

CALIDAD DEL AGUA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA LA
GÓMEZ EN EL MUNICIPIO DE SABANA DE TORRES Y PUERTO WILCHES,
SANTANDER

JENNY CRISTINA ARDILA MARTÍNEZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016

CALIDAD DEL AGUA SUBZONA HIDROGRÁFICA DE LA QUEBRADA LA
GÓMEZ EN EL MUNICIPIO DE SABANA DE TORRES Y PUERTO WILCHES,
SANTANDER.

JENNY CRISTINA ARDILA MARTÍNEZ

Monografía presentada como requisito para optar al título de Especialista en
Química Ambiental

William Guerrero Salazar
Ingeniero Agrícola
MSc. en Química Ambiental

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
ESPECIALIZACIÓN EN QUÍMICA AMBIENTAL
BUCARAMANGA
2016

A mi familia y a Jose Luis

AGRADECIMIENTOS

A los ingenieros Yuli, Oscar, Wilson, Julio, al biólogo Frank Vargas y a la contadora Yeimy por sus enseñanzas y experiencias compartidas.

Al ingeniero William por su orientación en la realización de este trabajo

A UNISANGIL, por la oportunidad de vincularme en sus procesos de investigación.

A David Manzur y Felipe Achury por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	18
1 REFERENTES TEORICOS.	20
1.1. CRITERIOS PARA CALCULAR LOS ÍNDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA	20
1.1.1. Índice de calidad de agua según la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA NSF)	20
1.1.2. Índice de calidad de agua según Estudio Nacional del Agua 2010 (ICA ENA 2010)	21
1.1.3. Índice de calidad de agua según Estudio Nacional del Agua 2014 (ICA ENA 2014)	22
1.1.4. Índice de calidad de agua para corrientes superficiales (ICACOSU).....	23
1.1.5. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)	25
1.1.6. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)	26
1.1.7. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)	27
1.1.8. Índice de contaminación trófico (ICOTRO)	27
1.1.9. Índice de contaminación por pH (ICOpH).....	27
1.2. DOCUMENTOS PROSPECTIVOS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	28
1.2.1. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Sabana de Torres	28
1.2.2. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Puerto Wilches.....	29
1.2.3. Plan de ordenamiento y manejo de las subcuencas de las quebradas la Gómez, Santos Gutiérrez, Pescado, Islitas y Caño Peruétano	29
1.2.4. Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Sabana de Torres	30
1.2.5. Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Puerto Wilches	31
1.2.6. Programa de ahorro y uso eficiente del agua de Sabana de Torres	32
2 METODOLOGÍA UTILIZADA	33
2.1. LOCALIZACIÓN	33
2.2. DETERMINACIÓN DE VARIABLES PARA CÁLCULO DE ÍNDICES	34
2.3. PLAN DE MONITOREO Y CRITERIOS PARA SELECCIONAR PUNTOS.....	34
2.4. DETERMINACIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES.....	38
2.5. DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN.....	38
2.6. PRUEBAS ESTADÍSTICAS ANOVA Y TUKEY	38

2.7.	IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO	38
2.8.	FORMULACIÓN USOS DEL RECURSO HÍDRICO	38
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
3.1.	VERIFICACIÓN EN CAMPO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES	39
3.2.	ANÁLISIS RESULTADOS ÍNDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA	42
3.2.1.	Índice de calidad de agua según la NSF	42
3.2.2.	Índice de calidad de agua según ENA 2010	43
3.2.3.	Índice de calidad de agua según ENA 2014	44
3.2.4.	Índice de calidad de agua para corrientes superficiales (ICACOSU)	46
3.2.5.	Índice de contaminación por mineralización (ICOMI)	47
3.2.6.	Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO)	48
3.2.7.	Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS)	50
3.2.8.	Índice de contaminación trófico (ICOTRO).....	51
3.2.9.	Índice de contaminación por pH (ICOpH).....	52
3.2.10.	Síntesis resultados índices de calidad y contaminación.....	55
3.2.11.	Análisis estadístico ANOVA y Tukey	58
3.3.	IDENTIFICACIÓN ZONAS DE RIESGO.....	59
3.3.1.	Zonas de riesgo por índice.....	59
3.3.1.1.	Zonas de riesgo según el ICA NSF	59
3.3.1.2.	Zonas de riesgo según el ICA ENA 2010.....	60
3.3.1.3.	Zonas de riesgo según el ICA ENA 2014.....	61
3.3.1.4.	Zonas de riesgo según el ICACOSU	62
3.3.1.5.	Zonas de riesgo según el ICOMI.....	63
3.3.1.6.	Zonas de riesgo según el ICOMO.....	64
3.3.1.7.	Zonas de riesgo según el ICOSUS.....	65
3.3.1.8.	Zonas de riesgo según el ICOTRO.	66
3.3.1.9.	Zonas de riesgo según el ICOpH	67
3.3.2.	Zonas de riesgo por campaña de monitoreo.....	68
3.3.2.1.	Zonas de riesgo primera campaña	68
3.3.2.2.	Zonas de riesgo segunda campaña	70
3.3.2.3.	Zonas de riesgo tercera campaña	72
3.3.2.4.	Zonas de riesgo cuarta campaña.....	74
3.3.3.	Síntesis zonas de riesgo	77

3.4. USOS RECURSO HÍDRICO	78
3.4.1. Uso doméstico.....	78
3.4.2. Uso agrícola	78
3.4.3. Uso pecuario.....	79
3.4.4. Uso para fines recreativos mediante contacto primario.....	79
3.4.5. Uso para fines recreativos mediante contacto secundario	80
3.4.6. Uso para preservación de flora y fauna (agua cálida dulce)	80
4 CONCLUSIONES	82
BIBLIOGRAFIA	84
ANEXOS	90

LISTA DE CUADROS

	pág.
Cuadro 1. Porcentajes asignados para cada variable ICA-NSF.	21
Cuadro 2. Interpretación resultado ICA-NSF.	21
Cuadro 3. Peso asignado ICA-ENA 2010.	21
Cuadro 4. Peso asignado ICA-ENA 2014.	22
Cuadro 5. Interpretación resultado ICA-ENA 2010 y 2014.	23
Cuadro 6. Índice lótico de capacidad ambiental general.	24
Cuadro 7. Factores de ponderación ICACOSU.	25
Cuadro 8. Interpretación resultado ICACOSU.	25
Cuadro 9. Indicador según concentración de fósforo.	27
Cuadro 10. Interpretación concentración de fósforo.	27
Cuadro 11. Interpretación resultados de los ICO'S.	28
Cuadro 12. Problemas identificados en el PSMV de Sabana de Torres.	28
Cuadro 13. Problemas PSMV de Puerto Wilches.	29
Cuadro 14. Consolidado de problemáticas expuestas en el POMCA.	29
Cuadro 15. Consolidado problemáticas Esquema de Ordenamiento Territorial Sabana de Torres.	30
Cuadro 16. Problemáticas expuestas en el PBOT de Puerto Wilches.	31
Cuadro 17. Consolidado de problemáticas AYUEDA Sabana de Torres.	32
Cuadro 18. Parámetros requeridos para cada índice.	34
Cuadro 19. Listado puntos de monitoreo.	35
Cuadro 20. Categorías clasificación de riesgo.	38
Cuadro 21. ICA de la NSF.	42
Cuadro 22. ICA según ENA 2010.	43
Cuadro 23. ICA según ENA 2014.	45
Cuadro 24. ICACOSU cuarta campaña de monitoreo.	46
Cuadro 25. ICOMI.	47
Cuadro 26. ICOMO.	48
Cuadro 27. ICOSUS.	50
Cuadro 28. ICOTRO.	51
Cuadro 29. ICOpH.	53
Cuadro 30. Síntesis resultados índices.	55
Cuadro 31. Puntos donde el agua puede ser usada para consumo humano y doméstico.	78
Cuadro 32. Puntos donde el agua puede ser para uso agrícola.	78
Cuadro 33. Puntos donde el agua puede ser utilizada para fines recreativos mediante contacto primario.	79
Cuadro 34. Puntos donde el agua puede ser utilizada para fines recreativos mediante contacto secundario.	80

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Esquema índices de calidad y contaminación primera campaña de monitoreo.	69
Figura 2. Esquema índices de calidad y contaminación segunda campaña de monitoreo.	71
Figura 3. Esquema índices de calidad y contaminación tercera campaña de monitoreo.	73
Figura 4. Esquema índices de calidad y contaminación cuarta campaña de monitoreo.	76

LISTA DE GRÁFICAS

	pág.
Gráfica 1. ICA NSF tercera y cuarta campaña.	43
Gráfica 2. Variación del ICA según ENA 2010.	44
Gráfica 3. Variación del ICA según ENA 2014.	46
Gráfica 4. Variación del ICOMI.....	48
Gráfica 5. Variación del ICOMO.....	49
Gráfica 6. Variación del ICOSUS.	51
Gráfica 7. Variación del ICOTRO.	52
Gráfica 8. Variación del ICOpH.	54

LISTA DE MAPAS

	pág.
Mapa 1. Localización área de estudio.....	33
Mapa 2. Ubicación puntos de monitoreo en el área de estudio.....	37
Mapa 3. Zonas de riesgo ICA NSF.	59
Mapa 4. Zonas de riesgo ICA ENA 2010.	60
Mapa 5. Zonas de riesgo ICA ENA 2014.	61
Mapa 6. Zonas de riesgo ICACOSU.	62
Mapa 7. Zonas de riesgo ICOMI.	63
Mapa 8. Zonas de riesgo ICOMO.	64
Mapa 9. Zonas de riesgo ICOSUS.....	65
Mapa 10. Zonas de riesgo ICOTRO.	66
Mapa 11. Zonas de riesgo ICOpH.	67
Mapa 12. Zonas de riesgo área de estudio.....	77
Mapa 13. Usos propuestos para el recurso hídrico.....	81

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Derechos de autor Universidad de Pamplona

Anexo 2. Derechos de autor libro Limnología Colombiana

Anexo 3. Derechos de autor revista CTyF.

Anexo 4. Plantilla cálculo de índices)

Anexo 5. Pruebas estadísticas ANOVA y Tukey

Anexo 6. Comparación con la norma y esquema de usos,

LISTA DE ABREVIATURAS

INS: Instituto Nacional de Salud

ICA: Índice de calidad de agua

ICO: Índice de contaminación de agua

ENA: Estudio Nacional del Agua

NSF: Fundación Nacional de Saneamiento

ICACOSU: Índice de calidad de agua para corrientes superficiales

ICOMO: Índice de contaminación por materia orgánica

ICOMI: Índice de contaminación por mineralización

ICOSUS: Índice de contaminación por sólidos suspendidos

ICOTRO: Índice de contaminación trófico

ICOpH: Índice de contaminación por pH

DQO: Demanda química de oxígeno

SST: Sólidos suspendidos totales

OD: Oxígeno disuelto

NT/PT: Nitrógeno total/Fósforo total

PSMV: Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos

CAS: Corporación Autónoma Regional de Santander

POMCA: Plan de ordenamiento y manejo de las cuencas hidrográficas

EOT: Esquema de ordenamiento territorial

PBOT: Plan básico de ordenamiento territorial

AYUEDA: Programa de ahorro y uso eficiente del agua

GEASID: Grupo de Estudios Ambientales para la Sostenibilidad, la Innovación y el Desarrollo.

RESUMEN DE LA MONOGRAFÍA

TÍTULO: Calidad del agua subzona hidrográfica de la quebrada la Gómez en el municipio de Sabana de Torres y Puerto Wilches, Santander.*

AUTOR: Jenny Cristina Ardila Martínez†

PALABRAS CLAVES: Índices de calidad de agua, zonas de riesgo, usos del agua.

RESUMEN: El agua es un recurso natural esencial para las diferentes formas de vida, a sus alrededores se desarrollan diversas actividades socioeconómicas que generan contaminación al recurso hídrico. La presencia de sustancias que alteren o mejoren sus características determina su calidad y el uso que se le da en diversas labores. Conocer el estado ambiental de ríos y quebradas es fundamental para generar estrategias de protección, principalmente cuando han estado sujetos por largo tiempo a perturbaciones antropogénicas.

Las estrategias para conservación de las corrientes hídricas que están sometidas a actividades humanas se elaboran a partir de análisis de calidad de agua. La subzona hidrográfica de la quebrada la Gómez, se caracteriza por tener ecosistemas de humedal y boscosos. En ella se dan procesos de sobreexplotación del recurso íctico, deforestación, aumento de la frontera ganadera y eutroficación de áreas de importancia ecológica como la Ciénaga de Paredes.

En esta investigación se estableció la calidad y contaminación del agua en términos de mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos, fósforo total y pH. También se identificaron las zonas de riesgo considerando las condiciones críticas y se propusieron usos para el recurso hídrico. Con esto se encontraron zonas cuya calidad es desfavorable por la descarga de aguas residuales, se evidenció el impacto del aumento de sólidos suspendidos en época de lluvias, al igual que el de nutrientes y coliformes en periodo seco y el efecto de los bajos caudales en la autorecuperación de las corrientes evaluadas.

* Trabajo de grado

† Facultad de Ciencias. Escuela de Química. Especialización en Química Ambiental. Director: William Guerrero Salazar, Msc. En Química Ambiental.

SUMMARY OF THE MONOGRAPH

TITLE: Water quality subzone hydrographic of the creek Gomez in the municipality of Sabana de Torres and Puerto Wilches, Santander.[‡]

AUTHOR: Jenny Cristina Ardila Martinez[§]

KEYWORDS: water quality indices, risk areas, water uses.

SUMMARY: Water is an essential natural resource for the different forms of life, around various socio-economic activities that generate pollution to water resources are developed. The presence of substances that alter or improve their characteristics determines its quality and use given to it in various tasks. Knowing the environmental state of rivers and streams is essential to generate protection strategies, especially when they have been long subject to anthropogenic disturbances.

Strategies for conservation of water currents that are subject to human activities are drawn from analysis of water quality. The hydrographic subzone broken Gomez, is characterized by wetland and forest ecosystems. It processes of fishery resource exploitation, deforestation, increased livestock frontier and eutrophication of ecologically important areas such as Cienaga de Paredes are given.

In this research the quality and water pollution in terms of mineralization, organic matter, suspended solids, total phosphorus and pH was established. risk areas were identified considering the critical conditions and uses for water resources were proposed. With this areas were found whose quality is unfavorable for wastewater discharge, the impact of increased suspended solids in the rainy season, as the nutrient and coliform dry period and the effect of low flows was evident in the self-recovery currents evaluated.

[‡] Degree work.

[§] Science Faculty. School of Chemistry. Specialization in Environmental Chemistry. Director: William Guerrero Salazar, MSc. Environmental Chemistry.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso natural esencial para las diferentes formas de vida, a sus alrededores se desarrollan diferentes actividades socioeconómicas que generan contaminación al recurso hídrico.(Torres et al, 2011) La presencia de sustancias que alteren o mejoren sus características determina su calidad (Fernandez & Solabo, 2005b) y el uso que se le da en diversas labores.(Castro, Almeida, Ferrer, & Díaz, 2014) Conocer el estado ambiental de ríos y quebradas es fundamental para generar estrategias de protección, principalmente cuando han estado sujetos por largo tiempo a perturbaciones antropogénicas (Arango et al, 2009).

Colombia es el sexto país con mayor oferta hídrica en el mundo, pero se calcula que la mitad de los recursos hídricos tienen problemas de calidad.(Beleño, 2011) El Instituto Nacional de Salud (INS) reveló que para el 2013, el 66,66 % de los habitantes del país consumió agua potable, el 11,67 % de la población tuvo agua segura, el 14,04 % de la población, consumió agua de bajo o nulo tratamiento y finalmente el 7,64 % de la población, consumieron agua directa de la fuente.(Instituto Nacional de Salud, 2014).

La subzona hidrográfica(Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2012) de la quebrada la Gómez, se caracteriza por tener ecosistemas de humedal y boscosos, estas formaciones son de gran importancia por sus elementos físicos y bióticos. Sin embargo, las actividades productivas y de subsistencia (ganadería, extracción de hidrocarburos, minería, agroindustria y la pesca) que adelanta la población producen problemáticas ambientales como:

- La sobreexplotación del recurso íctico y deterioro general de los ecosistemas de aguas lénticos y lóticos.
- La desaparición y deterioro de los humedales a causa de la deforestación y el aumento de la frontera ganadera.
- La eutroficación de las ciénagas, áreas de importancia ecológica y de calidad de los recursos naturales, como es el caso de la Ciénaga de Paredes, hábitat de especies amenazadas como el manatí.(Cabildo Verde de Sabana de Torres, 2008)

Además, pese a la abundancia de oportunidades de desarrollo económico y social, parte de la población sobrevive en condiciones de extrema pobreza, lo cual ha creado escenarios de inconformidad, que años atrás ocasionaron conflictos agrarios y laborales de gran relevancia, generando organizaciones sociales, políticas y procesos de resistencia popular.(Cabildo Verde de Sabana de Torres, 2008)

También, esta cuenca abastece a la cabecera municipal de Sabana de Torres y en sus alrededores se asientan 8 centros poblados, suministrando recurso a unas 7274 personas que habitan en ella.(Cabildo Verde de Sabana de Torres,

2008) A lo largo del recorrido del cuerpo hídrico, las personas utilizan el recurso sin tener en cuenta criterios de calidad del mismo, lo cual ha ocasionado en los últimos años 89 casos de enfermedades transmitidas por su consumo según el Observatorio de Salud Pública.(Observatorio de Salud Pública de Santander, 2014) Además, se han reportado tres eventos, uno relacionado con el derrame de hidrocarburos (Vanguardia, 2013) y dos con la descarga de vertimientos de una empresa de extracción de aceite, donde se ha implicado el recurso hídrico causando mortandad de peces.(Almario, 2014) (Montañez, 2014).

Esta investigación buscaba dar respuesta al interrogante, ¿Cuál es el grado de calidad y contaminación de la quebrada la Gómez, que permiten establecer los usos del recurso a lo largo de su recorrido? Para lograrlo se determinó la calidad y contaminación del agua en términos de mineralización, materia orgánica, sólidos suspendidos, fósforo total y pH, esto se hizo con herramientas matemáticas (Castro et al, 2014) representadas por una descripción y un color (Fernandez & Solabo, 2005a) que son favorables cuando se valora gran cantidad de datos (Ramírez et al, 1997). También se identificaron las áreas de riesgo considerando las condiciones más críticas y se propusieron los usos del recurso hídrico.

1 REFERENTES TEORICOS.

1.1. CRITERIOS PARA CALCULAR LOS ÍNDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Estos índices consisten en una expresión sencilla de una combinación de ciertos parámetros fisicoquímicos del agua, que sirven para medir su calidad (Jaramillo et al, 2011). Pueden representarse utilizando un color, símbolo, un número o una descripción.(Fernandez & Solabo, 2005a) Su finalidad es identificar problemas en el agua, sin tener que revisar uno a uno los resultados de laboratorio.(Ramírez et al., 1997)

El cálculo de los índices(Ball & Church, 1980) se basa en tres pasos:

1. Selección de parámetros o variables: la elección depende en gran medida del criterio de un experto, de la información existente, el tiempo y la localización.

2. Determinación del subíndice para cada parámetro: transformación de los parámetros de una escala dimensional a una adimensional. Según Fernández y Solano (Fernandez & Solabo, 2005a), se pueden utilizar varios métodos:

- **Valor nominal o numérico.**
- **Parámetro en número decimal, diagramas o tablas de calibración.**

3. Determinación del índice por agregación de los subíndices: por medio de fórmulas matemáticas se integran los subíndices para determinar el índice de calidad.

1.1.1. Índice de calidad de agua según la Fundación Nacional de Saneamiento (ICA NSF): se desarrolló en 1978 por “The National Sanitation Foundation” de los Estados Unidos.(Samboni et al, 2012) Tiene en cuenta nueve parámetros para su cálculo (DBO5, OD, coliformes fecales, NO₃-N, pH, variación de temperatura, sólidos disueltos, fósforo total y turbidez).(Oncoy, 2014) Las variables que involucra y los pesos que asigna a cada parámetro conciernen a la problemática de contaminación de los ríos norteamericanos.(Behar et al, 1997) La fórmula para calcular el ICA de la NSF es:

$$\sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

W_i: peso o porcentaje asignado al i-ésimo parámetro

SI_i: subíndice de i-ésimo parámetro

(Torres et al., 2011)

Los valores para el subíndice de cada variable se llevan a una misma escala mediante diagramas para cada parámetro, (Jiménez & Vélez, 2006) los cuales se encuentran en el libro de la Universidad de Pamplona.(Fernandez & Solabo,






2005) Los porcentajes asignados para cada variable se encuentran en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Porcentajes asignados para cada variable ICA-NSF.

Variables	Valor Wi NSF (1978)
Oxígeno disuelto %	0,17
Coliformes fecales	0,16
pH	0,11
Demanda bioquímica de oxígeno	0,11
Nitratos	0,10
Fosfatos	0,10
Cambio de temperatura	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos totales	0,07

Anexo 1. Derechos de autor Universidad de Pamplona (Samboni et al., 2012) (Fernandez & Solabo, 2005) (Fernandez et al, 2005) (Fernández et al, 2004)

Cuadro 2. Interpretación resultado ICA-NSF.

Calidad	Rango NSF	Color
Excelente	91-100	
Buena	71-90	
Media	51-70	
Mala	26-50	
Muy mala	0-25	

(Samboni et al, n.d.) (González et al, 2013)

1.1.2. Índice de calidad de agua según Estudio Nacional del Agua 2010 (ICA ENA 2010): según el IDEAM, estos índices permiten establecer condiciones fisicoquímicas generales de la calidad de una fuente hídrica y reconocer problemas de contaminación en un punto determinado, para un intervalo de tiempo específico. Asimismo representa las posibilidades o restricciones para determinados usos. (MinAmbiente, 2014) Utiliza las variables demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto, conductividad eléctrica del agua y el pH.(IDEAM, 2010)

$$ICA_{njt} = (i=1 \sum W_i * I_{ikjt})$$

Wi: peso relativo asignado a la variable de calidad i.

I_{ikjt}: valor calculado de la variable i.

El peso asignado a cada variable se encuentra en el siguiente cuadro:

Cuadro 3. Peso asignado ICA-ENA 2010.

Variable	Expresada como	Peso de importancia
Oxígeno disuelto	% saturación	0,20
Sólidos en suspensión	mg/l	0,20
Demanda química de oxígeno	mg/l	0,20
Conductividad eléctrica	µS/cm	0,20
pH total	Unidades de pH	0,20

VerAnexo 1. Derechos de autor Universidad de Pamplona (Samboni et al., 2012) (Fernandez & Solabo, 2005)

Las ecuaciones para el cálculo de los subíndices de calidad son las mismas que se usan para el cálculo del ICA 2014, al igual que las interpretaciones para los resultados.

1.1.3. Índice de calidad de agua según Estudio Nacional del Agua 2014 (ICA ENA 2014): este índice tiene en cuenta de seis variables: oxígeno disuelto, demanda química de oxígeno, conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales, pH y la relación nitrógeno total/fósforo total. (IDEAM, 2014) La ecuación matemática para calcular el ICA según el ENA 2014 es la misma del ENA 2010, al igual que su respectiva interpretación.

Cuadro 4. Peso asignado ICA-ENA 2014.

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto	% saturación	0,17
Sólidos suspendidos totales	mg/l	0,17
Demanda química de oxígeno	mg/l	0,17
NT/PT		0,17
Conductividad eléctrica	μS/cm	0,17
pH total	Unidades de pH	0,15

A continuación se muestran las ecuaciones para calcular el valor de cada variable, estas se obtuvieron de la hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua: (IDEAM, 2011)

Subíndice de oxígeno disuelto (OD): el valor de I_{OD} se calcula a partir del porcentaje de saturación de oxígeno, con la fórmula:

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

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

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

Subíndice de Sólidos suspendidos totales (SST): si el valor de los sólidos suspendidos totales esta entre 4,5 y 320 mg/L, entonces se utiliza la siguiente formula:

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

Pero si el valor es inferior o igual a 4,5 mg/L, entonces se asume $I_{SST} = 1$; si es mayor o igual a 320 mg/L se toma que $I_{SST} = 0$

Subíndice de Demanda química de oxígeno (DQO): este subíndice se obtiene al comparar el resultado con las siguientes relaciones:

$$\begin{aligned} \text{Si } DQO \leq 20, \text{ entonces } I_{DQO} &= 0,91 \\ \text{Si } 20 < DQO \leq 25, \text{ entonces } I_{DQO} &= 0,71 \\ \text{Si } 25 < DQO \leq 40, \text{ entonces } I_{DQO} &= 0,51 \\ \text{Si } 40 < DQO \leq 80, \text{ entonces } I_{DQO} &= 0,26 \\ \text{Si } DQO > 80, \text{ entonces } I_{DQO} &= 0,125 \end{aligned}$$

Subíndice de Conductividad eléctrica (C.E.): si el valor es superior a 0 uS/cm se usa la siguiente formula:

$$I_{C.E.} = 1 - 10^{(-3,26+1,34*\log_{10}C.E.)}$$

Cuando $I_{C.E.} < 0$, entonces $I_{C.E.} = 0$

Subíndice de pH: este subíndice se obtiene al relacionar el valor de pH con las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} &\text{Si } pH < 4, \text{ entonces } I_{pH} = 0,1 \\ &\text{Si } 4 \leq pH \leq 7, \text{ entonces } I_{pH} = 0,02628419 * e^{(pH*0,520025)} \\ &\text{Si } 7 < pH \leq 8, \text{ entonces } I_{pH} = 1 \\ &\text{Si } 8 < pH \leq 11, \text{ entonces } I_{pH} = 1 * e^{\{(pH-8)*(-0,5187742)\}} \\ &\text{Si } pH > 11, \text{ entonces } I_{pH} = 0,1 \end{aligned}$$

Subíndice de Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT): este subíndice se obtiene al relacionar el resultado con las siguientes condiciones:

$$\begin{aligned} &\text{Si } 15 \leq \frac{NT}{PT} \leq 20, \text{ entonces } I_{\frac{NT}{PT}} = 0,8 \\ &\text{Si } 10 < \frac{NT}{PT} < 15, \text{ entonces } I_{\frac{NT}{PT}} = 0,6 \\ &\text{Si } 5 < \frac{NT}{PT} \leq 10, \text{ entonces } I_{\frac{NT}{PT}} = 0,35 \\ &\text{Si } \frac{NT}{PT} \leq 5, \text{ ó } \frac{NT}{PT} > 20, \text{ entonces } I_{\frac{NT}{PT}} = 0,15 \end{aligned}$$

El resultado de los ICA's según el ENA 2010 y 2014 se analiza según el siguiente cuadro:

Cuadro 5. Interpretación resultado ICA-ENA 2010 y 2014.

