18 %), SAAM (47 %), GyA (58 %), NTotal (58 %) y Col.Fec (65 %). El segundo tramo con la mayor cantidad de incumplimientos es el SA-T4, con

Página 20 de 38

un total de 75 registros, lo que equivale al 22 % de los datos de este tramo. Por último, el TU-T4 presentó 54 incumplimientos, lo que corresponde al 12 % de los datos en ese tramo. Los determinantes considerados como críticos en todos los ríos fueron GyA, SAAM y Col.Fec, con porcentajes de incumplimiento que oscilaron entre el 33 % y el 73 % de los datos de cada determinante en relación con su tramo.

Estas condiciones de calidad del agua en los últimos tramos de los ríos están principalmente asociadas con el aporte de aguas residuales del sistema de alcantarillado público de la ciudad; entre los puntos que representan un mayor impacto en la calidad del agua se encuentra: el Interceptor Tunjuelo Medio, las estaciones de bombeo Cartagenita, Grancolombiano y La Isla para el caso específico del río Tunjuelo. Para el río Fucha, se encuentran el interceptor Kennedy, Boyacá, Del Sur, Fucha izquierdo y la estación elevadora de Fontibón. Mientras que para el río Salitre el vertimiento de las estructuras de alivio pertenecientes al sistema de alcantarillado combinado que descargan en el tramo III y que dominan la calidad del agua del río hasta su parte final.

En términos generales, la cantidad de datos que incumplieron los OC son alrededor del 12 % del total de datos evaluados para el periodo 2022 – 2023, donde el determinante con mayor cantidad de datos (96) que incumplieron fue GyA que equivale el 29 % de totalidad de los datos validados utilizados para el cálculo del índice de calidad del agua para este determinante y que se presentaron en los tramos II, III, IV de los ríos. En segundo lugar, se encuentra el determinante Col.Fec, que contribuye significativamente al incumplimiento, representando también un 29 % del total de datos de este parámetro que excedieron el valor objetivo. Estos registros se presentaron en su mayoría en los tramos II y IV del río Fucha y en el tramo IV del río Salitre, con un total de 51 registros de los 93 que presentaron incumplimiento. En una menor proporción de incumplimiento están los SAAM con 63 datos y el NTotal con 52, que representan el 19 % y el 15 % de los valores que no cumplen el OC con respecto a la totalidad de datos validados por determinante, respectivamente. Cabe destacar que únicamente el parámetro pH, cumplió el objetivo de calidad en la totalidad de los tramos de los ríos evaluados.

## **2.4 RESULTADOS DEL WQI PARA TODOS LOS TRAMOS DE LA RCHB-T**

En la Tabla 3, se muestran los resultados del WQI para cada tramo con respecto a los resultados del periodo 2022 -2023, con los factores F1, F2, F3 y nse (excursión) empleadas en el cálculo del índice. Es necesario aclarar que los tres factores (F1, F2, F3) representan alcance, frecuencia y

amplitud, el primero define la cantidad en porcentaje de variables o parámetros que tienen valores fuera del rango de los objetivos de calidad para el uso que se esté evaluando respecto al total de los determinantes considerados. El segundo es la relación entre la cantidad de valores fuera de los niveles deseables respecto al total de datos de las variables estudiadas. Mientras la amplitud (F3) es una medida de la desviación que existe en los datos, determinada por la magnitud de los excesos de cada dato fuera de rango al compararlo con su umbral.

**Tabla 3. Valores del WQI y sus factores**

Río	Tramo	F1	F2	F3	nse	WQI
Fucha	FU-T1	30	12.04	3.38	0.035	81.2
	FU-T2	80	20.09	12.94	0.149	51.8
	FU-T3	40	9.87	1.86	0.019	76.2
	FU-T4	70	25.88	7.52	0.081	56.7
Salitre	SA-T1	10	5.50	0.46	0.005	93.4
	SA-T2	20	1.82	0.56	0.006	88.4
	SA-T3	80	16.96	12.69	0.145	52.2
	SA-T4	80	21.68	12.82	0.147	51.6
Torca	TO-T1	10	1.89	0.16	0.002	94.1
	TO-T2	30	5.06	0.83	0.008	82.4
Tunjuelo	TU-T1	30	15.89	7.29	0.079	80.0
	TU-T2	50	6.60	3.00	0.031	70.8
	TU-T3	60	5.47	1.66	0.017	65.2
	TU-T4	70	11.92	4.15	0.043	58.9

Con base en los datos validados, se determinó el WQI de los diferentes tramos de los ríos principales para el periodo evaluado (2022 -2023), obteniendo un comportamiento diverso de los resultados para cada fuente hídrica. En los ríos Torca, Salitre y Tunjuelo, se observa que el índice disminuye a medida que avanzamos en la dirección del flujo. Sin embargo, es importante destacar que esta tendencia cambia en el río Salitre, en el cual el patrón de disminución se mantiene hasta llegar al tercer tramo, y a partir de allí, los resultados se estabilizan. Con respecto al río Fucha, sus



valores del WQI cambian entre cada tramo sin tener una tendencia marcada a lo largo del río, a pesar de que las concentraciones de los determinantes evaluados tienden a incrementar en función a la dirección de flujo.

