



ANALISIS DE CALIDAD Y CANTIDAD DE AGUA
SUPERFICIAL EN LA JURISDICCION DE
CORPOURABA
2014

SUBDIRECCION DE GESTION Y ADMINISTRACION
AMBIENTAL

RADICADO No. 400-08-02-99-1143-2015

APARTADO ANTIOQUIA COLOMBIA

2015

GABRIEL VALLEJO LÓPEZ
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

CLAUDIA ADALGIZA ARIAS CUADROS
Presidenta Consejo Directivo

GABRIEL CEBALLOS ECHEVERRI
Director General

JHON JAIRO PARRA BOÑOLIS
Subdirector Administrativo y Financiero

VANESSA PAREDES ZUÑIGA
Subdirectora de Gestión y Administración Ambiental

ARBEY MOLINA
Subdirector de Planeación y Ordenamiento Territorial

DIANA DULCEY
Jefe de oficina Jurídica

JUAN FERNANDO GOMEZ CATAÑO
Coordinador Aguas, Aire, Suelos y L.A.

LUCAS EDUARDO PÉREZ ARANGO
Profesional Universitario
Especialista en Calidad de aguas

NEHIR MENA MORENO
Profesional Universitario
Especialista en Calidad de aguas

JOSE JOAQUIN AGUIRRE
Técnico auxiliar

Lista de Abreviaturas

Alc: alcalinidad
CE: conductividad eléctrica
CF: coliformes fecales
CORPOURABA: Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá
CT: coliformes totales
CV: coeficiente de variación
DBO: demanda bioquímica de oxígeno
DQO: demanda química de oxígeno
Dur: dureza
ICA: índice de Calidad de Agua
ICO: índice de Contaminación
ICOMI: índice de contaminación mineral
ICOMO: índice de contaminación por materia orgánica
ICOSUS: índice de contaminación por sólidos suspendidos
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
NO₂: nitritos
OD: oxígeno disuelto
pH: potencial de hidrogeniones
PO₄: ortofosfatos
Qda: quebrada (corriente de agua, subcuenca)
SST: sólidos suspendidos totales
ST: sólidos totales
Tem: temperatura
Tur: turbidez
Urb: Urbana
µS/cm: microsiemens por centímetro

1	INTRODUCCION.....	7
2	METODOLOGÍA.....	8
2.1	Área de Estudio.....	8
2.1.1	Cuenca del Litoral.....	8
2.1.2	Cuenca del Golfo.....	9
2.1.3	Cuenca del río León.....	10
2.1.4	Cuenca del río Cauca.....	11
2.1.5	Cuenca del río Atrato.....	13
2.2	Medición de variables físicas, químicas y biológicas.....	18
2.3	Determinación de calidad de agua.....	18
2.4	Objetivos de calidad.....	18
2.5	Tratamiento de información.....	19
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
3.1	Variables físicas, químicas y biológicas.....	19
3.2	Índice de Calidad de Agua.....	20
3.3	CALIDAD Y CANTIDAD 2014.....	26
3.4	Objetivos de Calidad de Agua.....	27
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	31
5	BIBLIOGRAFÍA.....	32

Lista de Tablas

Tabla 1. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo	15
Tabla 2. Valores de referencias del ICA	18
Tabla 3. Clasificación del cumplimiento de los objetivos de calidad ..	19
Tabla 4. Análisis descriptivo de las variables físicas químicas y biológicas.	20
Tabla 5. Calidad de agua en las estaciones de muestro	21
Tabla 6. Calidad y cantidad 2014.....	26
Tabla 7. Resultados de objetivos de calidad de agua.	27

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Variación por criterios de calidad de agua.	24
Gráfica 2. Distribución espacial de agua por criterio de calidad.	26
Gráfica 3. Resultados de objetivos de calidad por variables.	30

Lista de Figuras

Figura 1. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Litoral	9
Figura 2. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Golfo	10
Figura 3. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del León	11
Figura 4. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Cauca (Peque)	12

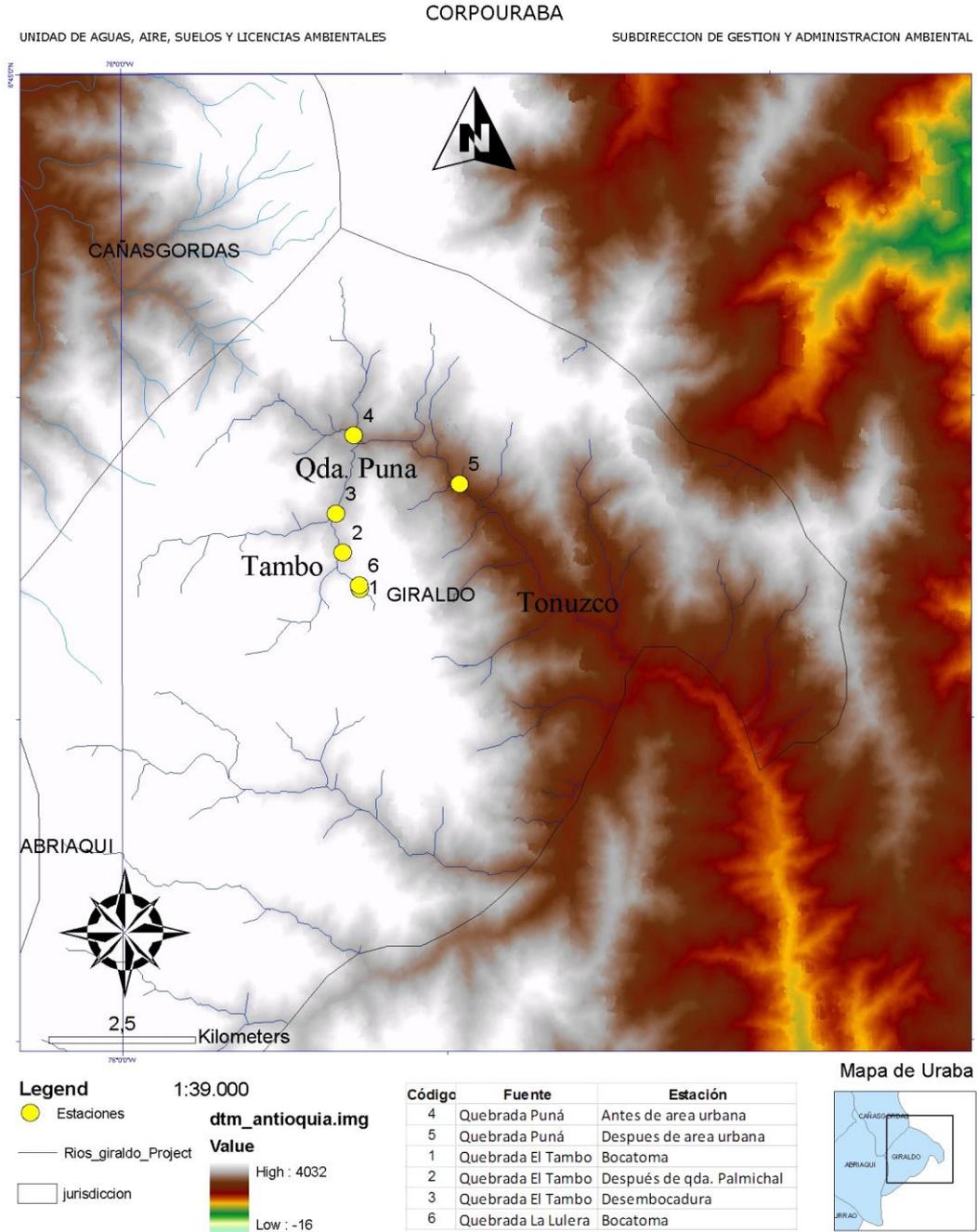


Figura 5. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Cauca (Giraldo) 13

Figura 6. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Atrato 14

1 INTRODUCCION

La mala planificación del territorio, el crecimiento acelerado de los centros urbanos, la ampliación de las fronteras agrícolas, el desarrollo industrial, demandan grandes volúmenes de agua, cuyo deterioro en cantidad y calidad es creciente, ya que la mayoría de corrientes superficiales están siendo utilizadas para el vertimiento de aguas servidas, limitando de esta forma el aprovechamiento del recursos, los bienes y servicios ambientales de estos ecosistemas, por tal motivo es necesario la aplicación de metodologías de alto costo económico para su tratamiento, lo que ocasiona un impacto considerable en la economía (Zúñiga, 2009).

Para evaluar la calidad de las fuentes hídricas se ha elaborado gran cantidad de índices (Washington, 1984). Un índice de calidad de agua (ICA), consiste básicamente en una expresión simple, de una combinación más o menos compleja de parámetros, el cual sirve como expresión de la calidad del agua, el índice puede ser representado por un número, un rango, una descripción verbal, un símbolo o incluso un color (Fernández y Solano, 2005).

El ICA NSF (National Sanitation Foundation) fue desarrollado por Brown *et al.* (1970). Actualmente a nivel mundial es el índice más empleado en la evaluación de la calidad de agua superficiales, destinada al uso doméstico, para su determinación se emplean pocas variables fisicoquímicas y un elemento biológico; coliformes fecales (Samboni *et al.*, 2007) Una gran ventaja de los índices de calidad de agua que emplean variables fisicoquímicas, es la facilidad de interpretar los resultados, pues estos agrupan los elementos contaminantes más representativos, como instrumentos para determinar el deterioro hídrico (León, 1992)

La Corporación Para el Desarrollo Sostenible del Urabá CORPOURABA como ente planificador del recurso hídrico en el área de su jurisdicción, según lo establece la Ley 99 de 1993, realiza procesos de gestión del recurso hídrico, entre estas se encuentra el monitoreo de la calidad de agua superficial, realizado a las principales fuentes hídricas presentes en el área de la jurisdicción.

En el presente informe tiene con finalidad evaluar la calidad, cantidad de agua superficial de los principales cuerpo hídricos presentes en la jurisdicción de CORPOURABA y evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos, para algunas las fuentes de aguas priorizadas dado los vertimientos que allí se realizan.

2 METODOLOGÍA

2.1 Área de Estudio

La jurisdicción de CORPOURABA es un territorio complejo, heterogéneo, pluriétnico y pluricultural, comprende 19 municipios del departamento de Antioquia, en una extensión de 1'906.485 hectáreas. En su vasta geografía comparte ecosistemas estratégicos y límites con los departamentos de Córdoba y Chocó, hace parte de las regiones Andina, Caribe y Pacífico (situación que le posibilita albergar variedad de ecosistemas en todos los pisos climáticos, desde el piso basal hasta el paramuno), constituye una porción del denominado Chocó Biogeográfico; tiene 425 kilómetros de línea costera, se encuentran tres parques nacionales (Katis, Paramillo y Orquídeas); comparte áreas de la cuenca del río Cauca y la cordillera Occidental y presencia de ecosistemas de gran valor a nivel nacional: los humedales del bajo y medio Atrato, el río León, los manglares y los cativales.

