

# Calidad del agua en las cuencas de los ríos Blanco, Une y Guatiquía para la evaluación regional del agua (ERA)

## Water quality in the basins of Blanco, Une, and Guatiquía Rivers for the Regional Water Evaluation (RWE)

YULY ANDREA SÁNCHEZ LONDOÑO

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

yuly.sanchez@escuelaing.edu.co

Recibido: 10/01/2017 Aceptado: 14/04/2017

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 los ríos Blanco, Une y Guatiquía, donde 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 se encontró que la calidad del agua de las cuencas rurales, como los ríos Blanco, Une y Guatiquía, tiene un índice de alteración potencial de contaminación alto, por el alto contenido de nitrógeno y fósforo, producto de la agricultura.

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 the Regional Water Evaluation (RWE) by the Water and Sewage Company of Bogotá (EAB) on the basins of Blanco, Une, and Guatiquía Rivers, where monitoring spots were chosen to determine water quality regarding physical, chemical, and microbiological parameters, and establish the Water Quality Index (WQI) and Potential Water Quality Alteration Index (PWQAI) indicators.

**Keywords:** Quality, RWE, WQI, PWQAI.

## INTRODUCCIÓN

La determinación de la calidad del agua de las cuencas de estudio corresponde al río Blanco, entre la confluencia de la quebrada Quisquizá y la confluencia con el río Negro, antes de la confluencia con el río Cáqueza; además, las quebradas La Horqueta 1 (pozo 4), La Cortadera (pozo 1), Piedras Gordas (pozo 3) y Palacio Buitrago (pozo 2); al río Une, desde su nacimiento hasta aguas abajo de la confluencia del río Guatavita, y al río Guatiquía, desde la compuerta (sitio de captación) hasta la estación San Luis.

La calidad del agua en la evaluación regional del agua (ERA) se estableció a través de los indicadores del ICA, Iacal 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 determinar los índices históricos y compararlos con las campañas de monitoreo; se presentó una calidad entre regular, buena y excelente para las partes alta, media y baja en el ICA y WQI, en tanto que en el caso del Iacal se halló un alto contenido de nitrógeno y fósforo, producto de la agricultura.

## 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 tomaron en cuenta 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 hicieron visitas de campo del 14 al 29 de enero de 2016, en cada una de las cuencas de estudio.

### Campañas de monitoreo

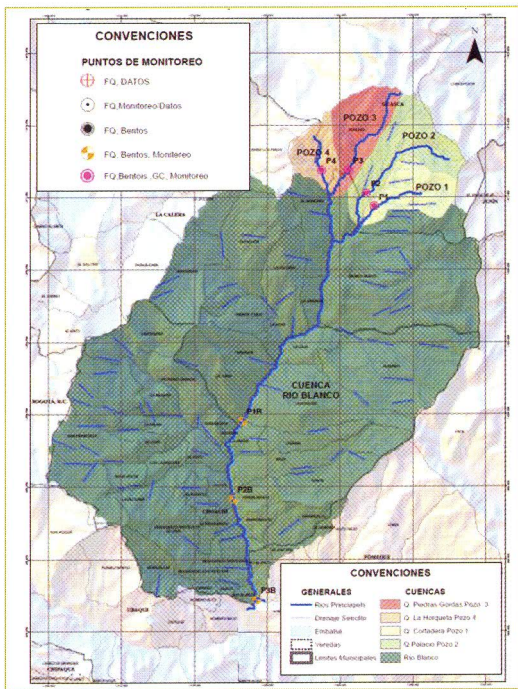
Se realizaron tres campañas de monitoreo; la primera, desarrollada en condiciones hidrológicas secas, se llevó a cabo en el periodo comprendido entre el 29 de febrero y el 10 de marzo de 2016, en un muestreo específico hecho en cada uno de los puntos de monitoreo descritos más adelante; la segunda, efectuada 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, realizada 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.

A continuación se presenta la localización de los puntos de monitoreo de las cuencas de estudio (tabla 1, y figuras 1, 2 y 3).

