

CALIDAD Y CANTIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA JURISDICCIÓN DE
CORPOURABA - 2021

CORPORACION PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA-
CORPOURABA



SUBDIRECCION DE GESTION Y ADMINISTRACION AMBIENTAL (SGAA)

APARTADÓ - ANTIOQUIA
COLOMBIA

2021

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL URABA – CORPOURABA

VANESSA PAREDES ZUÑIGA

Directora General

KELIS MALEIBIS HINESTROZA MENA

Subdirector de Gestión y Administración Ambiental

JUAN FERNANDO GOMÉZ CATAÑO

Coordinador de Agua, Aire y Licencias Ambientales

Equipo Técnico

DORIS EDILMA VARGAS LÓPEZ

Contratista- SGAA

EDUARDO PÉREZ BERMUDEZ

Profesional especializado SGAA

LILIANA FLÓREZ CARDONA

Profesional SGAA

JUAN CAMILO SALAZAR

Contratista - SGAA

MARGARA ALQUERQUE CAMARGO

Contratista – SGAA

JUAN MANUEL NIÑO

Operario calificado SGAA

LABORATORIO DE ANALISIS DE AGUA DE CORPOURABA

LISTA DE ABREVIATURAS

AAU: antes del área urbana
CORPOURABA: Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá
CE: conductividad eléctrica
DAU: después del área urbana
DBO: demanda bioquímica de oxígeno
DQO: demanda química de oxígeno
ICA: Índice de Calidad de Agua
IDEAM: Instituto de Estudios Ambientales y Meteorológicos de Colombia
mg/L: miligramos por litro
msnm: metros sobre el nivel del mar
n: número de datos
NMP/100 mL: número más probable por cada 100 mililitros de agua
MRL: Minimum reporting level/ límite de cuantificación
NT: nitrógeno total
OD: oxígeno disuelto
pH: potencial de hidrogeniones
PT: fosforo total
Qda: quebrada
SST: sólidos suspendidos totales
ST: sólidos totales
Tem: temperatura
 $\mu\text{S/cm}$: microsiemens por centímetro

CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	5
2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN CORRIENTES SUPERFICIALES (ICA)	6
2.1. Generalidades.....	6
2.2. Metodología Para El Cálculo Del Indicador	7
2.2.1. Oxígeno disuelto (OD):.....	8
2.2.2. Sólidos suspendidos totales (SST):.....	8
2.2.3. Demanda química de oxígeno (DQO):	8
2.2.4. Conductividad eléctrica (C.E.):	9
2.2.5. Potencial de Hidrogeniones (pH):.....	9
2.3. Muestreo	9
2.4. Análisis.....	9
3. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS DE LAS CINCO (5) CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA.	10
4. ANÁLISIS DE CANTIDAD.....	14
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	15
5.1. Análisis Resultados ICA	15
5.2. Variables Físicas, Químicas y Biológicas	15
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	16
7. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD.....	17
8. BIBLIOGRAFÍA	17

1. INTRODUCCIÓN

La jurisdicción de CORPOURABA se localiza al noroccidente del departamento de Antioquia, tiene una extensión de 2.286.978,8 hectáreas ubicadas en 19 municipios (Abriaquí, Arboletes, Apartadó, Cañasgordas, Carepa, Chigorodó, Dabeiba, Frontino, Giraldo, Murindó, Mutatá, Necoclí, Peque, San Juan de Urabá, San Pedro de Urabá, Turbo, Uramita, Urrao y Vigía del Fuerte. (PAI CORPOURABA, 2020).

En el marco del programa Gestión en Recursos Hídricos, la Corporación desde el año 2003, realiza anualmente el monitoreo de calidad y cantidad de aguas superficiales en las principales fuentes abastecedoras de acueducto y receptoras de vertimiento en cada uno de los municipios, área de su jurisdicción.

En coherencia con lo anteriormente dicho, y con la política Nacional para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico (PNGIRH), en el PAI 2020-2023 de CORPOURABA, a través de la línea estratégica 3 (Gestión integral del recurso hídrico) se priorizaron cinco sistemas hidrológicos (Tabla 1) y dentro de cada sistema hidrogeológica se determinaron los subsistemas que lo componen, que son las fuentes superficiales susceptibles de monitoreo.

