INFORME DEL ESTADO DE CALIDAD DE AGUA DE LAS CUENCAS PRIORIZADAS EN EL PMRH

ALEX MAURICIO ORTEGA JIMÉNEZ
Subdirector de Calidad y Control Ambiental

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ
SUBDIRECCIÓN DE CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL
LABORATORIO DE AGUAS DE CODECHOCÓ
QUIBDÓ-CHOCÓ
DICIEMBRE 2016

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6

2 OBJETIVOS 7

2.1 OBJETIVO GENERAL 7

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7

3 FUNDAMENTO TEÓRICO 8

3.1 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN 8
3.1.1 Índices de Contaminación por Mineralización-ICOMI 8
3.1.2 Índices de Contaminación por Materia Orgánica- ICOMO 8
3.1.3 Índices de Contaminación por Sólidos Suspendidos- ICOSUS 9

3.2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA 9
3.2.1 Índice de Calidad Global- ICA 9

4 METODOLOGÍA 11
4.1.1 Río Cabí 11
4.1.2 Rio Andagueda 11
4.1.3 Río Tamaná 12
4.1.4 Rio Atrato 13
4.1.5 Rio Jella y Quebrada Chocolatal 14

5 RESULTADOS 15

5.1 Rio Cabí 15

5.2 Rio Andagueda 16

5.3 Río Tamaná 17

5.4 Rio Atrato 18

5.5 Rio Jella 20

5.6 Quebrada Chocolatal 21

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS 22

6.1 RIO CABÍ 22

6.2 RIO ANDAGEDA 23

6.3 RIO TAMANA 23

6.4 RIO ATRATO 24

7 CONCLUSIONES 25

8 RECOMENDACIONES 26

9 BIBLIOGRAFÍA 27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. CATEGORÍAS DE CONTAMINACIÓN DE LOS ICO. 8

TABLA 2. CATEGORÍAS DE CALIDAD DEL ICACOSUS 9

TABLA 3. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN ICO´S Y CALIDAD ICA DEL RÍO CABÍ DEL PRIMER SEMESTRE 15

TABLA 4. ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN ICO´S DEL RÍO CABÍ DEL SEGUNDO SEMESTRE 15

TABLA 5. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN RIO ANDAGUEDA 16

TABLA 6. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA RIO ANDAGUEDA 16

TABLA 7. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SOLIDOS SUSPENDIDOS RIO ANDAGUEDA 16

TABLA 8. ÍNDICE DE CALIDAD DEL RIO ANDAGUEDA- ICACOSUS 16

TABLA 9. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN RIO TAMANÁ 17

TABLA 10. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA RIO TAMANÁ 17

TABLA 11. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SOLIDOS SUSPENDIDOS RIO TAMANÁ 17

TABLA 12. ÍNDICE DE CALIDAD DEL RÍO TAMANÁ - ICACOSUS 17

TABLA 13. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN RIO ATRATO 18

TABLA 14. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA RIO ATRATO 18

TABLA 15. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SOLIDOS SUSPENDIDOS RIO ATRATO 19

TABLA 16. ÍNDICE DE CALIDAD DEL RÍO ATRATO – ICACOSUS 19

TABLA 17. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN RIO JELLA 20

TABLA 18. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA RIO JELLA 20

TABLA 19. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SOLIDOS SUSPENDIDOS RIO JELLA 20

TABLA 20. ÍNDICE DE CALIDAD DEL RÍO ATRATO – ICACOSUS 20

TABLA 21. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MINERALIZACIÓN QUEBRADA CHOCOLATAL 21

TABLA 22. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA QUEBRADA CHOCOLATAL 21

TABLA 23. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SOLIDOS SUSPENDIDOS QUEBRADA CHOCOLATAL 21

TABLA 24. ÍNDICE DE CALIDAD DEL RÍO ATRATO – ICACOSUS 21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTACIONES DE MONITOREO DEL RIO CABÍ..... 12

FIGURA 2. ESTACIONES DE MONITOREO DEL RIO ATRATO PARTE MEDIA..... 13

1 INTRODUCCIÓN

Actualmente es posible evidenciar a simple vista, el deterioro en la calidad de las fuentes hidrográficas del departamento del Chocó, debido a las altas cargas de contaminantes generadas por las diferentes actividades socioeconómicas desarrolladas alrededor de los cuerpos de agua.

El uso irracional de este recurso pone en riesgo a los ecosistemas de la zona y a la comunidad, tanto en la disponibilidad del agua como en la calidad de la misma.

Razón por la cual la Corporación Autónoma Regional, Condecoró, como máxima autoridad ambiental de la Región, en su Plan de Ordenación y Manejo de las Cuencas Hidrográficas, POMCA, lleva a cabo un control y seguimiento del mismo con el fin de verificar la correcta disposición que se le hace a este recurso.

El presente informe comprende los resultados obtenidos durante el presente año 2016, en los dos semestres de monitoreo de calidad de las cuencas priorizadas en el Plan de Monitoreo de Recursos Hídricos (PMRH).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el estado de calidad de las cuencas priorizadas por la Corporación Autónoma Regional, CODECHOCÓ, en el Plan de Monitoreo de Recursos Hídricos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Monitorear las cuencas priorizadas, siguiendo el Plan de Monitoreo de Recursos Hídricos (PMRH).
- Evaluar la calidad del agua de las cuencas mediante la medición de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de los cuerpos de agua, establecidos según el PMRH.
- Calcular los Índices de Calidad de Agua (ICA´s) y los Índices de Contaminación (ICO´s) de las cuencas priorizadas.