**Tabla 1**  
Puntos de monitoreo

| Cuenca    | Nombre                            | Norte       | Este        |
|-----------|-----------------------------------|-------------|-------------|
| Guatiquía | Descarga río Frío                 | 992850,55   | 1036502,222 |
|           | Descarga San Luis de Toledo       | 987516,683  | 1046030,713 |
|           | Captación San José                | 993567,304  | 1038715,227 |
|           | Guatiquía Batea                   | 993915,784  | 1035012,835 |
| Blanco    | Quebrada Cortadera, pozo 1        | 1011528,716 | 1025888,721 |
|           | Quebrada Palacio Buitrago, pozo 2 | 1012232,002 | 1025457,024 |
|           | Quebrada Piedras Gordas, pozo 3   | 1013515,679 | 1013515,679 |
|           | Quebrada Horqueta, pozo 4         | 1013506,001 | 1022991,148 |
|           | Desembocadura río Negro           | 989763,679  | 1019388,161 |
|           | Puente Medina                     | 995329,324  | 1018104,49  |
|           | Llanadas                          | 999623,703  | 1018618,269 |
| Une       | Vereda Combura                    | 977290,307  | 1001964,873 |
|           | Vereda Hoyas                      | 980807,815  | 1008581,043 |
|           | Descarga Cáqueza                  | 979810,358  | 1014599,366 |
|           | Balneario                         | 980028,002  | 1011802,958 |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas, 2016.



**Figura 1.** Localización de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Blanco.

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

**Toma de muestras**

Las muestras puntuales 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 DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, P<sub>T</sub>, N<sub>T</sub>, G y A, SAAM y CF, para llevarlos al laboratorio. *In situ*, se tomaron valores de T °C, CE, pH y OD. Sólo en ciertos puntos se tomaron valores de *Giardia* y *Cryptosporidium*.

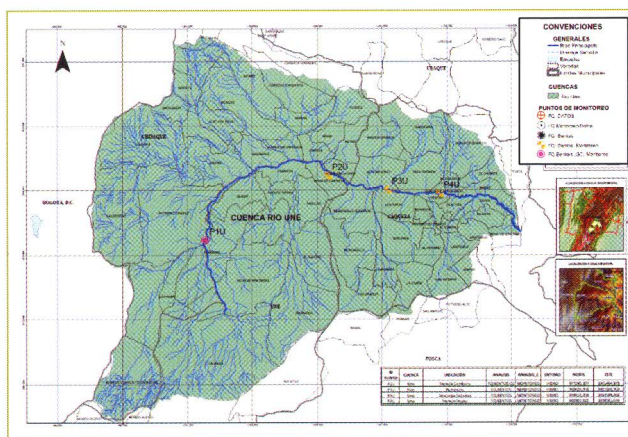
**Índices de calidad del agua**

**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<sub>T</sub>, P<sub>T</sub>, 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 – 1. El índice se calcula como la multiplicación ponderada de los parámetros, de acuerdo con lo presentado en el ENA 2010 (Ideam, 2010), así:

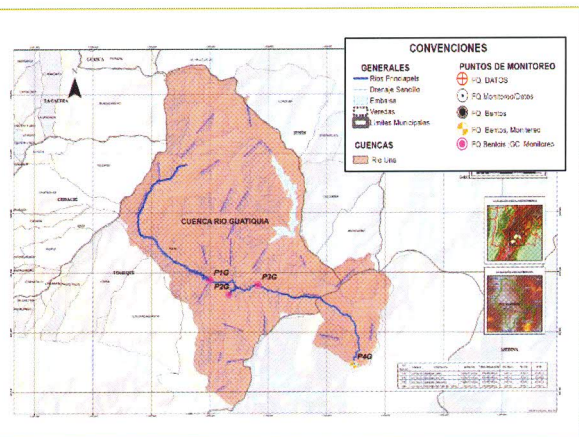
$$ICA = \sum 0,16I_{OD} + 0,14I_{SST} + 0,14I_{DQO} + 0,14I_{CE} + 0,14IN_{T/P_T} + 0,14I_{pH} + 0,14I_{CF}$$

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



**Figura 2.** Localización de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Une.

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



**Figura 3.** Localización de los puntos de monitoreo en la cuenca del río Guatiquía.

**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, lo utiliza 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, DBO<sub>5</sub>, DQO, SST, N<sub>T</sub>, P<sub>T</sub>, 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.** En cuencas urbanas como Bogotá, la Secretaría Distrital de Ambiente determina claramente unos tramos y unos objetivos de calidad del agua por tramo, lo que no se encuentra así definido para las cuencas de los ríos Blanco, Une y Guatiquía; por tal razón, para calcular el WQI se estudiaron varias normas que definen objetivos de calidad genéricos para el agua en todo el país. Sin embargo, estos objetivos no están basados en un histórico ni en el conocimiento profundo del comportamiento de la calidad del agua en las cuencas mencionadas. A renglón seguido se resumen estos objetivos de calidad que se utilizarán para calcular el WQI de las cuencas localizadas fuera de la ciudad de Bogotá (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).

