

Calidad del agua en las cuencas de los ríos Torca, Salitre y Fucha para la evaluación regional del agua (ERA)

Water quality in the basins of rivers Torca, Salitre, and Fucha for regional water assessment (RWA)

YULY ANDREA SÁNCHEZ LONDOÑO

Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. Bogotá, D.C., Colombia.

yuly.sanchez@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/02/2017 Aceptado: 15/03/2017

Disponible en <http://www.escuelaing.edu.co/revista.htm>

Resumen

En este artículo se presentan los resultados del estudio realizado para la evaluación regional del agua (ERA), por la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB), de las cuencas de Torca, Salitre y Fucha, en el que se seleccionaron puntos de monitoreo para determinar la calidad del agua en relación con parámetros físicos, químicos y microbiológicos, y establecer los indicadores de índice de calidad del agua (ICA) (Water Quality Index, WQI) e índice de alteración potencial de la calidad del agua (Iacal).

Los resultados se compararon con la normativa vigente de objetivos de calidad nacional y de la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), y se encontró que la calidad del agua de las cuencas urbanas, como Torca, Salitre y Fucha, tiene un índice de alteración potencial de contaminación alto, debido al elevado valor de DBO_5 y DQO de los factores poblacional e industrial.

La determinación de los indicadores de calidad del agua de la ERA llevó a establecer el estado actual de la calidad del agua de las cuencas.

Palabras claves: calidad, ERA, ICA, WQI, Iacal.

Abstract

This article shows the results of the study performed for Regional Water Assessment (RWA) by the Water and Sewage Company of Bogota (EAB in Spanish) in the basins of rivers Torca, Salitre, and Fucha, wherein monitoring points were selected to estimate the values of Water Quality Index (WQI) and Water Quality Potential Alteration Index (IACAL in Spanish).

The results are compared with current regulations for quality objectives at the national and district level, finding that water quality in urban basins, such as Torca, Salitre, and Fucha, has a high IACAL due to the elevated number of BOD5 and COD in population and industrial factors.

Estimating the water quality indices of RWA led to state the current state of water quality in the river basins.

Keywords: Quality, RWA, WQI, IACAL.

INTRODUCCIÓN

La determinación de la calidad del agua de las cuencas de estudio corresponde a los ríos Torca, Salitre y Fucha, desde su nacimiento en los cerros orientales hasta su confluencia en el río Bogotá.

La calidad del agua en la evaluación regional del agua (ERA) se estableció a través de los indicadores del ICA, Ical y WQI, de conformidad con registros históricos y puntos de monitoreo concertados con la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá (EAB), para determinar el estado actual de la calidad del agua.

Para calcular los indicadores se consultaron redes de monitoreo de cada una de las cuencas, con el fin de establecer los índices históricos y compararlos con las campañas de monitoreo; en este punto se encontró que en Bogotá se llevan registros más rigurosos que en las otras cuencas, en tanto que en el cálculo de los índices de ICA y WQI se presentó una calidad aceptable para la parte alta de las cuencas y en las partes medias y bajas se hallaron calidades muy malas y pobres.

Para el Ical se encontró un valor alto, debido a la DBO₅ y DQO de los factores poblacional e industrial.

METODOLOGÍA

Selección de puntos de monitoreo

Se seleccionaron puntos de monitoreo en las cuencas de estudio, según los siguientes criterios:

Cartográfico

Se identificaron varios puntos de monitoreo por cartografía, de acuerdo con el área de cada una de las cuencas y sus subsectores (cuencas alta, media y baja).

De campo

Una vez identificados cartográficamente los posibles puntos de monitoreo de cada una de las cuencas, en terreno se tuvieron en cuenta la facilidad de acceso a los puntos identificados de monitoreo, características específicas de las masas de agua para la representatividad de la muestra y aguas abajo de zonas de mezcla dadas por vertimientos importantes.

Basados en los puntos preliminares identificados con la cartografía, se realizaron visitas de campo del 14 al 29 de enero de 2016, en cada una de las cuencas de estudio.