Descriptores	Ámbito numérico	Color
Muy mala	0-0,25	Rojo
Mala	0,26-0,50	Naranja
Regular	0,51-0,70	Amarillo
Aceptable	0,71-0,90	Verde
Buena	0,91-1,00	Azul

(Castro et al, 2014)

1.1.4. Índice de calidad de agua para corrientes superficiales (ICACOSU): este índice tiene en cuenta características ambientales de la columna de agua pero no eventos físicos trascendentes. (IDEAM, 2007b) Su cálculo emplea los parámetros: oxígeno disuelto, sólidos totales en suspensión, demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno, conductividad eléctrica, coliformes fecales, fósforo y pH. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010) Este índice se calcula a partir de la siguiente formula:

$$ICACOSU_g = ICACOSU_{fa} * 0,8 + ILGAC * 0,2 \quad (\text{IDEAM, 2007b})$$

Donde:

ICACOSU_g: índice de calidad del agua para corrientes superficiales general.

ICACOSU_{fa}: índice agregado de calidad fisicoquímica para las mismas corrientes.

ILGAC: índice lótico de capacidad ambiental general et al, 2010)

Este valor se calcula con la fórmula:

$$ILGAC = 0,333 * \text{Log}(\text{Caudal}) \quad (\text{IDEAM, 2007b})$$

El caudal se incluye en este índice porque de él depende la capacidad de la corriente para asimilar contaminantes y autorecuperarse. Según el caudal, las corrientes se clasifican según el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Índice lótico de capacidad ambiental general.

Caudal m3/s	ILGAC	Capacidad ambiental
<1	0	Muy baja
>1-10	0-0,333	Baja
>10-100	0,333-0,666	Media
>100-1000	0,666-1	Alta
>1000	1	Muy alta

Anexo 2. Derechos de autor libro Limnología Colombiana (Ramírez & Viña, 1998)

ICACOSU_{fa}: para determinarlo se deben calcular los subíndices respectivos para cada parámetro, sin embargo, los subíndices para oxígeno disuelto, sólidos suspendidos totales, conductividad y pH emplean las mismas fórmulas que los subíndices de los ICA's según el ENA 2014. De otra parte, los subíndices para coliformes fecales, DBO₅ y DQO utilizan las siguientes formula:

Subíndice de coliformes fecales:

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } CF < \frac{50}{100} \text{ mL, entonces } I_{CF} = 0,98 \\
 &\text{Si } \frac{50}{100} \text{ mL} < CF < \frac{1600}{100} \text{ mL, entonces } I_{CF} = 0,98 * e^{((CF-50)*-9,917754E-4)} \\
 &\text{Si } CF > \frac{1600}{100} \text{ mL, entonces } I_{CF} = 0,10
 \end{aligned}$$

(IDEAM, 2007b) (IDEAM, 2007a)

Subíndice demanda bioquímica de oxígeno:

$$\begin{aligned}
 &\text{Si } DBO_5 < 2 \frac{mgO_2}{L}, \text{ entonces } I_{DBO_5} = 1 \\
 &\text{Si } 2 < DBO_5 < 30 \frac{mgO_2}{L} \text{ entonces } I_{DBO_5} = 1 * (-0,05 + 0,70 * \text{Log}10DBO_5) \\
 &\text{Si } DBO_5 > 30 \frac{mgO_2}{L}, \text{ entonces } I_{DBO_5} = 0
 \end{aligned}$$

(IDEAM, 2007b) (IDEAM, 2007a)

Subíndice demanda química de oxígeno:

$$I_{DQO} = \frac{(0,558 + 0,009 * DQO)^{\frac{-1}{0,1273}}}{100}$$

(IDEAM, 2007b) (IDEAM, 2007a)

Entonces, el ICACOSU_{fa} se calcula al multiplicar el resultado de cada subíndice con su respectivo factor de ponderación, para posteriormente sumar dichos resultados, como se evidencia en la siguiente formula:

$$ICACOSU_{fa} = \sum_{i=1}^n W_i * SI_i$$

(IDEAM, 2007b)

Donde:

W_i: factor de ponderación para cada variable.

SI_i: subíndice de cada variable.

Los factores de ponderación para cada subíndice se encuentran en el siguiente cuadro:






Cuadro 7. Factores de ponderación ICACOSU.

Variable	Unidades	Factor de ponderación
Oxígeno disuelto (OD)	% Saturación	0,20
Escherichia coli	NMP/100 ml	0,18
Sólidos en suspensión	mg/l	0,15
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg O ₂ /l	0,15
Demanda química de Oxígeno	mg O ₂ /l	0,12
Conductividad	μS/cm	0,12
pH	Unidades de pH	0,08

Anexo 2. Derechos de autor libro Limnología Colombiana (Ramírez & Viña, 1998)(IDEAM, 2007b)

El descriptor del resultado se puede representar por un color como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 8. Interpretación resultado ICACOSU.

Categoría	Rango	Escala de color
Muy Malo	0-0,25	
Malo	0,26-0,50	
Medio	0,51-0,70	
Bueno	0,71-0,90	
Excelente	0,91-1,00	

(IDEAM, 2007b)

1.1.5. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI): se calcula teniendo en cuenta el valor de la dureza, la conductividad (Restrepo, 2004) y la alcalinidad.(Ramírez et al., 1997) El resultado está en el rango de 0 a 1, donde

los valores cercanos a 1 reflejan una elevada contaminación por mineralización. (Cañas, 2013) La fórmula de cálculo es:

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

Donde:

$$\log_{10} * I_{Conductividad} = 3,26 + 1,34 * \log_{10} Conductividad \frac{\mu S}{cm}$$

$$I_{Conductividad} = 10^{\log_{10} * I_{Conductividad}}$$

Conductividades mayores a 270 $\mu S/cm$, tienen un índice de conductividad = 1

$$\log_{10} * I_{Dureza} = -9,09 + 4,40 * \log_{10} Dureza \frac{mg}{L}$$

$$I_{Dureza} = 10^{\log_{10} * I_{Dureza}}$$

Durezas mayores a 110 g/m^3 tienen $I_{Dureza}=1$ Durezas menores a 30 g/m^3 tienen $I_{Dureza}=0$

$$I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005 * Alcalinidad \frac{mg}{L}$$

$$I_{Alcalinidad} = -0,25 + 0,005 * 190 \frac{CaCO_3}{L} = 0,7$$

Alcalinidades mayores a 250 mg/l - g/m^3 tienen $I_{Alcalinidad}=1$

Alcalinidades menores a 50 mg/l - g/m^3 tienen $I_{Alcalinidad}=0$

1.1.6. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO): fue desarrollado por Ramírez, et al. (1998) a partir de estudios realizados en la industria petrolera para condiciones de ríos de Colombia. (Samboni et al., 2012) Emplea las siguientes variables: demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), coliformes totales y oxígeno disuelto, (CODECHOCO, 2014) las cuales recogen efectos distintos de contaminación orgánica. (Ramírez et al., 1997) La fórmula de cálculo es:

$$ICOMO = \frac{1}{3} * (I_{DBO} + I_{Coliformes} + I_{\%Oxigeno})$$

Donde:

$$I_{DBO} = -0,05 + 0,70 * \log_{10} DBO \frac{mg}{L}$$

DBO > 30 (mg/l)=1 DBO < 2 (mg/l)=0

$$I_{ColiformesTotales} = -1,44 + 0,56 * \log_{10} Col. Tot \frac{NMP}{100ml}$$

Coliformes totales > 20.000 /NMP/100 ml) =1 Coliformes totales < 500 /NMP/100 ml) =0

$$I_{oxigeno} = 1 - 0,01 * \%OD$$

Oxígenos (%) > a 100% tienen un $I_{oxigeno}$ de 0.

1.1.7. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS): se determina sólo de la concentración de sólidos suspendidos que hacen referencia a compuestos inorgánicos.(Ramírez et al., 1997). Su principal efecto en el agua es la reducción de la penetración de la luz y disminución en la fotosíntesis. (CENICAÑA, 2012) Se define entre un rango de 0 a 1(Velásquez, Jiménez, & Sepúlveda, 2007) y se calcula con la siguiente fórmula(Sias, 2014):

$$ICOSUS = -0,02 + 0,0003 * SST \frac{mg}{L}$$

Sólidos suspendidos > a 340 mg/l tienen un ICOSUS = 1

Sólidos suspendidos < a 10 mg/l tienen un ICOSUS = 0

1.1.8. Índice de contaminación trófico (ICOTRO): se determina al relacionar la concentración del fósforo total en mg/L con las siguientes condiciones:(Ramírez et al., 1997)

Cuadro 9. Indicador según concentración de fósforo.

Concentración	Categoría	Indicador
<0,01 mg/L	Oligotrófico	Azul
0,01-0,02 mg/L	Mesotrófico	Amarillo
0,02-1,00 mg/L	Eutrofia	Naranja
>1,00 mg/L	Hipereutrofia	Rojo

(Bustamante, Monsalve, & García, 2008)

Cuadro 10. Interpretación concentración de fósforo.

Nivel	Descripción
Oligotrofia	Se caracteriza por la baja presencia de algas y macrófitas.(Universidad de la República de Uruguay, n.d.) El nivel de contaminación por materia orgánica es bajo, por lo que el agua es transparente, el oxígeno disuelto es abundante y hay una limitada concentración de nutrientes y sustancias húmicas
Mesotrofia	Propiedad de las fuentes hídricas que contienen cantidades intermedias de nutrientes, (Vásquez et al., 2006) pero con altos niveles de materia orgánica, lo cual está soportado con un buen suministro de oxígeno.
Eutrofia	Alto nivel de nutrientes lo cual conlleva a gran cantidad de fitoplancton, asociado a una gran actividad humana, con un aporte de nutrientes importante.(RAPAL, 2010)
Hipereutrofia	Alta presencia de plantas y organismos que impiden el acceso de la luz dentro del cuerpo de agua, la cantidad de materia orgánica se dispara incrementando la demanda biológica de oxígeno y a su vez disminuyendo el porcentaje de oxígeno, esto genera condiciones de alta contaminación y degradación de la calidad del agua.(Cañas Arias, 2013)

1.1.9. Índice de contaminación por pH (ICOpH): con este índice se determina la incidencia del pH en el cuerpo hídrico, la fórmula es:(López et al., 2014)

$$ICOpH = \frac{e^{-31,08+3,45*pH}}{1 + e^{-31,08+3,45*pH}}$$

Si pH es menor a 7, entonces pH': 14 - pH y se reemplaza pH' en la fórmula anterior.(Ramírez et al., 1999).

Los ICO's manifiestan baja contaminación cuando el resultado se aproxima a cero y alta cuando se acerca a uno, en el siguiente cuadro se plasma la interpretación de los resultados de los ICO's:

Cuadro 11. Interpretación resultados de los ICO'S.

ICO	Contaminación	Color
0-0,2	Ninguna	Azul
>0,2-0,4	Baja	Verde
>0,4-0,6	Media	Amarillo
>0,6-0,8	Alta	Naranja
>0,8-1	Muy alta	Rojo

Ver Anexo 3. Derechos de autor revista CTyF.

(Ramírez et al., 1999)

1.2. DOCUMENTOS PROSPECTIVOS DEL ÁREA DE ESTUDIO. De los municipios de Sabana de Torres y Puerto Wilches, se encuentran documentos como: Plan de Saneamiento y manejo de vertimientos; Plan de ordenamiento y manejo de las subcuencas de las quebradas la Gómez, Santos Gutiérrez, Pescado, Islitas y Caño Peruétano; Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Sabana de Torres; Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Puerto Wilches; Ahorro y uso eficiente del agua de Sabana de Torres. De estos documentos se extrajeron las problemáticas relacionadas con el recurso hídrico, a continuación se presentan dichos aspectos:

1.2.1. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Sabana de Torres.

Las aguas residuales del municipio de Sabana de Torres se vierten en dos puntos a la quebrada la Puyana (La Palestina). El primero conocido como Comuneros que se ubica al lado de una invasión y no tiene ningún tratamiento, el segundo pasa por una planta de tratamiento ubicada en el barrio Unidos, donde posteriormente se descarga al cuerpo hídrico.

Las problemáticas identificadas en el PSMV del municipio de Sabana de Torres (ECOCIALT, 2014), se resumen en la siguiente tabla, de acuerdo a los objetivos específicos de la Política Nacional de Recurso Hídrico.

Cuadro 12. Problemas identificados en el PSMV de Sabana de Torres.

Objetivos	Problemas
Calidad	El manejo de las aguas residuales y lluvias genera grandes focos de contaminación a los caños y quebradas, aportando a la sedimentación y obstrucción de ríos y quebradas generando inundaciones, desvío de cauce y desbordamiento que afectan a la población.
Riesgo	El alcantarillado del sector urbano se ve afectado en los momentos de lluvias fuertes, generando rebose del agua residual y creando focos de insalubridad.
Fortalecimiento institucional	Inexistencia de control y supervisión por parte de las autoridades.

1.2.2. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Puerto Wilches.

Fue aprobado por la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, mediante la Resolución DGL N° 1087 de fecha 04 de noviembre de 2011. El vertimiento se realiza directamente en la ciénaga Yarirí y hay algunos vertimientos residenciales que van directamente al río Magdalena. El objetivo general del PSMV es lograr que la ciénaga Yarirí y el río Magdalena gocen de la calidad necesaria para sustentar los usos definidos por la Corporación Autónoma Regional de Santander CAS, a partir de la normativa actual vigente. (Durán, 2007) Las problemáticas identificadas en el PSMV se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Problemas PSMV de Puerto Wilches.

Objetivos	Problemas
Calidad	El sistema de alcantarillado no cuenta con sumideros para la escorrentía superficial. En el municipio hay una planta de tratamiento compuesta por dos unidades de tratamiento UASB, pero no se encuentra operando.
Riesgo	Las zonas donde no hay cobertura del servicio público de alcantarillado, vierten las aguas negras directamente a la Ciénaga Yarirí, situación que genera problemas de tipo ambiental, socioeconómico y de salud pública para la comunidad colindante. El vertimiento del matadero municipal se encuentra conectado a la red de alcantarillado local.

(Durán, 2007)

1.2.3. Plan de ordenamiento y manejo de las subcuencas de las quebradas la Gómez, Santos Gutiérrez, Pescado, Islitas y Caño Peruétano. Fue elaborado por el Cabildo Verde de Sabana de Torres. Las problemáticas identificadas en el POMCA se resumen en el siguiente cuadro, de acuerdo a los objetivos específicos de la Política Nacional de Recurso Hídrico.

Cuadro 14. Consolidado de problemáticas expuestas en el POMCA.

Objetivo	Problemas
Oferta	La biodiversidad faunística se está viendo afectada por las tasas exponenciales de degradación del hábitat, ocasionada principalmente por la potrerización para el pastoreo de ganado, las deforestaciones y quemas masivas para el establecimiento de cultivos de palma de aceite, la obtención inconsciente de madera, la pesca por trasmallos y el comercio ilegal de fauna silvestre. La fragmentación del hábitat y la contaminación de las fuentes de agua, son las principales variables antrópicas que están determinando la pérdida y extinción local de muchas de las especies de vertebrados. La pérdida de la cobertura vegetal disminuye la heterogeneidad espacial necesaria para que muchas especies puedan permanecer en ecosistemas determinados; la homogenización de los hábitats ocasiona que la diversidad disminuya y que algunas especies colonizadoras exterminen o desplacen a las nativas. Los potreros, la entresaca maderera, las quemas y el paquete tecnológico para el establecimiento de cultivos de palma, han llevado la cuenca que abastece al complejo cenagoso de Paredes a un estado de resiliencia

Objetivo	Problemas
	<p>negativa que indica que su recuperación a partir de bosques remanentes es poco probable o demasiado lenta.</p> <p>La destrucción de los hábitats de reproducción de muchas de las especies de reptiles de la región, ha diezariado algunas de las poblaciones ya que los individuos con dificultad encuentran sitios para el anidamiento, tal es el caso de aquellas especies que se reproducen en los bordes de las quebradas y humedales (en la actualidad ocupados por búfalos y vacas), en sitios con vegetación y pequeños bancos de arena.</p>
Demanda	La falta de agua en épocas de verano trae como consecuencia, la ausencia gradual de los volúmenes de la pesca, o el simple hecho de ver la transformación del agua (color, caudal) por causa de los ineficientes métodos de siembra y control de plagas de cultivos especialmente el cultivo de palma, que han ocasionado la pérdida de miles de hectáreas de bosques y el deterioro de fuentes de agua, desechos de las aguas negras o aguas servidas que provienen de las viviendas y que caen a los caños más cercanos, las quemas, el mal uso de las basuras, el deterioro de las quebradas por la extracción de arena y grava, entre otros.
Calidad	La contaminación por agroquímicos, la sedimentación de los humedales, la tala y la compactación del suelo del humedal por el ganado, ponen en riesgo la vida y presencia de los mamíferos relacionados con las fuentes de agua como las nutrias y el manatí.
Riesgo	Asociaciones de paleros y las empresas legalmente constituidas han impactado de manera dramática los cauces de quebradas y ríos, modificando la dinámica fluvial y generando erosión acelerada en orillas. Sin embargo la situación más preocupante es la sobrecarga de sedimentos en los cauces que provoca el ensanchamiento de cauces, la pérdida de biodiversidad en los cuerpos de agua y por su puesto afectaciones en la seguridad alimentaria de los pescadores de la región.
Fortalecimiento institucional	La falta de gestión de proyectos se debe en parte a las dificultades para detectar problemas desestructurados y tomar decisiones. Por lo general las Juntas de Acción Comunal, se enfrentan a problemas estructurados, es decir aquellos cuyas causas son tangibles, fáciles de detectar y comprender.

(Cabildo Verde de Sabana de Torres, 2008)

1.2.4. Esquema de ordenamiento territorial del municipio de Sabana de Torres. Las problemáticas identificadas en el EOT de Sabana de Torres se resumen en el siguiente cuadro, de acuerdo a los objetivos específicos de la Política Nacional de Recurso Hídrico.

Cuadro 15. Consolidado problemáticas Esquema de Ordenamiento Territorial Sabana de Torres.

Temas	Problemas
Oferta	En la zona rural, los suelos y el recurso hídrico están siendo contaminados por agroquímicos, especialmente en regiones en donde se asienta pasto mejorado, arroz y palma africana.
Demanda	La totalidad de corrientes de Sabana de Torres presentan una oferta hídrica que supera en cuantía a la demanda de sus habitantes, el municipio como muchos otros tiende a urbanizarse en su casco urbano principal, concentrando ahora ultimo casi el 50% de la población municipal aproximadamente. La mayor demanda se sitúa por ende en la cabecera municipal, la cual ha tenido que cambiar varias veces en su historia de

Temas	Problemas
	fuelle de abastecimiento, debido a los problemas de decrecimiento y contaminación de caudales hídricos.
Calidad	El sector rural, desprotegido de servicio básicos como son el agua potable, que es obtenida a través de bombeo y/o pozos profundos, sin garantizar su calidad para consumo y si son generadores de focos importantes de enfermedades.
Riesgo	Existen posibilidades de inundación debido al surcamiento central de especialmente dos de sus tres caños denominados: Argelia, El Progreso y Palestina que son los que manejan más caudal y a través de los cuales se produce un drenaje natural de aguas lluvia hacia la microcuenca de La Gómez.

(Alcaldía municipal de Sabana de Torres, 2003)

1.2.5. Plan básico de ordenamiento territorial del municipio de Puerto Wilches: Las problemáticas identificadas en el PBOT de Puerto Wilches se resumen en el siguiente cuadro, de acuerdo a los objetivos específicos de la Política Nacional de Recurso Hídrico.

Cuadro 16. Problemáticas expuestas en el PBOT de Puerto Wilches.

Objetivo	Problemas
Oferta	<p>Los caños y ríos que irrigan las ciénagas hoy en día están siendo taponados por la sedimentación y abundancia de macrófitas trayendo como consecuencia el no transporte de volúmenes de aguas adecuados para mantener los niveles de agua requeridos para la vida de los humedales.</p> <p>En la ciénaga Caimanes la intervención del hombre sobre la vegetación del área es considerable, pues se a suplantado la vegetación natural por los cultivos industriales y ganadería, con la consecuente deforestación de la mayor parte de las orillas y la pérdida de su biodiversidad.</p> <p>En la ciénaga el Colorado lo que fue el extenso espejo de agua se encuentra en su mayor parte cubierto por pastos y sedimentos. Al parecer, una descompensación en la interacción río Magdalena - ciénaga ocasiona la rápida sedimentación de este cuerpo.</p>
Demanda	Dada la topografía plana y plano-ondulada, prácticamente toda el agua de consumo humano de los caseríos y de la cabecera municipal proviene de aguas subterráneas que existen en ésta área. Los costos de bombeo inciden en el presupuesto municipal por ésta razón se recomienda hacer un estudio detallado de la quebrada Cristalina, con miras a tener un acueducto regional, o en su defecto un mantenimiento severo del control de contaminación en la Ciénaga de Paredes, para que mediante bombeo y un tratamiento económico supla la necesidad de un alto porcentaje de pobladores.
Calidad	En áreas del casco urbano de Puerto Wilches y en los centros poblados que no poseen los servicios públicos necesarios como el alcantarillado, se genera contaminación del agua y el suelo por la descarga directa de los vertimientos domésticos, generando focos de insalubridad severos que afectan la salud y el nivel de vida de los habitantes de éstos sectores.
Riesgo	La principal amenaza que presenta el municipio son las inundaciones las cuales generan problemas graves en la población de tipo socioeconómico además de enfermedades debido a la insalubridad.

Objetivo	Problemas
	Al sur del barrio El Arenal, se observa una intensa actividad erosiva en el orillal, la amenaza persiste con la agravante de que la zona afectada fue un antiguo cauce del Río Magdalena y en consecuencia la erodabilidad es muy alta. La ciénaga Yarirí está sujeta a inundaciones periódicas, esta, ha sido invadida por un cordón de asentamiento urbano, convirtiéndose en un área de alto riesgo de desastre y de insalubridad.

(FUNDEWILCHES, 2002)

1.2.6. Programa de ahorro y uso eficiente del agua de Sabana de Torres: las problemáticas identificadas en el AYUEDA de Sabana de Torres se resumen en el siguiente cuadro, de acuerdo a los objetivos específicos de la Política Nacional de Recurso Hídrico.

Cuadro 17. Consolidado de problemáticas AYUEDA Sabana de Torres.

Temas	Problemas
Oferta	En la zona rural se presenta contaminación por agroquímicos que están sufriendo los suelos y por ende el medio hídrico, en donde se asienta pasto mejorado, arroz y los cultivos recientes de palma africana. Las aguas subterráneas son la principal fuente de agua potable en este municipio.
Demanda	La demanda de servicios de saneamiento es insatisfecha desde hace décadas, ya que el promedio de población atendida con servicios de agua en las zonas urbanas es de 3 habitantes de cada 4 y 1 de cada 3 en las áreas rurales. Toda esta situación se agrava por la escasa disponibilidad de recursos financieros e hídricos, que hacen menos posible el atender la demanda actual. La mayor demanda hídrica se sitúa por ende en la Cabecera Municipal, la cual ha tenido que cambiar varias veces en su historia de fuente de abastecimiento, debido a los problemas de decrecimiento y contaminación de caudales hídricos.
Calidad	El agua de consumo no siempre cumple con los requisitos de calidad que reduzcan al mínimo los riesgos para la Salud. La inexistencia de control y supervisión del alcantarillado del sector urbano, hace que el manejo de las aguas residuales y lluvias genere grandes focos de contaminación a los caños y quebradas, aportando a la sedimentación y obstrucción de ríos y quebradas generando inundaciones, desvío de cauce y desbordamiento que afectan a la población.

(ESPUSATO, 2009)

2 METODOLOGÍA UTILIZADA.

2.1. LOCALIZACIÓN: La quebrada la Gómez se encuentra al norte del departamento de Santander, en la provincia de Mares. Su área de influencia hace parte en un 66,74% del municipio de Sabana de Torres y un 33,26% de Puerto Wilches. Tiene una longitud de 45,69 km y su subzona hidrográfica tiene una extensión de 547 km², desemboca en la Ciénaga de Paredes, ecosistema estratégico donde habita el Manatí Antillano (*Trichechus Manatus*)(Mojica et al., 2014), esta se drena a través de Caño Peruétano, el cual llega al río Lebrija y posteriormente este desemboca en el río Magdalena. La Gómez tiene siete quebradas tributarias principales que son: Santa Helena, Sogamocito, Cristalina, la quebrada Peralonso, San Isidro, la Mojahuevos y la Puyana. (Cabildo Verde de Sabana de Torres, 2008)

Mapa 1. Localización área de estudio.



2.2. DETERMINACIÓN DE VARIABLES PARA CÁLCULO DE ÍNDICES: Se identificaron los criterios para realizar el cálculo de cada índice y los parámetros fisicoquímicos requeridos para cada uno, estos se muestran en el siguiente cuadro:

Cuadro 18. Parámetros requeridos para cada índice.