3 FUNDAMENTO TEÓRICO

3.1 ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN

Herramienta para caracterizar la calidad del agua, gracias a la disgregación en índices que permiten evaluar situaciones específicas de contaminación. El grado de contaminación está clasificado de acuerdo a los valores que alcanza cada índice, de la siguiente manera (Ramírez, A. ,1997):

Tabla 1. Categorías de contaminación de los ICO.

Categoría de Contaminación	Rango	Código de Color
Muy Baja	0,00 – 0,20	
Baja	0.21 – 0.40	
Medio	0.41 – 0.60	
Medio – Alta	0.61 – 0.80	
Alta	0.81– 1.00	

Fuente: Informe Índices de calidad de agua y contaminación de las fuentes medidas y monitoreadas CODECHOCÓ, 2013

3.1.1 Índices de Contaminación por Mineralización-ICOMI

El índice de contaminación por mineralización, es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables: Conductividad como reflejo de los sólidos disueltos, Dureza Total que comprende los cationes de calcio y magnesio; y la Alcalinidad que cubre los aniones carbonatos y bicarbonatos. Se determina mediante la siguiente fórmula (Ramírez, A. ,1997):

$$ICOMI = \frac{1}{3}(I_{conductividad} + I_{Dureza} + I_{Alcalinidad})$$

3.1.2 Índices de Contaminación por Materia Orgánica- ICOMO

El índice de contaminación por materia orgánica es el valor promedio de los índices de cada una de las tres variables: Demanda Bioquímica de Oxígeno, DBO_5, Coliformes Totales y Porcentaje de Saturación de Oxígeno, las cuales evidencian diferentes efectos de la contaminación orgánica. El ICOMO se determina así (Ramírez, A. ,1997):

$$ICOMO = \frac{1}{3}(I_{Oxigeno} + I_{DBO5} + I_{Coliformes\ Totales})$$

3.1.3 Índices de Contaminación por Sólidos Suspendidos- ICOSUS

El índice de contaminación por sólidos suspendidos se determina mediante la concentración de solidos suspendidos. Este índice podría hacer referencia sólo a compuestos inorgánicos. Y se determina con la siguiente fórmula (Ramírez, A. ,1997):

$$ICOSUS = (-0.02 + 0.003 * Solidos\ Suspendidos\ \left(\frac{mg}{L}\right))$$

3.2 ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

3.2.1 Índice de Calidad Global- ICA

El índice de calidad es una herramienta que califica en categorías la calidad del agua, con base en los parámetros medidos del cuerpo de agua. (IDEAM).

Tabla 2. Categorías de Calidad del ICACOSUS

Categoría de Calidad	Rango	Código de Color
Muy Malo	0 – 25	
Malo	26 – 50	
Medio	51 – 70	
Bueno	71 – 89	
Excelente	90– 100	

Fuente: Informe Índices de calidad de agua y contaminación de las fuentes medidas y monitoreadas CODECHOCÓ, 2013

El IDEAM desarrolló una propuesta para la determinación del Índice de calidad del agua Global o Total que combina dos componentes, uno de calidad y otro relacionado con el caudal. El primer componente se denomina Índice de Calidad del Agua Fisicoquímico agregado (ICACOSUfa), y el segundo, un Índice Lotico de capacidad ambiental general debido al caudal, (ILCAG) (IDEAM; Cadavid, 2010).

Esta relación se expresa como:

$$ICACOSUg = (ICACOSU_{fa} * 0.8 + ILCAG * 0.2)$$

ICACOSUS g: Índice de calidad global
ICACOSUS $_{fa}$: Índice agregado de calidad fisicoquímica,
ILCAG: Índice lotico de capacidad ambiental general (referido al caudal).

Como no se disponen de datos de caudal para las cuencas del departamento del Chocó, únicamente se realiza el cálculo del componente *ICACOSU*$_{fa}$.

$$ICACOSUg = ICACOSU_{fa}$$

El *ICACOSU*$_{fa}$, se determina teniendo en cuenta las variables: oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, coliformes fecales y pH, de la siguiente manera (CODECHOCÓ, 2013):

$$ICACOSU_{fa} = \sum x_i \, I_{fa}$$

$$ICACOSU_{fa} = \left(x_1 I_{OD} + x_2 I_{DBO5} + x_3 I_{CE} + x_4 I_{pH} + x_5 I_{SST} + x I_{CF}\right) * 100$$

x_i: Es el ponderado o peso relativo asignado a la variable de calidad.
I_{fa}: Es el índice de cada una de las 6 variables i asociadas.

I_{OD}: Subíndice de saturación de oxígeno disuelto
I_{DBO5}: Subíndice de Demanda Bioquímica de Oxígeno,
I_{CE}: Subíndice de conductividad eléctrica
I_{pH}: Subíndice de pH
I_{SST}: Subíndice de sólidos suspendidos totales
I_{CF}: Subíndice de coliformes fecales (UFC)

x_1, x_2, x_3, x_5, x_6 = 0.17
x_4= 0.17

Los valores de x_i se determinarán con base en las características de las fuentes analizadas en monitoreos anteriores (CODECHOCÓ, 2013).

4 METODOLOGÍA

4.1 CUENCAS PRÍORIZADAS

La Corporación Autónoma Regional, CODECHOCÓ, busca evaluar el estado de calidad de las cuencas priorizadas mediante los valores de los índices de calidad ICACOSUS y los índices de contaminación, ICOMI, ICOSUS e ICOMO
Siguiendo el Plan de Monitoreo de Recursos Hídricos. En el presente año, del total de cuencas priorizadas por la Corporación, se logró realizar el monitoreo al rio Atrato, rio Andagueda y Río Cabí, perteneciente a la subregión del Atrato, rio Tamaná, rio Jella y la quebrada Chocolatal

4.1.1 Río Cabí

Corresponde a una subcuenca del Rio Atrato, ubicada al suroriente del municipio de Quibdó. Es la única fuente de abastecimiento para el suministro de agua potable del municipio de Quibdó.