El WQI para el río Fucha se divide en tres categorías: [Buena] para el tramo I, [Marginal] para el tramo II y IV, y [Aceptable] para el III. Al analizar el incumplimiento de los OC en los resultados obtenidos y con esto comprender los el valor del WQI por tramo, se observó que los tramos FU-T1 y FU-T3 presentan la menor cantidad de datos que exceden los objetivos de calidad, como se evidencia en el valor de su factor F2 pero el cambio en su categoría lo determina la variable F1 que representa la cantidad de parámetros que incumplen el OC, que para el caso del tramo I es de tres mientras que para el tramo III es de cuatro parámetros. Por otro lado, los tramos FU-T2 y FU-T4 muestran un mayor factor F2 (ver Tabla 3), duplicando los valores obtenidos en cuanto a los otros dos tramos (FU-T1 y FU-T3), con la particularidad de que el tramo FU-T4 registró la mayor magnitud. Respecto al factor F3, el tramo II obtuvo el valor más significativo, dado que las concentraciones obtenidas presentaron la mayor diferencia con respecto a los valores de referencia establecidos como OC.

Es importante destacar el resultado del tramo II obtuvo el índice más bajo (52) debido a que el punto de monitoreo Ferrocarril registró un incumplimiento en 43 observaciones, lo que representa el 98 % de los datos que incumplen en este tramo. Sólo dos parámetros, pH y SAAM, cumplieron con los objetivos de calidad en este tramo, mientras que los determinantes OD y SST fueron los que presentaron el mayor incumplimiento, dado que representan el 36 % de los datos que incumplieron en este tramo, convirtiéndolos en los determinantes más críticos para el tramo II del río Fucha. Esta disminución en la calidad del agua se atribuye principalmente a las descargas de aguas residuales asociadas con el deficiente funcionamiento de las estructuras de alivio del sistema de alcantarillado combinado de la ciudad que vierten en las subcuencas de los canales Albina y río Seco.

En cuanto al tramo final (IV) del río Fucha, su WQI se debe al incumplimiento observado en las tres estaciones de monitoreo que lo componen (FU-VisionC, FU-ZFranca y FU-Alameda), sin grandes diferencias en la cantidad de datos que superan los objetivos de calidad entre cada punto de monitoreo. En conjunto, estos puntos registraron un 26 % de datos que no cumplieron con los objetivos respecto al total de resultados de este tramo (F2), lo que contribuye a la categorización de la calidad del agua de como [Marginal]. Estos resultados se atribuyen principalmente a los

efluentes que provienen de los interceptores del sistema de alcantarillado sanitario, que se caracterizan por una alta carga contaminante, y se localizan a lo largo del tramo.

En cuanto a los valores del índice de calidad, es relevante destacar que, aunque la categoría del índice no cambia con respecto al período 2021–2022 para los tramos I, II y IV, se observa una disminución en los valores absolutos en los dos primeros tramos de 13 unidades. Por otro lado, el tramo IV aumentó en 6 unidades su valor de calidad. Sin embargo, en el tramo III se presentó una disminución en su calidad, cambiando de categoría de [Buena] a [Aceptable], con una diferencia de 12 unidades respecto al período anterior.

El tramo inicial del río Torca exhibe el valor más alto en los resultados del índice de calidad durante el período evaluado (2022– 2023), con un resultado de 94, que lo categoriza en una calidad [Buena], únicamente el 2 % del total de los datos no cumple con los OC, como se refleja en el factor F2 (Tabla 3) y tan sólo un determinante (PTotal), superó en valor objetivo, situación que se evidencia en la variable F1. Es importante señalar que las condiciones de calidad se mantienen en el primer tramo con respecto al período anterior.

En el caso del tramo II, se observa una mejora significativa con relación al periodo 2021-2022, ya que el valor del WQI aumentó en 5 unidades, lo que permitió un ascenso en la categoría del tramo pasando de [Aceptable] a [Buena], esto se debe en gran medida a que 7 de los 10 determinantes medidos cumplieron con el OC en los monitoreos desarrollados en las tres estaciones de monitoreo que componen este tramo (Calle 161, Jardines de Paz y San Simón). En total, se registraron solo 17 datos que incumplieron, lo que equivale al 5 % del total de los datos analizados (336). Aunque este valor es bajo, es relevante señalar que la estación Calle 161 presentó la mayor cantidad de datos que excedieron los valores de referencia, con 9 registros distribuidos en los determinantes GyA (33 %), SAAM (22 %) y Col.Fec (44 %).

En cuanto al río Tunjuelo, los resultados del WQI han categorizado la calidad de su agua en tres clases: [Buena] para el tramo I, [Aceptable] en los tramos II y III y [Marginal] en el tramo IV. El tramo I lo constituye el punto de monitoreo La Regadera en el que se observó que aproximadamente el 16 % del total de los datos no cumple con el valor de referencia, esto equivale a 17 registros obtenidos en los determinantes OD, DBO<sub>5</sub> y SST, siendo el OD el parámetro crítico con un 80 % de incumplimiento. Como consecuencia el valor del WQI sitúa al tramo en el límite inferior de la categoría [Buena].

