

TABLA DE CONTENIDO

21. PROPUESTA DE OBJETIVOS DE CALIDAD PARA LAS FUENTES HÍDRICAS SUPERFICIALES EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOGUAVIO	3
21.1. Criterios y objetivos de la calidad del agua	3
21.2. Criterios de calidad del agua para usos específicos	4
21.3. Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA) – IDEAM como criterio de calidad.....	4

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 21.1. Parámetros y pesos de importancia para el cálculo del ICA-IDEAM de 7 variables	5
Tabla 21.2 Valores medidos en las estaciones de monitoreo	8
Tabla 21.3 Calculo del ICA para 5, 6 y 7 variables	8
Tabla 21.4 Índice ICA-IDEAM para 5 parámetros	8
Tabla 21.5 Índice ICA-IDEAM para 6 parámetros	9
Tabla 21.6 Índice ICA-IDEAM para 7 parámetros	9
Tabla 21.7 Interpretación sugerida	9

21. PROPUESTA DE OBJETIVOS DE CALIDAD PARA LAS FUENTES HÍDRICAS SUPERFICIALES EN LA JURISDICCIÓN DE CORPOGUAVIO

Debido a la dinámica que ha tenido la legislación ambiental al respecto, en la última década (2005 – 2015), donde se pasó del Decreto 1594 de 1994 al Decreto 3930 de 2010, del Decreto 3100 de 2003 y 3440 de 2004, al Decreto 2667 de 2012, y luego unificados en el Decreto 1076 de 2015; además de la nueva Resolución de Límites Permisibles establecidos en la Resolución 0631 de 2015, así como otras reglamentaciones relacionadas con el tema; es fundamental plantear alternativas igualmente dinámicas que permitan utilizar herramientas de fácil aplicación y con base en datos estadísticos de las características físicoquímicas y bacteriológicas de las fuentes hídricas receptoras de vertimientos puntuales de aguas residuales¹.

Ante esta situación CORPOGUAVIO ha avanzado en la propuesta de establecer nuevos objetivos de calidad con base en las medidas realizadas en esta década, en épocas secas y de lluvias, con registros que permiten establecer nuevamente la línea base acorde a dichos resultados y por ende a la nueva normativa de Límites Permisibles (Resolución 0631 de 2015)².

De esta manera no se realizó la modelación de calidad de agua de las fuentes hídricas objeto de este estudio, sino que se implementó la metodología propuesta por Corpoaguavio y que se describe a continuación:

21.1. Criterios y objetivos de la calidad del agua

Por lo general, los criterios de calidad del agua sirven como base para establecer los objetivos de la calidad del agua, conjuntamente con información sobre los usos del agua y factores propios del lugar.

Los objetivos de la calidad del agua tienen como propósito mantener y proteger los usos designados del agua para abastecimiento público, ganadería, riego, pesca, recreación u otros fines, a la vez que sostienen la vida y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos. El establecimiento de objetivos de la calidad del agua no es una tarea científica sino un proceso político que requiere evaluar con sentido crítico las prioridades nacionales. Esta evaluación se basa en consideraciones económicas, usos actuales y futuros, predicciones del progreso industrial y agrícola, y otros factores socioeconómicos de interés para cada región (UNESCO/OMS, 1978; CEPE, 1993, 1995).

Las autoridades encargadas del manejo de agua, junto con otras instituciones relevantes, han desarrollado objetivos de la calidad del agua en numerosos países a fin de establecer

¹ Ibíd.

² Ibíd.

valores umbrales para la calidad del agua que deben mantenerse o alcanzarse dentro de determinado tiempo. Los objetivos de la calidad del agua son la base de los reglamentos de control de la contaminación y sirven para tomar medidas específicas de prevención, control, reducción de la contaminación y otros impactos adversos sobre los ecosistemas acuáticos.