**Índice de alteración potencial de la calidad del agua (Iacal).** El Iacal es un índice que 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.

**Tabla 3**

Objetivos de calidad del agua por parámetro para el cálculo del WQI en las cuencas de los ríos Blanco, Une y Guatiquía

| Parámetro          | Unidades   | Tramo          |                  |                  |
|--------------------|------------|----------------|------------------|------------------|
|                    |            | I: Cuenca alta | II: Cuenca media | III: Cuenca baja |
| OD                 | mg/L       | 5 **           | 4 **             | 2***             |
| DBO <sub>5</sub>   | mg/L       | 90*            | 90*              | 70*              |
| DQO                | mg/L       | 180*           | 180*             | 150*             |
| N total            | mg/L       | 1,5***         | 10 ***           | 10 ***           |
| P total            | mg/L       | 0,1***         | 1***             | 1***             |
| SST                | mg/L       | 90*            | 90*              | 70*              |
| A Y G              | mg/L       | 20*            | 20*              | 10*              |
| Coliformes fecales | NMP/100 mL | 100 ***        | 2000 **          | 2000**           |
| pH                 | Unidad     | 6-9*           | 6-9*             | 6-9*             |
| SAAM               | mg/L       | 0,5 **         | 0,5 **           | 0,5**            |

\* Valor tomado del Decreto 631 de 2015.

\*\* Valor tomado del Decreto 1076 de 2015, artículo 2.2.3.3.9.10. Criterios de calidad para preservación de flora y fauna. Artículo 2.2.3.3.9.3. Criterios de calidad del agua para consumo humano y doméstico.

\*\*\* Valor tomado de la Resolución 5731 de 2008, expedida por la SDA.

**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.

**Metodología de cálculo.** El Iacal se calcula de acuerdo con la metodología planteada por el Ideam en las referencias (Ideam, 2010; Ideam, 2014), esto es, tomando en cuenta las cargas contaminantes de sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), nitrógeno total (N<sub>T</sub>) y fósforo total (P<sub>T</sub>), medidas en toneladas/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 susceptible es el agua disponible de ser contaminada con estos agentes. A continuación, se muestran las calificaciones que pueden obtenerse 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<sub>p</sub>: carga contaminante proveniente de la población en t/año.
- K<sub>IND</sub>: carga contaminante proveniente de la industria en t/año.
- K<sub>C</sub>: carga contaminante proveniente del beneficio del café en t/año.
- K<sub>SG</sub>: carga contaminante proveniente del sacrificio de ganado en t/año.
- K<sub>Z</sub>: carga contaminante proveniente de otras actividades económicas en t/año.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca del río Blanco

#### Pozo 1, pozo 2, pozo 3 y pozo 4

**ICA.** Los resultados históricos de los datos del ICA corresponden al periodo 2012-2015, en el que el comportamiento histórico de la parte alta de la cuenca del río Blanco es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos, mientras que para las partes media y baja no se poseen datos históricos de la cuenca (tabla 6).

La quebrada Cortadera - pozo 1 es el único punto de la cuenca donde se tiene una calidad del agua aceptable, pero en los otros pozos hay un agua de buena calidad donde se conservan las condiciones naturales, debido a que corresponde a un área resguardada por Parques Nacionales Naturales de Colombia y la EAB.

**Tabla 6**

Resultados del ICA en la cuenca del río Blanco, pozos año 2012

| N.º | Punto                        | Sector | Año  | Semestre | ICA numérico | ICA cualitativo |
|-----|------------------------------|--------|------|----------|--------------|-----------------|
| 1   | Q. Cortadera - pozo 1        | I      | 2012 | I y II   | 0,88         | Aceptable       |
| 2   | Q. Palacio Buitrago - pozo 2 | I      | 2012 | I y II   | 0,94         | Buena           |
| 3   | Q. Piedras Gordas - pozo 3   | I      | 2012 | I y II   | 0,92         | Buena           |
| 4   | Q. La Horqueta - pozo 4      | I      | 2012 | I y II   | 0,93         | Buena           |

Fuente: EAB-Consortio Hidrocuenas.