Parámetros	Índices de calidad				Índices de contaminación				
	NSF	ENA 2010	ENA 2014	ICACOS U	ICOMI	ICOM O	ICOSU S	ICOTR O	ICOp H
Oxígeno disuelto %	X	X	X	X		X			
Coliformes fecales	X			X					
pH	X	X	X	X					X
DBO	X			X		X			
Nitratos	X								
Fosfatos	X								
Temperatura	X								
Turbiedad	X								
Sólidos totales	X								
Sólidos suspendidos		X	X	X			X		
DQO		X		X					
Conductividad eléctrica		X	X	X	X				
Nitrógeno total			X						
Fósforo total			X					X	
Dureza					X				
Alcalinidad					X				
Coliformes totales						X			
Caudal				X					

2.3. PLAN DE MONITOREO Y CRITERIOS PARA SELECCIONAR PUNTOS: Se elaboró un plan donde se establecieron treinta puntos de monitoreo, también se definieron cuatro campañas, dos en época de lluvias (12-18 de abril 2015 y 12-18 de julio 2015) y dos en época de sequía (8-14 de noviembre de 2015 y 17-23 de enero 2016) durante un año hidrológico. Además las muestras se analizaron en los laboratorios CEIAM, ANTEK, SGS y SIAMA, que tienen todos los parámetros requeridos acreditados por el IDEAM.

Para la selección de los puntos de monitoreo se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Ubicación de puntos en la corriente principal antes y después de impactos al recurso hídrico por actividades humanas.
- Ubicación de puntos antes y después de descargas de vertimientos.
- Ubicación 100 metros antes y después de la desembocadura de cada uno de los tributarios principales.

- Ubicación de puntos antes y después del cruce con ductos para el transporte de hidrocarburos.
- Ubicación de puntos a la salida de la ciénaga.
- Ubicación de puntos en la entrada del cauce principal y los tributarios de la ciénaga de Paredes.
- Facilidad de acceso y seguridad.
- Representatividad, que el punto de monitoreo se ubique en un lugar que tenga un flujo regular, que permita el aforo y de ser posible tenga una referencia para su futura ubicación. (OMS, n.d.).

Los puntos de monitoreo fueron los siguientes:

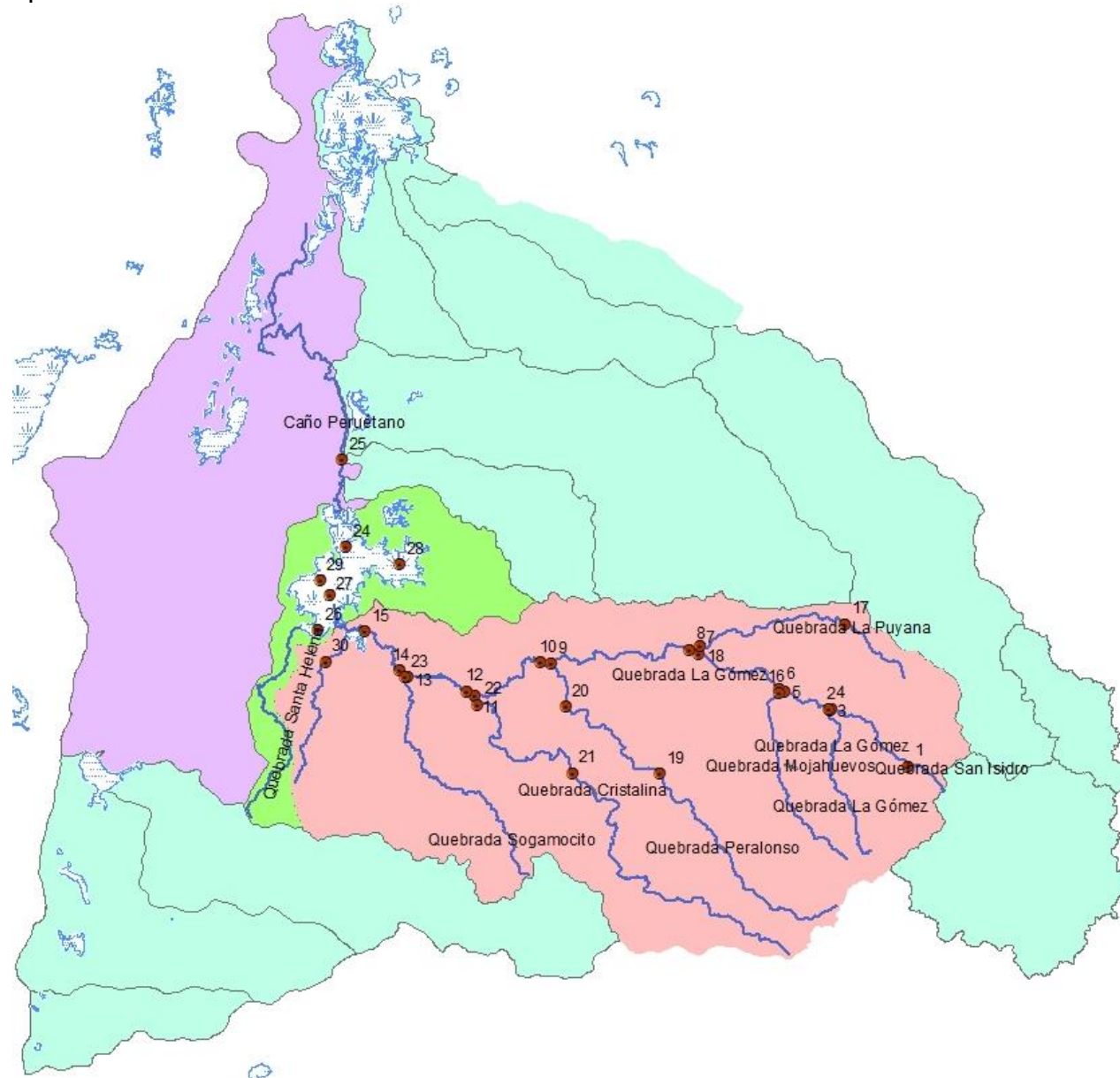
Cuadro 19. Listado puntos de monitoreo.

PUNTO	Descripción	Coordenadas	
		X	Y
1	Quebrada San Isidro parte alta	1304532	1062034
2	Quebrada San isidro antes de la confluencia con la quebrada La Gómez	1308371	1058405
3	Quebrada La Gómez antes de la quebrada San Isidro	1308344	1058317
4	Quebrada La Gómez después de la unión de la quebrada San Isidro	1308395	1058325
5	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Mojahuevos	1309324	1055852
6	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Mojahuevos	1309369	1055760
7	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Puyana	1311287	1051467
8	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada la Puyana	1311374	1051317
9	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Peralonso	1310661	1044194
10	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Peralonso	1310756	1043627
11	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Cristalina	1309079	1040289
12	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Cristalina	1309167	1040046
13	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Sogamocito	1310081	1036735
14	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Sogamocito	1310361	1036532
15	Quebrada la Gómez antes de la llegada de la quebrada Santa Helena	1312452	1034340
16	Quebrada Mojahuevos antes de la quebrada la Gómez	1309262	1055734
17	Quebrada la Puyana intermedia sobre la vía Nacional	1312684	1059012
18	Quebrada la Puyana antes de la unión con la quebrada la Gómez	1311308	1051499
19	Quebrada Peralonso intermedio	1305144	1049658
20	Quebrada Peralonso antes de la quebrada la Gómez	1308539	1044897
21	Quebrada Cristalina intermedio	1305162	1045247
22	Quebrada Cristalina antes de la unión con la quebrada la Gómez	1308620	1040468
23	Quebrada Sogamocito antes de la quebrada la Gómez	1310008	1036754
24	Inicio Caño Peruétano - salida de la Ciénaga de Paredes	1316587	1033831
25	Caño peruétano frente al caserío El Cerrito	1320978	1033633

PUN TO	Descripción	Coordenadas	
		X	Y
26	Ciénaga llegada de la quebrada Champan	1312378	1032399
27	Ciénaga de Paredes sector Comederos 1	1313818	1032692
28	Ciénaga de Paredes sector Comederos 2	1316273	1036830
29	Ciénaga de Paredes llegada de la quebrada la Hoya	1314595	1031544
30	Quebrada la Gómez llegada a la Ciénaga de Paredes después de la Santa Helena	1312538	1033577

Los puntos de monitoreo se distribuyen a través del área de estudio, como se muestra en la siguiente figura:

Mapa 2. Ubicación puntos de monitoreo en el área de estudio.



2.4. DETERMINACIÓN DE CONDICIONES AMBIENTALES: Se realizó verificación en campo de las condiciones ambientales que rodean la quebrada la Gómez y los procesos industriales que se desarrollan en el área de influencia.

2.5. DETERMINACIÓN DE ÍNDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN: Se organizaron los datos fisicoquímicos aportados por el grupo GEASID de UNISANGIL; luego se realizaron los respectivos cálculos de los índices de calidad y contaminación asociados a las secciones del cauce donde fueron tomados, utilizando matrices diseñadas en Excel (Anexo 4. Plantilla cálculo de índices) y se realizó su respectivo análisis, teniendo en cuenta las actividades socioeconómicas que se desarrollan en la región.

2.6. PRUEBAS ESTADÍSTICAS ANOVA Y TUKEY. Se aplicaron las pruebas estadísticas ANOVA y Tukey con un nivel de significancia del 5% y 95% de confiabilidad, para establecer si entre una y otra campaña existen diferencias significativas. Esta última prueba se realizó para los índices ENA 2010, ENA 2014, ICOMI, ICOMO e ICOSUS, no se calculó para el ICOTRO y el ICOpH porque el valor calculado con el método ANOVA para la probabilidad fue superior al 5% de significancia, de esto se obtuvo que:

2.7. IDENTIFICACIÓN DE ZONAS DE RIESGO: Se determinaron los sitios donde se presentan las condiciones críticas de calidad de agua y que pueden afectar la vida de las personas que la usan, tanto por cada uno de los índices (elaborando un mapa) como por cada campaña de monitoreo. El riesgo fue clasificado de acuerdo al resultado de cada uno de los índices así:

Cuadro 20. Categorías clasificación de riesgo.

Tipo de riesgo	Color
Ninguno	Blue
Bajo	Green
Medio	Yellow
Alto	Orange
Muy alto	Red

2.8. FORMULACIÓN USOS DEL RECURSO HÍDRICO: Se analizaron los datos obtenidos con información de los documentos prospectivos (referente teórico), el decreto 1594 de 1984 y la resolución 2115 de 2007.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. VERIFICACIÓN EN CAMPO DE LAS CONDICIONES AMBIENTALES.

Las principales actividades económicas de la zona estudiada son: ganadería (búfalos), la extracción de hidrocarburos y el cultivo de palma africana, este último ha generado fuertes reemplazos de coberturas boscosas y alta presión sobre las orillas de las fuentes hídricas. De la verificación en campo se obtuvo:

Observación: Presencia de cultivo de palma africana a orilla de la quebrada la Gómez, sin conservación de márgenes protectoras.

Registro fotográfico 1. Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Cristalina.



Observación: los registros fotográficos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 muestran la falta de vegetación protectora a orillas de la quebrada la Gómez y algunos de sus tributarios.

Registro fotográfico 2. Quebrada Peralonso intermedio.



Registro fotográfico 3. Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Mojahuevos.



Registro fotográfico 4. Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Peralonso.



Registro fotográfico 6. Quebrada Mojahuevos antes de la unión con la quebrada la Gómez.



Registro fotográfico 5. Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Sogamocito.

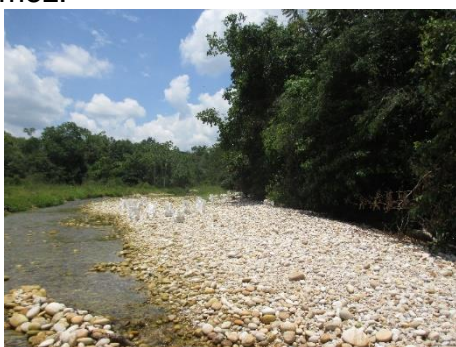


Registro fotográfico 7. Quebrada la Gómez después de la quebrada Peralonso.



Observación: el registro fotográfico 8 y 9 muestra actividades de extracción de material de arrastre sobre la quebrada la Gómez, tributaria de la Gómez.

Registro fotográfico 8. Extracción material de arrastre en la quebrada la Gómez.



Registro fotográfico 9. Material de arrastre extraído de la quebrada la Gómez.

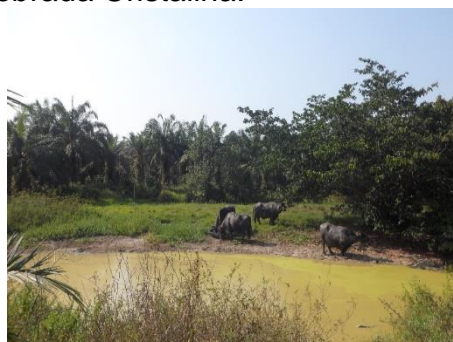


Observación: el registro 10 y 11 muestra la presencia de búfalos a orilla de la Ciénaga de Paredes y de la quebrada la Gómez.

Registro fotográfico 10. Ciénaga de Paredes.



Registro fotográfico 11. Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Cristalina.



Observación: Almacenamiento de fertilizantes y abonos químicos para cultivo de palma en predio cercano a la Ciénaga de Paredes.

Registro fotográfico 12. Fertilizantes y abonos químicos para cultivo de palma.



Observación: Paso de maquinaria sobre la quebrada la Gómez.

Observación: Trasmallo en finca cercana a la Ciénaga de Paredes.

Registro fotográfico 13. Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Puyana.



Registro fotográfico 14. Trasmallo en predio cercano a la Ciénaga de Paredes.



3.2. ANÁLISIS RESULTADOS ÍNDICES DE CALIDAD Y CONTAMINACIÓN DEL AGUA. Para la primera y segunda campaña de monitoreo no se pudo calcular el ICA NSF, pues no se obtuvieron datos de turbiedad, variable fundamental para realizar la estimación de este índice. Además, no se pudo calcular ningún índice para los puntos 9 y 30 de la primera campaña, ya que no pudieron ser monitoreados por el difícil acceso a la zona en época de lluvias.

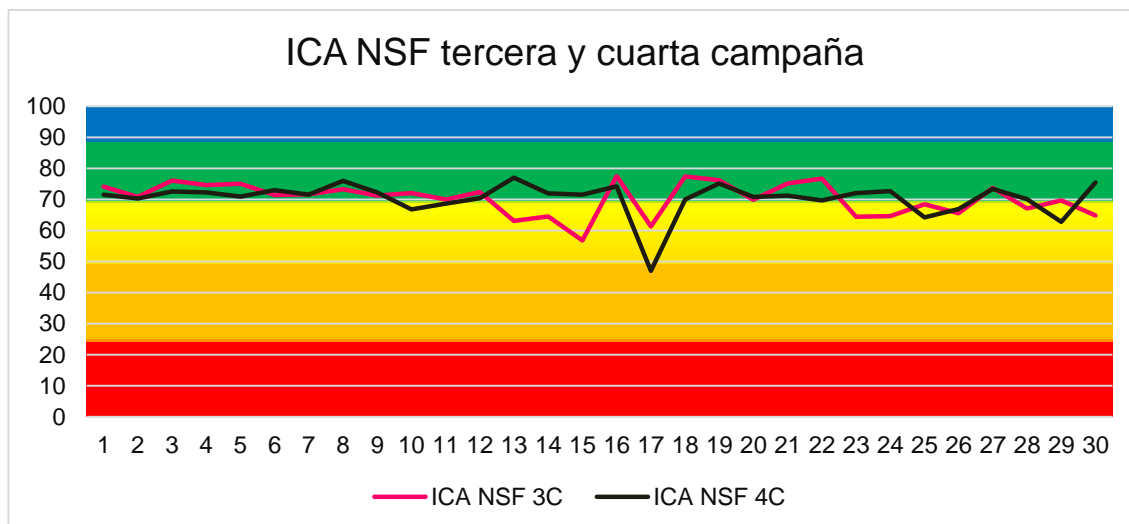
3.2.1. Índice de calidad de agua según la NSF. Los resultados del ICA NSF muestran que en ningún punto de la quebrada la Gómez la calidad del agua es excelente, en la mayoría es buena y media, sin embargo en la zona intermedia de su tributario la Puyana la calidad es mala, esto se debe a la descarga aguas arriba de los vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres, de los cuales uno cuenta con sistema de tratamiento.

Cuadro 21. ICA de la NSF.

Punto	Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua
1	74,1	Buena	71,50	Buena
2	70,8	Media	70,25	Media
3	76,0	Buena	72,57	Buena
4	74,6	Buena	72,19	Buena
5	75,1	Buena	70,85	Media
6	71,4	Buena	73,01	Buena
7	71,6	Buena	71,53	Buena
8	73,2	Buena	75,95	Buena
9	71,2	Buena	72,23	Buena
10	72,0	Buena	66,77	Media
11	69,9	Media	68,60	Media
12	72,3	Buena	70,42	Media
13	63,1	Media	76,93	Buena
14	64,5	Media	71,94	Buena
15	56,7	Media	71,56	Buena
16	77,5	Buena	74,23	Buena
17	61,4	Media	47,03	Mala
18	77,4	Buena	69,98	Media
19	76,2	Buena	75,14	Buena
20	69,8	Media	70,80	Media
21	75,1	Buena	71,21	Buena
22	76,7	Buena	69,65	Media
23	64,4	Media	72,07	Buena
24	64,6	Media	72,61	Buena
25	68,4	Media	64,24	Media
26	65,6	Media	66,90	Media
27	73,7	Buena	73,38	Buena
28	67,1	Media	70,05	Media
29	69,7	Media	62,76	Media
30	64,9	Media	75,42	Buena

La siguiente gráfica muestra los resultados de las dos campañas, donde ambas curvas no reflejan mayor diferencia entre los resultados.

Gráfica 1. ICA NSF tercera y cuarta campaña.



3.2.2. Índice de calidad de agua según ENA 2010. En la primera y segunda campaña sobresalen los puntos donde la calidad es regular, esto se debe a que los resultados de laboratorio para sólidos suspendidos totales y conductividad son elevados, esto se produce por el aumento de material transportado por la escorrentía superficial directa generada en el periodo de lluvias. Para la tercera y cuarta campaña se obtuvieron resultados de calidad aceptable e incluso puntos donde es buena, esto ocurre porque los resultados de laboratorio en cuanto a sólidos y conductividad fueron mucho menores y no reflejan problemas en las corrientes estudiadas.

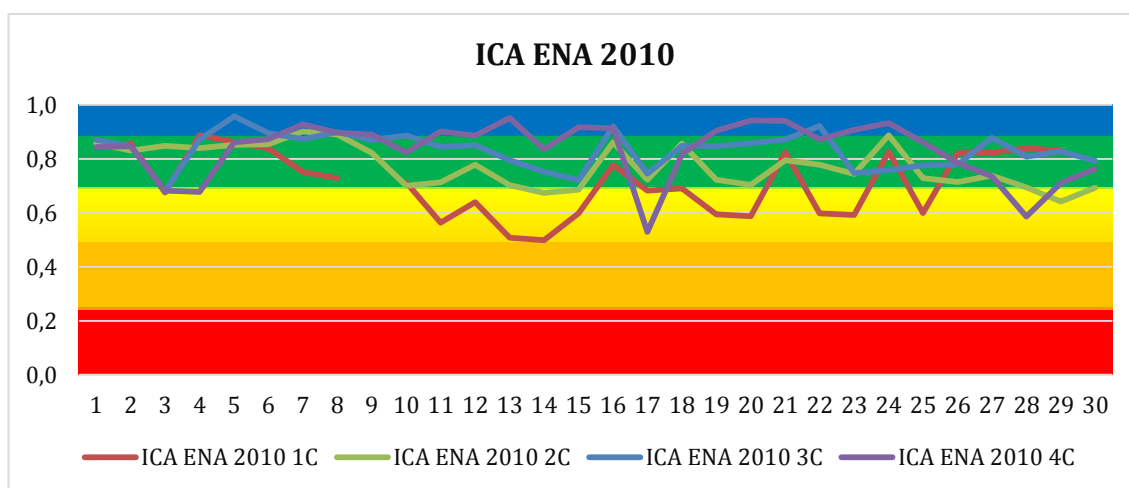
Cuadro 22. ICA según ENA 2010.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua
1	0,85	Aceptable	0,86	Aceptable	0,87	Aceptable	0,84	Aceptable
2	0,86	Aceptable	0,83	Aceptable	0,85	Aceptable	0,85	Aceptable
3	0,68	Regular	0,85	Aceptable	0,68	Regular	0,68	Regular
4	0,89	Aceptable	0,84	Aceptable	0,87	Aceptable	0,68	Regular
5	0,86	Aceptable	0,85	Aceptable	0,96	Bueno	0,86	Aceptable
6	0,84	Aceptable	0,85	Aceptable	0,90	Aceptable	0,87	Aceptable
7	0,75	Aceptable	0,90	Aceptable	0,87	Aceptable	0,93	Bueno
8	0,73	Aceptable	0,89	Aceptable	0,90	Aceptable	0,90	Aceptable
9			0,82	Aceptable	0,87	Aceptable	0,89	Aceptable
10	0,71	Aceptable	0,70	Regular	0,89	Aceptable	0,82	Aceptable
11	0,56	Regular	0,71	Aceptable	0,84	Aceptable	0,90	Aceptable
12	0,64	Regular	0,78	Aceptable	0,85	Aceptable	0,89	Aceptable
13	0,51	Regular	0,70	Regular	0,79	Aceptable	0,95	Bueno

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua
14	0,50	Malo	0,67	Regular	0,75	Aceptable	0,83	Aceptable
15	0,60	Regular	0,69	Regular	0,72	Aceptable	0,92	Bueno
16	0,78	Aceptable	0,86	Aceptable	0,92	Bueno	0,91	Bueno
17	0,68	Regular	0,72	Aceptable	0,74	Aceptable	0,53	Regular
18	0,69	Regular	0,86	Aceptable	0,85	Aceptable	0,82	Aceptable
19	0,59	Regular	0,72	Aceptable	0,85	Aceptable	0,90	Aceptable
20	0,59	Regular	0,70	Regular	0,86	Aceptable	0,94	Bueno
21	0,82	Aceptable	0,80	Aceptable	0,87	Aceptable	0,94	Bueno
22	0,60	Regular	0,78	Aceptable	0,92	Bueno	0,87	Aceptable
23	0,59	Regular	0,74	Aceptable	0,75	Aceptable	0,91	Aceptable
24	0,83	Aceptable	0,89	Aceptable	0,76	Aceptable	0,93	Bueno
25	0,60	Regular	0,73	Aceptable	0,78	Aceptable	0,86	Aceptable
26	0,82	Aceptable	0,71	Aceptable	0,78	Aceptable	0,78	Aceptable
27	0,82	Aceptable	0,74	Aceptable	0,88	Aceptable	0,74	Aceptable
28	0,84	Aceptable	0,69	Regular	0,81	Aceptable	0,59	Regular
29	0,83	Aceptable	0,64	Regular	0,83	Aceptable	0,71	Aceptable
30			0,69	Regular	0,79	Aceptable	0,76	Aceptable

La siguiente grafica muestra las variaciones de este ICA durante el año hidrológico, donde se hace evidente la pérdida de calidad del recurso hídrico en épocas de lluvia.

Gráfica 2. Variación del ICA según ENA 2010.



3.2.3. Índice de calidad de agua según ENA 2014. En la primera campaña la calidad del agua es regular en 16 de los puntos evaluados, esto se debe a la presencia de una mayor cantidad de sólidos suspendidos totales y conductividad, adicionalmente los valores de nitrógeno total son superiores a los valores de los otros puntos. En los puntos 11, 13 y 14 la calidad es mala, puesto que para el primer punto mencionado la DQO es mayor y para los otros dos

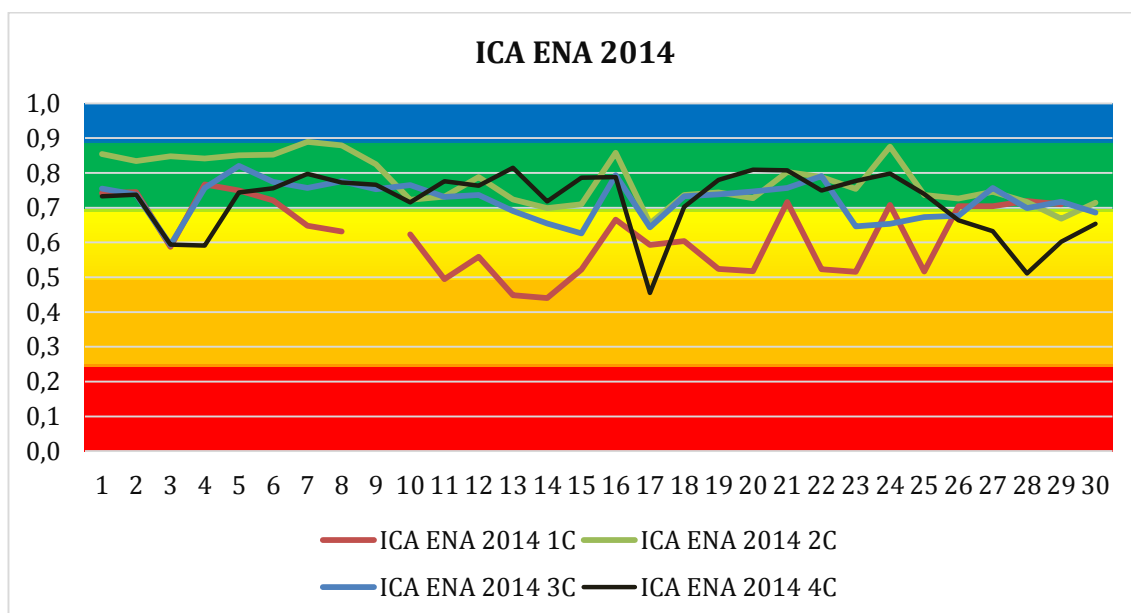
puntos el porcentaje de saturación de oxígeno es menor comparado con los otros puntos.

Para la segunda campaña, en general la calidad del agua es aceptable y para las campañas restantes los valores de fósforo total reflejan contaminación por materia orgánica en los puntos donde el agua es regular. La siguiente gráfica muestra la variación de los resultados de este ICA en las cuatro campañas de monitoreo, donde al igual que para el ICA ENA 2010, la primera campaña presentó una calidad de agua inferior a las demás.