Tabla 1. Sistemas hidrogeológicos de la jurisdicción de CORPOURABA

Sistema hidrológico/cuenca	Descripción
1. Río León	Recorre los municipios de Mutatá, Chigorodó, Carepa, Apartadó y Turbo, desemboca directamente al Golfo de Urabá, sirviendo como vía de salida de la producción bananera al exterior.
2. Río Sucio	Toma el nombre de río Sucio a partir de la confluencia de los ríos Cañasgordas y La Herradura a unos 800 msnm en la cordillera occidental. El río Cañasgordas nace en las inmediaciones del cerro de las Nutrias, 11 km al sur de la población de la que toma su nombre, en jurisdicción de los municipios de Abriaquí y Giraldo, a unos 3.300 msnm. La cuenca del río Cañasgordas limita con la divisoria de los ríos La Herradura y Tonusco, presentando como cima destacada el cerro de Las Nutrias (aprox. 3.300 msnm); por el Suroriente, con la divisoria del río Tonusco, destacándose el Boquerón de Toyo (Depresión natural 2.200 msnm), los altos Loma Grande (2.700 msnm) y Romero (2.930 msnm); y por el Nororiente con las divisorias de los ríos Cauca y El Chuzá. El río Sucio recorre los municipios de Cañasgordas, Uramita, Dabeiba y Mutatá para desembocar al río Atrato. Recibe las aguas residuales de Cañasgordas, Uramita y Dabeiba.
3. Río San Juan	Nace en la Serranía de Abibe en el alto de Quimarí a una altura de 670 msnm, recorre los municipios de San Pedro de Urabá, Arboletes y San Juan de Urabá donde desemboca directamente al mar. La cuenca tiene un área de 139.544 ha y una longitud del río principal de 183.38 km. Presenta limitaciones en la oferta debido a las condiciones climáticas.
4. Río Penderisco	Nace en el cerro Plateado entre los municipios de Urrao, Carmen de Atrato y Betulia, el municipio de Urrao conforma la cuenca del río Penderisco con un área de 255.000 Ha, posteriormente se une con el río Jengamecoda para conformar así el río Murrí afluente del Atrato.
5. Litoral	Enmarca todo el caribe antioqueño sobre el Golfo de Urabá, constituido por la zona costera de los municipios de Turbo, Necoclí, San Juan de Urabá y Arboletes, alcanzando 420 km de longitud. En el litoral antioqueño se destacan las vertientes de los ríos Atrato y León, adicionalmente se encuentran más de 30 afluentes, entre ellos los ríos Turbo, Guadalito (El Tres) y Currulao.

Fuente: PAI CORPOURABA, 2020-2023

Con el fin de que la información obtenida sea lo más robusta posible y representativa de las condiciones de cada cuerpo de agua, el monitoreo de las fuentes superficiales se realizó en dos campañas, una en el primer semestre y otra en el segundo semestre. En este proceso se analizan un total de treinta (31) variables físicas, biológicas y químicas del agua (tabla 7); además, de la caudal in situ; lo cual, permite determinar la disponibilidad, el grado de contaminación y/o pureza de cada corriente superficial (PAI CORPOURABA, 2020).

El monitoreo fue realizado por el equipo de Monitoreo CAS, perteneciente a la Subdirección de Gestión y Administración Ambiental (SGAA); y el análisis de las muestras fue realizado por el Laboratorio de Aguas de CORPOURABA, acreditado ante el IDEAM bajo las siguientes Resoluciones: N° 0557 del 2018, N° 0988 del 2018, N° 0002 del 2019, N° 1408 del 2019, N° 0635 del 2020.

De conformidad con lo anterior, en el actual documento se muestran los resultados obtenidos para el cálculo del Índice de Calidad del Agua en corrientes superficiales (ICA) para las dos campañas de monitoreo del año 2021, realizada en las cinco (5) cuencas hidrográficas.

2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA EN CORRIENTES SUPERFICIALES (ICA).

2.1. Generalidades

El Índice de Calidad del Agua (ICA) es el valor numérico que califica en una de cinco categorías, la calidad del agua con base en las mediciones obtenidas para un conjunto de cinco o seis variables, registradas en una estación de monitoreo j en el tiempo t .

Este indicador permite conocer las condiciones de calidad fisicoquímica y microbiológica de un cuerpo de agua, y contribuye a identificar problemas de contaminación en un punto determinado, en un intervalo de tiempo determinado. Este índice toma valores entre 0 y 1, los valores más bajos indican una peor calidad y mayores limitaciones para el uso del agua.

En las siguientes tablas (2, 3 y 4), se resumen las variables que están involucradas en el cálculo del indicador para los casos en los que se emplea 5, 6 y/o 7 variables, la unidad de medida en la que se registra cada uno de ellos y la ponderación (peso) que tienen dentro de la fórmula de cálculo.

Tabla 2. Variables del ICA y sus ponderaciones para el caso de 7 variables – Fuente: IDEAM

Variable	Unidades	Peso de Importancia
Oxígeno Disuelto (OD)	% Saturación	0,16
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	0,14
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	0,14
Relación N total/P total	(mg/l) (mg/l)	0,14
Conductividad Eléctrica (C.E.)	μ S/cm	0,14
pH	Unidades de pH	0,14
Coliformes fecales	UFC/100ml	0,14

Tabla 3. Variables del ICA y sus ponderaciones para el caso de 6 variables – Fuente: IDEAM

Variable	Unidades	Peso de Importancia
Oxígeno Disuelto (OD)	% Saturación	0,17
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	0,17
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	0,17
Relación N total/P total	-	0,17
Conductividad Eléctrica (C.E.)	μ S/cm	0,17
pH	Unidades de pH	0,15

Tabla 4. Variables del ICA y sus ponderaciones para el caso de 5 variables - Fuente: IDEAM.

Variable	Unidades	Peso de Importancia
Oxígeno Disuelto (OD)	% Saturación	0,20
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/l	0,20
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/l	0,20
pH	Unidades de pH	0,20
Conductividad Eléctrica (C.E.)	μ S/cm	0,20

Los valores optativos que puede llegar a tomar el indicador han sido clasificados en categorías, de acuerdo a ellos se califica la calidad del agua de las corrientes superficiales, al cual se le ha asociado

un color como señal de alerta. En la tabla 5 se registra la relación entre valores que puede tomar el indicador y su calificación:

Tabla 5. Categorías de calidad ICA - Fuente: IDEAM.

Categorías de valores que puede tomar el indicador	Calificación de la calidad del agua	Señal de alerta
0,00 – 0,25	Muy mala	Rojo
0,26 – 0,50	Mala	Naranja
0,51 – 0,70	Regular	Amarillo
0,71 – 0,90	Aceptable	Verde
0,91 – 1,00	Buena	Azul

2.2. Metodología Para El Cálculo Del Indicador

Para el cálculo del ICA de 6 variables, el indicador se calcula a partir de los datos de concentración de un conjunto de 6 variables que determinan, en gran parte, la calidad del agua en corrientes superficiales.