El monitoreo se realiza en 130 estaciones, distribuidas en 50 fuentes hídricas, de las cuales dos son lénticas y el resto lólicas, las fuentes hídricas se encuentran asociadas a cinco cuencas hidrográficas:

2.1.1 Cuenca del Litoral

En esta cuenca se ubican los municipios; San Pedro de Urabá, Arboletes, Necoclí y San Juan de Urabá. El monitoreo se realiza en la Ciénaga el Salao, la Represa el Bote, el río San Juan, con sus afluentes quebradas Aguas Claras y San Juancito, así como dos Caños urbanos; Volcán y Jaime, siendo estos últimos receptores de aguas residuales (Figura 1 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**).

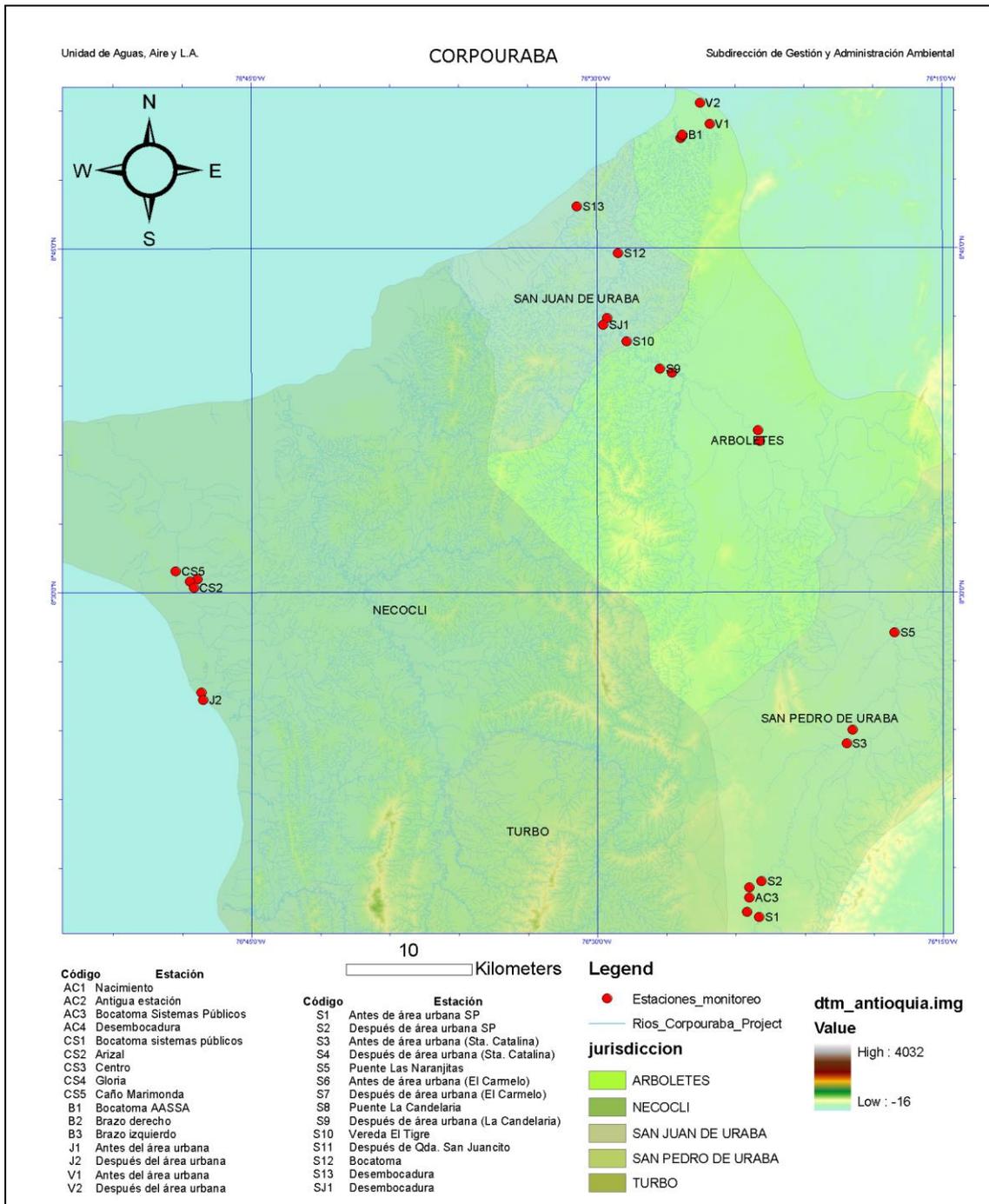


Figura 1. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Litoral

2.1.2 Cuenca del Golfo

En esta cuenca se ubica el municipio de Turbo, todos los cuerpos hídricos que la integran, drenan directamente al Golfo de Urabá. En esta cuenca se monitorean tres ríos; Currulao, Guadualito y Turbo, además los caños Puerto Tranca y Veranillo, sistemas que atraviesan el casco urbano del municipio de Turbo y reciben una alta carga de materia orgánica (Figura 2)

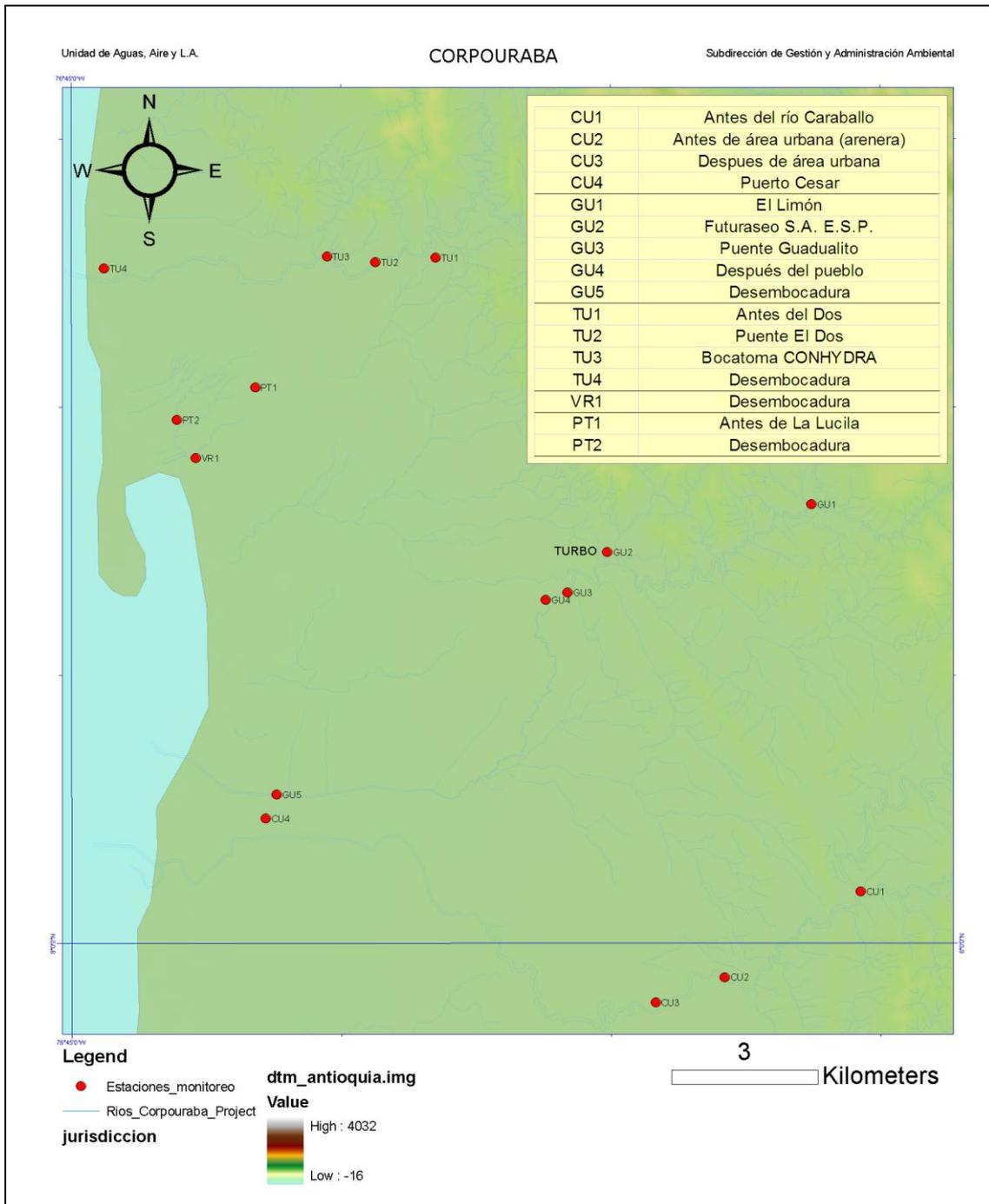


Figura 2. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Golfo

2.1.3 Cuenca del río León

En esta cuenca se ubican los municipios; Chigorodó, Carepa, Apartado y Turbo. En esta cuenca se realiza monitoreo en los ríos; León, Chigorodó, Carepa, Apartado, Vijagual, Río Grande y Churido y la quebrada la Cristalina (Figura 3)

