

## INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL

# CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A

*Caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua superficial realizada del 07 al 28 de diciembre de 2020.*

**BARRANQUILLA/ATLÁNTICO  
DICIEMBRE 2020**





## **INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE AGUA SUPERFICIAL**

**Elaboró:**

Valerie M. Gómez Domínguez

**Revisó:**

Karols Scaldaferrero Ruiz

**Aprobó:**

Ángel Barrera Ibarra

El monitoreo fue desarrollado por SERAMBIENTE S.A.S, empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM), a través de la Resolución 1013 de 2019, vigente hasta el 12 de septiembre de 2023, para producir información cuantitativa física y química para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades competentes, ubicada en la Carrera 41 # 73B – 72 en la ciudad de Barranquilla. El grupo de trabajo estuvo conformado por los siguientes profesionales de SERAMBIENTE S.A.S:

**JEISON CASTRO PEÑA**

Ingeniero de Campo

**CARLOS SULBARAN VILLAFANE**

Ingeniero de campo

**VALERIE GÓMEZ**

Analista técnico

**KAROLS SCALDAFERRO**

Ingeniera de Consultoría

**ÁNGEL BARRERA IBARRA**

Gerente





## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	13
<b>3. GENERALIDADES .....</b>	<b>14</b>
3.1 ALCANCE .....	14
3.2 NORMATIVA DE REFERENCIA .....	14
3.3 INFORMACIÓN DE LA EMPRESA .....	14
3.4 EMPRESA RESPONSABLE DEL ESTUDIO .....	15
<b>4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>24</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL MONITOREO .....	24
4.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO .....	25
4.3 UBICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO .....	31
4.4 PROCESO METODOLÓGICO.....	39
4.4.1. <i>Etapa de preparación</i> .....	39
4.4.2. <i>Etapa de campo</i> .....	40
4.4.3. <i>Etapa de laboratorio</i> .....	44
<b>5. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA .....</b>	<b>45</b>
<b>6. RESULTADOS .....</b>	<b>47</b>
6.1 RESULTADOS EN CAMPO.....	47
6.2 RESULTADOS EN LABORATORIO.....	60
6.3 RESULTADOS Y ANÁLISIS POR CUENCA .....	67
6.3.1. <i>Cuenca del río Magdalena</i> .....	67
Ciénaga El Uvero. ....	67
Ciénaga Larga.....	72
Ciénaga La Luisa. ....	75
Ciénaga Manatí. ....	79
Ciénaga Paraíso.....	83
Ciénaga de Santo Tomás. ....	86
Ciénaga de Sabanagrande.....	90
Ciénaga El Convento. ....	95
Ciénaga de Malambo. ....	99
Ciénaga de Mesolandia. ....	104
6.3.1. <i>Cuenca del Canal del Dique</i> . ....	108
Ciénaga de Tocagua. ....	108
Ciénaga de Luruaco. ....	112
Embalse del Guájaro. ....	116
6.3.3. <i>Cuenca Litoral</i> .....	121
Ciénaga del Totumo. ....	121
Ciénaga Los Manatíes. ....	126
<b>7. ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA.....</b>	<b>131</b>



7.1. ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) .....	131
7.1.1 OXÍGENO DISUELTO (OD).....	131
7.1.2. <i>Sólidos suspendidos totales</i> .....	131
7.1.3. <i>Demanda química de oxígeno (DQO)</i> .....	132
7.1.4. <i>Conductividad eléctrica (C.E.)</i> .....	132
7.1.5 <i>pH</i> .....	132
7.1.6. <i>Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)</i> .....	133
7.2. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR SÓLIDOS SUSPENDIDOS (ICOSUS) .....	135
7.3. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR MATERIA ORGÁNICA (ICOMO).....	136
7.4. ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN POR PH (ICOPH) .....	136
<b>8. CONCLUSIONES .....</b>	<b>139</b>
<b>9. REFERENCIAS.....</b>	<b>141</b>
<b>10. ANEXOS.....</b>	<b>145</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Empresas responsables de los análisis de las muestras para agua superficial.....	15
Tabla 3. Identificación de las muestras para agua superficial Identificación de la muestra.....	15
Tabla 4. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en el área de estudio .....	25
Tabla 5. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo.....	31
Tabla 6. Registro fotográfico de soluciones Buffer empleadas y etiqueta de envases.....	40
Tabla 7. Metodología de toma de muestras .....	41
Tabla 8. Tipo de envase y preserva .....	43
Tabla 9. Equipos y métodos analíticos para la medición de los parámetros In-situ .....	44
Tabla 10. Listado de los métodos empleados para el análisis de las muestras .....	44
Tabla 11. Artículo 2.2.3.3.9.10 – Decreto 1076/2015 y artículo 18 Decreto 703 de 2018 .....	45
Tabla 12. Resultados de campo de las muestras de agua superficial – Compuesta_I .....	47
Tabla 13. Resultados de campo de las muestras de agua superficial – Compuesta_II .....	50
Tabla 14. Resultados de campo (Compuesta_I) vs norma .....	53
Tabla 15. Resultados de campo (Compuesta_II) vs norma .....	56
Tabla 18. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	60
Tabla 19. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	60
Tabla 20. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	61
Tabla 21. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	62
Tabla 22. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	62
Tabla 23. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	63
Tabla 24. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	63
Tabla 25. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	64
Tabla 26. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	64
Tabla 27. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	65
Tabla 28. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	65
Tabla 29. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	66
Tabla 30. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial.....	66





Tabla 34. Variables y ponderaciones.....	133
Tabla 35. Clasificación del ICA.....	133
Tabla 36. Valor obtenido (índice) – ICA 5 Variables.....	134
Tabla 37. Significancia de los índices de contaminación (ICOs).....	135
Tabla 38. Resultado final de la determinación de ICOSUS/ICOMO/ICOpH.....	136
Tabla 39. Anexos del informe técnico.....	145



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de los puntos de monitoreo_ Primera sección .....	37
Figura 2. Localización geográfica de los puntos de monitoreo_ Segunda sección .....	37
Figura 3. Localización geográfica de los puntos de monitoreo_ Tercera sección .....	38
Figura 4. Localización geográfica de los puntos de monitoreo_ Cuarta sección .....	38
Figura 5. Actividades de la etapa de preparación. ....	39
Figura 6. Flujograma del proceso de remisión de muestras. ....	43
Figura 7. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga El Uvero en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	69
Figura 8. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga El Uvero en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	71
Figura 9. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga El Uvero en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	72
Figura 10. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Larga en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA y del Decreto 1576 de 2015. ....	73
Figura 11. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Larga en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA. ....	74
Figura 12. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Larga en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA. ....	75
Figura 13. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga La Luisa en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	77
Figura 14. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga La Luisa en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	78
Figura 15. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga La Luisa en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	79



Figura 16. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Manatí en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA y del Decreto 1576 de 2015.....	80
Figura 17. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Manatí en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.....	82
Figura 18. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Manatí en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.....	83
Figura 19. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Paraíso en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA y del Decreto 1576 de 2015.....	84
Figura 20. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Paraíso en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.....	85
Figura 21. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Paraíso en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.....	86
Figura 22. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Santo Tomás en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	88
Figura 23. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Santo Tomás en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	89
Figura 24. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Santo Tomás en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	90
Figura 25. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Sabanagrande en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	92
Figura 26. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Sabanagrande en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	94
Figura 27. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Sabanagrande en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	95





Figura 28. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga El Convento en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	97
Figura 29. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga El Convento en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	98
Figura 30. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga El Convento en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	99
Figura 31. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Malambo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	101
Figura 32. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Malambo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	103
Figura 33. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Malambo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	104
Figura 34. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Mesolandia en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	106
Figura 35. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Mesolandia en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	107
Figura 36. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Mesolandia en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	108
Figura 37. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Tocagua en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	110
Figura 38. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Tocagua en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	111
Figura 39. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Tocagua en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	112



Figura 40. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Luruaco en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	114
Figura 41. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Luruaco en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	115
Figura 42. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Luruaco en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	116
Figura 43. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en el Embalse del Guájaro en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020. ....	118
Figura 44. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en el Embalse del Guájaro en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	120
Figura 45. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en el Embalse del Guájaro en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	121
Figura 46. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga del Totumo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	123
Figura 47. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga del Totumo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	125
Figura 48. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga del Totumo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	126
Figura 49. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Los Manatíes en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. ....	128
Figura 50. Variación de la DBO <sub>5</sub> , DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Los Manatíes en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	129
Figura 51. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Los Manatíes en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	130



## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Ciénaga de Malambo .....	25
Fotografía 2. Ciénaga de Mesolandia.....	25
Fotografía 3. Ciénaga El Convento .....	26
Fotografía 4. Ciénaga de Sabanagrande.....	26
Fotografía 5. Ciénaga La Luisa .....	26
Fotografía 6. Ciénaga Paraíso.....	26
Fotografía 7. Ciénaga El Uvero .....	27
Fotografía 8. Ciénaga de Luruaco.....	27
Fotografía 9. Ciénaga de Tocagua .....	27
Fotografía 10. Embalse del Guájaro P7 .....	27
Fotografía 11. Embalse del Guájaro P8 .....	28
Fotografía 12. Embalse del Guájaro P1 .....	28
Fotografía 13. Embalse del Guájaro P2 .....	28
Fotografía 14. Embalse del Guájaro P3 .....	28
Fotografía 15. Embalse del Guájaro P4 .....	28
Fotografía 16. Embalse del Guájaro P6 .....	28
Fotografía 17. Ciénaga de Mallorquín P1.....	29
Fotografía 18. Ciénaga de Mallorquín P2.....	29
Fotografía 19. Ciénaga del Rincón - (Lago del Cisne) P1 .....	29
Fotografía 20. Ciénaga del Rincón - (Lago del Cisne) P2 .....	29
Fotografía 21. Ciénaga de Balboa P1 .....	30
Fotografía 22. Solución Buffer con pH de 4.00 .....	40
Fotografía 23. Solución Buffer con pH de 7.00 .....	40
Fotografía 24. Solución Buffer con pH de 10.00 .....	40
Fotografía 25. Etiqueta para rotular muestras. ....	40





# 1. INTRODUCCIÓN

**CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A.**, contrató los servicios de SERAMBIENTE S.A.S., para desarrollar una caracterización de agua superficial en cincuenta y dos (52) puntos, ubicados en las ciénagas del departamento del Atlántico; seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental.

El monitoreo se llevó a cabo los días del 07 a 28 de diciembre de 2020. La toma de muestra fue puntual y compuesta, tomada por el laboratorio SERAMBIENTE S.A.S. y analizadas en conjunto por LIMA S.A.S, dichos laboratorios se encuentran acreditados por el IDEAM para la toma de muestras y análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

El presente informe presenta la etapa de campo y los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica de agua superficial. Los métodos de medición y análisis empleados son los definidos en el Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, Ed. 23 de 2017.

Los parámetros evaluados son los solicitados por el cliente y la evaluación de los resultados fisicoquímicos y microbiológicos se realizará con los criterios establecidos en la normatividad vigente, Decreto Único 1076 de 2015 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.



## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Objetivo general

Realizar la evaluación de la calidad del agua superficial en cincuenta y dos (52) puntos, ubicados en las ciénagas del departamento del Atlántico; seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental.

### 2.2. Objetivos específicos

- Realizar la toma de muestra de agua superficial en cincuenta y dos (52) puntos, localizados en ciénagas del departamento del Atlántico.
- Realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológicamente la calidad del agua superficial en cincuenta y dos (52) puntos, localizados en ciénagas del departamento del Atlántico.
- Preparar un informe técnico, en el que se presentan los resultados y conclusiones de la evaluación efectuada durante el periodo de monitoreo.
- Comparar los resultados obtenidos con los criterios de calidad para los usos del recurso, regulados en el Decreto 1076 de 2015.
- Determinar la calidad del recurso hídrico por medio del índice de calidad de agua (ICA, Índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), Índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO) e Índice de contaminación por pH (ICOpH).



## 3. GENERALIDADES

### 3.1 Alcance

Toma de muestra de agua superficial en cincuenta y dos (52) puntos, ubicados en las ciénagas del departamento del Atlántico; seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental.

### 3.2 Normativa de referencia

Desde el punto de vista normativo, las características fisicoquímicas del agua superficial se comparan con los valores regulados en el Decreto 1594 de 1984 (ahora compilado en el Decreto 1076 de 2015), donde se establecen los criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y la fauna.

### 3.3 Información de la empresa

<b>Razón Social:</b>	<b>CORPORACIÓN AUTÓNOMA DREGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A</b>
<b>Ciudad:</b>	Barranquilla
<b>Departamento:</b>	Atlántico
<b>Dirección:</b>	Carrera 66 # 54 - 43
<b>Actividad Económica:</b>	Empresa encargada de ejecutar las políticas, planes, programas y proyectos sobre medio ambiente y recursos naturales renovables, así como dar cumplimiento a las disposiciones legales vigentes.



### 3.4 Empresa responsable del estudio

El monitoreo fue realizado por el laboratorio de Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. Las empresas responsables de cada uno de los análisis se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Empresas responsables de los análisis de las muestras para agua superficial**

Laboratorio	Parámetro	Resolución de Acreditación
SERAMBIENTE S.A.S	pH	Resolución 1013 de 2019
	Oxígeno disuelto	
	Conductividad	
	Temperatura	
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	
LIMA S.A.S	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Resolución 0555 de 2019
	Coliformes termotolerantes	
	Coliformes totales	

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S, 2021.

Los datos generales del monitoreo, identificación de cada una de las muestras y los puntos de monitoreo, se detallan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Identificación de las muestras para agua superficial**

Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 1 Ciénaga de Malambo	07/12/2020	122693	6872	SERAMBIENTE S.A.S	20901	20-4608	LIMA S.A.S
Punto 1 Ciénaga de Mesolandia		122694			20900		
Punto 2 Ciénaga de Mesolandia		122695			20899		
Punto 2 Ciénaga de Malambo		122696			20898		
Ciénaga de Malambo Punto 1	09/12/2020	122745			20948	20-4617	
Ciénaga de Malambo		122746			20949		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Ciénaga de Mesolandia Punto 1		122747			20950		
Ciénaga de Mesolandia Punto 2		122748			20951		
Punto 1 Ciénaga El Convento	10/12/2020	122697			20995	20-4628	
Punto 2 Ciénaga El Convento		122698			20996		
Punto 1 Ciénaga de Sabanagrande		122699			20997		
Punto 2 Ciénaga de Sabanagrande		122700			20998		
Punto 1 Ciénaga de Sabanagrande	11/12/2020	122749			21020	20-4632	
Punto 1 Ciénaga de Sabanagrande		122750			21021		
Punto 2 Ciénaga Sabanagrande		122751			21022		
Punto 2 Ciénaga de Sabanagrande		122752			21023		
Punto 1 Ciénaga La Luisa	12/12/2020	122701			21016	20-4631	
Punto 1 Ciénaga La Luisa		122702			21017		
Punto 2 Ciénaga de Santo Tomás		122703			21018		
Punto 2 Ciénaga de Santo Tomás		122704			21019		







Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 1 Ciénaga Larga	14/12/2020	122705			21046	20-4642	
Punto 2 Ciénaga Larga		122706			21047		
Punto 1 Ciénaga Manatí		122707			21048		
Punto 2 Ciénaga Manatí		122708			21049		
Punto 1 Ciénaga Paraíso		122709			21050		
Punto 2 Ciénaga Paraíso		122710			21051		
Punto 1 Ciénaga El Uvero		122711			21052		
Punto 2 Ciénaga El Uvero		122712			21053		
P1 Ciénaga Luisa	13/12/2020	122753			21024	20-4633	
P2 Ciénaga La Luisa		122754			21025		
P1 Ciénaga de Santo Tomas		122755			21026		
P2 Ciénaga de Tomás		122756			21027		
Punto 1 Ciénaga Los Manatíes	12/12/2020	122769			21121	20-4670	
Punto 1 Ciénaga Larga	15/12/2020	122757			21065	20-4648	
Punto 2 Ciénaga Larga		122758			21066		
Punto 1 Ciénaga Manatí		122759			21067		
Punto 2 Ciénaga Manatí		122760			21068		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 1 Ciénaga Paraíso		122761			21069		
Punto 2 Ciénaga Paraíso		122762			21070		
Punto 1 Ciénaga El Uvero		122763			21071		
Punto 2 Ciénaga El Uvero		122764			21072		
Punto 1 Ciénaga de Luruaco	16/12/2020	122713			21061	20-4647	
Punto 2 Ciénaga de Luruaco		122714			21062		
Punto 1 Ciénaga de Tacagua		122715			21063		
Punto 2 Ciénaga de Tacagua		122716			21064		
Punto 1 Ciénaga de Luruaco	17/12/2020	122765			21095	20-4657	
Punto 2 Ciénaga de Luruaco		122766			21096		
Punto 1 Ciénaga de Tocagua		122767			21097		
Punto 2 Ciénaga de Tocagua		122768			21098		
Punto 1 Ciénaga Los Manatíes	18/12/2020	122717			21092	20-4656	
Punto 1 Ciénaga del Totumo		122718			21093		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 2 Ciénaga del Totumo	19/12/2020	122719			21094	20-4670	
Punto 1 Ciénaga del Totumo		122770			21122		
Punto 2 Ciénaga del Totumo		122771			21123		
Punto 7 Embalse del Guájaro	21/12/2020	122720			21145	20-4678	
Punto 8 Embalse del Guájaro		122721			21146		
Punto 9 Embalse del Guájaro		122722			21147		
Punto 1 Embalse del Guájaro		122723			21148		
Punto 2 Embalse del Guájaro		122724			2114		
Punto 3 Embalse del Guájaro		122725			21150		
Punto 4 Embalse del Guájaro		122726			21151		
Punto 5 Embalse del Guájaro	122727			21152			
Punto 6 Embalse del Guájaro	122728			21153			
Punto 7 Embalse del Guájaro	22/12/2020	12272			21154	20-4679	
Punto 8 Embalse del Guájaro		122773			21155		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 9 Embalse del Guájaro		122774			21156		
Punto 1 Embalse del Guájaro		122775			21157		
Punto 2 Embalse del Guájaro		122776			21157-1		
Punto 3 Embalse del Guájaro		122777			21158		
Punto 4 Embalse del Guájaro		122778			21159		
Punto 5 Embalse del Guájaro		122779			21160		
Punto 6 Embalse del Guájaro		122780			21161		
Punto1 Ciénaga de Mallorquín	27/12/2020	122729			21215	20-4697	
Punto 2 Ciénaga de Mallorquín		122730			21216		
Punto 3 Ciénaga de Mallorquín		122731			21217		
Punto 4 Ciénaga de Mallorquín		122732			21218		
Punto 5 Ciénaga de Mallorquín		122733			21219		
Punto 6 Ciénaga de Mallorquín		12734			21220		
Punto 7 Ciénaga de Mallorquín		122735			21221		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 1 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122736			21222		
Punto 2 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122737			21223		
Punto 3 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122738			21224		
Punto 4 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122739			21225		
Punto 5 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122740			21226		
Punto 6 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122741			21227		
Punto 1 Ciénaga de Balboa		122742			21228		
Punto 2 Ciénaga de Balboa		122743			21229		
Punto 3 Ciénaga de Balboa		122744			21230		
Punto 1 Ciénaga de Mallorquín		28/12/2020	122781			21231	20-498-M
Punto 2 Ciénaga de Mallorquín	122782				21232		
Punto 3 Ciénaga de Mallorquín	122783				21233		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 4 Ciénaga de Mallorquín		122784			21234		
Punto 5 Ciénaga de Mallorquín		122785			21235		
Punto 6 Ciénaga de Mallorquín		122786			21236		
Punto 7 Ciénaga de Mallorquín		122787			21237		
Punto 1 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122788			21238		
Punto 2 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122789			2139		
Punto 3 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122790			21240		
Punto 4 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122791			21241		
Punto 5 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122792			21242		
Punto 6 Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne)		122793			21243		
Punto 1 Ciénaga de Balboa		122794			21244		
Punto 2 Ciénaga de Balboa		122795			21245		





Puntos	Fecha	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio	Identificación de la muestra	No. de reporte	Laboratorio
Punto 3 Ciénaga de Balboa		122796			21246		

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.



## 4. METODOLOGÍA

### 4.1 Características del monitoreo

El monitoreo se realizó según los requerimientos de la organización, los cuales fueron determinar las características fisicoquímicas y microbiológicas de las muestras de agua superficial tomadas en cincuenta y dos (52) puntos, ubicados en las ciénagas del departamento del Atlántico; seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental.

La toma de muestra de agua superficial se realizó los días del 7 a 28 de diciembre de 2020. Para las mediciones in situ se realizó la verificación de la calibración de los equipos utilizados, de lo cual se dejó registro en el formato de campo. Posteriormente se adelantó la medición de los parámetros de *conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, pH y temperatura*, efectuando las lecturas en la mayor brevedad posible, con el fin de minimizar la oxigenación natural de la muestra.

Previo a la toma de muestras se prepararon los reactivos y materiales necesarios para la preservación, envasado y la refrigeración de las muestras, según lo indicado en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 23 (2017).

La toma de muestras del agua superficial se realizó compuesta para los parámetros In-Situ y puntual por los parámetros analizados por el laboratorio, siguiendo lo establecido en el procedimiento para muestreo de aguas (PO-PSM-45).









## 4.2 Descripción de los puntos de monitoreo

A continuación, se presenta la descripción de los puntos de monitoreo, los cuales se encuentran relacionados en el Anexo2, Formatos de *Campo (Plan de monitoreo – FO-PO-PSM-72-13)*, (*Planillas de campo – FO-PO-PSM-45-01*) y (*Cadenas de custodia – FO-PO-PSM-13-03*).

**Tabla 3. Descripción de los puntos de monitoreo ubicados en el área de estudio**

Agua superficial	
<b>Descripción</b>	Los puntos de monitoreo se llevaron a cabo en las ciénagas del departamento del Atlántico, se caracterizan porque sus aguas presentan una apariencia turbia, en esta zona se pudo observar cobertura vegetal.
<b>Registro fotográfico</b>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;"><div style="text-align: center;"><p>Fotografía 1. Ciénaga de Malambo</p></div><div style="text-align: center;"><p>Fotografía 2. Ciénaga de Mesolandia</p></div></div>





**Agua superficial**



**Fotografía 3. Ciénaga El Convento**



**Fotografía 4. Ciénaga de Sabanagrande**

**Registro fotográfico**



**Fotografía 5. Ciénaga La Luisa**



**Fotografía 6. Ciénaga Paraíso**





**Agua superficial**

Registro fotográfico



**Fotografía 7. Ciénaga El Uvero**



**Fotografía 8. Ciénaga de Luruaco**



**Fotografía 9. Ciénaga de Tocagua**



**Fotografía 10. Embalse del Guájaro P7**





**Agua superficial**



**Fotografía 11. Embalse del Guájaró P8**



**Fotografía 12. Embalse del Guájaró P1**



**Fotografía 13. Embalse del Guájaró P2**



**Fotografía 14. Embalse del Guájaró P3**



**Fotografía 15. Embalse del Guájaró P4**



**Fotografía 16. Embalse del Guájaró P6**





**Agua superficial**



**Fotografía 17. Ciénaga de Mallorquín P1**



**Fotografía 18. Ciénaga de Mallorquín P2**

**Registro fotográfico**



**Fotografía 19. Ciénaga del Rincón - (Lago del Cisne) P1**



**Fotografía 20. Ciénaga del Rincón - (Lago del Cisne) P2**





**Agua superficial**

Registro fotográfico



**Fotografía 21. Ciénaga de Balboa P1**

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.





### 4.3 Ubicación de los puntos de monitoreo

En este numeral se presenta la ubicación y las características en los puntos de monitoreo de agua superficial, tomadas en las ciénagas del departamento del Atlántico, seleccionadas por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental.

Barranquilla se encuentra a 52 metros sobre el nivel del mar. Barranquilla tiene un clima tropical. En comparación con el invierno, los veranos tienen mucha más lluvia. De acuerdo con Köppen y Geiger clima se clasifica como Aw. En Barranquilla, la temperatura media anual es de 27,8 °C. En un año, la precipitación es 767 mm. ([www.es.climate-data.org/](http://www.es.climate-data.org/)).

Los puntos de monitoreo se localizaron según el sistema Magna Sirgas con origen Bogotá y Nacional, las coordenadas se relacionan en la Tabla 4 y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se puede observar la localización geográfica de los puntos de monitoreo.

**Tabla 4. Ubicación geográfica de los puntos de monitoreo**

Características del monitoreo						
Tipo de muestreo			Simple y Compuesta			
Tipo de sistema			Léntico			
Fecha: 7 – 28 diciembre de 2020			Georreferenciación			
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Sistema magna sirgas	Coordenadas geográficas	Coordenadas Origen
		(hh:mm)		Origen Bogotá	WGS84	Nacional
Ciénaga de Malambo	122693	16:00	1	1693133,016N	10°51'45,8"N	2758927,896N
	122696					
	122745			925121,018E	74°45'44,4"W	4807436,077E
	122746					
Ciénaga de Mesolandia	122694	4	1696156,773N	10°53'24,2"N	2761950,540N	
	122695					
	122747					



Características del monitoreo						
Tipo de muestreo			Simple y Compuesta			
Tipo de sistema			Léntico			
Fecha: 7 – 28 diciembre de 2020			Georreferenciación			
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Sistema magna sirgas	Coordenadas geográficas	Coordenadas Origen
		(hh:mm)		Origen Bogotá	WGS84	Nacional
	122748	16:00	2	925079,244E	74°45'46"W	4807405,051E
Ciénaga El Convento	122697			1689599,607N	10°49'50,87"N	2755393,084N
	122698		925934,160E	74°45'17,37"W	4808236,374E	
Ciénaga de Sabanagrande	122699		6	1685223,339N	10°47'28,53"N	2755393,084N
	122700					
	122749					
	122750					
	122751					
Ciénaga La Luisa	122701		4	1680154,720N	10°44'43,56"N	2745949,188N
	122702					
	122753					
	122754					
Ciénaga de Santo Tomás	122703		3	1682011,221N	10°45'43,99"N	2747804,283N
	122704					
	12275					
	122756					
Ciénaga Larga	122705	3	1677578,455N	10°43'19,74" N	2743372,955N	
	122706					
	122757					
	122758					927080,255E
Ciénaga Manatí	122707	3	1676687,689N	10°42'50,77" N	2742481,625N	





Características del monitoreo						
Tipo de muestreo			Simple y Compuesta			
Tipo de sistema			Léntico			
Fecha: 7 – 28 diciembre de 2020			Georreferenciación			
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Sistema magna sirgas	Coordenadas geográficas	Coordenadas Origen
		(hh:mm)		Origen Bogotá	WGS84	Nacional
	122708					
	122759					
	122760			927349,090E	74°44'29,87"W	4809605,320E
Ciénaga Paraíso	122709		2			
	122710			1675405,722N	10°42'9,07"N	2741199,196N
	122761					
	122762			927636,550E	74°44'20,32" W	4809888,180E
Ciénaga El Uvero	122711		4			
	122712			1660330,029N	10°33'58,3"N	2726137,133N
	122763					
	122764			925534,575E	74°45'28,4"W	4807734,765E
Ciénaga de Luruaco	122713		24			
	122714			1664710,267N	10°36'16,90"N	2730664,673N
	122765					
	122766			882459,872E	75°9'5,60"W	4764690,453E
Ciénaga de Tocagua	122715		22			
	122716			1668088,348N	10°38'6,40"N	2734054,650N
	122767					
	122768			878750,593E	75°11'8,00"W	4760993,949E
Ciénaga Los Manatíes	122769		38	1602260,192N	10°02'27,20"N	2668146,015N
	122717			908898,950E	74°54'30,60"W	4790910,300E



Características del monitoreo						
Tipo de muestreo			Simple y Compuesta			
Tipo de sistema			Léntico			
Fecha: 7 – 28 diciembre de 2020			Georreferenciación			
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Sistema magna sirgas	Coordenadas geográficas	Coordenadas Origen
		(hh:mm)		Origen Bogotá	WGS84	Nacional
Ciénaga del Totumo P1	122718	16:00	0	1679282,536N	10°44'10,04"N	2745263,786N
	122770			873589,744E	75°13'59,14"W	4755873,568E
Ciénaga del Totumo P2	122719		0	1677559,379N	10°43'13,8"N	2743545,925N
	122771			872207,724E	75°14'44,40"W	4754485,876E
Embalse del Guajaro P7	122720		4	1655870,026N	10°31'30,63"N	2721781,352N
Embalse del Guajaro P7	122702		4	895744,205E	75°1'47,76"N	4777940,164E
Embalse del Guajaro P8	122721		6	1661144,507N	10°34'22,33"N	2727058,594N
	122773			895330,031E	75°2'1,91"W	4777544,313E
Embalse del Guajaro P9	122722		43	1660251,970N	10°33'52,62"N	2726182,354N
	122774			889800,129E	75°5'3,69"W	4772013,084E
Embalse del Guajaro P1	122723		115	1644753,564N	10°25'33,98"N	2710315,304N
	122775			999557,722E	74°4'53,57"W	4881665,723E
Embalse del Guajaro P2	122724	4	1646037,015N	10°26'10,24"N	2711965,386N	
	122776		891693,782E	75°3'59,94"W	4773857,401E	
Embalse del Guajaro P3	122725	193	1645198,245N	10°25'40,64"N	2711197,349N	
	122777		871003,638E	75°15'20"W	4753170,350E	
Embalse del Guajaro P4	122726	4	1647925,422N	10°27'11,10"N	2713872,511N	
	122778		886034,823E	75°7'6,18"W	4768206,635E	
Embalse del Guajaro P5	122727	96	1651096,963N	10°28'54,75"N	2717028,683N	
	122779		890245,508E	75°4'48,08"W	4772426,867E	



Características del monitoreo						
Tipo de muestreo			Simple y Compuesta			
Tipo de sistema			Léntico			
Fecha: 7 – 28 diciembre de 2020			Georreferenciación			
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Sistema magna sirgas	Coordenadas geográficas	Coordenadas Origen
		(hh:mm)		Origen Bogotá	WGS84	Nacional
Embalse del Guajaro P6	122728		4	1654701,612N	10°30'52,02"N	2720633,206N
	122780			889952,892E	75°4'58,08"W	4772146,699E
Ciénaga de Mallorcaín P1	122729		0	1713348,659N	11°02'42,91"N	2779170,091N
	122781			915413,415E	74°51'05,71"W	4797804,633E
Ciénaga de Mallorcaín P2	122730		53	1710354,303N	11°01'05,46" N	2777035,166N
	122782			915334,634E	74°51'08,05"W	4688434,452E
Ciénaga de Mallorcaín P3	122731		0	1713241,963N	11°02'39,47"N	2779062,058N
	122783			915795,926E	74°50'53,10"W	4798186,611E
Ciénaga de Mallorcaín P4	122732		4	1601988,866N	10°02'18,80" N	2667857,132N
	122784			914284,199E	74°51'33,75"W	4796292,643E
Ciénaga de Mallorcaín P5	122733		0	1712297,690N	11°02'08,78"N	2778116,479N
	122785			916260,988E	74°50'37,70"W	4798648,090E
Ciénaga de Mallorcaín P6	122734		0	1712949,854N	11°02'30,09"N	2778764,604N
	122786			917311,461E	74°50'3,15"W	4799700,498E
Ciénaga de Mallorcaín P7	122735		0	1714674,830N	11°03'26,15"N	2780492,160N
	122787			916407,621E	74°50'33,07"W	4798803,233E
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P1	122736		2	1710118,828N	11°00'57,44"N	4798803,233N
	122788			911189,118E	74°53'24,58"W	4793570,329E
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P2	122737		0	1709944,604N	11°00'51,75"N	2775783,371N
	122789			910958,219E	74°53'32,17"W	4793338,891E
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P3	122738		0	1710185,364N	11°00'59,55"N	2776025,452N



Características del monitoreo						
Tipo de muestreo			Simple y Compuesta			
Tipo de sistema			Léntico			
Fecha: 7 – 28 diciembre de 2020			Georreferenciación			
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Sistema magna sirgas	Coordenadas geográficas	Coordenadas Origen
		(hh:mm)		Origen Bogotá	WGS84	Nacional
	122790	16:00		910565,420E	74°53'45,13"W	4792947,104E
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P4	122739		0	1710481,778N	11°01'09,22"N	2776320,778N
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P4	122791		0	910837,030E	74°53'36,21"W	4793219,678E
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P5	122740		12	1710216,057N	11°01'0,52"N	2776057,297N
	122792					
Ciénaga El Rincón (Lago Cisne) P6	122741		12	1710579,743N	11°01'12,49"N	2776415,359N
	122793					
Ciénaga de Balboa P1	122742		7	1706580,182N	10°59'01,52"N	2772449,170N
	122794					
Ciénaga de Balboa P2	122743		1	1706061,089N	10°58'44,53"N	2771933,891N
	122795					
Ciénaga de Balboa P3	122744		4	1668501,865N	10°38'24,96"W	2734267,976N
	122796					

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.