La fórmula del cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt}$$

Ecuación 1 Fórmula de cálculo ICA

Dónde:

ICA_{njt} = Es el índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en el punto de monitoreo j en el tiempo t, evaluado con base en n variables.

I_{kjt} = Es el valor calculado de la variable i (obtenido de aplicar la curva funcional o ecuación correspondiente), en la estación de monitoreo j, registrado durante la medición realizada en el trimestre k, del periodo de tiempo t.

W_i = Es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad i.

n = Es el número de variables involucradas en el cálculo del indicador. Se recomienda que la tabla de datos del indicador incluya el valor mínimo del ICA registrado en el periodo de tiempo t y además, el ICA promedio de ese periodo.

Para cada una de las variables se construye una “relación funcional” o “curva funcional” (ecuación) en la que los niveles de calidad de 0 a 1 se representan en las ordenadas de cada gráfico, mientras que los distintos niveles (o intensidades) de cada variable se disponen en las abscisas, trazando en cada grafico una curva que represente la variación de la calidad del agua respecto a la magnitud de cada contaminante.

Las curvas funcionales adoptadas, son las propuestas por Ramírez y Viña para Oxígeno Disuelto (OD), Solidos Suspendidos Totales (SST) y Conductividad Eléctrica (CE), la propuesta por la Universidad Politécnica de Catalunya (2006) para Demanda Química de Oxígeno (DQO), la propuesta por el laboratorio del Departamento de Calidad Ambiental de Oregon (Estados Unidos) para pH y la propuesta por Rueda (2008) para la relación Nitrógeno/Fósforo (N/P).

Para el cálculo del valor de cada variable, el procedimiento general consiste en ingresar el valor que, en una determinada medición haya registrado la variable de calidad i, en la curva funcional correspondiente y estimar el valor I_{kjt}.

Cada curva indica en la ordenada la calidad del agua en una escala de 0 a 1; en la abscisa se definen varios niveles de la variable en particular. Cuando se toman como referencia las curvas desarrolladas por Ramírez y Viña respecto al concepto de contaminación, para traducirlo a términos de calidad el

subíndice se toma como la diferencia entre uno (1) y el índice de contaminación respectivo de la magnitud de la variable.

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia:

2.2.1. Oxígeno disuelto (OD):

Esta variable tiene el papel biológico fundamental de definir la presencia o ausencia potencial de especies acuáticas.

Inicialmente se calcula el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto PS_{OD} :

$$PS_{OD} = \frac{Ox.}{Cp} \cdot 100$$

Donde:

Ox: Es el oxígeno disuelto medido en campo (mg/l) asociado a la elevación, caudal y capacidad de reoxigenación.

Cp: Es la concentración de equilibrio de oxígeno (mg/l), a la presión no estándar, es decir, oxígeno de saturación.

Una vez calculado el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, el valor I_{OD} se calcula con la fórmula:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD})$$

Cuando el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es mayor al 100%:

$$I_{OD} = 1 - (1 - 0,01 * PS_{OD} - 1)$$

2.2.2. Sólidos suspendidos totales (SST):

La presencia de sólidos en suspensión en los cuerpos de agua indica cambio en el estado de las condiciones hidrológicas de la corriente. Dicha presencia puede estar relacionada con procesos erosivos, vertimientos industriales, extracción de materiales y disposición de escombros. Tiene una relación directa con la turbiedad.

El subíndice de calidad para sólidos suspendidos se calcula como sigue:

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 * SST)$$

Si $SST \leq 4,5$ entonces = 1

Si $SST \geq 320$ entonces $I_{SST} = 0$

2.2.3. Demanda química de oxígeno (DQO):

Refleja la presencia de sustancias químicas susceptibles de ser oxidadas a condiciones fuertemente ácidas y alta temperatura, como la materia orgánica, ya sea biodegradable o no, y la materia inorgánica. Mediante adaptación de la propuesta de la Universidad Politécnica de Catalunya se calcula con la fórmula:

Si $DQO \leq 20$, entonces $I_{DQO} = 0,91$

Si $20 < DQO \leq 25$, entonces $I_{DQO} = 0,71$

Si $25 < DQO \leq 40$, entonces $I_{DQO} = 0,51$

Si $40 < DQO \leq 80$, entonces $I_{DQO} = 0,26$

Si $DQO > 80$, entonces $IDQO = 0,125$

2.2.4. Conductividad eléctrica (C.E.):

Está íntimamente relacionada con la suma de cationes y aniones determinada en forma química, refleja la mineralización. Se calcula como sigue:

$$I.C.E. = 1 - 10^{(-3,26+1,34\text{Log}10C.E.)}$$

Cuando $I.C.E. < 0$, entonces $I.C.E. = 0$

2.2.5. Potencial de Hidrogeniones (pH):

Mide la acidez, valores extremos pueden afectar la flora y fauna acuáticas.