En algunos países, los objetivos de la calidad del agua son el instrumento de regulación e incluso se vuelven legalmente obligatorios (Colombia). Su aplicación, por ejemplo, puede requerir el fortalecimiento apropiado de los estándares de emisión y otras medidas para controlar mejor las fuentes de contaminación puntuales y dispersas. En algunos casos, los objetivos de la calidad del agua sirven como instrumentos de planificación y como base para el establecimiento de prioridades a fin de reducir los niveles de contaminación por sustancias o por fuentes.

21.2. Criterios de calidad del agua para usos específicos

Los criterios de calidad del agua se han establecido ampliamente para algunas variables tradicionales, tales como:

Oxígeno disuelto (OD), pH, demanda bioquímica de oxígeno para períodos de cinco o siete días (DBO5, y DBO7), demanda química de oxígeno (DQO) y nutrientes (Principalmente el Nitrógeno y el fósforo).

Estos criterios ayudan a los responsables de tomar decisiones, especialmente en los países con ríos contaminados seriamente por compuestos orgánicos, a establecer estrategias de control para disminuir el potencial del agotamiento del oxígeno y los niveles resultantes de DBO y DQO.

21.3. Índice de calidad del agua en corrientes superficiales (ICA) – IDEAM como criterio de calidad

Como se deben definir y/o adoptar criterios de calidad del agua, que permitan establecer unos Objetivos de Calidad (OBCA) para los usos actuales y potenciales del agua, y considerar las mediciones realizadas, se recomienda adoptar la metodología establecida por el IDEAM, respecto al Índice de Calidad del Agua (ICA – IDEAM) de 7 parámetros, el cual incorpora el parámetro E.Coli, a continuación se describe la metodología nombrada:

Tabla 21.1. Parámetros y pesos de importancia para el cálculo del ICA-IDEAM de 7 variables

Variables	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto (OD)	--	0.16
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	0.14
Demanda química de oxígeno (DQO)	mgO ₂ /L	0.14
Relación nitrógeno total – fósforo total (NP)	--	0.14
Conductividad eléctrica (CE)	μS/cm	0.14
pH	Unidades de pH	0.14
Coliformes fecales (CF)	NMP/100 ml	0.14

El valor del ICA-IDEAM se calcula mediante un promedio aritmético ponderado (Torres et al. 2009) que se muestra en la siguiente expresión:

$$ICA - IDEAM = \sum_{i=1}^n W_i \times I_i$$

Donde, I_i representa el resultado de una función de calidad para cada parámetro, y W_i corresponde al peso de importancia de estos dentro del indicador. Los pesos se muestran en la Tabla 21.1 y las funciones que se encuentran a continuación:

Función de calidad para el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto PSOD

Si $0 \leq PSOD \leq 100$ entonces $I_{OD} = 1 - (1 - 0.01 \times PSOD)$

Si $PSOD > 100$ entonces $I_{OD} = 1 - (0.01 \times PSOD - 1)$

El porcentaje de saturación del oxígeno disuelto es el mismo que se calcula con las expresiones:

Función de calidad para el pH

$$\text{Si } pH < 4 \text{ entonces: } I_{pH} = 0.1$$

$$\text{Si } 4 \leq pH \leq 7 \text{ entonces: } I_{pH} = 0.02628419e^{0.520025 \times pH}$$

$$\text{Si } 7 < pH \leq 8 \text{ entonces: } I_{pH} = 1$$

$$\text{Si } 8 < pH \leq 11 \text{ entonces: } I_{pH} = e^{-0.5187742 \times (pH-8)}$$

$$\text{Si } pH > 11 \text{ entonces: } I_{pH} = 0.1$$

Función de calidad para los sólidos suspendidos totales SST

$$\text{Si } SST \leq 4.5 \text{ mg/L entonces: } I_{SST} = 1$$

$$\text{Si } 4.5 \text{ mg/L} < SST < 320 \text{ mg/L entonces: } I_{SST} = 1 - (-0.02 + 0.003 \times SST)$$

$$\text{Si } SST \geq 320 \text{ mg/L entonces: } I_{SST} = 0$$

Función de calidad para la demanda química de oxígeno DQO

$$\text{Si } DQO \leq 20 \text{ mgO}_2/\text{L entonces: } I_{DQO} = 0.91$$

$$\text{Si } 20 \text{ mgO}_2/\text{L} < DQO \leq 25 \text{ mgO}_2/\text{L entonces: } I_{DQO} = 0.71$$