**Figura 1. Localización geográfica de los puntos de monitoreo\_ Primera sección**  
*Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.*



**Figura 2. Localización geográfica de los puntos de monitoreo\_ Segunda sección**  
*Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.*





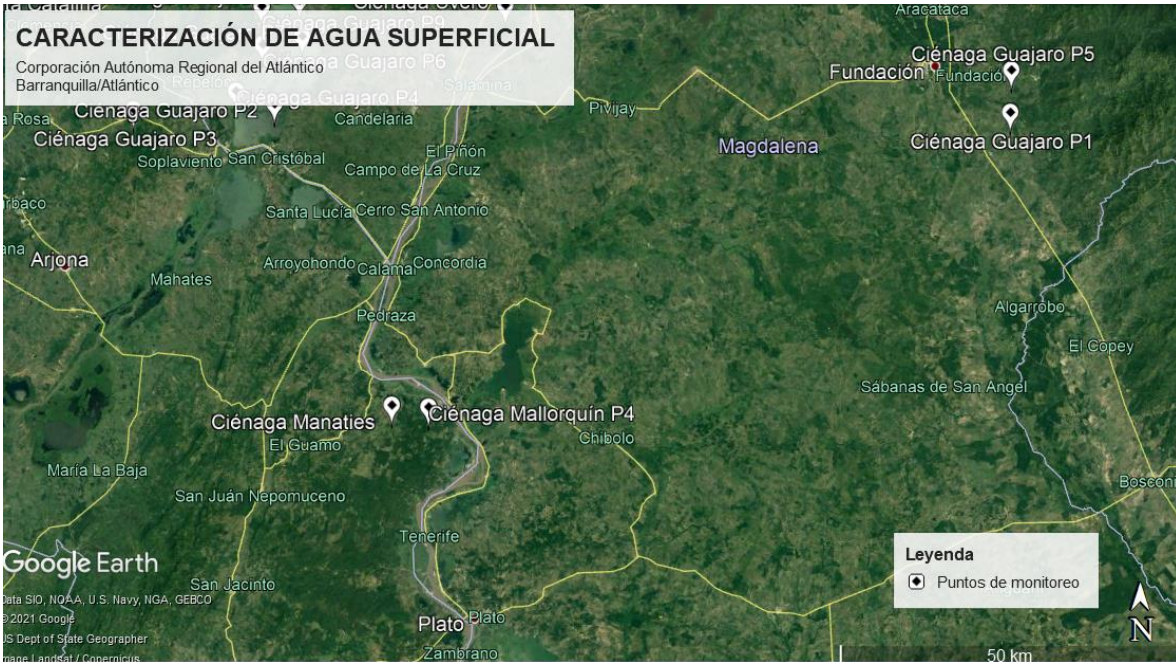


Figura 3. Localización geográfica de los puntos de monitoreo\_ Tercera sección

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.



Figura 4. Localización geográfica de los puntos de monitoreo\_ Cuarta sección

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.





## 4.4 Proceso metodológico

Los métodos empleados siguen los lineamientos y técnicas recomendados en la Guía para el Monitoreo de Vertimientos, Aguas Superficiales y Subterráneas del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos-U.S EPA en su Handbook for Analytical Quality Control in Water and Wastewater Laboratories, y por la Asociación Americana de Trabajos del Agua- AWWA- en el American Standard Methods for Examination of Water and Wastewater Edición 23 (2017), además de la norma técnica Colombiana NTC-ISO 17025 “Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración (ICONTEC, 2005).

### 4.4.1. Etapa de preparación

Esta etapa es fundamental para el adecuado funcionamiento de los demás procesos, pues es aquí donde se lleva a cabo toda la planeación y programación para que la fase de campo se desarrolle sin ningún inconveniente. En la Figura 5 se muestran los pasos que se siguieron, con la finalidad de determinar los puntos de monitoreo y las pruebas realizadas en ellos.

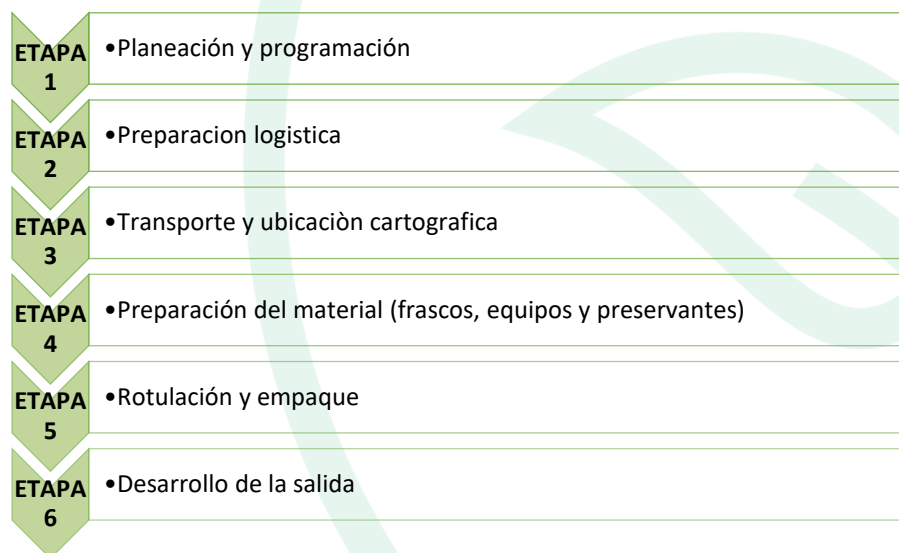


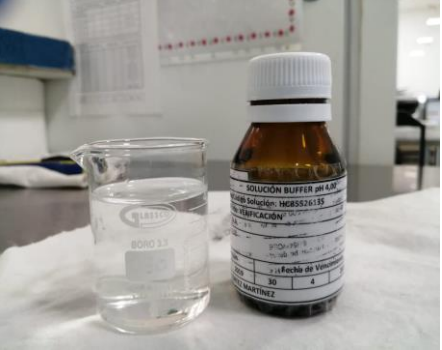
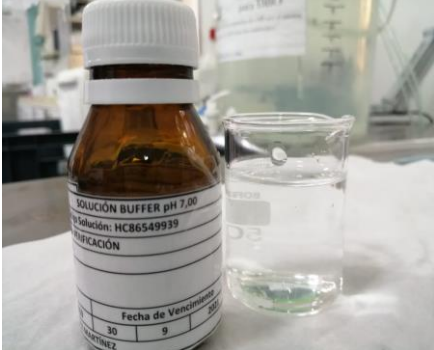
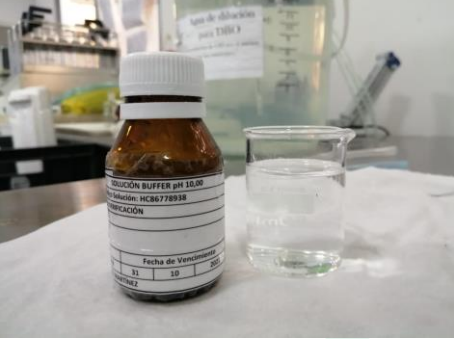
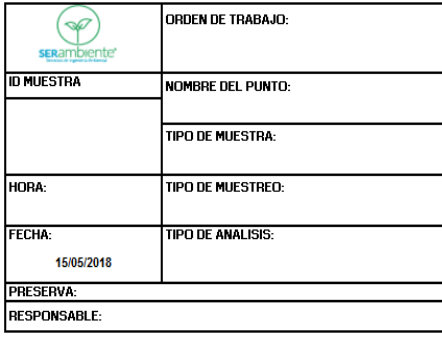
Figura 5. Actividades de la etapa de preparación.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.





**Tabla 5. Registro fotográfico de soluciones Buffer empleadas y etiqueta de envases.**

 <p><b>Fotografía 22. Solución Buffer con pH de 4.00</b></p>	 <p><b>Fotografía 23. Solución Buffer con pH de 7.00</b></p>
 <p><b>Fotografía 24. Solución Buffer con pH de 10.00</b></p>	 <p><b>Fotografía 25. Etiqueta para rotular muestras.</b></p>

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

#### 4.4.2. Etapa de campo

Para la toma de muestras en campo se implementó la metodología descrita en la Tabla 6 y lo establecido en los procedimientos internos de SERAMBIENTE S.A.S, PO-PSM-01 Planeación y ejecución del servicio y PO-PSM-45 Muestreo de aguas. El tipo de muestra fue compuesta, el muestreo fue tipo “manual”; se realizó durante tres (3) horas, tomando una (1) alícuotas cada hora, para un total de cuatro (4) alícuotas, durante los dos días de monitoreo, utilizando recipientes de vidrio ámbar o plástico-opaco, los cuales fueron preservados (acidificación y/o refrigeración) teniendo en cuenta el análisis a realizar, esto se detalla en la Tabla 7 Así mismo, se efectuó la medición de los parámetros in situ (*pH*, *oxígeno disuelto*, *temperatura* y *conductividad eléctrica*). En la Tabla 8 se presentan los equipos empleados para la medición de dichos parámetros, así como el método analítico empleado, límites de cuantificación e incertidumbre de los mismos.





**Tabla 6. Metodología de toma de muestras**

Acción	Detalle
Verificar el plan de muestreo	Todos los muestreos realizados por el personal deben obedecer a un plan de muestreo, previamente elaborado y aprobado por el Ingeniero de Campo. El plan debe cumplir con los requerimientos del cliente y las condiciones del muestreo la información de interés debe ser relacionada en el formato de parámetros “In-situ”.
Verificación de los implementos requeridos	Verificar que se dispone de todos los equipos, recipientes, materiales, reactivos y suministros necesarios para el muestreo, de acuerdo con el tipo de muestreo a realizar, los parámetros a medir en campo y el tipo de muestras a obtener. Dichos implementos deben haber sido preparados con la debida anterioridad en el laboratorio.
Rotulación de envases	De acuerdo al plan de muestreo los recipientes antes de realizar el muestreo deben estar apropiadamente rotulados de acuerdo al análisis a realizar. El rotulo contiene los siguientes datos: Número de muestra, sitio de muestreo, análisis a realizar y preservación. Este rótulo se fija con cinta transparente ancha que lo cubre en su totalidad.
Reconocer el sitio de muestreo y el sistema de agua	Realizar un reconocimiento de todo el sistema de agua a muestrear, para tener información del proceso y dar una ubicación acertada al sitio de muestreo, de ser posible contar con las coordenadas del punto.
Ubicar y limpiar el punto de muestreo	Una vez ubicado el punto de muestreo se debe realizar una limpieza de sus alrededores para garantizar la seguridad de las operaciones y evitar la contaminación de las muestras. Según sea el caso, se deben retirar objetos, maleza, residuos y/o sustancias que obstaculicen o afecten la representatividad del sistema de agua y permita de manera segura que la persona ejecute el muestreo.
Registrar la información del punto de muestreo	Después de obtener las muestras, se debe registrar en el formato de determinaciones in situ la información del cliente, lugar y fecha, equipos de medición, características del sitio de muestreo y sus alrededores y las observaciones a que haya lugar, incluyendo condiciones climáticas, temperatura ambiente, condiciones de monitoreo, tipo de sistema, etc.
Calibrar y/o verificar la calibración de equipos de medición	Después de registrar la información básica se debe calibrar y/o verificar la calibración de los equipos de medición de parámetros in situ requeridos (pH metro, conductímetro y/u oxímetro) con las soluciones patrón necesarias, que deben llevarse a la temperatura ambiente antes de ser utilizadas. Cuando los equipos han sido calibrados previamente en el Laboratorio o al inicio de la jornada, se debe solamente verificar su calibración.
Toma de Muestras análisis Microbiológico	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ubicar el recipiente estéril con la etiqueta de análisis microbiológico y colocar en el rótulo del recipiente la identificación del punto de toma de muestra.</li> </ul>



Acción	Detalle
	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Sólo debe abrirse en el momento de la toma de muestra y no tocar la boca ni el interior de la tapa del recipiente para evitar contaminación.</li> <li>○ Llenar el recipiente con la muestra dejando en la parte superior del envase un espacio de aire de por lo menos 3 cm de altura.</li> <li>○ Tapar herméticamente el recipiente.</li> </ul>
Toma de muestra agua	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Colocar en el rótulo del recipiente la identificación del punto de toma de muestra</li> <li>○ Sumergir el recipiente en el agua a muestrear sin ocasionar turbulencia.</li> <li>○ Cuando se presentan cambios en el flujo de agua:</li> <li>○ Llenar un balde con muestra</li> <li>○ Llenar el recipiente con muestra hasta que quede un espacio de aire de 1 a 2 cm (flujo de agua constante y homogéneo)</li> <li>○ Preservar la muestra tal como lo indica el rótulo del recipiente.</li> </ul>
Medición de parámetros in situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Tan pronto se toma cada muestra se deben medir los parámetros in situ establecidos en el plan de muestreo.</li> <li>○ Las mediciones deben efectuarse lo más rápido posible (no más de 10 minutos) después de tomada la muestra siguiendo los procedimientos de análisis respectivos.</li> <li>○ Registrar los resultados en el formato determinaciones de campo.</li> </ul>
Diligenciar el formato de cadena de custodia	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Una vez embaladas las muestras se diligencia la información solicitada en el formato de cadena de custodia.</li> </ul>
Transportar las muestras al Laboratorio	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Almacenar las muestras en una nevera de polietileno.</li> <li>○ Verificar que cada nevera contenga suficientes compresas de hielo para asegurar que la refrigeración se mantenga hasta la llegada al laboratorio. (temperatura cercana a 5°C)</li> <li>○ Verificar que la tapa de cada nevera quede bien cerrada y que no se salga de su sitio durante el viaje.</li> <li>○ Identificar cada nevera con el logo del laboratorio y el logo de la empresa del cliente o el nombre (rótulo sale del laboratorio). E identificar con "...manipúlese con cuidado. Este lado arriba..."</li> <li>○ Amarra con cinta de manera que se asegure que la nevera queda bien sellada</li> <li>○ Manipular las neveras cuidadosamente, mantenerlas en posición horizontal, no golpearlas, no ubicarlas cerca de productos volátiles o corrosivos y mantenerlas alejadas de fuentes de calor.</li> <li>○ El procedimiento de transporte se detalla en la <b>¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..</b></li> </ul>

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.



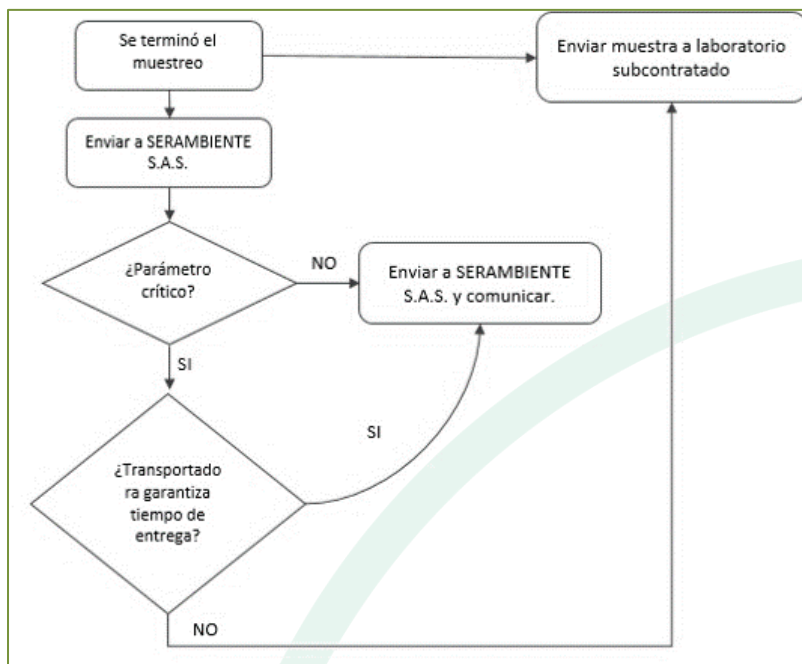


Figura 6. Flujograma del proceso de remisión de muestras.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Debe planificarse el procedimiento descrito anteriormente para asegurar su entrega oportuna al laboratorio; por ello también es necesario que las muestras se reciban oportunamente, por lo que el ingeniero de campo responsable del muestreo debe enviar la cadena de custodia para que el laboratorio asigne los códigos de identificación (ID). Las muestras son enviadas por vía aérea, para así poder asegurar que la muestra esté en el laboratorio cumpliendo con las condiciones de preservación y tiempo de almacenamiento antes del análisis.

Tabla 7. Tipo de envase y preservación

Parámetros	Preservación	Recipiente	Tiempo Máximo de Almacenamiento
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	Refrigerar < 4°C	Plástico - Vidrio	24 horas
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Acidificar pH < 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Vidrio	28 días
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Refrigerar 1°C y 5°C	Plástico – Vidrio	24 horas
Microbiológicos			
Coliformes termotolerantes	Mantener en la oscuridad y Refrigerar por debajo de 8°C	Vidrio	24 días



Parámetros	Preserva	Recipiente	Tiempo Máximo de Almacenamiento
Coliformes totales	Mantener en la oscuridad y Refrigerar por debajo de 8°	Vidrio	24 días

Fuente: American Standard Methods Ed. 23, 2017.

**Tabla 8. Equipos y métodos analíticos para la medición de los parámetros In-situ.**

Parámetro	Equipo utilizado	Método analítico	Límite de cuantificación del método	Incertidumbre como factor del método
pH	Equipo multiparámetro AZ Instruments Corp.	SM 4500 H+B	NA	±0,046
Oxígeno disuelto		ASTM 888-18B	NA	NA
Temperatura		SM 2550 B	NA	±0,014
Conductividad		SM 2510 B	NA	±5,047

NA: No aplica.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

#### 4.4.3. Etapa de laboratorio

Los métodos empleados para los análisis se describen en la Tabla 9

**Tabla 9. Listado de los métodos empleados para el análisis de las muestras**

Parámetro	Método Analítico	Límite de cuantificación	Incertidumbre como factor
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	SM-5210 B	2,0	0,1
Demanda Química de Oxígeno (DQO Rango bajo)	SM-5220 D	10	0,09
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SM-2540 D	5,0	0,015
Microbiológicos			
Coliformes termotolerantes	S.M Incubación tubos múltiples 9221 E	1,8	±0,40%
Coliformes totales	S.M Incubación tubos múltiples 9221 B	1,8	±0,38%

Fuente: SERAMBIENTE S.A. y, LIMA S.A.S, 2021.



## 5. NORMAS DE CALIDAD DEL AGUA

### ○ Decreto 1076 de 2015 y Decreto 703 de 2018

**Artículo 2.2.3.3.9.10** Transitorio. Criterios de calidad de preservación de flora y fauna. Y el Decreto 703 de 2018, artículo 18 el cual corrige el valor de pH en agua fría dulce del artículo 2.2.3.3.9.10.

**Parágrafo.** Como criterios adicionales de calidad para los usos de que trata el presente artículo, no deben presentarse sustancias que impartan olor o sabor a los tejidos de los organismos acuáticos, ni turbiedad o color que interfieran con la actividad fotosintética.

**Tabla 10. Artículo 2.2.3.3.9.10 – Decreto 1076/2015 y artículo 18 Decreto 703 de 2018**

Parámetro	Expresado como	Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y estuarina
CloroFenoles es	CloroFenoles	0,5 CL	0,5 CL	0,5 CL
Difenil	Concentración de	0,0001 CL	0,0001 CL	0,0001 CL
Oxígeno disuelto	-	5	4	4
pH	Unidades de pH	6,5 - 9,0	4,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Sulfuro de hidrogeno ionizado	H <sub>2</sub> S	0,0002 CL	0,0002 CL	0,0002 CL
Amoniaco Total	NH <sub>3</sub>	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Arsénico Total	As	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Bario Total	Ba	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Berilio Total	Be	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Cadmio Total	Cd	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Cianuro libre	CN <sup>-</sup>	0,05 CL	0,05 CL	0,05 CL
Cinc	Zn	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Cloro total residual	Cl <sub>2</sub>	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Cobre Total	Cu	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Cromo hexavalente	Cr <sup>+6</sup>	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Fenoles es monohídricos	Fenoles es	1 CL	1 CL	1 CL
Grasas y aceites	Grasas como	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Hierro Total	Fe	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Magnesio Total	Mn	0,1 CL	0,1 CL	0,1 CL
Mercurio	Hg	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Níquel Total	Ni	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Plaguicidas Organoclorados	Concentración de	0,001 CL	0,001 CL	0,001 CL
Plaguicidas organofosforados	Concentración de	0,05 CL	0,05 CL	0,05 CL
Plata Total	Ag	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL



Parámetro	Expresado como	Agua fría dulce	Agua cálida dulce	Agua marina y estuarina
Plomo Total	Pb	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Selenio Total	Se	0,01 CL	0,01 CL	0,01 CL
Tensoactivos	Sustancias activas al	0,143 CL	0,143 CL	0,143 CL

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible 2015.

Se resalta que los parámetros enlistados en el Decreto 1076 de 2015 en el artículo 2.2.3.3.9.10 preservación de flora y fauna están expresados en unidades de concentración letal (CL), los cuales no son comparables con las unidades reportadas por nuestro laboratorio.



## 6. RESULTADOS

El análisis de los parámetros fisicoquímicos en aguas, se remite a la presentación de los resultados y la comparación con los criterios de calidad para destinación del recurso según el Decreto 1076 de 2015 por el cual se expide el Decreto Único reglamentario del sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a través del cual se establece Sección 9, artículo 2.2.3.3.9.10, descrito en el apartado anterior, teniendo en cuenta las modificaciones dadas por el Decreto 703 de 2018.

### 6.1 Resultados en campo

En la Tabla 11, se presentan los datos obtenidos luego de la etapa de campo.

**Tabla 11. Resultados de campo de las muestras de agua superficial – Compuesta\_1.**

Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Ciénaga de Malambo	7/12/2020	1	08.00	8,49	29	371	4,21
		2	12:00	8,54	29	386	4,36
		3	16:00	7,56	29	321	4,15
Ciénaga de Mesolandia		1	08.00	7,41	29	471	4,32
		2	12:00	8,12	29	501	5,21
		3	16:00	7,84	29	491	4,71
Ciénaga El Convento	10/12/2020	1	08.00	8,21	29	412	3,60
		2	12:00	8,43	29	481	4,12
		3	16:00	8,36	29	401	3,82
Ciénaga de Sabanagrande		1	08.00	9,48	29	241	3,21
		2	12:00	9,32	29	251	3,68
		3	16:00	8,45	29	281	3,12
Ciénaga La Luisa	12/12/2020	1	08.00	9,21	29	522	3,12
		2	12:00	8,71	29	536	4,15
		3	16:00	7,91	29	471	3,15
Ciénaga de Santo Tomás		1	08.00	8,12	29	506	3,10
		2	12:00	8,46	29	536	3,21
		3	16:00	8,21	29	515	3,12
Ciénaga Larga	14/12/2020	1	08.00	7,56	29	501	4,06
		2	12:00	8,50	29	512	4,12
		3	16:00	8,12	29	412	4,01
Ciénaga Manatí		1	08.00	9,17	29	536	3,61
		2	12:00	8,21	29	412	3,64
		3	16:00	7,21	29	381	3,12



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Ciénaga Paraíso	16/12/2020	1	08.00	8,98	29	421	5,12
		2	12:00	8,71	29	432	4,01
		3	16:00	7,15	29	534	3,21
Ciénaga El Uvero		1	08.00	7,12	29	312	3,51
		2	12:00	8,40	29	386	4,15
		3	16:00	7,25	29	341	3,18
Ciénaga de Luruaco		1	08.00	8,56	29	726	3,90
		2	12:00	8,97	29	636	4,21
		3	16:00	7,21	29	541	3,61
Ciénaga de Tocagua	1	08.00	7,51	29	621	3,12	
	2	12:00	8,14	29	636	4,18	
	3	16:00	7,36	29	547	3,81	
Ciénaga Los Manatías	18/12/2020	1	08.00	8,51	29	301	3,71
		2	12:00	8,74	29	412	4,17
		3	16:00	7,91	29	318	3,81
Ciénaga El Totumo P1		1	08.00	8,56	28	671	4,21
		2	12:00	8,91	28	698	5,12
		3	16:00	7,91	28	514	4,02
Ciénaga El Totumo P2		1	08.00	8,71	29	596	3,95
		2	12:00	8,58	29	611	4,18
		3	16:00	7,91	29	419	3,71
Ciénaga El Guájaros P7	21/12/2020	1	08.00	7,81	29	521	5,41
		2	12:00	8,36	29	536	5,61
		3	16:00	8,41	29	571	5,45
Embalse del Guájaros P8		1	08.00	7,61	29	721	5,31
		2	12:00	8,12	29	736	5,41
		3	16:00	8,18	29	636	5,10
Embalse del Guájaros P9		1	08.00	7,91	29	471	5,41
		2	12:00	8,12	29	471	5,43
		3	16:00	8,24	29	476	5,49
Embalse del Guájaros P1	1	08.00	8,21	29	451	3,86	
	2	12:00	8,71	29	436	4,12	
	3	16:00	7,91	29	518	3,21	
Embalse del Guájaros P2	1	08.00	7,71	29	512	4,01	
	2	12:00	8,12	29	536	4,21	
	3	16:00	7,56	29	509	4,00	
Embalse del Guájaros P3	1	08.00	8,01	29	512	4,11	
	2	12:00	8,15	29	536	4,22	
	3	16:00	7,91	29	515	4,01	
Embalse del Guájaros P4	1	08.00	7,81	29	581	4,03	
	2	12:00	8,19	29	598	4,22	





Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Embalse del Guájaro P5	2/12/2020	3	16:00	7,71	29	521	4,09
		1	08.00	7,91	29	571	4,51
		2	12:00	8,12	29	586	5,21
3		16:00	7,96	29	591	5,26	
Embalse del Guájaro P6		1	08.00	8,12	29	554	3,91
		2	12:00	8,51	29	561	4,12
		3	16:00	8,71	29	571	4,27
Ciénaga de Mallorquín P1		1	08.00	7,31	29	471	5,91
		2	12:00	7,97	29	486	5,98
		3	16:00	8,00	29	491	5,97
Ciénaga de Mallorquín P2		1	08.00	7,81	29	487	5,98
		2	12:00	7,98	29	496	6,01
		3	16:00	7,61	29	486	5,71
Ciénaga de Mallorquín P3		1	08.00	7,56	29	431	5,45
		2	12:00	7,76	29	456	5,68
	3	16:00	7,41	29	412	5,35	
Ciénaga de Mallorquín P4	1	08.00	7,36	29	413	5,81	
	2	12:00	7,56	29	429	5,86	
	3	16:00	7,51	29	411	5,79	
Ciénaga de MallorquínP5	1	08.00	7,78	29	521	5,12	
	2	12:00	7,81	29	536	5,19	
	3	16:00	8,11	29	501	5,11	
Ciénaga de Mallorquín P6	1	08.00	7,91	29	498	5,41	
	2	12:00	7,95	29	500	5,64	
	3	16:00	7,96	29	510	5,12	
Ciénaga de Mallorquín P7	1	08.00	8,12	29	511	5,21	
	2	12:00	8,43	29	519	5,48	
	3	16:00	8,21	29	519	5,36	
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	1	08.00	8,15	29	512	5,41	
	2	12:00	8,12	29	518	5,45	
	3	16:00	8,91	29	511	5,12	
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	1	08.00	8,87	29	528	4,51	
	2	12:00	8,93	29	531	4,59	
	3	16:00	8,61	29	512	4,36	
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	1	08.00	8,21	29	511	5,61	
	2	12:00	8,28	29	515	5,60	
	3	16:00	8,12	29	491	5,11	
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	1	08.00	9,12	29	559	4,51	
	2	12:00	9,24	29	561	4,83	
	3	16:00	8,97	29	531	4,15	
		1	08.00	8,71	29	515	4,61



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5		2	12:00	9,00	29	517	4,68
		3	16:00	8,70	29	500	4,51
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6		1	08.00	9,00	29	443	4,15
		2	12:00	9,01	29	451	4,21
		3	16:00	8,76	29	441	4,12
Ciénaga de Balboa P1		1	08.00	8,55	29	530	5,70
	2	12:00	8,91	29	534	5,97	
	3	16:00	9,01	29	529	5,61	
Ciénaga de Balboa P2	1	08.00	8,41	29	578	5,41	
	2	12:00	8,43	29	598	6,01	
	3	16:00	8,26	29	569	5,71	
Ciénaga de Balboa P3	1	08.00	8,26	29	536	5,41	
	2	12:00	8,37	29	541	5,48	
	3	16:00	8,12	29	521	5,43	
<b>Rango:</b>				7,12 – 9,48	29	241–736	3,12–6,01

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

**Tabla 12. Resultados de campo de las muestras de agua superficial – Compuesta\_II.**

Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Ciénaga de Malambo	9/12/2020	1	08.00	8,21	28	481	4,12
		2	12:00	7,01	29	401	5,15
		3	16:00	8,15	29	431	5,18
Ciénaga de Mesolandia		1	08.00	7,28	29	491	4,36
		2	12:00	7,81	30	511	5,12
		3	16:00	8,00	28	536	5,20
Ciénaga El Convento	11/12/2020	1	08.00	8,01	29	481	4,40
		2	12:00	8,26	28	415	5,11
		3	16:00	8,21	28	410	5,30
Ciénaga de Sabanagrande		1	08.00	8,00	28	404	4,60
		2	12:00	7,97	29	415	5,14
		3	16:00	7,28	29	518	4,91
Ciénaga La Luisa	13/12/2020	1	08.00	7,36	28	401	4,60
		2	12:00	8,01	28	415	4,21
		3	16:00	7,40	28	521	4,15
Ciénaga de Santo Tomás		1	08.00	7,63	28	545	4,70
		2	12:00	8,21	28	515	5,60
		3	16:00	7,10	28	530	4,21



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros				
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)	
Ciénaga Larga	14/12/2020	1	08.00	7,21	28	458	4,61	
		2	12:00	8,01	29	512	5,11	
		3	16:00	7,15	28	432	4,15	
Ciénaga Manatí		1	08.00	8,01	29	398	4,60	
		2	12:00	8,40	29	412	4,15	
		3	16:00	7,15	29	520	5,21	
Ciénaga Paraíso		1	08.00	7,89	28	511	4,61	
		2	12:00	8,11	28	515	4,58	
		3	16:00	8,18	28	511	4,31	
Ciénaga El Uvero	1	08.00	7,96	29	516	4,12		
	2	12:00	8,15	30	531	4,15		
	3	16:00	7,19	30	526	4,19		
Ciénaga de Luruaco	17/12/2020	1	08.00	8,87	28	486	4,21	
		2	12:00	8,71	28	512	4,56	
		3	16:00	8,11	29	496	4,51	
Ciénaga de Tocagua		1	08.00	8,32	29	534	4,61	
		2	12:00	8,40	28	536	4,78	
		3	16:00	8,12	28	521	4,12	
Ciénaga Los Manatíes		19/12/2020	1	08.00	8,00	28	390	3,96
			2	12:00	8,79	28	398	4,15
			3	16:00	8,15	27	401	4,21
Ciénaga El Totumo P1	1		08.00	7,81	29	491	4,01	
	2		12:00	8,12	29	521	4,15	
	3		16:00	8,15	29	515	4,20	
Ciénaga El Totumo P2	1		08.00	8,30	28	421	4,61	
	2		12:00	8,36	29	536	4,71	
	3		16:00	8,21	28	511	4,36	
Ciénaga El Guájaros P7	22/12/2020	1	08.00	8,30	28	421	4,60	
		2	12:00	8,70	28	436	4,87	
		3	16:00	8,21	28	412	4,51	
Embalse del Guájaros P8		1	08.00	8,01	29	421	4,01	
		2	12:00	8,21	29	428	4,36	
		3	16:00	8,15	29	396	4,21	
Embalse del Guájaros P9		1	08.00	7,89	28	538	5,11	
		2	12:00	8,71	28	526	5,10	
		3	16:00	7,18	27	521	5,11	
Embalse del Guájaros P1	1	08.00	7,21	28	411	4,12		
	2	12:00	8,15	29	496	4,71		
	3	16:00	7,16	28	409	4,02		
Embalse del Guájaros P2	1	08.00	8,00	28	412	3,98		
	2	12:00	8,71	29	401	4,15		



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Embalse del Guájaro P3	28/12/2020	3	16:00	8,15	28	416	4,71
		1	08.00	8,71	28	471	4,12
		2	12:00	8,21	29	411	4,11
3		16:00	8,26	28	456	5,12	
Embalse del Guájaro P4		1	08.00	7,30	28	459	5,11
		2	12:00	8,36	29	526	5,67
		3	16:00	7,48	28	471	5,36
Embalse del Guájaro P5		1	08.00	8,00	28	459	4,12
		2	12:00	8,71	29	460	4,21
		3	16:00	7,15	28	427	4,71
Embalse del Guájaro P6		1	08.00	8,21	28	419	4,60
		2	12:00	8,97	29	421	4,67
		3	16:00	7,89	29	411	4,51
Ciénaga de Mallorquín P1		1	08.00	8,24	28	498	5,27
		2	12:00	8,36	28	511	5,41
	3	16:00	7,28	28	396	4,61	
Ciénaga de Mallorquín P2	1	08.00	7,29	28	501	5,12	
	2	12:00	8,21	28	521	5,19	
	3	16:00	7,15	28	532	5,18	
Ciénaga de Mallorquín P3	1	08.00	8,07	28	497	5,06	
	2	12:00	8,71	29	506	5,11	
	3	16:00	7,91	29	501	4,98	
Ciénaga de Mallorquín P4	1	08.00	7,91	29	461	4,87	
	2	12:00	8,71	29	471	4,96	
	3	16:00	7,15	29	401	3,98	
Ciénaga de Mallorquín P5	1	08.00	8,27	29	387	4,91	
	2	12:00	8,59	29	403	5,11	
	3	16:00	7,21	29	419	5,10	
Ciénaga de Mallorquín P6	1	08.00	8,15	29	511	4,98	
	2	12:00	8,71	29	587	5,21	
	3	16:00	7,91	29	531	4,91	
Ciénaga de Mallorquín P7	1	08.00	8,29	28	501	4,71	
	2	12:00	8,71	29	511	4,98	
	3	16:00	7,91	28	516	4,86	
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	1	08.00	8,74	28	541	5,15	
	2	12:00	8,91	29	548	5,36	
	3	16:00	7,21	28	538	4,96	
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	1	08.00	7,29	28	418	5,18	
	2	12:00	8,70	29	437	5,21	
	3	16:00	7,10	29	412	5,21	
		1	08.00	8,15	28	527	5,12