Campañas de monitoreo

Se hicieron tres campañas de monitoreo. La primera, desarrollada en condiciones hidrológicas secas, se llevó a cabo en el periodo comprendido entre el 29 de febrero y el 10 de marzo de 2016, en un muestreo específico hecho en cada uno de los puntos de monitoreo descritos más adelante; la segunda, efectuada en condiciones hidrológicas de lluvia, se realizó del 18 al 27 de abril de 2016, en los mismos puntos descritos en la campaña 1, y la tercera, desarrollada en condiciones hidrológicas de lluvia, se llevó a cabo del 23 de mayo al 2 de junio de 2016, en los mismos puntos de la campaña 1.

Más adelante se presenta la localización de los puntos de monitoreo de las cuencas de estudio (tabla 1 y figura 1).

Tabla 1
Puntos de monitoreo

Cuenca	Nombre	Norte	Este
Salitre	Quebrada La Vieja	1005857,161	1003422,011
	Quebrada Las Delicias	1004597,736	1002805,636
	Quebrada Arzobispo	1002939,001	1002435,829
	PTAR Salitre	1015920,202	994755,82
Fucha	El Delirio	995290,444	1002066,162
	Descarga del río Fucha	1007500,903	991605,408
	Quebrada San Francisco	1000472,415	1002284,872
Torca	San Simón	1023611,727	1004148,432
	Quebrada La Floresta	1023683,055	1005188,705
	Bosque de Pinos	1014062,501	1006252,571
	Calle 161 Dardanelos	1015874,077	1004466,268
	Descarga río Torca	1026185,811	1003723,073

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas, 2016.

Toma de muestras

Las muestras específicas tomadas en campo para cada una de las cuencas en estudio se refrigeraron para su preservación hasta el final del monitoreo, siguiendo los protocolos del Laboratorio Consultoría y Servicios Ambientales CIAN Ltda., el Laboratorio Ambiental CAR y las guías de monitoreo del Ideam.

En cada uno de los puntos de monitoreo se tomaron las muestras de parámetros físicos, químicos y microbiológicos de DBO₅, DQO, SST, P_{TP}, N_{TP}, G y A, SAAM y CF, para llevarlos al laboratorio. *In situ*, se tomaron valores de T °C, CE, pH y OD.

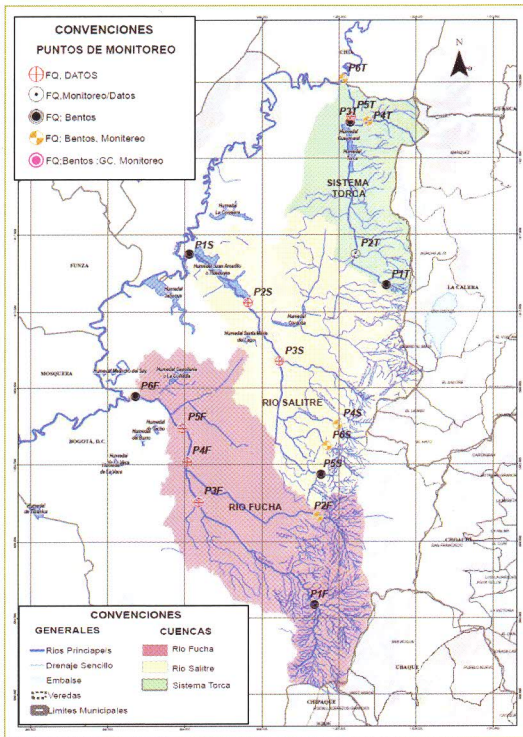


Figura 1. Localización de los puntos de monitoreo de las cuencas de los ríos Fucha, Salitre y Torca.

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas, con base cartográfica del IGAC (2016).

Tabla 2

Matriz de calificación ICA

Calificación ICA		
Mínimo	Máximo	Calificación
0	0,25	Muy mala
0,26	0,50	Mala
0,51	0,70	Regular
0,71	0,90	Aceptable
0,91	1,00	Buena

Fuente: ENA 2010 (Ideam, 2010).

Water Quality Index (WQI). El índice de calidad CCME-WQI (Canadian Council of Ministers of the Environment Water Quality Index), creado por el Consejo Canadiense del Ministerio del Medio Ambiente de Canadá, es utilizado por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA) como herramienta para determinar el estado y grado de cumplimiento de los objetivos para los principales ríos de la ciudad de Bogotá.

Metodología de cálculo. El WQI se calcula a partir de los datos de concentración de diez parámetros (OD, DBO₅, DQO, SST, N_{TP}, P_{TP}, pH, SAAM, CF, G y A) (SDA, 2008), así:

$$WQI = 100 - \left(\frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1,732} \right)$$

Se calculan entonces las variables F1, F2 y F3, que representan diferentes aproximaciones para determinar la calidad del agua.