Tabla 7

Resultados del ICA en la cuenca del río Blanco, promedio campañas

| Cuenca |                              | Río Blanco | Resumen ICA, promedio |          |              |                 |
|--------|------------------------------|------------|-----------------------|----------|--------------|-----------------|
| N.º    | Punto                        | Fecha      | Año                   | Semestre | ICA numérico | ICA cualitativo |
| 1      | Q. Cortadera - pozo 1        | -          | 2016                  | I        | 0,753        | Aceptable       |
| 2      | Q. Palacio Buitrago - pozo 2 | -          | 2016                  | I        | 0,780        | Aceptable       |
| 3      | Q. Piedras Gordas - pozo 3   | -          | 2016                  | I        | 0,851        | Aceptable       |
| 4      | Q. Horqueta - pozo 4         | -          | 2016                  | I        | 0,819        | Aceptable       |
| 5      | Blanco CPA                   | -          | 2016                  | I        | 0,757        | Aceptable       |
| 6      | Llanadas                     | -          | 2016                  | I        | 0,777        | Aceptable       |
| 7      | Puente Medina                | -          | 2016                  | I        | 0,746        | Aceptable       |
| 8      | Desembocadura río Negro      | -          | 2016                  | I        | 0,744        | Aceptable       |

Fuente: EAB-Consortio Hidrocuenas.

El ICA calculado para las tres campañas de monitoreo varió el comportamiento con lo presentado en lo histórico, donde los puntos monitoreados de la parte alta registran una calidad aceptable, al igual que en sus partes media y baja (tabla 7).

**WQI.** Los resultados históricos de los datos del WQI corresponden al periodo 2010-2015, donde el comportamiento histórico es casi similar para toda la cuenca en todos los periodos (tabla 8).

El resultado es un agua de calidad buena y excelente, según el WQI. En los casos donde no se obtiene un agua de excelente calidad, se debe a que el nitrógeno total y los coliformes fecales no cumplen con el objetivo de calidad, que es muy exigente. Los demás parámetros cumplen con los objetivos de calidad.

El WQI calculado para las tres campañas de monitoreo presenta un comportamiento muy diferente.

Los puntos monitoreados en la parte alta de la cuenca registraron una variabilidad entre excelente y regular, en tanto que los puntos monitoreados en las partes media y baja tuvieron una calidad excelente (tabla 9).

La calificación del WQI en la parte alta de la cuenca se ve afectada por el alto contenido de nitrógeno y la presencia de coliformes fecales. En las cuencas media y baja se encuentra un agua de similares características, pero la norma es menos exigente, por lo que se cumplió en todo momento con el estándar de calidad escogido.

**Ical.** Para calcular el indicador se utilizó información secundaria de acuerdo con los municipios del área de influencia de la cuenca, analizándolos desde la carga poblacional, de agricultura y de sacrificio de ganado, debido a que en esta zona no se reportaron cultivos de café, industria y otras actividades económicas (tabla 10).

Tabla 8

Resultados del WQI en la cuenca del río Blanco, año 2012

| Cuenca |                              | Torca  | Resumen WQI, año 2015 |          |              |                 |
|--------|------------------------------|--------|-----------------------|----------|--------------|-----------------|
| N.     | Punto                        | Sector | Año                   | Semestre | WQI numérico | WQI cualitativo |
| 1      | Q. Cortadera - pozo 1        | I      | 2012                  | I y II   | 93,9         | Buena           |
| 2      | Q. Palacio Buitrago - pozo 2 | I      | 2012                  | I y II   | 100          | Excelente       |
| 3      | Q. Piedras Gordas - pozo 3   | I      | 2012                  | I y II   | 100          | Excelente       |
| 4      | Q. La Horqueta - pozo 4      | I      | 2012                  | I y II   | 100          | Excelente       |

Fuente: Consorcio Hidrocuenas.

**Tabla 9**  
Resultados del WQI en la cuenca del río Blanco, primer semestre de 2016

| N.º | Cuenca                     |                   | Resumen WQI, periodo 2016 I, campañas de monitoreo |          |              |                 |
|-----|----------------------------|-------------------|--|----------|--------------|-----------------|
|     | Nombre                     | Río Blanco Sector | Año  | Semestre | WQI numérico | WQI cualitativo |
| 1   | Q. Cortadera               | I                 | 2016   | I        | 73,7         | Regular         |
| 2   | Q. Palacio Buitrago        | I                 | 2016   | I        | 74,6         | Regular         |
| 3   | Q. Piedras Gordas - pozo 3 | I                 | 2016   | I        | 74,7         | Regular         |
| 4   | Q. Horqueta - pozo 4       | I                 | 2016   | I        | 71,5         | Regular         |
| 5   | Blanco CPA                 | I                 | 2016   | I        | 56,0         | Marginal        |
| 6   | Llanadas                   | II                | 2016   | I        | 100,0        | Excelente       |
| 7   | Puente Medina              | II                | 2016   | I        | 100,0        | Excelente       |
| 8   | Desembocadura río Negro    | III               | 2016   | I        | 100,0        | Excelente       |

Fuente: Consorcio Hidrocuencas.