Si $pH < 4$, entonces $IpH = 0,1$

Si $4 \leq pH \leq 7$, entonces $IpH = 0,02628419 * e^{(pH * 0.520025)}$

Si $7 < pH \leq 8$, entonces $IpH = 1$

Si $8 < pH \leq 11$, entonces $IpH = 1 * e^{[(pH-8)-0,5187742]}$

Si $pH > 11$, entonces $IpH = 0,1$

2.2.6. Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT):

Mide la degradación por intervención antrópica, es una forma de aplicar el concepto de saprobiedad empleado para cuerpos de agua lénticos (ciénagas, lagos, etc.) como la posibilidad de la fuente de asimilar carga orgánica; es una relación que indica el balance de nutrientes para la productividad acuícola de las zonas inundables en los ríos neotropicales (desde el norte de Argentina hasta el centro de Méjico). La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:

Si $15 \leq NT/PT \leq 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,8$

Si $10 < NT/PT < 15$, entonces $I_{NT/PT} = 0,6$

Si $5 < NT/PT \leq 10$, entonces $I_{NT/PT} = 0,35$

Si $NT/PT \leq 5$, Ó $NT/PT > 20$, entonces $I_{NT/PT} = 0,15$

2.3. Muestreo: el muestreo de las aguas superficiales fue un muestreo simple, realizado por personal adscrito a la Subdirección de Gestión y Administración Ambiental (SGAA) de CORPOURABA. Se tomaron las muestras, luego se rotularon inequívocamente y posteriormente se transportaron al laboratorio de análisis de agua de Corpouraba, conservando en todo momento la cadena de frío.

En campo se realizaron mediciones de temperatura ($^{\circ}C$), Oxígeno Disuelto (mg/L), Conductividad Eléctrica ($\mu S/cm$) y pH (unidades de pH); usando un sensor multiparamétrico (HACH® HQ40d) previamente calibrado, los datos fueron consignados en un formato de captura de datos en campo.

También, en donde las condiciones del cuerpo de agua lo permitieron se midió el caudal con un Fluviómetro de mano de sonda para medición de flujo de agua.

2.4. Análisis: el análisis biológico, químico y físico de las muestras fue realizado por el Laboratorio de Aguas de CORPOURABA, acreditado ante el IDEAM bajo la Resolución 0890/2021. En la tabla 6 se muestran los parámetros analizados en laboratorio con sus respectivos métodos de análisis.

Tabla 6. Parámetros analizados para cada muestra

Parámetro	Método
Alcalinidad Total	SM 2320 B
Nitrógeno Amoniacal	SM 4500-NH ₃ F
Bromuro	SM 4110 B
Calcio Total	SM 3500-Ca B
Cloruro	SM 4110 B
Coliformes Totales	SM 9223 B, 4c
E. coli	SM 9223 B, 4c
Conductividad a 25°C	SM 2510 B
DBO_sub_5	SM 5210 B, ASTM D888-18 e1 Método C
DQO	SM 5220 D
Dureza Cálcica	SM 3500-Ca B
Dureza Total	SM 2340 C
Fluoruro	SM 4110 B
Fósforo Reactivo Disuelto	SM 4500-P E
Fósforo Total	SM 4500-P B, E
Hierro Total	SM 3500-Fe B
Magnesio	SM 3500-Mg B
Mercurio Total	US EPA 7473
Nitrito	SM 4500-NO ₂ - B
Nitrógeno Total	ASTM D 5176-08 (reap. 2015)
Oxígeno Disuelto	SM 4500-O C
Sólidos Disueltos	SM 2540 C
Sólidos Suspendidos Totales	SM 2540 D
Sólidos Totales	SM 2540 B
Sulfato	SM 4110 B
Turbidez	SM 2130 B
pH	SM 4500-H_sup_+ B
Manganeso	SM 3500-Mn B
Potasio	ISO 14911: 1998
Sodio	ISO 14911: 1998
Nitrato	SM 4500-NO ₃ - E

3. ANÁLISIS DE CALIDAD DE AGUAS DE LAS CINCO (5) CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA.

Para el análisis de la calidad del agua de las CINCO (5) CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LA JURISDICCIÓN DE CORPOURABA, se realizaron dos campañas de monitoreo en 94 puntos.

Los resultados de los 31 parámetros medidos en laboratorio fueron transferidos en una base de datos de Access en donde además se encuentran consignados los puntos de monitoreo y las fuentes.

Para el cálculo de la calidad del agua, se utilizó el índice de 6 variables (% saturación de oxígeno, PT/NT, pH, conductividad, SST y DQO). En los casos en donde no se logró cuantificar la cantidad del analito porque estuvo menor al MRL, se tomó como referencia la mitad (1/2) del límite de cuantificación (MRL). En la tabla 7 se presentan los resultados de la calidad de agua de las fuentes monitoreadas en el año 2021.

Tabla 7. Calidad de agua jurisdicción de CORPOURABA - 2021.