Objetivos de calidad del agua. Se basaron en la Resolución 5731 de 2008, correspondientes a diez parámetros (OD, pH, DBO₅, DQO, N_{TP}, P_{TP}, CF, GyA, SST y SAAM) (tabla 3).

Una vez determinado el valor del WQI, la calidad del punto que se está evaluando puede calificarse de acuerdo con las categorías que se consignan seguidamente (tabla 4).

Índices de calidad del agua

Índice de calidad del agua (ICA). El ICA es un número (entre 0 y 1) que señala el grado de calidad de un cuerpo de agua en términos del bienestar humano, independiente de su uso (Ideam, s.f.).

Metodología de cálculo. El ICA se calcula a partir de los datos de concentración de ocho parámetros (OD, SST, DQO, CE, N_{TP}, P_{TP}, pH y CF), a los cuales se les asigna un valor que se extrae de gráficas o ecuaciones de calidad, entre un rango de 0 y 1. El índice se calcula como la multiplicación ponderada de los parámetros, de acuerdo con lo presentado en el ENA 2010 (Ideam, 2010), así:

$$ICA = \sum 0,16I_{OD} + 0,14I_{SST} + 0,14I_{DQO} + 0,14I_{CE} + 0,14I_{N_{TP}/P_{TP}} + 0,14I_{pH} + 0,14I_{CF}$$

Una vez obtenido el valor de los índices, se calcula el ICA y se califica de acuerdo con la matriz de la tabla siguiente (tabla 2).

Tabla 3

Objetivos de calidad del agua para las cuencas Torca, Salitre y Fucha

Parámetro	Und	Tramos Torca		Tramos Salitre				Tramos Fucha			
		I	II	I	II	III	IV	I	II	III	IV
OD	mg/L	5	2	8	5	2	2	8	5	0,5	0,5
DBO ₅	mg/L	5	100	5	60	100	100	5	40	60	60
DQO	mg/L	30	250	30	90	250	250	30	90	180	160
N total	mg/L	2	20	2	10	20	20	1,5	10	10	10
P total	mg/L	0,2	1	0,2	1	1	1	0,1	1	1	1
SST	mg/L	10	60	10	30	60	60	10	25	30	30
A y G	mg/L	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Coliformes fecales	NMP/1000 mL	1,E+04	1,E+05	1,00 E+04	1,00 E+05	1,00E+05	1,00 E+05	1,00 E+02	1,00 E+05	1,00 E+05	1,00 E+05
pH	Unidad	6,5	6,5-8,5	6,5	6,5 - 8,5	6,5	6,5	6,5-8,5	6,5	6,5- 8,5	6,5- 8,5
SAAM	mg/L	0,5	1	0,5	1	1	1	0,5	1	1	1

Fuente: Resolución 5731 de 2008.

Tabla 4

Matriz de calificación del WQI

Mínimo	Máximo	Calificación
0	44	Pobre
45	64	Marginal
65	79	Regular
80	94	Buena
95	100	Excelente

Fuente: (SDA , 2008).

Índice de alteración potencial de la calidad del agua (Iacal). Este índice mide la alteración potencial de la calidad del agua en un territorio determinado, a partir de la carga contaminante que se vierte sobre el recurso hídrico en esta área.

Metodología de cálculo. El Iacal se calcula de acuerdo con la metodología planteada por el Ideam en dos referencias (Ideam, 2010; Ideam, 2014), esto es, tomando en cuenta las cargas contaminantes de sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total (N_T) y fósforo total (P_T), medidas en t/año que se generan en una cuenca determinada. Al conocer las cargas contaminantes existentes de estos cinco parámetros en las cuencas objeto de estudio, al igual que la oferta de agua disponible en esta área, se logra calcular, en una escala de 1 a 5, qué tan vulnerable es el agua disponible a ser contaminada con estos agen-

tes. A continuación se muestran las calificaciones que se pueden obtener después de calcular el Iacal (tabla 5).

Tabla 5

Índice de calificación del Iacal

Calificación	Iacal cualitativo
1	Baja
2	Moderada
3	Media alta
4	Alta
5	Muy alta

Fuente: Ideam (s.f.).