$$\text{Si } 25 \text{ mgO}_2/\text{L} < DQO \leq 40 \text{ mgO}_2/\text{L entonces: } I_{DQO} = 0.51$$

$$\text{Si } DQO > 80 \text{ mgO}_2/\text{L entonces: } I_{DQO} = 0.125$$

Función de calidad para la conductividad eléctrica CE

$$\text{Si } CE = 0 \text{ entonces: } I_{CE} = 0$$

$$\text{Si } CE \geq 0 \text{ } \mu\text{Sc/cm entonces: } I_{CE} = 1 - 10^{-3.26+1.34 \log_{10} CE}$$

Función de calidad para la relación nitrógeno fósforo NP

Si $NP \leq 5$ entonces: $I_{NP} = 0.15$

Si $5 < NP \leq 10$ entonces: $I_{NP} = 0.35$

Si $10 < pH < 15$ entonces: $I_{NP} = 0.6$

Si $15 \leq pH \leq 20$ entonces: $I_{NP} = 0.8$

Si $NP > 20$ entonces: $I_{NP} = 0.15$

Función de calidad para los coliformes fecales

Si $CF \leq 50$ NMP/100ml entonces: $I_{CF} = 0.98$

Si $50 \text{ NMP/100ml} < CF < 1600 \text{ NMP/100ml}$ entonces: $I_{CF} =$
 $0.98e^{-0.0009917754(CF-50)}$

Si $CF \geq 1600$ NMP/100ml entonces: $I_{CF} = 0.1$

Con el fin de darle finalidad a este tema, se anexa un ejemplo en Excel de cómo se puede calcular el ICA - IDEAM, para 5, 6 y 7 variables.

Se aclara que el parámetro de Coliformes Fecales (Ecolí) se tomó del Boletín de la CAR sobre índices de calidad del agua para corrientes superficiales II, el cual hace referencia a datos tomados del IDEAM del año 2013 (Escala de ponderación), la cual en la página WEB del IDEAM, aún no ha sido publicado a la fecha (25 de Agosto de 2016). "Pero que es procedente acoger la recomendación de la CAR y aplicar la metodología para 7 variables.

Por lo anterior, se sugiere seguir aplicando el ICA para 7 variables, como lo recomienda la CAR y hacer el comparativo con los análisis realizados a la fecha.

Tabla 21.2 Valores medidos en las estaciones de monitoreo.

EJEMPLO DE ESTACIONES DE MONITOREO	CALCULO ICA IDEAM PARA 5, 6 y 7 VARIABLES							
	VALORES MEDIDOS EN EL CUERPO DE AGUA							
	pH	CONDUCTIVIDAD (µS/m)	PORCENTAJE SATURACIÓN OD (%)	[DQO] (mg/L)	[SST] (mg/L)	N-Total (mg/L)	P-Total (mg/L)	COLIFORMES FECALES Patógenos E-Coli NMP/100ml
E1	5,5	500	5	350,0	125,0	3,50	0,030	6,500E+07
E2	6,0	60	40	250,0	150,0	3,00	0,025	1,599E+03
E3	6,7	45	68	25,0	40,0	2,50	0,020	6,000E+02
E4	6,8	55	85	20,0	30,0	2,00	0,015	2,500E+02
E5	6,9	65	90	15,0	20,0	1,50	0,010	8,000E+01
E6	7,0	75	95	10,0	10,0	1,00	0,005	5,000E+01

Tabla 21.3 Calculo del ICA para 5, 6 y 7 variables

PARÁMETROS PARA EL CALCULO DEL ICA DEL IDEAM, PARA 5, 6 Y 7 VARIABLES						
OD	SST	DQO	Conductividad Eléctrica	pH	NT/PT	COLIFORMES FECALES Patógenos E-Coli NMP/100ml
0,050	0,645	0,125	0,000	0,459	0,100	0,100
0,400	0,570	0,125	0,867	0,595	0,100	0,211
0,683	0,900	0,710	0,910	0,857	0,100	0,568
0,850	0,930	0,910	0,882	0,902	0,100	0,804
0,900	0,960	0,910	0,852	0,951	0,100	0,951
0,950	0,990	0,910	0,821	1,001	0,100	0,980