Municipio	Fuente	Nombre de la Estación	Primera campaña		Segunda campaña	
			ICA - 6variables	EVA_ICA	ICA - 6variables	EVA_ICA
San Pedro de Urabá	Quebrada aguas claras	Aguas Claras	0,72	Aceptable	0,73	Aceptable
		Desembocadura Aguas Claras	0,74	Aceptable	0,76	Aceptable
	Río San Juan	Río San Juan DAA Santa C	0,45	Mala	0,63	Regular
		Antes del área urbana SPU	0,45	Mala	0,58	Regular
		Después de del área urb. SPU	0,55	Regular	0,6	Regular
San Juan de Urabá	Quebrada san Juancito	Desembocadura San Juancito	0,43	Mala	0,47	Mala
	Embalse Laureles	Bocatoma embalse Laureles	0,58	Regular	0,65	Regular
	Río San Juan	Desembocadura Río San Juan	0,45	Mala	0,45	Mala
Arboletes	Río San Juan	Puente Naranjitas	0,4	Mala	0,6	Regular
		DAU Candelaria	0,34	Mala	0,55	Regular
	Embalse El Bote	Bocatoma El Bote	0,53	Regular	0,66	Regular
	Río Jobo	Desembocadura Río Jobo	0,57	Regular	0,57	Regular
Chigorodó	Río Chigorodó	Río Chigorodó antes de Ripea	0,59	Regular	0,63	Regular
		Río Chigorodó después de Ripea	0,65	Regular	0,58	Regular
		Río Chigorodó DAU	0,67	Regular	0,59	Regular
		Río Chigorodó antes de la bocatoma	0,7	Regular	0,59	Regular
		Desembocadura río Chigorodó	0,43	Mala	0,48	Mala
	Río León	Río León antes de Chigorodó	0,64	Regular	0,59	Regular
Apartadó	Río Apartadó	Río Apartadó-Bocatoma	0,57	Regular	0,58	Regular
		Río Apartadó-AAU	0,56	Regular	0,58	Regular
		Río Apartadó-Puente	0,47	Mala	0,52	Regular
		Río Apartadó- DAU	0,46	Mala	0,52	Regular
		Desembocadura río Apartadó	0,54	Regular	0,52	Regular
		Río Grande	DAU Vertimiento Río Grande	0,58	Regular	0,6
	Río Grande después de la bocat		0,56	Regular	0,59	Regular
	Puente Río Grande Río Grande AAU		0,58	Regular	0,7	Regular
	Bocatoma, Río Grande		0,57	Regular	0,7	Regular
	Río León	Río León arriba de Puerto Girón	0,62	Regular	0,58	Regular
		Río León (Puerto Girón)	0,61	Regular	0,48	Mala
	Río Vijagual	Antes del conjunto Los Almendros	0,8	Aceptable	0,69	Regular

		Después de Finca Sacramento	0,72	Aceptable	0,77	Aceptable
		Desembocadura	0,66	Regular	0,6	Regular
Carepa	Quebrada La Cristalina	Estación Bocatoma La Cristalina	0,77	Aceptable	0,7	Regular
	Quebrada La Cangreja	Estación Bocatoma La Cangreja	0,6	Regular	0,56	Regular
	Río Carepa	Río Carepa después de la quebrada	0,51	Regular	0,33	Mala
		Río Carepa la petrolera	0,55	Regular	0,34	Mala
		Río Carepa DAU	0,43	Mala	0,32	Mala
		Desembocadura Río Carepa	0,44	Mala	0,44	Mala
	Río León	Antes de la desembocadura Río Carepa	0,46	Mala	0,44	Mala
	Mutatá	Río Mutatá	Desembocadura Río Mutatá	0,66	Regular	0,75
Mutatá AAU			0,75	Aceptable	0,78	Aceptable
Río Sucio		Río Sucio-Mutatá	0,58	Regular	0,49	Mala
Quebrada Sabaleta		Bocatoma	0,86	Aceptable	0,74	Aceptable
Vigía del Fuerte	Río Atrato	Vigía del Fuerte AAU	0,69	Regular	0,7	Regular
		Vigía del Fuerte DAU	0,69	Regular	0,68	Regular
	Ciénega Murrí	Desembocadura Tadia	0,68	Regular	0,66	Regular
	Ciénega Tadia	Desembocadura Murrí	0,64	Regular	0,7	Regular
Frontino	Quebrada La Piedrahita	Bocatoma la Piedrahita	0,75	Aceptable	0,81	Aceptable
	Quebrada La Carmelita	Bocatoma La Carmelita	0,78	Aceptable	0,75	Aceptable
Abriaquí	Quebrada Los Chorros	Bocatoma Los Chorros	0,77	Aceptable	0,76	Aceptable
Cañasgordas	Quebrada Apucarco	Arriba de la Bocatoma	0,77	Aceptable	0,83*	Aceptable
	Quebrada Borracheral	Bocatoma Borracheral	0,76	Aceptable	0,7	Regular
Dabeiba	Quebrada La Cerrazón	Bocatoma Quebrada La Cerrazón	0,77	Aceptable	0,76	Aceptable
	Quebrada Antadó	Quebrada Antadó - Arriba de la bocatoma	0,69	Regular	0,73	Aceptable
Uramita	Quebrada El Oso	Bocatoma El Oso	0,58	Regular	0,63	Regular
Murindó	Río Atrato	Antes del brazo Murindó	0,67	Regular	0,7	Regular
		Brazo Murindo	0,61	Regular	0,68	Regular
		AAU Murindó	0,7	Regular	0,73	Aceptable
		DAU Murindó	0,71	Regular	0,67	Regular
Río Sucio	Río Atrato	Antes de Desembocadura río Sucio	0,68	Regular	0,67	Regular
	Río Sucio	Río sucio- Brisas	0,51	Regular	0,42	Mala
		Río Sucio Antes Desembocadura río Curvarado	0,53	Regular	0,56	Regular
Buchadó	Río Atrato	Desembocadura salado	0,67	Regular	0,7	Regular