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Temperatura (°C)	Conductividad (µs/cm)	Oxígeno disuelto (mg/L)
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3		2	12:00	8,79	28	521	5,41
		3	16:00	8,21	29	521	4,97
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4		1	08.00	7,97	28	516	4,91
		2	12:00	8,12	28	521	5,12
		3	16:00	7,98	28	511	4,97
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5		1	08.00	8,96	28	511	4,12
		2	12:00	8,39	28	571	4,26
		3	16:00	7,15	28	571	3,96
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6		1	08.00	8,78	28	413	4,01
		2	12:00	8,56	28	491	4,31
		3	16:00	7,98	28	421	5,18
Ciénaga de Balboa P1		1	08.00	7,49	28	436	4,21
		2	12:00	8,31	28	506	5,11
		3	16:00	7,98	28	500	5,38
Ciénaga de Balboa P2		1	08.00	8,91	28	511	5,21
		2	12:00	8,97	29	502	5,36
		3	16:00	8,15	28	497	4,60
Ciénaga de Balboa P3		1	08.00	8,79	28	526	4,97
		2	12:00	8,90	28	540	5,12
		3	16:00	7,91	28	521	5,36
<b>Rango:</b>				7,01 – 8,97	27 - 30	387 - 587	3,96 – 5,38

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

**Tabla 13. Resultados de campo (Compuesta\_I) vs norma**

Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
Ciénaga de Malambo	8,49	4,21	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	Cumple
	8,54	4,36			Cumple	Cumple
	7,56	4,15			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mesolandia	7,41	4,32			Cumple	Cumple
	8,12	5,21			Cumple	Cumple
	7,84	4,71			Cumple	Cumple
Ciénaga El Convento	8,21	3,60			Cumple	Incumple
	8,43	4,12			Cumple	Cumple
	8,36	3,82			Cumple	Incumple
Ciénaga de Sabanagrande	9,48	3,21	Incumple	Incumple		
	9,32	3,68	Incumple	Incumple		



Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
	8,45	3,12			Cumple	Incumple
Ciénaga La Luisa	9,21	3,12			Incumple	Incumple
	8,71	4,15			Cumple	Cumple
	7,91	3,15			Cumple	Incumple
	8,12	3,10			Cumple	Incumple
Ciénaga de Santo Tomás	8,46	3,21			Cumple	Incumple
	8,21	3,12			Cumple	Incumple
	7,56	4,06			Cumple	Cumple
Ciénaga Larga	8,50	4,12			Cumple	Cumple
	8,12	4,01			Cumple	Cumple
	9,17	3,61			Incumple	Incumple
Ciénaga Manatí	8,21	3,64			Cumple	Incumple
	7,21	3,12			Cumple	Incumple
	8,98	5,12			Cumple	Cumple
Ciénaga Paraíso	8,71	4,01			Cumple	Cumple
	7,15	3,21			Cumple	Incumple
	7,12	3,51			Cumple	Incumple
Ciénaga El Uvero	8,40	4,15			Cumple	Cumple
	7,25	3,18			Cumple	Incumple
	8,56	3,90			Cumple	Incumple
Ciénaga de Luruaco	8,97	4,21			Cumple	Cumple
	7,21	3,61			Cumple	Incumple
	7,51	3,12			Cumple	Incumple
Ciénaga de Tocagua	8,14	4,18			Cumple	Cumple
	7,36	3,81			Cumple	Incumple
	8,51	3,71			Cumple	Incumple
Ciénaga Los Manatíes	8,74	4,17			Cumple	Cumple
	7,91	3,81			Cumple	Incumple
	8,56	4,21			Cumple	Cumple
Ciénaga El Totumo P1	8,91	5,12			Cumple	Cumple
	7,91	4,02			Cumple	Cumple
	8,71	3,95			Cumple	Incumple
Ciénaga El Totumo P2	8,58	4,18			Cumple	Cumple
	7,91	3,71			Cumple	Incumple
	7,81	5,41			Cumple	Cumple
Ciénaga El Guajaro P7	8,36	5,61			Cumple	Cumple
	8,41	5,45			Cumple	Cumple
	7,61	5,31			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P8	8,12	5,41			Cumple	Cumple
	8,18	5,10			Cumple	Cumple



Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
Embalse del Guájaro P9	7,91	5,41			Cumple	Cumple
	8,12	5,43			Cumple	Cumple
	8,24	5,49			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P1	8,21	3,86			Cumple	Incumple
	8,71	4,12			Cumple	Cumple
	7,91	3,21			Cumple	Incumple
Embalse del Guájaro P2	7,71	4,01			Cumple	Cumple
	8,12	4,21			Cumple	Cumple
	7,56	4,00			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P3	8,01	4,11			Cumple	Cumple
	8,15	4,22			Cumple	Cumple
	7,91	4,01			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P4	7,81	4,03			Cumple	Cumple
	8,19	4,22			Cumple	Cumple
	7,71	4,09			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P5	7,91	4,51			Cumple	Cumple
	8,12	5,21			Cumple	Cumple
	7,96	5,26			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P6	8,12	3,91			Cumple	Incumple
	8,51	4,12			Cumple	Cumple
	8,71	4,27			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P1	7,31	5,91			Cumple	Cumple
	7,97	5,98			Cumple	Cumple
	8,00	5,97			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P2	7,81	5,98			Cumple	Cumple
	7,98	6,01			Cumple	Cumple
	7,61	5,71			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P3	7,56	5,45			Cumple	Cumple
	7,76	5,68			Cumple	Cumple
	7,41	5,35			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P4	7,36	5,81			Cumple	Cumple
	7,56	5,86			Cumple	Cumple
	7,51	5,79			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P5	7,78	5,12			Cumple	Cumple
	7,81	5,19			Cumple	Cumple
	8,11	5,11			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P6	7,91	5,41			Cumple	Cumple
	7,95	5,64			Cumple	Cumple
	7,96	5,12			Cumple	Cumple
	8,12	5,21			Cumple	Cumple





Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
Ciénaga de Mallorquín P7	8,43	5,48			Cumple	Cumple
	8,21	5,36			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	8,15	5,41			Cumple	Cumple
	8,12	5,45			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	8,91	5,12			Cumple	Cumple
	8,87	4,51			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	8,93	4,59			Cumple	Cumple
	8,61	4,36			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	8,21	5,61			Cumple	Cumple
	8,28	5,60			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	8,12	5,11			Cumple	Cumple
	9,12	4,51			Incumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	9,24	4,83			Incumple	Cumple
	8,97	4,15			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	8,71	4,61			Cumple	Cumple
	9,00	4,68			Incumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	8,70	4,51			Cumple	Cumple
	9,00	4,15			Incumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	9,01	4,21			Incumple	Cumple
	8,76	4,12			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P1	8,55	5,70			Cumple	Cumple
	8,91	5,97			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P1	9,01	5,61			Incumple	Cumple
	8,41	5,41			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P2	8,43	6,01			Cumple	Cumple
	8,26	5,71			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P3	8,26	5,41			Cumple	Cumple
	8,37	5,48			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P3	8,12	5,43			Cumple	Cumple

\*Agua cálida dulce

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

**Tabla 14. Resultados de campo (Compuesta\_II) vs norma**

Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
Ciénaga de Malambo	8,21	4,12	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	Cumple
	7,01	5,15			Cumple	Cumple





Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
	8,15	5,18			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mesolandia	7,28	4,36			Cumple	Cumple
	7,81	5,12			Cumple	Cumple
	8,00	5,20			Cumple	Cumple
	8,01	4,40			Cumple	Cumple
Ciénaga El Convento	8,26	5,11			Cumple	Cumple
	8,21	5,30			Cumple	Cumple
	8,00	4,60			Cumple	Cumple
Ciénaga de Sabanagrande	7,97	5,14			Cumple	Cumple
	7,28	4,91			Cumple	Cumple
	7,36	4,60			Cumple	Cumple
Ciénaga La Luisa	8,01	4,21			Cumple	Cumple
	7,40	4,15			Cumple	Cumple
	7,63	4,70			Cumple	Cumple
Ciénaga de Santo Tomás	8,21	5,60			Cumple	Cumple
	7,10	4,21			Cumple	Cumple
	7,21	4,61			Cumple	Cumple
Ciénaga Larga	8,01	5,11			Cumple	Cumple
	7,15	4,15			Cumple	Cumple
Ciénaga Manatí	8,01	4,60			Cumple	Cumple
	8,40	4,15			Cumple	Cumple
	7,15	5,21			Cumple	Cumple
Ciénaga Paraíso	7,89	4,61			Cumple	Cumple
	8,11	4,58			Cumple	Cumple
	8,18	4,31			Cumple	Cumple
Ciénaga El Uvero	7,96	4,12			Cumple	Cumple
	8,15	4,15			Cumple	Cumple
	7,19	4,19			Cumple	Cumple
Ciénaga de Luruaco	8,87	4,21			Cumple	Cumple
	8,71	4,56			Cumple	Cumple
	8,11	4,51			Cumple	Cumple
Ciénaga de Tocagua	8,32	4,61			Cumple	Cumple
	8,40	4,78			Cumple	Cumple
	8,12	4,12			Cumple	Cumple
Ciénaga Los Manatíes	8,00	3,96			Cumple	Incumple
	8,79	4,15			Cumple	Cumple
	8,15	4,21			Cumple	Cumple
Ciénaga El Totumo P1	7,81	4,01			Cumple	Cumple
	8,12	4,15			Cumple	Cumple
	8,15	4,20			Cumple	Cumple





Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
Ciénaga El Totumo P2	8,30	4,61			Cumple	Cumple
	8,36	4,71			Cumple	Cumple
	8,21	4,36			Cumple	Cumple
Ciénaga El Guajaro P7	8,30	4,60			Cumple	Cumple
	8,70	4,87			Cumple	Cumple
	8,21	4,51			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P8	8,01	4,01			Cumple	Cumple
	8,21	4,36			Cumple	Cumple
	8,15	4,21			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P9	7,89	5,11			Cumple	Cumple
	8,71	5,10			Cumple	Cumple
	7,18	5,11			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P1	7,21	4,12			Cumple	Cumple
	8,15	4,71			Cumple	Cumple
	7,16	4,02			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P2	8,00	3,98			Cumple	Incumple
	8,71	4,15			Cumple	Cumple
	8,15	4,71			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P3	8,71	4,12			Cumple	Cumple
	8,21	4,11			Cumple	Cumple
	8,26	5,12			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P4	7,30	5,11			Cumple	Cumple
	8,36	5,67			Cumple	Cumple
	7,48	5,36			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P5	8,00	4,12			Cumple	Cumple
	8,71	4,21			Cumple	Cumple
	7,15	4,71			Cumple	Cumple
Embalse del Guájaro P6	8,21	4,60			Cumple	Cumple
	8,97	4,67			Cumple	Cumple
	7,89	4,51			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P1	8,24	5,27			Cumple	Cumple
	8,36	5,41			Cumple	Cumple
	7,28	4,61			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P2	7,29	5,12			Cumple	Cumple
	8,21	5,19			Cumple	Cumple
	7,15	5,18			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P3	8,07	5,06			Cumple	Cumple
	8,71	5,11			Cumple	Cumple
	7,91	4,98			Cumple	Cumple
	7,91	4,87			Cumple	Cumple



Puntos	pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Decreto 1076 de 2015			
			Art. 2.2.3.3.9.10* (Unidades)	Art. 2.2.3.3.9.10* (mg/L)	Cumplimiento	Cumplimiento
Ciénaga de Mallorquín P4	8,71	4,96			Cumple	Cumple
	7,15	3,98			Cumple	Cumple
Ciénaga de MallorquínP5	8,27	4,91			Cumple	Cumple
	8,59	5,11			Cumple	Cumple
	7,21	5,10			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P6	8,15	4,98			Cumple	Cumple
	8,71	5,21			Cumple	Cumple
	7,91	4,91			Cumple	Cumple
Ciénaga de Mallorquín P7	8,29	4,71			Cumple	Cumple
	8,71	4,98			Cumple	Cumple
	7,91	4,86			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	8,74	5,15			Cumple	Cumple
	8,91	5,36			Cumple	Cumple
	7,21	4,96			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	7,29	5,18			Cumple	Cumple
	8,70	5,21			Cumple	Cumple
	7,10	5,21			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	8,15	5,12			Cumple	Cumple
	8,79	5,41			Cumple	Cumple
	8,21	4,97			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	7,97	4,91			Cumple	Cumple
	8,12	5,12			Cumple	Cumple
	7,98	4,97			Cumple	Cumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	8,96	4,12			Cumple	Cumple
	8,39	4,26			Cumple	Cumple
	7,15	3,96			Cumple	Incumple
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	8,78	4,01			Cumple	Cumple
	8,56	4,31			Cumple	Cumple
	7,98	5,18			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P1	7,49	4,21			Cumple	Cumple
	8,31	5,11			Cumple	Cumple
	7,98	5,38			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P2	8,91	5,21			Cumple	Cumple
	8,97	5,36			Cumple	Cumple
	8,15	4,60			Cumple	Cumple
Ciénaga de Balboa P3	8,79	4,97			Cumple	Cumple
	8,90	5,12			Cumple	Cumple
	7,91	5,36			Cumple	Cumple

\*Agua cálida dulce

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.





## 6.2 Resultados en laboratorio

A continuación, se presentan los valores obtenidos para cada una de las variables fisicoquímicas analizadas en los puntos. Para el análisis de los resultados se realizó una revisión bibliográfica, con el objetivo de contrastar los valores obtenidos con la calidad del agua.

**Tabla 15. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		07/12/2020				09/12/2020			
		Ciénaga de Malambo P1	Ciénaga de Mesolandia P1	Ciénaga de Mesolandia P2	Ciénaga de Malambo P2	Ciénaga de Malambo P1	Ciénaga de Malambo P2	Ciénaga de Mesolandia P1	Ciénaga de Mesolandia P2
		122693	122694	122695	122696	122745	122746	122747	122748
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	22,6	20,2	15,3	25,0	21,4	19,6	13,7	16,3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	65	49	60	51	60	66	41	47
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	7,9	6,8	8,6	7,4	<5,0	11,9	8,0	9,0
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	45	45	130	230	1300	2300	54000	3300
Coliformes totales	NMP/100mL	5400	9200	5400	9200	1300	2300	54000	3300

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 16. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		10/12/2020				11/12/2020			
		Ciénaga El Convento P1	Ciénaga El Convento P2	Ciénaga de Sabanagrande P1	Ciénaga de Sabanagrande P2	Ciénaga de Sabanagrande P1	Ciénaga de Sabanagrande P1	Ciénaga El Convento P1	Ciénaga El Convento P2
		122697	122698	122699	122700	122749	122750	122751	122752
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	16,1	18,5	4,1	7,1	9,5	11	4,1	6,8



Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		10/12/2020				11/12/2020			
		Ciénaga El Convento P1	Ciénaga El Convento P2	Ciénaga de Sabanagrande P1	Ciénaga de Sabanagrande P2	Ciénaga de Sabanagrande P1	Ciénaga de Sabanagrande P1	Ciénaga El Convento P1	Ciénaga El Convento P2
		122697	122698	122699	122700	122749	122750	122751	122752
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	57	53	14	23	28	31	15	17
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	<5,0	<5,0	20	16,8	12,5	10,6	36	13,1
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<1,8	<1,8	490	230	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8	240	490	490	13	7,8	7,8	13

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 17. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		12/12/2020				14/12/2020			
		Ciénaga La Luisa P1	Ciénaga La Luisa P2	Ciénaga de Santo Tomás P1	Ciénaga de Santo Tomás P2	Ciénaga Larga P1	Ciénaga Larga P2	Ciénaga Manatí P1	Ciénaga Manatí P2
		122701	122702	122703	122704	122705	122706	122707	122708
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	9,9	9,3	<2,0	<2,0	9,5	10,7	7,7	10,7
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	33	29	12	11	37	34	41	44
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	25,0	22,6	11,9	13,4	<5,0	6,1	7,2	<5,0
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2400	790	1300	130	400	200	230	450
Coliformes totales	NMP/100mL	2400	1300	2400	130	24000	3300	2400	2300

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.



**Tabla 18. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		14/12/2020				13/12/2020			
		Ciénaga Paraíso P1	Ciénaga Paraíso P2	Ciénaga El Uvero P1	Ciénaga El Uvero P2	Ciénaga La Luisa P1	Ciénaga La Luisa P2	Ciénaga de Santo Tomás P1	Ciénaga de Santo Tomás P1
		122709	122710	122711	122712	122753	122754	122755	122756
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	6,8	7,7	8,6	16,7	8,1	11,7	6,6	<2,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	30	38	28	58	31	40	24	14
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	<5,0	6,5	8,1	<5,0	9,5	7,1	10,1	10,5
<b>Microbiológicos</b>									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	200	330	780	780	20	3500	20	4,5
Coliformes totales	NMP/100mL	54000	54000	22000	4900	20	3500	20	13

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 19. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		19/12/2020	15/12/2020						
		Ciénaga Los Manatíes P1	Ciénaga Larga P1	Ciénaga Larga P2	Ciénaga Manatí P1	Ciénaga Manatí P2	Ciénaga Paraíso P1	Ciénaga del Paraíso P2	Ciénaga El Uvero P1
		122769	122757	122758	122759	122760	122761	122762	122763
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	4,4	9,7	10,6	10,0	13,8	11,5	10,2	4,3
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	21	37	39	43	47	32	39	29
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	102,5	<5,0	5,6	<5,0	6,1	6,0	<5,0	<5,0
<b>Microbiológicos</b>									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<1,8	130	230	<1,8	490	2300	450	450
Coliformes totales	NMP/100mL	13	540	230	240	5400	92000	1300	1300

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.







**Tabla 20. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		15/12/2020	16/12/2020				17/12/2020		
		Ciénaga El Uvero P2	Ciénaga de Luruaco P1	Ciénaga de Luruaco P2	Ciénaga de Tocagua P1	Ciénaga de Tocagua P2	Ciénaga de Luruaco P1	Ciénaga de Luruaco P2	Ciénaga de Tocagua P1
		122764	22713	122714	122715	122716	122765	122766	122767
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	12,4	9,1	7,9	12,1	13,7	9,0	7,5	15,5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	61	33	36	63	48	37	34	64
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	7,1	3,4	12,1	<5,0	6,2	9,9	7,7	<5,0
<b>Microbiológicos</b>									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	93	330	230	130	450	680	930	170
Coliformes totales	NMP/100mL	2400	790	230	130	780	54000	24000	330

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 21. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		17/12/2020	18/12/2020			19/12/2020		21/12/2020	
		Ciénaga de Tocagua P2	Ciénaga Los Manatíes P1	Ciénaga del Totumo P1	Ciénaga del Totumo P2	Ciénaga del Totumo P1	Ciénaga del Totumo P2	Embalse del Guájaro P7	Embalse del Guájaro P8
		122768	122717	122718	122719	122770	122771	122720	122721
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	11,0	5,4	<2,0	14,6	<2,0	13,7	10,2	6,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	45	24	16	50	13	47	40	22
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	7,8	264,5	18,4	15,1	12,7	17,1	14,7	18,7
<b>Microbiológicos</b>									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	680	78	780	<1,8	130	45	45	20
Coliformes totales	NMP/100mL	7900	230	9400	22	2200	5400	5400	1300

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.



**Tabla 22. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		21/12/2020							22/12/2020
		Embalse del Guájaro P9	Embalse del Guájaro P1	Embalse del Guájaro P2	Embalse del Guájaro P3	Embalse del Guájaro P4	Embalse del Guájaro P5	Embalse del Guájaro P6	Embalse del Guájaro P7
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	7,2	4,8	<2,0	<2,0	6,0	7,2	6,3	13,2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	36	22	14	13	29	26	27	42
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	20,1	13,3	10,0	13,6	20,6	12,2	10,0	13,5
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	130	<1,8	40	<1,8	20	400	20	130
Coliformes totales	NMP/100mL	230	27	1300	240	2400	24000	230	130

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 23. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		22/12/2020							
		Embalse del Guájaro P8	Embalse del Guájaro P9	Embalse del Guájaro P1	Embalse del Guájaro P2	Embalse del Guájaro P3	Embalse del Guájaro P4	Embalse del Guájaro P5	Embalse del Guájaro P6
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	6,7	8,8	6,4	<2,0	<2,0	5,2	5,8	6,7
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	23	30	20	12	14	27	21	30
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	22,1	18,6	23,9	17,3	21,3	20,3	14,6	18,5
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	130	490	20	93	20	78	20	40
Coliformes totales	NMP/100mL	5400	1300	2400	1300	340	2200	2400	2400

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.



**Tabla 24. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		27/12/2020							
		Ciénagade Mallorquín P1	Ciénagade Mallorquín P2	Ciénagade Mallorquín P3	Ciénagade Mallorquín P4	Ciénagade Mallorquín P5	Ciénagade Mallorquín P6	Ciénagade Mallorquín P7	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1
		<b>122729</b>	<b>122730</b>	<b>122731</b>	<b>122732</b>	<b>122733</b>	<b>122734</b>	<b>122735</b>	<b>122736</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	11,8	<2,0	<2,0	4,5	4,8	<2,0	5,1	11,7
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	35	14	17	21	28	10	24	39
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	219,0	234,5	237,0	269,0	47,0	270,5	53,0	125,0
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	1600	<1,8	<1,8
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8	220	<1,8	23	220	1600	<1,8	1300

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 25. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		27/12/2020							
		Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	Ciénaga de Balboa P1	Ciénaga de Balboa P2	Ciénaga de Balboa P3
		<b>122737</b>	<b>122738</b>	<b>122739</b>	<b>122740</b>	<b>122741</b>	<b>122742</b>	<b>122743</b>	<b>122744</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	<2,0	7,5	8,7	6,2	7,2	4,8	10,5	14,9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	14	21	35	32	35	38	46	65
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	184,5	229,5	552,5	46,0	393,0	321,5	413,5	363,0
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8
Coliformes totales	NMP/100mL	<1,8	<1,8	130	79	<1,8	350	13	<1,8

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.



**Tabla 26. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		28/12/2020							
		Ciénagade Mallorquín P1	Ciénagade Mallorquín P2	Ciénagade Mallorquín P3	Ciénagade Mallorquín P4	Ciénagade Mallorquín P5	Ciénagade Mallorquín P6	Ciénagade Mallorquín P7	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1
		<b>122781</b>	<b>122782</b>	<b>122783</b>	<b>122784</b>	<b>122785</b>	<b>122786</b>	<b>122787</b>	<b>122788</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	6,6	<2,0	<2,0	<2,0	3,9	<2,0	5,1	5,7
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	39	17	10	17	24	14	21	35
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	133,0	135,5	225,0	198,3	52,5	220,0	55,5	52,0
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	330	78	<1,8	<1,8	13	230	<1,8	450
Coliformes totales	NMP/100mL	490	78	<1,8	130	22	230	<1,8	450

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.

**Tabla 27. Resultados de laboratorio de las muestras de agua superficial**

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo							
		28/12/2020							
		Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	Ciénaga de Balboa P1	Ciénaga de Balboa P2	Ciénaga de Balboa P3
		<b>122789</b>	<b>122790</b>	<b>122791</b>	<b>122792</b>	<b>122793</b>	<b>122794</b>	<b>122795</b>	<b>122796</b>
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg O <sub>2</sub> /L	4,5	<2,0	9,0	4,2	7,8	5,7	9,9	10,5
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O <sub>2</sub> /L	21	17	39	28	32	34	39	63
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	120,5	1564,0	57,0	42,5	47,5	359,0	469,0	317,8
Microbiológicos									
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	<1,8	<1,8	<1,8	<1,8	92000	<1,8	<1,8	<1,8
Coliformes totales	NMP/100mL	1600	350	540	920	92000	<1,8	<1,8	<1,8

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S y LIMA S.A.S 2021.





## 6.3 Resultados y análisis por Cuenca

### 6.3.1. Cuenca del río Magdalena

#### Ciénaga El Uvero.

La ciénaga El Uvero se caracterizó por presentar temperaturas entre 29 y 30°C que concuerdan con los registros del monitoreo realizado por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) en 2019 donde el promedio fue de 30.42°C. Así mismo, los resultados no son muy diferentes a los obtenidos en 2014 donde se registraron entre 34 y 36°C de temperatura (Figura 7A). Las variaciones de este parámetro obedecen generalmente a circunstancias naturales, principalmente la época climática, y en todo caso, cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C).

Con respecto al pH, se presentaron valores con tendencia alcalina, entre 7.12 y 8.40 UpH que al igual que la temperatura son similares a los registros de 2019 donde se obtuvo un valor de 7.9 UpH. Estos valores cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH). Del mismo modo, cumple con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 del 2015 de la Presidencia de la República (Figura 7B). En relación a esto, Roldan (2003) manifiesta que el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítica por lo cual la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.51 y 4.19 mg/L (Figura 7C), mostrando variaciones mínimas en los tres horarios de muestreo (las muestras fueron tomadas a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L)



del Decreto 1076 del 2015 de la Presidencia de la República. Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2014 se reportaron valores de sobresaturación (entre 11.86 y 12.80 mg/L) que según Ramírez y Viña (1998), son frecuentes en sistemas eutrofizados, por el aumento de la actividad fotosintetizadora y la disponibilidad de este gas, así como su rápido consumo durante el ciclo diario. Para el año 2019, el registro es de 3.05 mg/L, cercano a los valores obtenidos para este año de monitoreos.

De otro lado, la conductividad presentó valores entre 312 y 526  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 7D). De acuerdo a Roldán y Ramírez (2008), los valores habituales de conductividad son menores de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aguas continentales de bajo contenido iónico, mientras que aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .





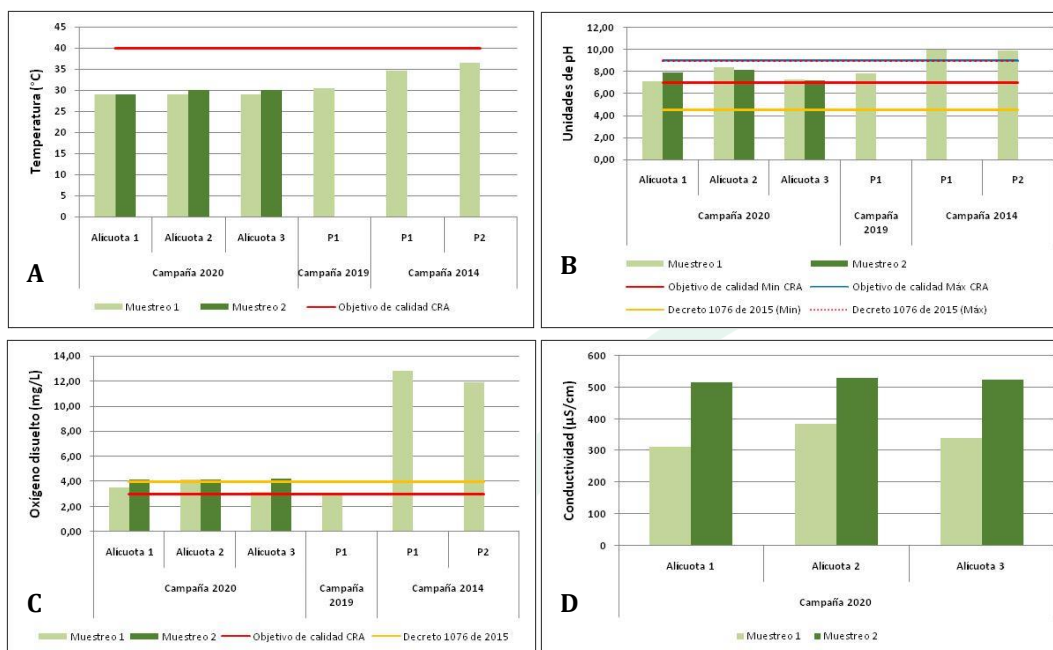


Figura 7. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga El Uvero en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La DBO<sub>5</sub> y la DQO presentaron un comportamiento similar en los puntos de muestreo con valores promedio para la primera de 6.45 mg/L en P1 y 14.55 mg/L en P2 y para la segunda de 28.50 mg/L en P1 y 59.50 mg/L en P2. En la mayoría de mediciones realizadas en los dos muestreos, la DBO<sub>5</sub> sobrepasó el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna (Figura 8 A y B).

Aunque no existe un criterio definido para evaluar la calidad de estas variable en Colombia, se puede tener una aproximación al estado de calidad comparando con criterios definidos en otros países, como el de CONAGUA- SEMARNAT (2014), que en México definieron que aguas con DBO<sub>5</sub>>6 y ≤30 mg/L, como los registros del reciente monitoreo, poseen una calidad aceptable.



Mientras que para la DQO, concentraciones como las presentadas en P1 ( $>20$  y  $\leq 40$  mg/L) pertenecen a aguas de calidad aceptable y las registradas en P2 ( $>40$  y  $\leq 200$  mg/L) a aguas contaminadas.

Con respecto a monitoreos anteriores, en 2014 se presentaron concentraciones de  $DBO_5$  similares a las del monitoreo reciente (alrededor de 11 mg/L), en tanto que la DQO registró altos valores ( $>300$  mg/L), propios de aguas fuertemente contaminadas, que podrían estar relacionados con los efectos de descargas de los efluentes domésticos sobre el cuerpo de agua que por la fuerte sequía presentada ese año, poseía una columna de agua disminuida. Para el 2019, la  $DBO_5$  presentó concentraciones de aguas de buena calidad ( $>3$  y  $\leq 6$  mg/L) y la DQO de aguas de calidad aceptable ( $>20$  y  $\leq 40$  mg/L).

Sobre los sólidos suspendidos totales (SST) se puede decir que no representan un problema para la calidad del agua de la ciénaga. Los valores registrados cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA ( $<30$  mg/L) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad ( $\leq 25$  mg/L) según CONAGUA- SEMARNAT (2014). En el histórico de datos, se reportan para el 2014, concentraciones superiores a 180 mg/L que al igual que la  $DBO_5$  estarían relacionados con la desecación de la ciénaga producto de la fuerte sequía, por su parte, los registros de 2019 muestran valores que cumplen con el criterio de calidad estipulado por la CRA (Figura 8C).



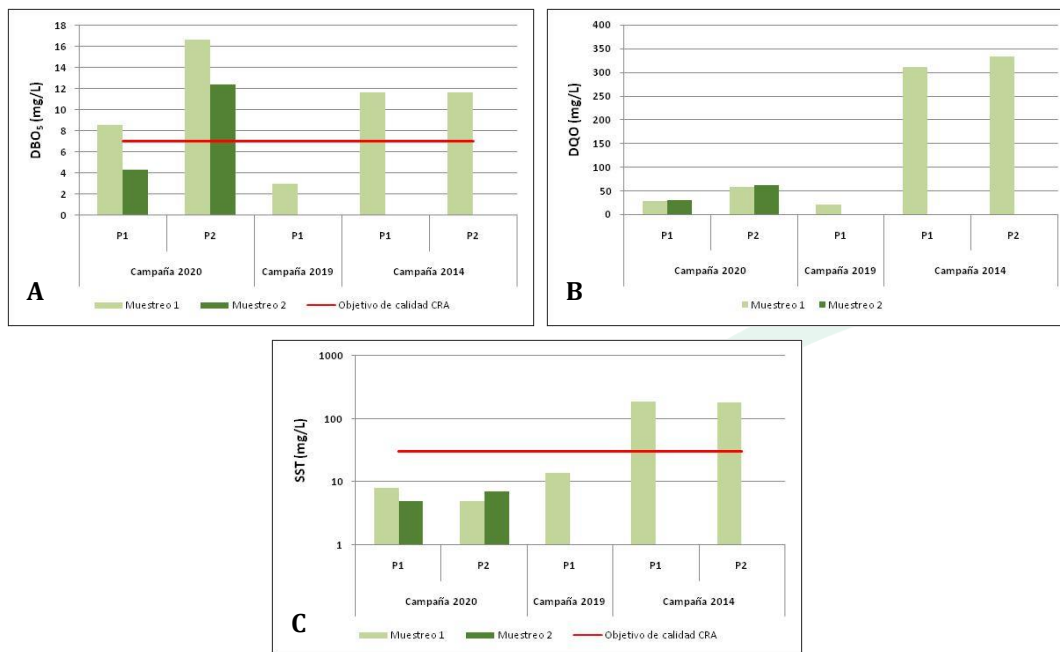


Figura 8. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga El Uvero en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Los coliformes termotolerantes (CTE) presentaron concentraciones promedio de 615 NMP/100 mL en P1 y de 436.5 NMP/100 mL en P2. En tanto, los coliformes totales (CT) registraron concentraciones promedio de 11650 NMP/100 mL en P1 y 3650 NMP/100 mL en P2. Los CTE cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), por su parte, los CT presentaron concentraciones muy altas en el primer muestreo que sobrepasan el límite máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL), lo que puede sugerir descargas puntuales de aguas domiciliarias en la ciénaga (Figura 9).

En comparación con muestreos de años anteriores se observa que la ciénaga se ha mantenido con valores dentro de los criterios de calidad para CTE y CT. Además, cumple con criterios de calidad para CTE como el de Mora-Alvarado (1998) para su utilización en piscicultura (<1000 NMP/100mL).