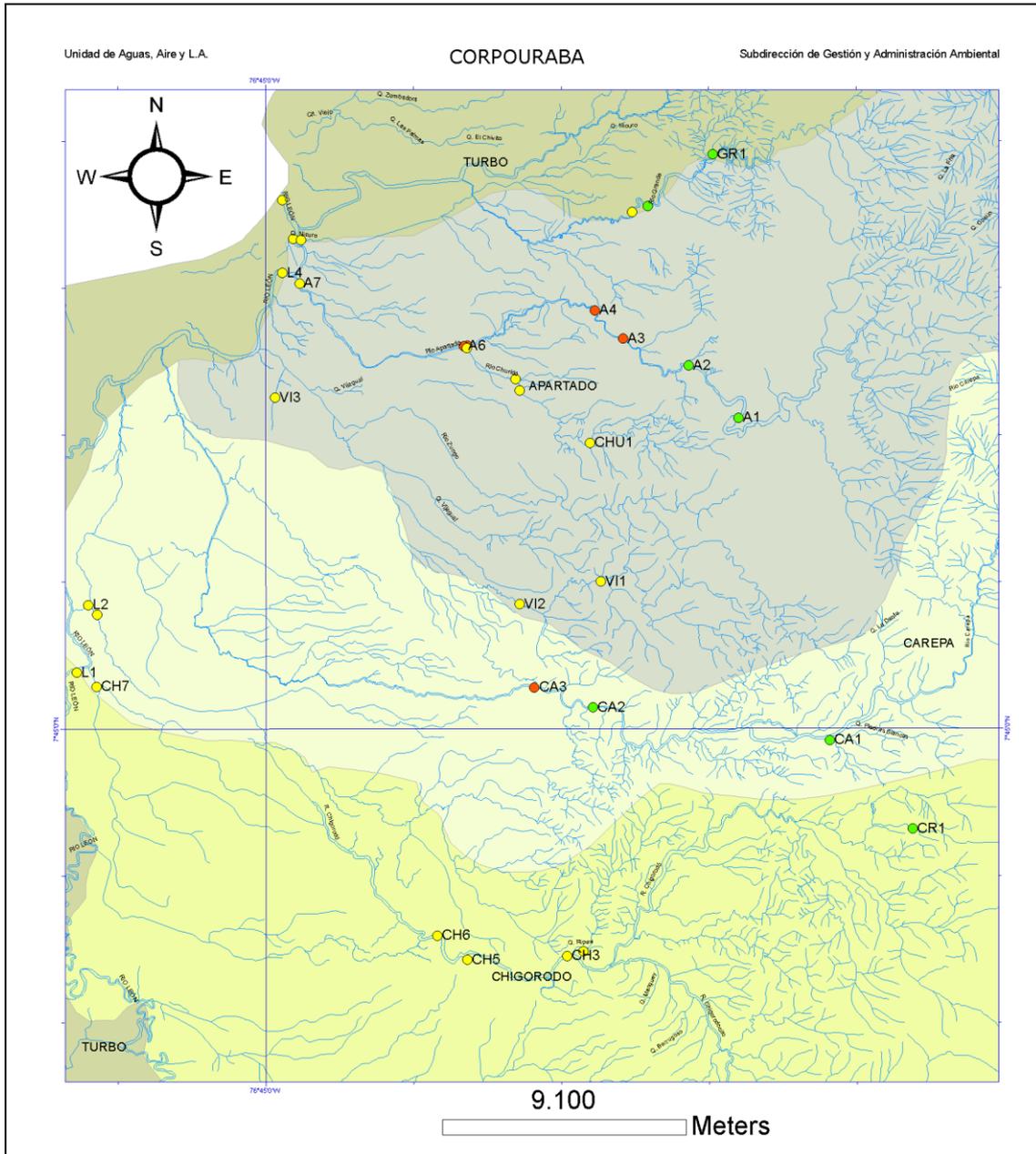


Figura 3. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del León

2.1.4 Cuenca del río Cauca

En esta cuenca se ubican los municipios de Giraldo y Peque. En el municipio de Peque se priorizaron para el monitoreo, la quebrada el Tambor y los ríos Peque y San Juan de Peque (Figura 4). En el municipio de Giraldo, las quebradas; el Tambo, la Lulera y Puna (Figura 5).

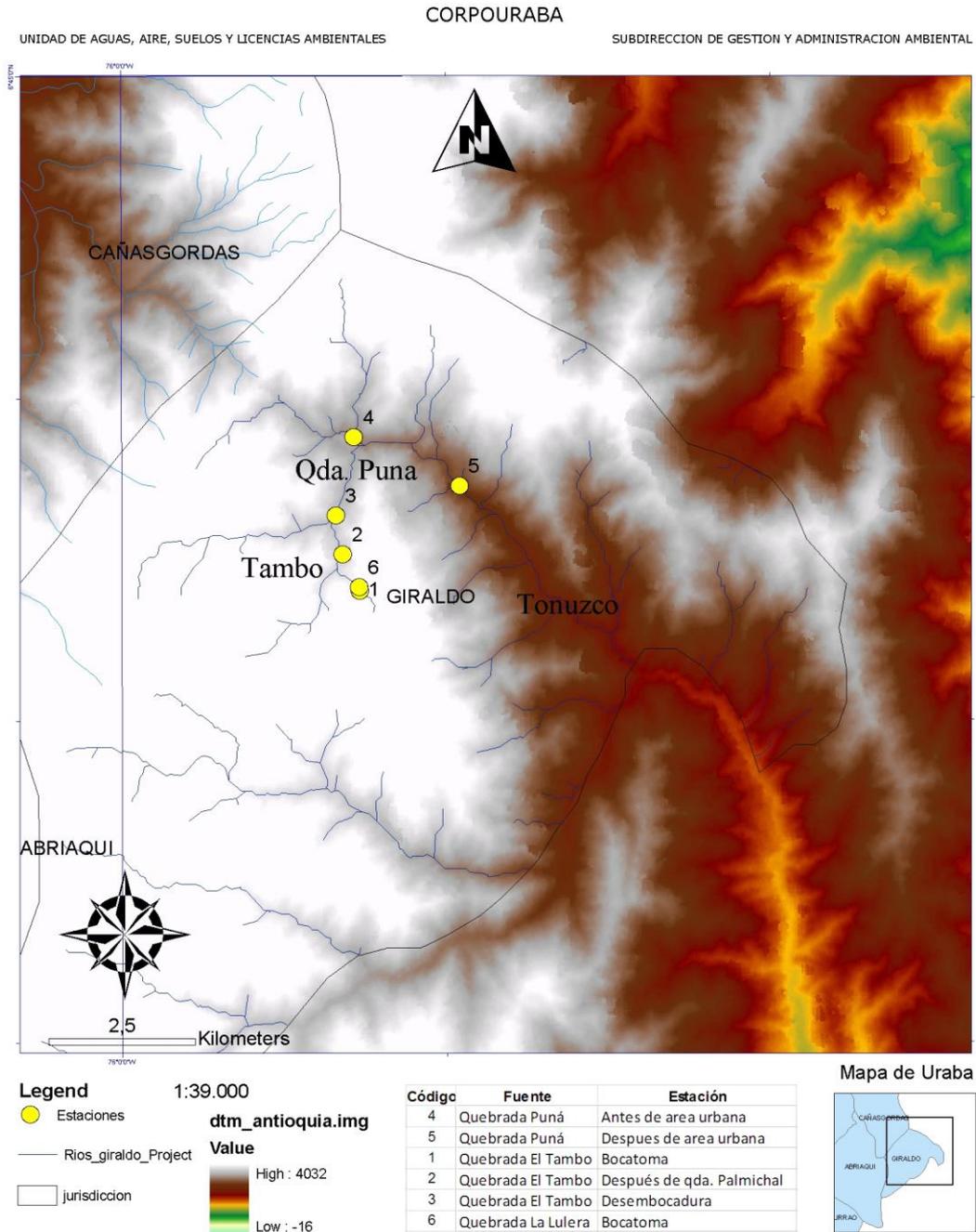


Figura 5. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Cauca (Giraldo)

2.1.5 Cuenca del río Atrato

En esta cuenca se ubican los municipios: Urrao, Abriaquí, Frontino, Cañasgordas, Dabeiba, Uramita, Vigía del fuerte y Murindó. En esta cuenca se realiza monitoreo a los ríos: Atrato, Penderisco y Sucio. En la subcuenca del río Sucio se priorizaron los siguientes afluentes: Antadó, Cerrazón, Sabaletas, Daida, Mutatá, Bajirá, Apucarpo, Uramita, Oso, Herradura, San Pedro, Santa Ana, Chorros, Piedrahita, Qda. La Carmelita, Qda. Las Sabaletas, Cerro, Frontino, Nore y Urrao (Figura 6).

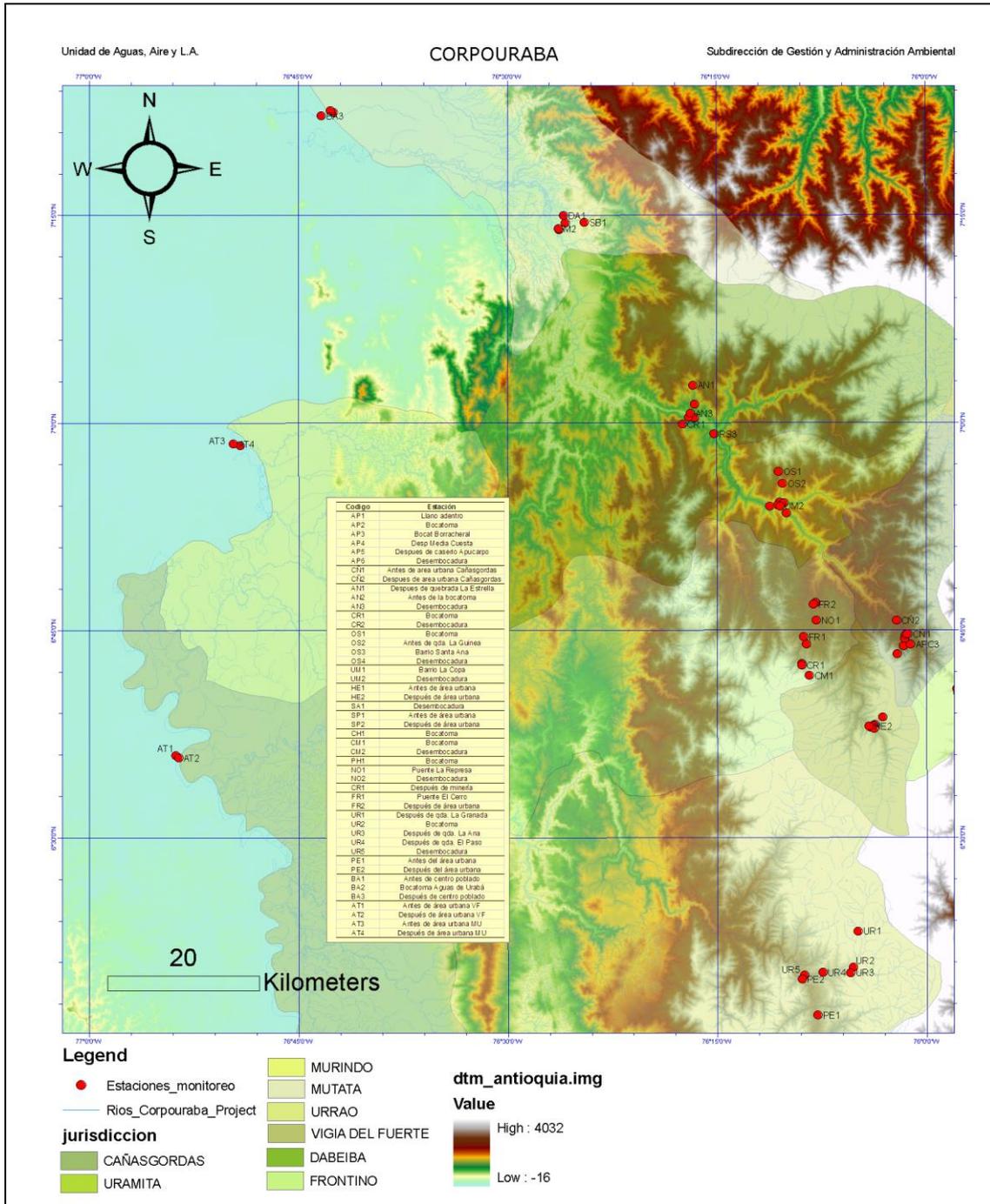


Figura 6. Geolocalización de estaciones de monitoreo cuenca del Atrato

En la tabla 1, se muestran la distribución de las estaciones de monitoreo, en las fuentes hídricas, así como en las diferentes cuencas hidrográficas.