En el segundo tramo del río, las estaciones de monitoreo Yomasa y Doña Juana mostraron diferencias significativas en cuanto a la presencia de datos que no cumplen los valores objetivos durante el período analizado. En la estación Yomasa, todos los determinantes cumplieron con los OC, lo cual fue contrario para la estación Doña Juana. Esta última contribuyó con el 100 % de los datos que no cumplieron con los OC en el tramo, con un total de 14 registros, cantidad que representan el 7 % de los datos analizados; es por ello, que el valor del índice de calidad se encuentra en categoría [Aceptable]

La condición del tramo II se replica en el tramo III, ya que ambos tramos comparten el punto de monitoreo (Doña Juana), pero el tramo cuenta III con el doble de estaciones en comparación con el anterior (Doña Juan, México, San Benito y Makro). En este caso, el punto Doña Juana aporta el 50 % de los datos que no cumplen con los valores de referencia para este tramo, seguido por Makro que obtuvo 5 registros que equivalen al 21 % de los datos que incumplieron. Esto incide en gran medida en la calidad de agua de este tramo, dándole la clasificación de [Aceptable] pero en el límite inferior. Por consiguiente, se puede establecer que la estación Doña Juana es un punto crítico de estos dos tramos, aportando en gran medida a la magnitud de los factores F1 y F2. Es importante destacar que la categoría del tramo III se mantuvo en comparación con el resultado obtenido en el período anterior (2021-2022).

En el caso del tramo IV, que abarca cuatro estaciones de monitoreo (Makro Autopista Sur, Transversal 86, CAI Antonia Santos e Isla Pontón San José), se registró el mismo índice que en el periodo anterior 2021-2022, clasificado en la categoría [Marginal], con un valor de 59 unidades. Esta baja calidad se debe principalmente a los datos que excedieron el valor objetivo en las estaciones CAI Antonia Santos e Isla Pontón San José, contribuyendo con aproximadamente el 70 % de los datos que no cumplieron con los OC, distribuidos en los determinantes GyA, SAAM, Col.Fec y NTotal. Por otra parte, los resultados del punto TU-Tv86 también impactaron negativamente en la calidad del tramo, teniendo en cuenta que obtuvo el mayor número de determinantes que incumplieron, con un total de seis (OD, DBO<sub>5</sub>, SST, GyA, SAAM y NTotal), en comparación con los otros puntos de monitoreo, los cuales no registraron más de 4 parámetros que incumplieron. Este resultado tiene un gran efecto en el cálculo del WQI, ya que el factor F1 aumenta significativamente en función de la cantidad de determinantes que no cumplen con los OC.

La calidad del agua en el río Salitre se divide en dos categorías: [Buena] para los tramos I y II, y [Marginal] para los tramos III y IV. El tramo inicial muestra la mejor calidad del agua en el río, la estación del Parque Nacional, que corresponde al tramo I, registró 6 datos que no cumplieron el valor de referencia para el parámetro OD.

En el segundo tramo del río Salitre, la calidad del agua disminuye, ya que solo uno de los dos puntos que lo componen (Arzobispo y Calle 53) reportó 4 datos que no cumplen con los OC en dos determinantes. Este tramo tiene la menor cantidad de datos que incumplen, lo que se refleja en el resultado del factor F2, que es el más bajo de todos los tramos de las fuentes hídricas evaluadas. Es importante destacar que el índice de calidad de este tramo mejoró en comparación con el período anterior (2021–2022), con un aumento de 5 unidades.

Para los dos últimos tramos, ambos tienen una categoría de [Marginal], y presentan el índice más bajo en el río Salitre, con un valor de 52 unidades. En el tramo III, la estación con la mayor cantidad de datos que exceden el valor objetivo es Carrefour, con un 95 % distribuido en ocho determinantes, siendo sólo OD y pH los que cumplieron. Esta situación se repite en el último tramo (IV), donde la estación Carrefour también es la de mayor porcentaje de incumplimiento, con un 49 % en relación con el total de los datos que exceden los OC, representando 37 registros en ocho determinantes (DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, GyA, SAAM, PTotal, Col.Fec y NTotal). Respecto a las otras dos estaciones, que hacen parte del tramo final, presentan 19 datos cada una, coincidiendo en los determinantes GyA, SAAM y Col.Fec.

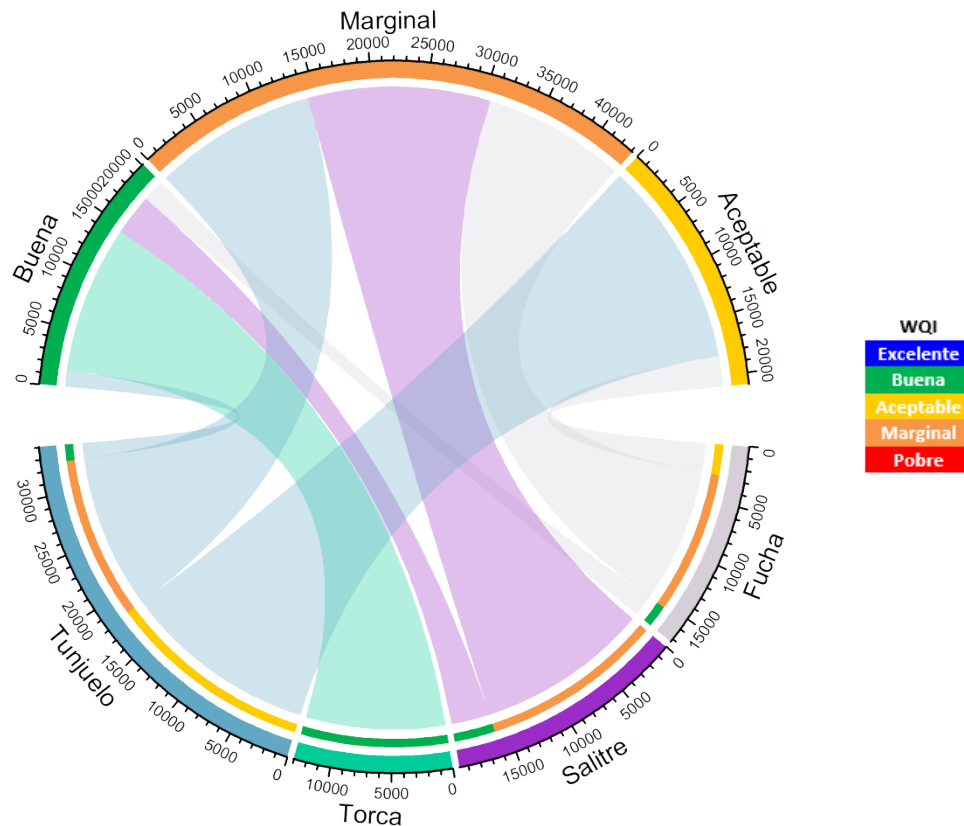
La categorización en el tramo III y IV del río Salitre muestra la incidencia directa que tiene el factor F1 en el cálculo del índice de calidad hídrica, que en ambos casos fue de 80 y a su vez, permite inferir el efecto de considerar una estación en diferentes tramos del río (Carrefour), lo cual, sumado al hecho de realizar la evaluación del WQI por tramo (en donde se agrega la información obtenida en diferentes puntos), puede no representar el comportamiento de la calidad del agua de todos puntos de monitoreo de manera específica, y por el contrario generalizar la condición más crítica para todo el tramo de un río, que en este caso es la reportada en el punto de monitoreo de Carrefour.