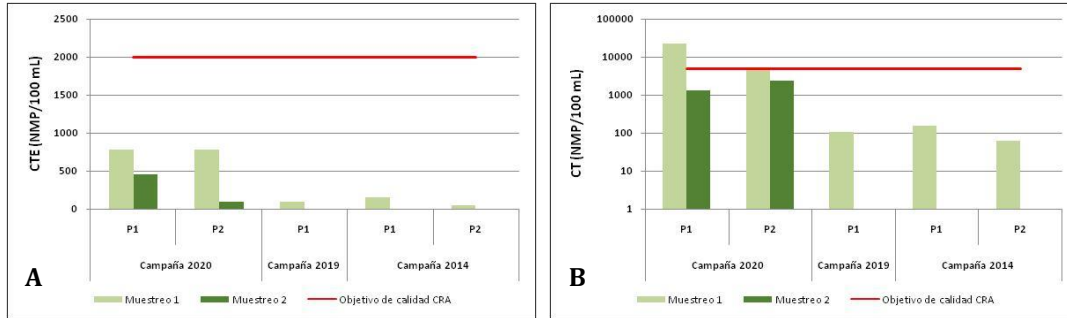


Figura 9. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga El Uvero en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga Larga.

En la ciénaga Larga las temperaturas estuvieron entre 28 y 29°C (Figura 10A), propias de los cuerpos de agua del en zonas costeras tropicales. Estas temperaturas cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo uso predominante es la preservación de flora y fauna (<40°C). Por su parte, el pH varió entre 7.56 y 8.50 UpH (Figura 10B). El rango de pH para aguas naturales oscila entre 4 y 9 y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de metales alcalinos y alcalinotérreos (Invemar, 2003). Los valores registrados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA (7.0 a 9.0 UpH) y de igual manera con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 4.01 y 5.11 mg/L. Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) para la preservación de flora y fauna y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 10C). Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978), sin embargo, algunas especies, como las tilapias, pueden



soportar bajas concentraciones, aproximadamente 1 mg/L, aunque lo más conveniente para ellas son valores mayores de 2 ó 3 mg/l, particularmente en ausencia de luz (Arredondo, 1993).

Para la conductividad se registran valores medios (entre 412 y 512  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) (Figura 10D), teniendo en cuenta que en la mayoría de las aguas dulces naturales esta suele encontrarse entre los 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a los 350  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ; aunque, esto también depende del tipo de geología (ANZEEC, 2000) y que esta aumenta en la temporada de sequía, ya que a una mayor temperatura se desprende gran cantidad de sólidos disueltos y sales, lo que genera que haya un mayor número de material particulados aniónicos y con esto el agua tenga más capacidad para transmitir electricidad (Sánchez, 2019).

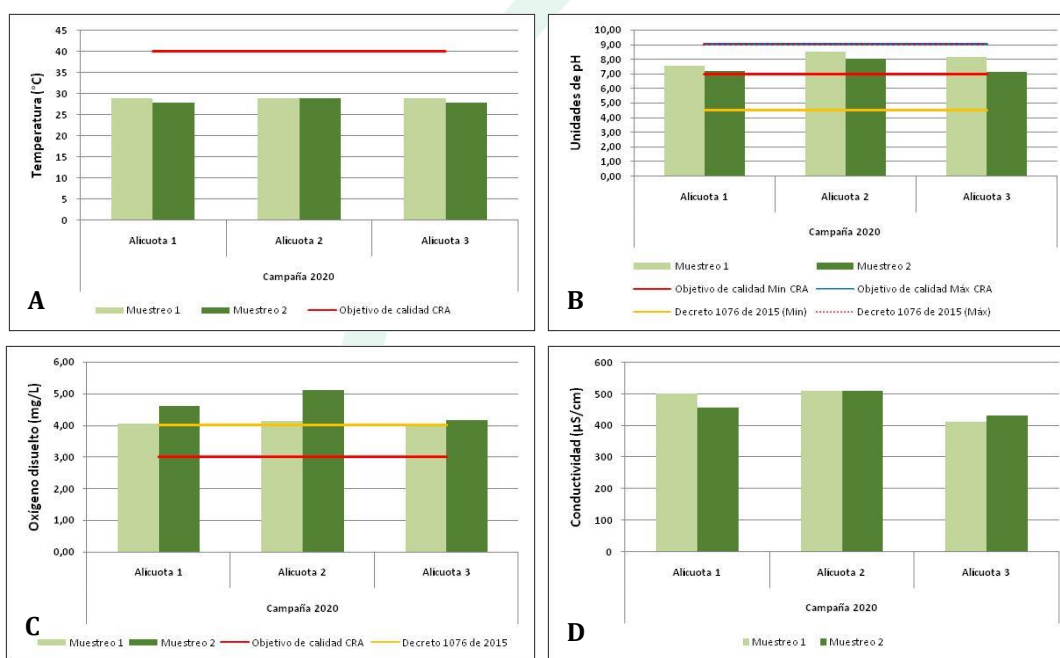


Figura 10. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Larga en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA y del Decreto 1576 de 2015.

La  $\text{DBO}_5$  registró promedios en P1 de 9.60 mg/L y en P2 de 10.65, que pueden ser considerados como de calidad aceptable, teniendo en cuenta criterios internacionales como el de CONAGUA-SEMARNAT (2014), quienes definen que las aguas de este tipo poseen  $\text{DBO}_5 > 6$  y  $\leq 30$  mg/L, no



obstante estos valores sobrepasan el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA. En el caso de la DQO se presentaron concentraciones promedio de 37 mg/L en P1 y 36.5 mg/L en P2 (>20 y ≤40 mg/L), que según CONAGUA- SEMARNAT (2014), pertenecen a aguas de calidad aceptable (Figura 11 A y B).

Los SST presentaron promedios de 5 mg/L en P1 y 5,85 mg/L en P2 (Figura 11C), cumpliendo con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad (≤25 mg/L) según CONAGUA- SEMARNAT (2014).

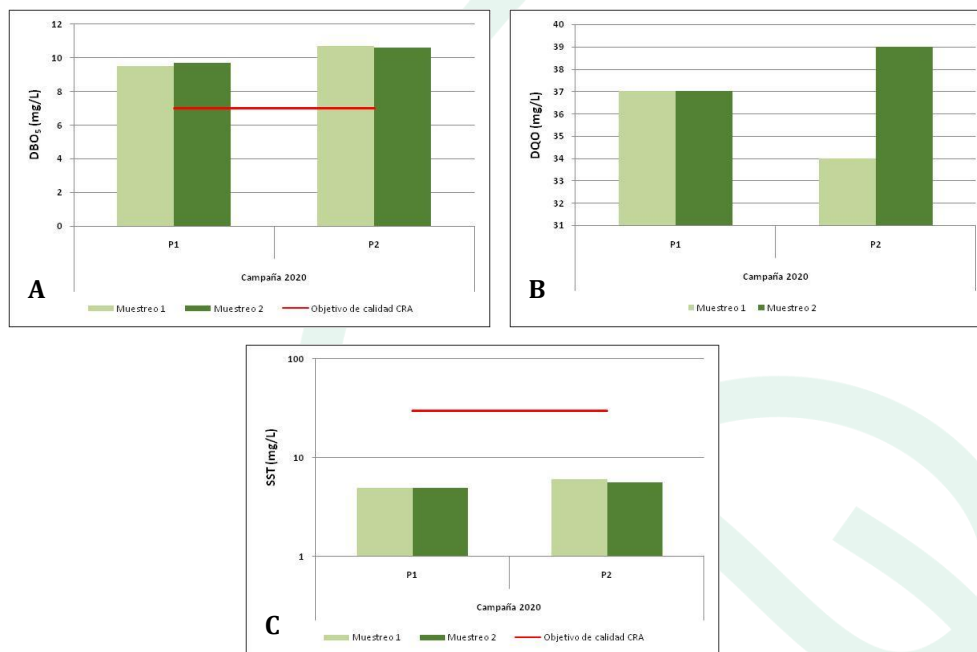


Figura 11. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Larga en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.

Los CTE registraron concentraciones promedio de 265 NMP/100 mL en P1 y de 215 NMP/100 mL en P2, que cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL). Por su parte, los CT registraron concentraciones promedio de 12270 NMP/100 mL en P1 y 1765 NMP/100 mL en P2 (Figura 12). Vale la pena mencionar que





de los CT el promedio se vió afectado por la alta concentración registrada en el primer muestreo (24000 NMP/100 mL), sobrepasando el límite máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL), sugiriendo una contaminación puntual por descargas de aguas domiciliarias a la ciénaga. Aunque el decreto 1594 de 1984 fue derogado por el artículo 79 del decreto 3930 de 2010, en el país aún no se han definido valores de referencia para esta variable, sin embargo, en este se daban algunos límites para la utilización del recurso agua, por ejemplo, se mencionaba que el NMP de CT no debería exceder un valor de 5.000 cuando se usara el recurso para riego de frutas que se consumen sin quitar la cáscara y para hortalizas de tallo corto.

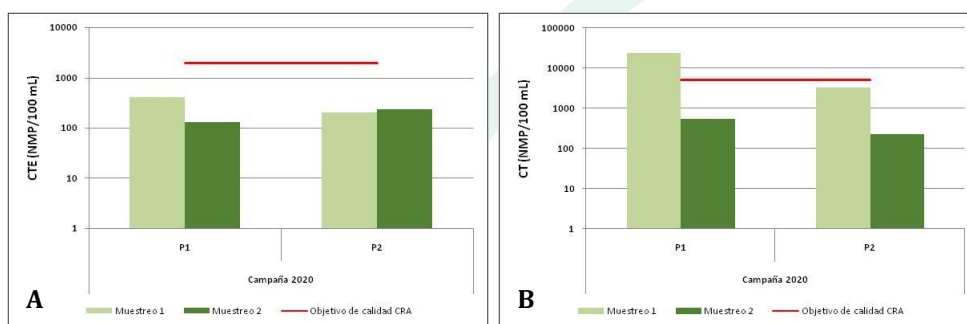


Figura 12. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Larga en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.

### Ciénaga La Luisa.

En la ciénaga La Luisa se presentaron temperaturas entre 28 y 29°C (Figura 13A), sin variaciones aparentes durante las diferentes mediciones realizadas en el día y que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA en la Resolución 258 de 2011, para las ciénagas de la cuenca del río Magdalena (<40°C). A nivel histórico, datos recientes tomados desde el año 2014 muestran que este cuerpo de agua mantiene temperaturas que se ajustan al objetivo de calidad instaurado por la CRA, registrando temperaturas promedio en 2014 de 31.59°C, en 2015 de 32.64°C, en 2016 de 29.93°C y en 2019 de 33.41°C.

Una de las características de las ciénagas del departamento del Atlántico es su tendencia a la alcalinidad, y la Luisa no es la excepción, esta ciénaga, en el histórico de datos muestra propiedades alcalinas con pH promedio en 2014 de 8.65, en 2015 de 8.84, en 2016 de 7.37 y en



2019 de 8.03. Para este monitoreo se registraron mediciones entre 7.36 y 9.21 UpH (Figura 13B), que en su mayoría cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.12 y 4.60 mg/L, cumpliendo con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L). En el caso del criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República solo lo cumplen el 67% de las mediciones (Figura 13C). En comparación con monitoreos anteriores, solo en 2016 se presentaron concentraciones promedio que no cumplieran con los objetivos de calidad (2.43 mg/L) y en 2014, 2015 y 2019, promedios de 7.71, 11.44 y 4.26 mg/L respectivamente. Para esta variable, Arimoro et al. (2017), plantea que valores de 8 a 10 mg/L son propios de aguas no contaminadas, por debajo a 5 mg/L pone a la vida acuática bajo presión y niveles por debajo de 1 – 2 mg/L causa la muerte de la biota en pocas horas.

Para la conductividad, se obtuvieron concentraciones entre 401 y 536  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 13D), propias de aguas dulces. Según Cirujano (1995), se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ , las subsalinas oscilan entre 1000 y  $3000\mu\text{S}/\text{cm}$ , las hiposalinas registran valores entre 3000 y  $20000\mu\text{S}/\text{cm}$ , las mesosalinas entre 20000 y  $50000\mu\text{S}/\text{cm}$  y, finalmente, las que superan los  $50000\mu\text{S}/\text{cm}$  son consideradas como hipersalinas.



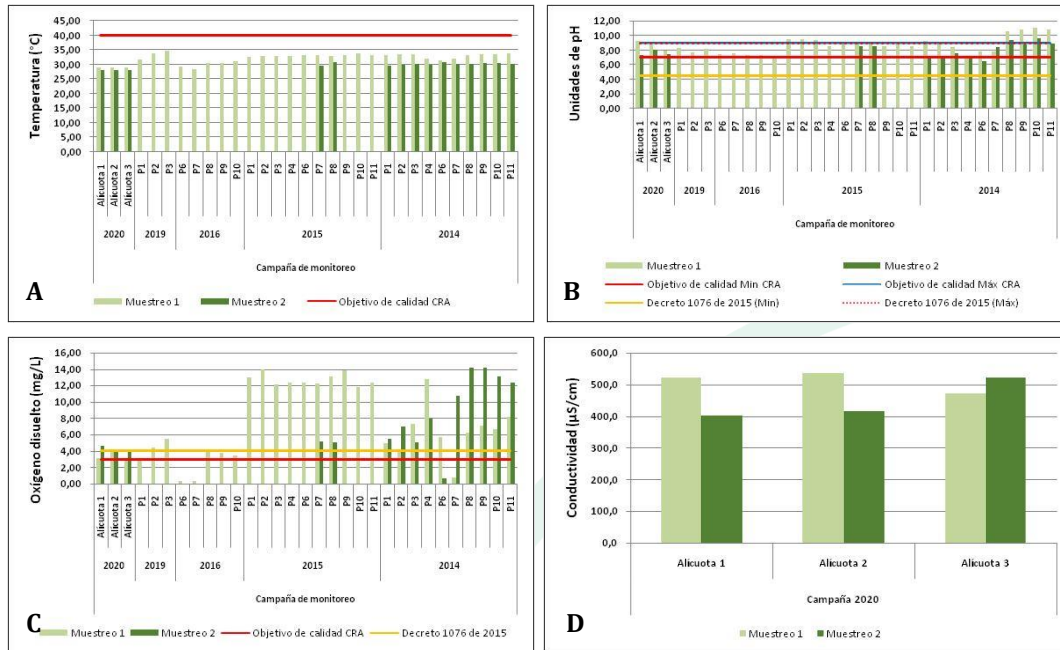


Figura 13. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga La Luisa en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La DBO<sub>5</sub> registró valores promedio de 9 mg/L en P1 y 10.5 mg/L en P2 y la DQO de 32 mg/L en P1 y 34.5 mg/L en P2 (Figura 14 A y B). Se observa, que en el histórico de datos, esta ciénaga presentó en 2014 valores promedio de DBO<sub>5</sub> de 11.7 mg/L y en 2019 de 3 mg/L, mientras que para la DQO en 2014 el promedio fue de 332 mg/L y en 2019 de 21.3 mg/L. En lo referente a la DBO<sub>5</sub>, los valores sobrepasan el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna.

Las variaciones en las concentraciones de estos parámetros probablemente están relacionadas con los aportes de aguas provenientes de poblaciones cercanas y escorrentías que incrementan la cantidad de materia orgánica en la columna de agua.



Teniendo en cuenta los criterios de evaluación de CONAGUA- SEMARNAT (2014) para estas variables, utilizados para determinar la calidad de aguas superficiales en México, se deduce que las aguas de la ciénaga presentan calidad aceptable ( $DBO_5 > 6$  y  $\leq 30$  mg/L) y ( $DQO > 20$  y  $\leq 40$  mg/L).

De otro lado, los SST registraron valores bajos, con promedios de 9 mg/L en P1 y 10.5 mg/L en P2, cumpliendo con el objetivo de calidad para la cuenca, establecido por la CRA ( $< 30$  mg/L) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad ( $\leq 25$  mg/L) según CONAGUA- SEMARNAT (2014). En el histórico de datos, se reportan para el 2014, concentraciones promedio de 184 mg/L y en 2019 de 13.92 mg/L. Los altos valores registrados en 2014, probablemente ocurrieron por la escasa profundidad al momento de monitoreo y la remoción de sólidos del fondo por la turbulencia causada por los vientos (Figura 14C).

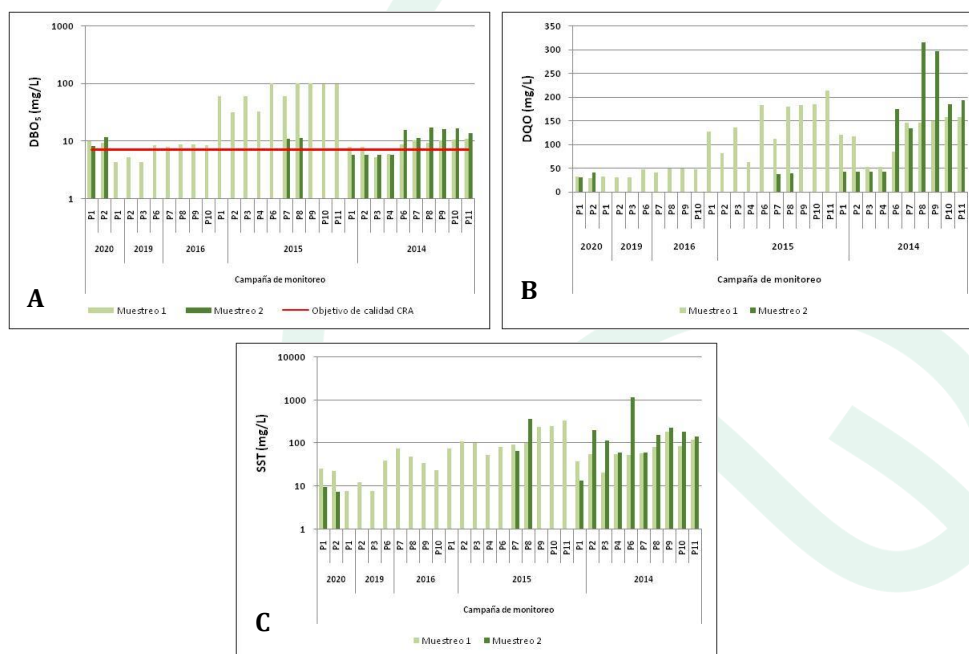


Figura 14. Variación de la  $DBO_5$ ,  $DQO$  y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga La Luisa en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.



Los CTE presentaron concentraciones promedio de 1210 NMP/100 mL en P1 y de 2145 NMP/100 mL en P2. En tanto, los CT registraron concentraciones promedio de 1210 NMP/100 mL en P1 y 2400 NMP/100 mL en P2 (Figura 15). Teniendo en cuenta que para considerar que un parámetro cumple con el objetivo de calidad, el 60% de las muestras deben superar el límite de control, se determinó que los CTE sobrepasan el objetivo de calidad estipulado por la CRA (<2000 NMP/100 mL), ya que de las dos mediciones realizadas en cada punto, una supera el límite de referencia. Por su parte, los CT cumplen con el objetivo de calidad (<5000 NMP/100 mL).

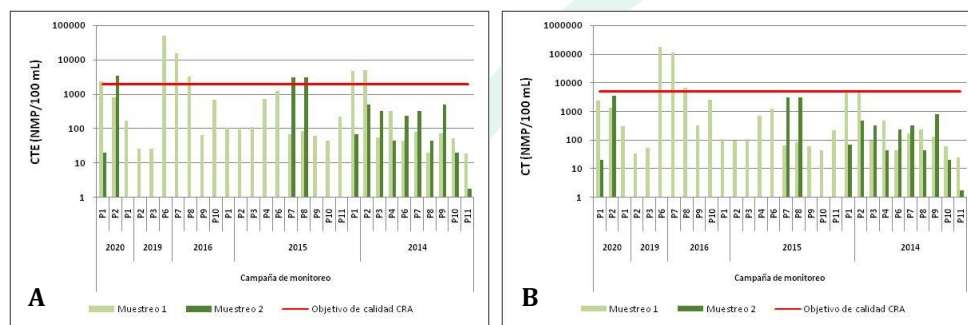


Figura 15. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga La Luisa en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga Manatí.

La ciénaga Manatí registró una temperatura de 29°C (Figura 16A), que concuerda con registros de la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA) en ciénagas de su jurisdicción, cumpliendo con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C). Así mismo, el pH en la mayor parte de las mediciones realizadas arrojó valores que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA (de 7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Solo en una de las alícuotas tomadas se registró un valor que se sale de los rangos de control (9.17 UpH) (Figura 16B), sin embargo, es frecuente que el pH fluctuó en el transcurso del día y en algunas ocasiones, en cuerpos de agua eutróficos, puede presentar cambios amplios, ocasionados en gran medida por la actividad biológica.



El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.12 y 5.21 mg/L (Figura 16C), cumpliendo con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978).

La conductividad, por su parte, presentó valores entre 381 y 566  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 16D), que son registros normales en aguas dulces. Estas, según Cirujano (1995), no superan los  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ , no obstante, algunos datos obtenidos sugieren alta mineralización, de acuerdo con los expuesto por Roldán y Ramírez (2008), quienes indican que las aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

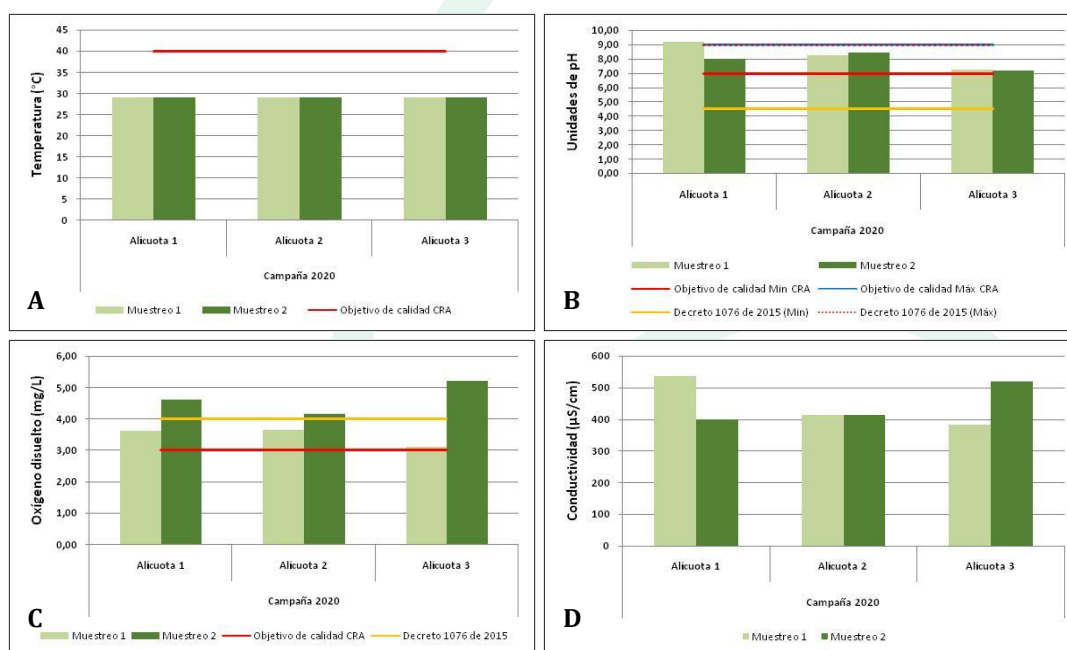


Figura 16. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Manatí en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA y del Decreto 1576 de 2015.

La  $\text{DBO}_5$  registró valores promedio de 8.85 mg/L en P1 y 12.25 mg/L en P2 y la DQO de 42 mg/L en P1 y 45.5 mg/L en P2 (Figura 17 A y B). Para la  $\text{DBO}_5$ , los valores sobrepasan el límite de





control ( $<7$  mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna.

Analizando algunos criterios de evaluación de las aguas continentales establecidos a nivel internacional como el de CONAGUA- SEMARNAT (2014) en México, se podría decir que las aguas de la ciénaga Manatí presentan una calidad aceptable en cuanto a la  $DBO_5$  ( $>6$  y  $\leq 30$  mg/L) y se encuentran contaminadas con respecto a las concentraciones de DQO ( $DQO >40$  y  $\leq 200$  mg/L), aunque los valores se aproximan a concentraciones aceptables.

Es importante mencionar parte de la carga orgánica en las ciénagas de agua dulce del departamento del Atlántico provienen de los aportes de aguas residuales y la presencia abundante de macrófitas y microalgas, que se maximiza con la interrupción del intercambio de aguas con sus afluentes principales en épocas de sequía, porque quedan confinadas en el espejo de agua, causando un aumento en el consumo del oxígeno disuelto por oxidación bacteriana de la materia orgánica.

Para los SST se obtuvieron valores promedio de 6.1 mg/L en P1 y 5.55 mg/L en P2 (Figura 17C), que cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA ( $<30$  mg/L) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad ( $\leq 25$  mg/L) según CONAGUA- SEMARNAT (2014).



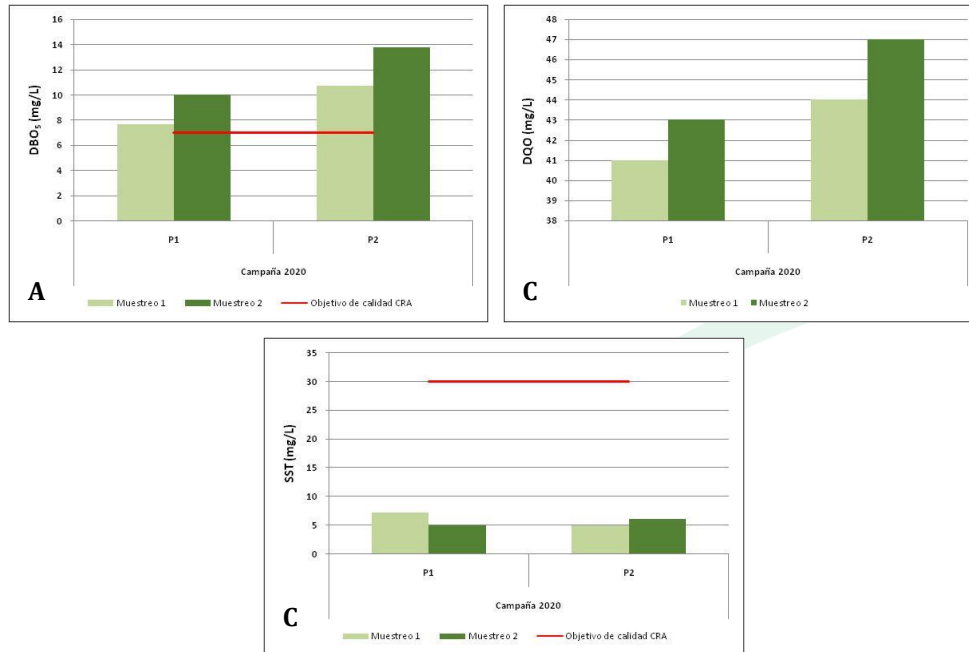


Figura 17. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Manatí en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.

Para la ciénaga Manatí los CTE registraron valores promedio de 115.9 NMP/100 mL en P1 y 470 NMP/100 mL en P2, mientras que los CT obtuvieron valores promedio de 1320 NMP/100 mL en P1 y 3850 NMP/100 en P2 (Figura 18). Los CTE cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), en tanto, los CT en P2, sobrepasaron el límite máximo establecido (<5000 NMP/100 mL), teniendo en cuenta que para considerar que un parámetro cumple con el objetivo de calidad, el 60% de las muestras deben superar el límite de control, se determinó que no cumple con el objetivo de calidad. De las dos mediciones realizadas en este punto, en una, se registró una concentración de 5400 NMP/100 mL y en la otra 2300 NMP/100 mL.

Es probable que estos altos valores de CT en P2 provengan de escorrentías y vertimientos de aguas residuales, sin embargo, no necesariamente expresen un mal estado de calidad, debido a que el uso de los CT como indicador de calidad de agua, ha sido cuestionado porque no en todos los casos las bacterias coliformes tienen un origen fecal comprobable, como lo planteó Harwood





et al. (2005), quien indica que la capacidad de los CT para predecir la presencia de patógenos es pobre.

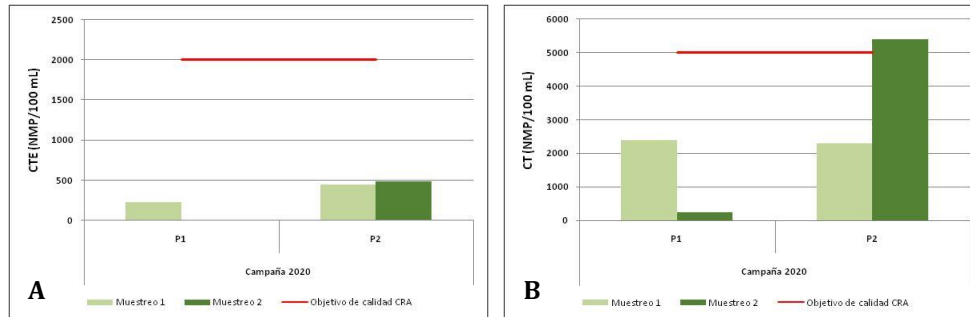


Figura 18. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Manatí en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.

### Ciénaga Paraíso.

Las temperaturas en la ciénaga Paraíso estuvieron entre 28 y 29°C (Figura 19A). La temperatura de los cuerpos de agua suele estar relacionada con la temperatura ambiental, es decir, las variaciones de este parámetro están condicionadas a la época climática, por lo cual, en los cuerpos de agua del departamento del Atlántico, donde no hay temporadas climáticas marcadas, suelen ser constantes durante todo el año. Estas mediciones cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C).

El pH presentó tendencia alcalina, con valores adecuados para el desarrollo de la vida acuática. Los registros estuvieron entre 7.15 y 8.98 UpH (Figura 19B), cumpliendo con el objetivo de calidad de la Resolución 258 de 2011 de la CRA (7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Del mismo modo, el oxígeno disuelto presentó valores adecuados para la vida acuática de entre 4.01 y 5.12 mg/L (Figura 19C), con variaciones mínimas durante el día, que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA (>3



mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República.

La conductividad, registró valores entre 321 y 534  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 19D), que son registros normales en aguas dulces según Cirujano (1995) quien manifiesta que en estos ecosistemas no superan los  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ , aunque se presentan mediciones superiores a  $500\mu\text{S}/\text{cm}$  que sugieren alta mineralización de acuerdo a lo expuesto por Roldán y Ramírez (2008), quienes indican que las aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y  $2000\mu\text{S}/\text{cm}$ .

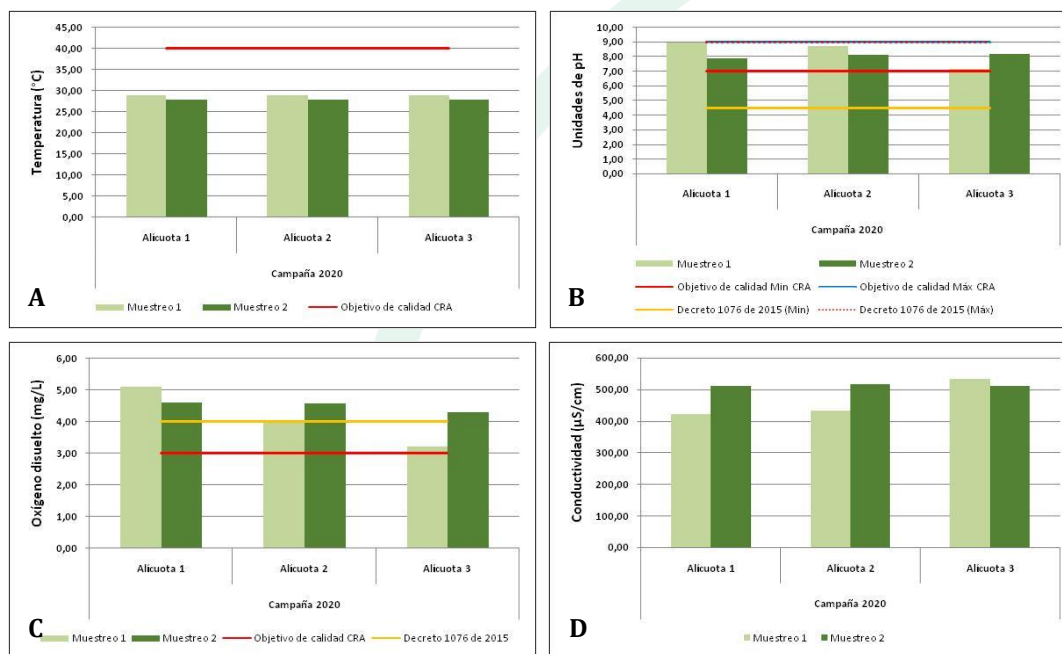


Figura 19. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Paraíso en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA y del Decreto 1576 de 2015.

La  $\text{DBO}_5$  registró concentraciones promedio de 9.15 mg/L en P1 y 8.95 mg/L en P2 y la DQO de 31 mg/L en P1 y 38.5 mg/L en P2 (Figura 20 A y B). Para la  $\text{DBO}_5$ , los valores promedio sobrepasan el límite de control ( $<7\text{ mg/L}$ ) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna. Los valores de  $\text{DBO}_5$  por encima de



los criterios de calidad, están relacionados, entre otras cosas, con el déficit hídrico, que por la desecación y la poca circulación de las aguas, causa un aumento de la materia orgánica biodegradable.