Tabla 1. Distribución espacial de las estaciones de monitoreo

Cuenca	Fuente hídrica	Estaciones de Monitoreo	Código
Litoral	San Juan	Antes de área urbana	SP-R-SJ-01
		Después de área urbana	SP-R-SJ-02
		Después de área urbana (Sta. Catalina)	SP-R-SJ-04
		Puente Las Naranjitas	AR-R-SJ-01
		Después de área urbana (El Carmelo)	AR-R-SJ-03
		Después de área urbana (La Candelaria)	AR-R-SJ-05
		Bocatoma	SJ-R-SJ-03
		Desembocadura	SJ-R-SJ-04
	Qda San Juancito	Quebrada San Juancito	SJ-Q-SJ-01
	Caño Jaime	Antes del área urbana	NE-Q-JA-01
		Después de área urbana	NE-Q-JA-02
	Ciénaga el Salao	Bocatoma Sistemas Públicos	NE-C-SA-01
		Arizal	NE-C-SA-02
	Represa el bote	Bocatoma A.A.S. S.A.	AR-P-BO-01
	Caño volcán	Después del área urbana	AR-Q-VO-02
	Aguas Claras	Bocatoma A.A.S. S.A.	SP-Q-AC-01
Desembocadura		SP-Q-AC-02	
Golfo	Río Guadualito	El Limón	TU-R-GU-01
		Futuraseo S.A. E.S.P.	TU-R-GU-02
		Puente Guadualito	TU-R-GU-03
		Después del pueblo	TU-R-GU-04
		Desembocadura	TU-R-GU-05
	Caño Puerto Tranca	Antes de La Lucila	TU-Q-PT-01
		Desembocadura	TU-Q-PT-02
	Caño Veranillo	Desembocadura	TU-Q-VC-01
	Qda. La Culebrera	Bocatoma	TU-Q-CL-01
	Río Turbo	Antes de El Dos	TU-R-TU-01
		Puente El Dos	TU-R-TU-02
		Bocatoma CONHYDRA	TU-R-TU-03
		Desembocadura	TU-R-TU-04
	Río Currulao	Antes de área urbana (arena)	TU-R-CU-02
		Después de área urbana	TU-R-CU-03
		Puerto Cesar	TU-R-CU-04
Río León	Río León	Antes de río Chigorodo	R-LE-01
		Antes del Carepa	R-LE-02
		Antes del Apartadó	R-LE-03
		Puerto Girón	R-LE-04
		Desembocadura	R-LE-05
	Río Apartadó	Bocatoma Presea	AP-R-AP-01
		Antes de área urbana	AP-R-AP-02
		Presea	AP-R-AP-03
Puebloquemao		AP-R-AP-04	

Cuenca	Fuente hídrica	Estaciones de Monitoreo	Código
		Después del río Churidó	AP-R-AP-05
		Desembocadura	AP-R-AP-06
	Río Churidó	Finca La Teca	AP-R-CH-01
		Antes de Churidó	AP-R-CH-02
		Después de Churidó	AP-R-CH-03
		Desembocadura	AP-R-CH-04
	Rio Vijagual	Antes de Los Almendros	AP-R-VJ-01
		Después de finca Sacramento	AP-R-VJ-02
		Desembocadura	AP-R-VJ-03
	Qda. La Cristalina	Bocatoma	CH-Q-CR-01
	Río Carepa	Desembocadura Piedras Blancas	CA-R-CA-01
		Antes área urbana	CA-R-CA-02
		Después de área urbana	CA-R-CA-03
	Río Grande	Choromando	AP-R-GR-01
		Antes de área urbana	AP-R-GR-02
		Después de área urbana	AP-R-GR-03
		Desembocadura	AP-R-GR-04
	Río Chigorodó	Antes de Ripea	CH-R-CH-01
		Después de Ripea	CH-R-CH-02
Bocatoma CONHYDRA		CH-R-CH-03	
Vertimiento alcantarillado		CH-R-CH-04	
Desembocadura		CH-R-CH-05	
Río Cauca	Rio Peque	Antes de área urbana	PE-R-PE-01
		Después de área urbana	PE-R-PE-02
	Qda. El Tambor	Bocatoma	PE-Q-TA-02
		Desembocadura	PE-Q-TA-03
	Qda. El Tambo	Bocatoma	GI-Q-TM-01
		Después de la Qda. La Palmichala	GI-Q-TM-02
	Qda. Puna	Antes del área urbana	GI-Q-PU-01
		Después del área urbana	GI-Q-PU-02
	Qda. La Lulera	Bocatoma	GI-Q-LU-01
	Rio Atrato	Quebrada Apucarpo	Bocatoma Sistemas Públicos
Desembocadura			SP-Q-AC-03
Río Bajirá		Antes de centro poblado	MU-R-BA-01
		Bocatoma Aguas de Urabá	MU-R-BA-02
		Después de centro poblado	MU-R-BA-03
Qda. Las Sabaletas		Bocatoma CONHYDRA	MU-Q-SB-01
Río Mutatá		Antes de área urbana	MU-R-MU-01
		Desembocadura	MU-R-MU-02
Río Sucio		Antes de área urbana Uramita	UM-R-SU-01
		Después de área urbana Uramita	UM-R-SU-02
	Antes de área urbana Dabeiba	DA-R-SU-01	
	Después de área urbana Dabeiba	DA-R-SU-02	
	Antes del rio Mutata	MU-R-SU-01	

Cuenca	Fuente hídrica	Estaciones de Monitoreo	Código
	Río Cañasgordas	Antes de área urbana Cañasgordas	CÑ-R-CÑ-01
		Después de área urbana Cañasgordas	CÑ-R-CÑ-02
	Qda. La Cerrazón	Bocatoma	DA-Q-CE-01
		Desembocadura	DA-Q-CE-02
	Rio Uramita	Barrio La Copa	UM-R-UM-01
		desembocadura	UM-R-UM-02
	Qda. Antado	Después de quebrada La Estrella	DA-Q-AN-02
		Desembocadura	DA-Q-AN-03
	Qda. El Oso	Bocatoma	UM-Q-OS-01
		Antes de Qda. La Guinea	UM-Q-OS-02
		Barrio Santa Ana	UM-Q-OS-03
		Desembocadura	UM-Q-OS-04
	Qda. La Herradura	Antes de área urbana	AB-Q-HE-01
		Después de área urbana	AB-Q-HE-02
	Qda. San Pedro	Antes de área urbana	AB-Q-SP-01
		Después de área urbana	AB-Q-SP-02
	Qda. Santa Ana	Desembocadura	AB-Q-SA-01
	Río San Juan	Antes de área urbana	PE-R-SN-01
		Después de área urbana	PE-R-SN-02
	Qda. Apucarco	Llano adentro	CÑ-Q-AP01
		Arriba Bocatoma	CÑ-Q-AP02
		Bocatoma Borracheral	CÑ-Q-AP03
		Después de caserío Apucarco	CÑ-Q-AP04
		Desembocadura	CÑ-Q-AP05
	Qda. Nore	Puente La Represa	FR-Q-NO-01
		Desembocadura	FR-Q-NO-02
	Qda. La Carmelita	Bocatoma	FR-Q-CM-01
		Desembocadura	FR-Q-CM-02
	Rio Frontino	Puente El Cerro	FR-R-FR-01
		Después de área urbana	FR-R-FR-02
	Qda. El Cerro	Después de minería	FR-Q-CR-01
	Qda. Los Chorros	Bocatoma	AB-Q-CO-01
Qda. La Piedrahita	Bocatoma	FR-Q-PH-01	
Río Urrao	Después de Qda. La Granada	UR-R-UR-01	
	Bocatoma	UR-R-UR-02	
	Después de Qda. La Ana	UR-R-UR-03	
	Después de Qda. El Paso	UR-R-UR-04	
	Desembocadura	UR-R-UR-05	
Rio Penderisco	Antes del área urbana	UR-R-PE-01	
	Después del área urbana	UR-R-PE-02	
Río Atrato	Antes de área urbana	VF-R-AT-01	
	Después de área urbana	VF-R-AT-02	
	Antes de área urbana	MU-R-AT-01	
	Después de área urbana	MU-R-AT-02	

2.2 Medición de variables físicas, químicas y biológicas

In situ se realizaron mediciones de; pH temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y sólidos disueltos totales (usando un sensor multiparamétrico HACH® HQ40d). Se tomó una muestra de agua, para determinación en laboratorio de los parámetros; alcalinidad, dureza total, nitratos, Coliformes totales y fecales sólidos totales turbiedad DQO y DBO. Las metodologías de muestreo y los métodos de análisis se rigieron por los protocolos establecidos por (APHA, 1998). Los análisis de laboratorio se realizaron en el laboratorio de aguas de CORPOURABA.

2.3 Determinación de calidad de agua

Para determinar la calidad hídrica se utilizó el índice ICA NSF. El cual, se basa en el supuesto que la calidad del agua es un atributo general de las aguas superficiales, independiente del uso para el cual es destinada (Jaramillo *et al.*, 2011). Los valores del ICA fluctúan entre 0 y 100, en la Tabla 2 se observan los rangos, criterios de calidad de agua y color de calidad según los criterios.

Tabla 2. Valores de referencias del ICA

Rango	Criterio de calidad	Color
0 – 25	Muy mala	Rojo
26 – 50	Mala	Naranja
51 – 70	Media	Amarillo
71 – 90	Buena	Verde
91– 100	Excelente	Azul

2.4 Objetivos de calidad.

Los objetivos de calidad son metas establecidas para reducir la concentración de variables fisicoquímicas y biológicas del medio hídrico, en el corto, mediano y largo plazo. En la jurisdicción de CORPOURABA se establecieron objetivos de calidad para 14 subsistemas, cuancas en las cuales se realiza vertimiento de aguas residuales. Los objetivos de calidad están enmarcados en cinco variables: oxígeno disuelto, DBO, pH, coliformes fecales y temperatura del agua.