Giraldo	Quebrada La Lulera	Bocatoma Lulera	0,64	Regular	0,61	Regular
	Quebrada Travesía	Bocatoma Travesía	0,68	Regular	0,62	Regular
	Quebrada La Puna	Quebrada la Puna AAU	0,67	Regular	0,45	Mala
	Quebrada El Tambor	Bocatoma El Tambo	0,65	Regular	0,68	Regular
Antes de desembocadura		0,73	Aceptable	0,67	Regular	
Urrao	Río Urrao	Después de la Quebrada Granada	0,82	Aceptable	0,74	Aceptable
		Río Urrao-Bocatoma acueducto Mpal	0,78	Aceptable	0,82	Aceptable
		Río Urrao aguas abajo desembocadura Quebrada La Ana	0,76	Aceptable	0,77	Aceptable
		50 m arriba de la bocatoma río Urrao	0,75	Aceptable	0,75	Aceptable
		Desembocadura Río Urrao	0,75	Aceptable	0,74	Aceptable
	Río Penderisco	DAU Río Penderisco	0,51	Regular	0,63	Regular
AAU Quebrada la Magdalena		0,52	Regular	0,61	Regular	
Turbo	Río Turbo	Estación Bocatoma Río Turbo	0,36	Mala	0,43	Mala
		Puente Río Turbo	0,36	Mala	0,45	Mala
		Antes de desembocadura Qda Las Mercedes	**		0,43	Mala
		Antes de desembocadura Qda Los Indios	**		0,56	Regular
	Quebrada San Felipe	Bocatoma quebrada San Felipe	0,6	Regular	0,59	Regular
	Río Grande	Desembocadura río Grande	0,62	Regular	0,61	Regular
	Río León	Desembocadura río León	0,6	Regular	0,40	Mala
	Quebrada Las Mercedes	Desembocadura	**		0,49	Mala
	Quebrada Los Indios	Desembocadura	**		0,46	Mala
Necolí	Quebrada Jaime	Desembocadura	0,34	Mala	0,38	Mala
		AAU	0,38	Mala	0,43	Mala
	Ciénaga El Salado	Ciénaga El Salado-Bocatoma	0,6	Regular	0,64	Regular
		Ciénaga El Salado conexión Marimonda	0,51	Regular	0,65	Regular
Peque	Río San Juan	Antes del área urbana	0,75*	Aceptable	0,55	Regular
		Río San Juan DAA	0,75*	Aceptable	0,56	Regular
	Río Peque	AAU	0,76*	Aceptable	0,59	Regular
		DAU	0,63*	Regular	0,71	Aceptable
	Quebrada Uvo	Desembocadura	0,81*	Aceptable	0,76	Aceptable
	Quebrada Tambor	Desembocadura	0,62*	Regular	0,56	Regular

*Datos correspondientes al año 2020.

** Puntos recientemente incluidos en el plan de monitoreo.

Los valores del ICA oscilaron entre 0.34 y 0.86 para el primer semestre y entre 0.32 y 0.82 para el segundo semestre. En la figura 1 y 2 se muestra el porcentaje de estaciones monitoreadas con calidad de agua mala, regular y aceptable en cada campaña. En ningún punto la calidad de agua fue muy mala o buena.