## 2.5 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL WQI EN LA RCHB-T

El análisis de la distribución del WQI parte de una evaluación espacial que contempla de forma seccionada la dinámica de la calidad hídrica entre los tramos que conforman los ríos principales.

Teniendo en cuenta los resultados presentados en la Figura 6 y Figura 7, se muestra el análisis del WQI con base en la distancia recorrida para cada cuerpo de agua evaluado.

En la Figura 6, se muestra un gráfico de cuerdas que representa la interrelación entre los resultados de las categorías del WQI el periodo evaluado (2022-2023) con la distancia recorrida en cada río, por medio de la longitud y la categoría obtenida de cada uno de sus tramos, que se puede visualizar con las conexiones o flujos.



**Figura 6. Clasificación de la longitud de los tramos de los ríos de la RCHB según su WQI para el periodo 2022-2023**

Al iniciar el recorrido de los cuatro ríos principales en su Tramo I, se observa un comportamiento positivo en cuanto a la calidad del agua, como se observa en la Figura 6. En términos generales,

se cumple con los OC en un rango que abarca del 84 % al 98 % de los datos evaluados en cada tramo inicial. Es importante destacar que la categoría [Buena] prevalece en las zonas altas de estos cuerpos de agua y, en algunos casos, se extiende hasta el segundo tramo, como ocurre en los ríos Salitre y Torca. No obstante, la longitud total de los tramos calificados como [Buena] es la más baja en comparación con las demás categorías obtenidas en este período, abarcando un total de 20.12 km. Como resultado, los valores del índice de calidad son más elevados en los primeros kilómetros de recorrido de los ríos Salitre (3.62 km), Tunjuelo (1.46 km) y Fucha (1.98 km). En el caso del río Torca, es relevante considerar que toda su longitud cuenta con esta categoría, ya que ambos tramos que lo componen presentan una calidad favorable, con un índice superior a 82 unidades (13.06 km)

Al analizar los resultados del índice de calidad en relación con las extensiones de los cuerpos de agua de la ciudad, se tiene que para el caso de los ríos Fucha y Salitre, la categoría [Marginal] es la predominante en dos de sus tramos, en el caso del río Salitre (SA-T3 y SA-T4), se extiende a lo largo de 16.15 km, mientras que en el río Fucha (FU-T2 y FU-T4), cubre una longitud de 12.59 km. Para el río Tunjuelo, esta categoría se encuentra en la parte final del río (TU-T4) y corresponde a una longitud de 14.39 km. Es relevante destacar que la categoría [Marginal] es la más extensa con respecto a la distancia de cada clase del WQI obtenida para el periodo evaluado, abarcando un total de 43.13 km. Esto indica una preocupación significativa en términos de calidad del agua, dada su extensión y su predominancia en la cuenca baja de cada río, sin embargo, para el periodo evaluado ningún río presentó una categoría [Pobre].

Por otro lado, en el río Torca (TO-T1 y TO-T2) y los dos primeros tramos del río Salitre, la calidad del recurso hídrico es mejor, por cuanto están clasificadas en categoría [Buena]. En términos de distancia, durante el período 2022-2023, los dos tramos iniciales del río Salitre y los tramos que componen el río Torca representan la mayor extensión de la categoría [Buena], cubriendo el 83 % de la longitud total de esta clase. Es importante indicar que el tramo II del río Torca presentó un cambio de categoría positivo con respecto al periodo anterior (2021-2022), teniendo en cuenta que pasó de calidad [Aceptable] a [Buena],

Adicionalmente, se observó un descenso en la calidad del agua a lo largo de los ríos Tunjuelo y Salitre. Esta tendencia se asocia con áreas específicas a lo largo de cada cuerpo de agua que reciben vertimientos de diversas fuentes, con diferentes niveles de contaminación. Los tramos III y IV destacan como áreas críticas en este aspecto para el río Salitre, mientras que para el río Tunjuelo el tramo IV. Cuando comparamos los resultados del índice de calidad entre los tramos II

Página 28 de 38

y III del río Salitre notamos que existe una brecha amplia, con una diferencia de 36 unidades en sus valores de WQI, esto se debe a la degradación del recurso hídrico a causa de los vertimientos asociados con el sistema de alcantarillado combinado que se localizan en el tramo III de este cuerpo de agua. En el caso del río Tunjuelo, la diferencia es menos pronunciada entre los tramos II, III y IV, con tan solo 6 unidades de variación entre cada tramo.