**Tabla 10**  
Resumen de cargas contaminantes en la cuenca del río Blanco

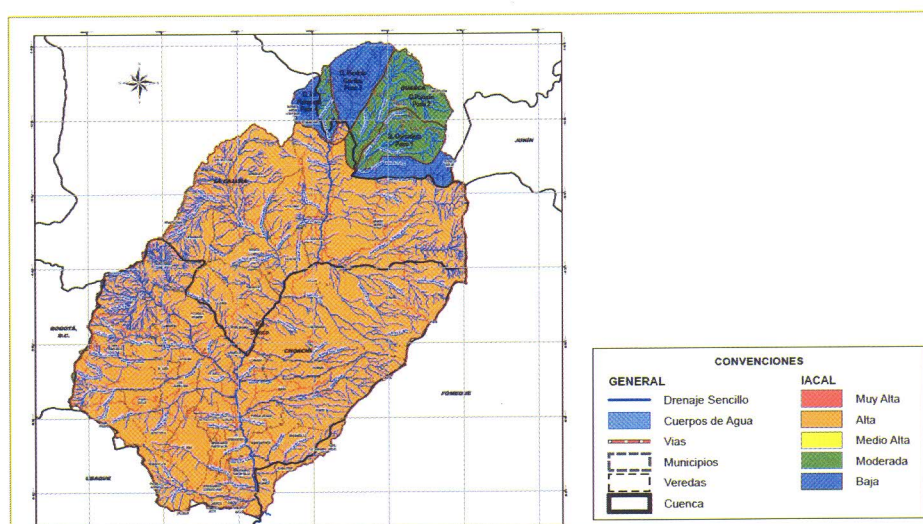
| Cargas contaminantes | DBO t/año | DQO t/año | DQO-DBO t/año | SST t/año | N <sub>T</sub> t/año | P <sub>T</sub> t/año | Total t/año |
|----------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|
| K <sub>p</sub>       | 130,6     | 293,8     | 163,2         | 195,9     | 21,8                 | 8,7                  | 520,2       |
| K <sub>SG</sub>      | 0,1       | 0,1       | 0,1           | 0,027     | -                    | -                    | 0,2         |
| K <sub>Z</sub>       | -         | -         | -             | -         | 532,1                | 1798,0               | 2330,1      |
| K                    | 130,7     | 294,0     | 163,3         | 195,9     | 553,8                | 1806,7               | 2850,4      |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

A renglón seguido se presentan los resultados del Iacal para los municipios de la cuenca del río Blanco (figura 4).

Se puede apreciar que el municipio con más contaminación es Choachí y que los contaminantes que más generan carga en la cuenca son el nitrógeno y el

fósforo, producto de la agricultura y el uso de fertilizantes, correspondiente a la principal actividad económica de la cuenca. Si bien esta contaminación no llega directamente a ningún vertimiento a los cuerpos de agua, puede llegar como contaminación difusa por escorrentía cuando se presentan lluvias. En la cuenca,



**Figura 4.** Municipios en la cuenca del río Blanco.

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

**Tabla 11**  
Resultados del ICA en la cuenca del río Une, promedio campañas

| Cuenca |                     | Río Une    | Resumen ICA, campaña 3 |          |              |                 |
|--------|---------------------|------------|------------------------|----------|--------------|-----------------|
| N.º    | Punto               | Fecha      | Año                    | Semestre | ICA numérico | ICA cualitativo |
| 1      | Vereda Combura      | 01/06/2016 | 2016                   | I        | 0,725        | Aceptable       |
| 2      | Las Hoyas           | 01/06/2016 | 2016                   | I        | 0,695        | Regular         |
| 3      | Balneario           | 01/06/2016 | 2016                   | I        | 0,655        | Regular         |
| 4      | Descarga de Cáqueza | 01/06/2016 | 2016                   | I        | 0,637        | Regular         |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

**Tabla 12**  
Resultados del WQI en la cuenca del río Une, primer semestre de 2016

| Punto | Nombre              | Sector | Año  | Semestre | WQI numérico | WQI cualitativo |
|-------|---------------------|--------|------|----------|--------------|-----------------|
| 1     | Vereda Combura      | I      | 2016 | I        | 77,1         | Regular         |
| 2     | Las Hoyas           | II     | 2016 | I        | 100,0        | Excelente       |
| 3     | Balneario           | II     | 2016 | I        | 93,7         | Buena           |
| 4     | Descarga de Cáqueza | II     | 2016 | I        | 93,8         | Buena           |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

el Ical resulta variable y se califica entre bajo y muy alto, dependiendo de la concentración de población y de zonas agrícolas, que son las principales fuentes de contaminación potencial al recurso hídrico.

#### Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca Une

**ICA.** No se reportaron datos históricos por parte de la Corporación Autónoma Regional de la Orinoquia (Corporinoquia). El ICA calculado para las tres campañas de monitoreo muestra una calidad aceptable en la parte alta de la cuenca y una calidad de regular estado en las partes media y baja (tabla 11).

**WQI.** El WQI calculado para las tres campañas de monitoreo presenta una calidad regular en la parte alta y entre excelente y buena en las partes media y baja (tabla 12).

Se obtuvo una calificación regular en el primer punto, a pesar de que se tiene un muy buen ICA, debido a que al pertenecer a la cuenca alta se califica con unos objetivos de calidad más exigentes que los demás puntos.

Los parámetros que contribuyeron a obtener un WQI regular fueron el nitrógeno, el fósforo y los coliformes fecales, cuyos objetivos son muy exigentes; en el punto vereda Las Hoyas se obtuvo una calificación perfecta, con unos objetivos de calidad menos exigentes, y en los dos últimos puntos se alcanzó una elevación de la concentración de los sólidos suspendidos totales, lo que hizo que la calificación bajara a buena. En la tercera campaña fue el mayor caudal en los dos últimos puntos, por lo que es natural la resuspensión de sólidos presentes en los sedimentos.

**Ical.** Para calcular el indicador se utilizó información secundaria de acuerdo con los municipios de la cuenca, analizándolos desde la carga poblacional, sacrificio de ganado y agricultura, debido a que en esta zona no se reportaron cultivos de café, industria y otras actividades económicas. Se describen a continuación todas las variables K necesarias para el cálculo del Ical (tabla 13).

En la página siguiente se presentan los resultados del Ical para los municipios de la cuenca del río Une (figura 5).

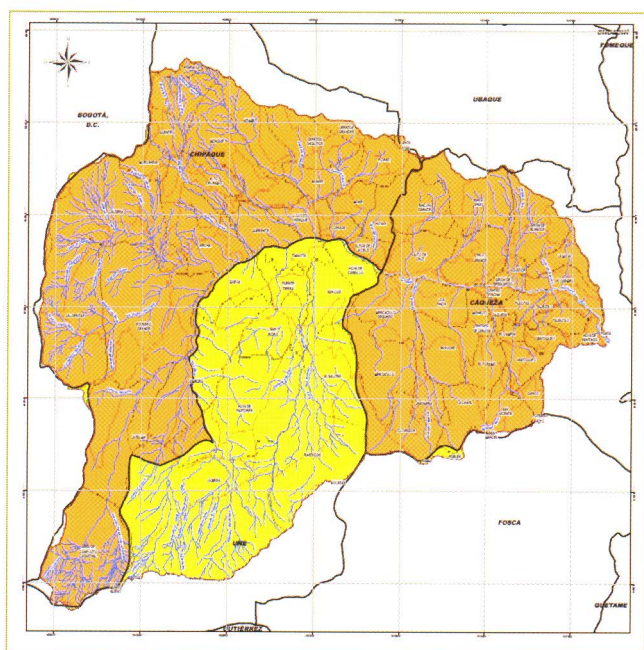


**Tabla 13**

Resumen de cargas contaminantes en la cuenca del río Blanco

| Cargas contaminantes | DBO t/año | DQO t/año | DQO-DBO t/año | SST t/año | N <sub>T</sub> t/año | P <sub>T</sub> t/año | Total t/año |
|----------------------|-----------|-----------|---------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|
| K <sub>p</sub>       | 3242      | 729,4     | 405,2         | 486,1     | 54,0                 | 24,4                 | 1294,0      |
| K <sub>IND</sub>     | -         | -         | -             | -         | -                    | -                    | -           |
| K <sub>SG</sub>      | 0,03      | 0,06      | 0,03          | 0,01      | -                    | -                    | 0,1         |
| K <sub>C</sub>       | -         | -         | -             | -         | -                    | -                    | -           |
| K <sub>Z</sub>       | -         | -         | -             | -         | 578,6                | 1955,1               | 2533,7      |
| K                    | 324,2     | 729,5     | 405,3         | 486,1     | 632,6                | 1979,6               | 3827,8      |
| K final              | 324,2     | 729,5     | 405,3         | 486,1     | 632,6                | 1979,6               | 3827,8      |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.