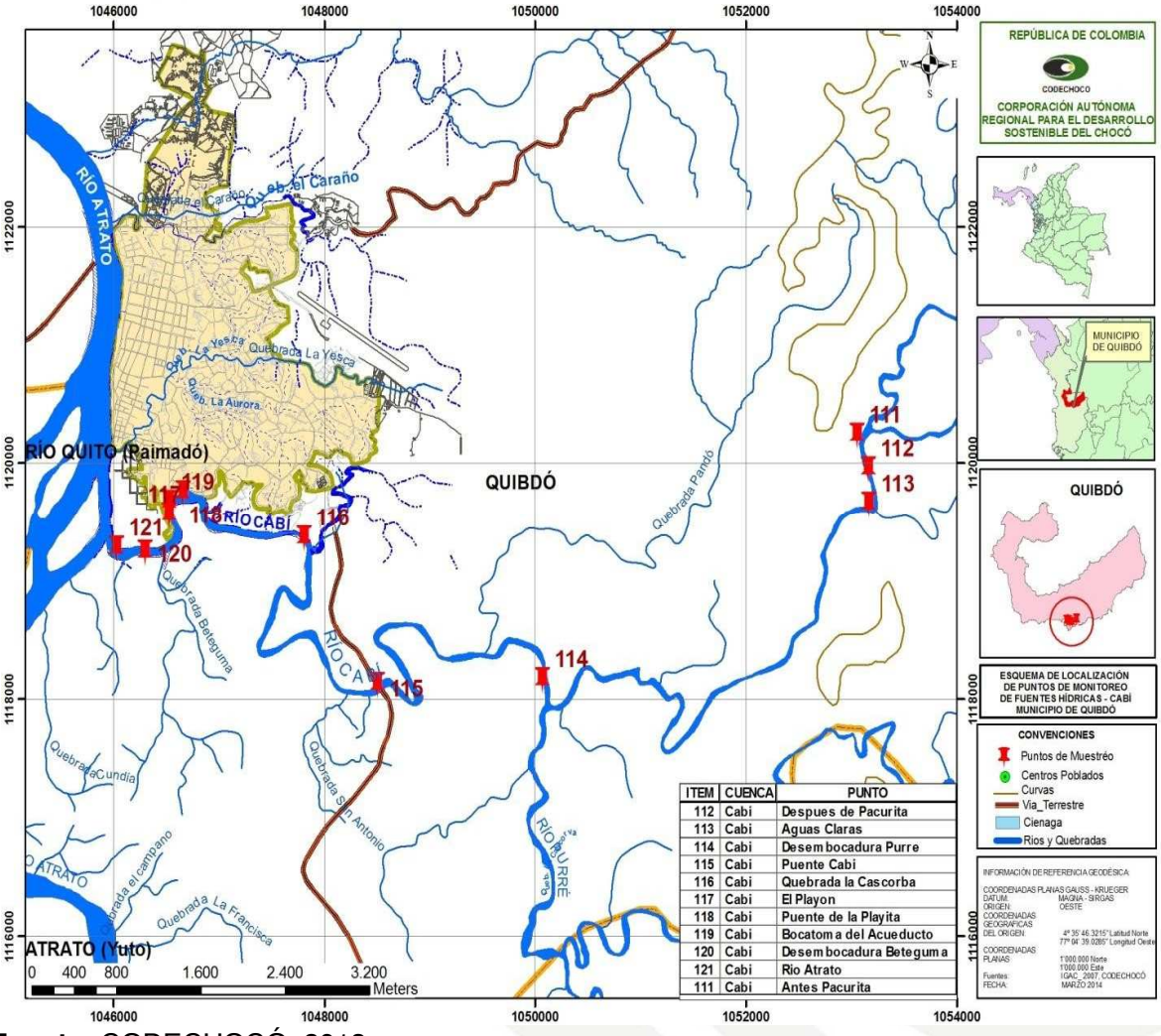
El Río Cabí nace más arriba de la población de Guadalupe y recorre 30.55 Km de oriente a occidente hacia el Rio Atrato. Su principal afluente es el Río Purré. Entre otros afluentes se encuentran el Río Pacurita, las Quebradas Agua Clara, el Rosario, Lombo, Pandó y Beteguma. (BID, 2015)

Los puntos monitoreados del cuerpo de agua, comprenden desde su nacimiento hasta su desembocadura (Ver **Figura 1**). En cada punto se tomaron los parámetros fisicoquímicos en campo y las respectivas muestras de agua para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el Laboratorio de Aguas de la Corporación.

4.1.2 Rio Andagueda

Corresponde a una subcuenca del Rio Atrato localizado en la margen izquierda del municipio de Bagadó, a 80 km de Quibdó, la capital departamental, y a 200 m de altitud.

Figura 1. Estaciones de monitoreo del Rio Cabí.



Fuente: CODECHOCÓ, 2013

4.1.3 Río Tamaná

La cabecera municipal de Nóvita está ubicada en la margen izquierda del río Tamaná, a 100 m. s. n. m; con una temperatura promedio anual de 28ºC, y una precipitación anual de 8.758 mm, localizada a los 4º 57' 21'' de Latitud Norte y 76º 36´ 59´´ de longitud Oeste; dentro del municipio se presentan varias zonas climáticas que están determinadas de la siguiente manera según estudios de CODECHOCÓ: "891 km^2 son de clima cálida, 213 km^2 de clima medio y 80 km de clima frio".