Por otra parte, los SST se registraron en concentraciones muy bajas ( $\leq 6.5$  mg/L) en ambos puntos de muestreo (Figura 20C), cumpliendo con el objetivo de calidad para la cuenca, establecido por la CRA ( $< 30$  mg/L) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad ( $\leq 25$  mg/L) según CONAGUA- SEMARNAT (2014).

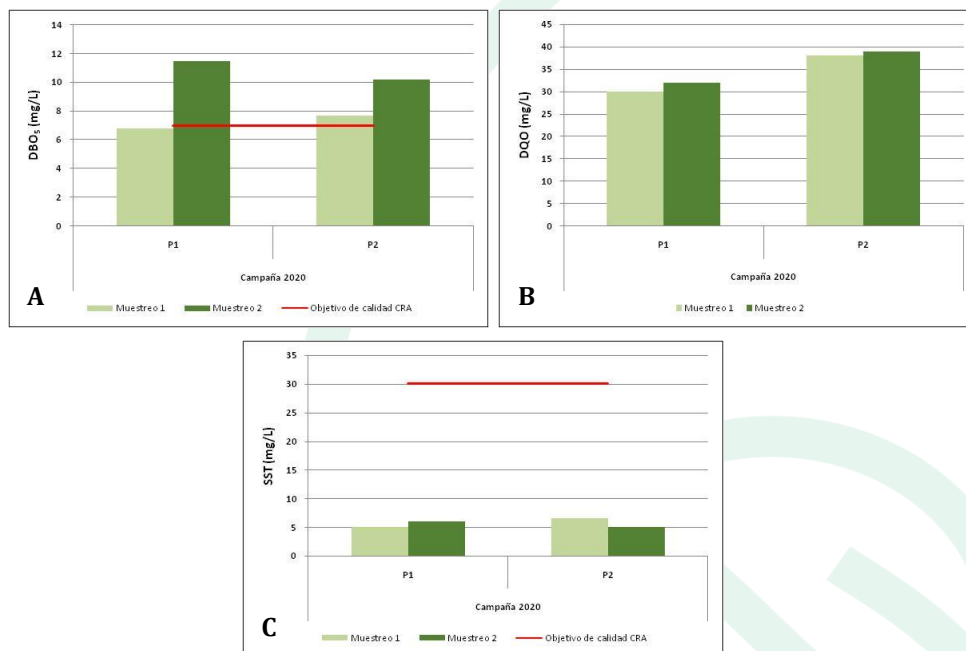


Figura 20. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Paraíso en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.

Los CTE presentaron concentraciones promedio de 1250 NMP/100 mL en P1 y de 390 NMP/100 mL en P2. Mientras que los CT registraron concentraciones promedio de 73000 NMP/100 mL en P1 y 27650 NMP/100 mL en P2. Los CTE cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA ( $< 2000$  NMP/100 mL), por su parte, los CT presentaron concentraciones altas en el primer muestreo que sobrepasan el límite máximo



establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL), lo que puede sugerir descargas puntuales de aguas domiciliarias en la ciénaga (Figura 21).

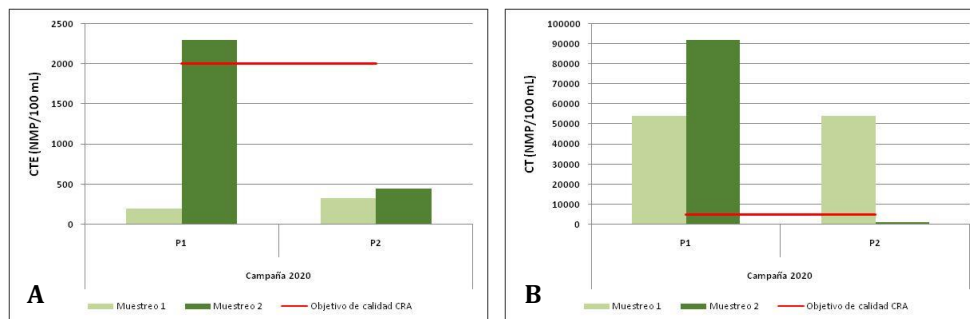


Figura 21. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Paraíso en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020 en relación a los objetivos de calidad de la CRA.

### Ciénaga de Santo Tomás.

En la ciénaga de Santo Tomás las temperaturas registradas fueron poco variables, con valores entre 28 y 29°C en el transcurso del día (Figura 22A), propias de los cuerpos de agua del departamento del Atlántico, donde la temperatura del agua está fuertemente ligada a la temperatura ambiental. Para el caso de los complejos cenagosos asociados al río Magdalena en el departamento, se reportan valores de entre 28.1°C hasta 36.7°C, siendo más probable encontrar menores temperaturas en los meses secos por acción de los vientos (CRA, CORMAGDALENA y CI, 2007). Estas temperaturas cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo uso predominante es la preservación de flora y fauna (<40°C), al igual que las reportadas en los años 2014, 2015 y 2019 donde en promedio se reportaron 31.82, 33.99 y 33.80°C respectivamente.

El pH en la ciénaga varió entre 7.46 y 8.10 UpH (Figura 22B). El rango de pH para aguas naturales oscila entre 4 y 9 y la mayoría son ligeramente básicas debido a la presencia de bicarbonatos y carbonatos de metales alcalinos y alcalinotérreos (Invemar, 2003). Los valores registrados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA (7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH)





del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República, al igual que los registros de 2014 y 2019 donde se presentaron concentraciones promedio de 8.93 y 7.14 UpH. Por su parte, en 2015 la mayoría de mediciones estuvieron por arriba de las 9 UpH. Estos altos valores pueden tener varias razones, entre ellas la presencia de sales carbonatadas de origen natural en la ciénaga, que pueden registrarse en mayor o menor concentración dependiendo del volumen de la columna de agua, y la actividad fotosintética de microalgas y macrófitas que remueven el CO<sub>2</sub>, aumentando la temperatura.

En tanto, el oxígeno disuelto presentó valores entre 3.10 y 5.16 mg/L que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) para la preservación de flora y fauna y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 22C). En cuanto al histórico reciente de datos, se aprecia que en los años 2014 y 2015 se registraron valores que cumplen con los criterios de calidad (8.40 y 9.85 mg/L, respectivamente), mientras que en 2019 se reportó un promedio muy bajo (1.83 mg/L) que estaría relacionado con la interrupción del intercambio de aguas entre la ciénaga y el río, la poca entrada de aguas de escorrentía y la escases de brisas en temporada de sequía. Para esta variable se acepta que valor aproximado a 4 mg/L para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978), aunque algunas especies, como las tilapias, pueden soportar bajas concentraciones aproximadamente 1 mg/L (Arredondo, 1993).

Para la conductividad se registran valores entre 506 y 545  $\mu$ S/cm (Figura 22D). En la mayoría de las aguas dulces naturales esta variable suele encontrarse entre los 10  $\mu$ S/cm a los 350  $\mu$ S/cm dependiendo del tipo de geología (ANZEEC, 2000) y la temporada climática. Los valores registrados pueden estar influidos por la época climática en la que se tomaron las muestras (sequía), donde las temperaturas ayudan a desprender gran cantidad de sólidos disueltos y sales, generandose que haya un mayor número de material particulados aniónicos y con esto el agua tenga más capacidad para transmitir electricidad (Sánchez, 2019).



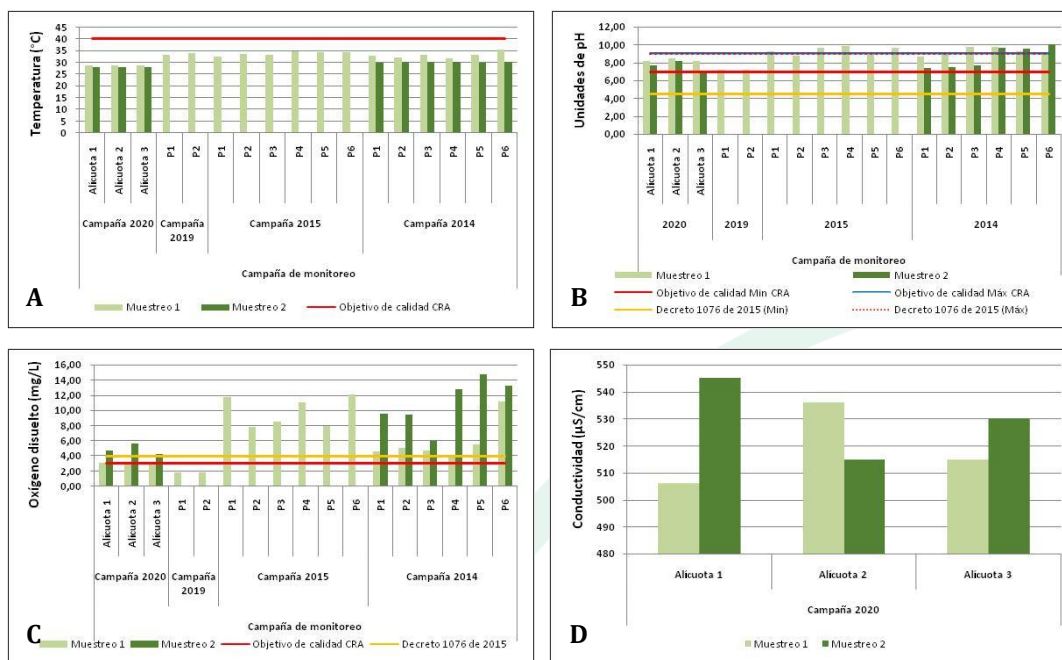


Figura 22. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Santo Tomás en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Se registraron concentraciones promedio de  $DBO_5$  de 4.3 mg/L en P1 y 2 mg/L en P2 que cumplen con el límite de control ( $<7$  mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna (Figura 23A). Así mismo, por tener una referencia, al comparar los resultados con criterios definidos por CONAGUA- SEMARNAT (2014), se puede decir que con respecto a la  $DBO_5$ , las aguas de la ciénaga son de buena calidad ( $>3$  y  $\leq 6$  mg/L). Por su parte, la DQO registró valores promedio de 18 mg/L en P1 y 12.5 mg/L en P2 (Figura 23B), que de acuerdo a la misma escala, también corresponden a aguas buena calidad ( $>10$  y  $\leq 20$  mg/L), esto quiere decir que al momento del muestreo la ciénaga no evidenciaba contaminación por materia orgánica. Con respecto a monitoreos anteriores, en 2014 y 2015 la ciénaga mostró cierto grado de contaminación, demostrada con valores promedio de  $DBO_5$  de 11.27 y 24.87 mg/L, respectivamente y DQO de 100 y 55.25 mg/L. Para



el año 2019, los registros fueron similares a los obtenidos en este monitoreo con DBO<sub>5</sub> promedio de 3.64 mg/L y DQO de 24.86 mg/L.

Para los SST se registraron concentraciones promedio de 11 mg/L en P1 y 11.95 mg/L en P2, que cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L) (Figura 23C) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad ( $\leq 25$  mg/L) según la escala de CONAGUA- SEMARNAT (2014). En relación a monitoreos anteriores, a diferencia de 2019 donde se presentaron valores bajos como en este monitoreo, en 2014 y 2015 se reportaron valores altos, que no cumplían el objetivo de calidad de la CRA pero que al ubicarlos en la escala anteriormente mencionada, califican como de aguas de calidad buena ( $>25$  y  $\leq 75$  mg/L) o aceptable ( $>75$  y  $\leq 150$  mg/L).

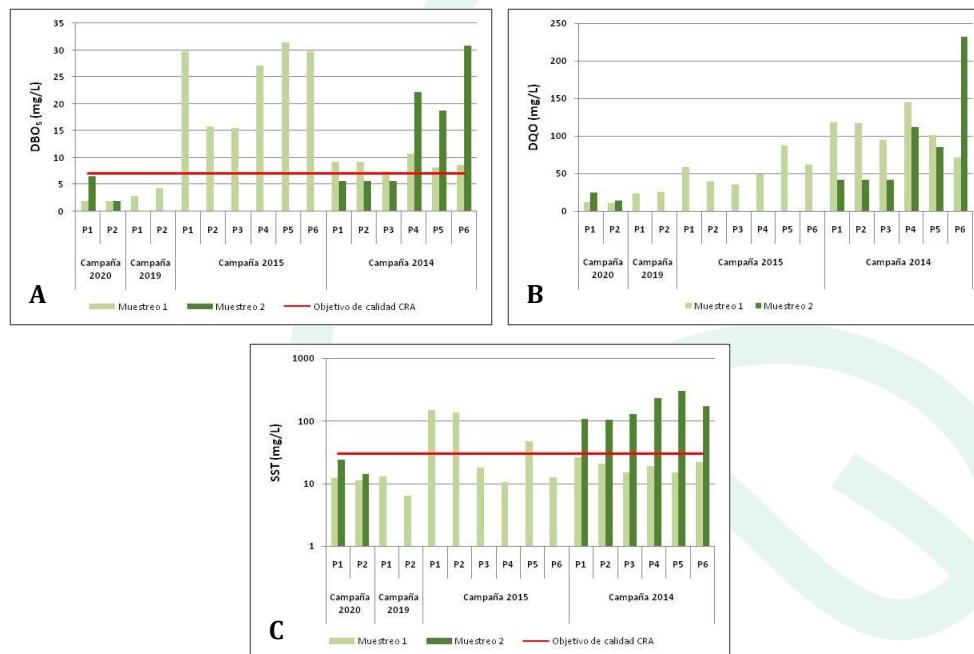


Figura 23. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Santo Tomás en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Los análisis microbiológicos demuestran que no existe contaminación por exceso de microorganismos patógenos en este cuerpo de agua. Se registraron concentraciones promedio



de CTE de 660 NMP/100 mL en P1 y 67.25 NMP/100 mL en P2, y de CT de 1210 NMP/100 mL en P1 y de 71.5 NMP/100 mL en P2, que cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (CTE<2000 NMP/100 mL y CT<5000 NMP/100 mL). Estos registros son similares a los que se han obtenido en años anteriores (2014, 2015 y 2019), donde también se cumplieron los objetivos de calidad (Figura 24).

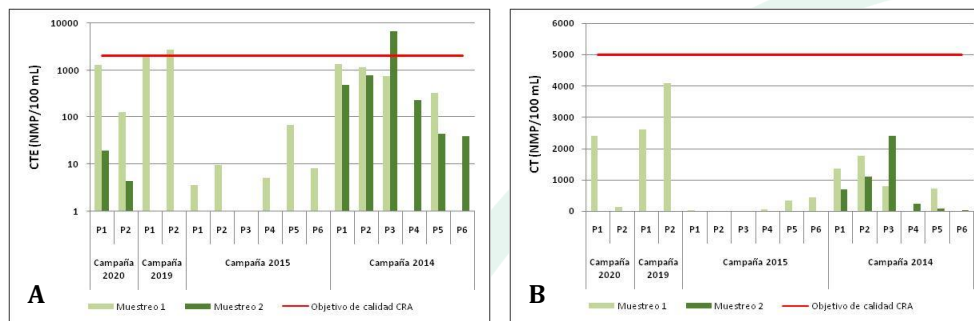


Figura 24. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Santo Tomás en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga de Sabanagrande.

La ciénaga de Sabanagrande se caracterizó por presentar temperaturas entre 28 y 29°C (Figura 25A), cumpliendo con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C). De igual manera, en diferentes años monitoreados, se han registrado temperaturas que cumplen con este criterio, en 2014 el promedio registrado fue de 31.47°C, en 2015 de 33.49°C, en 2016 de 29.28°C y en 2019 de 33.35°C.

Con respecto al pH, se presentaron valores con tendencia alcalina, entre 7.97 y 9.48 UpH (Figura 25B). La mayor parte de las mediciones realizadas cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA (de 7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. A través del tiempo, se ha observado que no siempre se cumple con el objetivo de



calidad, por ejemplo, en 2106, se registro un promedio entre mediciones de 10.26 UpH. En relación a esto, Roldan (2003) manifiesta que el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y critica por lo cual la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción. Es frecuente que el pH fluctué en el transcurso del día y en algunas ocasiones, en cuerpos de agua eutróficos, puede presentar cambios amplios, ocasionados en gran medida por la actividad biológica.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.21 y 5.14 mg/L (Figura 25C), cumpliendo con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2014 se reportaron valores con promedio de 7.46 mg/L que cumplen con los objetivos de calidad, mientras que en 2015 y 2019 se registraron valores promedio altos (respectivamente 12.85 y 13.30 mg/L), que aunque cumplen con el objetivo de calidad, pudieron haber ocasionado sobresaturación, que según Ramírez y Viña (1998), son frecuentes en sistemas eutrofizados, por el aumento de la actividad fotosintetizadora y la disponibilidad de este gas, así como su rápido consumo durante el ciclo diario. Contrario a esto, en 2016, el promedio de las mediciones realizadas en la ciénaga fue de 1.07 mg/L, pudiendo causar estrés a los organismos que la habitan y hasta la muerte. De otro lado, la conductividad presentó valores propios de aguas dulces, entre 214 y 518  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 25D).



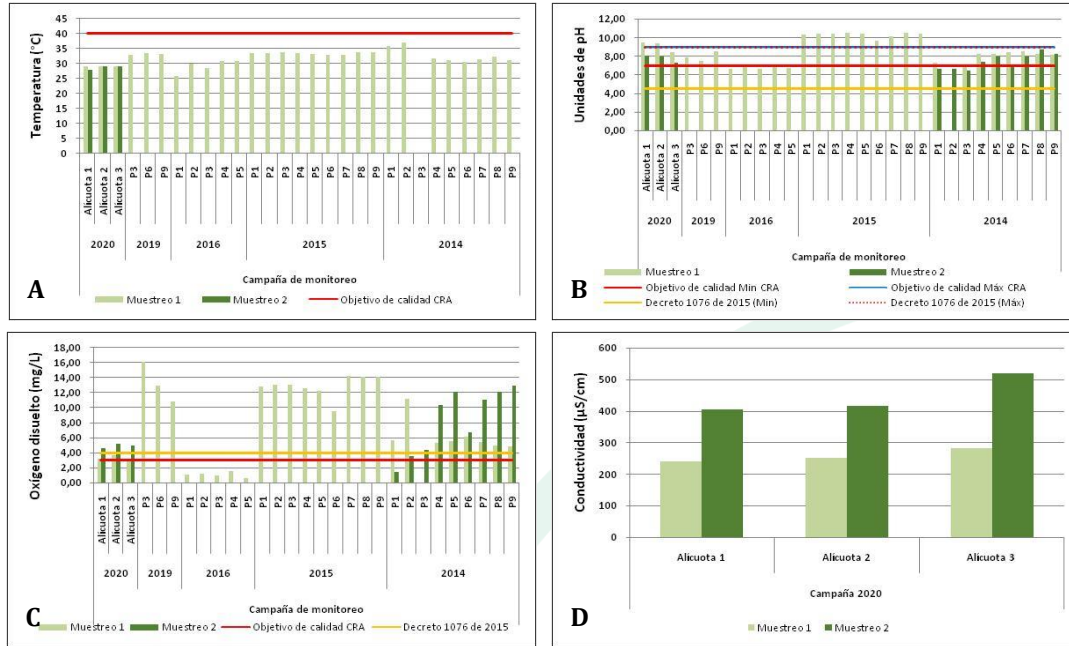


Figura 25. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Sabanagrande en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La DBO<sub>5</sub> y la DQO presentaron concentraciones de 6.8 mg/L en P1 de 9.05 mg/L en P2 de 21 mg/L en P1 de 27 mg/L en P2, respectivamente. En la mayoría de mediciones realizadas en los dos muestreos, la DBO<sub>5</sub> sobrepasó el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna (Figura 26 A y B). Estas variables evidencian que hay cierta contaminación por materia orgánica que puede tener origen autóctono, derivado de una alta producción primaria de microalgas y macrófitas, y alóctono, a través de sus afluentes y descargas de aguas residuales.

En monitoreos realizados en años anteriores en este cuerpo de agua, se aprecian valores bajos de DBO<sub>5</sub> en 2016 y 2019, con promedios de 4.64 y 2.31 mg/L, mientras que en 2014 fue de 9.50 mg/L. En 2014 se reportaron concentraciones extremadamente altas, con promedio de 167.43 mg/L. De su lado, la DQO registró valores promedio de calidad aceptable en 2016 (25.19 mg/L) y 2019 (13.30 mg/L), pero propios de aguas contaminadas en 2014 (113.77 mg/L) y 2015





(454.20 mg/L). En los años donde se presentaron concentraciones altas de estas variables, es probable que se estuvieran presentando fenómenos de descomposición de materia orgánica proveniente de los detritos aportados por los afluentes y de la de vegetación flotante y sumergida.

Las concentraciones de SST registrados fueron menores a <30 mg/L (Figura 26C), que es el límite objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA, por lo cual en estos momentos no representan un problema para la calidad del agua de la ciénaga. Al compararlos con el criterio de calidad de CONAGUA - SEMARNAT (2014), se aprecia que estos valores podrían incluirse dentro de los señalados para aguas de excelente calidad ( $\leq 25$  mg/L).

En el histórico de datos, los registros más cercanos al actual fueron los reportados en 2016 (36.42 mg/L) y 2019 (31.72 mg/L), mientras que en 2014 y 2015 se registraron altas concentraciones, en el orden de los 65.75 mg/L para el primero y 375.73 para el segundo. Con respecto a los SST, Ramírez et al. (1997) indican que estos se deben principalmente a causa de procesos erosivos y reducción en los niveles de agua que aumenta la cantidad de minerales en la misma.



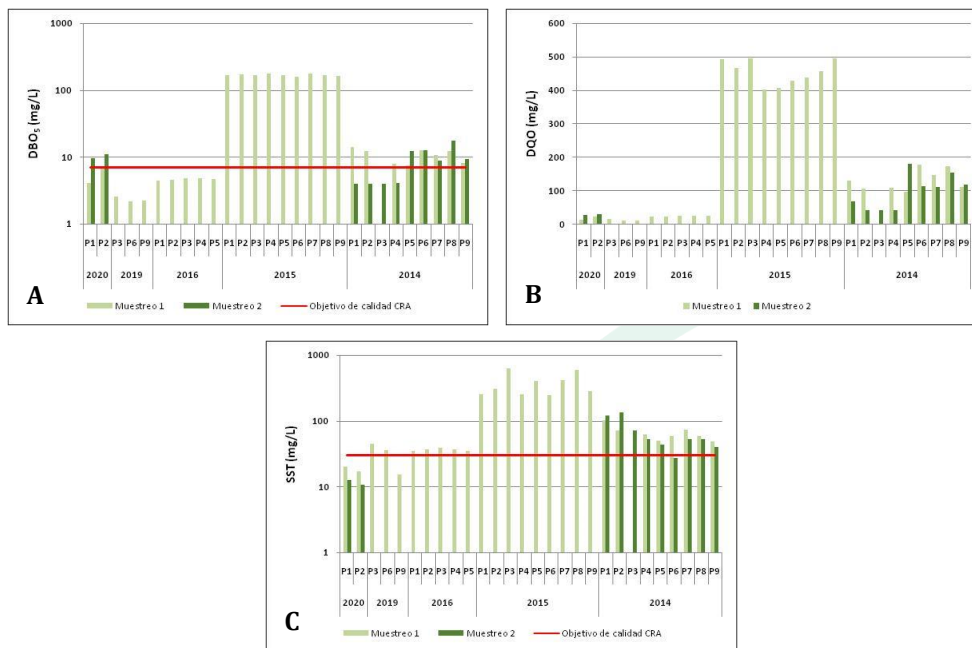


Figura 26. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Sabanagrande en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

En relación a la contaminación microbiológica, no se evidencian concentraciones preocupantes de estas variables. Se registraron valores promedio de CTE de 245 NMP/100 mL en P1 y 115 NMP/100 mL en P2, y de CT de 254 NMP/100 mL en ambos puntos, que cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (CTE < 2000 NMP/100 mL y CT < 5000 NMP/100 mL). A diferencia de esto, en años anteriores se presentaron valores altos que sí demuestran contaminación, con valores medios totales de CTE de 13214.91 NMP/100 mL y CT de 24048.77 NMP/100 mL en 2016 y CTE de 31797.56 NMP/100 mL y CT de 38644.31 NMP/100 mL en 2019 (Figura 27).



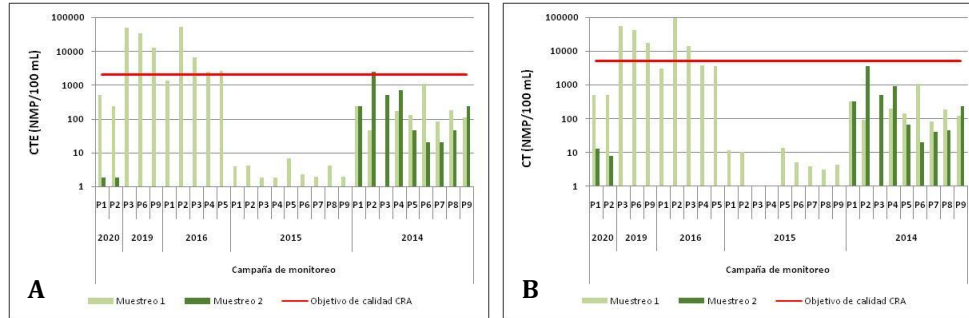


Figura 27. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Sabanagrande en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga El Convento.

En la ciénaga El Convento se presentaron temperaturas entre 28 y 29°C, cumpliendo con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C) (Figura 28A). De igual manera, en diferentes años monitoreados, se han registrado temperaturas que cumplen con este criterio, en 2014 el promedio registrado fue de 30.75°C, en 2015 de 31.72°C, en 2016 de 30.35°C y en 2019 de 31.37°C.

Para el pH, se registraron valores alcalinos, entre 8.01 y 8.43 UpH, similares a los registros promedios de 2014, 2016 y 2019 (8.61, 8.53 y 8.12 UpH, respectivamente), que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH) (Figura 28B). Del mismo modo, cumple con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República y son aptos para la mayoría de animales acuáticos, que sobreviven en rangos de 6.5 a 8.0, fuera del cual se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción. Contrario a esto, en 2015 la mayoría de mediciones estuvieron por encima de las 9 UpH. Estos altos valores pueden tener varias razones, entre ellas la presencia de sales carbonatadas de origen natural en la ciénaga, que pueden registrarse en mayor o menor concentración dependiendo del volumen de la columna





de agua, y la actividad fotosintética de microalgas y macrófitas que remueven el CO<sub>2</sub>, aumentando la temperatura.

El oxígeno disuelto se registró en concentraciones entre 3.60 y 5.30 mg/L, cumpliendo con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 28C). Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). En comparación con monitoreos realizados anteriormente, solo en 2019 se reportaron valores por debajo de los criterios de calidad (promedio de 2.53 mg/L) que estarían relacionados con la interrupción del intercambio de aguas entre la ciénaga y el río, la poca entrada de aguas de escorrentía y la escases de brisas en temporada de sequía.

De otro lado, la conductividad presentó valores entre 401 y 481  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 28D), propias de aguas dulces. Según Cirujano (1995), se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los registros son significativamente altos frente a los reportes para aguas continentales naturales que en promedio son inferiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Roldán, 1992), sin embargo, estos pueden aumentar por la naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos.



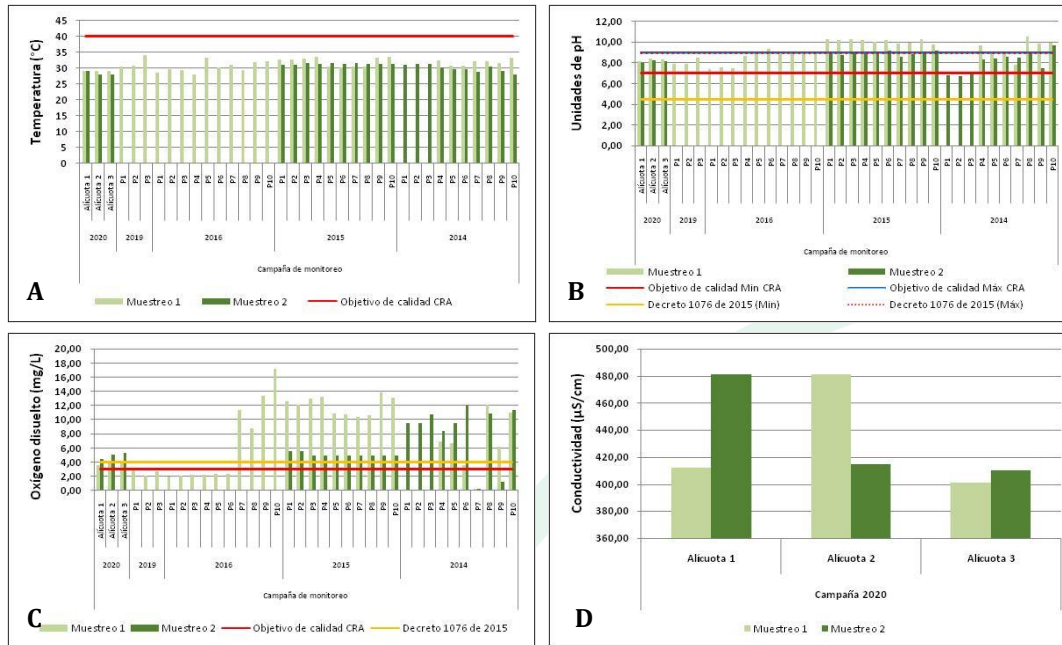


Figura 28. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga El Convento en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La DBO<sub>5</sub> y la DQO presentaron concentraciones medias de 15.55 mg/L en P1 y 17.75 mg/L en P2 para la primera y de 46.50 mg/L en P1 y 33.05 mg/L en P2 para la segunda. Se aprecia que la DBO<sub>5</sub> sobrepasó el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna, en todas las mediciones realizadas (Figura 29 A y B).

Aunque no existe un criterio definido para evaluar la calidad de estas variable en Colombia, se puede tener una aproximación al estado de calidad comparando con criterios definidos en otros países, como el de CONAGUA- SEMARNAT (2014), que en México definieron que aguas con DBO<sub>5</sub>>6 y ≤30 mg/L, como los registros del reciente monitoreo, poseen una calidad aceptable. Mientras que para la DQO, concentraciones como las presentadas en P1 (>40 y ≤200 mg/L) pertenecen a aguas contaminadas y las registradas en P2 (>20 y ≤40 mg/L) a aguas de calidad aceptable.



En relación a monitoreos anteriores, únicamente en 2019 se cumplió con el objetivo de calidad de la CRA para la DBO<sub>5</sub>. En los demás años se evidencia contaminación por materia orgánica, mas acrecentada en 2015 donde en promedio se reportaron 31.98 mg/L. Así mismo, se presentaron valores promedio de DQO altos en 2014 (154.65 mg/L), 2015 (144.22 mg/L) y 2016 (85.59 mg/L).

En el caso de los SST, se presentaron valores bajos que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA para la cuenca (<30 mg/L) (Figura 29C) y se encuentran dentro de los señalados para aguas de excelente calidad (≤25 mg/L) según CONAGUA- SEMARNAT (2014). En el histórico de datos, se evidencian altos valores en 2014 (91.85 mg/L), 2015 (222.90 mg/L) y 2016 (116.79 mg/L), mientras que en 2019 el promedio registrado fue de 29.89 mg/L. Los altos valores registrados en algunos monitoreos estarían relacionados con la resuspensión de sedimentos del fondo ocasionada por los vientos en época de aguas bajas.

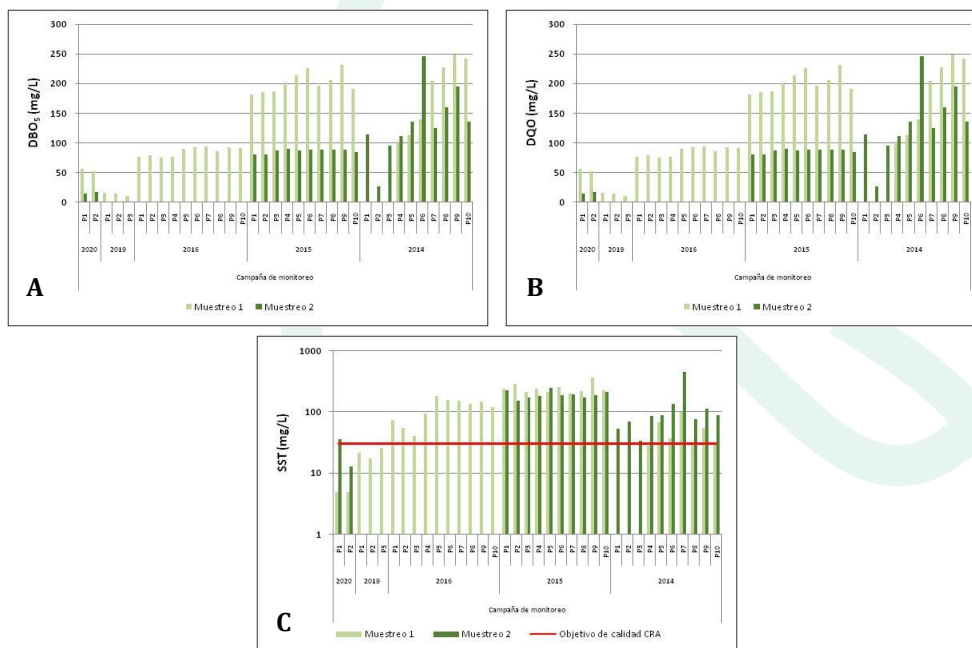


Figura 29. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga El Convento en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.