Cuadro 23. ICA según ENA 2014.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua	ICA	Calidad del agua
1	0,74	Aceptable	0,85	Aceptable	0,75	Aceptable	0,73	Aceptable
2	0,74	Aceptable	0,83	Aceptable	0,74	Aceptable	0,74	Aceptable
3	0,59	Regular	0,85	Aceptable	0,59	Regular	0,59	Regular
4	0,77	Aceptable	0,84	Aceptable	0,76	Aceptable	0,59	Regular
5	0,75	Aceptable	0,85	Aceptable	0,82	Aceptable	0,74	Aceptable
6	0,72	Aceptable	0,85	Aceptable	0,77	Aceptable	0,76	Aceptable
7	0,65	Regular	0,89	Aceptable	0,76	Aceptable	0,80	Aceptable
8	0,63	Regular	0,88	Aceptable	0,78	Aceptable	0,77	Aceptable
9			0,82	Aceptable	0,75	Aceptable	0,77	Aceptable
10	0,62	Regular	0,72	Aceptable	0,76	Aceptable	0,72	Aceptable
11	0,49	Malo	0,73	Aceptable	0,73	Aceptable	0,78	Aceptable
12	0,56	Regular	0,79	Aceptable	0,74	Aceptable	0,76	Aceptable
13	0,45	Malo	0,72	Aceptable	0,69	Regular	0,81	Aceptable
14	0,44	Malo	0,70	Regular	0,65	Regular	0,72	Aceptable
15	0,52	Regular	0,71	Aceptable	0,63	Regular	0,79	Aceptable
16	0,67	Regular	0,86	Aceptable	0,79	Aceptable	0,79	Aceptable
17	0,59	Regular	0,65	Regular	0,64	Regular	0,46	Malo
18	0,60	Regular	0,74	Aceptable	0,73	Aceptable	0,70	Regular
19	0,52	Regular	0,74	Aceptable	0,74	Aceptable	0,78	Aceptable
20	0,52	Regular	0,73	Aceptable	0,75	Aceptable	0,81	Aceptable
21	0,72	Aceptable	0,80	Aceptable	0,76	Aceptable	0,81	Aceptable
22	0,52	Regular	0,79	Aceptable	0,79	Aceptable	0,75	Aceptable
23	0,52	Regular	0,75	Aceptable	0,65	Regular	0,78	Aceptable
24	0,71	Aceptable	0,88	Aceptable	0,65	Regular	0,80	Aceptable
25	0,52	Regular	0,74	Aceptable	0,67	Regular	0,74	Aceptable
26	0,70	Regular	0,73	Aceptable	0,68	Regular	0,66	Regular
27	0,70	Regular	0,75	Aceptable	0,76	Aceptable	0,63	Regular
28	0,72	Aceptable	0,72	Aceptable	0,70	Regular	0,51	Regular
29	0,71	Aceptable	0,67	Regular	0,72	Aceptable	0,60	Regular
30			0,71	Aceptable	0,69	Regular	0,65	Regular

Gráfica 3. Variación del ICA según ENA 2014.



3.2.4. Índice de calidad de agua para corrientes superficiales (ICACOSU).

Este índice se calculó para la cuarta campaña, ya que solo se obtuvieron los caudales de esta, en las otras no se pudieron medir por factores climáticos al momento del monitoreo. Los puntos del sistema lenticó, no se tienen en cuenta para este índice por la complejidad para medir el caudal en cada punto. En todos los sitios el caudal no sobrepasa los 10 m³/s, por tanto la capacidad ambiental para asimilar contaminantes y autorecuperarse en algunas zonas es baja y en otros muy baja. En general, la calidad del agua es media y mala, solo en los puntos 13 y 24 es buena.

Cuadro 24. ICACOSU cuarta campaña de monitoreo.

ID	ICACOSU	Calidad del agua	ID	ICACOSU	Calidad del agua
1	0,54	Medio	16	0,49	Malo
2	0,46	Malo	17	0,31	Malo
3	0,32	Malo	18	0,45	Malo
4	0,34	Malo	19	0,64	Medio
5	0,48	Malo	20	0,54	Medio
6	0,65	Medio	21	0,54	Medio
7	0,53	Medio	22	0,49	Malo
8	0,66	Medio	23	0,50	Malo
9	0,53	Medio	24	0,73	Bueno
10	0,52	Medio	25	0,55	Medio
11	0,57	Medio	26		
12	0,55	Medio	27		
13	0,72	Bueno	28		
14	0,48	Malo	29		
15	0,57	Medio	30	0,58	Medio

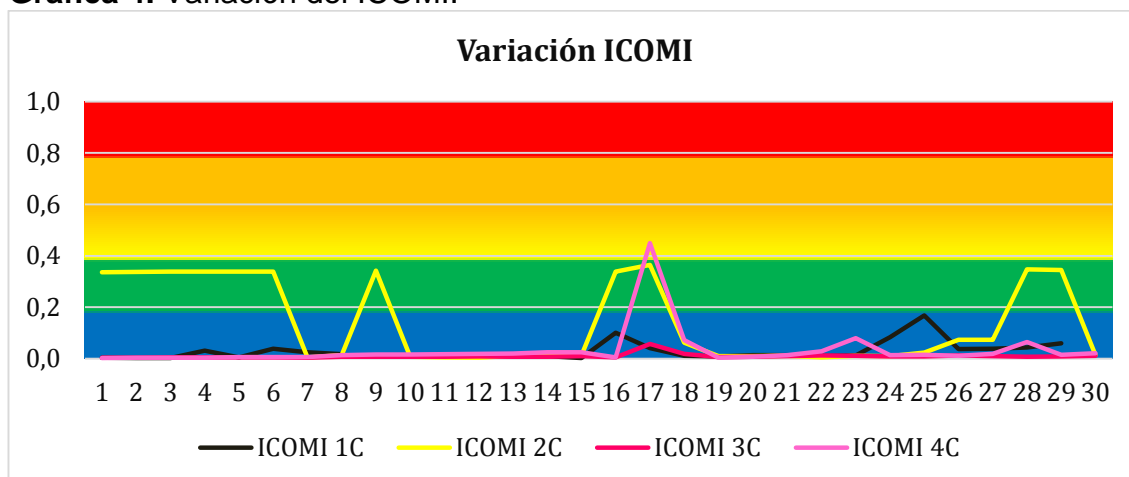
3.2.5. Índice de contaminación por mineralización (ICOMI). Los resultados obtenidos para las campañas uno y tres indican que en ninguno de los puntos existe contaminación por minerales presentes en el agua. Para la segunda campaña los puntos donde la contaminación es baja se debe a valores elevados en la dureza, esto indica que hay mayor presencia de cationes de calcio y magnesio. En la última campaña se obtuvo para el punto 17 un grado medio de contaminación, a causa de una conductividad de 377 uS/cm y una alcalinidad de 119 mg CaCO₃/L.

Cuadro 25. ICOMI.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOMI	Grado de contam.	ICOMI	Grado de contam	ICOMI	Grado de contam	ICOMI	Grado de contam
1	0,00	Ninguna	0,34	Baja	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
2	0,00	Ninguna	0,34	Baja	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
3	0,00	Ninguna	0,34	Baja	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
4	0,03	Ninguna	0,34	Baja	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
5	0,01	Ninguna	0,34	Baja	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
6	0,04	Ninguna	0,34	Baja	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
7	0,03	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna
8	0,02	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
9			0,34	Baja	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
10	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
11	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
12	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
13	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
14	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,03	Ninguna
15	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,03	Ninguna
16	0,10	Ninguna	0,34	Baja	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
17	0,04	Ninguna	0,36	Baja	0,06	Ninguna	0,45	Media
18	0,01	Ninguna	0,06	Ninguna	0,02	Ninguna	0,07	Ninguna
19	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
20	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
21	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
22	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,03	Ninguna
23	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,08	Ninguna
24	0,08	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
25	0,17	Ninguna	0,02	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
26	0,04	Ninguna	0,07	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
27	0,04	Ninguna	0,07	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
28	0,04	Ninguna	0,35	Baja	0,01	Ninguna	0,07	Ninguna
29	0,06	Ninguna	0,35	Baja	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna
30			0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna

La siguiente gráfica representa las variaciones del ICOMI durante las cuatro campañas y muestra mayores niveles de contaminación por mineralización durante la segunda campaña.

Gráfica 4. Variación del ICOMI.



3.2.6. Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO). En la primera campaña predominó la ausencia de contaminación por materia orgánica, en esta, para los puntos 12 y 22 el grado de contaminación bajo fue por coliformes totales y en el punto 17 se obtuvo el mismo resultado por un porcentaje de saturación de oxígeno de 45,9%, en el punto 25 esta variable fue de 8%, por lo cual el grado de contaminación fue medio. Durante la segunda campaña en 24 puntos no hubo contaminación, mientras que en los puntos 13, 14, 15, 17, 28 y 30 el valor fue de bajo por valores de saturación de oxígeno menores al 42%.

En la tercera campaña se obtuvo en el punto 15 una contaminación por materia orgánica alta. En el punto 17 y 20 fue media por valores de coliformes totales de 1600 NMP/100ml, en los puntos 5, 9, 13, 14, 18, 23, 25, 26, 28, 29 y 30 fue baja por coliformes totales superiores a 900 NMP/100 ml o por porcentajes de saturación inferiores a 65%, en los demás puntos, no se presentó este tipo de contaminación.

En la última campaña los puntos 17 y 18 presentaron un grado medio de contaminación, el primero por un porcentaje de saturación de oxígeno de 13,85% y el otro por coliformes totales de 9200 NMP/100 ml. Los puntos 5, 9, 10, 11, 13, 14, 20, 21, 22, y 23 por valores de coliformes superiores a 1700 NMP/100 ml arrojaron una contaminación baja al igual que el punto 25 donde se debió a un porcentaje de saturación de 60,51%

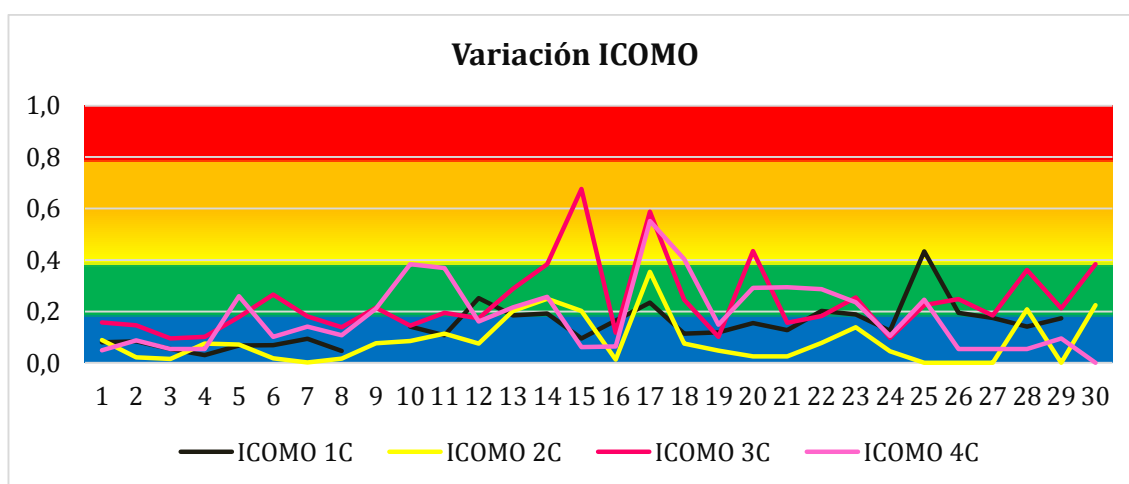
Cuadro 26. ICOMO.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOMO	Grado de contam.	ICOMO	Grado de contam.	ICOMO	Grado de contam.	ICOMO	Grado de contam.
1	0,08	Ninguna	0,09	Ninguna	0,16	Ninguna	0,05	Ninguna
2	0,08	Ninguna	0,02	Ninguna	0,15	Ninguna	0,09	Ninguna
3	0,05	Ninguna	0,02	Ninguna	0,09	Ninguna	0,05	Ninguna
4	0,03	Ninguna	0,07	Ninguna	0,10	Ninguna	0,05	Ninguna
5	0,07	Ninguna	0,07	Ninguna	0,18	Ninguna	0,26	Baja

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOMO	Grado de contam.	ICOMO	Grado de contam.	ICOMO	Grado de contam.	ICOMO	Grado de contam.
6	0,07	Ninguna	0,02	Ninguna	0,26	Baja	0,10	Ninguna
7	0,09	Ninguna	0,00	Ninguna	0,18	Ninguna	0,14	Ninguna
8	0,05	Ninguna	0,02	Ninguna	0,14	Ninguna	0,11	Ninguna
9			0,08	Ninguna	0,21	Baja	0,21	Baja
10	0,14	Ninguna	0,08	Ninguna	0,14	Ninguna	0,38	Baja
11	0,11	Ninguna	0,11	Ninguna	0,19	Ninguna	0,37	Baja
12	0,25	Baja	0,07	Ninguna	0,17	Ninguna	0,16	Ninguna
13	0,19	Ninguna	0,20	Baja	0,29	Baja	0,22	Baja
14	0,19	Ninguna	0,25	Baja	0,38	Baja	0,26	Baja
15	0,09	Ninguna	0,20	Baja	0,68	Alta	0,06	Ninguna
16	0,16	Ninguna	0,01	Ninguna	0,12	Ninguna	0,06	Ninguna
17	0,23	Baja	0,35	Baja	0,59	Media	0,55	Media
18	0,11	Ninguna	0,08	Ninguna	0,25	Baja	0,40	Media
19	0,12	Ninguna	0,05	Ninguna	0,10	Ninguna	0,15	Ninguna
20	0,15	Ninguna	0,02	Ninguna	0,43	Media	0,29	Baja
21	0,13	Ninguna	0,03	Ninguna	0,16	Ninguna	0,29	Baja
22	0,20	Baja	0,08	Ninguna	0,18	Ninguna	0,29	Baja
23	0,19	Ninguna	0,14	Ninguna	0,25	Baja	0,24	Baja
24	0,12	Ninguna	0,04	Ninguna	0,10	Ninguna	0,10	Ninguna
25	0,43	Media	0,00	Ninguna	0,22	Baja	0,25	Baja
26	0,19	Ninguna	0,00	Ninguna	0,25	Baja	0,05	Ninguna
27	0,17	Ninguna	0,00	Ninguna	0,18	Ninguna	0,05	Ninguna
28	0,14	Ninguna	0,21	Baja	0,36	Baja	0,05	Ninguna
29	0,17	Ninguna	0,00	Ninguna	0,21	Baja	0,09	Ninguna
30			0,22	Baja	0,38	Baja	0,00	Ninguna

A continuación se representa la variación del ICOMO durante las cuatro campañas de monitoreo, en esta se observa que los mayores valores por contaminación orgánica se presentaron en la tercera campaña, periodo de sequía.

Gráfica 5. Variación del ICOMO.



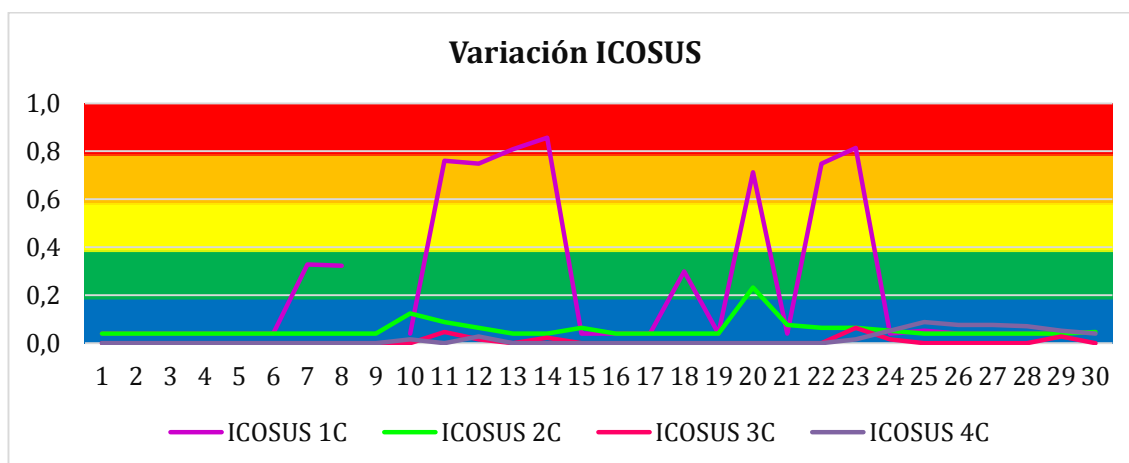
3.2.7. Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS). Los puntos 7, 8, 11, 12, 13, 14, 18, 20, 22 y 23 de la primera campaña presentaron algún grado de contaminación por sólidos suspendidos coincidiendo con puntos problema encontrados en el cálculo del ICA ENA 2014. En la segunda campaña presentó una contaminación baja el punto 20, los demás puntos no mostraron problemas por sólidos suspendidos, como tampoco durante la tercera y cuarta campaña. Estos resultados reflejan que la contaminación por sólidos suspendidos se genera en época de lluvias, donde se genera arrastre de material de cobertura del suelo (arcilla, limos, materia orgánica)(Ramírez & Viña, 1998) que posteriormente se sedimenta en la ciénaga.

Cuadro 27. ICOSUS.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOSUS	Grado de contam.	ICOSUS	Grado de contam.	ICOSUS	Grado de contam.	ICOSUS	Grado de contam.
1	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
2	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
3	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
4	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
5	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
6	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
7	0,33	Baja	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
8	0,32	Baja	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
9			0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
10	0,04	Ninguna	0,12	Ninguna	0,00	Ninguna	0,02	Ninguna
11	0,76	Alta	0,09	Ninguna	0,05	Ninguna	0,00	Ninguna
12	0,75	Alta	0,06	Ninguna	0,02	Ninguna	0,03	Ninguna
13	0,81	Muy alta	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
14	0,86	Muy alta	0,04	Ninguna	0,02	Ninguna	0,00	Ninguna
15	0,04	Ninguna	0,06	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
16	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
17	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
18	0,30	Baja	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
19	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
20	0,71	Alta	0,23	Baja	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
21	0,04	Ninguna	0,08	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
22	0,75	Alta	0,06	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
23	0,81	Muy alta	0,06	Ninguna	0,06	Ninguna	0,02	Ninguna
24	0,04	Ninguna	0,05	Ninguna	0,02	Ninguna	0,05	Ninguna
25	0,05	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,09	Ninguna
26	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,08	Ninguna
27	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,08	Ninguna
28	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,00	Ninguna	0,07	Ninguna
29	0,04	Ninguna	0,04	Ninguna	0,03	Ninguna	0,05	Ninguna
30			0,05	Ninguna	0,00	Ninguna	0,04	Ninguna

La siguiente gráfica muestra que los valores más elevados de contaminación por sólidos suspendidos se presentaron durante la primera y segunda campaña.

Gráfica 6. Variación del ICOSUS.



3.2.8. Índice de contaminación trófico (ICOTRO). Durante las cuatro campañas de monitoreo se refleja que las corrientes estudiadas presentan un alto nivel de nutrientes, asociado a una gran actividad humana, con un aporte de nutrientes importante (RAPAL, 2010) pues el nivel de contaminación trófico dio eutrofia en todos los puntos, excepto en el punto 17 durante la segunda y cuarta campaña donde el valor de fósforo lo clasifica como un punto de hipereutrofia, es decir que la materia orgánica se dispara incrementando la DBO y disminuyendo el porcentaje de oxígeno, (Cañas Arias, 2013) dicha situación se presenta por la descarga de los dos vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres sobre la quebrada la Puyana.

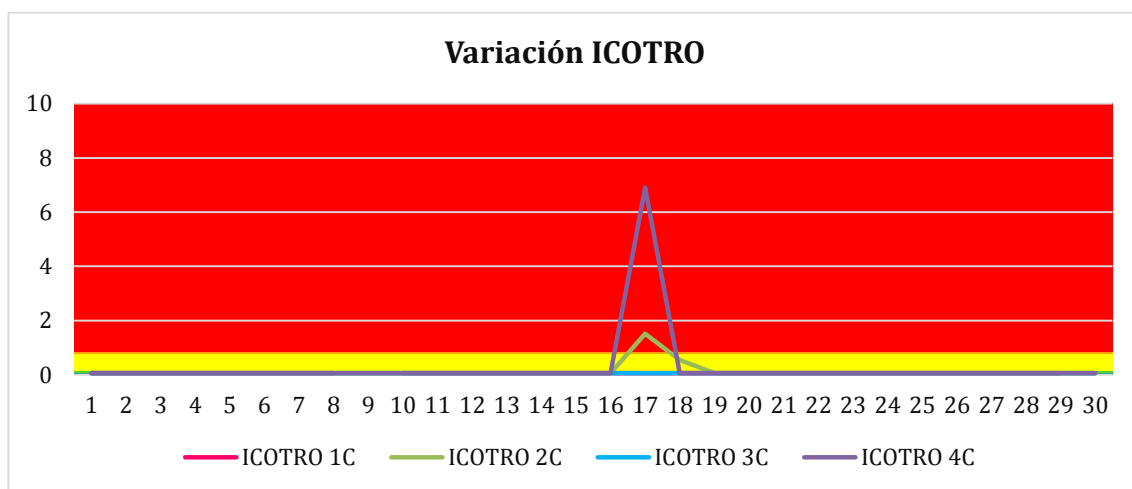
Cuadro 28. ICOTRO.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOTRO	Grado contam.	ICOTRO	Grado contam.	ICOTRO	Grado contam.	ICOTRO	Grado contam.
1	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
2	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
3	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
4	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
5	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
6	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
7	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
8	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
9			0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
10	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
11	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
12	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
13	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
14	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
15	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
16	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOTRO	Grado de contaminación	ICOTRO	Grado de contaminación	ICOTRO	Grado de contaminación	ICOTRO	Grado de contaminación
17	0,06	Eutrofia	1,51	Hipereutrofia	0,06	Eutrofia	6,91	Hipereutrofia
18	0,06	Eutrofia	0,55	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
19	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
20	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
21	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
22	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
23	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
24	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
25	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
26	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
27	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
28	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
29	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia
30			0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia	0,06	Eutrofia

A continuación se presenta la variación del ICOTRO durante las cuatro campañas de monitoreo, destacando que los niveles más altos de fósforo se presentaron en el punto 17.

Gráfica 7. Variación del ICOTRO.



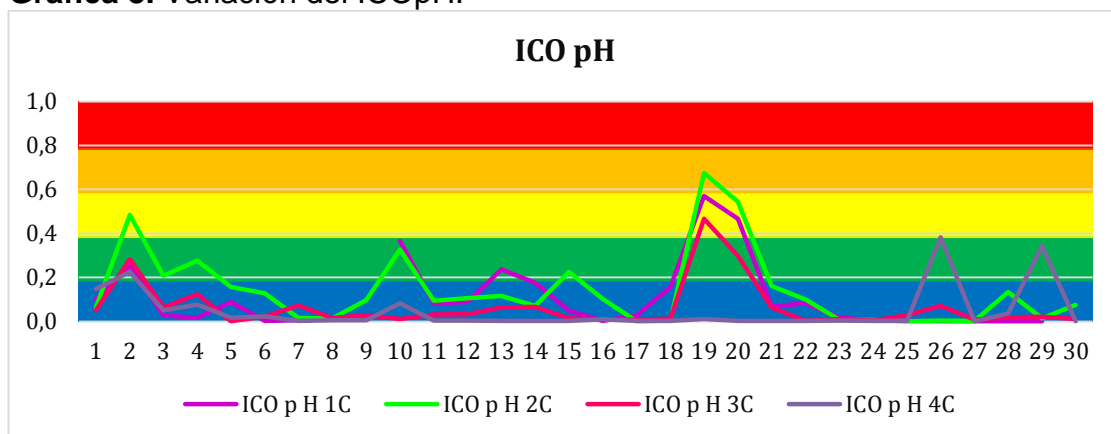
3.2.9. Índice de contaminación por pH (ICOpH). En general los valores de pH fueron ácidos, llegando hasta 4,78, pero en la cuarta campaña se obtuvieron valores superiores a 8 en la Ciénaga de Paredes. Para la primera campaña se obtuvo en los puntos 19 y 20 un grado de contaminación medio y bajo en los puntos 2, 10 y 13. En la segunda campaña el punto 19 presentó un grado alto, seguido de los puntos 2 y 20 con grado medio y el 4, 10, 15 y 16 con una contaminación baja. En la tercera campaña los puntos 2 y 20 reflejan una contaminación baja y el 19 una contaminación media. En la última campaña se presentó un grado de contaminación bajo para los puntos 2, 26 y 29.

Cuadro 29. ICOpH.