Para calcularse, debe determinarse la carga contaminante total (K), expresada en toneladas/año en cada territorio, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$K = K_p + K_{IND} + K_C + K_{SG} + K_Z$$

Donde:

- K_p: carga contaminante proveniente de la población en t/año.
- K_{IND}: carga contaminante proveniente de la industria en t/año.
- K_C: carga contaminante proveniente del beneficio del café en t/año.
- K_{SG}: carga contaminante proveniente del sacrificio de ganado en t/año.

Tabla 6
Resultados ICA en la cuenca Torca, año 2015

N.º	Cuenca	Torca	Resumen ICA, año 2015			
	Punto	Sector	Año	Semestre	WQI numérico	WQI cualitativo
1	Bosque de Pinos	I	2015	I	0,80	Aceptable
2	Cl. 161 Dardanelos	I	2015	I	0,41	Mala
3	San Simón	II	2015	I	0,38	Mala
4	Entrada Club Guaymaral	II	2010	II	0,41	Mala

Fuente: EAB-Consortio Hidrocuencas.

K_z : carga contaminante proveniente de otras actividades económicas en t/año.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca Torca

ICA. Los resultados de los datos del ICA corresponden al periodo 2010-2015, en el que el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos. En la tabla anterior se resumen los valores del ICA de todos los puntos en el periodo más reciente disponible (tabla 6).

Es posible observar que en el único punto de la cuenca donde se tiene una calidad del agua aceptable es en **Bosque de Pinos**, debido a que en este punto la comunidad respeta y conserva las condiciones naturales de la corriente de agua. En los demás puntos, donde el cauce ha sido canalizado y ha recibido vertimientos de la ciudad, se obtiene una mala calificación de la calidad del agua.

El ICA calculado para las tres campañas de monitoreo registra un comportamiento muy parecido al histórico. Los puntos monitoreados de la parte alta de la cuenca (Bosque de Pinos y quebrada La Floresta) presentan una calidad aceptable, mientras que en los de las partes media y baja la calidad oscila entre regular y mala (tabla 7).

WQI. Los resultados históricos de los datos del WQI corresponden al periodo 2010-2015, en el que el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos. A continuación, se resumen los valores del WQI de todos los puntos en el periodo más reciente disponible (tabla 8).

Como se puede apreciar, el índice WQI presentó resultados similares al ICA.

El WQI calculado para las tres campañas de monitoreo registra un comportamiento muy parecido. Los puntos monitoreados de la parte alta de la cuenca, comparados con el histórico, presentaron una variabilidad entre regular y marginal, y en las partes media y baja de la cuenca tuvieron una calidad pobre.

Tabla 7
Resultados ICA en la cuenca Torca, promedio campañas

N.º	Cuenca	Torca	Resumen ICA, promedio			
	Punto	Sector	Año	Semestre	ICA numérico	ICA cualitativo
1	Bosque de Pinos	I	2016	I	0,76	Aceptable
2	Quebrada La Floresta	I	2016	I	0,71	Aceptable
3	Calle 161 Dardanelos	II	2016	I	0,53	Regular
4	San Simón	II	2016	I	0,38	Mala
5	Desembocadura	II	2016	I	0,40	Mala

Fuente: EAB-Consortio Hidrocuencas.

Tabla 8
Resultados WQI en la cuenca Torca, año 2015

Cuenca		Torca	Resumen WQI, año 2015			
N.º	Punto	Sector	Año	Semestre	WQI numérico	WQI cualitativo
1	Bosque de Pinos	I	2015	I	71,69	Regular
2	Calle 161 Dardanelos	I	2015	I	5,47	Pobre
4	San Simón	II	2015	I	12,84	Pobre
5	Entrada Club Guaymaral	II	2010	I	20,67	Pobre

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.

Iacal. Para el cálculo del indicador se utilizó información secundaria de acuerdo con los sectores hidráulicos de la cuenca, analizándolos desde las cargas poblacional e industrial, debido a que en esta zona no se reportaron cultivos de café, sacrificio de ganado ni otras actividades económicas (tabla 9).

En todos los sectores hidráulicos de la cuenca Torca el Iacal resulta calificado como muy alto, lo que significa que en toda esta zona la carga contaminante ejercida por la población y el sector industrial es muy grande, excepto en la zona alta de la cuenca.