En este cuerpo de agua no se evidencia contaminación de tipo microbiológico, registrándose concentraciones promedio de CTE de 1.8 NMP/100 en P1 y P2, y de CT de 4.8 NMP/100 mL en P1 y de 126.5 NMP/100 mL en P2, que cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (CTE<2000 NMP/100 mL y CT<5000 NMP/100 mL). Estos registros son similares a los que se han obtenido en años anteriores (2014, 2015, 2016 y 2019), donde también se cumplió con los objetivos de calidad (Figura 30).

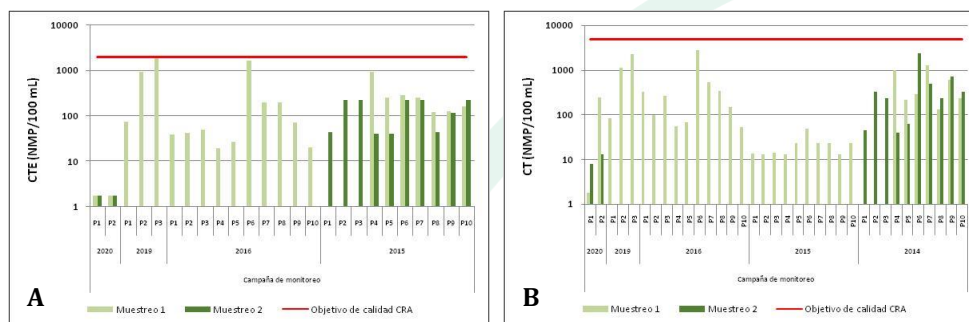


Figura 30. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga El Convento en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga de Malambo.

La ciénaga de Malambo se caracterizó por presentar temperaturas entre 28 y 29°C, cumpliendo con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C) (Figura 31A). En el histórico de datos se aprecia que esta ciénaga ha presentado temperaturas dentro del rango de calidad, registrando en 2014 medias de 35.52°C y en 2019 de 28.7°C. Para esta variable, en el POMCA del río Magdalena en el departamento del Atlántico (CRA, CORMAGDALENA y CI, 2007) se menciona que en los complejos cenagosos asociados al río Magdalena, se reportan valores entre 28.1°C hasta 36.7°C, en donde es más probable encontrar las menores temperaturas en los meses secos por acción de los vientos.



Para el pH, se presentaron valores alcalinos, entre 7.01 y 8.54 UpH que al igual que la temperatura son similares a los registros de 2019, donde se obtuvo un valor promedio de 7.68 UpH. Estos valores cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH). Del mismo modo, cumple con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 31B). En relación a esto, Roldan (2003) manifiesta que el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítica por lo cual la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0 UpH, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción. Contrario a esto, en 2014 los registros promedio fueron de 9.89 UpH, saliéndose de los criterios establecidos y podrían estar asociados a la presencia de sales carbonatadas de origen natural en la ciénaga, que pueden registrarse en mayor o menor concentración dependiendo del volumen de la columna de agua, y la actividad fotosintética de microalgas y macrófitas que remueven el CO<sub>2</sub>, aumentando la temperatura y por ende el pH.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 4.12 y 5.18 mg/L, cumpliendo con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 31C). Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2014 y 2019 se reportaron valores medios que podrían tener tendencia a la sobresaturación, (12.02 mg/L en 2014 y 10.80 mg/L en 2019). La fluctuación del oxígeno puede deberse a la influencia del pulso de inundación sobre el cuerpo de agua y la materia orgánica que proviene de los vertimientos que llegan a la ciénaga (Atencio et al., 2005), que hacen que el fitoplancton fluctúe y en consecuencia el proceso de fotosíntesis y la oxidación de la materia orgánica también varíe (García y Cruz, 2013).

Por su parte, la conductividad presentó valores entre 321 y 481  $\mu$ S/cm (Figura 31D), propias de aguas dulces. Según Cirujano (1995), se considera que las aguas dulces no superan valores



de alrededor de  $1000\mu\text{S}/\text{cm}$ . Los registros son significativamente altos frente a los reportes para aguas continentales naturales que en promedio son inferiores a  $100\mu\text{S}/\text{cm}$  (Roldán, 1992), sin embargo, estos pueden aumentar por la naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos.

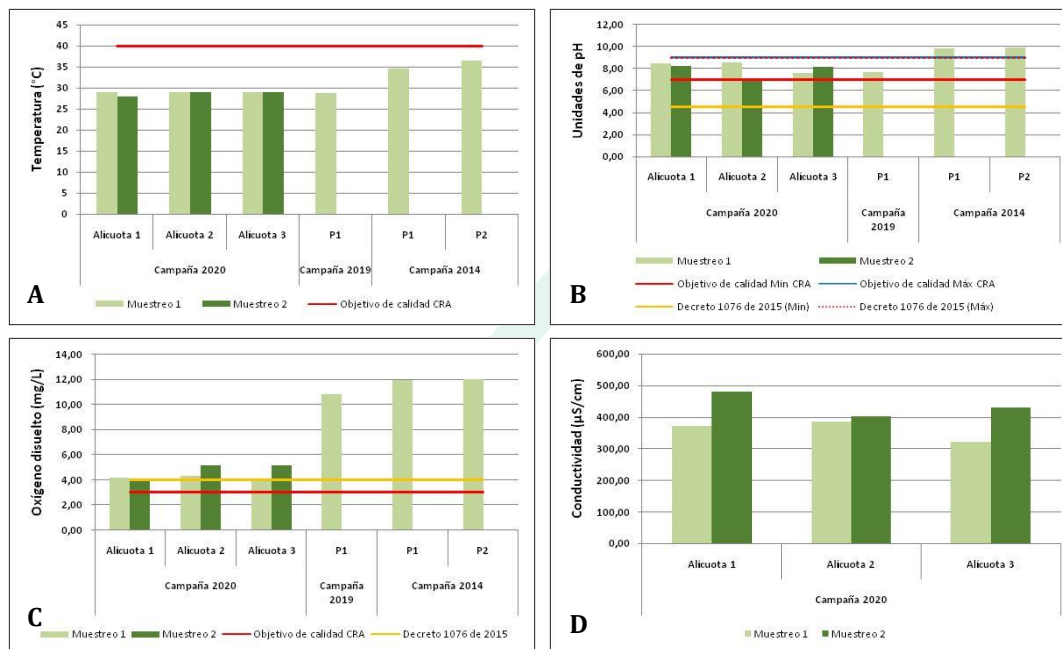


Figura 31. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Malambo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La ciénaga de Malambo muestra contaminación por materia orgánica biodegradable, evidenciada en valores promedio de  $\text{DBO}_5$  de  $23.8\text{ mg}/\text{L}$  en P1 y de  $20.5\text{ mg}/\text{L}$  en P2. Del mismo modo, se registran concentraciones de DQO de aguas contaminadas con valores promedio de  $58\text{ mg}/\text{L}$  en P1 y  $63\text{ mg}/\text{L}$  en P2 (Figura 32 A y B). Los valores de  $\text{DBO}_5$  superan el límite establecido por la CRA ( $<7\text{ mg}/\text{L}$ ) como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 en la Resolución 258 de 2011. Brown (2009) menciona que las cantidades excesivas de materiales orgánicos biodegradables en agua son perjudiciales debido a que eliminan del agua el oxígeno necesario para sustentar la vida animal normal. Entre las fuentes de esos materiales que demandan oxígeno, se incluyen las aguas negras y los desechos industriales.



En monitoreos realizados en años anteriores, se aprecian valores aceptables de  $DBO_5$ . En 2014 se registró en promedio para la ciénaga 8.45 mg/L y en 2019 3.77 mg/L. Por su parte la DQO presentó en 2014 altas concentraciones promedio (290.85 mg/L) y en 2019 29.30 mg/L. En los años donde se presentaron concentraciones altas de estas variables, es probable que se estuvieran presentando fenómenos de descomposición de materia orgánica proveniente de desechos urbanos e industriales, detritos aportados por los afluentes y de la de vegetación flotante y sumergida.

De otro lado, las concentraciones de SST registrados fueron en promedio de 7.65 mg/L para P1 y de 8.45 mg/L para P2, menores al límite máximo estipulado por la CRA como objetivo de calidad (<30 mg/L) (Figura 32C). Con respecto a años anteriores, en 2019 se registró una concentración media de 29.3 mg/L y en 2014 de 290.85 mg/L. Esta última corresponde a aguas con elevado material en suspensión, lo que supone que al momento de muestreo se presentaban condiciones de turbulencia ocasionada por los vientos o el alto flujo de entrada escorrentías y su afluente principal.



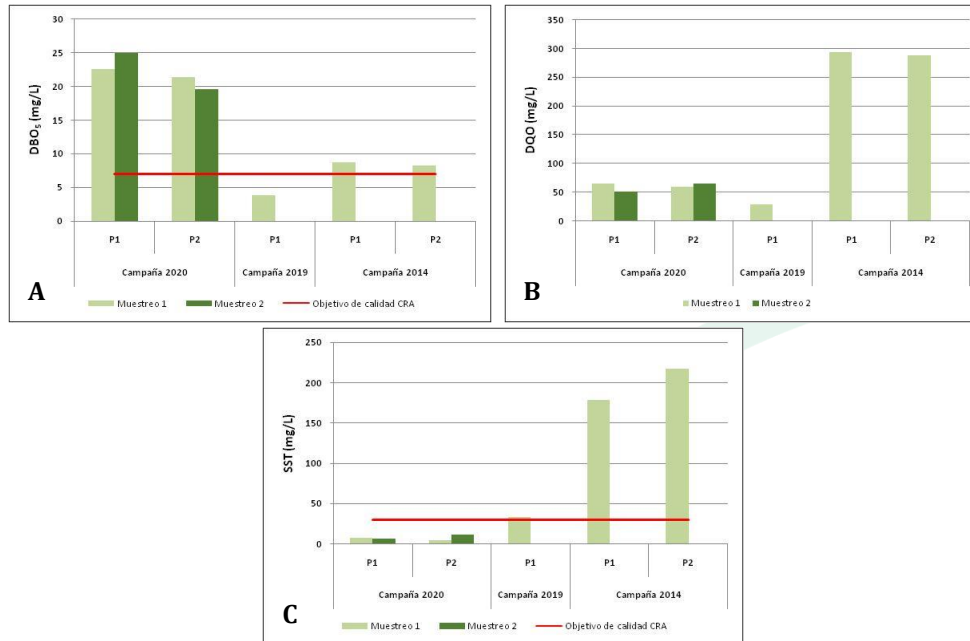


Figura 32. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Malambo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

En esta ciénaga se presentaron concentraciones promedio de CTE de 137.5 NMP/100 mL en P1 y de 1800 NMP/100 mL en P2, y de CT de 7300 NMP/100 mL en P1 y de 1800 NMP/100 mL en P2 (Figura 33).

La resolución 258 de la CRA, en la cual se establecen los objetivos de calidad, se menciona que para considerar que un parámetro cumple con el objetivo de calidad, el 60% de las muestras debe superar el límite de control. Teniendo en cuenta esto, los CTE sobrepasan el objetivo de calidad (<2000 NMP/100 mL) en P2, debido a que una de las muestras registró 2300 NMP/100 y en la otra 1300 NMP/100. En el caso de los CT, se aprecian valores que superan el objetivo de calidad (<5000 NMP/100 mL) en P1, donde se obtuvo en una de las muestras 5400 NMP/100 y en la otra 9200 NMP/100. Los valores altos son frecuentes en esta ciénaga, si comparamos estos resultados con los del monitoreo realizado en 2019, donde se obtuvo una media total de 48372.96 NMP/100 mL de CTE y de 122715.85 NMP/100 mL de CT.



Esta ciénaga, como todas las que se encuentran ubicadas en la margen oriental del departamento del Atlántico y que hacen parte de la zona inundable del río Magdalena, presentan diferentes problemáticas ambientales, debido a que a partir de sus orillas se han levantado poblaciones y zonas industriales que de una u otra manera les causan afectaciones, entre ellas las descargas de vertimientos urbanos con y sin tratamiento que además de aportar materia orgánica, introducen contaminación de tipo microbiológico, sumado a los residuos de actividades agropecuarias que también se dan en sus riberas.

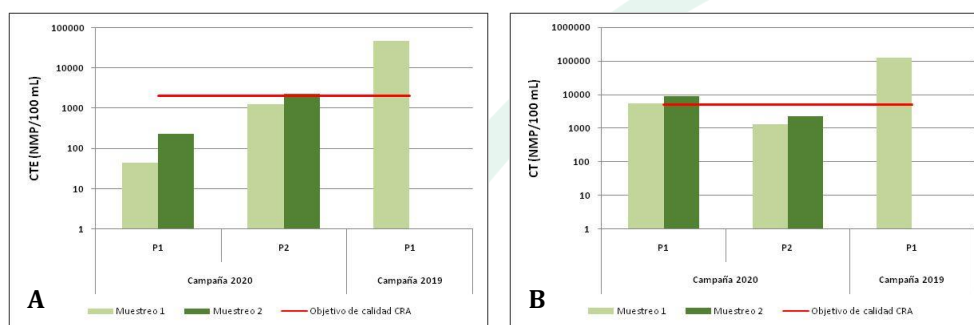


Figura 33. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Malambo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga de Mesolandia.

En la ciénaga de Mesolandia se presentaron temperaturas entre 28 y 30°C que concuerdan con los registros de monitoreos realizado por la CRA en 2014, 2015 y 2019 donde se obtuvieron valores de 30.63, 33.22 y 28.5°C (Figura 34A). Las variaciones de este parámetro obedecen generalmente a circunstancias naturales, principalmente la época climática, y en todo caso, cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C).

Para el pH, se presentaron valores alcalinos, entre 7.28 y 8.12 UpH que al igual que la temperatura son similares a los registros de 2019 donde se obtuvo un valor de 8.1 UpH (Figura 34B). Estos valores cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH). Del







mismo modo, cumple con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Contrario, en 2014 y en 2015 no se cumplieron los objetivos de calidad, registrándose concentraciones medias de 9.11 y 9.59 UpH. Ciénagas como la de Mesolandia, tienden a mostrar valores de calidad negativos a medida que avanza la época de sequía, donde el poco intercambio del agua entre las ciénagas y su principal afluente, y la radiación solar, hace que disminuya la columna de agua, concentrándose los productos de las actividades biológicas.

El oxígeno disuelto, por su parte, presentó valores entre 4.32 y 5.21 mg/L, mostrando variaciones mínimas (Figura 34C). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2014, 2015 y 2019, se reportaron valores un poco más altos que pudieron haber llevado a la sobresaturación de oxígeno en las aguas de la ciénaga, que según Ramírez y Viña (1998), es frecuente en sistemas eutrofizados, por el aumento de la actividad fotosintetizadora y la disponibilidad de este gas. De otro lado, la conductividad presentó valores entre 471 y 536  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 34D), propios de aguas continentales dulces, aunque son significativamente altos, ya que en promedio las aguas continentales naturales poseen menos de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Roldán, 1992), sin embargo, estos pueden aumentar por la naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos.



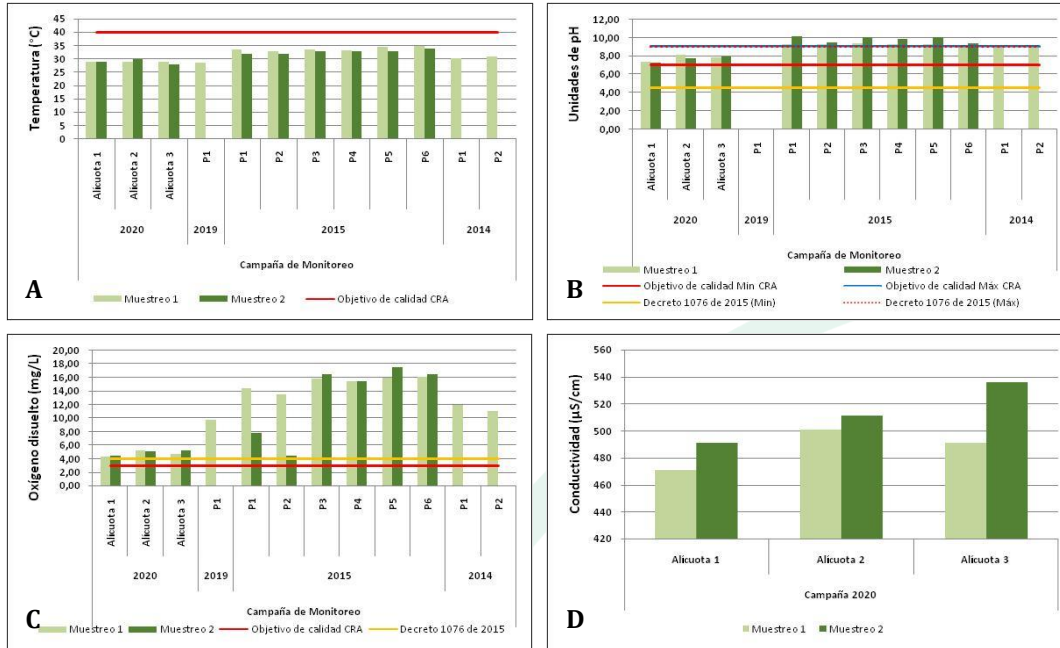


Figura 34. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Mesolandia en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

En esta ciénaga hay evidencia de contaminación por materia orgánica biodegradable, reflejada en valores medios de 17.75 mg/L en P1 y de 15 mg/L en P2. Del mismo modo, se registran concentraciones de DQO de aguas contaminadas con valores promedio de 54.50 mg/L en P1 y 40 mg/L en P2. Los valores de DBO<sub>5</sub> superan el límite establecido por la CRA (<7 mg/L) como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 en la Resolución 258 de 2011 (Figura 35 A y B). Estos excesos de materiales orgánicos biodegradables son perjudiciales para el desarrollo de la vida acuática y la salud de los ecosistemas. Para esta ciénaga, es frecuente encontrar valores elevados de estas variables debido a que en ella no hay control efectivo de descargas domésticas sin tratamiento e industriales, además existen amplias coberturas de material vegetal acuático que cumple todo su ciclo de vida ahí y al morir se descomponen, ocasionando un mayor consumo del oxígeno disponible. Por ejemplo, aunque en 2019 se registraron concentraciones medias aceptables de DBO<sub>5</sub> (2.9 mg/L), en otros años se registraron valores altos, como en 2014 donde se obtuvieron 11.83 mg/L y en 2015 118.65 mg/L. En esos años, la DQO tuvo en mismo



comportamiento que la DBO<sub>5</sub>, con valores aceptables en 2019 (21.7 mg/L) y altos en 2014 (124.89 mg/L) y 2015 (252.46 mg/L).

Por su parte, los SST registraron valores de 7.7 mg/L en P1 y 8.5 mg/L en P2, ajustándose a los valores de control establecido por la CRA (<30 mg/L) (Figura 35C). En relación a monitoreos anteriores, los resultados concuerdan con lo registrado en este monitoreo, es decir, se caracterizan por ser bajos. En 2014 se registró una media de 43.71 mg/L, en 2015 de 68.73 mg/L y en 2019 de 11.78 mg/L.

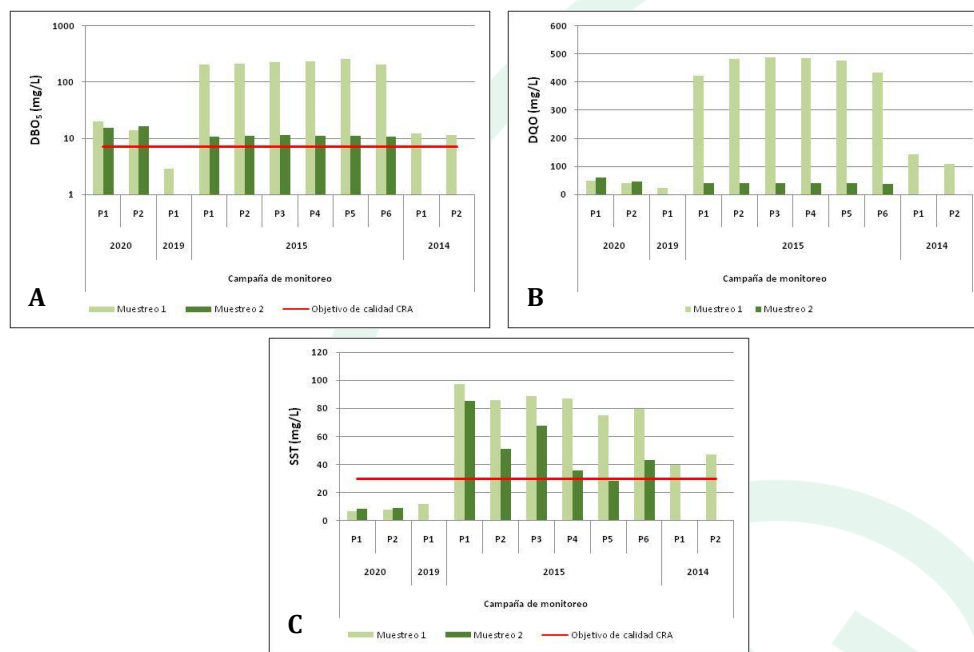


Figura 35. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Mesolandia en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Los CTE registraron concentraciones promedio de 87.5 NMP/100 mL en P1 y de 28650 NMP/100 mL en P2, mientras que los CT registraron promedios de 7300 NMP/100 mL en P1 y de 28650 NMP/100 mL en P2. Los CTE sobrepasan el objetivo de calidad estipulado por la CRA (<2000 NMP/100 mL) solo en P2 y los CT incumplen este límite de control (<5000 NMP/100 mL) en ambos puntos de muestreo, indicando que sobre este cuerpo de agua se presentan descargas de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica.



En comparación con muestreos de años anteriores se observa que la ciénaga en 2014 registró valores promedio totales altos de CTE con 2811.38 NMP/100 mL y que en 2016 y 2019 los reportes demostraron baja contaminación, e incluso cumplían con el objetivo de calidad. A diferencias de los registros actuales, para los CT, se registraron (en 2014, 2015 y 2019), valores que cumplían con el objetivo de calidad (Figura 36).

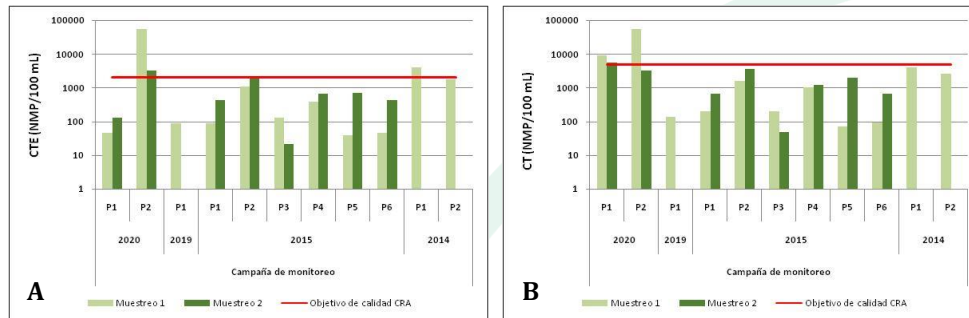


Figura 36. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Mesolandia en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### 6.3.1. Cuenca del Canal del Dique.

#### Ciénaga de Tocagua.

La ciénaga de Tocagua se caracterizó por presentar temperaturas entre 28 y 29°C (Figura 37A). Esta ciénaga ha presentado valores similares en los últimos años, en 2014 se registró un promedio de 33.92°C, en 2015 de 31.49°C, en 2016 de 29.86°C y en 2019 de 31.41°C. Todos estos valores cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase II, cuyos usos predominantes son el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario (<40°C).

El pH registró valores alcalinos, entre 7.36 y 8.40 UpH, que al igual que los registros de 2016 (7.40 UpH) y 2019 (7.55 UpH), cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional,



preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario (7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 37B). Esto no siempre ha sido así, reportes de los años 2014 y 2015 indican que se han presentado promedios superiores a 9 UpH, saliéndose de los criterios establecidos, que podrían estar asociados a la presencia de sales carbonatadas de origen natural, que pueden registrarse en mayor o menor concentración dependiendo del volumen de la columna de agua, y la actividad fotosintética de microalgas y macrófitas que remueven el CO<sub>2</sub>, aumentando la temperatura y por ende el pH.

En lo relacionado al oxígeno disuelto, las concentraciones estuvieron en el orden de 3.12 a 4.78 mg/L, similar a los registros de 2019 (4.67 UpH) (Figura 37C). Estos resultados, en su mayoría (67% de las mediciones) cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>4 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). Por su parte, la conductividad presentó concentraciones altas entre 521 y 636  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 37D). De acuerdo a Roldán y Ramírez (2008), los valores habituales de conductividad son menores de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aguas continentales de bajo contenido iónico, mientras que aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .



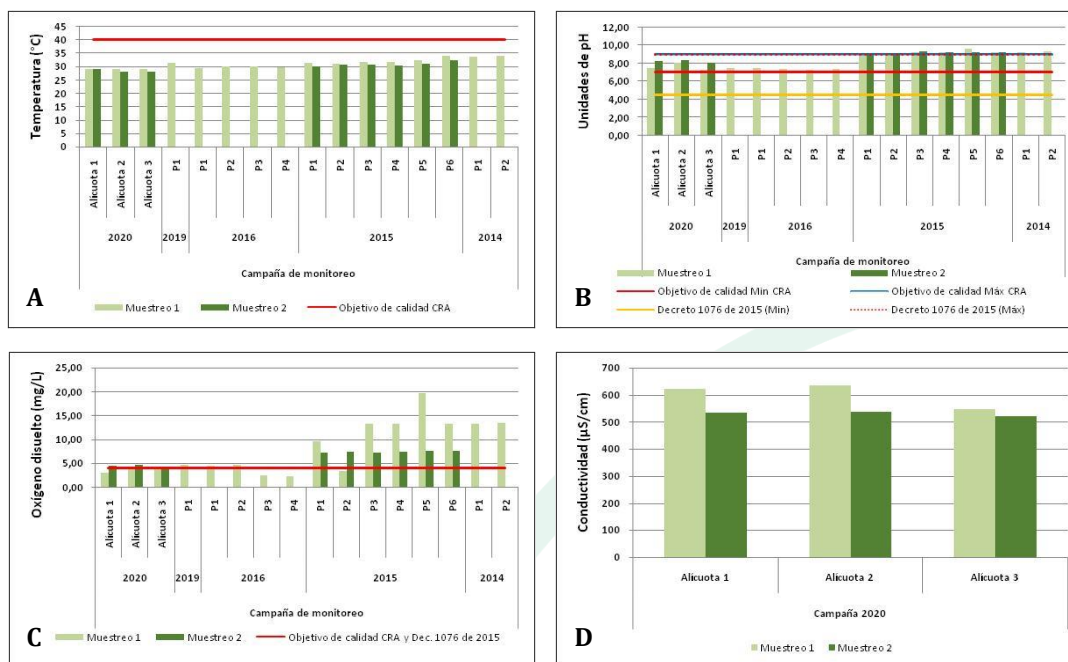


Figura 37. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Tocagua en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Los valores de  $DBO_5$  reflejan cierto grado de contaminación por materia orgánica biodegradable, con 13.80 mg/L en P1 y 12.35 mg/L en P2, e incumplen el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario, en cuerpos de agua Clase II ( $<5$  mg/L). Del mismo modo, la DQO presentó valores altos (63.5 mg/L en P1 y 46.5 mg/L en P2) (Figura 38 A y B).

De monitoreos anteriores, se observó que en los años más recientes se habían registrado valores de calidad aceptable, en 2016 de 3.84 mg/L de  $DBO_5$  y en 2019 de 3 mg/L de  $DBO_5$  y 22.67 mg/L de DQO. Contrario a esto, se registraron valores altos en 2014 (8.92 mg/L de  $DBO_5$  y 318.9 mg/L de DQO) y en 2015 (55.90 mg/L de  $DBO_5$  y 136.54 mg/L de DQO). Hay que tener en cuenta que los sistemas acuáticos tienen la facultad de autodepurarse, diluyendo y descomponiendo bioquímicamente los compuestos orgánicos, para recuperar su estabilidad, es por ello que las concentraciones pueden ser variables a través del tiempo.





Para los SST se registraron concentraciones promedio bajas, de 5 mg/L en P1 y 7 mg/L en P2 (Figura 38C). Los valores registrados cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<15 mg/L). Anteriormente, esta ciénaga se caracterizaba por registrar valores más altos de esta variable. En 2014 se reportaron 20.35 mg/L, en 2015 31.17 mg/L, en 2016 20.34 mg/L y en 2019 99.70 mg/L, lo que podría significar que en el momento de la realización de este monitoreo, había una baja turbulencia natural en el sistema, por bajos vientos y escasa entrada de aguas a través de sus afluentes.

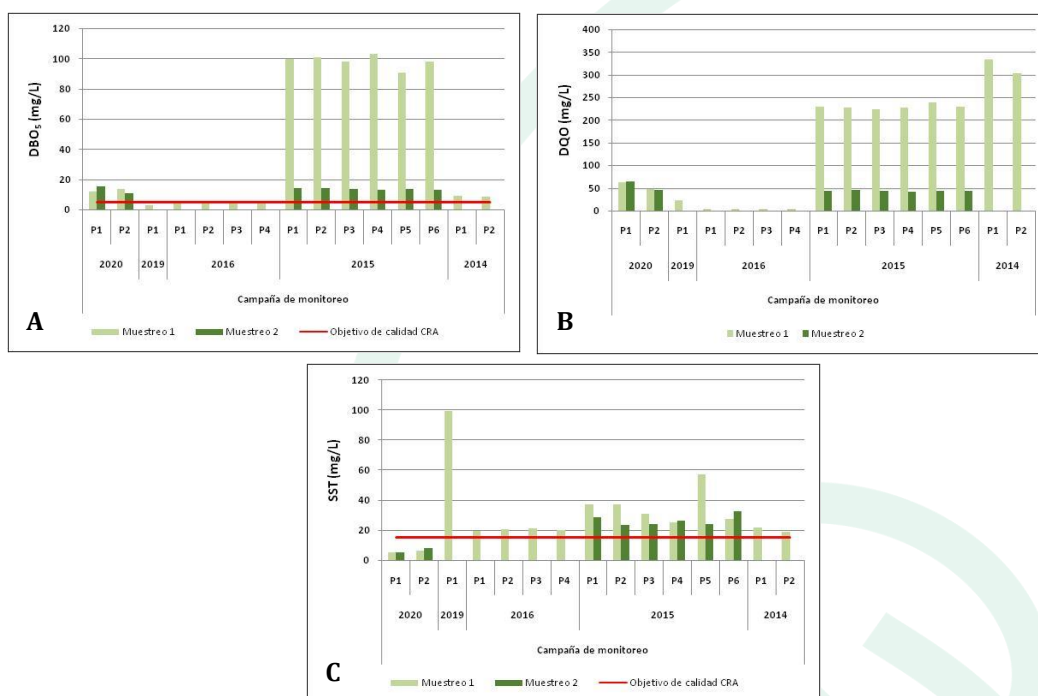


Figura 38. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Tocagua en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Para la ciénaga de Tocagua los CTE registraron valores promedio de 150 NMP/100 mL en P1 y 565 NMP/100 mL en P2, mientras que los CT obtuvieron valores promedio de 230 NMP/100 mL en P1 y 4340 NMP/100 en P2. Estas variables sobrepasan los límites planteados como objetivo de calidad (CTE<200 NMP/100 mL y CT<5000 NMP/100 mL), teniendo en cuenta que para considerar que un parámetro cumple con el objetivo de calidad, el 60% de las muestras



deben superar el límite de control. Las mediciones de cada variable estuvieron conformadas por dos muestras, tomadas en días diferentes. Se encontró que para los CTE y los CT, en cada punto de muestreo se presentó un valor muy alto y un valor muy bajo, es decir, solo el 50% de las muestras fue menor al límite máximo establecido por la Resolución 258 de la CRA, por lo cual se determinó que no cumplen con el objetivo de calidad.

En comparación con muestreos de años anteriores, se observa que la ciénaga cumplía con los objetivos de calidad de 2014 a 2016 pero a partir de 2019 se han registrado altas concentraciones, lo que sugiere un aumento de descargas contaminadas que afectan la calidad microbiológica de la ciénaga (Figura 39).

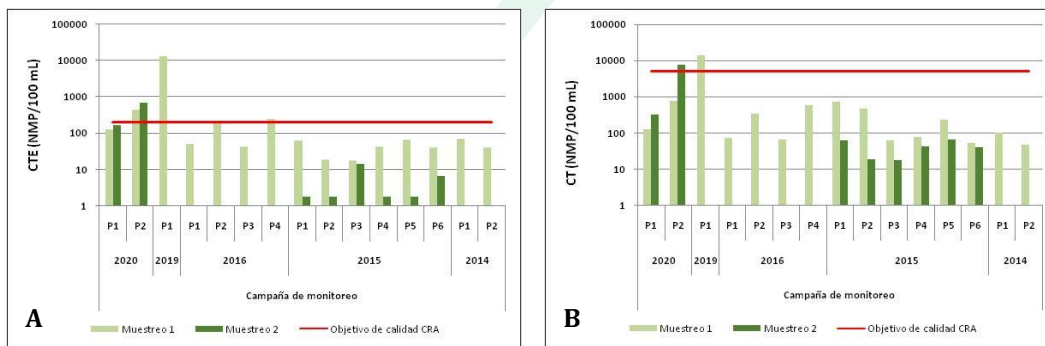


Figura 39. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Tocagua en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga de Luruaco.