Punto	Primera campaña		Segunda campaña		Tercera campaña		Cuarta campaña	
	ICOpH	Grado de contam.	ICOpH	Grado de contam	ICOpH	Grado de contam	ICOpH	Grado de contam
1	0,10	Ninguna	0,06	Ninguna	0,05	Ninguna	0,15	Ninguna
2	0,26	Baja	0,48	Media	0,28	Baja	0,22	Baja
3	0,03	Ninguna	0,21	Baja	0,06	Ninguna	0,05	Ninguna
4	0,02	Ninguna	0,28	Baja	0,12	Ninguna	0,08	Ninguna
5	0,09	Ninguna	0,16	Ninguna	0,00	Ninguna	0,02	Ninguna
6	0,00	Ninguna	0,13	Ninguna	0,02	Ninguna	0,02	Ninguna
7	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna	0,07	Ninguna	0,00	Ninguna
8	0,02	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna	0,00	Ninguna
9			0,10	Ninguna	0,03	Ninguna	0,00	Ninguna
10	0,37	Baja	0,33	Baja	0,01	Ninguna	0,08	Ninguna
11	0,08	Ninguna	0,09	Ninguna	0,03	Ninguna	0,00	Ninguna
12	0,09	Ninguna	0,11	Ninguna	0,03	Ninguna	0,00	Ninguna
13	0,24	Baja	0,12	Ninguna	0,06	Ninguna	0,00	Ninguna
14	0,18	Ninguna	0,07	Ninguna	0,07	Ninguna	0,00	Ninguna
15	0,05	Ninguna	0,22	Baja	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
16	0,00	Ninguna	0,10	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna
17	0,03	Ninguna	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
18	0,16	Ninguna	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
19	0,57	Media	0,67	Alta	0,47	Media	0,01	Ninguna
20	0,47	Media	0,54	Media	0,30	Baja	0,00	Ninguna
21	0,07	Ninguna	0,16	Ninguna	0,06	Ninguna	0,00	Ninguna
22	0,08	Ninguna	0,10	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
23	0,02	Ninguna	0,01	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
24	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna
25	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna	0,03	Ninguna	0,00	Ninguna
26	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna	0,07	Ninguna	0,38	Baja
27	0,00	Ninguna	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna
28	0,00	Ninguna	0,13	Ninguna	0,02	Ninguna	0,04	Ninguna
29	0,00	Ninguna	0,01	Ninguna	0,02	Ninguna	0,34	Baja
30			0,07	Ninguna	0,01	Ninguna	0,00	Ninguna

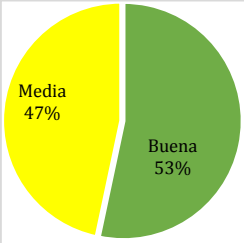
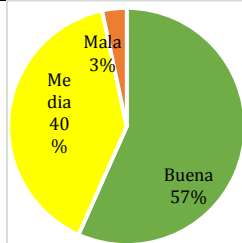
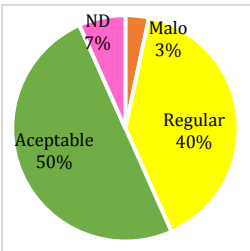
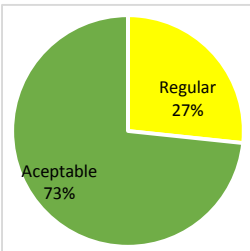
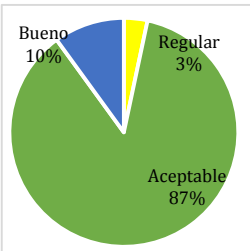
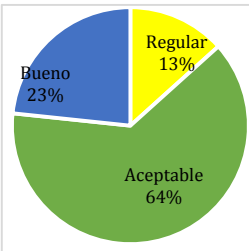
La siguiente gráfica presenta la variación del ICOpH durante el año hidrológico, en esta se observa que los valores más altos se obtuvieron durante la segunda campaña.

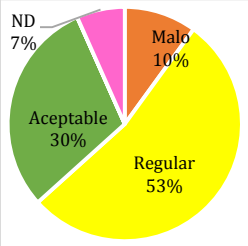
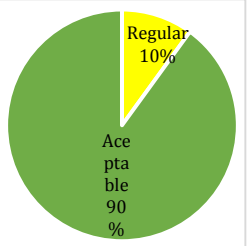
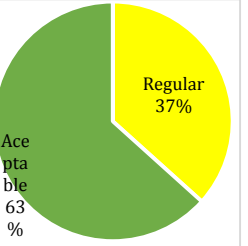
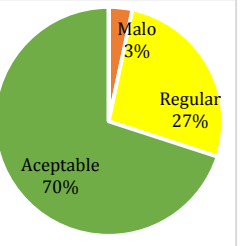
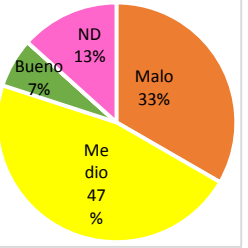
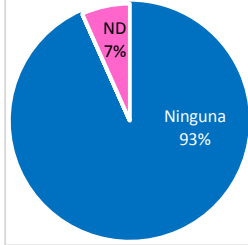
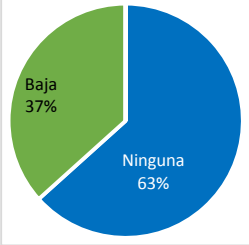
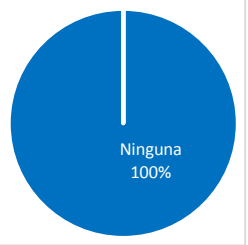
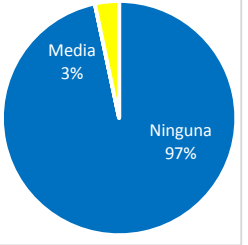
Gráfica 8. Variación del ICOpH.



3.2.10. Síntesis resultados índices de calidad y contaminación. A continuación se presenta un resumen de los índices obtenidos:

Cuadro 30. Síntesis resultados índices.

INDICE	PRIMERA CAMPAÑA	SEGUNDA CAMPAÑA	TERCERA CAMPAÑA	CUARTA CAMPAÑA	CUANTIFICACIÓN RESULTADOS
ICA NSF	No datos	No datos			<p>En la tercera campaña el 53% de las secciones de cauces estudiadas presentó calidad del agua buena y el 47% media, mientras que en la cuarta campaña las zonas donde el agua fue buena incrementó a un 57%, la calidad media se redujo al 40% y el 3% reflejó una calidad mala. Este último dato se debe al impacto que generan los vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres sobre la quebrada la Puyana, la cual en este monitoreo presentaba un caudal muy bajo.</p>
ICA ENA 2010					<p>En la primera campaña el 50% de las secciones presentó calidad aceptable, el 40% regular y el 3% malo, esto fue ocasionado por el incremento de sólidos suspendidos arrastrados por la lluvia. En la segunda campaña la calidad aceptable aumentó al 73% de las secciones, es decir, hubo un incremento del 23% y la regular disminuyó al 27%; el aumento de puntos de mejor calidad fue ocasionado por la disminución en la concentración de los sólidos, es decir, en esta campaña las lluvias arrastraron cantidades inferiores de material.</p> <p>Durante la tercera campaña el 87% de las secciones de cauces fue aceptable, el 10% bueno y el 3% regular, esto ocurre porque los sólidos suspendidos disminuyen al no presentarse lluvias que arrastren material. Durante la cuarta campaña se redujeron al 64% las secciones donde la calidad es aceptable, aumentó al 23% las zonas donde la calidad fue buena y en el 13% de los puntos la calidad fue regular. Esto último confirma que en época de sequía disminuye la presencia de sólidos suspendidos en el agua, los cuales son los causantes del panorama durante las dos primeras campañas.</p>

ÍNDICE	PRIMERA CAMPAÑA	SEGUNDA CAMPAÑA	TERCERA CAMPAÑA	CUARTA CAMPAÑA	CUANTIFICACIÓN RESULTADOS
ICA ENA 2014					<p>El 30% de las secciones de cauces manifestó una calidad aceptable, el 53% regular, el 10% mala y del 7% de los puntos no se obtuvieron datos, los valores más desfavorables aumentaron debido a que este ICA ayuda a identificar problemas por nitrógeno y fósforo en el agua, los cuales pueden provenir de los fertilizantes empleados en el cultivo de palma de aceite. Todo lo contrario ocurre en la segunda campaña, donde la calidad aceptable se evidencia en el 90% de los sitios, incrementando en un 60% con el monitoreo anterior, y la calidad regular disminuye a un 10%, esto se generó por menores concentraciones de nitrógeno en el agua.</p> <p>En la tercera campaña el 63% de los sitios mostró una calidad aceptable y el 37% regular, estos valores comparados con los obtenidos por el ICA 2010 son más desfavorables y reflejan problemas por materia orgánica. Al igual que en el último monitoreo, donde el 70% de las secciones de cauces fue aceptable, el 27% regular y el 3% malo, mostrando los efectos de las actividades antrópicas en las corrientes, situaciones que no se encontraron con el ICA 2010.</p>
ICACOSU	No datos	No datos	No datos		<p>El ICACOSU, permite evaluar la influencia del caudal en los efectos contaminantes que generan las actividades humanas sobre las corrientes estudiadas, donde solo el 7% tienen calidad buena, el 47% media, el 33% mala y de un 13% de los puntos no se obtuvieron datos. Los bajos caudales permiten mostrar la pésima calidad que se presentó en esta campaña.</p>
ICOMI					<p>En la primera campaña el 93% de las secciones estudiadas no mostró contaminación por mineralización y del 7% no se obtuvieron datos. Del segundo monitoreo el 63% de los sitios no presentó contaminación y el 37% indicó un ICOMI bajo. En la tercera campaña el 100% de los puntos mostró la ausencia de mineralización. En el último monitoreo el 3% presentó una contaminación media y los puntos restantes ninguna.</p>

ÍNDICE	PRIMERA CAMPAÑA	SEGUNDA CAMPAÑA	TERCERA CAMPAÑA	CUARTA CAMPAÑA	CUANTIFICACIÓN RESULTADOS
ICOMO					<p>Durante la primera campaña el 80% de las secciones de cauces no presentó alteraciones por materia orgánica, el 10% mostró un ICOMO bajo, el 3% medio y del 7% no se tenía datos. En el segundo monitoreo se mantuvo el porcentaje para ninguna contaminación y el 20% restante asumió un valor de bajo.</p> <p>En la tercera campaña el 37% de las zonas reflejo una contaminación baja por materia orgánica, el 7% media y el 3% alta. Durante la cuarta campaña los porcentajes de calidad baja y media se mantuvieron y las secciones donde no se reflejó contaminación por ICOMO aumento al 56%.</p>
ICOSUS					<p>Durante la primera campaña en el 60% de las secciones de cauces no se presentó contaminación por sólidos suspendidos, en el 10% fue baja, en el 13% alta y en el 10% muy alta, esto fue ocasionado por el arrastre de material de cobertura que realizan las lluvias. Para la segunda campaña, en el 97% no se presentó afectación por sólidos (comparado con la anterior, hubo un incremento del 37%) y en el 3% fue baja. En la tercera y cuarta campaña el ICOSUS no mostro problemas.</p>
ICOTRO					<p>Este índice muestra que en todas las campañas sobresalió la eutrofia, en la primera esta representó el 93%, del valor restante no se obtuvieron datos. En la tercera campaña el 100% fue eutrofia, mientras que en la segunda y la cuarta campaña el 3% mostró niveles de hipereutrofia y el restante eutrofia. En general, en las cuatro campañas se encontró un alto aporte de nutrientes importante.</p>
ICOpH					<p>El 77% de los sitios en el primer monitoreo no reflejaron alteraciones por pH, el 10% mostró un ICOpH bajo y el 6% medio. Para la segunda campaña se mantuvieron las secciones de cauces donde no se presentó inconvenientes por pH, incrementaron a el 13% los sitios donde fue bajo, en el 7% fue medio y en el 3% alto.</p> <p>En la tercera y cuarta campaña se obtuvo en el 90% de las secciones ausencia de problemas por pH, en la mencionada inicialmente el 7% restante presentó una alteración baja y el 3% media, en la otra campaña el 10% faltante dio un ICOpH bajo.</p>

3.2.11. Análisis estadístico ANOVA y Tukey. En relación con el análisis de diferencias significativas o no, que existieron entre los resultados expresados en cada punto de monitoreo durante el año hidrológico, se tiene lo siguiente:

ICA ENA 2010: Los resultados de la primera campaña presentan diferencias significativas con los de la tercera campaña, y asimismo con los de la cuarta campaña. Esto se justifica con el aumento de sólidos suspendidos que se presentó por el arrastre de material de cobertura realizado por las lluvias, lo cual ocasionó valores de calidad desfavorables.

ICA ENA 2014: Los valores de la primera campaña muestran diferencias significativas con las otras tres campañas, esto es generado al igual que en el ICA anterior por los sólidos suspendidos. También se presentan diferencias entre la segunda y cuarta campaña, esto ocurre porque las concentraciones de nitrógeno total en la última campaña son cinco veces mayor que las de la segunda, los aportes de esta sustancia son influenciados por las descargar de agua residual del municipio de Sabana de Torres y el caserío la Gómez.

ICOMI: La primera campaña tiene diferencia significativa con la segunda, puesto que en esta última los valores de la dureza son mayores. Asimismo, la segunda campaña presenta diferencias con la tercera y la cuarta campaña, porque en estas dos los resultados de dureza no superaron los 40 mg/l.

ICOMO: Entre la primera y la tercera campaña existe diferencia significativa, puesto que los valores de coliformes totales en esta última son elevados, en algunos puntos llega a 16000 NMP/100ml. También se presentan diferencias entre la segunda campaña con la tercera y la cuarta, esto es porque los valores de coliformes totales durante la segunda campaña no superaron los 170 NMP/100ml, mientras que en las otras dos los resultados llegan hasta 17000 NMP/100ml. Esta situación es generada por los vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres, el del caserío la Gómez y por el acceso de búfalos y reses a algunas corrientes, además, los bajos caudales no logran diluir estos aportes de materia orgánica.

ICOSUS: Los resultados de la primera campaña presentan diferencias significativas con las otras tres campañas, esto es porque en la primera campaña la concentración de estos sólidos llegó hasta 292 mg/l, mientras que en las otras el valor fue de máximo 84 mg/l.

ICOTRO e ICOpH: Los resultados de estos índices establecen uniformidad en la calidad del agua durante el año hidrológico.

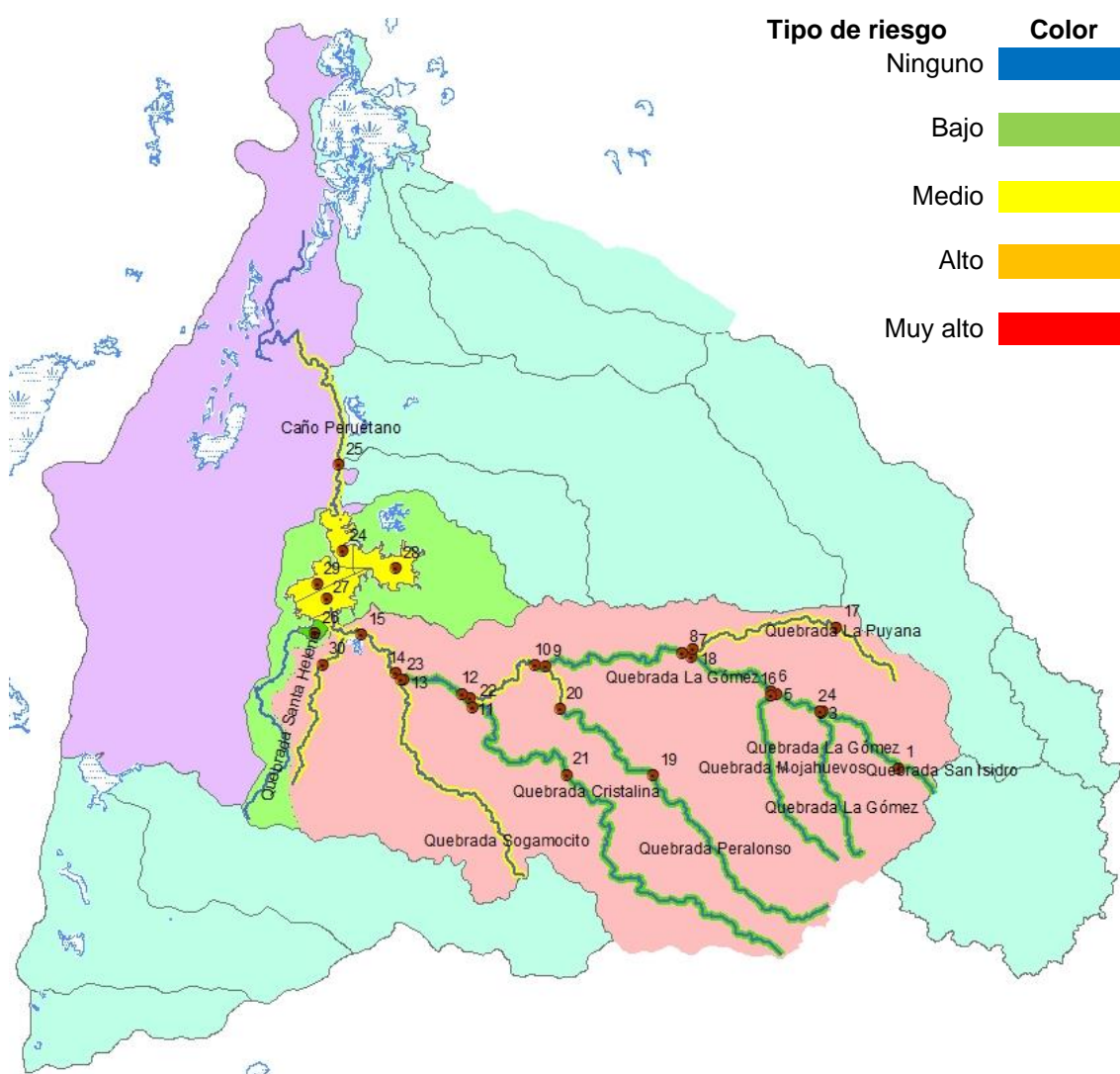
Los cálculos de las pruebas ANOVA y Tukey se encuentran en el anexo 5. Pruebas estadísticas ANOVA y Tukey.

3.3. IDENTIFICACIÓN ZONAS DE RIESGO. Según las condiciones críticas de calidad que se encontraron en las corrientes estudiadas, se seleccionaron por campaña los puntos críticos (IDEHA, 2015) (Arias et al., 2014). Es decir se identificaron las fuentes que pueden generar riesgos graves a la salud humana, independiente de si proceden de contaminación por fuentes naturales o antrópicas. (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, n.d.)

3.3.1. Zonas de riesgo por índice. Cada índice se promedió y se elaboró un mapa identificando los sitios según el riesgo que presentan.

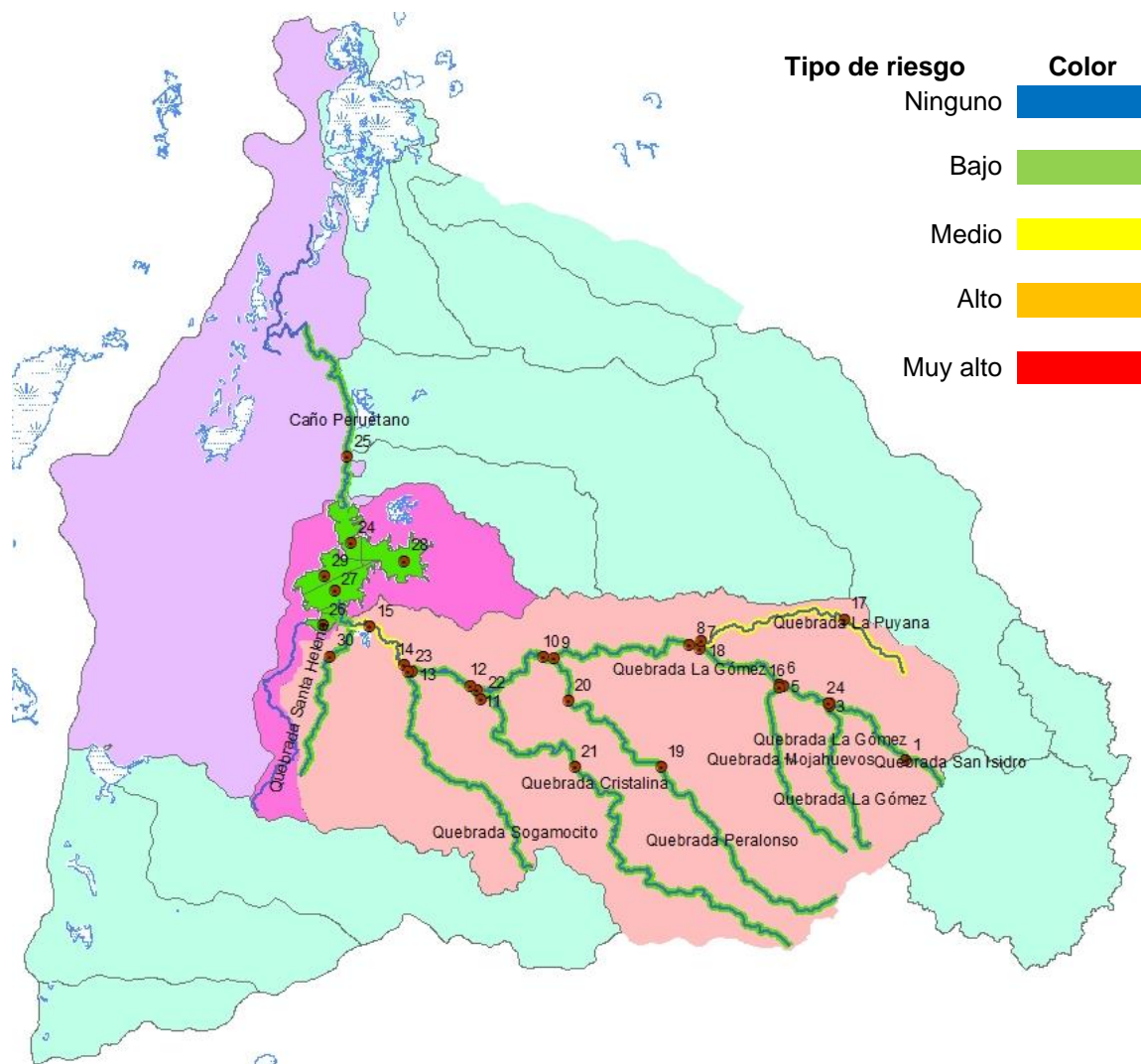
3.3.1.1. Zonas de riesgo según el ICA NSF. Este índice clasifica la zona de estudio en riesgo bajo y medio; la quebrada la Puyana, Sogamocito, Santa Helena, Caño Peruetano, Ciénaga de Paredes (excepto el área que cubre el punto 28), los tramos sobre la quebrada la Gómez del punto 10 al 11 y del 14 a la ciénaga son los sitios críticos.

Mapa 3. Zonas de riesgo ICA NSF.



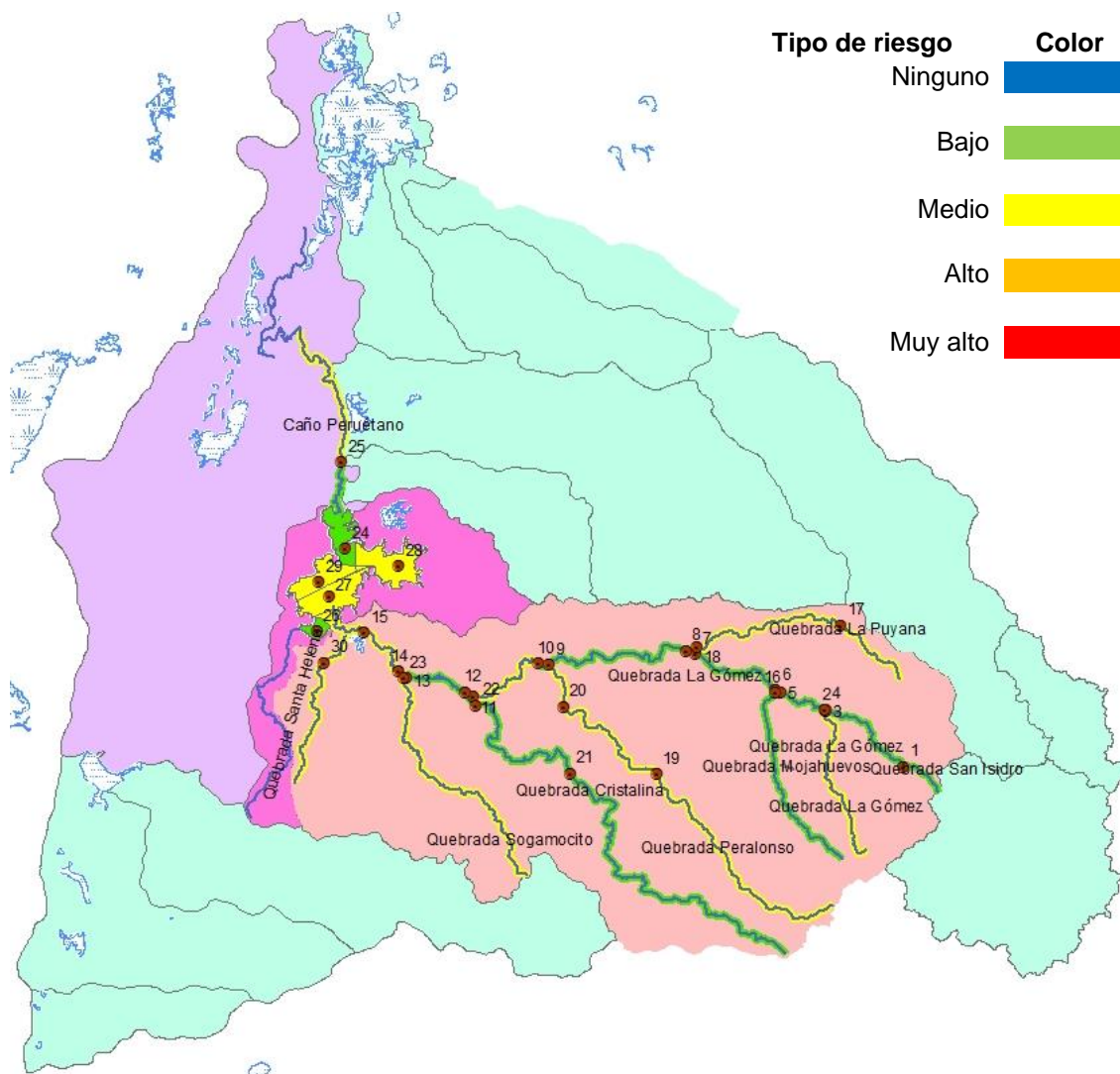
3.3.1.2. Zonas de riesgo según el ICA ENA 2010. El área de estudio se clasifica en riesgo bajo y medio con este índice. Las zonas críticas son la quebrada la Puyana y el tramo sobre la Gómez del punto 14 hasta la ciénaga.

Mapa 4. Zonas de riesgo ICA ENA 2010.