**Figura 5.** Municipios en la cuenca del río Une.

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

Como se puede observar, en todos los municipios de la cuenca de Une el Ical registra valores bajos para

los municipios de Ubaque, Fosca y Bogotá, municipios que tienen un impacto de casco urbano muy bajo en la cuenca, mientras que en los municipios de Cáqueza, Chipaque y Une se observan valores entre alto y medio alto para DBO<sub>5</sub>, DQO y SST. Se presentan valores muy altos para N<sub>T</sub> y P<sub>T</sub> en todos los municipios de la cuenca de Une, generados por la agricultura.

**Parámetros físicos, químicos y microbiológicos en la cuenca del río Guatiquía**

**ICA.** Los resultados históricos de los datos del ICA corresponden al periodo 2010-2012 en algunos puntos monitoreados por la EAB (tabla 14).

Como se puede observar, en los puntos monitoreados por la EAB la calidad del agua es buena. Estos puntos se encuentran dentro del Parque Nacional Natural Chingaza, donde la influencia humana y las fuentes de contaminación son prácticamente inexistentes.

El ICA calculado para las tres campañas de monitoreo presenta una calidad aceptable. El punto de captación difiere de la calidad del dato histórico, que varió de bueno a aceptable (tabla 15).

**Tabla 14**

Resultados del ICA en la cuenca del río Guatiquía, periodo 2010-2012

| N.º | Punto  | Sector | Año       | Semestre | ICA numérico | ICA cualitativo |
|-----|--|--------|-----------|----------|--------------|-----------------|
| 1   | Embalse de Chuza, descarga del río Guatiquía | I      | 2010-2012 | I y II   | 0,96         | Buena           |
| 2   | Río Guatiquía, aguas arriba de la captación  | II     |           | I y II   | 0,94         | Buena           |
| 3   | Río Guatiquía, aguas abajo de la captación   | II     |           | I y II   | 0,96         | Buena           |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuenas.

Tabla 15  
Resultados del ICA en la cuenca del río Guatiquía, promedio campañas

| N.º | Punto                       | Fecha | Año  | Semestre | ICA numérico | ICA cualitativo |
|-----|-----------------------------|-------|------|----------|--------------|-----------------|
| 1   | Batea                       | -     | 2016 | I        | 0,751        | Aceptable       |
| 2   | Descarga río Frío           | -     | 2016 | I        | 0,774        | Aceptable       |
| 3   | Captación San José          | -     | 2016 | I        | 0,744        | Aceptable       |
| 4   | Descarga San Luis de Toledo | -     | 2016 | I        | 0,737        | Aceptable       |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

Tabla 16  
Resultados del WQI en la cuenca Guatiquía, periodo 2010-2012

| N.º | Punto  | Sector | Año       | Semestre | WQI numérico | WQI cualitativo |
|-----|--|--------|-----------|----------|--------------|-----------------|
| 1   | Embalse de Chuza, descarga del río Guatiquía | I      | 2010-2012 | I y II   | 0,96         | Excelente       |
| 2   | Río Guatiquía, aguas arriba de la captación  | II     |           | I y II   | 0,94         | Excelente       |
| 3   | Río Guatiquía, aguas abajo de la captación   | II     |           | I y II   | 0,96         | Excelente       |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

**WQI.** Los resultados históricos de los datos del WQI corresponden al periodo 2010-2012, donde el comportamiento histórico es excelente en la parte alta de la cuenca. (tabla 16).

El WQI calculado para las tres campañas de monitoreo presenta una calidad excelente en todos los puntos monitoreados de la cuenca, debido a que cumple con todos los objetivos de calidad (tabla 17).

**Iacal.** Para calcular el indicador se utilizó información secundaria de acuerdo con los municipios de la cuenca, analizándolos desde la carga poblacional y de agricultura, debido a que en esta zona no se reportaron cultivos de café, sacrificio de ganado, industria y otras actividades económicas (tabla 18).

Seguidamente, se presentan los resultados del Iacal para los municipios de la cuenca del río Guatiquía (figura 6).