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca Salitre

ICA. Los resultados históricos de los datos del ICA corresponden al periodo 2006-2015, en el que el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los lapsos. Los valores del ICA de todos los puntos en el periodo más reciente se resumen más adelante (tabla 10).

Como se puede observar, en el único punto de la cuenca donde se tiene una calidad del agua aceptable es en la **quebrada Arzobispo**, en la que se conservan

Tabla 9
Resumen de cargas contaminantes en la cuenca Torca

Cargas contaminantes		DBO t/ año	DQO t/ año	DQO- DBO t/ año	SST t/ año	N _T t/ año	P _T t/ año	Total t/ año
K _p	Fracción conectada al alcantarillado que vierte directamente al sistema Torca	4237,05	9533,35	5296,31	6355,57	706,17	282,47	16.877,56
	Fracción conectada al alcantarillado que vierte a la cuenca Salitre	442,48	2395,29	1952,81	505,31	260,37	104,15	3265,12
	Fracción conectada a pozo séptico	12,24	24,48	12,24	7,33	-	-	31,81
K _{IND}	Fracción conectada al alcantarillado que vierte directamente al sistema Torca	588,54	810,67	222,12	411,63	-	-	1222,30
	Fracción conectada al alcantarillado que vierte a la cuenca Salitre	148,06	220,92	72,85	61,19	-	-	282,10
K		5428,37	12.984,71	7556,34	7341,02	966,55	386,62	21.678,90

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.

Tabla 10
Resultados ICA en la cuenca Salitre, año 2015

Cuenca		Salitre	Resumen WQI, año 2015			
N.º	Punto	Sector	Año	Semestre	WQI numérico	WQI cualitativo
1	Quebrada Arzobispo	I	2015	I	0,75	Aceptable
2	Av. 68 con Cl. 80	III	2015	I	0,32	Mala
3	Humedal Cl. 98 Cra. 94G	IV	2015	I	0,32	Mala
4	PTAR Salitre	IV	2015	I	0,36	Mala

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.

Tabla 11
Resultados ICA en la cuenca Salitre, promedio campañas

N.º	Cuenca		Resumen ICA, promedio			
	Punto	Sector	Año	Semestre	ICA numérico	ICA cualitativo
1	Quebrada La Vieja	I	2016	I	0,76	Aceptable
2	Quebrada Las Delicias	I	2016	I	0,69	Regular
3	Quebrada Arzobispo	I	2016	I	0,74	Aceptable
4	PTAR Salitre	IV	2016	I	0,35	Mala

Fuente: EAB-Consortio Hidrocuenas.

Tabla 12
Resultados WQI en la cuenca Salitre, año 2015

N.º	Punto	Sector	Año	Semestre	WQI numérico	WQI cualitativo
1	Quebrada Arzobispo	I	2015	I	67,42	Regular
2	Av. 68 con Cl. 80	III	2015	I	4,19	Pobre
3	Humedal Cl. 98 Cra. 94G	IV	2015	I	8,55	Pobre
4	PTAR Salitre	IV	2015	I	3,55	Pobre

Fuente: EAB-Consortio Hidrocuenas.

las condiciones naturales de la corriente de agua. En los demás puntos, donde el cauce se ha canalizado y ha recibido vertimientos de la ciudad, se obtiene una mala calificación de la calidad del agua.

El ICA calculado para las tres campañas de monitoreo se realizó en puntos altos de la cuenca y la parte baja, mientras que en la parte media sólo se trabajó con datos históricos, como se presentó anteriormente. En la tabla siguiente se observa que aún se conserva la calidad del agua de las quebradas altas de la cuenca del Salitre, exceptuando la de Las Delicias, que presentó flujo únicamente en época de invierno con una calidad regular y el punto de la PTAR Salitre, correspondiente a la descarga de la cuenca, ésta sí de mala calidad (tabla 11).

WQI. Los resultados históricos de los datos del WQI corresponden al periodo 2006-2015, donde el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos (tabla 12).

Como se puede observar, el índice WQI presentó un resultado similar al ICA.

El WQI calculado para las tres campañas de monitoreo presenta un comportamiento muy parecido, donde los puntos monitoreados de la parte alta, comparados con el histórico, presentaron una variabilidad entre

regular y marginal, así como una calidad pobre en la parte baja de la cuenca.