Por otro lado, la categoría [Aceptable] abarca una distancia de 21 km, representada por tres tramos: FU-T3, TU-T2 y TU-T3, dos de estos tramos presentaron una variación con respecto al período anterior. En el caso del FU-T3, pasó de [Buena] a [Aceptable], mientras que el TU-T2 mejoró su calidad de [Marginal] a [Aceptable].

Respecto al análisis general de la distancia recorrida por categoría, se observa que la calidad de los ríos durante el período 2022-II – 2023-I se ha distribuido principalmente en tres categorías del WQI ([Buena], [Aceptable], [Marginal]). En primer lugar, las categorías [Buena] y [Aceptable], representan el 49 % de la extensión total de los ríos principales de la ciudad, mientras que la categoría [Marginal], como se mencionó previamente, abarca la mayor distancia y se encuentra presente en los tramos: FU-T2, FU-T4, SA-T3, SA-T4 y TU-T4, además representa cerca del 51 % de la longitud total de los ríos.



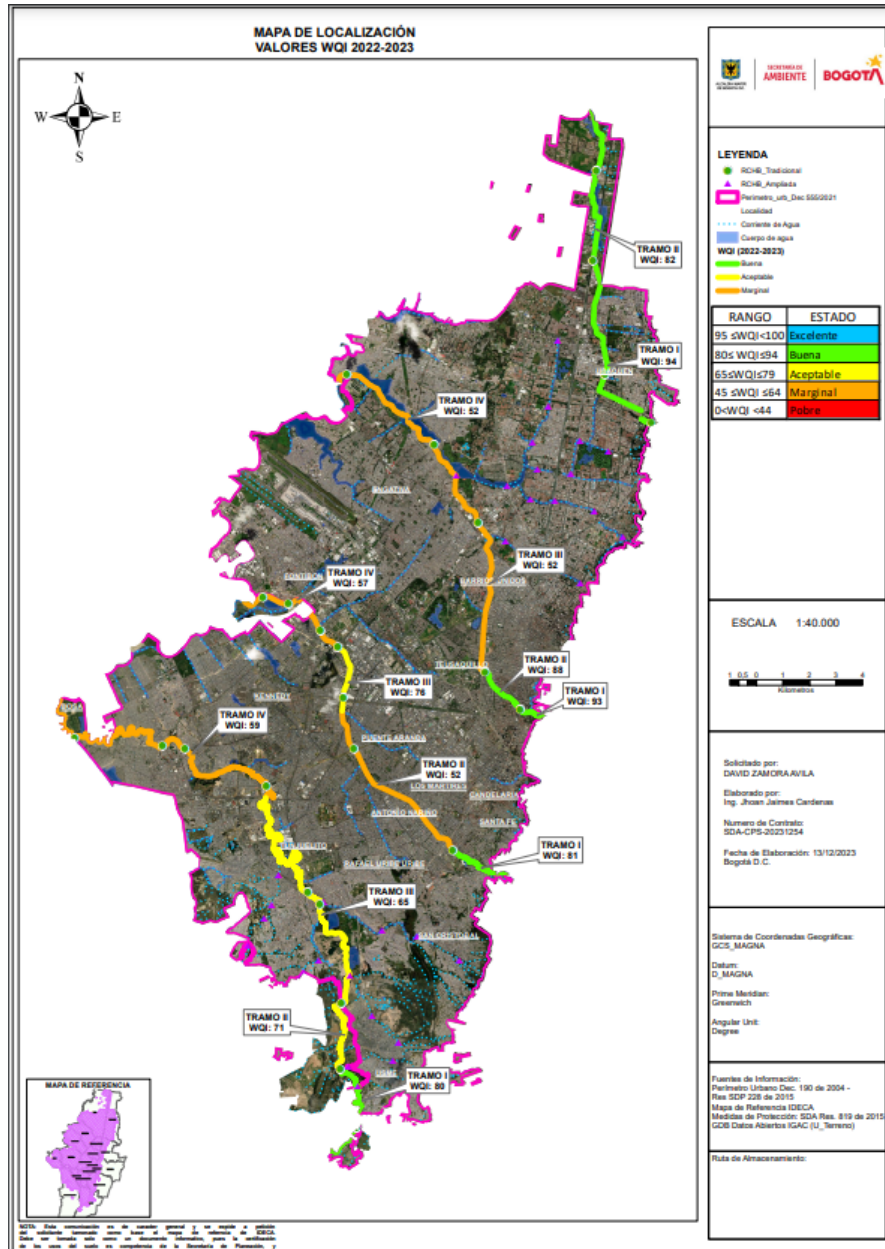


Figura 7. Distribución del WQI en los tramos de la RCHB-T para el periodo 2022-2023

## 2.6 EVOLUCIÓN DEL WQI EN EL PERIODO 2014 A 2023

Es importante determinar la longitud de las zonas de los ríos que presentan condiciones iguales o superiores a un estado Aceptable ( $\geq 65$ ) 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.