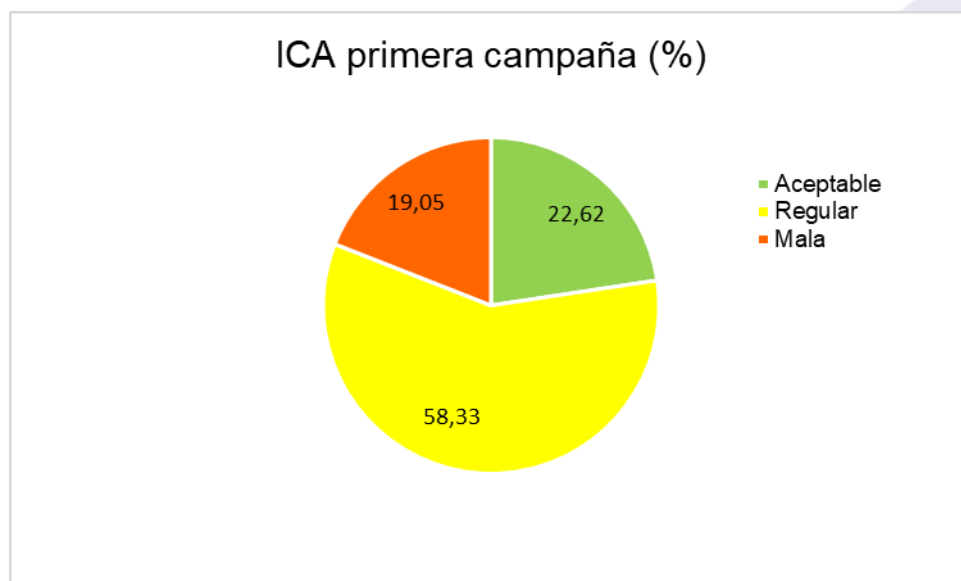


Figura 1. ICA primera campaña %

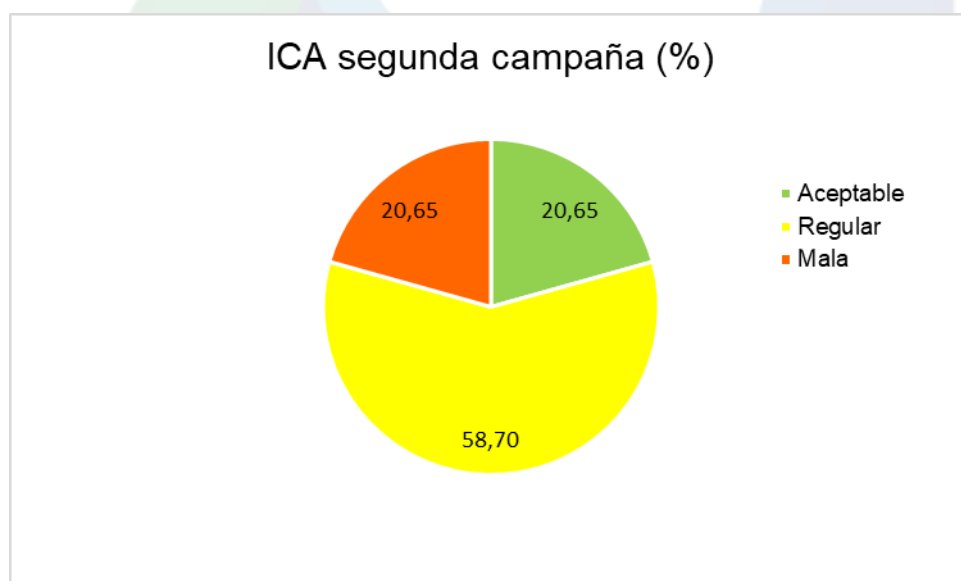


Figura 2. ICA segunda campaña %

4. ANÁLISIS DE CANTIDAD.

En la tabla 8 se muestra en resumen los resultados de cantidad en la jurisdicción de CORPOURABA, para el año 2021.

Tabla 8. Calidad de agua jurisdicción de CORPOURABA - 2021.

Municipio	Punto de Monitoreo	Caudal l/s
Turbo	Bocatoma Quebrada San Felipe	81
	Río Turbo Antes de desembocadura Q. El Indio	500
	Quebrada El indio, desembocadura	149
	Desembocadura Quebrada Las Mercedes.	238
	Bocatoma Rio Turbo	1975

	Puente Rio Turbo	1478
Apartadó	Después de la bocatoma Rio Grande	743
	Bocatoma Rio Grande	770
	Después de la bocatoma Rio Grande	43
	Puente Rio Grande	738.5
	Rio Vijagual Antes de los Almendros	315
	Rio Vijagual Después de finca Sacramento	408
	Rio Apartadó Bocatoma	523
	Rio Apartadó AAU	120
	Rio Apartadó DAU	327
San Pedro De Urabá	Desembocadura Quebrada Aguas Claras	147
Urao	Quebrada La Granada	1158
Dabeiba	Quebrada Antadó	1355
Cañas gordas	Quebrada Apucarco	288
Dabeiba	Bocatoma la Cerrazón	195
Uramita	Bocatoma El Oso	42
Abriaquí	Bocatoma Los Chorros	54
Cañas gordas	Bocatoma Borracheral	63
Frontino	Quebrada Piedrahita	267
	Quebrada Carmelita	130
Chigorodó	Río Chigorodó antes de ripea	1784
Carepa	Bocatoma Qda La Cangreja	109.5
	Bocatoma Qda La Cristalina	282
Giraldo	Desembocadura Quebrada El Tambor	123

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Análisis Resultados ICA: en la tabla 7, figura 1 y figura 2 se puede observar que para las dos campañas de muestreo los porcentajes de calidad de agua son similares, predominando la calidad de agua regular (el 58.3 de los puntos monitoreados en la primera campaña de muestreo se encuentran en esta calificación, mientras que el 58.7 de los puntos monitoreados en la segunda campaña presentan calidad de agua regular). Cabe resaltar que la calidad en ningún punto de los monitoreados en la primera y/o segunda campaña de muestreo fue muy mala o buena. Las estaciones que registraron aguas de mala calidad, se encuentran principalmente en cuerpos hídricos que sus aguas corren por centros urbanos.

5.2. Variables Físicas, Químicas y Biológicas

Para el cálculo de la calidad del agua, se utilizó el índice de 6 variables (% saturación de oxígeno, PT/NT, pH, conductividad, SST y DQO). En los casos en donde no se logró cuantificar de manera confiable la cantidad del analito porque estuvo menor al MRL, se tomó como referencia la mitad (1/2) del límite de cuantificación (MRL).

Además de las variables tenidas en cuenta para el cálculo del índice de calidad de agua, se analizaron las mencionadas en la tabla 6, en donde cabe resaltar lo siguiente:

El punto con mayor carga orgánica fue el CA-R-CA-03, (río Carepa DAU), esto puede obedecerse a la descarga de aguas residuales del alcantarillado municipal que se realiza aguas arriba de este

punto de monitoreo; a su vez, el hecho de que la muestra haya sido tomada en condiciones de bajo caudal hace que la carga contaminante se concentre.

Respecto a los nutrientes complejos, el río Carepa y el río Apartado presentan las mayores concentraciones, esto puede ser producto de las actividades de los municipios que verten sus residuos, principalmente las aguas residuales domésticas a estos ecosistemas fluviales disminuyendo su calidad y disponibilidad, tal como lo afirman Cárdenas y Sánchez (2013).

Respecto a variables como las durezas, calcio, conductividad, magnesio, cloruro, sólidos disueltos, sólidos totales, sodio y sulfato; la desembocadura del Río Hobo presentó las mayores concentraciones de estos analitos, por lo que se puede inferir que al ser una desembocadura, había mezcla con agua de mar, condición que aumenta la concentración de estos parámetros.

En relación a los metales, se obtuvo una mayor concentración de hierro en el río San Juan antes del área urbana de San Pedro de Urabá, esto puede estar relacionado al alto contenido de sólidos suspendidos en la misma muestra y a que al momento del monitoreo había extracción de arena aguas arriba del punto de muestreo, lo que remueve el sustrato (sedimento) y estos se mueven hacia la columna de agua. La máxima concentración de mercurio se encontró en el río San Juan después de Santa Catalina, no obstante, no representa una amenaza para los organismos acuáticos.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la jurisdicción de CORPOURABA, es predominante la calidad de agua regular, seguida de la aceptable y posteriormente la calidad de agua mala.