Tabla 21.4 Índice ICA-IDEAM para 5 parámetros

ÍNDICE ICA-IDEAM PARA 5 PARÁMETROS					ICA - IDEAM	
% PONDERADO PARA 5 VARIABLES - ICA IDEAM					TOTAL 5 VARIABLES	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
OD	SST	DQO	Conductividad Eléctrica	pH		
20%	20%	20%	20%	20%		
0,0100	0,1290	0,0250	0,0000	0,0918	0,26	Calidad Mala
0,0800	0,1140	0,0250	0,1735	0,1191	0,51	Calidad Regular
0,1366	0,1800	0,1420	0,1820	0,1713	0,81	Calidad Aceptable
0,1700	0,1860	0,1820	0,1764	0,1805	0,89	Calidad Aceptable
0,1800	0,1920	0,1820	0,1705	0,1901	0,91	Calidad Buena
0,1900	0,1980	0,1820	0,1642	0,2003	0,93	Calidad Buena

Tabla 21.5 Índice ICA-IDEAM para 6 parámetros

ÍNDICE ICA-IDEAM PARA 6 PARÁMETROS							
% PONDERADO PARA 6 VARIABLES - ICA IDEAM						ICA - IDEAM	
OD	SST	DQO	Conductividad Eléctrica	pH	NT/PT	TOTAL 6 VARIABLES	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
17%	17%	17%	17%	15%	17%		
0,0085	0,1097	0,0213	0,0000	0,0689	0,0170	0,23	Calidad Muy Mala
0,0680	0,0969	0,0213	0,1474	0,0893	0,0170	0,44	Calidad Mala
0,1161	0,1530	0,1207	0,1547	0,1285	0,0170	0,69	Calidad Regular
0,1445	0,1581	0,1547	0,1499	0,1354	0,0170	0,76	Calidad Aceptable
0,1530	0,1632	0,1547	0,1449	0,1426	0,0170	0,78	Calidad Aceptable
0,1615	0,1683	0,1547	0,1396	0,1502	0,0170	0,79	Calidad Aceptable

Tabla 21.6 Índice ICA-IDEAM para 7 parámetros

ÍNDICE ICA-IDEAM PARA 7 PARÁMETROS								
% PONDERADO PARA 7 VARIABLES - ICA IDEAM							ICA - IDEAM	
OD	SST	DQO	Conductividad Eléctrica	pH	NT/PT	COLIFORMES FECALES NMP/100ml	TOTAL 7 VARIABLES	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA
15%	14%	14%	14%	14%	14%	15%		
0,0075	0,0903	0,0175	0,0000	0,0643	0,0140	0,0150	0,21	Calidad Muy Mala
0,0600	0,0798	0,0175	0,1214	0,0833	0,0140	0,0316	0,41	Calidad Mala
0,1025	0,1260	0,0994	0,1274	0,1199	0,0140	0,0852	0,67	Calidad Regular
0,1275	0,1302	0,1274	0,1235	0,1263	0,0140	0,1206	0,77	Calidad Aceptable
0,1350	0,1344	0,1274	0,1193	0,1331	0,0140	0,1427	0,81	Calidad Aceptable
0,1425	0,1386	0,1274	0,1150	0,1402	0,0140	0,1470	0,82	Calidad Aceptable