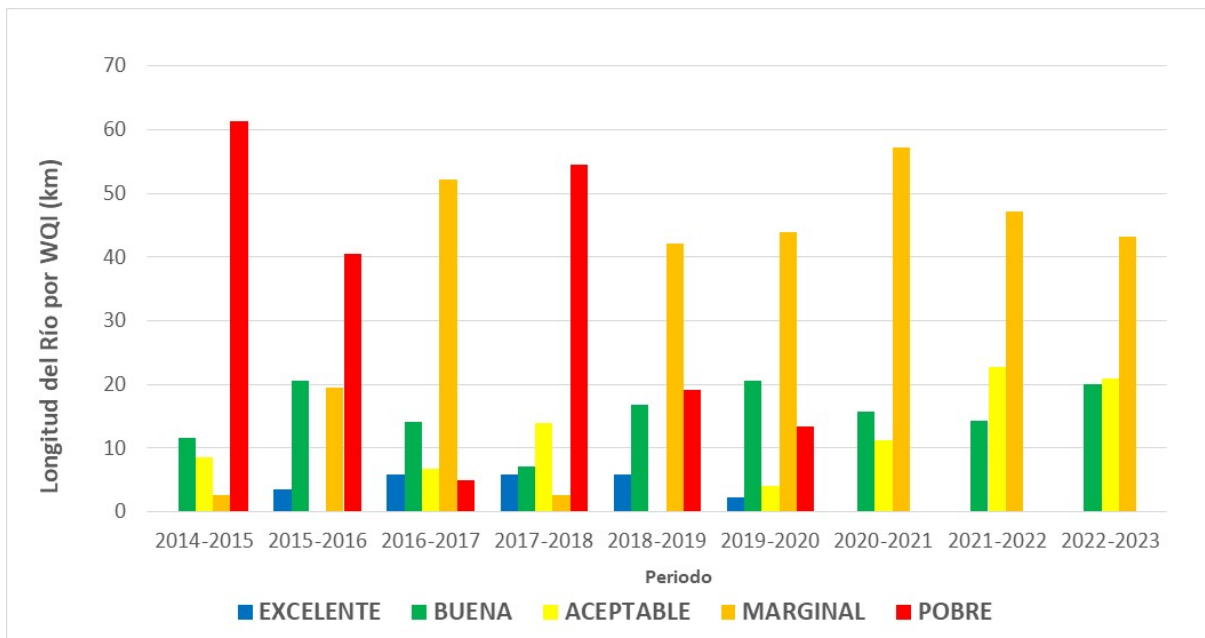
La ejecución de las actividades de monitoreo, evaluación, control y seguimiento ambiental como un sistema articulado, consolidado e integral, trae como consecuencia una planificación adecuada para la asignación de recursos humanos, técnicos y financieros con el fin de garantizar una mejor calidad del 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 km 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 4 y Figura 8, para el actual periodo (2022-II y 2023-I) el número de kilómetros de río en cada una de las categorías del WQI.

**Tabla 4. Longitud de los ríos de la RCHB clasificadas por WQI desde 2014 a 2023**

Periodo	Clasificación WQI					Total km de río con WQI ≥ 65
	Excelente	Buena	Aceptable	Marginal	Pobre	
2014-2015	0	11.55	8.56	2.7	61.43	20.12
2015-2016	3.62	20.6	0	19.59	40.43	24.21
2016-2017	5.96	14.16	6.84	52.26	5.03	26.95
2017-2018	5.96	7.05	13.94	2.7	54.59	26.95
2018-2019	5.96	16.9	0	42.2	19.18	22.85
2019-2020	2.31	20.55	4.1	43.84	13.45	26.95
2020-2021	0	15.75	11.2	57.29	0	26.95
2021-2022	0	14.29	22.72	47.23	0	37.01
<b>2022-2023</b>	<b>0</b>	<b>20.12</b>	<b>20.99</b>	<b>43.13</b>	<b>0</b>	<b>41.11</b>



**Figura 8. Evolución temporal de ríos los urbanos por categoría de calidad de agua según el WQI**

Con relación al indicador "Número de kilómetros de ríos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente", se tiene que para el periodo 2022-2023 se presenta un avance

significativo en el número de kilómetros río con valores de WQI superiores o iguales a 65 unidades, representado en el aumento de 18.26 km con respecto a lo obtenido en el periodo 2018-2019 (Línea Base). Adicionalmente, la longitud de kilómetros río incrementó en 4.1 km con relación a la vigencia 2021-2022. Por consiguiente, a la fecha el número de kilómetros de ríos en el área urbana del Distrito Capital con índice de calidad hídrica aceptable, buena o excelente (WQI>65) es de 41.11, cumpliendo así con el indicador de seguimiento definido en el Plan de Desarrollo Distrital 2020-2024, un nuevo contrato social y ambiental para la Bogotá del siglo XXI, que era de 41 km, para el proyecto relacionado con el Programa de monitoreo, evaluación, control y seguimiento ambiental al recurso hídrico y sus factores de impacto en el Distrito Capital.