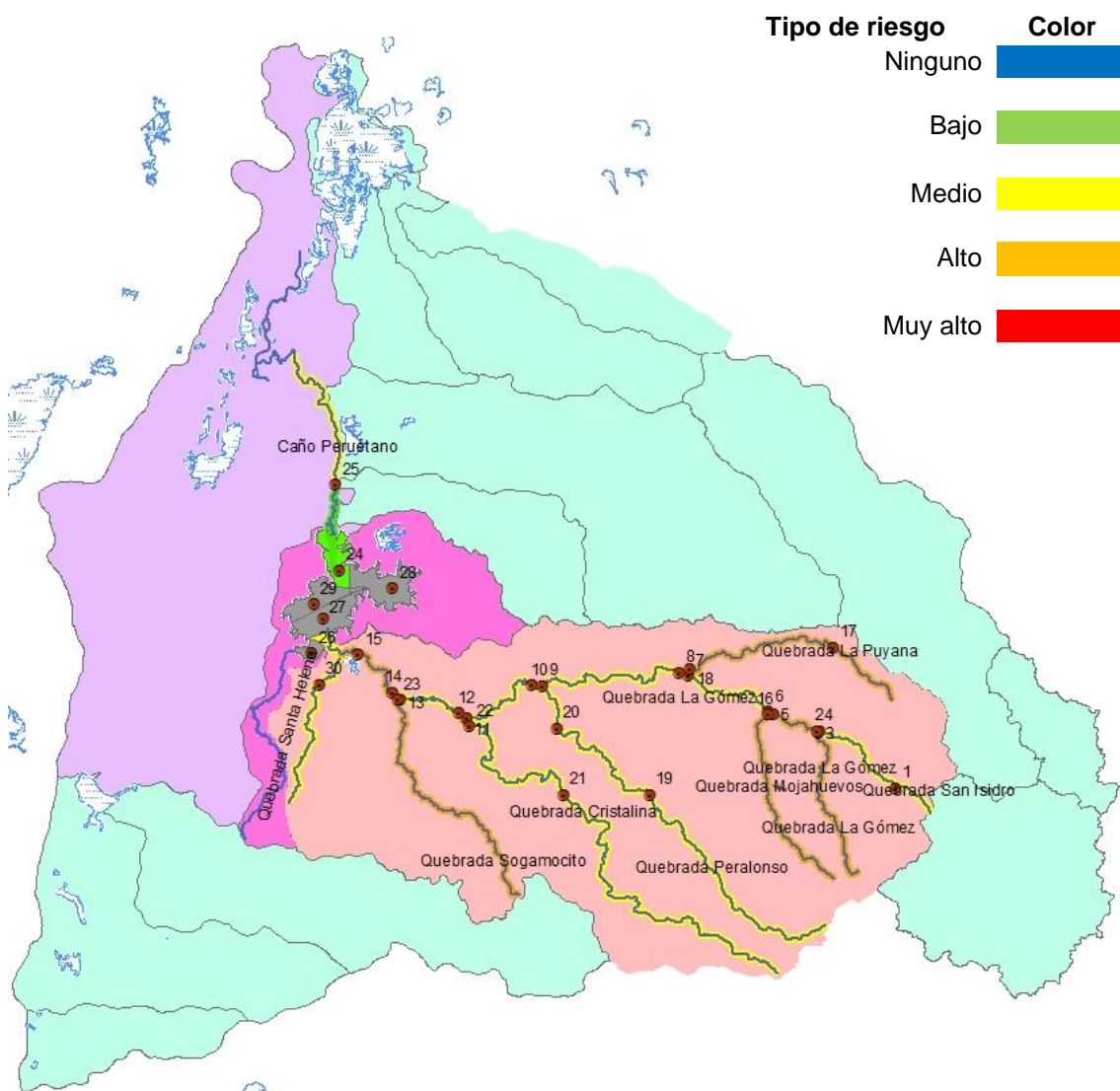
3.3.1.3. Zonas de riesgo según el ICA ENA 2014. Con este índice se identificó que la quebrada la Puyana, Peralonso, Sogamocito, Santa Helena, Caño Peruetano a partir del punto 25 y los tramos sobre la Gómez desde el nacimiento hasta el punto 3, del 10 al 11, del 14 al 15 y las zonas de la ciénaga 27, 28 y 29 presentan riesgo medio.

Mapa 5. Zonas de riesgo ICA ENA 2014.



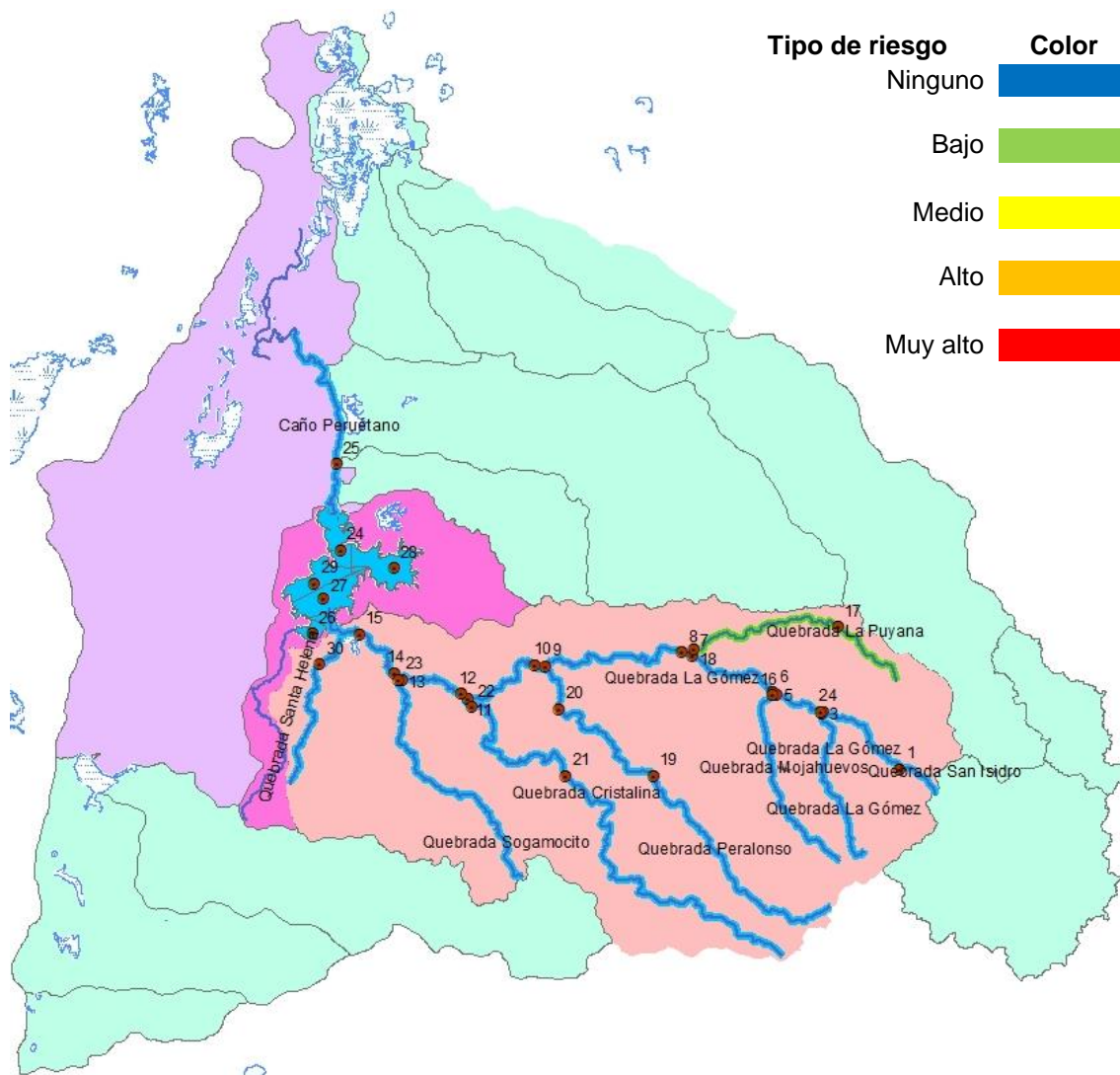
3.3.1.4. Zonas de riesgo según el ICACOSU. Se identificó riesgo alto en la quebrada la Puyana, Mojahuevos, Sogamocito, los tramos sobre la quebrada la Gómez desde el nacimiento hasta el punto 5 y del 14 al 15. Riesgo medio en la quebrada San Isidro, Peralonso, Cristalina, Santa Helena, Caño Peruétano a partir del punto 25 y el tramo sobre la Gómez del punto 6 al 13. Riesgo bajo se da en el tramo del caño Peruétano desde la ciénaga hasta el punto 25.

Mapa 6. Zonas de riesgo ICACOSU.



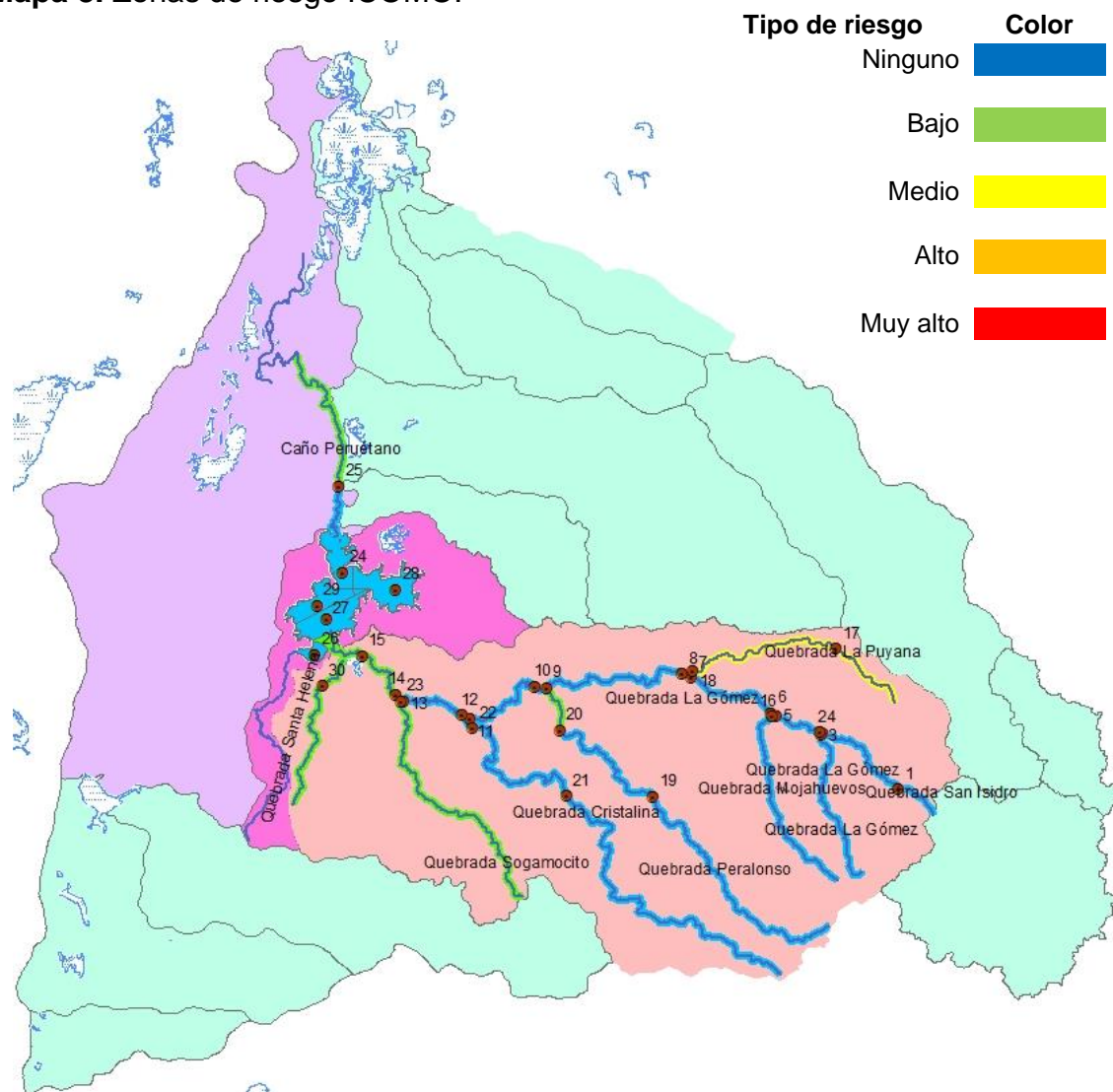
3.3.1.5. Zonas de riesgo según el ICOMI. Por mineralización se encontró riesgo bajo en la quebrada la Puyana.

Mapa 7. Zonas de riesgo ICOMI.



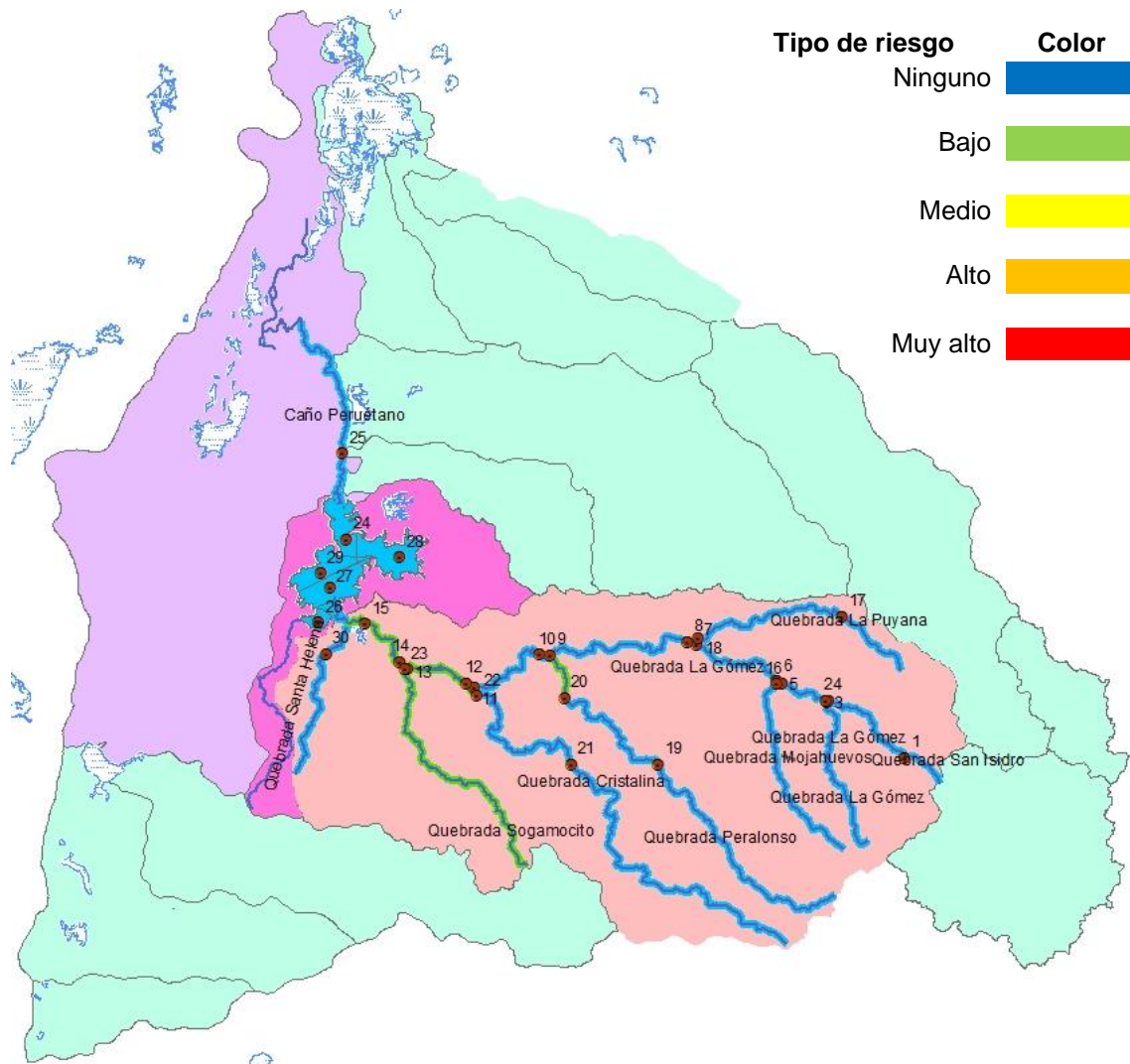
3.3.1.6. Zonas de riesgo según el ICOMO. La quebrada la Puyana presenta riesgo medio por su contenido de materia orgánica. La quebrada Sogamocito, Santa Helena, el tramo de Caño Peruétano a partir del punto 25 y el tramo sobre la Peralonso desde el punto 20 al 10 tienen riesgo bajo.

Mapa 8. Zonas de riesgo ICOMO.



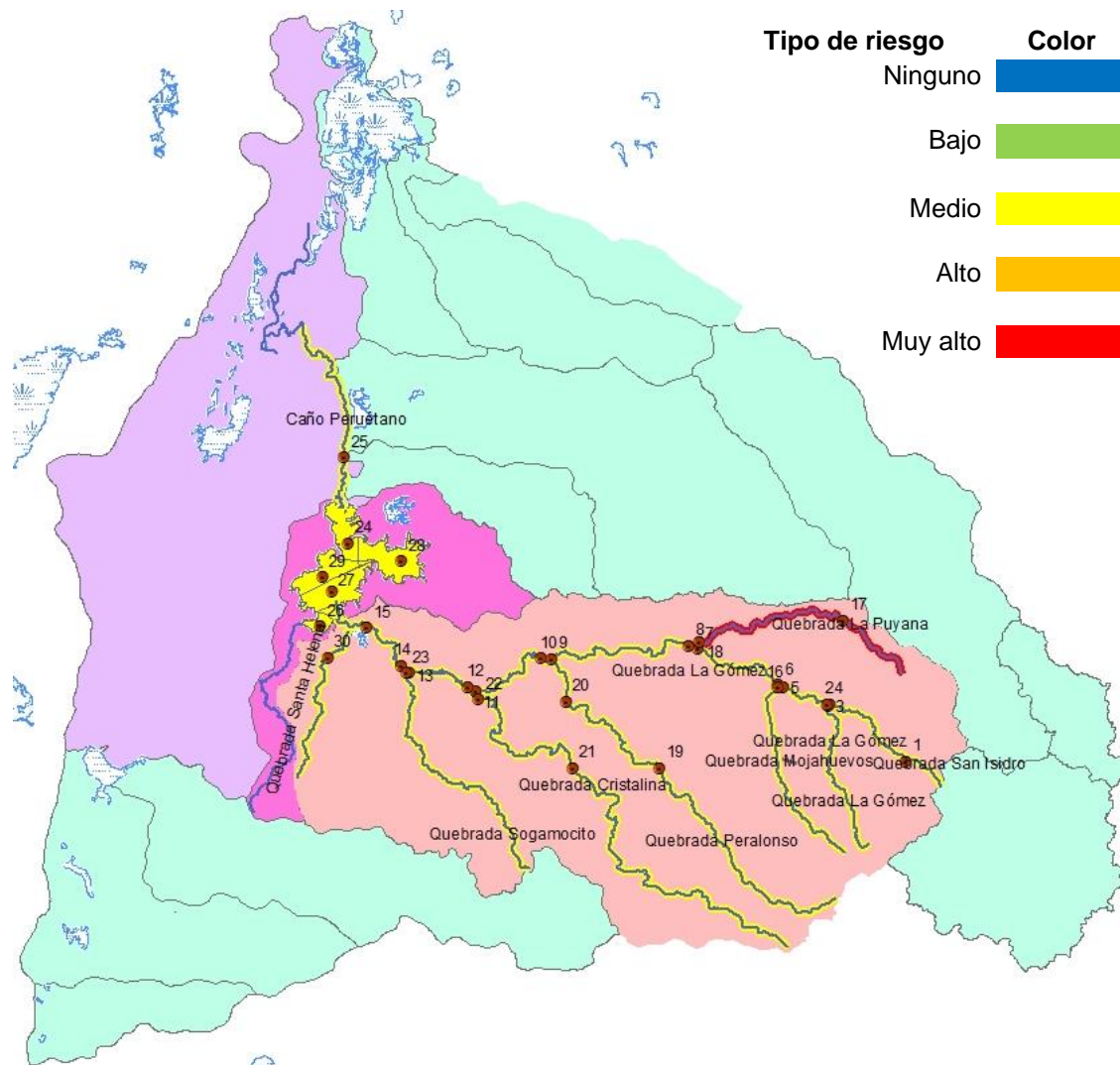
3.3.1.7. Zonas de riesgo según el ICOSUS. Se identificaron como zonas de riesgo medio la quebrada Sogamocito, el tramo sobre la Peralonso del punto 20 al 10 y sobre la Gómez del 12 hasta la Ciénaga.

Mapa 9. Zonas de riesgo ICOSUS.



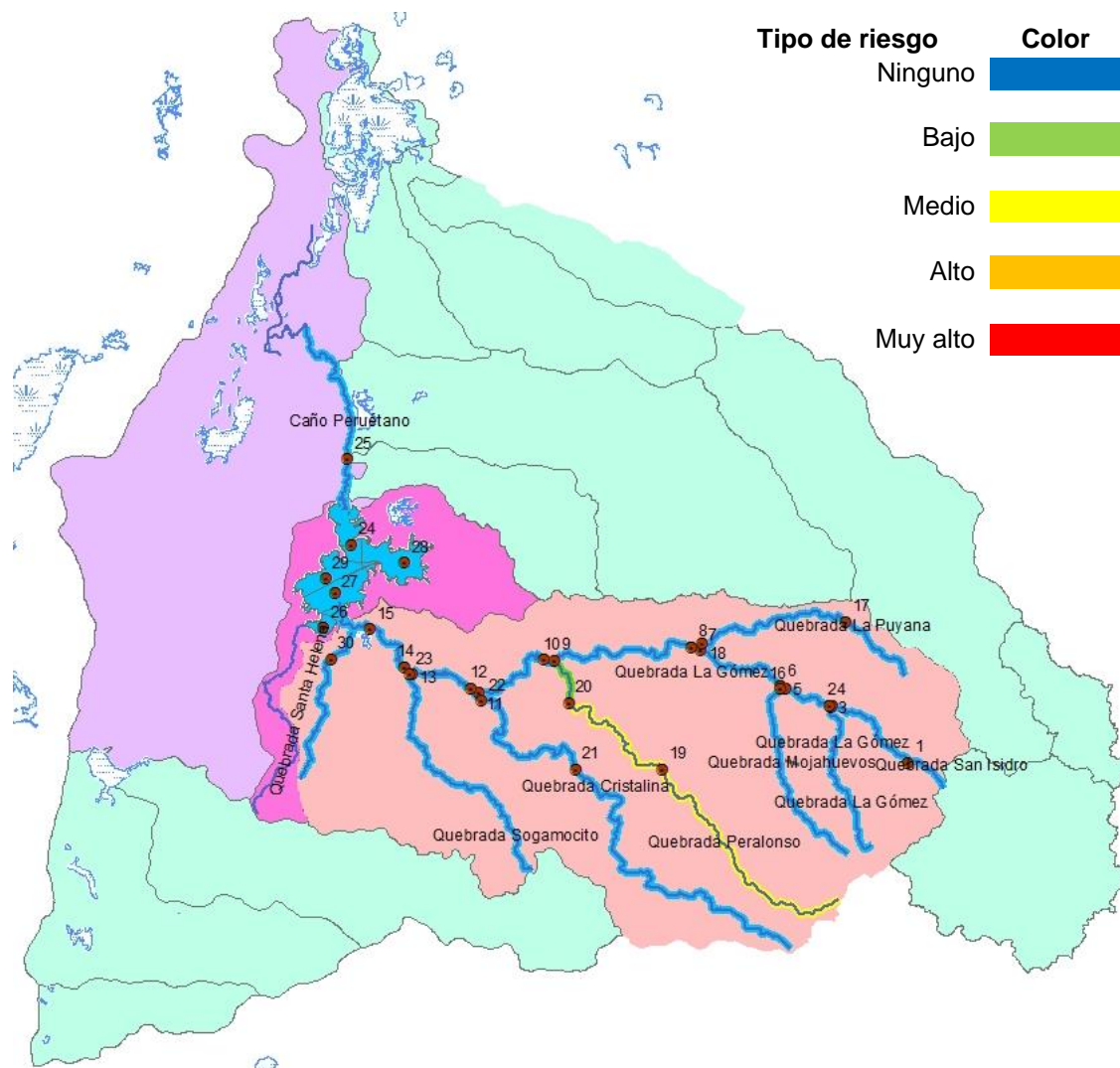
3.3.1.8. Zonas de riesgo según el ICOTRO. La concentración de fósforo indica que la quebrada la Puyana presenta riesgo muy alto mientras los demás puntos tienen riesgo medio.

Mapa 10. Zonas de riesgo ICOTRO.



3.3.1.9. Zonas de riesgo según el ICOpH. La quebrada Peralonso presenta riesgo medio antes del punto 20, a partir del cual el riesgo pasa a bajo hasta su unión con la quebrada la Gómez, las demás zonas no presentan riesgo por el pH.

Mapa 11. Zonas de riesgo ICOpH.



3.3.2. Zonas de riesgo por campaña de monitoreo. Para cada campaña se elaboró un diagrama con los resultados de todos los índices y se identificaron los puntos críticos.

3.3.2.1. Zonas de riesgo primera campaña. Las zonas de riesgo en este monitoreo fueron:

- Punto 3 sobre la quebrada la Gómez: Según los ICA's ENA 2010 y 2014, la calidad en este punto es regular, valor que se debe a un porcentaje de saturación de oxígeno de 109,8%.
- Punto 7 y 8 sobre la quebrada la Gómez: el ICA ENA 2014 determina que la calidad es regular por valores de sólidos suspendidos superiores a 100mg/L.
- Punto 10 sobre la quebrada la Gómez, 19 y 20 sobre la quebrada Peralonso: la quebrada Peralonso es de calidad regular por sólidos suspendidos de 224 mg/L y por un pH de 5,03, al unirse a la quebrada la Gómez se mantiene el valor determinado con el ICA ENA 2014, pero no se destacan problemas por sólidos, pero si por el pH. La elevada concentración de sólidos es ocasionada por el arrastre de material de cobertura por la lluvia, además en esta zona no hay márgenes protectoras de las corrientes.
- Punto 11, 12 sobre la quebrada la Gómez y 22 sobre la quebrada Cristalina: la quebrada la Gómez mantiene sus valores de calidad regular por sólidos suspendidos, después de la unión con la quebrada Cristalina, el ICOMO cambia de ninguno a bajo, esto es ocasionado por la facilidad de acceso a la corriente de búfalos que constantemente se refrescan en ella y por la siembra de palma a orillas de la quebrada.
- Punto 13, 14 sobre la quebrada la Gómez y 23 sobre la quebrada Sogamocito: en estos puntos la calidad es regular y mala, esto ocurre por la concentración de sólidos suspendidos, que incrementan por el arrastre de suelo que hace la lluvia y por la falta de vegetación protectora en las márgenes.
- Punto 15 sobre la quebrada la Gómez: la calidad según los ICA's es regular, esto se debe a un porcentaje de saturación de oxígeno de 103,3%.
- Punto 16 sobre la quebrada Mojahuevos: el ICA ENA 2014 determina que la calidad es regular por una conductividad de 110,8 uS/cm.
- Punto 17 y 18 sobre la quebrada la Puyana: la calidad en esta es regular según los ICA's, esto se debe a la descarga de los dos vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres.