Tabla 21.7 Interpretación sugerida

ÍNDICE LÓTICO DE CAPACIDAD AMBIENTAL GENERAL - ILCAG ÍNDICE DE CALIDAD GENERAL - ICAg					
CAUDAL MEDIO DE LA CORRINETE SUPERFICIAL EN EL PUNTO DE MONITOREO (m3/s)	ILCAG	INDICADOR DE CAPACIDAD AMBIENTAL	ICAg	CALIFICACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACIÓN SUGERIDA
0,850	0,00	CAPACIDAD AMBIENTAL - MUY BAJA	0,15	Calidad Muy Mala	Fuente que NO admite vertimientos de ARD y ARnD; y se debe declarar en recuperación; por lo tanto se sugiere no otorgar nuevos permisos ambientales; hasta tanto no se logre su recuperación.
1,100	0,01	CAPACIDAD AMBIENTAL - BAJA	0,29	Calidad Mala	Fuente que en lo posible ya no admite vertimientos de ARD y ARnD; y se debe declarar en recuperación; por lo tanto se sugiere no otorgar nuevos permisos ambientales; hasta tanto no se logre su recuperación.
10,000	0,33	CAPACIDAD AMBIENTAL - MEDIA	0,57	Calidad Regular	Fuente que por tener un ICA regular, pero cercana a la calidad aceptable, y una capacidad ambiental media, podrá admitir vertimientos de ARD y ARnD, con tratamiento del vertimiento para cumplir LMP (Resolución 0631 de 2015) y objetivos de calidad; y se debe declarar en recuperación y/o sostenibilidad; y en lo posible fijar la carga máxima contaminante a la que puede llegar el vertimiento, sin cambiar de color en el ICA y que cumpla el objetivo de calidad.
20,000	0,43	CAPACIDAD AMBIENTAL - MEDIA	0,67	Calidad Regular	Fuente que por tener un ICA aceptable, y una capacidad ambiental media, puede admitir vertimientos de ARD y ARnD, con tratamiento del vertimiento para cumplir con los LMP (Resolución 0631 de 2015) y el objetivo de calidad; y se debe declarar en protección y/o conservación y/o sostenibilidad; y en lo posible fijar la carga máxima contaminante a la que puede llegar el vertimiento, sin cambiar de color en el ICA y que cumpla el objetivo de calidad.
100,000	0,67	CAPACIDAD AMBIENTAL - ALTA	0,76	Calidad Aceptable	Fuente que por tener un ICA aceptable, y una capacidad ambiental alta, podrá admitir vertimientos de ARD y ARnD, con tratamiento del vertimiento donde se deberá evaluar si al NO cumplir con los LMP (Resolución 0631 de 2015) y/o el objetivo de calidad ; el ICA y la capacidad ambiental no cambian, se podrá evaluar ambientalmente si el vertimiento no ocasiona deterioro o problema ambiental en la fuente receptora; previo estudio de deporte y medidas; para este caso se podrá declarar en conservación y/o sostenibilidad; y en lo posible fijar la carga máxima contaminante a la que puede llegar el vertimiento, sin cambiar de color en el ICA y la capacidad ambiental.

FORMULACIÓN DEL PLAN DE ORDENAMIENTO DEL RECURSO HÍDRICO DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL EMBALSE DE TOMINÉ DEL CUAL HACEN PARTE LOS RÍOS SIECHA – AVES Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS, Y DE LA UNIDAD HIDROGRÁFICA DEL RÍO TEUSACÁ Y PRINCIPALES TRIBUTARIOS EN LAS JURISDICIONES DE LA CAR Y CORPOGUAVIO LAS CUALES PERTENECEN A LA CUENCA DEL RÍO BOGOTÁ

1000,000	1,00	CAPACIDAD AMBIENTAL - MUY ALTA	0,88	Calidad Aceptable	Para fuentes superficiales con ICA aceptable o buena, localizadas en zonas de nacimiento o afloramiento y aguas arriba de captaciones para acueductos y usos pecuarios, independiente de la capacidad ambiental, se sugiere NO admitir vertimientos de ARD y/o ARnD de actividades productivas; se deberá analizar la posibilidad de declarar la fuente en protección y/o conservación; y en lo posible fijar los usos del suelo acorde a la calidad del recurso y a su aprovechamiento adecuado, acogiendo las recomendaciones del POMCA y del PORH.
----------	------	--------------------------------	------	-------------------	--