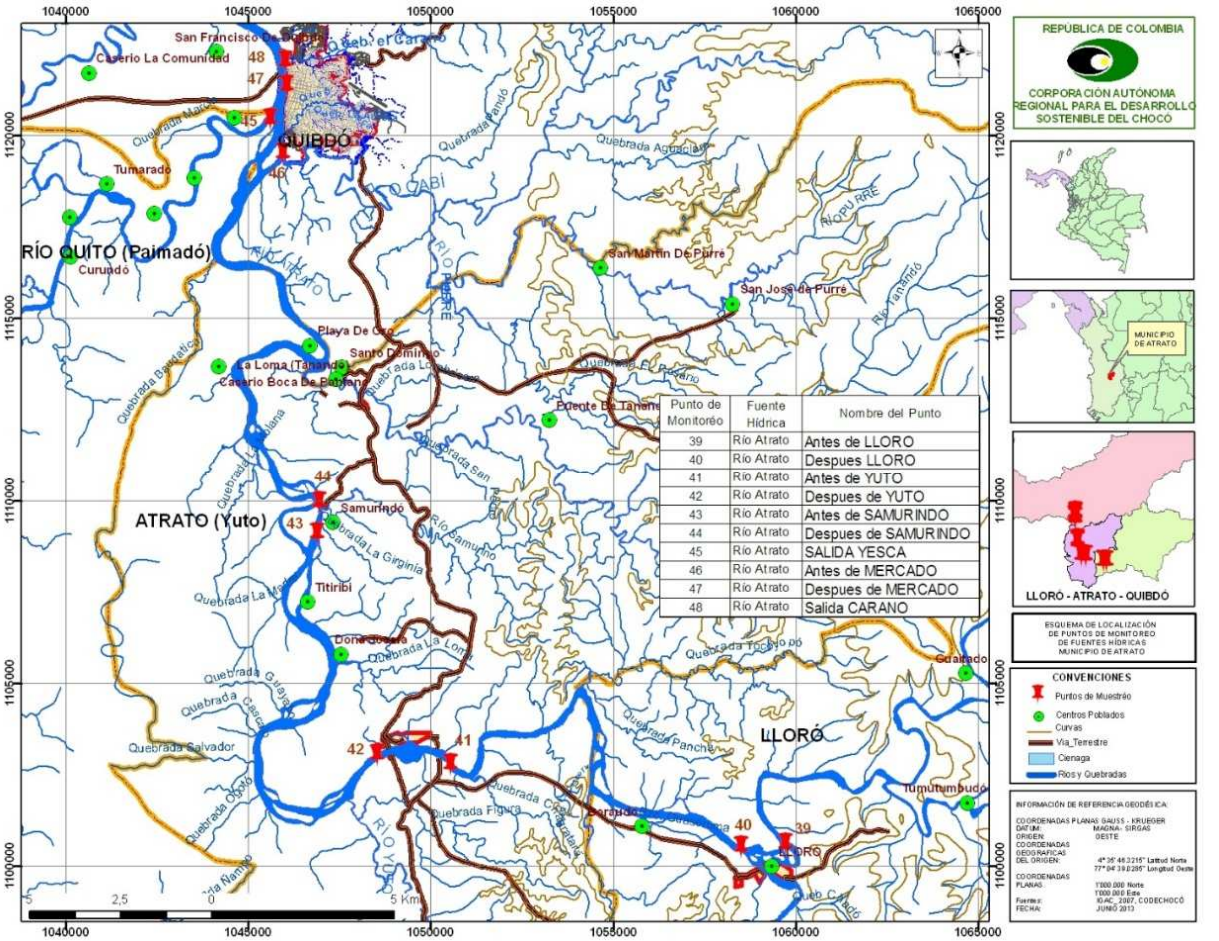
El municipio de Nóvita tiene una extensión aproximada de 1.327 km^2 y limita al Norte con el municipio de Condoto y Medio San Juan, por el Oriente con el Municipio de San José del Palmar y Sipí, y por el Occidente con el municipio de Istmina, por el Sur con el Municipio de Sipí

4.1.4 Rio Atrato

Es la mayor cuenca del departamento y la que congrega la mayor cantidad de población sobre su zona de influencia, para su estudio esta divide en tres partes, la parte media se extiende desde la cabecera del municipio de Lloro hasta la desembocadura del rio Cabí en el municipio de Quibdó.

Los puntos de monitoreo se pueden observar en la figura 2

Figura 2. Estaciones de monitoreo del Rio Atrato parte media.



Fuente: CODECHOCÓ, 2013

4.1.5 Rio Jella y Quebrada Chocolatal

Se encuentra ubicado en Ciudad Mutis cabecera municipal de Bahía Solano y es la principal receptora de vertimientos del municipio

5 Resultados

5.1 Rio Cabí

Tabla 3. Índices de contaminación ICO´s y calidad ICA del Río Cabí del primer semestre