- Figura 1.** Esquema índices de calidad y contaminación primera campaña de monitoreo.



3.3.2.2. Zonas de riesgo segunda campaña. En la segunda campaña las zonas de riesgo son:

- Puntos 1, 2 sobre la quebrada San Isidro, 3, 4, 5, 6, 9 sobre la quebrada la Gómez y 16 sobre la quebrada Mojahuevos: presentan una contaminación baja por mineralización, específicamente por valores superiores a 170 mg/L en la dureza, es decir, hay presencia de sales de magnesio y calcio.
- Punto 17 y 18 sobre la quebrada la Puyana: presenta una calidad regular según el ICA ENA 2014, este valor se debe a la concentración de fósforo, aportado por los vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres, por tanto también presenta condiciones de hipereutrofia según el ICOTRO.
- Punto 10 sobre la quebrada la Gómez y 20 sobre la quebrada Peralonso: la quebrada Peralonso antes de unirse a la Gómez presenta una calidad regular debido a un pH de 4,94, cambiando la calidad aguas abajo de la unión.
- Punto 13, 14, 15 sobre la quebrada la Gómez y 30 sobre la quebrada Santa Helena: la calidad es regular por efectos de la materia orgánica según el ICOMO que dio bajo.
- Punto 28 y 29 sobre la ciénaga de Paredes: en estos puntos de la ciénaga la calidad es regular por mineralización según el ICOMI y en el segundo punto también por materia orgánica, de acuerdo con el ICOMO.

En la figura 2 se encuentran agrupados los valores de los ICA's e ICO's de la segunda campaña.

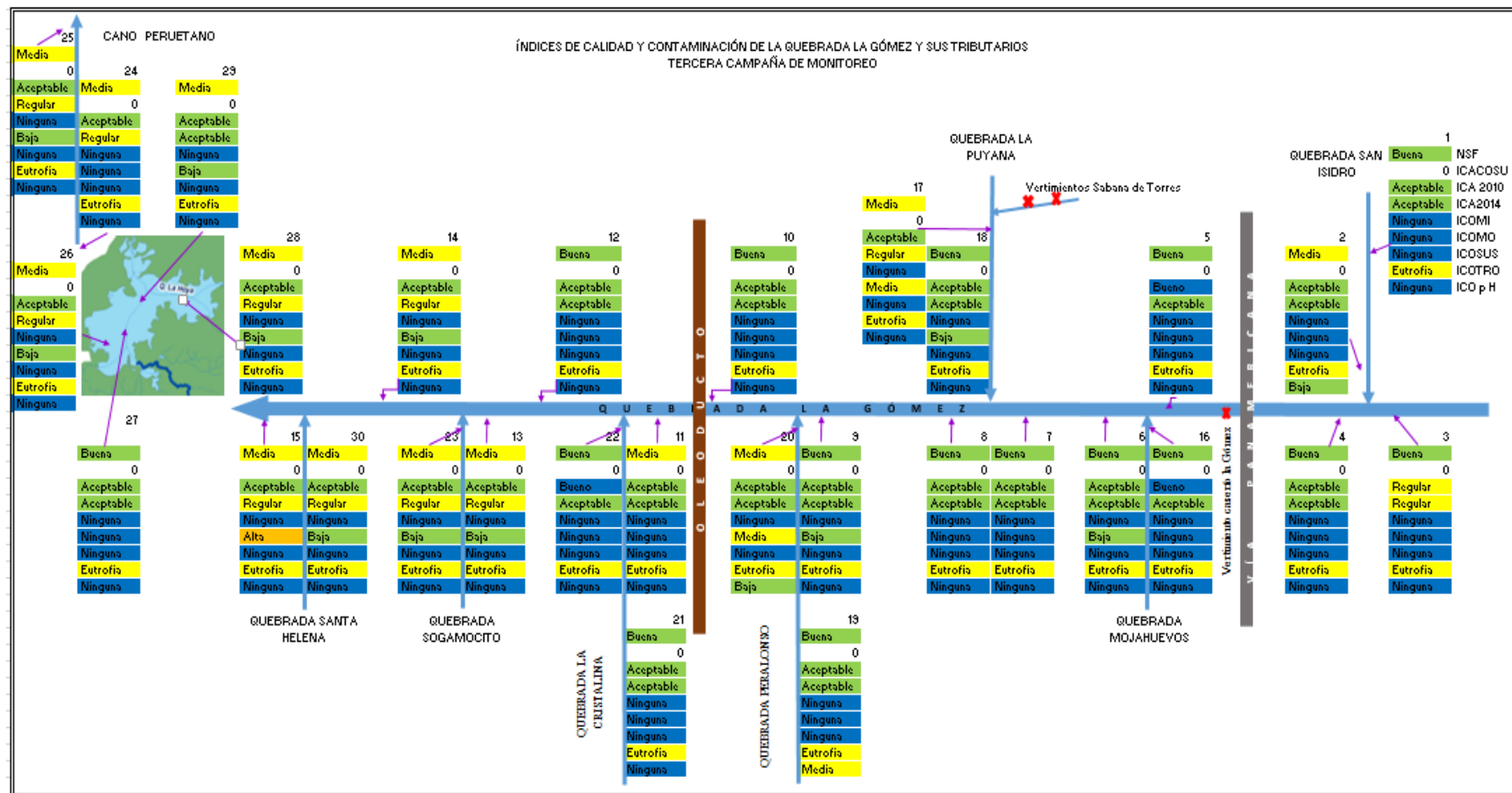
[illegible]

3.3.2.3. Zonas de riesgo tercera campaña. En la tercera campaña las zonas de riesgo son:

- Punto 3 sobre la quebrada la Gómez: la calidad en este punto es regular por una saturación de oxígeno de 103,4%.
- Punto 17 sobre la quebrada la Puyana: la calidad es regular por los valores de materia orgánica, según el ICA ENA 2014, lo cual coincide con el ICOMO, además el ICA NSF establece que la calidad es media. Esto ocurre por los vertimientos que llegan a esta corriente aguas arriba del punto de monitoreo.
- Punto 20 sobre la quebrada Peralonso: la calidad de la quebrada Peralonso es media por los valores de materia orgánica, según el ICA NSF, lo cual coincide con el ICOMO, pero no genera impacto en la Gómez.
- Punto 13, 14, 15 sobre la quebrada la Gómez, 23 sobre la quebrada Sogamocito, 26, 28 sobre la Ciénaga y 30 sobre la quebrada Santa Helena: en estos puntos el ICA ENA 2014 establece que la calidad es regular por materia orgánica según refleja el ICOMO, además el ICA NSF muestra que la calidad es media.
- Punto 25 sobre Caño Peruétano: la calidad es media de acuerdo con el ICA NSF y regular según el ICA ENA 2014, estos valores son ocasionados por la presencia de materia orgánica, que se origina por la infiltración del vertimiento del caserío el Cerrito.

En la figura 3 se encuentran agrupados los valores de los ICA's e ICO's de la tercera campaña.

Figura 3. Esquema índices de calidad y contaminación tercera campaña de monitoreo.



3.3.2.4. Zonas de riesgo cuarta campaña. En la cuarta campaña las zonas de riesgo son:

- Punto 2 sobre la quebrada San Isidro: el ICACOSU refleja una calidad mala adicionando que la capacidad ambiental para asimilar contaminantes es muy baja.
- Punto 3 y 4 sobre la quebrada la Gómez: la calidad en estos puntos según el ICACOSU es mala, debido a los bajos niveles de caudal, además los ICA's ENA determinan una calidad regular ocasionada por porcentajes de saturación de oxígeno superiores a 100%.
- Punto 5 sobre la quebrada la Gómez: el ICACOSU refleja una calidad mala por el bajo caudal y el ICA NSF determina que la calidad es media, además el ICOMO indica que es baja, esto debe ocurrir por la descarga del vertimiento del caserío la Gómez.
- Punto 6, 7 y 8 sobre la quebrada la Gómez: la calidad en estos puntos se ve afectada por los bajos caudales que se presentaron, clasificándose en media según el ICACOSU.
- Punto 16 sobre la quebrada Mojahuevos: la calidad es mala según el ICACOSU y el caudal lo clasifica con una capacidad ambiental muy baja.
- Punto 17 y 18 sobre la quebrada la Puyana: en el punto intermedio de la quebrada la Puyana la calidad del agua es mala de acuerdo con el ICA NSF, ICACOSU y ICA ENA 2014, lo cual se debe al bajo caudal, presencia de materia orgánica y problemas de mineralización, además la concentración de fósforo hace que el sistema sea hipereutrofico, donde la materia orgánica se dispara incrementando la DBO, esto genera condiciones de alta contaminación y degradación de la calidad del agua. En la desembocadura de la quebrada la concentración de fósforo disminuye, también incrementa la clasificación de calidad del ICA NSF, ICA's ENA, disminuye los problemas por mineralización pues el ICOMI pasa a ninguno y el ICOTRO cambia a eutrofia.
- Punto 9 sobre la quebrada la Gómez y 19 sobre la quebrada Peralonso: el ICACOSU determina que la calidad es media por el bajo caudal.
- Punto 10, 11, 12 sobre la quebrada la Gómez, 20 sobre la quebrada Peralonso y 22 sobre la quebrada Cristalina: en estos puntos la calidad es media según el ICACOSU y el ICA NSF, adicionalmente el ICOMO refleja contaminación baja, esta es ocasionada a partir de la unión de la quebrada Peralonso con la Gómez y se mantiene por los aportes de la quebrada Cristalina.
- Punto 14 sobre la quebrada la Gómez y 23 sobre la quebrada Sogamocito: la quebrada Sogamocito según el ICACOSU tiene una calidad mala antes de unirse a la Gómez, afectando a dicha corriente después de la unión pues su

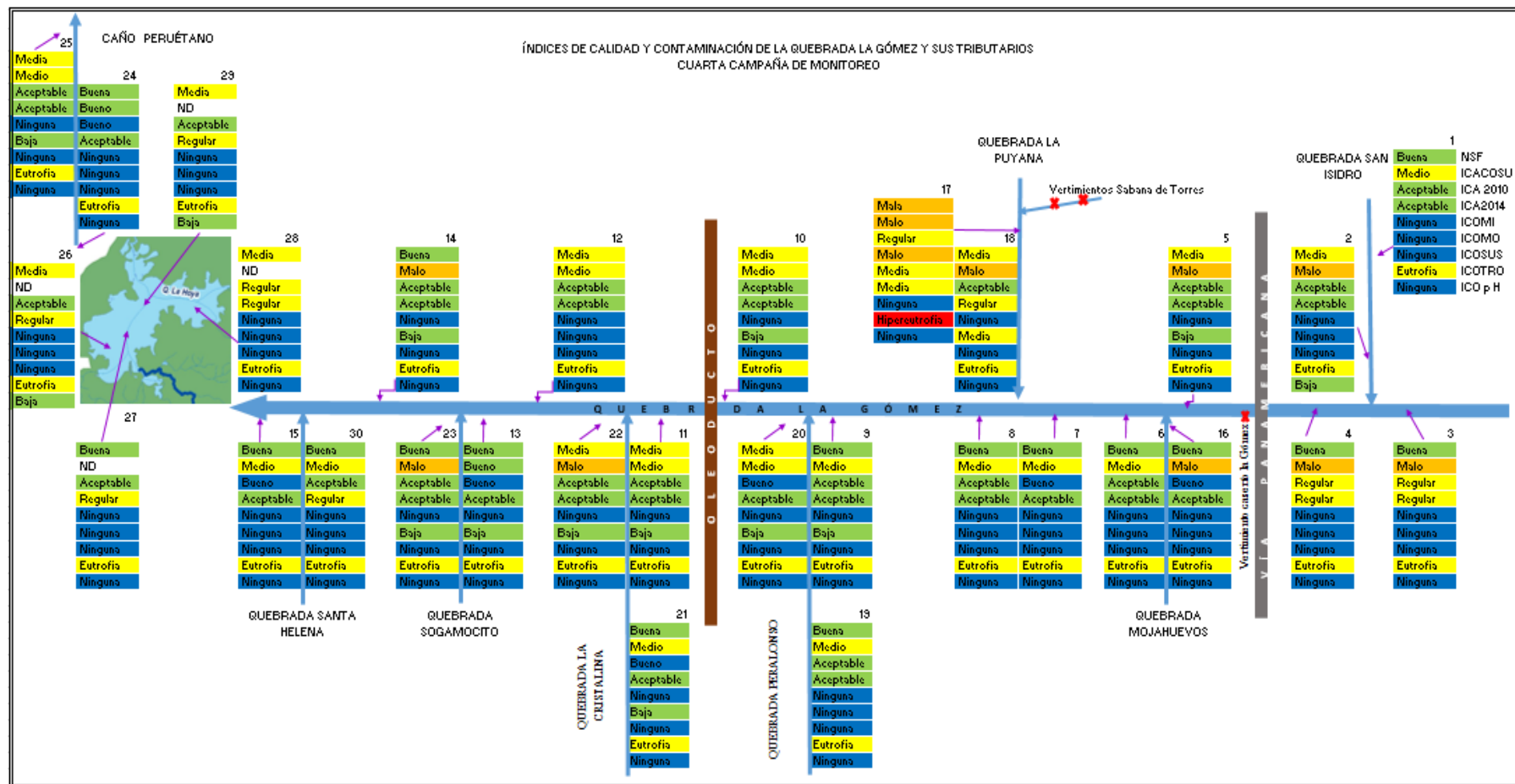
calidad era buena y cambia a mala. También en ambos puntos se refleja un ICOMO bajo, condición que se presenta aguas arriba de la Gómez.

- Punto 15 sobre la quebrada la Gómez y 30 sobre la quebrada Santa Helena: el ICACOSU refleja una calidad media por los bajos caudales.
- Punto 26, 28 y 29 sobre la Ciénaga de Paredes: en estos puntos la calidad es media según el ICA NSF, también se refleja una clasificación de regular de acuerdo al ICA ENA 2014.
- Punto 25 sobre Caño Peruétano: el ICA NSF y el ICACOSU lo clasifican en una calidad media, por coliformes totales de 790 NMP/100ml, generados posiblemente por la infiltración del vertimiento del caserío el Cerrito.

En la figura 4 se encuentran agrupados los valores de los ICA's e ICO's de la cuarta campaña.

En el Anexo 4. Plantilla cálculo de índice, se encuentran los gráficos a mayor detalle.

Figura 4. Esquema índices de calidad y contaminación cuarta campaña de monitoreo.



3.3.3. Síntesis zonas de riesgo. Al realizar una valoración cualitativa, en términos generales, durante el año hidrológico se identificaron las siguientes zonas de riesgo:

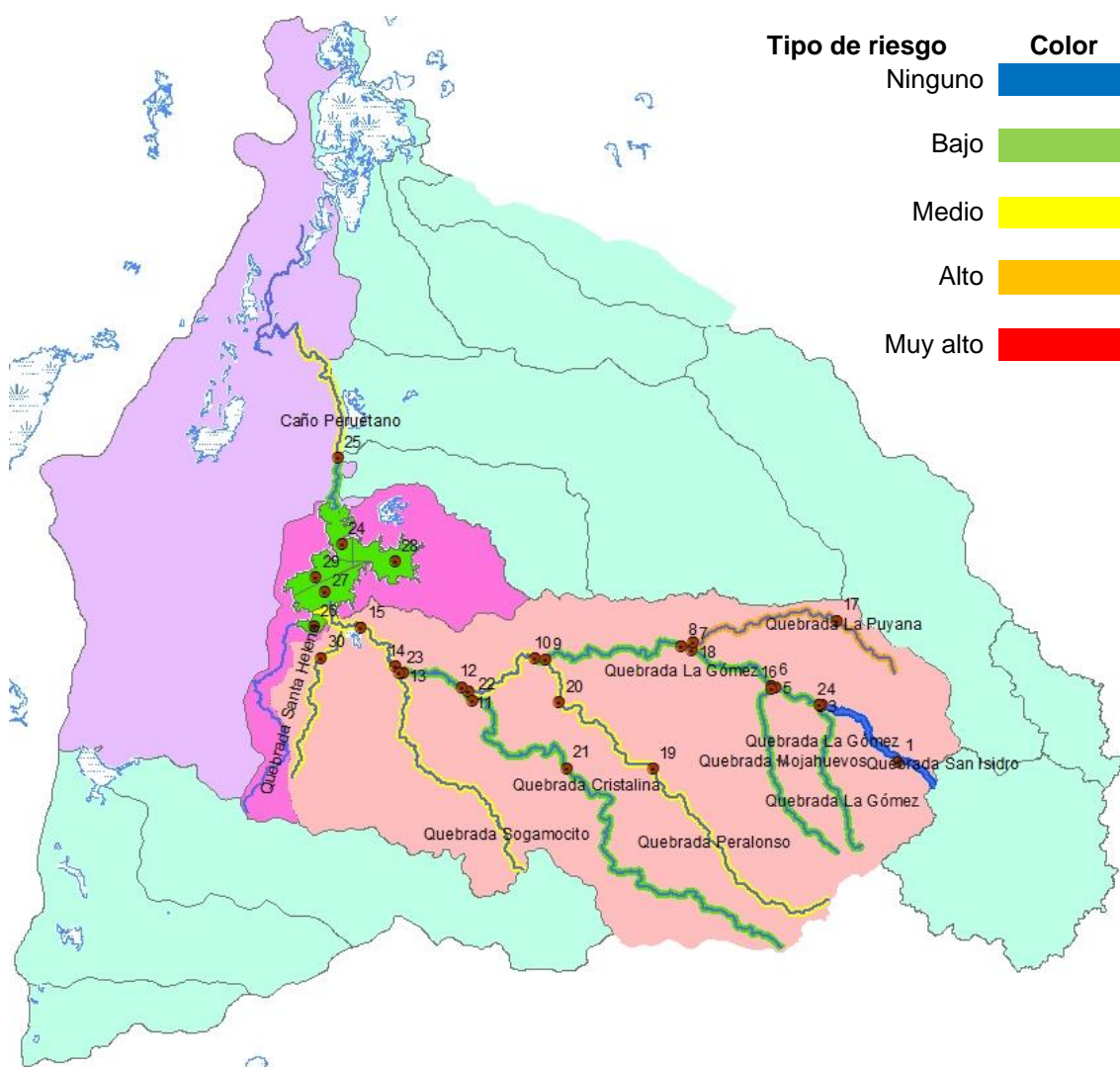
Riesgo alto: Durante todo el año la quebrada la Puyana presenta este riesgo.

Riesgo medio: la quebrada Peralonso, Sogamocito, Santa Helena, Caño Peruétano a partir del punto 25 y los tramos sobre la quebrada la Gómez del punto 10 al 12 y del 13 hasta la Ciénaga de Paredes.

Riesgo bajo: se presenta en la quebrada Mojahuevos, Cristalina, Ciénaga de Paredes, Caño Peruétano desde la ciénaga hasta el punto 25, los tramos sobre la quebrada la Gómez desde su nacimiento hasta el punto 10, y del 12 al 13.

Ningún riesgo: la quebrada San Isidro no presenta ningún riesgo durante todo el año.

Mapa 12. Zonas de riesgo área de estudio.



3.4. USOS RECURSO HÍDRICO. De acuerdo a los resultados obtenidos del cálculo de los índices de calidad y contaminación de la quebrada la Gómez, sus tributarios, ciénaga de Paredes y Caño Peruétano, y teniendo en cuenta el decreto 1594 de 1984 (Ministerio de Agricultura, Ministerio de Salud, & DNP, 1994) y la resolución 2115 de 2007 (Ministerio de Protección Social & Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007), se proponen los usos para los diferentes puntos, es importante aclarar que antes de aplicasen estos usos, es necesario volver a analizar los fenoles, puesto que en todos los puntos se obtuvo que su concentración era inferior al límite inferior detectable por el laboratorio:

3.4.1. Uso doméstico: este uso incluye agua para bebida, servicios públicos, comerciales y viviendas. (SASI, 2006) El contar con agua en cantidad y calidad suficiente es una de las demandas de la población, pues incide directamente en su salud y bienestar. (CONAGUA, 2010) En ningún punto el agua se puede consumir directamente de las corrientes. Los sitios donde los índices de calidad dieron aceptable y se cumple con la mayoría de criterios admitidos para consumo humano y doméstico según la resolución 2115 de 2007, se relacionan a continuación e indican que para su potabilización se requiere solamente tratamiento convencional:

Cuadro 31. Puntos donde el agua puede ser usada para consumo humano y doméstico.

Punto	Descripción
1	Quebrada San Isidro parte alta
2	Quebrada San Isidro antes de la confluencia con la quebrada La Gómez
5	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Mojahuevos
6	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Mojahuevos
7	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Puyana
16	Quebrada Mojahuevos antes de la quebrada la Gómez
19	Quebrada Peralonso intermedio
21	Quebrada Cristalina intermedio

3.4.2. Uso agrícola: (FAO, 2002) Los sitios donde el agua puede emplearse para la agricultura según los parámetros del decreto 1594 de 1984 son:

Cuadro 32. Puntos donde el agua puede ser para uso agrícola.

Punto	Descripción
1	Quebrada San Isidro parte alta
2	Quebrada San Isidro antes de la confluencia con la quebrada La Gómez
3	Quebrada La Gómez antes de la quebrada San Isidro
4	Quebrada La Gómez después de la unión de la quebrada San Isidro
5	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Mojahuevos
6	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Mojahuevos
7	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Puyana

Punto	Descripción
8	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada la Puyana
9	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Peralonso
10	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Peralonso
11	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Cristalina
12	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Cristalina
13	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Sogamocito
14	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Sogamocito
16	Quebrada Mojahuevos antes de la quebrada la Gómez
19	Quebrada Peralonso intermedio
22	Quebrada Cristalina antes de la unión con la quebrada la Gómez
23	Quebrada Sogamocito antes de la quebrada la Gómez
24	Inicio Caño Peruétano - salida de la Ciénaga de Paredes
25	Caño peruétano frente al caserío El Cerrito
26	Ciénaga llegada de la quebrada Champan
27	Ciénaga de Paredes sector Comederos 1
28	Ciénaga de Paredes sector Comederos 2
29	Ciénaga de Paredes llegada de la quebrada la Hoya
30	Quebrada la Gómez llegada a la Ciénaga de Paredes después de la Santa Helena

3.4.3. Uso pecuario: según los parámetros establecidos por el decreto 1594 de 1984, el agua en todos los puntos pueden ser utilizada en actividades pecuarias.

3.4.4. Uso para fines recreativos mediante contacto primario: Los sitios donde el agua puede utilizarse para actividades recreativas (natación y buceo) (Ramos et al., 2008) donde se genere contacto primario con el agua de acuerdo con los parámetros del decreto 1594 de 1984 son:

Cuadro 33. Puntos donde el agua puede ser utilizada para fines recreativos mediante contacto primario.