Para evaluar el cumplimiento de los objetivos de calidad, se calculó la diferencia, entre las mediciones realizadas y los estándares de calidad previamente establecidos.

El cumplimiento de los objetivos de calidad en la jurisdicción de CORPOURABA se clasificó de acuerdo con la Tabla 3.

Tabla 3. Clasificación del cumplimiento de los objetivos de calidad

Cumplimiento	Color	Criterio de calidad
6 variables		Excelente
5 variables		Buena
4 variables		Media
3 variables		Mala
(≤) 2 variables		Muy Mala

2.5 Tratamiento de información

A los valores de las variables físicas, químicas y biológicas, se les aplicó un análisis descriptivo de datos, para lo cual se utilizó la media (m) como medida de tendencia central, valores máximo y mínimo como medida de dispersión absoluta y el coeficiente de variación (CV) como medida de dispersión relativa. Para el tratamiento de la información se realizó con la ayuda del programa de libre acceso PAST, versión: 3.06 (Hammer, 2001)

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Variables físicas, químicas y biológicas.

Las variables coliformes totales y fecales, registraron una media considerablemente alta, con excepción del pH, el oxígeno disuelto y la temperatura, las variables físicas, químicas y biológicas presentaron drásticas variaciones espaciales; se registraron coeficientes de variación superiores al 100 % (Tabla 4). Lo anterior está influenciado por diversos factores; época climática y hora en la cual se realiza la medición, características climáticas, físicas y bióticas de las cuencas hidrográficas en la cual se encuentra la fuente hídrica.

De acuerdo con Allan (1995) y Hill (1996), la cantidad y calidad del agua de una fuente hídrica, está determinada por el régimen de precipitación, tipo de vegetación y cobertura vegetal, tipos y usos del suelo, la geología entre otras.

Dado que el territorio de la jurisdicción de CORPOURABA es muy heterogéneo, se presentan condiciones geográficas, geomorfológicas, topográficas, físicas, climáticas y bióticas muy diversas, las cuales permiten la presencia de cuerpos hídricos de alta montaña y también como de tierras bajas. En general las aguas de los ríos de montaña son transparentes y oligotróficos, reflejo de la pobreza de los suelos en las regiones tropicales, por el contrario, los ríos de las tierras

bajas muestran una alta turbidez e incremento de los valores de las variables fisicoquímicos. (Roldán, 2009).

En los sistemas fluviales se establecen gradientes de condiciones y de recursos desde los tramos de cabecera hasta la desembocadura, a medida que los ríos se alejan de su nacimiento, los valores de las variables físicas, químicas, microbiológicas así como la biota va sufriendo modificaciones (Vannote *et al.*, 1980).

Tabla 4. Análisis descriptivo de las variables físicas químicas y biológicas.

Parámetros (unidad de medida)	Descriptorios estadísticos				
	Mínimo	Máximo	Media	C V (%)	n
Temperatura agua (° C)	13,70	36,20	25,17	19	128
Alcalinidad total (mg/l)	9,28	579,80	123,60	76	128
Turbiedad (NTU)	0,35	4800	107,61	419	128
Dureza total (mg/l)	5,10	893,80	116,97	109	128
Conductividad (µs/cm)	16,61	6120	386,47	162	128
pH (unidades de pH)	6,61	9,12	8,02	5,64	127
Oxígeno disuelto (mg/l)	0,11	12,09	6,90	32	128
DBO (mg/l)	0,70	407,00	17,50	319	128
DQO (mg/l)	0,00	675,00	62,81	170	128
Hierro (mg/l)	0,00	122,56	1,76	615	128
Coliformes totales (NMP/100 ml)	20,00	5,4E+11	4,3E+09	1119	128
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	10,00	2,4E+11	1,9E+09	1119	128
Sólidos totales (mg/l)	20,00	6948.00	354.73	243	128
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	4,50	4105	106,40	364	128
Nitratos (mg/l)	0,00	4,50	0,58	141	128
Saturación (%)	0,71	160,10	78,77	45	128

3.2 Índice de Calidad de Agua

Los valores del ICA fluctuaron entre 34,8 y 81,9 y se clasifican entre los índices de calidad **Mala** y **Buena**. De las 128 estaciones de monitoreo, solo 11 presentan agua de mala calidad, en el resto de las estaciones, la calidad hídrica fue media y buena. En la Tabla 5 se muestran los resultados del índice de calidad, en las diferentes estaciones de monitoreo.

Las estaciones que registraron aguas de mala calidad, se encuentran en cuerpos hídricos que sus aguas corren por centros urbanos, donde

la comunidad utiliza las fuentes de agua para el vertimiento de aguas residuales sin previo tratamiento.

Afortunadamente a poca distancia aguas arriba, de las estaciones de monitoreo donde se registró mala calidad hídrica, no se realiza captación para abastecer acueductos, lo cual genere un riesgo sobre la salud e integridad humana.

Tabla 5. Calidad de agua en las estaciones de muestro

FUENTE HÍDRICA	ESTACIÓN DE MONITOREO	ICA	CALIDAD
SAN JUAN	Antes de área urbana (San Pedro)	72,6	BUENA
	Después de área urbana (San Pedro)	56,7	MEDIA
	Después de área urbana (Sta. Catalina)	64,0	MEDIA
	Puente Las Naranjitas	62,7	MEDIA
	Después de área urbana (El Carmelo)	65,3	MEDIA
	Después de área urbana (La Candelaria)	67,5	MEDIA
	Bocatoma	72,7	BUENA
	Desembocadura	69,5	MEDIA
QDA SAN JUANCITO	Quebrada San Juancito	74,3	BUENA
CAÑO JAIME	Antes del área urbana	43,7	MALA
	Después de área urbana	34,9	MALA
CIÉNAGA EL SALAO	Bocatoma Sistemas Públicos	70,5	BUENA
	Arizal	72,9	BUENA
REPRESA EL BOTE	Bocatoma A.A.S. S.A.	67,8	MEDIA
CAÑO VOLCÁN	Después del área urbana	42,9	MALA
QDA AGUAS CLARAS	Bocatoma A.A.S. S.A.	70,3	BUENA
	Desembocadura	65,1	MEDIA
RÍO GUADUALITO	El Limón	74,4	BUENA
	Futuraseo S.A. E.S.P.	77,5	BUENA
	Puente Guadualito	73,6	BUENA
	Después del pueblo	68,5	MEDIA
	Desembocadura	55,6	MEDIA
CAÑO PUERTO TRANCA	Antes de La Lucila	54,8	MEDIA
	Desembocadura	36,6	MALA
CAÑO VERANILLO	Desembocadura	35,6	MALA
QDA. LA CULEBRERA	Bocatoma	81,9	BUENA
RIO TURBO	Antes de El Dos	68,0	MEDIA
	Puente El Dos	66,2	MEDIA
	Bocatoma CONHYDRA	70,4	BUENA
	Desembocadura	82,0	BUENA
RIO CURRULAO	Antes de área urbana (arenera)	73,0	BUENA
	Después de área urbana	67,1	MEDIA
	Puerto Cesar	76,1	BUENA
RIO LEÓN	Antes de río Chigorodó	62,6	MEDIA
	Antes del Carepa	61,4	MEDIA

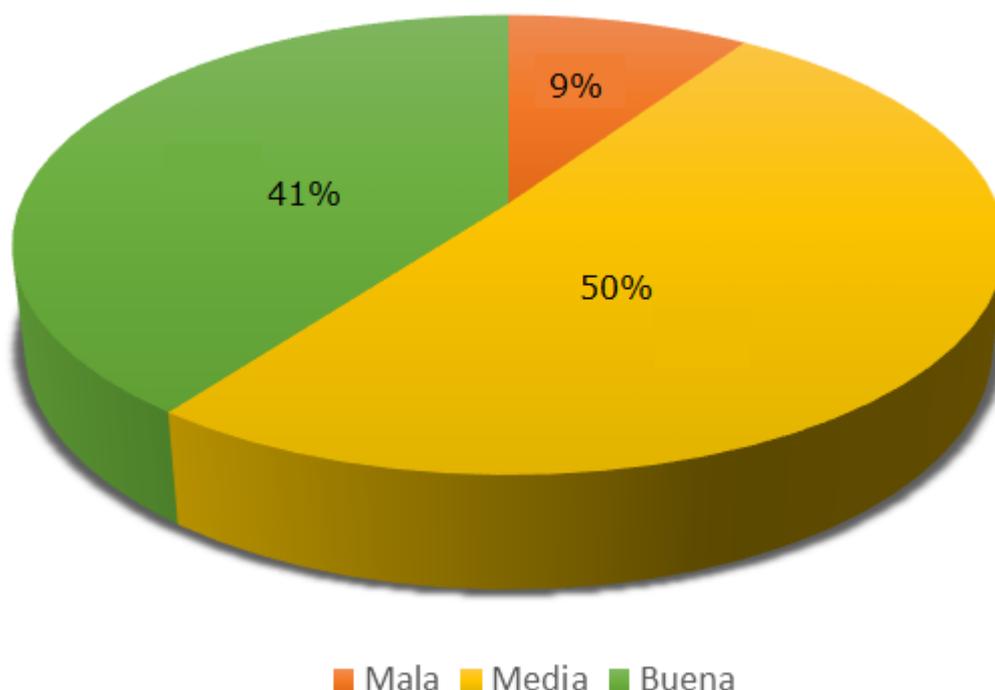
FUENTE HÍDRICA	ESTACIÓN DE MONITOREO	ICA	CALIDAD
	Antes del Apartadó	58,4	MEDIA
	Puerto Girón	58,8	MEDIA
	Desembocadura	57,7	MEDIA
RÍO APARTADÓ	Bocatoma Presea	73,4	BUENA
	Antes de área urbana	72,7	BUENA
	Presea	35,6	MALA
	Pueblo quemao	38,0	MALA
	Después del río Churidó	43,7	MALA
	Desembocadura	36,4	MALA
RÍO CHURIDÓ	Finca La Teca	65,8	MEDIA
	Antes de Churidó	64,7	MEDIA
	Después de Churidó	63,3	MEDIA
	Desembocadura	55,4	MEDIA
RÍO VIJAGUAL	Antes de Los Almendros	69,7	MEDIA
	Después de finca Sacramento	53,1	MEDIA
	Desembocadura	66,4	MEDIA
QDA. LA CRISTALINA	Bocatoma	72,3	BUENA
RÍO CAREPA	Desembocadura Piedras Blancas	71,5	BUENA
	Antes área urbana	62,7	MEDIA
	Después de área urbana	41,1	MALA
RÍO GRANDE	Choromando	75,2	BUENA
	Antes de área urbana	75,6	BUENA
	Después de área urbana	67,1	MEDIA
	Desembocadura	60,3	MEDIA
RÍO CHIGORODÓ	Antes de Ripea	77,2	BUENA
	Después de Ripea	76,5	BUENA
	Bocatoma CONHYDRA	74,3	BUENA
	Vertimiento alcantarillado	70,7	BUENA
	Desembocadura	63,0	MEDIA
RÍO PEQUE	Antes de área urbana	60,2	MEDIA
	Después de área urbana	61,3	MEDIA
QDA. EL TAMBOR	Bocatoma	68,6	MEDIA
	Desembocadura	70,0	BUENA
QDA. EL TAMBO	Bocatoma	75,5	BUENA
	Después de la Qda. La Palmichala	74,2	BUENA
QDA. PUNA	Antes del área urbana	66,4	MEDIA
	Después del área urbana	64,2	MEDIA
QDA. LA LULERA	Bocatoma	70,6	BUENA
QUEBRADA APUCARPO	Bocatoma Sistemas Públicos	70,3	BUENA
	Desembocadura	65,1	MEDIA
RÍO BAJIRÁ	Antes de centro poblado	61,1	MEDIA
	Bocatoma Aguas de Urabá	71,2	BUENA
	Después de centro poblado	52,9	MEDIA
QDA. LAS SBALETAS	Bocatoma CONHYDRA	77,5	BUENA

