

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 los días 20, 21, 22 y 29 de octubre y 1, 2, 3, 4 y 6 de noviembre de 2021.

BARRANQUILLA/ATLÁNTICO
NOVIEMBRE 2021



TABLA DE CONTENIDO

1.	OBJETIVOS	10
1.1.	Objetivo general	10
1.2.	Objetivos específicos	10
2.	GENERALIDADES	11
2.1.	Normativa de referencia	11
2.2.	Información de la empresa	11
2.3.	Responsables del informe	11
2.4.	Empresa responsable del estudio	12
3.	METODOLOGÍA DEL MONITOREO	15
3.1.	Características del muestreo	15
3.2.	Descripción de los puntos de muestreo	17
3.3.	Ubicación geográfica de los puntos de muestreo	23
4.	RESULTADOS	34
5.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	47
5.1.	Cuenca del Río Magdalena	47
5.2.	Cuenca Litoral	77
5.3.	Cuenca Canal del Dique	100
5.4.	Índices de calidad de agua	109
6.	CONCLUSIONES	116
6.1.	Cuenca del Río Magdalena	116
6.2.	Cuenca Litoral	117
6.3.	Cuenca Canal del Dique	117
7.	BIBLIOGRAFÍA	118
8.	ANEXOS	121



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Empresas responsables de los análisis de las muestras.....	12
Tabla 2. Datos generales del estudio.....	12
Tabla 3. Equipos y métodos analíticos para la medición de los parámetros In-situ.....	16
Tabla 4. Listado de los métodos empleados para el análisis de las muestras.....	16
Tabla 5. Descripción de los puntos de monitoreo.....	17
Tabla 6. Identificación y coordenadas de los puntos de monitoreo.....	23
Tabla 7. Resultados de campo.....	34
Tabla 8. Resultados de campo Vs norma.....	38
Tabla 9. Resultados de laboratorio _ Cuenca del Río Magdalena I.....	43
Tabla 10. Resultados de laboratorio _ Cuenca del Río Magdalena II.....	43
Tabla 11. Resultados de laboratorio _ Cuenca del Río Magdalena III.....	44
Tabla 12. Resultados de laboratorio _ Cuenca Litotal I.....	44
Tabla 13. Resultados de laboratorio _ Cuenca Litotal II.....	44
Tabla 14. Resultados de laboratorio _ Cuenca Litotal III.....	45
Tabla 15. Resultados de laboratorio _ Cuenca Canal del Dique.....	45
Tabla 16. Mineralización del agua a partir de la conductividad.....	78
Tabla 17. Variables y ponderaciones.....	111
Tabla 18. Clasificación del ICA.....	111
Tabla 19. Valor obtenido (índice) – ICA 5 Variables.....	111
Tabla 20. Significancia de los índices de contaminación (ICOs).....	112
Tabla 21. Resultado final de la determinación de ICOSUS/ICOMO/ICOpH.....	114
Tabla 22. Anexos del informe técnico.....	121



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Bahía Mesolandia.	26
Figura 2. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Malambo.....	26
Figura 3. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Convento.	27
Figura 4. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Sabanagrande.....	27
Figura 5. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Paraíso.	28
Figura 6. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénagas Larga y Manatí.....	28
Figura 7. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Palmar.....	29
Figura 8. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga El Uvero.	29
Figura 9. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénagas Luruaco y Tocagua.	30
Figura 10. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Totumo.	30
Figura 11. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Los Manatíes.....	31
Figura 12. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Balboa.	31
Figura 13. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Mallorquín.	32
Figura 14. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga El Rincón.	32
Figura 15. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Río Magdalena P1.....	33
Figura 16. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Río Magdalena.....	33
Figura 17. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Mesolandia (La Bahía) en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.	48
Figura 18. Variación de la DBO ₅ , DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Mesolandia (La Bahía) en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	49
Figura 19. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Mesolandia (La Bahía) en el monitoreo realizado en octubre 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.	50
Figura 20. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Malambo en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.	52
Figura 21. Variación de la DBO ₅ , DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Malambo en el monitoreo realizado en octubre-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	53
Figura 22. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Malambo en el monitoreo realizado en octubre-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.....	54
Figura 23. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Sabanagrande en octubre-noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.	56
Figura 24. Variación de la DBO ₅ , DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Sabanagrande en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.	57
Figura 25. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Sabanagrande en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.	58



Figura 26. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Santo Tomás en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 60