Estación	Fecha	Valor ICOMO		Valor ICOMI		Valor ICOSUS		Valor ICACOSUS	
Antes de Pacurita	6/04/2016	Medio-Alta	0,67	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,03	Medio	67
Puente de Pacurita	6/04/2016	Medio	0,6	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,02	Medio	69
Desembocadura Agua clara	6/04/2016	Medio	0,56	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0	Bueno	71
Desembocadura Purré	6/04/2016	Medio	0,56	Muy Baja	0,01	Medio	0,48	Medio	64
Puente Cabí	6/04/2016	Medio	0,55	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,11	Medio	66
Desembocadura La Cascorba	6/04/2016	Medio	0,54	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,07	Medio	69
El Playón	6/04/2016	Medio	0,54	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,05	Medio	68
Puente La Playita	6/04/2016	Medio	0,52	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,06	Medio	70
Bocatoma acueducto	6/04/2016	Medio	0,5	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,06	Medio	69
Desembocadura Beteguma	6/04/2016	Medio	0,49	Muy Baja	0,01	Muy Baja	0,06	Medio	69
Desembocadura Rio Cabí	6/04/2016	Medio	0,46	Muy Baja	0,02	Baja	0,22	Medio	68

Tabla 4. Índices de contaminación ICO´s del Río Cabí del segundo semestre

Estación	Fecha	Valor ICOSUS	
Antes de Pacurita	13/07/2016	Muy Baja	0,11
Puente de Pacurita	13/07/2016	Muy Baja	0,12
Desembocadura Agua clara	13/07/2016	Muy Baja	0,05
Desembocadura Purré	13/07/2016	Muy Baja	0,13
Puente Cabí	13/07/2016	Muy Baja	0,04
Desembocadura La Cascorba	13/07/2016	Muy Baja	0
El Playón	13/07/2016	Muy Baja	0
Puente La Playita	13/07/2016	Muy Baja	0
Bocatoma acueducto	13/07/2016	Muy Baja	0,02
Desembocadura Beteguma	13/07/2016	Muy Baja	0,14
Desembocadura Rio Cabí	13/07/2016	Muy Baja	0,02

5.2 Rio Andagueda

Tabla 5. Índice de contaminación por mineralización Rio Andagueda

Estaciones	ICOMI					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMI	Valoración	código de color
	I_{Cond}	I_{durez}	I_{Alc}			
Antes del pueblo	0.08	0.00	0.00	0.03	Muy baja	
Después del pueblo	0.07	0.00	0.00	0.02	Muy baja	

Tabla 6. Índice de contaminación por materia orgánica Rio Andagueda

Estaciones	ICOMO					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMO	Valoración	código de color
	I_{DBO}	I_{ColiT}	I_{oxi}			
Antes del pueblo	0.161	0.00	0.190	**0.40**	Baja	
Después del pueblo	0.161	0.00	0.190	**0.40**	Media	

Tabla 7. Índice de contaminación por solidos suspendidos Rio Andagueda

Estaciones	ICOSUS		
	Valor ICOSUS	Valoración	código de color
Antes del pueblo	0.54	**Media**	0.54
Después del pueblo	0.84	**Alta**	0.84

Tabla 8. Índice de calidad del Rio Andagueda- ICACOSUS

Estaciones	Indices individuales						Sumatoria	Valor Indice	código de color
	Ioxi	IDBO5	ICE	IpH	ISST	ICF			
Antes del pueblo	0.00	1.00	0.92	1.00	0.46	0.38	62	Medio	
Después del pueblo	0.96	0.85	0.93	0.78	0.16	0.38	68	Medio	

5.3 Río Tamaná

Tabla 9. Índice de contaminación por mineralización Rio Tamaná

Estaciones	ICOMI					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMI	Valoración	código de color
	ICond	Idurez	IAlc			
ANTE NOVITA	0,11	0,000	0,000	**0,04**	Muy baja	
DESPUÉS NOVITA	0,10	0,000	0,000	**0,03**	Muy baja	
PUENTE SAN LORENZO	0,11	0,000	0,000	**0,04**	Muy baja	

Tabla 10. Índice de contaminación por materia orgánica Rio Tamaná

Estaciones	ICOMO					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMO	Valoración	código de color
	IDBO	IColiT	Ioxi			
ANTE NOVITA	0,161	1,00	0,319	**0,49**	Media	
DESPUÉS NOVITA	0,161	0,51	0,299	**0,32**	Baja	
PUENTE SAN LORENZO	0,161	1,00	0,388	**0,52**	Media	

Tabla 11. Índice de contaminación por solidos suspendidos Rio Tamaná

Estaciones	ICOSUS		
	Valor ICOSUS	Valoración	código de color
ANTE NOVITA	**1,00**	Alta	
DESPUÉS NOVITA	**0,68**	Medio-Alta	
PUENTE SAN LORENZO	**0,33**	Baja	

Tabla 12. Índice de calidad del Río Tamaná - ICACOSUS

Estaciones	Índices individuales						Sumatoria	Valor Índice	código de color
	Ioxi	IDBO5	ICE	IpH	ISST	ICF			
ANTES NOVITA	0,68	0,85	0,89	0,65	0,00	0,10	53	Medio	
DESPUÉS NOVITA	0,70	0,85	0,90	0,67	0,32	0,10	59	Medio	
PUENTE SAN LORENZO	0,61	0,85	0,89	0,63	0,68	0,10	63	Medio	

5.4 Rio Atrato

Tabla 13. Índice de contaminación por mineralización Rio Atrato

Estaciones	ICOMI					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMI	Valoración	código de color
	ICond	Idurez	IAlc			
Antes LLORO	0.06	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
Después LLORO	0.06	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
Antes YUTO	0.06	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
Después YUTO	0.06	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
Antes SAMURINDO	0.07	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
Después SAMURINDO	0.07	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
SALIDA YESCA	0.06	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	
Antes MERCADO	0.08	0.00	0.00	**0.03**	Muy baja	
Después MERCADO	0.08	0.00	0.00	**0.03**	Muy baja	
Salida CARAÑO	0.07	0.00	0.00	**0.02**	Muy baja	