FUENTE HÍDRICA	ESTACIÓN DE MONITOREO	ICA	CALIDAD
RÍO MUTATÁ	Antes de área urbana	78,6	BUENA
	Desembocadura	79,9	BUENA
RÍO SUCIO	Antes de área urbana Uramita	61,7	MEDIA
	Después de área urbana Uramita	55,8	MEDIA
	Antes de área urbana Dabeiba	62,3	MEDIA
	Después de área urbana Dabeiba	60,6	MEDIA
	Antes del rio Mutata	66,6	MEDIA
RÍO CAÑASGORDAS	Antes de área urbana Cañasgordas	68,3	MEDIA
	Después de área urbana Cañasgordas	67,8	MEDIA
QDA. LA CERRAZÓN	Bocatoma	79,2	BUENA
	Desembocadura	74,8	BUENA
RIO URAMITA	Barrio La Copa	68,4	MEDIA
	desembocadura	61,8	MEDIA
QDA. ANTADO	Después de quebrada La Estrella	75,5	BUENA
	Desembocadura	77,1	BUENA
QDA. EL OSO	Bocatoma	78,5	BUENA
	Antes de Qda. La Guinea	78,0	BUENA
	Barrio Santa Ana	74,6	BUENA
	Desembocadura	73,4	BUENA
QDA. LA HERRADURA	Antes de área urbana	68,0	MEDIA
	Después de área urbana	55,6	MEDIA
QDA. SAN PEDRO	Antes de área urbana	73,2	BUENA
	Después de área urbana	71,0	BUENA
QDA. SANTA ANA	Desembocadura	72,7	BUENA
RÍO SAN JUAN	Antes de área urbana	54,7	MEDIA
	Después de área urbana	68,3	MEDIA
QDA. APUCARCO	Llano adentro	70,7	BUENA
	Arriba Bocatoma	72,6	BUENA
	Bocatoma Borracheral	70,8	BUENA
	Después de caserío Apucarco	71,1	BUENA
	Desembocadura	66,8	MEDIA
QDA. NORE	Puente La Represa	72,0	BUENA
	Desembocadura	67,1	MEDIA
QDA. LA CARMELITA	Bocatoma	75,8	BUENA
	Desembocadura	73,6	BUENA
RIO FRONTINO	Puente El Cerro	67,7	MEDIA
	Después de área urbana	71,0	BUENA
QDA. EL CERRO	Después de minería	54,0	MEDIA
QDA. LOS CHORROS	Bocatoma	76,7	BUENA
QDA. LA PIEDRAHITA	Bocatoma	72,4	BUENA
RÍO URAO	Después de Qda. La Granada	61,5	MEDIA
	Bocatoma	54,7	MEDIA
	Después de Qda. La Ana	51,8	MEDIA
	Después de Qda. El Paso	51,2	MEDIA

FUENTE HÍDRICA	ESTACIÓN DE MONITOREO	ICA	CALIDAD
	Desembocadura	50,9	MEDIA
RIO PENDERISCO	Antes del área urbana	54,4	MEDIA
	Después del área urbana	54,7	MEDIA
RÍO ATRATO	Antes de área urbana (Vigía f)	53,5	MEDIA
	Después de área urbana (Vigía F)	43,8	MALA
	Antes de área urbana (Murindó)	61,4	MEDIA
	Después de área urbana (Murindó)	53,6	MEDIA

El 50 % de las estaciones de monitoreo, registró aguas de calidad media, mientras el 41% de las estaciones presentaron aguas de buena calidad (Gráfica 1), lo que permite inferir que en estos cuerpos hídricos, existe una autodepuración de agentes contaminantes que influye en las condiciones sanitarias, físicas y químicas del fluido hídrico.

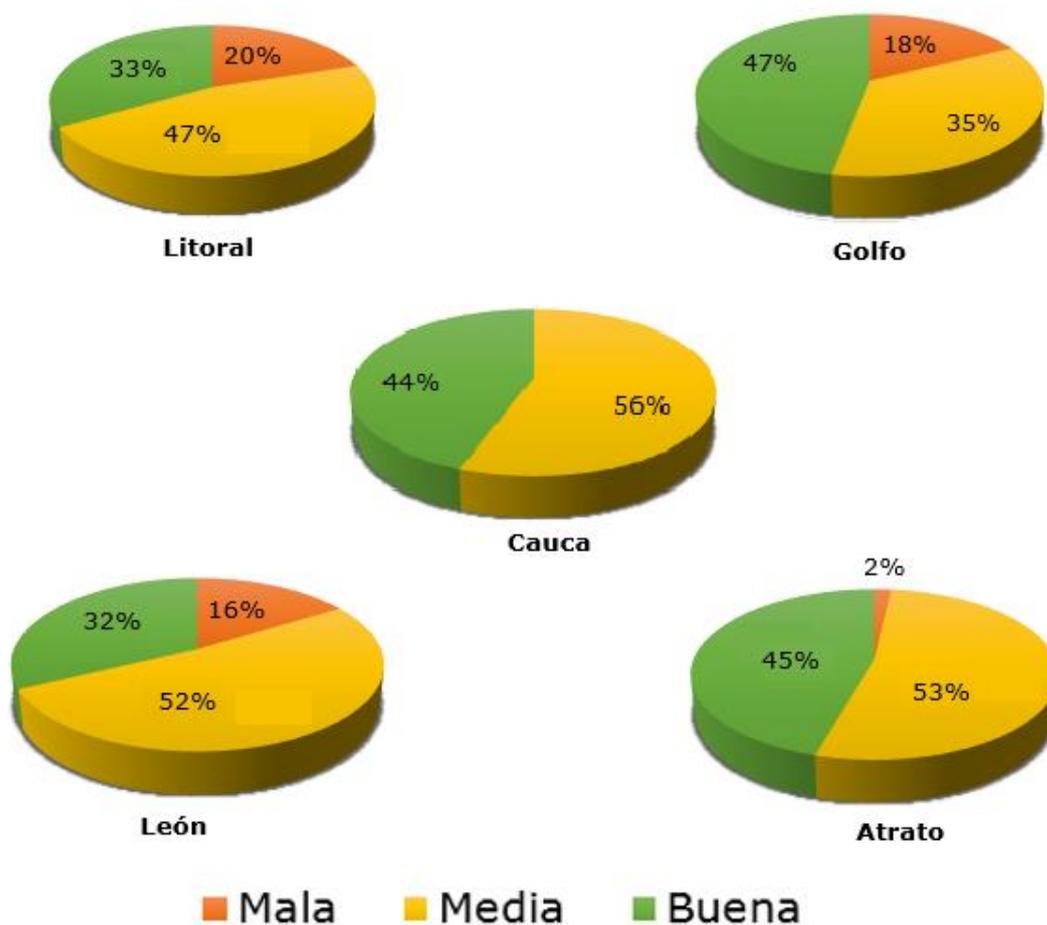
El agua de los tramos altos de los ríos en el área de producción y transporte de sedimentos se caracteriza por la calidad **Buena**; esto se debe a que existen pocos vertimientos y su capacidad de autodepuración es alta por sus aguas rápidas y oxigenadas. Por el contrario, las estaciones que poseen calidad Media y Mala se ubican en los tramos bajos de la cuenca, donde se presenta mayor cantidad de vertimientos, tanto urbanos como industriales. La capacidad de autodepuración es menor debido a la lentitud y poca oxigenación de las aguas, así como al exceso de contaminantes.



Gráfica 1. Variación por criterios de calidad de agua.

Con respecto a la variación espacial. En las estaciones de monitoreo ubicadas en la cuenca del río Cauca no registraron aguas de mala calidad, el mayor porcentaje de estaciones de monitoreo con mala calidad de agua, se registró en la cuenca del litoral (Gráfica 2). Es de resaltar que en la cuenca del río Cauca se monitorean cinco cuerpos hídricos, en inmediaciones del municipio de Peque, estos cuerpos de agua al estar ubicados en una zona de alta pendiente y prevalecer ambientes reófilos, se caracterizan por tener alta capacidad para depurar la materia orgánica.

Las cuencas que presentaron mayor cantidad de estaciones de monitoreo con agua de mala calidad, se ubican en zonas de planicie, donde la pendiente es muy baja. 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. Adicional a lo anterior, estas cuencas se caracterizan por una alta densidad poblacional y considerable desarrollo agroindustrial.



Gráfica 2. Distribución espacial de agua por criterio de calidad.

3.3 CALIDAD Y CANTIDAD 2014

En la Tabla 6 se resume la calidad y cantidad obtenida durante el año 2014 en los distintos cuerpos de agua analizados.