Tabla 17  
Resultados del WQI en la cuenca del río Guatiquía, primer semestre de 2016

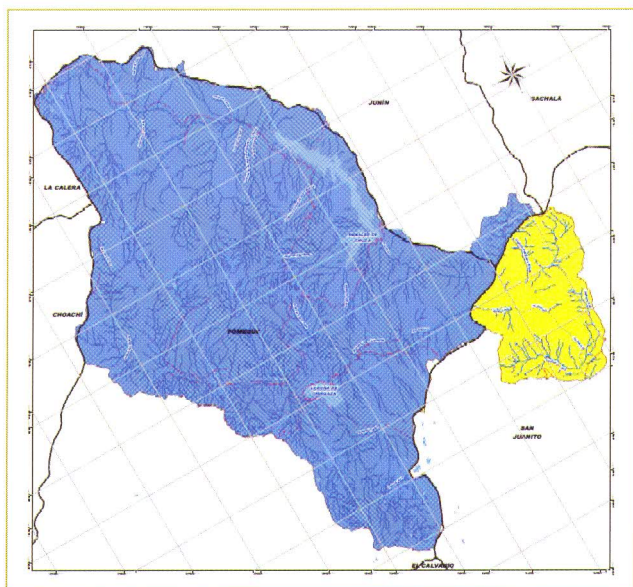
| N.º | Punto                       | Sector | Año  | Semestre | WQI numérico | WQI cualitativo |
|-----|-----------------------------|--------|------|----------|--------------|-----------------|
| 1   | Batea                       | II     | 2016 | I        | 100,0        | Excelente       |
| 2   | Descarga río Frío           | II     | 2016 | I        | 100,0        | Excelente       |
| 3   | Captación San José          | II     | 2016 | I        | 100,0        | Excelente       |
| 4   | Descarga San Luis de Toledo | III    | 2016 | I        | 100,0        | Excelente       |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.

Tabla 18  
Resumen de cargas contaminantes en la cuenca del río Guatiquía

| Cargas contaminantes | DBO <sub>5</sub> t/año | DQO t/año | DQO-DBO t/año | SST t/año | N <sub>T</sub> t/año | P <sub>T</sub> t/año | Total t/año |
|----------------------|------------------------|-----------|---------------|-----------|----------------------|----------------------|-------------|
| K <sub>p</sub>       | 29,8                   | 67,1      | 37,3          | 44,7      | 5,0                  | 2,0                  | 118,7       |
| K <sub>z</sub>       | -                      | -         | -             | -         | 26,0                 | 87,9                 | 114,0       |
| K                    | 29,8                   | 67,1      | 37,3          | 44,7      | 31,0                 | 89,9                 | 232,7       |
| K final              | 29,8                   | 67,1      | 37,3          | 44,7      | 31,0                 | 89,9                 | 232,7       |

Fuente: EAB-Consorcio Hidrocuencas.



**Figura 6.** Municipios en la cuenca del río Guatiquía.

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

Como se puede observar, el Icalal presenta valores bajos para los municipios de la cuenca del río Guatiquía en los parámetros de DBO<sub>5</sub>, DQO y SST, y valores entre bajos y muy altos en los parámetros de nitrógeno y fósforo generados por la agricultura.

## CONCLUSIONES

**Cuenca del río Blanco.** Presenta una calidad del agua entre buena y regular. En la parte alta de la cuenca ésta se encuentra dentro de un área protegida, con influencia mínima de la población, la industria y la agricultura, por lo que la calidad es buena a lo largo del cauce principal del río Blanco.

**Cuenca del río Une.** En la parte alta tiene una calidad aceptable, correspondiente a la vereda Combura, y en los otros puntos, regular. El río Une recibe las descargas de Chipaque, Une y Cáqueza, lo cual explica este tipo de contaminación.

**Cuenca del río Guatiquía.** Esta cuenca se encuentra en unas condiciones de calidad buenas, gracias a que la influencia del hombre es mínima por encontrarse en el Parque Natural Nacional Chingaza, con excepción de la descarga de San Luis de Toledo, que se ubica en la vereda con el mismo nombre, donde no se evidenciaron vertimientos cercanos a la fuente que puedan contaminarla.

El agua de las cuencas de los ríos Blanco, Une y Guatiquía presenta un Icalal alto, por el alto contenido de nitrógeno y fósforo, producto de la agricultura.

## 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 Blanco, Une y Guatiquía.

## REFERENCIAS

- Alcaldía Municipal de Chipaque (2012). *Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Chipaque (EOT)*. Municipio de Chipaque.
- CPA Ingeniería (2014). *ERA, Fase II. Estudios básicos de las microcuencas ubicadas en municipios que conforman la región hídrica de interés de la EAB-ESP e implementación de la evaluación regional del agua (ERA)*. Bogotá.
- EAAB, Auditoría Ambiental Ltda. (2003). *Plan de Manejo Ambiental del sistema Chingaza*. Bogotá, D.C.
- EAB-ESP-Consortio 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 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 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](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.