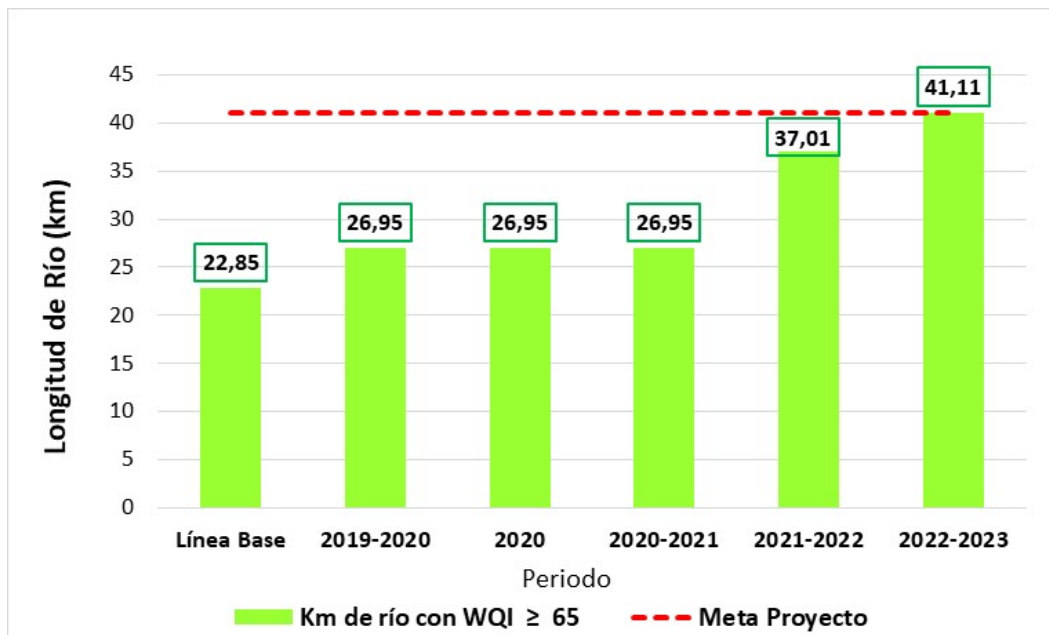


Figura 9. Evolución temporal del Indicador: kilómetros de ríos urbanos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente WQI ≥ 65

### 3 CONCLUSIONES

---

La calidad del río Torca se ha mantenido en la categoría [Buena] a lo largo de su recorrido por la ciudad durante el período evaluado. En el primer tramo, se obtuvo el índice más alto, alcanzando un valor de 94, que se sitúa en el límite superior de la categoría [Buena]. Esta clasificación se ha mantenido constante desde el período 2019-2020. Es importante destacar que la calidad estuvo muy cerca de alcanzar la categoría máxima del WQI, sin embargo, un determinante (PTotal) presentó datos que excedían el OC, registrando un incumplimiento del 17 %. Esta misma situación sucedió en el período anterior, donde sólo el determinante PTotal superó el valor de referencia definido como objetivo.

En el segundo tramo, se observó un mayor número de datos que incumplieron en comparación con el primer tramo, especialmente en los parámetros GyA, SAAM y Col.Fec. La estación Calle 161 registró la mayoría de estos datos, representando un 53 % del total de registros que superaron los objetivos de calidad en el tramo. Este resultado puede asociarse con la descarga de aguas residuales domésticas generadas por la problemática de conexiones erradas en el área de influencia del río. No obstante, la calidad de este tramo se mantiene en la categoría [Buena], mejorando con respecto a lo obtenido en el período 2021-2022, en el que la categoría de calidad del agua fue [Aceptable], lo anterior, considerando que hubo una disminución en la cantidad de datos y determinantes que incumplieron el OC.

Para el río Tunjuelo, la calidad del agua en el tramo I ha experimentado una mejora, cambiando de categoría [Aceptable] a [Buena] en comparación con el período anterior. Aunque este aumento no es muy significativo fue suficiente para alcanzar el límite inferior de la categoría [Buena]. A pesar de esta leve mejora, todavía se observa un número considerable de datos que no cumplen los objetivos de calidad, lo que equivale al 16 % de los datos analizados para este tramo, distribuidos en los parámetros DBO<sub>5</sub>, SST y OD, siendo este último el más crítico con el 47 % de los datos que incumplieron.

En el tramo II, también ocurrió una mejora en la calidad del agua con respecto al período anterior (2021-2022), pero más significativa que en el tramo inicial, ya que el índice WQI aumentó en 6 unidades, incrementando su categoría de [Marginal] a [Aceptable]. Esta mejora se asocia directamente con la cantidad de determinantes que no cumplen con los OC, pasando de siete a cinco parámetros. Sin embargo, es importante señalar que la estación de monitoreo Doña Juana sigue siendo la que presenta resultados más críticos en este tramo, ya que es el único punto donde se registraron valores que no cumplen los valores objetivo, los cuales representan el 7 %

del total de registros obtenidos en este tramo. La afectación en la calidad del agua del tramo está determinada principalmente por el vertimiento proveniente de la Planta de Tratamiento de Lixiviados Doña Juana, cabe mencionar que los determinantes GyA, DQO y DBO<sub>5</sub> fueron los que obtuvieron la cantidad más alta de los datos que excedieron los objetivos de calidad, representando el 71 % de los registros que incumplieron. Este resultado tiene un impacto directo en la variable F2, relacionada con la frecuencia, y, por ende, afecta el valor del índice de calidad.

En el tramo III se determinó que la calidad del agua mantuvo su clasificación en [Aceptable] con respecto al periodo 2021-2022, estos resultados están influenciados principalmente por la estación Doña Juana, que registró aproximadamente la mitad de los datos que no cumplen los OC en el tramo, seguida por la estación "Makro" con un 21 % de incumplimiento. Además, se determinó que en este tramo el determinante NTotal fue el más crítico, teniendo en cuenta que el 19 % de los datos excedieron la concentración objetivo para este parámetro.