En las cuencas del río San Juan, Río León y río sucio-Atrato, predominaron estaciones con calidad aceptable y regular; mientras que en la cuenca litoral predominó calidad de agua mala.

Los puntos con mala calidad que involucran el río Chigorodó, río Carepa, río Apartadó, río Turbo y río San Juan, se ubicaron principalmente después de las áreas urbanas lo que supone una alta influencia de actividad antrópica. Además, en estas zonas la pendiente es baja, y se caracterizan por una alta densidad poblacional y considerable desarrollo agroindustrial; Roldán y Ramírez (2008) sostienen que a medida que los ríos descienden en una cuenca, la concentración de oxígeno disuelto disminuye, ya que el lecho se torna más profundo, la velocidad de flujo disminuye y el agua ha acumulado materia orgánica en su recorrido. Así mismo, estas cuencas tienen una baja retención hídrica, facilitándose la retención y concentración de contaminantes.

Conforme la naturaleza de las muestras; de las variables analizadas, los Coliformes fecales, la DBO, la DQO y los nutrientes complejos (nitrógeno total y fósforo total) registraron valores elevados. Estos parámetros son típicos de las aguas residuales domésticas, sugiriendo así la contaminación de las fuentes hídricas con descargas de estas. Cabe mencionar que en ausencia de plantas de tratamiento de agua residual, las aguas residuales de los alcantarillados municipales descargan sin tratamiento previo sobre estos ecosistemas.

En general, las fuentes abastecedoras de los acueductos urbanos poseen calidad Aceptable y Regular, lo cual no es impedimento para el consumo humano, previo tratamiento por parte del prestador del servicio de acueducto.

Es necesario unificar esfuerzos entre los diferentes actores del recurso hídrico, con el fin de planificar y desarrollar acciones que permitan mejorar la calidad del agua superficial en las fuentes hídricas de la jurisdicción que presentan calidad de agua mala. De igual forma, en aquellas estaciones de monitoreo que presentan calidad regular y aceptable, es necesario planificar acciones con miras que la calidad de agua allí, mínimamente no se deteriore.

Es importante seguir con el monitoreo de fuentes superficiales y con medidas de saneamiento para mejorar la calidad de las aguas superficiales, amparando la protección y gestión del recurso en las normas vigentes y en la protección de bosques y zonas de vegetación nativa, ya que este es un factor determinante a la hora de conservar y preservar la calidad del recurso hídrico.

7. ANÁLISIS DEL ÍNDICE DE CALIDAD.

Es importantes hacer algunas precisiones acerca del cálculo del índice de calidad ya que puede causar sesgos en los resultados algunas de las consideraciones para tener en cuenta son las siguientes:

- I. El límite de cuantificación (MRL) de DQO del laboratorio es de 50 mg O₂/L; para las muestras en donde la concentración se encontró por debajo de 50 mg O₂/L, se tomó para el cálculo del índice la mitad del límite de cuantificación, es decir 25 mg O₂/L. De la misma manera, cuando el PT, y el NT se encontraron por debajo del MRL (0.1mg/L y 0.5 mg/L, respectivamente), se tomó la mitad para el respectivo cálculo. Lo anterior influye en el cálculo del ICA y puede sesgar el resultado.
- II. La alta relación entre el oxígeno disuelto y la temperatura puede generar sesgos a la hora de comparar fuentes con temperaturas bajas ubicadas en zonas montañosas con zonas de temperaturas altas ubicadas cerca del nivel del mar.
- III. Los índices de calidad que sólo tienen en cuenta variables físicas y químicas presentan limitaciones para describir la calidad del agua como las expuestas anteriormente, es importante incluir el componente hidrobiológico con el monitoreo de algas, plantas acuáticas, comunidades de macroinvertebrados acuáticos, etc; el análisis del componente biológico complementa las variables físicas y químicas teniendo así una visión integral de la calidad de las aguas superficiales en la jurisdicción de CORPOURABA.

8. BIBLIOGRAFÍA

Baird, R., & Bridgewater, L. (2017). Standard methods for the examination of water and wastewater. 23rd edition. Washington, D.C.: American Public Health Association.

Cárdenas, G. L. y Sánchez, I. A. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. Universidad y Salud, 15(1), 72-88. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/reus/v15n1/v15n1a07.pdf>.

COLOMBIA. CONGRESO DE LA REPÚBLICA. Ley 99 (22, diciembre, 1993). Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA. Diario Oficial. Bogotá D.C., 1993, no. 41.146.

Corporación Para El Desarrollo Sostenible Del Urabá. CORPOURABA. 2020. Plan de acción institucional. Recuperado de <http://corpouraba.gov.co/wp-content/uploads/PLAN-DE-ACCION-2020-2023-FINAL-2.pdf>

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. (2011). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua. Recuperado de http://www.ideam.gov.co/documents/24155/125494/36-3.21_HM_Indice_calidad_agua_3_FI.pdf/9d28de9c-8b53-470e-82ab-daca2d0b0031

Ministerio De Ambiente, Vivienda Y Desarrollo Territorial. 2010. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá, D.C. Colombia, 124 p.

Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible. 2015. Resolución 0631. Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.

Roldan, G; Ramírez, J. 2008. Fundamentos de limnología Neotropical. 2a. Ed. Medellín (Colombia): Editorial Universidad de Antioquia, Universidad Católica de Oriente y Academia Colombiana de Ciencias- ACCEFYN.

USEPA .2007. METHOD 7473, Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation, and atomic absorption spectrophotometry

Samboni Ruiz, N E. Carvajal Escobar, Y. Escobar, J Ca. 2007. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. Revista Ingeniería e Investigación, 172-181.