Tabla 6. Calidad y cantidad 2014

CUENCA	FUENTE HÍDRICA	CALIDAD ICA	CANTIDAD (L/S)
CARIBE	SAN JUAN	MEDIA	2000
	QDA SAN JUANCITO	BUENA	28
	CAÑO JAIME	MALA	
	CIÉNAGA EL SALAO	BUENA	N/A
	REPRESA EL BOTE	MEDIA	N/A
	AGUAS CLARAS	BUENA	80
	CAÑO VOLCÁN	MALA	
LITORAL	RÍO GUADUALITO	BUENA	
	CAÑO PUERTO TRANCA	MALA	
	CAÑO VERANILLO	MALA	
	QDA. LA CULEBRERA	BUENA	2,7
	RÍO TURBO	BUENA	49
	RÍO CURRULAO	BUENA	185
LEON	RÍO LEÓN	MEDIA	
	RÍO APARTADÓ	MEDIA	818
	RÍO CHURIDÓ	MEDIA	24
	RÍO VIJAGUAL	MEDIA	35
	QDA. LA CRISTALINA	BUENA	64
	RÍO CAREPA	MEDIA	546
	RÍO GRANDE	BUENA	122
	RÍO CHIGORODÓ	BUENA	4090
CAUCA	RÍO PEQUE	MEDIA	
	QDA. EL TAMBOR	BUENA	
	QDA. EL TAMBO	BUENA	6,5
	QDA. PUNA	MEDIA	344
	QDA. LA LULERA	BUENA	3,8
	RÍO SAN JUAN DE PEQUE	MEDIA	
ATRATO	BOCATOMA BORRACHERAL	BUENA	6,6
	RÍO BAJIRÁ	MEDIA	
	QDA. LAS SBALETAS	BUENA	992

RÍO MUTATÁ	BUENA	7200
RÍO SUCIO	MEDIA	
RÍO CAÑASGORDAS	MEDIA	2162
QDA. LA CERRAZÓN	BUENA	53
RIO URAMITA	MEDIA	
QDA. ANTADO	BUENA	1000
QDA. EL OSO	BUENA	455
QDA. LA HERRADURA	MEDIA	2290
QDA. SAN PEDRO	BUENA	527
QDA. SANTA ANA	BUENA	228
QDA. APUCARCO	BUENA	166
QDA. NORE	BUENA	841
QDA. LA CARMELITA	BUENA	133
RIO FRONTINO	MEDIA	1217
QDA. EL CERRO	MEDIA	220
QDA. LOS CHORROS	BUENA	8
QDA. LA PIEDRAHITA	BUENA	132
RÍO URAAO	MEDIA	3808
RIO PENDERISCO	MEDIA	
RÍO ATRATO	MEDIA	

3.4 Objetivos de Calidad de Agua.

En la Tabla 7, se observan los resultados de cumplimiento de los objetivos de calidad en cada uno de los tramos analizados durante el año 2014.

Tabla 7. Resultados de objetivos de calidad de agua.

Fuente	Estaciones de monitoreo	OD	DBO	SST	pH	CF	Tem
Río San Juan	Antes de área Urb (SP)	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Después de área Urb (SP)	Si	No	No	Si	No	Si
	Después de área Urb (CATALINA)	Si	Si	No	Si	No	Si
	Puente Las Naranjitas	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Después de área Urb (CARMELO)	Si	Si	No	Si	No	Si
	Después de área Urb (CANDELARIA)	Si	Si	No	Si	No	Si
	Bocatoma	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Desembocadura	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Caño Jaime	Antes del área Urb	Si	Si	No	Si	No	Si
	Después de área Urb	No	No	Si	Si	No	Si
Caño Volcán	Después del area Urb	No	No	Si	Si	No	Si
Caño Puerto	Antes de La Lucila	Si	Si	No	Si	No	Si

Tranca	Desembocadura	No	No	No	Si	No	Si
Río Turbo	Antes de El Dos	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Puente El Dos	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Bocatoma CONHYDRA	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Desembocadura	Si	No	Si	Si	Si	Si
Río Apartadó	Bocatoma Presea	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Antes de área Urb	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Presea	Si	Si	No	Si	No	Si
	Puebloquemao	No	No	Si	Si	Si	Si
	Después del río Churidó	No	Si	Si	Si	No	Si
	Desembocadura	No	No	Si	Si	No	Si
Río Currulao	Antes de área Urb	Si	Si	No	Si	No	Si
	Despues de área Urb	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Puerto Cesar	Si	Si	Si	Si	No	Si
Río Carepa	Desembocadura P. B	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Antes area Urb	Si	No	Si	Si	Si	Si
	Después de área Urb	Si	No	Si	Si	No	Si
Río Grande	Choromando	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Antes de área Urb	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Después de área Urb	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Desembocadura	Si	No	No	Si	No	Si
Río Chigorodó	Antes de Ripea	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Después de Ripea	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Bocatoma CONHYDRA	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Vmto alcantarillado	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Desembocadura	Si	Si	No	Si	No	Si
Río Atrato	Después de área Urb	Si	No	No	Si	Si	Si
	Después de área Urb	Si	Si	No	Si	Si	Si
Caño Veranillo	Después del área Urb	No	No	Si	Si	No	Si
Río Mutatá	Antes de área Urb	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Desembocadura	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Río Sucio	Antes de área Urb Uramita	Si	No	Si	Si	Si	Si
	Despues de área Urb Uramita	Si	No	No	Si	No	Si
	Antes de área Urb Dabeiba	Si	Si	No	Si	No	Si
	Despues de área Urb Dabeiba	Si	Si	No	Si	No	Si
Río Cañasgordas	Antes de área Urb Cgd	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Despues de área Urb Cgd	Si	Si	Si	Si	No	Si
Qda. Herradura	Antes de área Urb	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Después de área Urb	Si	No	Si	Si	No	Si
Qda. San Pedro	Antes de área Urb	Si	Si	No	Si	Si	Si
	Después de área Urb	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Río Peque	Antes de área Urb	Si	No	No	Si	No	Si

	Después de área Urb	Si	No	No	Si	No	Si
Río San Juan de Peque	Antes de área Urb	Si	No	No	Si	No	Si
	Después de área Urb	Si	No	Si	Si	No	Si
Qda. Nore	Puente La Represa	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Desembocadura	Si	Si	Si	Si	No	Si
Rio Frontino	Puente El Cerro	Si	Si	Si	Si	No	Si
	Después de área Urb	Si	Si	Si	Si	No	Si
Qda. Puna	Antes del área Urb	Si	Si	No	Si	No	Si
	Después del área Urb	Si	Si	No	Si	No	Si
Rio Penderisco	Antes del área Urb	Si	Si	No	Si	No	Si
	Después del área Urb	Si	No	No	Si	No	Si

De las 69 estaciones de monitoreo priorizadas para cumplir con objetivos de calidad, once han cumplido en su totalidad con los objetivos de calidad

Río San Juan;

- Antes del área urbana de San Pedro de Urabá,
- Bocatoma
- Desembocadura

Río Turbo;

- Antes de El Dos
- Puente El Dos
- Bocatoma CONHYDRA,

Río Carepa;

- Desembocadura Piedras Blancas

Río Mutatá;

- Desembocadura

Río Chigorodó;

- Antes de rípea

Quebrada Herradura;

- Antes del Área Urbana

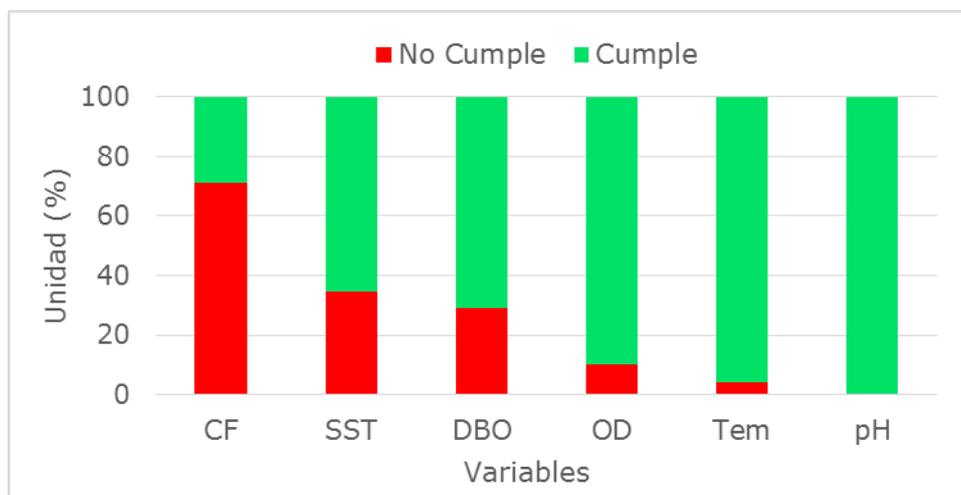
Quebrada San Pedro;

- Después del Área Urbana

De todas las fuentes analizadas el caño Puerto Tranca solo cumple con los parámetros pH y T en la desembocadura.

Los valores registrados de pH, en todas las fuentes de agua, cumplen con los objetivos de calidad establecidos, contrario a los coliformes

fecales, variable que se aleja en mayor medida de los objetivos de calidad Gráfica 3.



Gráfica 3. Resultados de objetivos de calidad por variables.

Los resultados negativos en los objetivos de calidad, está ligado a la carencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en algunos alcantarillados municipales, descargas directa de aguas residual a las fuentes hídricas, de aguas residuales en centros urbanos y la carencia de sistemas de saneamiento básico en la zona rural, por esto se presentan valores elevados de Coliformes fecales y baja concentración de oxígeno disuelto, ya que la descomposición de la materia orgánica requiere oxígeno, de igual forma por la alta carga de materia orgánica en el agua, se presentan altos valores en la DBO.

En las últimas décadas los sistemas fluviales han estado sometidos a una fuerte presión de uso, afectando la calidad del agua, por las principales actividades que se desarrollan: ingreso de pesticidas y gran cantidad de materia particulada, por actividades agrícolas y deforestación, fragmentación del hábitat, cambios del sustrato por remoción y extracción de materiales, a lo cual se suma el incremento de materia orgánica por ingreso de agua no tratada (Jara, 2002).

En cuencas ubicadas en la jurisdicción de CORPOURABA, recientemente se ha venido presentado cambios considerables en la cobertura boscosa, relacionado con cambios en el uso del suelo, para diversos usos; agropecuarios, minería ilegal, incendios forestales entre otros, de igual forma muchos propietarios de predios aledaños a cuerpos de agua, no respetan ni protegen las rondas hídricas o áreas de retiro, estos cambios generan un mayor lavado del suelo y erosión de las riveras.

Sin embargo, con la implementación de la nueva norma de vertimientos, Resolución 0631 del 17 de marzo de 2015, se espera

que la calidad de las aguas superficiales en el área de la jurisdicción de CORPOURABA mejore, dado que los valores límites máximos permisibles fueron ajustados y agrupados de acuerdo a ocho sectores (servicios públicos, alcantarillado, agricultura, ganadería, minería, hidrocarburos, manufactura y servicios varios) y 73 actividades productivas, lo cual facilita el control y vigilancia tanto para la autoridad ambiental, como para la persona natural o jurídica que realiza el vertimiento.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Dado que solamente 11 de las 130 estaciones, establecidas para el monitoreo de la calidad de agua superficial, en el área de la jurisdicción de CORPOURABA (menos del 10 %), registraron aguas de mala calidad, es válido afirmar que en los cuerpos hídricos superficiales, de la jurisdicción de CORPOURABA, predominan aguas de buena calidad.