Punto	Descripción
1	Quebrada San Isidro parte alta
2	Quebrada San isidro antes de la confluencia con la quebrada La Gómez
3	Quebrada La Gómez antes de la quebrada San Isidro
4	Quebrada La Gómez después de la unión de la quebrada San Isidro
6	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Mojahuevos
8	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada la Puyana
16	Quebrada Mojahuevos antes de la quebrada la Gómez
24	Inicio Caño Peruétano - salida de la Ciénaga de Paredes
25	Caño peruétano frente al caserío El Cerrito
26	Ciénaga llegada de la quebrada Champan
27	Ciénaga de Paredes sector Comederos 1
29	Ciénaga de Paredes llegada de la quebrada la Hoya

Es importante aclarar que en ningún punto del área de estudio se cumple el parágrafo 2 del artículo 42 del decreto mencionado, en el cual se expone que el nitrógeno y el fósforo deben estar en proporción que no ocasionen eutrofización. (Ministerio de Agricultura et al., 1994)

3.4.5. Uso para fines recreativos mediante contacto secundario: Los sitios donde el agua puede utilizarse para actividades recreativas (deportes náuticos y la pesca (IIAP, 2013)) donde se genere contacto secundario con el agua según los parámetros del decreto 1594 de 1984 son los mismos mencionados para contacto primario y los siguientes:

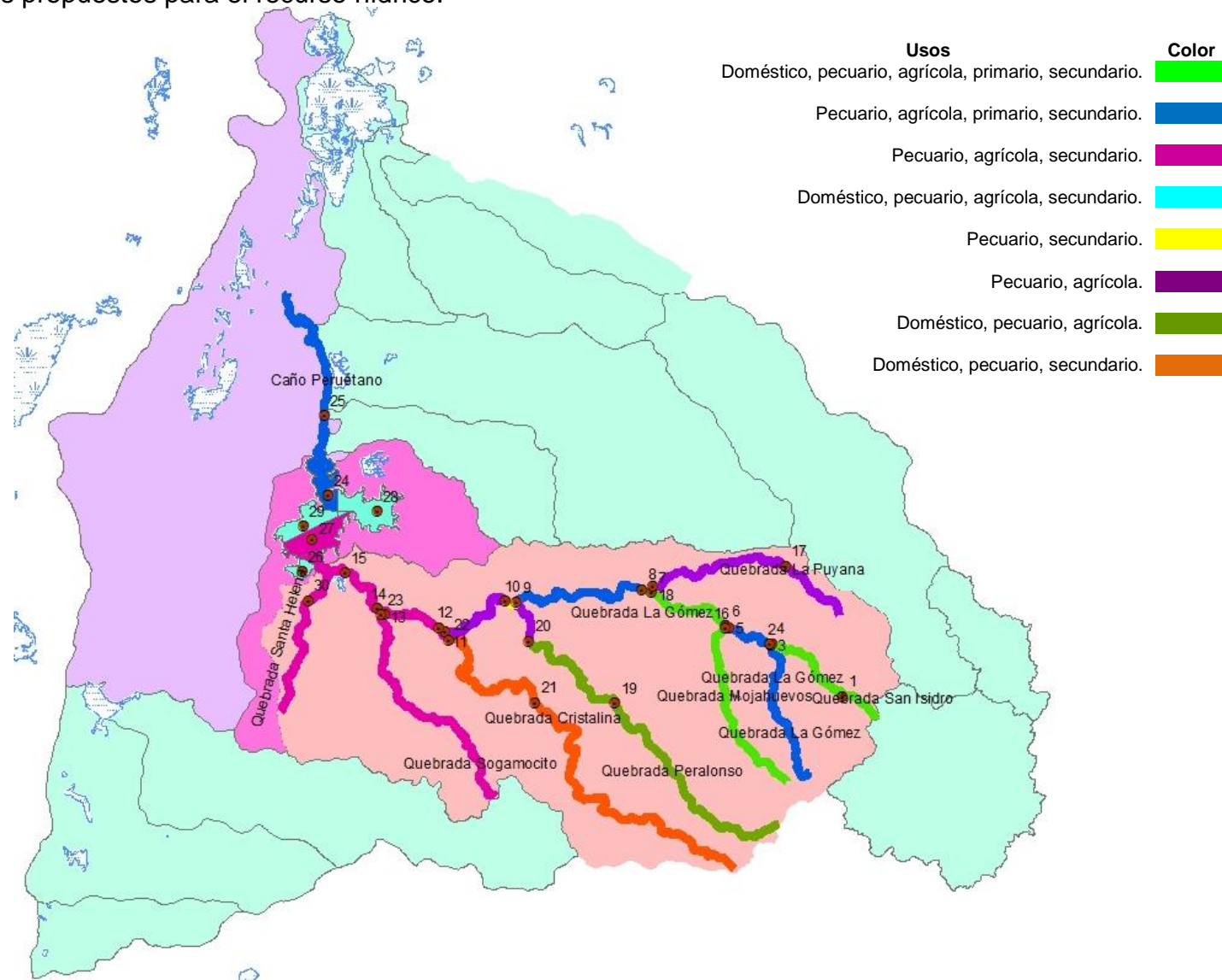
Cuadro 34. Puntos donde el agua puede ser utilizada para fines recreativos mediante contacto secundario.

Punto	Descripción
5	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Mojahuevos
7	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada la Puyana
9	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Peralonso
12	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Cristalina
13	Quebrada la Gómez antes de la unión con la quebrada Sogamocito
14	Quebrada la Gómez después de la unión con la quebrada Sogamocito
22	Quebrada Cristalina antes de la unión con la quebrada la Gómez
23	Quebrada Sogamocito antes de la quebrada la Gómez
28	Ciénaga de Paredes sector Comederos 2
30	Quebrada la Gómez llegada a la Ciénaga de Paredes después de la Santa Helena

3.4.6. Uso para preservación de flora y fauna (agua cálida dulce): En ningún punto el agua puede utilizarse para preservación de flora y fauna de acuerdo con los parámetros del decreto 1594 de 1984.

En el siguiente mapa se presentan los usos propuestos para el área de estudio y en el anexo 6. Comparación con la norma y esquema de usos, se encuentran los datos comparados con la norma.

Mapa 13. Usos propuestos para el recurso hídrico.



4 CONCLUSIONES

Los resultados del ICA NSF muestran que en ningún punto de la quebrada la Gómez la calidad del agua es excelente, en la mayoría es buena y media, sin embargo en la zona intermedia de su tributario la Puyana la calidad es mala, esto se debe a la descarga aguas arriba de los vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres, de los cuales uno pasa por sistema de tratamiento, y muestran incidencia en el ecosistema local.

Los resultados del ICA ENA 2010 de la primera campaña presentan diferencias significativas con los de la tercera campaña, y asimismo con los de la cuarta campaña. Esto se justifica con el aumento de sólidos suspendidos que se presentó por el aumento de material arrastrado por la escorrentía superficial directa en el periodo de lluvias, lo cual ocasionó valores de calidad desfavorables.

Los valores del ICA ENA 2014 de la primera campaña muestran diferencias significativas con las otras tres campañas, esto es generado al igual que en el ICA ENA 2010 por los sólidos suspendidos. También se presentan diferencias entre la segunda en época de lluvias y la cuarta campaña en época de sequía, esto ocurre porque las concentraciones de nitrógeno total en la última campaña son cinco veces mayor que las de la segunda, los aportes de esta sustancia son influenciados por las descargar de agua residual del municipio de Sabana de Torres y el caserío la Gómez.

Según el ICACOSU de la cuarta campaña, la calidad del agua es media y mala, solo en los puntos 13 y 24 es buena, esto se debe a que los caudales de los cuerpos loticos no sobrepasan los 10 m³/s, por tanto la capacidad ambiental de las corrientes estudiadas para asimilar contaminantes y autorecuperarse en algunos puntos es baja y en otros muy baja.

Las cuatro campañas de monitoreo reflejan en el año hidrológico, que las corrientes estudiadas presentan un alto nivel de nutrientes, asociado a una gran actividad humana, pues el grado de contaminación trófico dio eutrofia en todos los puntos, excepto en el punto 17 durante la segunda y cuarta campaña donde el valor de fósforo lo clasifica como un punto de hipereutrofia, dicha situación se presenta por la descarga de los dos vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres sobre la quebrada la Puyana.

El ICOMI durante la primera campaña tiene diferencia significativa con la segunda, puesto que en esta última los valores de la dureza son mayores. Asimismo, la segunda campaña presenta diferencias con la tercera y la cuarta campaña, porque en estas dos los resultados de dureza no superaron los 40 mg/l, es decir hay pocos cationes calcio y magnesio.

El ICOMO de la primera y la tercera campaña presento diferencia significativa, puesto que los valores de coliformes totales en esta última son elevados, en algunos puntos llega a 16000 NMP/100ml. También se presentan diferencias

entre la segunda campaña con la tercera y la cuarta, esto es porque los valores de coliformes totales durante la segunda campaña no superaron los 170 NMP/100ml, mientras que en las otras dos los resultados llegan hasta 17000 NMP/100ml. Esta situación es generada por los vertimientos del casco urbano de Sabana de Torres, el del caserío la Gómez y por el acceso de búfalos y reses a algunas corrientes, además, los bajos caudales no logran diluir estos aportes de materia orgánica.

Los niveles de contaminación por sólidos suspendidos de la primera campaña presentan diferencias significativas con las otras tres campañas, esto es porque en la primera campaña la concentración de sólidos suspendidos llegó hasta 292 mg/l, mientras que en las otras el valor fue de máximo 84 mg/l, es decir que en la primera es probable que los procesos de fotosíntesis hayan sido menores.

En el área estudiada se identificaron cuatro zonas de riesgo durante el año hidrológico, la quebrada la Puyana presentó riesgo alto; la quebrada Peralonso, Sogamocito, Santa Helena, Caño Peruétano a partir del punto 25 y los tramos sobre la quebrada la Gómez del punto 10 al 12 y del 13 hasta la Ciénaga de Paredes tienen riesgo medio. En la quebrada Mojahuevos, Cristalina, Ciénaga de Paredes, Caño Peruétano desde la ciénaga hasta el punto 25, los tramos sobre la quebrada la Gómez desde su nacimiento hasta el punto 10, y del 12 al 13 tienen riesgo bajo; solamente la quebrada San Isidro no presenta ningún riesgo durante el año.

En ningún punto el agua se puede consumir directamente de las corrientes estudiadas; para consumo humano y doméstico, se puede captar agua en el 26,7% de las secciones de los cauces estudiados, pero debe potabilizarse mediante tratamiento convencional y verificar la concentración de fenoles. En el 76,7% puede emplearse para la agricultura y en el 100% de los puntos el agua puede utilizarse en actividades pecuarias.

En el 40% de las secciones el agua puede emplearse para actividades de contacto primario, para actividades de contacto secundario en el 73,3%. En ningún punto el agua puede utilizarse para preservación de flora y fauna de acuerdo con los parámetros del decreto 1594 de 1984.

BIBLIOGRAFIA

ALCALDÍA MUNICIPAL DE SABANA DE TORRES. Esquema de ordenamiento territorial de Sabana de Torres. Sabana de Torres: 2003.

ALMARIO, Marcelo. Denuncian a extractora de contaminar afluente. En: Vanguardia. Bucaramanga. 19, febrero, 2014.

ARANGO, María Cecilia; ÁLVAREZ, Luisa Fernanda y ARANGO, Gloria Alexandra. Calidad del agua de las quebradas La Cristalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia. En: *Escuela de Ingeniería de Antioquía*, 2008, nro. 9, p. 121-141. ISSN 1794-1237.

ARIAS, Blanca; BEJARANO, Diana y ZAFRA, Carlos. Mapa de riesgos para la calidad del agua en sistemas de abastecimiento municipales. Un caso colombiano. En: *Revista Inge UAN*, 2014. vol. 4, nro. 8. p. 55–68. ISSN 2145-0935.

BALL, Roy y CHURCH, Richard. Water quality indexing and scoring. En: *J. Environ. Eng. Div*, 1980, vol. 106, nro. 4, p. 757–771.

BEHAR, Roberto; ZÚÑIGA, María y ROJAS, Olga. Análisis y valoración del índice de calidad de agua (ICA) de la NFS: Caso ríos Cali y Meléndez. En: *Rev. Ing. Compet*, 1997, vol. 1, nro. 1. p. 17–27. ISSN 2027-8284.

BELEÑO, Isis. El 50% del agua potable es de mala calidad. En: *UN Periódico - Universidad Nacional de Colombia*. Bogotá. 13, febrero, 2011. 28 p. ISSN 1657-0987.

BUSTAMANTE, César; MONSALVE, Elkin y GARCÍA, Pedro. Análisis de la calidad del agua en la cuenca media del río Quindío con base en índices físicos, químicos y biológicos. En: *Rev. invest. univ. Quindío*, 2008. vol. 18. p. 22–31.

CABILDO VERDE DE SABANA DE TORRES. Plan de ordenamiento y manejo de las subcuencas de las quebradas la Gómez, Santos Gutiérrez, Pescado e Islitas en el municipio de Sabana de Torres. Sabana de Torres; 2008. 553 p.

CADAVID, Julia; ECHEVERRY, Juan y GÓMEZ, Aura. Modelación índices de calidad de agua (ICA) en las cuencas de la región Cornare. En: *Gestión y Ambiente*, 2010. vol. 13, nro. 2. p. 7–24. ISSN 0124.177X.

CAÑAS, Juan. Determinación y evaluación de índices de contaminación (ICOS) en cuerpos de agua. En: *Repositorio Institucional UMNG*, 2013, p. 1–15.

CASTRO, Mario, et al. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. En: *Ing. Solidaría*. 2014, vol.10. nro. 17. p. 111–124.

CENICAÑA. Protocolos elaborados para medir el impacto de las intervenciones del fondo agua por la vida y la sostenibilidad. Cali: 2012.

CODECHOCO. Informe técnico de los índices de contaminación y calidad de agua de fuentes medidas y monitoreadas. Corporación Autónoma Regional para el desarrollo sostenible del Chocó. Chocó: 2014. 36.

CONAGUA. Estadísticas del agua en México. México, 2010.258 p.

DURÁN, Z. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Puerto Wilches. Puerto Wilches: 2007.

ECOCIALT. Plan de Saneamiento y Manejo de Vertimientos de Sabana de Torres. Sabana de Torres: 2014.

ESPUSATO. Programa de ahorro y uso eficiente del agua en Sabana de Torres. Sabana de Torres: 2009.

FAO. Agua y cultivos, logrando el uso óptimo del agua en la agricultura. Roma: FAO, 2002. 28 p.

FERNÁNDEZ, Nelson; RAMOS, Gabriel y SOLABO, Fredy. ICATEST V 1.0 Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua. En: BISTUA, 2004, vol. 2, nro. 2. p. 88–97. ISSN 0120-4211.

FERNANDEZ, Nelson; SOLABO, Fredy y RAMÍREZ, Alberto. Dinámica fisicoquímica y calidad del agua en la microcuenca el Volcán, municipio de Pamplona, Colombia. En: BISTUA, 2005, vol. 3, nro. 1. p. 5–17. ISSN 0120-4211.

FERNANDEZ, Nelson y SOLABO, Fredy. Índices de calidad y de contaminación del agua. Pamplona: Centro Publicaciones Universidad de Pamplona, 2005. 25-38 p. ISBN 958-33-7810-0.

-----,-----, Pamplona: Centro Publicaciones Universidad de Pamplona, 2005. 39-116 p. ISSN 958-33-7810-0.

-----,-----, Índices de calidad y de contaminación del agua. Pamplona: Centro Publicaciones Universidad de Pamplona, 2005. 24 p. ISBN 958-33-7810-0.

FUNDEWILCHES. Plan básico de ordenamiento territorial de Puerto Wilches. Puerto Wilches: 2002.

GONZÁLEZ, Viky; CAICEDO, Orlando y AGUIRRE, Néstor. Aplicación de los índices de calidad de agua NSF, DINIUS y BMWP en la quebrada La Ayurá, Antioquia, Colombia. En: Revista Gestión y Ambiente, 2013. vol. 16, nro. 1. p. 97–108. ISSN 0124-177X.

IDEAM. Aspectos científicos y técnicos de la aplicación de índices de calidad de agua para los ríos y evaluar las experiencias de estimaciones de indicadores del agua a nivel nacional e internacional; Informe final del contrato 111/2007. Pamplona: 2007.

------. Nota técnica sobre los aspectos científicos y técnicos de la aplicación de índices de calidad de agua para los ríos y evaluar las experiencias de estimaciones de indicadores del agua a nivel nacional e internacional. Informe final. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: 2007. p. 161.

------. Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá: 2010.

------. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua. Bogotá: 2011; p. 10.

------. Estudio Nacional del Agua 2014. Bogotá: 2014.

IDEHA. Fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano. Atlántico: Universidad del Norte. 2015. 190 p. ISBN 978-958-741-616-9.

IIAP. *Análisis físicoquímico y ecológico de las fuentes abastecedoras de agua para comunidades indígenas de Osbezcac en las cuencas de los ríos Timbiquí y Bubuey, Timbiquí - Cauca*. Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico: Quibdó, 2013. 73 p.

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. Estado de la Vigilancia de la Calidad del Agua para Consumo Humano en Colombia - 2013. Bogotá. 2014. 233 p. ISSB 2322-9497.

JARAMILLO, Carlos; MOLINA, Francisco y BETANCUR, Teresita. 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. En: Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2011, vol. 10, nro. 19, p. 33–46. ISSN 1692-3324.

JIMÉNEZ, Mario y VÉLEZ, María. Análisis comparativo de indicadores de la calidad de agua superficial. En: Avances en Recursos Hidráulicos, 2006, vol. nro. 14. p. 53-69. ISSN 0121-5701.

LÓPEZ, Estela; CATTANEO, Maricel y GARCÍA, Beatriz. Vertidos líquidos en la región rioplatense: normativa y calidad ambiental. En: Ciencia y Tecnología, 2014. vol. 14. p. 89–104. ISSN 1850-0870.

MINAMBIENTE. Guía técnica para la formulación de los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas POMCAS. 2014.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRÍCOLTURA; MINISTERIO DE SALUD; DNP. Decreto 1594 (26, junio, 1984). Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos. Bogotá: El Ministerio, 1984. 55 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 4716 (18, noviembre, 2010). Por medio de la cual se reglamenta el parágrafo del artículo 15 del Decreto 1575 de 2007. Bogotá: El Ministerio, 2010. 12 p.

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico. Bogotá: 2010.

COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1640 (2, agosto, 2012); Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El Ministerio, 2012. 28 p.

COLOMBIA. MINISTERIO DE PROTECCIÓN SOCIAL; MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Resolución 2115 (22, junio, 2007). Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano. Bogotá: El Ministerio, 2007. 23 p.

MOJICA, Beatriz *et al.* Caracterización de la calidad del agua en sitios de preferencia del manatí antillano (*Trichechus manatus*) en la ciénaga de Paredes, Magdalena Medio, Santander, Colombia. En: *Biota Colombiana*, 2014. vol. 15, nro. 1. p. 174–187. ISSN: 0124-5376.

MONTAÑEZ, Xiomara. El veneno que contamina las aguas en Sabana de Torres. En: Vanguardia. Bucaramanga. 11, marzo, 2014.

OBSERVATORIO DE SALUD PÚBLICA DE SANTANDER. Indicadores Básicos. Situación de Salud en Santander. Santander, 2014. 40 p.

OMS. Selección de los lugares de monitoreo. En: El monitoreo mundial de la calidad del agua. 1978. p. 1-35.

ONCOY, Beatriz. Evaluación de la influencia de los procesos naturales y las actividades humanas en la calidad del agua del río Paria, distrito de Independencia -Huaraz -2013 -2014. Tesis para optar el grado de maestro en Ciencias e Ingeniería Mención en Gestión Ambiental. Perú: Universidad Nacional “Santiago Antunez de Mayolo”, 2014. 100 p.

RAMÍREZ, Alberto; RESTREPO, Ricardo y CARDEÑOSA, Mauricio. Índices de contaminación para caracterización de aguas continentales y vertimientos. Formulaciones. En: *Cienc. Tecnol. Futuro*, 1999. vol. 1, nro. 5, p. 89–99.

RAMÍREZ, Alberto; RESTREPO, Ricardo y VIÑA, Gerardo. Cuatro índices de contaminación para caracterización de aguas continentales. Formulaciones y aplicación. En: *CTF - Cienc. Tecnol. Futuro*, 1997, vol. 1, nro. 3, p. 135–153. ISSN 0122-5383.

RAMÍREZ, Alberto y VIÑA, Gerardo. Limnología Colombiana. Aporte a su conocimiento y estadística de análisis. Bogotá: Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, 1998. 293 p. ISBN: 958902906X.

RAMOS, L *et al.* Análisis de la contaminación microbiológica (coliformes totales y fecales) en la Bahía de Santa Marta, Caribe colombiano. En: *Acta biol. Colomb*, 2008. vol. 13, nro. 3. p. 87–98. ISSN 0120-548X.

RAPAL. Contaminación y eutrofización del agua. Impactos del modelo de agricultura industrial. Uruguay: RAPAL, 2010. 38 P. ISBN 978-9974-8029-7-1.

RESTREPO, Ricardo. Validación de la funcionalidad de los índices de contaminación frente a la dispersión de las comunidades bióticas en humedales del Magdalena Medio. Monografía para optar por el título de Especialista en Química Ambiental. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Escuela de Química, 2004. 81 p.

SAMBONI, Natalia; REYES, Aldemar y CARVAJAL, Yesid. Aplicación de los indicadores de calidad y contaminación del agua en la determinación de la oferta hídrica neta. En: *Rev. Ing. Compet*, 2011, vol. 13, nro. 2. ISSN 2027-8284.

SAMBONI, Natalia; CARVAJAL, Yesid y ESCOBAR, Juan. Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. En: *Ing. E Investig*, 2007. vol. 27, nro. 3. p. ISSN 0120-5609.

SASI GROUP. Agua para uso doméstico. 2006.

SIAS, Delia. Evaluación de la calidad del agua mediante índice de Oregón en el sistema de abastecimiento poblacional proveniente de la quebrada Cocheros. Informe de práctica pre profesional. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2014. p. 1–86.

TORRES, Patricia; CRUZ, Camilo y PATIÑO, Paola. Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. En: *Rev. Ing. Univ. Medellín*. 2011, vol. 8, nro. 15, p. 79-94. ISSN 1692-3324.

UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA DE URUGUAY. Estado trófico y estados alternos.

Vanguardia. *Controlan derrame de crudo en quebradas de Sabana de Torres*; 2013.

VÁSQUEZ, C.; ARIZA, A y PINILLA, Gabriel. Descripción del estado trófico de diez humedales del altiplano Cundiboyacense. En: *UNIVERSITAS SCIENTIARUM*, 2006. vol. 11, nro. 2. p. 61–75. ISSN: 0122-7483.

VELÁSQUEZ, Jesús; JIMÉNEZ, Gabriel y SEPÚLVEDA, Mónica. Determinación de la calidad ambiental de la Ciénaga Colombia. En: *Gestión y Ambiente*, 2007. vol. 10, nro. 4. p. 187–199. ISSN 2357-5905.

ANEXOS

Anexo 1. Derechos de autor Universidad de Pamplona.

Solicitud derechos de autor

Recibidos x



Jenny Cristina Ardila Martínez <jennyardila@unisangil.edu.co>

2 jun. (hace 5 días) ☆



para viceinves, viup.proyectos, vinci.semillero, nelferpa

Buenas tardes señores UNIPAMPLONA, el motivo de mi comunicación es por que me encuentro realizando una especialización en la UIS y en mi trabajo de grado (calidad de agua) quiero colocar la ponderación del ICA de la National Sanitation Foundation y la tabla con la escala de clasificación de este índice, de su libro:

Índices de Calidad y de Contaminación del Agua, ISBN 958-33-7810-0, Nelson Josue Fernandez Parada, Fredy Solano Ortega

Me gustaría me orienten sobre el proceso para obtener el permiso de derechos de autor

Muchas gracias

Cordialmente

JENNY CRISTINA ARDILA MARTÍNEZ

Ingeniera Ambiental



Nelson Fernandez

11:54 (hace 22 horas) ☆



para mí, viceinves, Viup, Semilleros

Estimada Jenny,

Considero que cómo es un trabajo académico es suficiente que des los créditos con la citación. En este caso, mencionas que lo has tomado de Fernández y Solano, 2005 y que tienes nuestra autorización.

Los trabajos que te agradeoemos cites para dar soporte a esto son:

[1] N. Fernández, A. Ramírez, and F. Solano, "Physico-Chemical Water Quality Indices," BISTUA, vol. 2, pp. 19–30, 2005.

[2] N. Fernández and F. Solano, Índices de Contaminación y Calidad del Agua. Pamplona: Universidad de Pamplona, 2005. ISBN: 958-33-7810-0. 140pp.

[3] N. Fernández, G. Ramos, and F. Solano, "ICATEST V 1.0® Una herramienta Informática para el análisis y valoración de la calidad del Agua," BISTUA, vol. 2, no. 1, pp. 88–97, 2004.

Cordialmente,

-

Dr. Nelson Fernández

[Página Personal Academia](#)

[Página Citaciones en Google Scholar](#)

[Página Researchgate](#)

[@Biomarino](#)

Anexo 2. Derechos de autor libro Limnología Colombiana.



Jenny Cristina Ardila Martinez <jennyardila@unisangil.edu.co>

para alberto.ramirez

31 may. (hace 3 días)



Buenos días profesor Alberto, espero se encuentre muy bien, soy estudiante de la Especialización en Química Ambiental de la Universidad Industrial de Santander, el profesor Ricardo Restrepo me facilitó su correo para hacerle una solicitud.

Para mi monografía quiero usar la tabla de "Significancia de los índices de contaminación" que se encuentra en el artículo **ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES Y VERTIENTOS. FORMULACIONES** (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831999000100008).

También quiero colocar la tabla "Índice lótico de capacidad ambiental general" de su libro Limnología Colombiana aportes a su conocimiento y estadísticas de análisis.

Quería pedirle el favor me oriente para obtener el permiso para usar esas tablas en mi documento, ya que el director de la especialización nos pide tener autorización por escrito para el uso de estas. Quedo atenta

Muchas gracias

Cordialmente

JENNY CRISTINA ARDILA MARTÍNEZ

Ingeniera Ambiental



Alberto Ramirez Gonzalez

para mí

31 may. (hace 3 días)



Jenny

Por medio de este conducto te autorizo para que incluyas en tu monografía la documentación referida y solicitada.

Atentamente

Alberto Ramirez González

De: Jenny Cristina Ardila Martinez [mailto:jennyardila@unisangil.edu.co]

Enviado el: martes, 31 de mayo de 2016 10:05 a.m.

Para: Alberto Ramirez Gonzalez

Asunto: Solicitud derechos de autor

Anexo 3. Derechos de autor revista CTyF

Solicitud permisos derechos de autor



Recibidos x



Jenny Cristina Ardila Martinez <jennyardila@unisangil.edu.co>

31 may. (hace 2 días)



para ctyf

Buenos días señores Ciencia, Tecnología y Futuro, espero se encuentren muy bien, para mi proyecto de grado estoy haciendo una aplicación de los índices de contaminación cuyas metodologías se encuentran en algunos artículos de su revista, quiero usar la tabla de "Significancia de los índices de contaminación" que se encuentra en el artículo INDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES Y VERTIENTOS. FORMULACIONES (http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-53831999000100008). Quería pedirles el favor me orienten para obtener el permiso para usar esa tabla en mi documento.

Quedo atenta

Muchas gracias

Cordialmente

JENNY CRISTINA ARDILA MARTÍNEZ

Ingeniera Ambiental



ICP Revista CT&F

1 jun. (hace 1 día)



para mí

Estimada Ing. Ardila,

Gracias por su comunicación, nos permitimos comunicar que se autoriza el uso y reproducción de la tabla "Significancia de los índices de contaminación" que se encuentra en el artículo "ÍNDICES DE CONTAMINACIÓN PARA CARACTERIZACIÓN DE AGUAS CONTINENTALES Y VERTIENTOS. FORMULACIONES", en su publicación con los correspondientes créditos de los autores.

Cordial saludo

CT&F – Ciencia, Tecnología y Futuro

Journal of oil, gas and alternative energy sources

Instituto Colombiano del Petróleo - ECOPETROL S.A.

Km. 7 vía a Piedecuesta - Colombia

Tel. (57-7) - 6847000 Ext. 47504

ctyf@ecopetrol.com.co