En el último tramo del río Tunjuelo, la calidad del río se catalogó en [Marginal], con un valor de WQI igual que al reportado en el periodo 2021-2022 (59 unidades). Si bien la cantidad de datos que incumplen es del 12 %, la relación de los determinantes que no cumplen es de 7/10, lo que tiene un efecto directo en la variable F1 (asociada con la amplitud) y por ende en el índice. Los parámetros con mayor frecuencia fueron GyA, SAAM, y Col.Fec, con porcentajes de datos que incumplen el valor objetivo superiores al 30 %.

En lo que respecta al río Salitre, la calidad de sus dos tramos iniciales (Tramos I y II) muestra un comportamiento estable, considerando que se mantiene clasificada como [Buena], sin embargo, es importante destacar que en el tramo II se ha observado un aumento significativo de aproximadamente 5 unidades en el valor del indicador (de 83 en la vigencia anterior a 88 en la vigencia actual). Esto se debe a la reducción en el número de determinantes que incumplieron los OC (pasando de tres a dos) en comparación con el período 2021-2022. Los determinantes que aún no cumplen con los objetivos son GyA y Col.Fec. Mientras que en los tramos III y IV la magnitud del índice se mantuvo en la categoría [Marginal]. Si bien en el tramo final del río el valor del índice presentó un incremento de 5 unidades, con relación al período 2022-2021, es evidente el efecto que tienen los vertimientos provenientes del sistema de alcantarillado combinado en el río, que descargan en el tramo III y en la subcuenca Virrey-río Negro, y que dominan la calidad del agua del río Salitre hasta su parte final.

Para el río Fucha, se observó una disminución significativa en la calidad del agua en los tramos I, II y III en comparación con el período 2021-2022, siendo estos los que más han cambiado en



relación con los tramos de otros cuerpos de agua. En el tramo I, el índice de calidad disminuyó en 13 unidades en comparación con el período anterior, aunque aún se mantiene en la categoría [Buena]. Esta disminución se atribuye al aumento en la cantidad de datos, que se ha triplicado con respecto al período 2021-2022, al igual que los determinantes, que han pasado de 2 a 3. En cuanto al tramo II, se evidenció una disminución similar, de 13 unidades en el índice de calidad. Sin embargo, la categoría sigue siendo [Marginal], esta reducción se debe en gran medida al aumento en la cantidad de datos y determinantes que no cumplieron con los valores objetivos, la mayoría de los cuales se registraron en la estación Ferrocarril, aportando el 98% de los datos que excedieron los OC. Lo anterior debido a las descargas de aguas residuales asociadas con el deficiente funcionamiento de las estructuras de alivio del sistema de alcantarillado combinado de la ciudad que vierten en las subcuencas de los canales Albina y río Seco.

Esta misma tendencia se repite en el tramo III, donde se observó una disminución de 12 unidades en el índice de calidad, que a diferencia de los tramos anteriores tuvo un efecto en el cambio su categoría, la cual pasó de [Buena] a [Aceptable]. En el tramo III hubo un aumento significativo en el número de determinantes que excedieron los valores objetivo, pasando de dos a cuatro en comparación con el período anterior. Por último, el tramo IV ha conservado la clasificación [Marginal], aunque ha experimentado un aumento en su índice de calidad (de 44 en el período 2018-2019 a 57 en el período actual).

La categorización de la calidad del agua en los tramos II y III del río Tunjuelo y en los tramos III y IV del río Salitre, permite inferir el efecto de considerar una estación en diferentes tramos del río (Doña Juana y Carrefour, respectivamente), lo cual, sumado al hecho de realizar la evaluación del WQI por tramo (en donde se agrega la información obtenida en diferentes puntos), puede no representar el comportamiento de la calidad del agua de todos puntos de monitoreo de manera específica, y por el contrario generalizar la condición más crítica, asociada con un solo punto, para todo el tramo de un río. Por consiguiente, debe evaluarse la pertinencia de modificar la forma de caracterizar la calidad del agua en la ciudad, que permita representar de manera particular la calidad recurso hídrico a lo largo de los ríos del Distrito Capital.

Para el periodo 2022-2023 el número de kilómetros de ríos con calidad de agua en categoría aceptable, buena o excelente presentó un avance significativo representado en el aumento de 18.26 km con respecto a lo obtenido en el periodo 2018-2019 (Línea Base). Por consiguiente, a la fecha el número de kilómetros de ríos en el área urbana del Distrito Capital con índice de calidad hídrica aceptable, buena o excelente ( $WQI > 65$ ) es de 41.11. Adicionalmente, para el periodo

Página 36 de 38



objeto de análisis se mantuvo la condición establecida durante los dos últimos periodos (2020-2021 y 2021-2022), en la que ningún río presentó una categoría de calidad de agua Pobre ( $WQI < 45$ ), situación que históricamente nunca había sucedido, lo cual representa un esfuerzo significativo en el continuo desarrollo de actividades de evaluación, control y seguimiento sobre los factores de impacto ambiental derivados de las actividades que inciden sobre el recurso hídrico de la ciudad.

Si bien durante los últimos años ha habido un avance positivo en la calidad del agua de los ríos de la ciudad, resulta fundamental para la ciudad y la región avanzar en la planificación, la generación de conocimiento, la gestión de la información, la gobernabilidad y la apropiación del recurso hídrico como eje estructural de la sociedad, para que exista una mejora significativa en las condiciones de calidad de los ríos urbanos, por tal razón se debe propender en el desarrollo de una herramienta que permita la evaluación de la calidad del agua de manera prospectiva y con valores más restrictivos que conlleve a tener una mayor certeza de las características y del estado de calidad de los ríos consecuente con las condiciones actuales.