Tabla 14. Índice de contaminación por materia orgánica Rio Atrato

Estaciones	ICOMO					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMO	Valoración	código de color
	IDBO	IColiT	Ioxi			
Antes LLORO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Después LLORO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Antes YUTO	0.161	0.956	0.000	0.37	Baja	
Después YUTO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Antes SAMURINDO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Después SAMURINDO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
SALIDA YESCA	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Antes MERCADO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Después MERCADO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	
Salida CARAÑO	0.161	1.000	0.000	0.39	Baja	

Tabla 15. Índice de contaminación por solidos suspendidos Rio Atrato

Estaciones	ICOSUS		
	Valor ICOSUS	Valoración	código de color
Antes LLORO	0.65	Medio-Alta	
Después LLORO	0.38	Baja	
Antes YUTO	0.65	Medio-Alta	
Después YUTO	0.34	Baja	
Antes SAMURINDO	0.07	Muy baja	
Después SAMURINDO	0.93	Alta	
SALIDA YESCA	0.31	Baja	
Antes MERCADO	0.31	Baja	
Después MERCADO	0.49	Media	
Salida CARAÑO	0.25	Baja	

Tabla 16. Índice de calidad del Río Atrato – ICACOSUS

Estaciones	Indices individuales							Valor Indice	código de color
	Ioxi	IDBO5	ICE	IpH	ISST	ICF	Sumatoria		
Antes LLORO	0.93	0.85	0.94	0.86	0.35	0.10	67	Medio	
Después LLORO	0.93	0.85	0.94	0.87	0.62	0.10	72	Medio	
Antes YUTO	0.94	0.85	0.94	0.93	0.35	0.10	68	Bueno	
Después YUTO	0.92	0.85	0.94	0.86	0.66	0.10	72	Bueno	
Antes SAMURINDO	0.90	0.85	0.93	0.93	0.93	0.10	77	Bueno	
Después SAMURINDO	0.88	0.85	0.93	0.88	0.07	0.10	61	Bueno	
SALIDA YESCA	0.93	0.85	0.94	0.80	0.69	0.10	71	Bueno	
Antes MERCADO	0.92	0.85	0.92	0.81	0.69	0.10	71	Medio	
Después MERCADO	0.89	0.85	0.92	0.77	0.51	0.10	67	Bueno	
Salida CARAÑO	0.90	0.85	0.93	0.78	0.75	0.10	72	Bueno	

5.5 Rio Jella

Tabla 17. Índice de contaminación por mineralización Rio Jella

Estaciones	ICOMI					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMI	Valoración	código de color
	I_{Cond}	I_{durez}	I_{Alc}			
Rio Jella arriba	0.52	0.11	0.16	0.26	Baja	
Rio Jella arriba	1.00	1.00	0.13	0.71	Medio-Alta	

Tabla 18. Índice de contaminación por materia orgánica Rio Jella

Estaciones	ICOMO					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMO	Valoración	código de color
	I_{DBO}	I_{ColiT}	I_{oxi}			
Rio Jella arriba	0.161	0.00	0.190	**0.40**	Baja	
Rio Jella arriba	0.161	0.00	0.190	**0.39**	Baja	

Tabla 19. Índice de contaminación por solidos suspendidos Rio Jella

Estaciones	ICOSUS		
	Valor ICOSUS	Valoración	código de color
Rio Jella arriba	0.08	**Muy baja**	
Rio Jella arriba	0.09	**Muy baja**	

Tabla 20. Índice de calidad del Río Atrato – ICACOSUS

Estaciones	Indices individuales						Sumatoria	Valor Indice	código de color
	Ioxi	IDBO5	ICE	IpH	ISST	ICF			
Rio Jella arriba	0.00	1.00	0.48	0.49	0.92	0.98	65	Medio	
Rio Jella abajo	0.51	0.85	0.00	0.90	0.92	0.38	59	Medio	

5.6 Quebrada Chocolatal

Tabla 21. Índice de contaminación por mineralización Quebrada Chocolatal

Estaciones	ICOMI					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMI	Valoración	código de color
	I_{Cond}	I_{durez}	I_{Alc}			
Chocolatal arriba	0.46	0.05	0.16	0.23	Baja	0.23
Chocolatal abajo	1.00	0.39	0.13	0.51	Media	0.51

Tabla 22. Índice de contaminación por materia orgánica Quebrada Chocolatal

Estaciones	ICOMO					
	Valores de los Subíndices			Valor ICOMO	Valoración	código de color
	I_{DBO}	I_{ColiT}	I_{oxi}			
Chocolatal arriba	0.161	0.00	0.190	**0.39**	Baja	0.39
Chocolatal abajo	0.161	0.00	0.190	**0.39**	Baja	0.39

Tabla 23. Índice de contaminación por solidos suspendidos Quebrada Chocolatal

Estaciones	ICOSUS		
	Valor ICOSUS	Valoración	código de color
Chocolatal arriba	0.01	**Muy baja**	0.01
Chocolatal abajo	0.02	**Muy baja**	0.02

Tabla 24. Índice de calidad del Río Atrato – ICACOSUS

Estaciones	Indices individuales						Sumatoria	Valor Indice	código de color
	Ioxi	IDBO5	ICE	IpH	ISST	ICF			
Chocolatal arriba	0.00	1.00	0.53	0.53	1.00	0.10	53	Medio	
Chocolatal abajo	0.81	0.85	0.00	0.53	0.98	0.10	55	Medio	

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

6.1 RIO CABÍ

En el primer semestre del 2016, la contaminación que presentó la cuenca del Río Cabí, se debió principalmente al aporte de materia orgánica, reflejándose en los valores medios de los índices de contaminación, ICOMO. Los cuales son producto de las descargas residuales domésticas, disposición de residuos sólidos y demás actividades provenientes de la cría de animales, causadas por la intervención antrópica a lo largo del Río Cabí.