Cabe destacar que en la quebrada Las Delicias sólo se utilizaron datos de las campañas 2 y 3 para el cálculo del WQI, debido a que durante la primera campaña no había caudal en dicha corriente. En este caso, los sólidos suspendidos totales, la demanda biológica de oxígeno, el nitrógeno total y el pH no cumplieron con las disposiciones establecidas por la SDA.

Iacal. Para calcular el indicador se usó información secundaria de acuerdo con los sectores hidráulicos de la cuenca, analizándolos desde la carga poblacional e industrial, debido a que en esta zona no se reportaron cultivos de café, sacrificio de ganado y otras actividades económicas (tabla 13).

A continuación se presentan los resultados del Iacal para los sectores hidráulicos de la cuenca del Salitre (figura 2).

Tabla 13
Resumen de cargas contaminantes, cuenca Salitre

Cargas contaminantes	DBO t/año	DQO t/año	DQO-DBO t/año	SST t/año	N _T t/año	P _T t/año	Total t/año
K _P	14.752,3	33.192,6	18.440,3	22.128,4	2458,7	983,5	58.763,2
K _{IND}	5493,4	7952,9	2459,5	4817,0	-	-	12.769,8
K	20.245,6	41.145,4	20.899,8	26.945,3	2458,7	983,5	71.533,0
Remoción PTAR Salitre	11.888,5	-	-	19.514,6	-	-	-
% de carga contaminante restante	41,28 %	100,00 %	100,00 %	27,58 %	100,00 %	100,00 %	56,10 %
K final	8357,2	41.145,4	20.899,8	7430,7	2458,7	983,5	40.129,9

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.

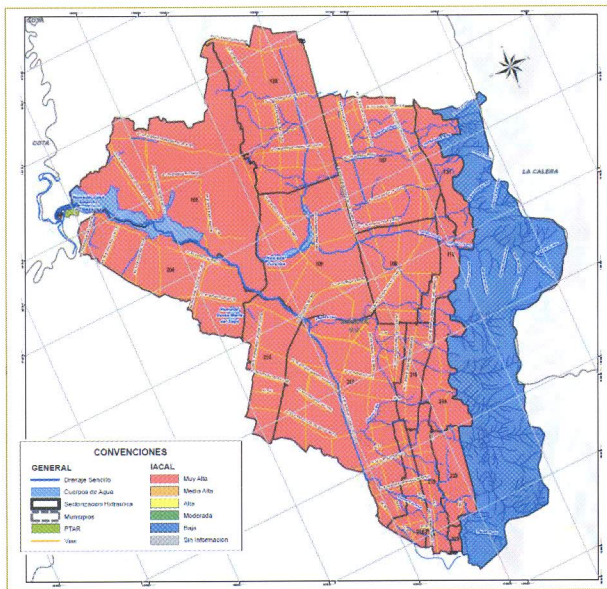


Figura 2. Sectores hidráulicos en la cuenca del Salitre.

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas, con base cartográfica del IGAC (2016).

Como se puede observar, todos los sectores hidráulicos se ilustran en rojo, correspondiente a un Ical muy alto, y la parte alta, que no está dentro de ningún sector hidráulico y no tiene población ni industrias que contaminen potencialmente el agua, se ilustra en azul, que corresponde a un Ical bajo.

Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca Fucha

ICA. Los resultados históricos de los datos del ICA corresponden al periodo 2006-2015, en el que el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos (tabla 14).

El Delirio es el único punto de la cuenca donde se tiene una calidad del agua aceptable, debido a que allí se conservan las condiciones naturales de la corriente de agua. En los demás puntos, donde el cauce se ha canalizado y se han recibido vertimientos de la ciudad, se obtiene una mala calificación de la calidad del agua.

El ICA calculado para las tres campañas de monitoreo presenta un comportamiento muy parecido al histórico, donde los puntos monitoreados de la parte alta (El Delirio y quebrada San Francisco) tienen una calidad aceptable y en la parte baja registran una calidad mala. No se monitoreó la parte media, debido a que la SDA cuenta con registros históricos.

WQI. Los resultados históricos de los datos del WQI corresponden al periodo 2006-2015, en el que el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos (tabla 15).

Tabla 14
Resultados ICA en la cuenca Fucha, año 2015

N.º	Cuenca	Punto	Fucha	Sector	Resumen ICA, período más reciente		
					Año	Semestre	ICA numérico
1	El Delirio		I	2015	I	0,80	Aceptable
2	Av. Ferrocarril		III	2015	I	0,33	Mala
3	Av. Américas		III	2015	I	0,32	Mala
4	Av. Boyacá		IV	2015	I	0,32	Mala
5	Desembocadura		IV	2015	I	0,26	Mala

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.