Las estaciones de monitoreo que registraron mala calidad de agua, se encuentran ubicadas en una zona de poca pendiente, donde las fuentes hídricas por las condiciones físicas y bióticas presentan alto contenido de minerales y nutrientes, existe alta densidad poblacional, así como desarrollo agroindustrial, adicionalmente se han presentado cambios en la cobertura boscosa, no se respetan las rondas hídrica y se realizan vertimientos de aguas residuales sin previo tratamiento, estos acontecimientos han ocasionada el deterioro de las fuentes hídricas, tanto en calidad como en cantidad.

Los sistemas que cuentan con objetivos de calidad, El cumplimiento de los objetivos de calidad, De las variables fisicoquímicas y biológicas, empleadas para la determinación de los objetivos de calidad hídrica, los Coliformes fecales es la que en menor proporción de estaciones de monitoreo, cumple con los criterios de calidad, producto de la carencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en algunos alcantarillados municipales, descargas de aguas residuales en los centros urbanos y la carencia de sistemas de saneamiento básico en la zona rural con la carencia de plantas de tratamiento de aguas residuales en algunos alcantarillados y condiciones

Es necesario unificar esfuerzos entre los diferentes actores del recurso hídrico, en aquellos sistemas fluviales que presentan mala calidad hídrica y los que no cumplen con los objetivos de calidad, con el fin de planificar y desarrollar acciones que permitan mejorar la calidad del agua en estas fuentes.

De igual forma, en aquellas estaciones de monitoreo que presentan calidad buena y media, es necesario planificar acciones con miras que la calidad de agua allí no se deteriore.

5 BIBLIOGRAFÍA

Agudelo R. M., El agua, Recurso Estratégico del Siglo XXI, Universidad de Antioquia, Revista Facultad Nacional de Salud Pública. 2005 Vol. 23 No. 1

Agudelo R. M., El agua, Recurso Estratégico del Siglo XXI, Universidad de Antioquia, **Revista Facultad Nacional de Salud Pública**. 2005 Vol. 23 No. 1

Allan, J. *Stream Ecology Structure and Function of Running Waters*. Londres: Chapman & Hall, 1995. p. 388.

APHA, 1998. Standard methods for examination of water and wastewater, *American Public Health Association*.

Álvarez, Jesús, et al. Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. **Información Tecnológica**, vol. 19(6), 2008, pp. 21-32.

Bennet, D. **Introducción a la Ecología de Campo**. Madrid: Ediciones Blume, 1978.

Boyd, C. Water Quality Management for Pond Fish Culture. **Elsevier**, 1982, New York, EEUU. pp. 318.

Brito-Castillo, et al. Groundwater Differentiation of the Aquifer in the Vizcaino Biosphere Reserve, Baja California península, México. **Geophysical International**, vol. 49 (4), 2010, pp. 167-179.

Chambell, A. *et al.* Development and Application of Hydrochemical Factorial Indexes Using Principal Component Analyses in South Portuguese Zone, Alentejo, Portugal. In: XXIX IAH Congress, **Hydrogeology and Land use Management**, M. Fendekova and M. Fendek, eds, Bratislava, Rep. Eslovaca, pp. 409-413.

CORPOURABA, Aporte Técnico a los Elementos Considerados en la Definición del Área de Protección del Río León. 2009

Decreto 1594 de 1984, "Usos del agua y residuos líquidos" Ministerio de Salud.

De Andrade E.M. et al. Land Use Effects in Groundwater Composition of an Alluvial Aquifer (Trussu River, Brazil) by Multivariate Techniques, **Environ. Res.** (2007), doi:10.1016/j.env.res.10.008.

De la Lanza, Guadalupe. Et al. Análisis Temporal y Espacial Físicoquímico de una Laguna Tropical a Través de Análisis Multivariado. **Hidrobiológica** 1998, 8 (2) p. 89-96.

EIA, Estudio de Impacto Ambiental - línea base-, Proyecto hidroeléctrico Ituango, informe final, volumen 1 de 9 servicio de consultoría para la complementación de la factibilidad técnica, económica y ambiental. 2007.

Fernández, N. Solano F. *Índices de Calidad y de Contaminación del Agua*. Universidad de Pamplona 2005.

Gómez, Ana Maria. Et al. Calidad del Agua en la Parte Alta de las Cuencas Juan Cojo y el Salado Girardota-Antioquia, Colombia. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, vol. 60, No. 1, Abril 2007, p. 3735-3749.

Hill A.R. 1996. Nitrate removal in stream riparian zones. *J. Environ. Qual* 25:743-755.

IDEAM. Nueva Medición de la Calidad de Agua en los Ríos Magdalena y Cauca. 2007, 23 Págs.

ICT Instituto Catalán de Tecnología, - Medio Ambiente Industrial - Publicación de Normativa. Cáp. 2 Mayo 2004.

Jara, C. 2002. *Evaluación de la existencia de insectos bioindicadores de la calidad del agua en zonas rítrónicas y potámicas de tres ríos de la zona semiárida de Chile*. Tesis de Doctorado. Universidad de Chile

Jaramillo Rojas C. C. Molina F M. Betancur T. 2011. Índices de escasez y de calidad del agua para la priorización de cuerpos de agua en los planes de ordenación del recurso hídrico. Aplicación en la jurisdicción de CORANTIOQUIA. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 10, No. 19, pp. 33-46. Medellín, Colombia.

Jesús P. A. et al, Calidad Integral del Agua Superficial en la Cuenca Hidrológica del Río Amajac. **Información Tecnológica**, vol. 19 (6), (2008) pp. 21-32

Brown R., McClelland N., Deininger R. Tozer R. 1970 A Water Quality Index – Do We Dare? *Water Sewage Works*, Octubre, pp. 339-346.

León L. F. 1991. *Índice de Calidad del Agua, Forma de Estimarlos y Aplicación en la Cuenca Lerma - Chapala*, Reporte, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Mexico.

Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9pp. http://palaeoelectronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm Ingreso 13 de marzo de 2015.

Monsalve, E. A. y Bustamante, C. A. "Determinación de las Características e Interrelaciones de los Componentes del Caudal Ecológico para el Río Quindío en el Tramo Boquía – Puente Balboa" Informe Final Proyecto 247, Vicerrectoría de Investigaciones Universidad del Quindío, Armenia, Colombia, 2006.

MACHADO, A. & ROLDÁN, G. Estudio de las Características Físicoquímicas y Biológicas del Río Anorí y sus Principales Afluentes. 1981. **Actualidades Biológicas**, 10 (35), p. 3 - 19.

Margalef, Ramón. **Limnología.**, Barcelona: Omega, 1982, 1010 pp.

MARÍN B, et al, Diagnóstico y Evaluación de la Calidad Ambiental Marina en el Caribe y Pacífico Colombiano Red de Vigilancia Para la Conservación y Protección de las Aguas marinas y costeras de Colombia. **Diagnóstico Nacional y Regional** 2004. INVEMAR.

MUNN, CB. **Marine Microbiology.** Ecology and Applications. New York: BIOS Scientific Publisher, 2004.

OPS Organización Panamericana de la Salud. La Salud en las Américas. **Publicación Científica y Técnica**, No. 587 Washington: 2002. p. 109-184.

Ramírez, Alberto. Et al. Dinámica Físicoquímica y de Calidad de Agua en la Microcuenca el Volcán, municipio de Pamplona, Colombia. **Revista Bistua**. Vol. 3 No. 1, 2005, ISSN 0120-4211.

Ramírez, A. Viña, G. Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis. *BP-Exploration*, Bogotá. 1998.

Rivera, Nelson. La Calidad de las Aguas en el Curso Superior y Medio del río Traiguén. IX Región-Chile, **Información tecnológica**, vol. 20 No. 4 2009, pp. 75-84.

Roldán G. 2009. Desarrollo de la limnología en Colombia: cuatro décadas de avances progresivos. *Actualidades Biológicas* vol. 31 (91): 227-237. Medellín Colombia.

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

Sandow, M. Yidana, et al. A Multivariate Statistical Analyses of Surface Water Chemistry Data – The Ankobra Basin, Ghana. **Elsevier. Journal of Environmental Management**, vol. 86 (2008). pp. 80-87

Saadia, R. et al, Multivariate Analysis of Trace Metal Levels in Tannery Effluents in Relation to Soil and Water: a Case Study From, Peshawar, Pakistan. **Journal of Environmental Management**, vol. 79 (2006) pp. 20-29.

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.

Shao-Wei Liao, et al., Identification of Pollution of Tapeng Lagoon From Neighbouring Rivers Using Multivariate Statistical Method. *Journal of environmental management*. vol. 88 may 2007, pp 286-292.

StatSoft, Inc. STATISTICA for Windows (Computer Program Manual, Tulsa 1999. OK.

SCHLOTTFELDT, H & D ALDERMAN. 1995. What should I do? A Practical Guide for the Freshwater Fish Farmer. European Ass. Fish Pathologists. Dorset, Reino Unido. 60 pp.

Valencia, José L. "Estudio Estadístico de la Calidad de las Aguas en la Cuenca Hidrográfica del Río Ebro". Tesis Doctoral, **Universidad Politécnica de Madrid**, Madrid, 2007.

Vannote, R.L., G.W. Minshall, K.W. Cummins, J.R. Sedell & C.E. Cushing, 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 37: 130-137

Viña, G. Ramírez, A. Criterios de Calidad del Agua y su Relación con el Bentos en el Área de Influencia del Oleoducto Cusiana (Bases para un programa de monitoreo a largo plazo). **Memorias Seminario Internacional sobre Macro-Invertebrados Bentónicos como Bioindicadores de Calidad del Agua**. Universidad del Valle, Cali-Colombia, 1997.

WASHINGTON, H. 1984. Diversity, Biotic and similarity indices: A review with special relevance to aquatic ecosystems. *Water Res*, 18: 653-694.

Yang H. J. et al, Water Quality Characteristics Along the Course of the Huangpu River (China), **Journal of Environmental Sciences** 19 (2007) p. 1193-1198.

ZÚÑIGA MC. 2009. *Bioindicadores de calidad de agua y caudal ambiental*. En. Caudal ambiental. Conceptos, experiencias y desafíos. Carvajal, Y., L. Castro & J. Cantera (eds.): Universidad del Valle. Cali, Colombia.