De acuerdo a los resultados obtenidos en todas las estaciones de monitoreo, la cuenca del Río Cabí se encuentra moderadamente contaminada. Los bajos niveles de oxígeno, expresados en porcentaje de saturación afectan el desarrollo de vida en el cuerpo de agua, y junto con las altas cantidades de coliformes aumenta el riesgo de enfermedades.

La estación Antes de Pacurita, fue la que presentó mayor contaminación. El valor del índice ICOMO, la clasificó en la categoría medio-alta.

Sin embargo, hay posibilidad que los bajos índices de contaminación ICOMI e ICOSUS, sean resultado de una alta capacidad de dilución de la corriente del Río y las condiciones ambientales de la época en la que fue monitoreada la fuente. Por ello es necesario considerar al menos un monitoreo más, para realizar una evaluación global de la afectación del recurso por los aportes de materia orgánica, mineralización y presencia de sólidos, durante los diferentes periodos anuales, donde se pueden registrar cambios significativos en el recurso hídrico.

En cambio, se observa una baja contaminación debida a la mineralización del agua, ICOMI, que está relacionada con la contaminación por la presencia de sólidos suspendidos, ICOSUS. Solo la estación Desembocadura Purré, presentó un valor de ICOSUS clasificado como un grado medio de contaminación. Caso contrario ocurre en el segundo semestre, los valores de ICOSUS de todas las estaciones monitoreadas indican muy baja contaminación. Las estaciones Desembocadura Purré y la Desembocadura Río Cabí, que presentaron en el primer monitoreo, una contaminación media y baja, respectivamente; disminuyeron pasando a una contaminación muy baja. Esta disminución es atribuida a la época de lluvias, favoreciendo de manera notable la reducción de solidos presentes en esta fuente.

En términos del ICACOSUS promedio, el Río Cabí es considerado una fuente regular. Manteniendo su relación con las bajas concentraciones de oxígeno y la presencia de Coliformes en el cuerpo de agua. Solo la estación Desembocadura Purré alcanzó una buena calidad, con un valor de ICACOSUS de 71.

6.2 RIO ANDAGEDA

La contaminación que presentó el rio Andagueda a la altura de la cabecera municipal (Bagadó), se debió principalmente al aporte de solidos suspendidos totales, reflejándose en los valores medios y altos del índice de contaminación, ICOSUS. Los cuales son producto de las descargas de las colas de la actividad minera en la zona.

En cuanto al ICACOSUS se considera una fuente aceptable ya que el valor arrojado es de medio.

6.3 RIO TAMANÁ

El índice de contaminación por mineralización (ICOMI) se mantuvo en un nivel muy bajo, esto quiere decir que no presenta contaminación por estas sales, estos resultados son congruentes con los ICOSUS debido a que en este índices también se relacionan con los sólidos disueltos presentes en estas fuentes.

El índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) se mantuvo en un nivel bajo a medio durante todo el recorrido. Esto quiere decir que la cuenca posee un grado de aceptación favorable para su recuperación, teniendo en cuenta que son los receptores de las descargas de residuos sólidos y vertimientos.

El índice de contaminación por solidos suspendidos (ICOSUS) se evidencio una variación de nivel de alta a baja, esto se presenta en antes novita y puente San Lorenzo respectivamente, con estos resultados se puede evidenciar que los desechos domésticos son vertidos directamente a estas cuencas, a pesar de esta situación tuvieron un valor aceptable. Es decir, no presenta un alto grado de contaminación por estos sólidos.

Como se puede observar en la tabla 12 el índice de calidad, presenta categoría media, hay una disminución de calidad en el rio, este descenso se atribuye al aumento de la concentración de solidos suspendidos y a la disminución del pH. A pesar que esta fuente hídrica es receptora directa de desechos orgánicos, inorgánicos, fertilizantes, etc. Productos de todas las actividades que se desarrollan a lo largo de toda la ronda objeto de estudio; en las cuales pueden producir deterioro de cualquier posibilidad de vida acuática y por ende la disminución de la características fisicoquímicas y microbiológicas propias de dichas cauces. A consecuencia de esto, la información fue corroborada con los datos arrojados por resultados de los análisis de aguas realizados por el laboratorio de CODECHOCÓ.

6.4 RIO ATRATO

De acuerdo a los resultados, los índices de contaminación estimados en diez puntos de la Cuenca del Rio Atrato en el año 2016, muestran que en muy pocos puntos se presentó contaminación alta. De hecho, el cálculo del índice ICOMO mostró una valoración de contaminación "Baja" (0.37 – 039) en todos los puntos de muestreo; por lo que se sugiere aumentar la cantidad de monitoreos en esta cuenca para los próximos años. Ver tabla 14.

Ahora bien, con respecto a el índice de contaminación por mineralización – ICOMI, los resultados arrojaron una valoración para la contaminación "Muy baja" (0.02 – 0.03), lo que sugiere que las variables utilizadas para calcular los subíndices que componen el ICOMI (Conductividad, dureza y alcalinidad), en los puntos de muestreos presentaban valores bajos; siendo esto de suma importancia debido a que se infiere que en los puntos muestreados no se está presentando contaminación por mineralización de gran importancia que involucre cantidades altas de sólidos disueltos, hidróxidos, carbonatos, bicarbonatos de calcio, magnesio, sodio o amonio. Ver tabla 15.