Tabla 15
Resultados WQI en la cuenca Fucha, año 2015

Cuenca		Fucha		Resumen WQI, año 2015		
N.º	Punto	Sector	Año	Semestre	WQI numérico	WQI cualitativo
1	El Delirio	I	2015	I	63,47	Marginal
2	Av. Ferrocarril	III	2015	I	6,73	Pobre
3	Av. Américas	III	2015	I	6,90	Pobre
4	Av. Boyacá	IV	2015	I	5,43	Pobre
5	Desembocadura	IV	2015	I	7,93	Pobre

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

Como se puede observar, los resultados del índice de WQI son similares a los del ICA.

El WQI calculado para las tres campañas de monitoreo presenta un comportamiento muy parecido, donde los puntos monitoreados de la parte alta comparados con el histórico registraron una calidad marginal y en la parte baja de la cuenca tuvieron una calidad pobre.

En los puntos El Delirio y quebrada San Francisco no se obtuvo una calificación más alta debido a que los sólidos suspendidos totales, el nitrógeno total, el fósforo total y los coliformes fecales no cumplieron, por lo menos en una campaña, con los objetivos de calidad establecidos por la SDA, a pesar de tener concentraciones mucho mejores que en el punto de monitoreo de la cuenca baja.

Iacal. Para calcular el indicador se utilizó información secundaria, de acuerdo con los sectores hidráulicos de la cuenca, analizándolos desde la carga poblacional, industrial y de sacrificio de ganado, debido a que en esta zona no se reportaron cultivos de café y otras actividades económicas (tabla 16).

A renglón seguido, se presentan los resultados del Iacal para los sectores hidráulicos de la cuenca del río Fucha (figura 3).

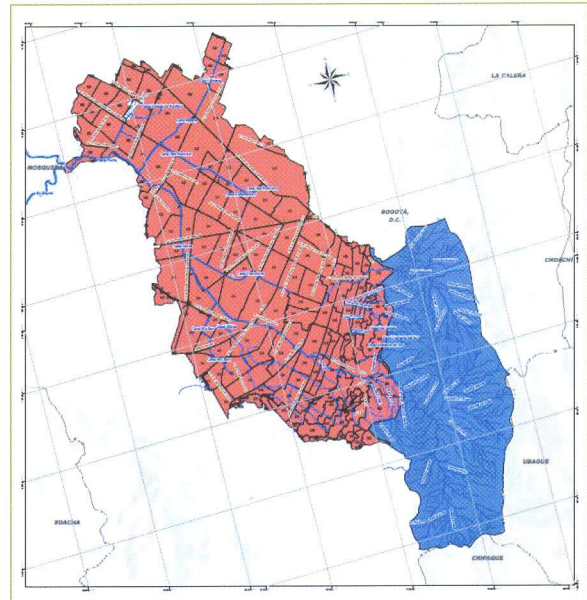


Figura 3. Sectores hidráulicos en la cuenca del río Fucha.

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas, con base cartográfica del IGAC (2004).

Tabla 16
Resumen de cargas contaminantes en la cuenca del río Fucha

Cargas contaminantes	DBO t/año	DQO t/año	DQO-DBO t/año	SST t/año	N _T t/año	P _T t/año	Total t/año
K _p	29.382,46	66.110,53	36.728,07	44.073,69	4897,08	1958,83	117.040,13
K _{IND}	23.102,36	32.819,77	9717,41	11.806,94	0,00	0,00	44.626,71
K _{SG}	5,4	10,56	5,16	2,4	-	-	23,52
K _C	-	-	-	-	-	-	-
K _Z	-	-	-	-	-	-	-
K	52.490,22	98.940,86	46.450,64	55.883,03	4897,08	1958,83	161.690,36

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

Como se puede observar, todos los sectores hidráulicos ilustrados en rojo corresponden a un Iacal muy alto, y la parte alta, que no está dentro de ningún sector hidráulico y no tiene población ni industrias que contaminen potencialmente el agua, está ilustrada en azul, correspondiente a un Iacal bajo. Debido a que en este sector de los cerros orientales no se reportan industria ni población, en este caso el Iacal obtiene el mejor puntaje posible.