La ciénaga de Luruaco se caracterizó por presentar temperaturas entre 28 y 29°C. Estos valores son similares a los registros de años anteriores, donde se obtuvieron temperaturas alrededor de los 30°C. Esta ciénaga cumple con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase II, cuyos usos predominantes son el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario (<40°C) (Figura 40A).



El pH registró valores alcalinos, entre 7.21 y 8.97 UpH, que al igual que los registros de 2014 (9.27 UpH), 2015 (8.40 UpH), 2016 (8.34 UpH) y 2019 (8.77 UpH), cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario (7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 40B). Roldan (2003) manifiesta que el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y crítica por lo cual la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0 UpH, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.61 y 4.56 mg/L, mostrando variaciones mínimas en los tres horarios de muestreo (las muestras fueron tomadas a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas) (Figura 40C). La mayoría de las mediciones realizadas (67%), cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>4 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). De otro lado, la conductividad registró concentraciones significativamente altas, entre 496 y 726  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 40). Según Cirujano (1995), se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y Roldan (1992) indica que en promedio, las aguas continentales naturales poseen menos de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estos valores pueden deberse a diferentes factores y pueden aumentar o disminuir dependiendo de la temporada climática por cambios en el volumen de agua, entradas y salidas de afluentes, la naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos.



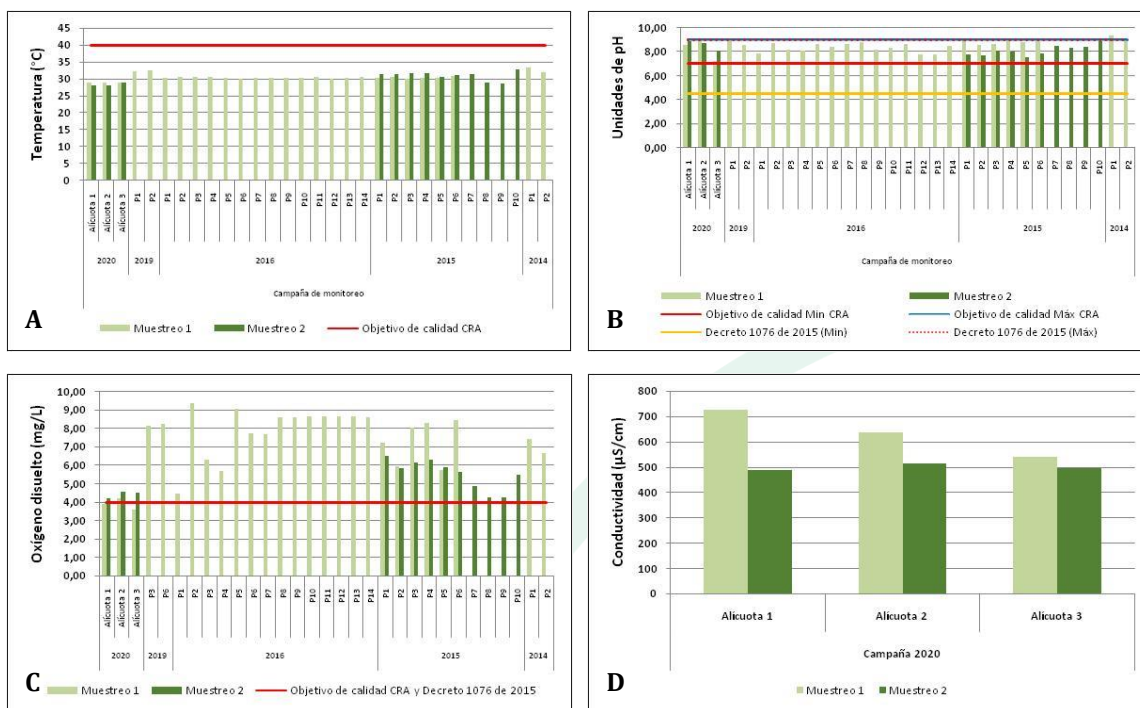


Figura 40. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga de Luruaco en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

En la ciénaga de Luruaco, los valores de  $DBO_5$  y DQO, con 9.05 mg/L en P1 y 7.70 mg/L en P2 para la primera, y 35 mg/L en P1 y 34 mg/L en P2 para la segunda, muestran contaminación por material orgánico biodegradable y no biodegradable (Figura 41 A y B). Se aprecia que para la  $DBO_5$ , no se cumple con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario, en cuerpos de agua Clase II (<5 mg/L).

En comparación con monitoreos anteriores, el único año en el que se cumplió con el objetivo de calidad para la  $DBO_5$  fue en 2019 con 2.72 mg/L, contrario a lo registrado en 2014 (5.27 mg/L), 2015 (12.43 mg/L) y 2016 (5.99 mg/L). De igual manera, para la DQO se presentaron concentraciones medias aceptables en 2019 (17.75 mg/L) y concentraciones típicas de aguas contaminadas en 2014 (81.55 mg/L), 2015 (40.04 mg/L) y 2016 (31.52 mg/L).



Este, al ser un sistema semicerrado, donde los aportes de agua provienen de escorrentías generalmente temporales, y el intercambio de aguas es bajo, tiende a acumular sustancias contaminantes, reflejadas en valores similares a través del tiempo.

De otro lado, los SST no reflejan ser un problema para la ciénaga, registrándose con concentraciones medias de 6.65 mg/L en P1 y 9.90 mg/L en P2 (Figura 41C). Los valores registrados cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<15 mg/L), como en la mayoría de monitoreos realizados en años anteriores.

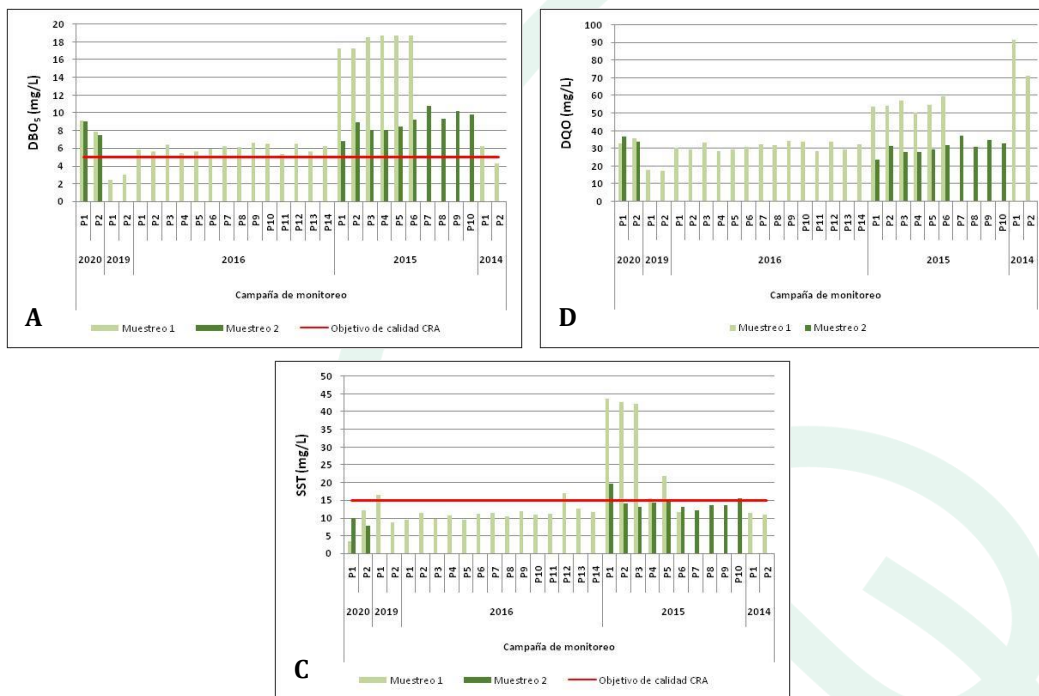


Figura 41. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga de Luruaco en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La calidad microbiológica, representada en CTE y CT registró concentraciones promedio de 505 NMP/100 mL en P1 y 580 NMP/100 mL en P2 para los CTE y de 27395 NMP/100 mL en P1 y 12115 NMP/100 mL en P2 para los CT (Figura 42). Estas variables sobrepasan los límites planteados como objetivo de calidad (CTE<200 NMP/100 mL y CT<5000 NMP/100 mL),



teniendo en cuenta que para considerar que un parámetro cumple con el objetivo de calidad, el 60% de las muestras deben superar el límite de control. Las mediciones de cada variable estuvieron conformadas por dos muestras, tomadas en días diferentes. Se encontró que para los CTE y los CT en cada punto de muestreo se presentó un valor muy alto y un valor muy bajo, es decir, solo el 50% de las muestras fue menor al límite máximo establecido por la Resolución 258 de la CRA, por lo cual se determinó que no cumplen con el objetivo de calidad.

A nivel general, se observa que la ciénaga a través de los años ha mantenido concentraciones sobre el límite de calidad y que estas estuvieron más acentuadas en 2016 y 2019, registrándose en el primero valores promedio totales de 7415.98 NMP/100 mL de CTE y 3177.43 NMP/100 mL de CT, y en el segundo de 18760.50 NMP/100 mL de CTE y 4416.67 NMP/100 mL de CT, lo que indica que esta ciénaga recibe constantes aportes de escorrentías y aguas residuales que afectan su calidad microbiológica.

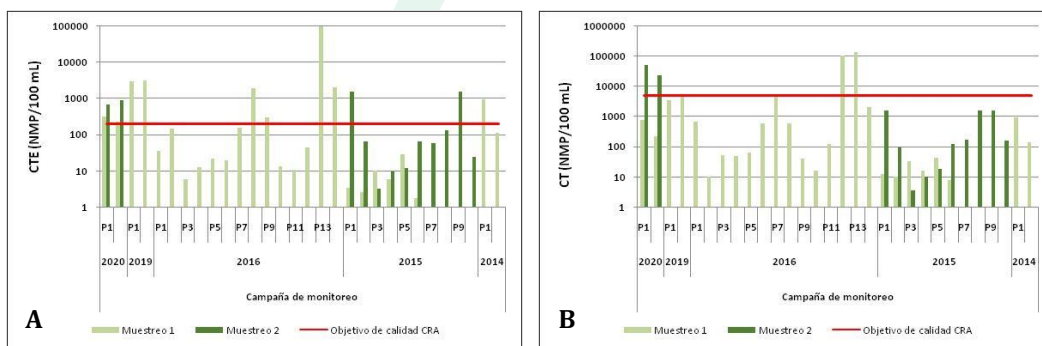


Figura 42. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga de Luruaco en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Embalse del Guájaro.

En el embalse del Guájaro se presentaron temperaturas propias de los cuerpos de agua de la región, con valores entre 27 y 29°C (Figura 43A). Estos valores son similares a los registros promedio de años anteriores (33.84 mg/L en 2014, 31.08 mg/L en 2015, 30.02 mg/L en 2016 y 33.00 mg/L en 2019), observándose que este cuerpo de agua cumple con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para







las cuencas y tramos ordenados en Clase II, cuyos usos predominantes son el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario (<40°C).

Con respecto al pH, se presentaron valores entre 7.15 y 8.71 UpH, sin diferencias considerables entre los 9 puntos de muestreo y probablemente relacionados con las condiciones de oxidoreducción producidas por la degradación de sustancias orgánicas y carbonatos, que al igual que los registros de 2014 (8.33 UpH), 2015 (8.63 UpH), 2016 (7.91 UpH) y 2019 (8.31 UpH), cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH) y el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 43B).

El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.21 y 5.67 mg/L, considerados apropiados para la sobrevivencia de la mayoría de las especies. A pesar que se observa que algunas de las mediciones fueron inferiores a 4 mg/L, se puede decir que la mayor parte de estas cumple con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>4 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 43C). En comparación con monitoreos realizados anteriormente, se aprecia que en los años 2014, 2015, 2016 y 2019, el embalse cumplía con los objetivos de calidad. De su parte, la conductividad registró concentraciones altas, que variaron entre 401 y 736  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Figura 43D). Según Cirujano (1995), se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y Roldan (1992) indica que en promedio, las aguas continentales naturales poseen menos de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Estos valores pueden deberse a diferentes factores y pueden aumentar o disminuir dependiendo de la temporada climática por cambios en el volumen de agua, entradas y salidas de afluentes, la naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos.



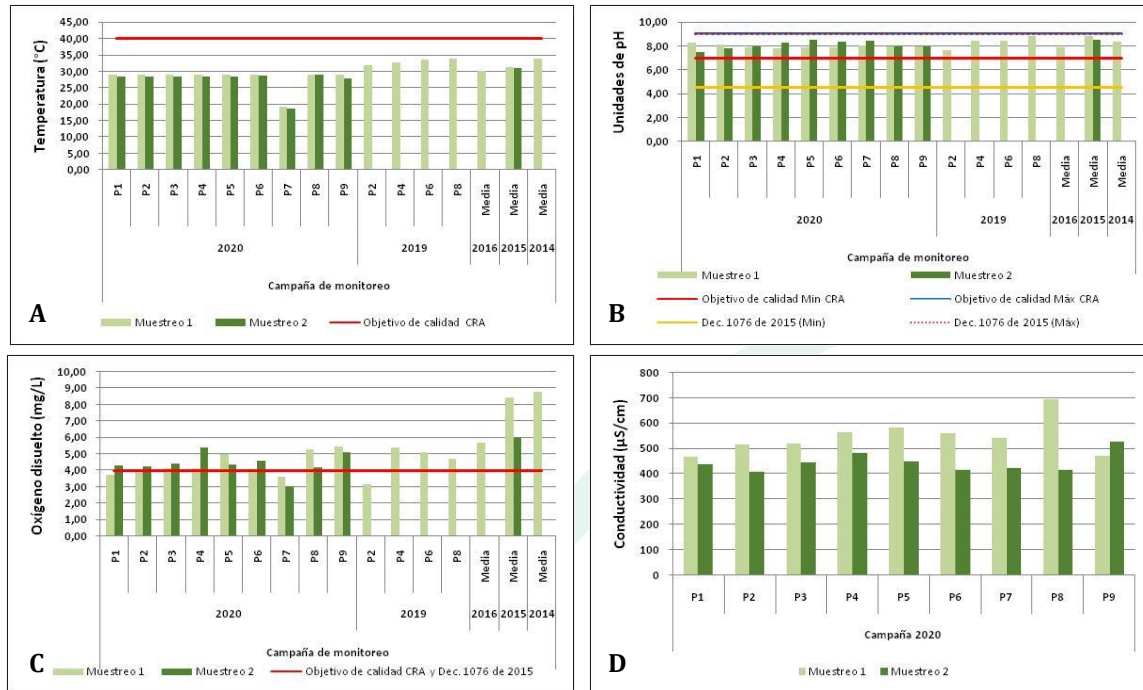


Figura 43. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en el Embalse del Guájaro en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020.

Para el embalse del Guájaro se registran concentraciones promedio bajas de DBO<sub>5</sub> en P2 y P3, cada una con 2 mg/L y que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para el consumo humano y doméstico con tratamiento convencional, preservación de flora y fauna, y uso agrícola y pecuario, en cuerpos de agua Clase II (<5 mg/L). En el resto de puntos de monitoreo se dieron concentraciones promedio entre 5.6 y 11.7 mg/L, encontrándose esta última en P7 (Figura 44A). Si a modo de referencia comparamos estos valores con criterios como los de CONAGUA- SEMARNAT (2014), se podría decir que las aguas del embalse poseen una calidad aceptable porque están dentro del rango entre >6 y ≤30 mg/L.

Así mismo, la DQO registró valores que en su mayoría, según el criterio anteriormente mencionado, son características de aguas de calidad aceptable (>20 y ≤40 mg/L). Los menores valores se registraron hacia el sector de P2 y P3 con 13 y 13.5 mg/L, mientras que las concentraciones más altas se obtuvieron en P7 y P8 con 41 y 22.5 mg/L, respectivamente. En



todo caso, estos valores reflejan cierto grado de contaminación por materia orgánica (Figura 44B).

En comparación con monitoreos anteriores, solo en 2016 y 2019 se cumplió con el objetivo de calidad para la  $DBO_5$ , reportándose concentraciones medias totales de 4.95 mg/L y 2.63 mg/L, en tanto que para 2014 y 2015 los valores medios registrados en toda la ciénaga fueron de 6.69 y 9.98 mg/L, respectivamente. Del mismo modo, para la DQO se presentaron valores de concentraciones medias totales de calidad aceptable en 2016 (27.67 mg/L) y 2019 (19.72 mg/L), mientras que se obtuvieron valores medios totales propios de aguas contaminadas en 2014 (55.14 mg/L) y 2015 (35.46 mg/L).

Por otro lado, los SST registraron concentraciones bajas, entre 13.4 y 20.45 mg/L obtenidos respectivamente en P5 y P4. Sólo 4 (P2, P5, P6 y P7) de los 9 puntos monitoreados cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<15 mg/L) (Figura 44C), sin embargo, los valores no son tal altos como para afirmar que afectan la producción fitoplanctónica por interferencia lumínica.

En el histórico de datos se aprecia que el embalse, desde 2014, no cumple con el objetivo de calidad establecido por la CRA, registrándose valores medios en todo el cuerpo de agua de 54.20 mg/L en 2014, 67.60 mg/L en 2015, 22.25 mg/L en 2016 y 19.21 mg/L en 2019.



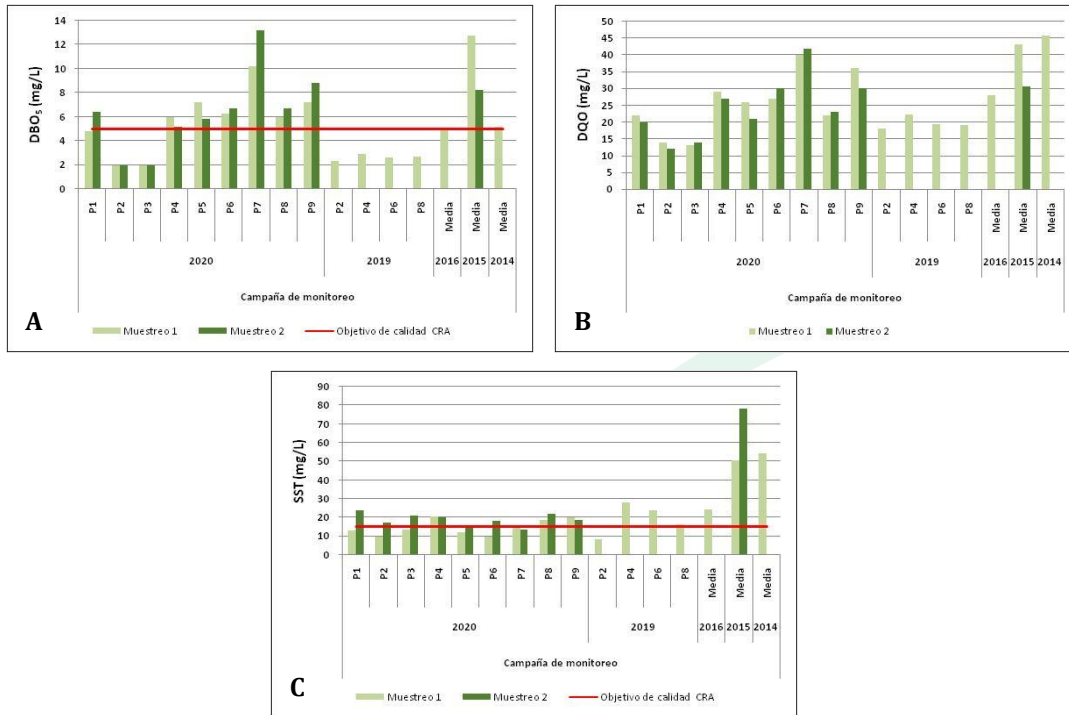


Figura 44. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en el Embalse del Guájaro en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Los CTE registraron valores promedio entre de 10.9 y 310 NMP/100 mL. Aunque es apreciable que hubo puntos como P9 y P5 donde se obtuvieron mayores concentraciones, 210 NMP/100 mL y 310 NMP/100 mL respectivamente, los registros cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca, establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL). Por su parte, los CT registraron valores promedio entre de 290 y 13200 NMP/100mL, apreciándose contaminación por materia orgánica no biodegradable en P5, donde se superó el límite de calidad definido (<5000 NMP/100 mL). En el histórico de datos se puede apreciar que los CTE y los CT en los años 104, 2015, 2016 y 2019 cumplen con los objetivos de calidad (Figura 45).

Es probable que estos altos valores de CT en P5 provengan de escorrentías y vertimientos de aguas residuales que afectan la calidad microbiológica del embalse, sin embargo, no necesariamente expresen un mal estado de calidad, debido a que el uso de los CT como



indicador de calidad de agua, ha sido cuestionado porque no en todos los casos las bacterias coliformes tienen un origen fecal comprobable, como lo planteó Harwood et al. (2005), quien indica que la capacidad de los CT para predecir la presencia de patógenos es pobre.

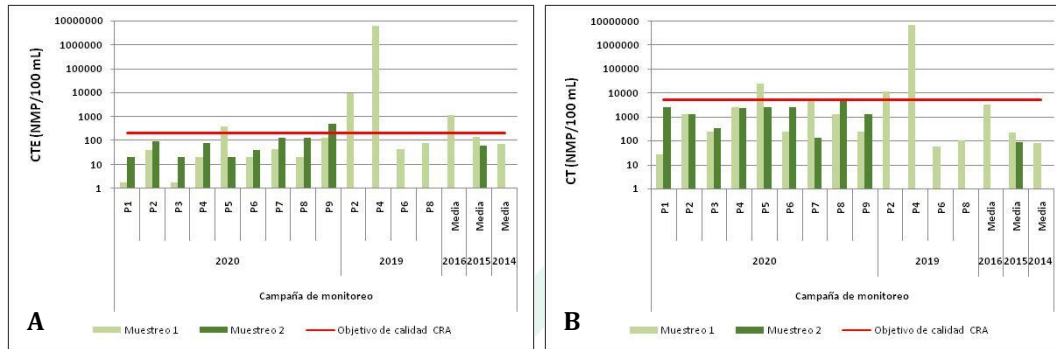


Figura 45. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en el Embalse del Guájaro en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### 6.3.3. Cuenca Litoral

A continuación se presentan los resultados de caracterización de las ciénagas El Totumo y Los Manatés. Se excluyen los de las ciénagas Mallorcaín, El Rincón y Balboa debido a que estos se encuentran en un informe aparte, denominado **“Índice de Calidad Ambiental para las ciénagas costeras: Mallorcaín, El Rincón y Balboa”**.

#### Ciénaga del Totumo.

En la ciénaga del Totumo se caracterizó por presentar temperaturas entre 28 y 29°C (Figura 46A), similares a las registradas en monitoreos de la CRA en 2014 (31.72°C), 2015 (30.97 mg/L), 2016 (28.85 mg/L) y 2019 (31°C) (Figura 46). Las variaciones de este parámetro obedecen generalmente a circunstancias naturales, principalmente la época climática. Se observa que en monitoreos anteriores y el actual, cumple con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las



cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C).

Con respecto al pH, se presentaron valores básicos, entre 7.81 y 8.91 UpH en P1 y 7.91 y 8.71 UpH en P2 (Figura 46B), conservando similitud con campañas de monitoreo de años anteriores. El único año donde los valores fueron superiores es 2019, donde se registró un promedio de 9.32 UpH, pudiendo estar influido por la presencia de sales carbonatadas de origen natural en la ciénaga, que pueden registrarse en mayor o menor concentración dependiendo del volumen de la columna de agua, y la actividad fotosintética de microalgas y macrófitas que remueven el CO<sub>2</sub>. De resto, los valores cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH). Del mismo modo, cumple con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4.5 a 9.0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República.

Para el oxígeno disuelto los registros estuvieron entre 4.01 y 5.12 mg/L en P1 y 3.71 y 4.71 mg/L en P2 (Figura 46C). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República. Se acepta que un valor aproximado a 4 mg/L es aceptable para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2015, 2016 y 2019 se presentaron concentraciones medias similares, 6.84, 5.07 y 5.43 mg/L respectivamente.

De otro lado, la conductividad presentó valores entre 491 y 698  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en P1 y 419 y 611  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en P2 (Figura 46D), demostrando una concentración elevada. De acuerdo a Roldán y Ramírez (2008), los valores habituales de conductividad son menores de 50  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en aguas continentales de bajo contenido iónico, mientras que aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .





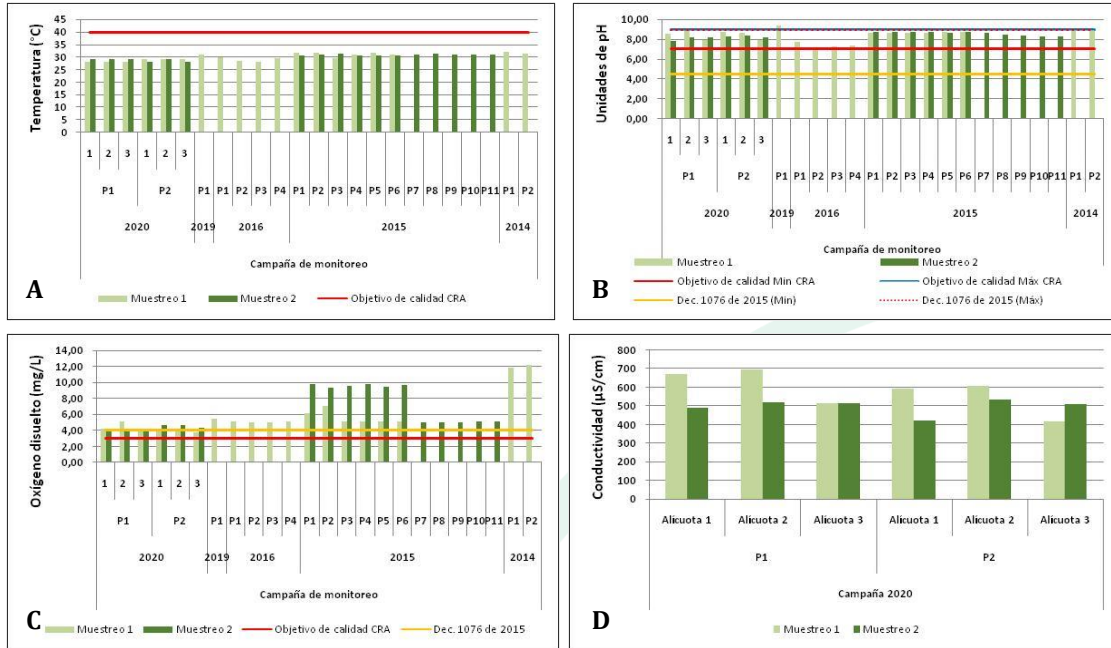


Figura 46. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga del Totumo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

En el caso de la DBO<sub>5</sub>, se registraron concentraciones promedio bajas en P1 con 2 mg/L y en un poco más altas en P2 con 14.15 mg/L. Este último valor sobrepasó el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, con potencial uso de preservación de flora y fauna (Figura 47A). Aunque el registró en P2 no cumplió con el objetivo de calidad, solo por realizar una aproximación de la condición de esta variable en el cuerpo de agua, se compara con el criterio de CONAGUA- SEMARNAT (2014) de México, quienes manifiestan que aguas con DBO<sub>5</sub>>6 y ≤30 mg/L, como los registros de este punto, son de aguas con una calidad aceptable. Por su parte, la DQO registró concentraciones medias de 14.5 mg/L en P1 y 48.5 mg/L en P2 (Figura 47B), consideradas según el mismo criterio, como de aguas de buena calidad (P1) y aguas contaminadas (P2). Esto sugiere que en P2 se están presentando procesos de descomposición de materia orgánica biodegradable y no biodegradable, principalmente de origen autóctono por las microalgas y macrófitas presentes, sumado a los de origen alóctono





provenientes de las escorrentías temporales que introducen contaminantes agropecuarios, que agotan la disponibilidad de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró concentraciones constantes en los diferentes puntos de monitoreo y ha mostrado mejoría en las condiciones de DBO<sub>5</sub> y DQO. Para los años 2014 y 2015, los valores DBO<sub>5</sub> no cumplían con el objetivo de calidad, registrándose promedios totales de 6.74 y 20.13 mg/L, mientras que para 2016 y 2019 los valores promedio disminuyeron a 3.87 y 3.14 mg/L. Del mismo modo, la DQO registró valores medios de aguas contaminadas en 2014 y 2015 con 53.81 y 57.34 mg/L y en 2016 y 2019, valores medios de aguas buena calidad con 20.19 y 23.46 mg/L.

Para los SST, los valores promedios registrados en P1 fueron de 15.55 mg/L y en P2 de 16.1 mg/L, cumpliendo con el valor propuesto como objetivo de calidad para la cuenca por la CRA (<30 mg/L) (Figura 47C), y no representan un problema para la calidad del agua de la ciénaga, pudiéndose desarrollar adecuadamente procesos fotosintéticos. A través del tiempo, se han reportado para diferentes rangos de valores, que generalmente están relacionados a aguas de calidad aceptable, no obstante, solo en 2014 y 2016 se cumplió con el objetivo de calidad. En 2014 se registro un promedio de 30 mg/L, en 2015 de 84.36mg/L, en 2016 de 12.18 mg/L y en 2019 de 61.92mg/L.



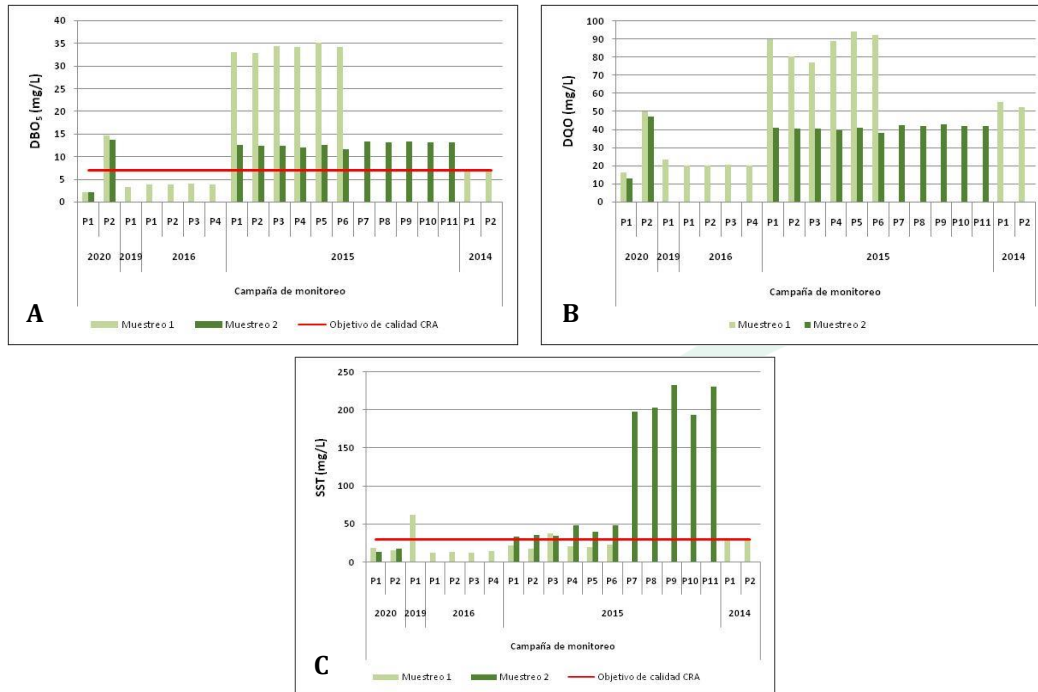


Figura 47. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga del Totumo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La calidad microbiológica, representada en CTE y CT registró concentraciones promedio de 455 NMP/100 mL en P1 y 23.4 NMP/100 mL en P2 para los CTE y de 5800 NMP/100 mL en P1 y 2711 NMP/100 mL en P2 para los CT (Figura 48). Los CTE cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), en cambio, los CT sobrepasan el límite definido (<5000 NMP/100 mL). Para considerar que un parámetro cumple con el objetivo de calidad, el 60% de las muestras deben superar el límite de control. Las mediciones de cada variable estuvieron conformadas por dos muestras, tomadas en días diferentes. Se encontró que para los CT en cada punto de muestreo se presentó un valor muy alto y un valor muy bajo, es decir, solo el 50% de las muestras fue menor al límite máximo establecido por la Resolución 258 de la CRA, por lo cual se determinó que esta variable no cumple con el objetivo de calidad.



En el histórico de datos se puede observar que los CTE y CT, en los últimos años, han cumplido con los objetivos de calidad, registrándose para los CTE concentraciones promedio de 202 NPM/100 mL en 2014, 81.29 NPM/100 mL en 2015, 190.66 NPM/100 mL en 2016 y 330 NPM/100 mL en 2019 y para los CT concentraciones promedio de 202 NPM/100 mL en 2014, 539.67 NPM/100 mL en 2015, 296.87 NPM/100 mL en 2016 y 540.36 NPM/100 mL en 2019.