En contraposición a los índices mencionados previamente, al estimar el ICOSUS, en el 60% de los puntos de muestreo se calcularon valores bajos de contaminación por sólidos suspendidos, los puntos corresponden a las siguientes estaciones de monitoreo: Después de Lloró, Después de Yuto, Antes de Samurindó, Salida Yesca, Antes Mercado y Salida Caraño. Mientras que en las estaciones Antes de Lloró, Antes de Yuto y después Mercado, se presentaron valoraciones de contaminación por sólidos suspendidos "Medio alta" y "Alta" respectivamente; identificándose la estación "Después de Samurindó", como la estación con el ICOSUS de valoración "Alta".

Además, los resultados de ICOSUS sugieren que en las estaciones cuya valoración fue Media-Alta y Alta, presentaban un gran aporte de sólidos al cuerpo de agua por la presencia de materia orgánica e inorgánica, generada entre otras por la erosión del suelo, debida a diferentes labores agrícolas y la remoción de cobertura vegetal. Según IDEAM, 2010, estos materiales indirectamente suponen un consumo del oxígeno, además de absorber nutrientes, contaminantes persistente, bioacumulables y tóxicos, que ingresan al ecosistema, disminuyendo la calidad de la fuente hídrica para el consumo humano y la preservación de la fauna y flora.

Finalmente, según el índice ICACOSUS, la Cuenca del río Atrato en el año 2016, presentó una valoración de calidad del agua Buena – Media (Ver tabla 16), es más, el 70% de las estaciones presentaron una valoración de calidad de agua "Buena" y el 30% "Media", lo que sugiere que los aportes al cuerpo de agua no fueron de gran magnitud para valorar los puntos de muestreo como calidad de agua "Mala" o "Muy mala". De hecho el punto con mayor contaminación por sólidos suspendidos (Después de Samurindó), presentó una valoración de calidad de agua buena, por lo que se recomienda estudiar con más detenimiento esta estación.

7 CONCLUSIONES

- En el primer semestre del presente año, la principal contaminación del río Cabí, es debida al aporte de materia orgánica, causada por la influencia antrópica a lo largo del río. Esta contaminación moderada afectó la calidad del agua, convirtiéndola en una fuente de agua regular para el consumo directo.

- En el segundo monitoreo, debido a la falta de información para determinar todos los índices de contaminación solo fue posible calcular el índice de contaminación ICOSUS. Y con base en este, se logró evidenciar que la contaminación por sólidos suspendidos ha disminuido en todas las estaciones monitoreadas, respecto al primer monitoreo y su causa principal puede ser el comienzo de la temporada de lluvias que favoreció la capacidad de dilución del Río.

- A pesar que estas fuentes hídricas son receptoras directas de desechos orgánicos, inorgánicos, fertilizantes, etc. Productos de todas las actividades que se desarrollan a lo largo de toda la ronda objeto de estudio; en las cuales pueden producir deterioro de cualquier posibilidad de vida acuática y por ende la disminución de la características fisicoquímicas y microbiológicas propias de dichas cauces. Sin embargo No se evidencio efectos negativos según datos arrojados por resultados de los análisis de aguas realizados por l laboratorio de aguas de CODECHOCÓ.

- Cabe resaltar también que estas fuentes recibes contaminantes provenientes de la actividad comercial y vertimientos puntuales domésticos los cuales son descargados directamente a estas sin un tratamiento previo.

8 RECOMENDACIONES

- Cumplir con la frecuencia establecido en el programa de seguimiento y control de las fuentes de agua durante los diferentes periodos anuales, para evaluar la calidad del recurso con los diversos cambios que presente.

- Continuar con la sensibilización de la comunidad sobre la disposición de residuos, el cuidado y la protección de estas cuencas.

- Garantizar que la Subdirección de Calidad y Control Ambiental cuente con la capacidad técnica suficiente, para la realización de los monitoreo y análisis de laboratorio; de esta manera se puede contar con una evaluación precisa y eficiente de la calidad de nuestras fuentes.

- Para la autoridad ambiental, la información generada es una herramienta que orienta la toma de decisiones con respecto a los aprovechamientos hídricos y los vertimientos de aguas residuales. Es indispensable fortalecer el sistema para el control de la calidad del agua, atendiendo los estándares de la normatividad nacional.

9 BIBLIOGRAFÍA

1. Ramírez, A., Restrepo, R. y Viña, G., 1997. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. Ciencia, Tecnología y Futuro.

2. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p. Disponible en: http://www.ideam.gov.co/

3. Cadavid, J. C.; Echeverri, J. D. y Gómez, A.E., 2010. Modelación Índice de Calidad de Agua (ICA) en las cuencas de la Región Cornare. Gestión y Ambiente. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/27533/1/25391-89358-1-PB.pdf

4. CODECHOCÓ, 2013. Proyecto manejo integral del recurso hídrico en el departamento del chocó. Quibdó.

5. BID, 2015. Plan Integral de Intervención para el Pacifico Colombiano CO-L1156. Disponible en: http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?docnum=39880695

6. CODECHOCÓ, 2015. Proyecto manejo integral del recurso hídrico en el departamento del chocó. Quibdó.

7. CODECHOCÓ, 2012. Proyecto manejo integral del recurso hídrico en el departamento del chocó. Quibdó.

8. CODECHOCÓ, 2014. Proyecto manejo integral del recurso hídrico en el departamento del chocó. Quibdó.

9. CODECHOCÓ, 2013. Proyecto manejo integral del recurso hídrico en el departamento del chocó. Quibdó.