CONCLUSIONES

- **Cuenca Torca.** Los resultados obtenidos del ICA y WQI concuerdan con la realidad de la cuenca. En la parte alta de la cuenca la calidad del agua es aceptable porque no se presentan tantos vertimientos, mientras que en sus partes media y baja su calidad se deteriora debido a que actualmente no se realiza ningún tratamiento previo de las aguas residuales antes de ser vertidas al río Torca.
- **Cuenca Salitre.** Los resultados obtenidos del ICA y WQI sólo mantienen condiciones aceptables en la cuenca alta debido a que en ese punto no se recibe ningún tipo de vertimiento. Por otro lado, en virtud de que en Bogotá no se realiza un tratamiento previo de las aguas residuales antes de ser vertidas sobre el agua del Salitre, apenas la corriente comienza a recibir vertimientos, se contamina. Este es el factor determinante para que la calidad del agua en los demás puntos sea calificada como mala.
- **Cuenca Fucha.** Los resultados obtenidos del ICA y WQI únicamente mantienen condiciones aceptables en la cuenca alta debido a que en ese punto no se recibe ningún tipo de vertimiento. Cuando el río entra en contacto con la ciudad comienza a recibir muchos vertimientos y conexiones erradas que han deteriorado la calidad de la fuente.
- El agua de las cuencas urbanas, como Torca, Salitre y Fucha, presenta un Iacal alto a causa del elevado valor de DBO_5 y DQO debido a los factores poblacional e industrial.

Agradecimientos

Agradecimientos especiales a la Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá, sobre todo al equipo de la Gerencia Ambiental, por el apoyo en la ejecución de la ERA para las cuencas de los ríos Fucha, Salitre y Torca.

REFERENCIAS

- EAB-ESP-Consorcio Hidrocuencas (2016). Producto 4. *Cálculo de los indicadores para la oferta, la demanda, la calidad y los riesgos asociados al recurso de las corrientes objeto de los estudios desarrollados 100 % de avance. Informe final*. Contrato de consultoría N.º 1-02-24300-754-2015, cuyo objeto principal es "Elaborar los estudios de balance hídrico en cuencas que pertenecen a la región hídrica, mediante la implementación de los indicadores de la evaluación regional del agua (ERA), para diferentes escenarios hidrológicos, que permitan conocer el estado de las mismas, como estrategia de gestión integral del sistema hídrico frente a la variabilidad y el cambio climático".
- EAB-ESP -EPAM S.A. (2013). *ERA Fase I. Realizar una propuesta de estrategias, metodologías y herramientas para la implementación de la evaluación regional del agua, así como para definir los requerimientos funcionales del sistema de información regional del recurso hídrico*. Bogotá, D.C.
- EAB-ESP-EPAM S.A. (2014). Producto 3. *Desarrollo y validación de la evaluación regional del agua en la cuenca hidrográfica del río Tunjuelo*. Bogotá, D.C.
- Ideam (2010). *Estudio Nacional del Agua (ENA) 2010*. Bogotá.
- Ideam (2011). Índice de calidad del agua en corrientes superficiales. Obtenido de http://www.ideam.gov.co/documents/24155/123679/08-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_Fl.pdf/c0c6eca3-1a2b-484c-82f8-76536f62e2c7.
- Ideam (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua. Bogotá, D.C.
- Ideam (2014). *Estudio Nacional del Agua 2014*. Bogotá, D.C.
- MADS (2007). Decreto 1323 de 2007, "Por el cual se crea el Sistema de Información del Recurso Hídrico (SIRH)". Bogotá, D.C.
- MADS (2010). *Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico*. Colombia.
- MADS (2011). *Ruta metodológica para la definición de los actores claves en la planeación de las áreas del sistema de Parques Nacionales Naturales*. Bogotá, D.C.
- SDA (2008). *Calidad del recurso hídrico de Bogotá, D.C., 2008-2009*.
- SDA (2009). *Calidad del recurso hídrico de Bogotá, D.C., 2009-2010*.
- SDA (2010). *Calidad del recurso hídrico de Bogotá, D.C., 2010-2011*.
- SDA (2011). *Calidad del recurso hídrico de Bogotá, D.C., 2011-2012*.
- SDA (2012). *Calidad del recurso hídrico de Bogotá, D.C., 2012-2013*.