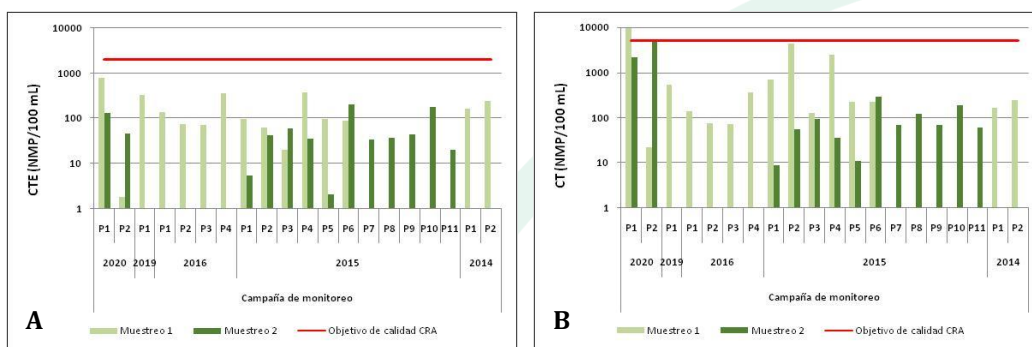


Figura 48. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga del Totumo en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

### Ciénaga Los Manatíes.

En la ciénaga Los Manatíes, las temperaturas oscilaron entre 27 y 29°C. Las variaciones de este parámetro obedecen generalmente a circunstancias naturales, principalmente la época climática. Los valores obtenidos cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA mediante la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C) (Figura 49A).

En cuanto al pH, se registraron valores básicos, entre 7.91 y 8.74 UpH, que cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 para la preservación de flora y fauna (límite de control de 7.0 a 9.0 UpH). Del mismo modo, cumple, en la mayoría de mediciones, con el criterio de calidad para preservación de flora y fauna de marinas y estuarinas (6.5 a 8.5 UpH) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 49B). Roldan (2003) manifiesta que el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y





desarrollo de la vida acuática es bastante estrecha y critica por lo cual la mayoría de animales acuáticos prefieren un rango de 6.5 a 8.0, fuera de este rango se reduce a la diversidad por estrés fisiológico y la reproducción.

El oxígeno disuelto presentó valores entre 3.71 y 4.21 mg/L, mostrando variaciones mínimas en los tres horarios de muestreo (las muestras fueron tomadas a las 8:00, 12:00 y 16:00 horas). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y el criterio de calidad para aguas marinas y estuarinas (4 mg/L) del Decreto 1076 de 2015 de la Presidencia de la República (Figura 49C). Valores entre 4 y 5 mg/L pueden considerarse como el mínimo requerido para sostener alta riqueza y diversidad de especies, en tanto, concentraciones medias alrededor de 9 mg/L son habituales en aguas de pesca.

A pesar que la ciénaga Los Manatíes es un sistema laguno-estuarino, la conductividad registró valores entre 301 y 412  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , no muy diferentes a los reportados en las ciénagas de agua dulce del departamento del Atlántico. Lo esperado sería que la ciénaga tuviera valores altos por la influencia de las aguas marinas que maximizan su composición iónica, sin embargo, los bajos registros podrian ser indicio de la poca o nula interacción de la ciénaga con el mar durante la época en que se realizó el monitoreo.



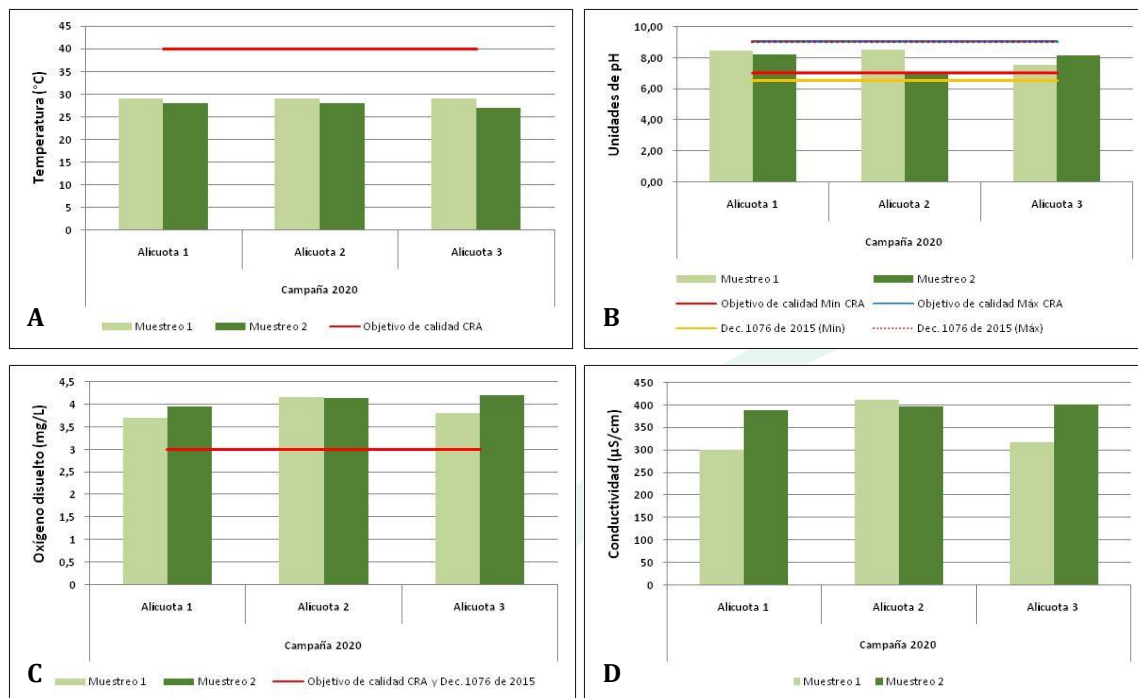


Figura 49. Variación de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la ciénaga Los Manatíes en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

La ciénaga Los Manatíes se caracterizó por registrar concentraciones bajas de  $DBO_5$  con valores entre 4.4 y 5.4 mg/L, que cumplen con el límite de control (<7 mg/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA. En tanto, la DQO presentó valores entre 21 y 24 mg/L que representan concentraciones de aguas con una calidad aceptable (Figura 50 A y B).

Con relación a monitoreos anteriores, en el monitoreo realizado en 2014, los valores de  $DBO_5$  y DQO fueron considerados altos, con promedio general de 15.08 mg/L y 188.87 mg/L respectivamente. En ese momento, se estimó que el alto contenido de materia orgánica que suponen esos valores estarían asociados a los detritos aportados por los afluentes continentales (escorrentías) y los productos de descomposición del material vegetal principalmente el manglar.





Para los SST, los valores registrados estuvieron entre 102.5 y 264.5 mg/L, superando el valor propuesto como objetivo de calidad para la cuenca por la CRA (<30 mg/L) (Figura 50C). Valores de este tipo ya habían sido reportados por la CRA en 2014 con promedio de 56.65 mg/L en P1 y de 75.85 mg/L en P2. Al ser este un sistema somero, los vientos causan turbulencias que remueven los sedimentos del fondo, ocasionando que las estimaciones de esta variable aumenten, y con ello incrementa la turbidez y disminuye la penetración de la luz, limitando la producción primaria (Weber-Scannell y Duffy, 2007).

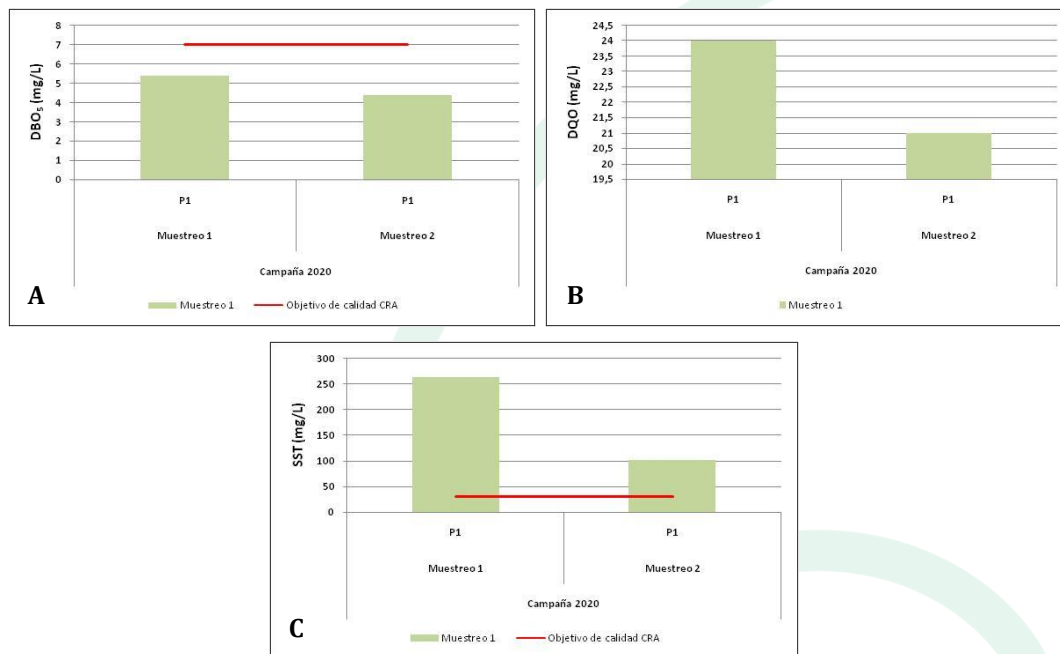


Figura 50. Variación de la DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales (SST) en la ciénaga Los Manatíes en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Los CTE se caracterizaron por presentar desde concentraciones no detectables por el método utilizado (<1.8 NMP/100 mL) hasta 78 NMP/100 mL. En tanto, los CT registraron concentraciones de 13 a 230 NMP/100 mL (Figura 51). Ambas variables cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (CTE<2000 NMP/100 mL y CT<5000 NMP/100 mL). En comparación con muestreos de años anteriores, en 2014 se



registraron valores igualmente bajos, es decir, la calidad microbiológica de las aguas de la ciénaga es relativamente buena.

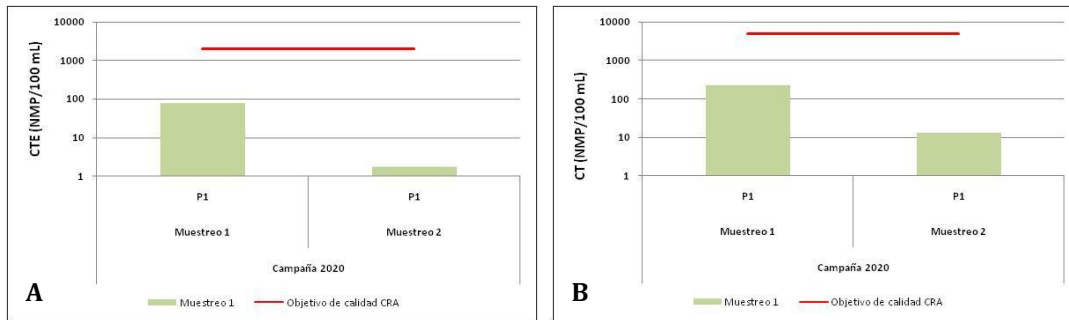


Figura 51. Variación de coliformes termotolerantes y coliformes totales en la ciénaga Los Manatés en dos monitoreos realizados en diciembre de 2020, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.



## 7. ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA

### 7.1. Índice de calidad de gua (ICA)

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

La fórmula de cálculo del indicador es:

$$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n Wi * I_{ikjt} \right)$$

Donde:

$ICA_{njt}$ , es el Índice de calidad del agua de una determinada corriente superficial en la estación de monitoreo de la calidad del agua  $j$  en el tiempo  $t$ , evaluado con base en  $n$  variables.

$Wi$ , es el ponderador o peso relativo asignado a la variable de calidad  $i$ .

$I_{ikjt}$ , es el valor calculado de la variable  $i$ .

$n$ , es el número de variables de calidad involucradas en el cálculo del indicador.

A continuación, se muestran las ecuaciones de referencia, para el cálculo del valor de cada variable.

#### 7.1.1 Oxígeno disuelto (OD)

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

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

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

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

#### 7.1.2. Sólidos suspendidos totales

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





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

$$I_{SST} = 1 - (-0,02 + 0,003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)})$$

$$\text{Si } SST \leq 4,5. \text{ entonces } I_{SST} = 1$$

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

### 7.1.3. Demanda química de oxígeno (DQO)

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

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

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

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

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

$$\text{Si } DQO > 80 \text{ entonces } I_{DQO} = 0,125$$

### 7.1.4. Conductividad eléctrica (C.E.)

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

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

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

### 7.1.5 pH

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

$$\text{Si } pH < 4, \text{ entonces } I_{pH} = 0,1$$

$$\text{Si } 4 \leq pH \leq 7, \text{ entonces } I_{pH} = 0,02628419 * e^{(pH * 0,520025)}$$

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

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

$$\text{Si } pH \geq 11, \text{ entonces } I_{pH} = 0,1$$



### 7.1.6. Nitrógeno total/Fósforo total (NT/PT)

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

La fórmula para calcular el subíndice de calidad para NT/PT es:

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

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

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

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

**Tabla 28. Variables y ponderaciones**

Variable	Unidad de medida	Ponderación
Oxígeno disuelto, OD	% Saturación	0,2
Sólidos Suspendedos Totales, SST	mg/L	0,2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	0,2
Conductividad Eléctrica, C, E	μS/cm	0,2
pH	Unidades de pH	0,2

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2011.

**Tabla 29. Clasificación del ICA**

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

Fuente: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, 2011.



**Tabla 30. Valor obtenido (índice) – ICA 5 Variables**

Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$	Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$
Ciénaga de Malambo	0,50	Ciénaga de Malambo	0,57
Ciénaga de Mesolandia	0,57	Ciénaga de Mesolandia	0,57
Ciénaga El Convento	0,52	Ciénaga El Convento	0,63
Ciénaga de Sabanagrande	0,82	Ciénaga de Sabanagrande	0,57
Ciénaga La Luisa	0,60	Ciénaga La Luisa	0,61
Ciénaga de Santo Tomás	0,61	Ciénaga de Santo Tomás	0,61
Ciénaga Larga	0,53	Ciénaga Larga	0,62
Ciénaga Manatí	0,48	Ciénaga Manatí	0,57
Ciénaga Paraíso	0,56	Ciénaga Paraíso	0,54
Ciénaga El Uvero	0,54	Ciénaga El Uvero	0,56
Ciénaga de Luruaco	0,55	Ciénaga de Luruaco	0,62
Ciénaga de Tocagua	0,55	Ciénaga de Tocagua	0,52
Ciénaga Los Manatíes	0,46	Ciénaga Los Manatíes	0,55
Ciénaga El Totumo P1	0,67	Ciénaga El Totumo P1	0,60
Ciénaga El Totumo P2	0,52	Ciénaga El Totumo P2	0,52
Ciénaga El Guajaro P7	0,58	Ciénaga El Guajaro P7	0,54
Embalse del Guájaro P8	0,67	Embalse del Guájaro P8	0,57
Embalse del Guájaro P9	0,56	Embalse del Guájaro P9	0,62
Embalse del Guájaro P1	0,59	Embalse del Guájaro P1	0,68
Embalse del Guájaro P2	0,68	Embalse del Guájaro P2	0,64
Embalse del Guájaro P3	0,60	Embalse del Guájaro P3	0,66
Embalse del Guájaro P4	0,60	Embalse del Guájaro P4	0,63
Embalse del Guájaro P5	0,63	Embalse del Guájaro P5	0,65
Embalse del Guájaro P6	0,59	Embalse del Guájaro P6	0,58
Ciénaga de Mallorcaín P1	0,53	Ciénaga de Mallorcaín P1	0,55
Ciénaga de Mallorcaín P2	0,60	Ciénaga de Mallorcaín P2	0,63
Ciénaga de Mallorcaín P3	0,58	Ciénaga de Mallorcaín P3	0,53
Ciénaga de Mallorcaín P4	0,53	Ciénaga de Mallorcaín P4	0,58
Ciénaga de Mallorcaín P5	0,61	Ciénaga de Mallorcaín P5	0,56
Ciénaga de Mallorcaín P6	0,56	Ciénaga de Mallorcaín P6	0,54
Ciénaga de Mallorcaín P7	0,60	Ciénaga de Mallorcaín P7	0,60





Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$	Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left( \sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	0,54	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	0,56
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	0,65	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	0,60
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	0,49	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	0,49
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	0,58	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	0,52
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	0,66	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	0,52
Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	0,51	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	0,57
Ciénaga de Balboa P1	0,52	Ciénaga de Balboa P1	0,42
Ciénaga de Balboa P2	0,37	Ciénaga de Balboa P2	0,46
Ciénaga de Balboa P3	0,34	Ciénaga de Balboa P3	0,40

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Se procedió a realizar de manera indicativa el cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA) con el promedio de las muestras analizadas en cada punto de monitoreo, se evidencia que el 1,25% de los puntos durante los dos días de monitoreo se presenta de una calidad **Aceptable**, el 87,5% de los puntos presentaron una calidad **Regular** y el 11,25% presentó **Mala** calidad.

## 7.2. Índice de Contaminación por Sólidos Suspendidos (ICOSUS)

$$ICOSUS = -0,02 + 0,003 \text{ Sólidos suspendidos (mg/L)}$$

Sólidos Suspendidos > a 340 mg/L tienen un ICOSUS = 1

Sólidos Suspendidos < a 10 mg/L tienen un ICOSUS = 0

**Tabla 31. Significancia de los índices de contaminación (ICOs)**

Valor del ICO	Grado de Contaminación
0 – 0,2	Ninguna
>0,2 – 0,4	Bajo
>0,4 – 0,6	Medio
>0,6 – 0,8	Alto
>0,8 – 1	Muy alto

Fuente: Ramírez et al., (1997).



### 7.3. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>), Coliformes Totales y porcentaje de saturación de Oxígeno.

Se define entre un rango de 0 a 1 donde el aumento desde el valor más bajo se relaciona con el aumento de contaminación en el cuerpo del agua.

$$ICOMO = 1/3 (I_{DBO} + I_{Coliformes\ totales} + I_{Oxígeno\%})$$

Donde,

$$I_{DBO} = -0.05 + 0.70 \log_{10} DBO(mg/L)$$

$$DBO > 30(mg/L) = 1$$

$$DBO < 2 (mg/L) = 0$$

$$I_{Coliformes\ totales} = -1.44 + 0.56 \log_{10} Col.Tot. (NMP/100mL)$$

$$Coliformes\ Totales > 20.000(NMP/100mL) = 1$$

$$Coliformes\ Totales < 500(NMP/100mL) = 0$$

$$I_{Oxígeno\%} = 1 - 0.01 Oxígeno\%$$

Oxígenos (%) mayores a 100% tienen un índice de oxígeno de 0

Para sistemas lénticos con eutrofización y porcentajes de saturación mayores al 100%, se sugiere reemplazar la ecuación por:

$$I_{Oxígeno\%} = 0.01 Oxígeno\% - 1$$

### 7.4. Índice de Contaminación por pH (ICOpH)

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

**Tabla 32. Resultado final de la determinación de ICOSUS/ICOMO/ICOpH**

Fecha	Puntos de monitoreo Primer día	Índice de contaminación			Puntos de monitoreo Segundo día	Índice de contaminación		
		ICOSUS	ICOMO	ICOpH		ICOSUS	ICOMO	ICOpH
07 - 28/12/2020	Ciénaga de Malambo	0,000	0,700	0,057	Ciénaga de Malambo	0,000	0,548	0,015
	Ciénaga de Mesolandia	0,000	0,649	0,015	Ciénaga de Mesolandia	0,000	0,718	0,011
	Ciénaga El Convento	0,000	0,443	0,089	Ciénaga El Convento	0,054	0,282	0,051





Fecha	Puntos de monitoreo Primer día	Índice de contaminación			Puntos de monitoreo Segundo día	Índice de contaminación		
		ICOSUS	ICOMO	ICOpH		ICOSUS	ICOMO	ICOpH
	Ciénaga de Sabanagrande	0,035	0,351	0,564	Ciénaga de Sabanagrande	0,033	0,386	0,013
	Ciénaga La Luisa	0,043	0,497	0,202	Ciénaga La Luisa	0,000	0,495	0,007
	Ciénaga de Santo Tomás	0,018	0,354	0,071	Ciénaga de Santo Tomás	0,042	0,334	0,009
	Ciénaga Larga	0,000	0,672	0,037	Ciénaga Larga	0,000	0,358	0,005
	Ciénaga Manatí	0,000	0,545	0,057	Ciénaga Manatí	0,000	0,535	0,018
	Ciénaga Paraíso	0,000	0,677	0,075	Ciénaga Paraíso	0,000	0,705	0,037
	Ciénaga El Uvero	0,000	0,712	0,007	Ciénaga El Uvero	0,000	0,485	0,014
	Ciénaga de Luruaco	0,000	0,394	0,067	Ciénaga de Luruaco	0,000	0,679	0,177
	Ciénaga de Tocagua	0,000	0,420	0,010	Ciénaga de Tocagua	0,000	0,585	0,075
	Ciénaga Los Manatíes	0,774	0,323	0,105	Ciénaga Los Manatíes	0,288	0,297	0,083
	Ciénaga El Totumo P1	0,035	0,464	0,131	Ciénaga El Totumo P1	0,018	0,357	0,033
	Ciénaga El Totumo P2	0,025	0,422	0,109	Ciénaga El Totumo P2	0,031	0,608	0,077
	Ciénaga El Guájaros P7	0,024	0,536	0,057	Ciénaga El Guájaros P7	0,021	0,384	0,110
	Embalse del Guájaros P8	0,036	0,376	0,027	Embalse del Guájaros P8	0,046	0,549	0,045
	Embalse del Guájaros P9	0,040	0,286	0,040	Embalse del Guájaros P9	0,036	0,427	0,023
	Embalse del Guájaros P1	0,020	0,319	0,074	Embalse del Guájaros P1	0,052	0,477	0,006
	Embalse del Guájaros P2	0,010	0,316	0,015	Embalse del Guájaros P2	0,032	0,310	0,076
	Embalse del Guájaros P3	0,021	0,213	0,032	Embalse del Guájaros P3	0,044	0,201	0,107
	Embalse del Guájaros P4	0,042	0,476	0,022	Embalse del Guájaros P4	0,041	0,403	0,011
	Embalse del Guájaros P5	0,017	0,639	0,030	Embalse del Guájaros P5	0,024	0,464	0,026
	Embalse del Guájaros P6	0,010	0,330	0,126	Embalse del Guájaros P6	0,036	0,467	0,095
	Ciénaga de Mallorcaín P1	0,637	0,315	0,013	Ciénaga de Mallorcaín P1	0,379	0,296	0,026
	Ciénaga de Mallorcaín P2	0,684	0,137	0,015	Ciénaga de Mallorcaín P2	0,387	0,172	0,006
	Ciénaga de Mallorcaín P3	0,691	0,155	0,007	Ciénaga de Mallorcaín P3	0,655	0,175	0,064
	Ciénaga de Mallorcaín P4	0,787	0,223	0,005	Ciénaga de Mallorcaín P4	0,575	0,192	0,023
	Ciénaga de Mallorcaín P5	0,121	0,258	0,021	Ciénaga de Mallorcaín P5	0,138	0,242	0,032
	Ciénaga de Mallorcaín P6	0,792	0,277	0,024	Ciénaga de Mallorcaín P6	0,640	0,174	0,069



Fecha	Puntos de monitoreo Primer día	Índice de contaminación			Puntos de monitoreo Segundo día	Índice de contaminación		
		ICOSUS	ICOMO	ICOpH		ICOSUS	ICOMO	ICOpH
	Ciénaga de Mallorcaín P7	0,139	0,255	0,069	Ciénaga de Mallorcaín P7	0,147	0,279	0,081
	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	0,355	0,442	0,107	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P1	0,136	0,277	0,076
	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	0,534	0,197	0,330	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P2	0,342	0,368	0,011
	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	0,669	0,291	0,058	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P3	1,000	0,171	0,104
	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	1,000	0,346	0,586	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P4	0,151	0,361	0,032
	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	0,118	0,307	0,330	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P5	0,108	0,365	0,052
	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	1,000	0,341	0,427	Ciénaga El Rincón (Lago del Cisne) P6	0,123	0,671	0,123
	Ciénaga de Balboa P1	0,945	0,232	0,345	Ciénaga de Balboa P1	1,000	0,289	0,023
	Ciénaga de Balboa P2	1,000	0,313	0,098	Ciénaga de Balboa P2	1,000	0,338	0,241
	Ciénaga de Balboa P3	1,000	0,360	0,068	Ciénaga de Balboa P3	0,933	0,341	0,162
Indicación	Baja contaminación (cercano a 0)							
	Alta contaminación (cercano a 1)							

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

Se procedió a realizar de manera indicativa el cálculo de los indicadores de contaminación, Para los puntos de monitoreo de agua superficial evaluadas, obteniéndose que, el índice de contaminación por pH (ICOpH) presentó en el 90% de los puntos **Ningún** grado de contaminación, en el 3.75% **Bajo** nivel de contaminación y en el 6.25% niveles **Medios** de contaminación. Para el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), se encontró que en el 68.75% de los puntos **No** se presentaron contaminados, en el 6.25% se presentaron **Bajos** niveles de contaminación, en el 2.5% niveles medios, en el 7.5% niveles **Altos** y en el 7.5% se presentaron niveles **Muy altos** de contaminación. Para el índice de contaminación por materia orgánica en sistemas lénticos (ICOMO) se registró que el 10% no presenta **Ningún** tipo de contaminación, el 51,25% tiene **Bajos** niveles de contaminación, el 25% niveles **Medios** de contaminación y un 13,75% presentaron **Altos** niveles de contaminación por materia orgánica.



## 8. CONCLUSIONES

Las ciénagas de la cuenca del río Magdalena, a excepción de Santo Tomás, muestran condiciones de contaminación por materia orgánica, reflejadas en los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO, de origen autóctono, derivado de una alta producción primaria de microalgas y macrófitas, y alóctono, a través de sus afluentes y descargas de aguas residuales. Así mismo, todas las ciénagas presentan un grado de mineralización alto, teniendo en cuenta que Roldan (1992) indica que en promedio, las aguas continentales naturales poseen menos de 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Del mismo modo, excluyendo las ciénagas El Convento, Sabanagrande y Santo Tomás, se evidencia contaminación de tipo microbiológico en al menos uno de los puntos muestreados.

Para la cuenca Canal del Dique, los cambios en el volumen de agua causados en la época climática seca, las entradas de agua de los afluentes que arrastran sales de los suelos que recorren, la misma naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos hacen que estas presenten un alto grado de mineralización. Además, presentan concentraciones considerables de materia orgánica e inorgánica en descomposición que disminuyen el oxígeno disuelto disponible, reflejados en los valores de DBO<sub>5</sub> y DQO, que para el embalse del Gúajaro solo se aprecia en P1 y de P4 a P7. Así mismo, se caracterizan por poseer concentraciones de CTE y CT que sobrepasan los objetivos de calidad, sugiriendo la llegada de contaminación microbiológica a través de escorrentías y descargas de aguas residuales.

Las dos ciénagas de la cuenca Litoral analizadas en este informe (El Totumo y Los Manatíes), se caracterizan por presentar buena oxigenación y alta mineralización. De estas, solo la ciénaga El Totumo reportó deficiente calidad microbiológica, evidenciada en los registros de CT, indicando una contaminación microbiana reciente que afecta la calidad del agua. Esta misma, mostró contaminación por materia orgánica biodegradable y no biodegradable hacia el sector de P2, que agotan la disponibilidad de oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.





**SERAMBIENTE S.A.S.**

**Barranquilla, Colombia**

**26 de marzo de 2021**

INFORME VÁLIDO ÚNICAMENTE PARA LA(S) MUESTRA(S) ANALIZADA(S). LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DEL PRESENTE INFORME DEBE HACERSE CON AUTORIZACIÓN EXPRESA DE SERAMBIENTE S.A.S. CUALQUIER TIPO DE OBSERVACIÓN REQUERIDA POR EL CLIENTE Y RELACIONADA CON LOS RESULTADOS EMITIDOS, SÓLO SERÁ ACEPTADA DENTRO DE LOS 4 DÍAS SIGUIENTES AL ENVÍO PARCIAL DE ESTE INFORME. SI NO SE RECIBE OBSERVACIÓN EN EL TIEMPO ESTABLECIDO, SE DA POR ACEPTADO EL INFORME Y SE PROCEDERÁ A SU IMPRESIÓN. FINALIZADO EL MONITOREO, LAS MUESTRAS SE CONSERVARÁN 10 DÍAS Y CUMPLIDO ESTE TÉRMINO EL LABORATORIO PROCEDERÁ A LA DISPOSICIÓN FINAL DE LAS MUESTRAS. EL CLIENTE SE HACE RESPONSABLE POR LA CONFIDENCIALIDAD DE LOS RESULTADOS CUANDO ESTOS SEAN ENVIADOS POR CORREO ELECTRÓNICO O FAX.





## 9. REFERENCIAS

- American Public Health Association (APHA). 2017. Standard Methods For The Examination Of Water And Wastewater. 23th Edition. Amer. Pub. Heal. Assoc., Washington. EE.
- ANZECC (Australian and New Zealand Environment Conservation Council). 2000. An introduction to the Australian and New Zealand guidelines for fresh and marine water quality. National Water Quality Management Strategy, Camberra, Australia.
- APHA-AWWA-WEF (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th Edition.
- Arimoro, F.O., Olisa, H.E., Keke, U.N., Ayanwale, A.V. & Chukwuemeka, V.I. 2017. Exploring spatio-temporal patterns of plankton diversity and community structure as correlates of water quality in a tropical stream. Acta Ecológica Sílica. 1-8. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2017.10.0>.
- Arredondo, J. L. 1993. Fertilización y Fertilizantes: su uso y manejo en la Acuicultura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México, D.F.
- Atencio, L., Gutierrez, L. y Gaviria, S. 2005. Copépodos planctónicos del complejo cenagoso de Malambo (Atlántico, Colombia) y su relación con algunos factores físicos y químicos del agua. Artículo, Revista Dugandia, Facultad de Ciencias Básicas. Volumen 1, N° 2. Universidad del Atlántico. Barranquilla, Colombia.
- Brown, T., LeMay, E., Burten, B. y Murphy, P. 2009. Química la ciencia central. 11ª ed. México: Pearson Educación. pp 786
- CONAGUA- SEMARNAT. 2014. Estadísticas del Agua en México. Edición 2013. México.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, Corporación Autónoma Regional del Río Grande de la Magdalena - CORMAGDALENA y Conservación Internacional Colombia - CI. 2007. Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca hidrográfica del río Magdalena en el departamento del Atlántico. Barranquilla, Colombia. 732 p.





- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA. 2015. Caracterización fisicoquímica, microbiológica e hidrobiológica de algunos cuerpos de agua lénticos del departamento del Atlántico durante el año 2014. Barranquilla. Informe final.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA. 2015. Evaluación del estado trófico de algunos cuerpos de agua lénticos del departamento del Atlántico durante 2014. Barranquilla. Informe final.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA. 2015. Monitoreo fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico sobre la calidad y estado de los cuerpos de agua, las fuentes hídricas del departamento del Atlántico y la caracterización de los humedales Sabanagrande, Santo Tomas y Palmar de Varela en de lo establecido en el Plan de Acción Institucional 2011 – 2015. Informe final.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA. 2017. Monitoreo fisicoquímico, microbiológico e hidrobiológico sobre la calidad y estado de los cuerpos de agua, las fuentes hídricas del departamento Del Atlántico y la caracterización de los humedales Sabanagrande, Santo Tomas y Palmar de Varela (año 2016) en cumplimiento de lo establecido en el Plan de Acción Institucional 2016 – 2019. Informe final. Barranquilla.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA. 2018. Caracterización fisicoquímica, microbiológica e hidrobiológica de lagunas costeras del departamento del Atlántico. Barranquilla. Informe final.
- FIODMO. (s.f.). Obtenido de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>
- García, B. y Cruz, A. 2013. Propuesta de un plan de manejo ambiental del humedal El Salitre-Bogotá D.C. Trabajo de grado para optar al Título de Especialista en Gerencia de Recursos Naturales. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia.
- HACH. (24 de Agosto de 2020). Obtenido de [https://support.hach.com/app/answers/answer\\_view/a\\_id/1020875/~/%E2%BFcu%E3%A1-es-la-forma-correcta-de-medici%E3%B3n-del-f%E3%B3sforo%3F-%E2%BFreactivo%2C-hidrolizable-](https://support.hach.com/app/answers/answer_view/a_id/1020875/~/%E2%BFcu%E3%A1-es-la-forma-correcta-de-medici%E3%B3n-del-f%E3%B3sforo%3F-%E2%BFreactivo%2C-hidrolizable-)





- Sánchez, C. 2019. Análisis espacio temporal de los parámetros fisicoquímicos de la quebrada las Delicias, cerros orientales de Bogotá. Trabajo de grado. Universidad Cooperativa de Colombia Facultad de ingeniería Programa Ingeniería Ambiental. 106 p.
- Sawyer, C.N. & McCarty, P.L. 1978. Chemistry for Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Weber-Scannell, P. y L. Duffy. 2007. Effects of Total Dissolved Solids on Aquatic Organisms: A review of literature and recommendation for Salmonid species. American Journal of Environmental Sciences 3 (1):1-6.



## 10. ANEXOS

A continuación, en la **Tabla 33** se relacionan los anexos del presente informe técnico.

**Tabla 33. Anexos del informe técnico**

Anexo	Laboratorio	Archivos	Páginas
Anexo 1. Reporte de laboratorio	SERAMBIENTE S.A.S	Reporte SERAMBIENTE S.A.S	10
	LIMA S.A.S	Reporte LIMA S.A.S	43
Anexo2. Formatos de campo	SERAMBIENTE S.A.S	Planilla de campo	80
		Plan de monitoreo	4
		Cadena de custodia	32
Anexo 3. Resolución de Acreditación del IDEAM	SERAMBIENTE S.A.S.	Resolución 1013 de 2019	11
	LIMA S.A.S	Resolución 0555 de 2019	11

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S, 2021.

**(FIN DEL INFORME)**