Figura 27. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Santo Tomás en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 61

Figura 28. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Santo Tomás en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 62

Figura 29. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Palmar de Varela en octubre de 2021, contrastado con los objetivos de calidad. 63

Figura 30. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Palmar de Varela en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 64

Figura 31. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Palmar de Varela en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 65

Figura 32. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga El Convento en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 67

Figura 33. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga El Convento en los monitoreos realizados en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 68

Figura 34. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga El Convento en los monitoreos realizados en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 69

Figura 35. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga El Uvero en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 71

Figura 36. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga El Uvero en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 72

Figura 37. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga El Uvero en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 73

Figura 38. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en los puntos del Río Magdalena en noviembre de 2021, contrastado con los objetivos de calidad. 74

Figura 39. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en los puntos del Río Magdalena en noviembre de 2021, en comparación con los objetivos de calidad. 75

Figura 40. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en los puntos del Río Magdalena en noviembre de 2021, en comparación con los objetivos de calidad. 76

Figura 41. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga del Totumo en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 79

Figura 42. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga del Totumo en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 80



Figura 43. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga del Totumo en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 81

Figura 44. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Balboa en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 83

Figura 45. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga de Balboa en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 85

Figura 46. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga de Balboa en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 86

Figura 47. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Mallorca en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 88

Figura 48. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga de Mallorca en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 90

Figura 49. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga de Mallorca en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 91

Figura 50. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga El Rincón en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 93

Figura 51. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga El Rincón en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 94

Figura 52. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga El Rincón en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 95

Figura 53. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga Los Manatíes en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 97

Figura 54. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga Los Manatíes en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 98

Figura 55. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga Los Manatíes en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 99

Figura 56. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Luruaco en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 102

Figura 57. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga de Luruaco en el monitoreo realizado en-octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 103



Figura 58. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga de Luruaco en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 104

Figura 59. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga San Juan de Tocagua en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad..... 106

Figura 60. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga San Juan de Tocagua en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 107

Figura 61. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga San Juan de Tocagua en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad. 108



ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1. Punto 1(Ciénega Malambo)	17
Fotografía 2. Punto 2(Ciénega Malambo)	17
Fotografía 3. Punto 2(Bahía Mesolandia).....	17
Fotografía 4. Punto 1(Bahía Mesolandia).....	17
Fotografía 5. Ciénega Luruaco P1.....	18
Fotografía 6. Ciénega Luruaco P2.....	18
Fotografía 7. Ciénega Tocagua P1	18
Fotografía 8. Ciénega Tocagua P2	18
Fotografía 9. Convento P1	18
Fotografía 10. Convento P2.....	18
Fotografía 11. Ciénega Sabanagrande P1.....	18
Fotografía 12. Ciénega Sabanagrande P2.....	18
Fotografía 13. Ciénega Santo Tomás P1	19
Fotografía 14. Ciénega Santo Tomás P2	19
Fotografía 15. Ciénega Palmar De Varela	19
Fotografía 16. Ciénega El Uvero P1	19
Fotografía 17. Ciénega El Uvero P2	19
Fotografía 18. Río Magdalena	19
Fotografía 19. Totumo P1.....	19
Fotografía 20. Totumo P2.....	19
Fotografía 21. Ciénega Balboa P1.....	20
Fotografía 22. Ciénega Balboa P2.....	20
Fotografía 23. Ciénega Balboa P3.....	20
Fotografía 24. Punto1 Mallorquín	20
Fotografía 25. Punto2 Mallorquín	20
Fotografía 26. Punto3 Mallorquín	20
Fotografía 27. Punto4 Mallorquín	20
Fotografía 28. Punto5 Mallorquín	20
Fotografía 29. Punto6 Mallorquín	21
Fotografía 30. Punto7 Mallorquín	21
Fotografía 31. Punto1 Rincón	21
Fotografía 32. Punto2 Rincón	21
Fotografía 33. Punto3 Rincón	21
Fotografía 34. Punto4 Rincón	21
Fotografía 35. Punto5 Rincón	21
Fotografía 36. Punto6 Rincón	21
Fotografía 37. Río Magdalena P1	22
Fotografía 38. Río Magdalena P2	22
Fotografía 39. Ciénega Palmar De Varela P2.....	22
Fotografía 40. Ciénega Manatie	22



Fotografía 41. Evidencia de macrófitas 22
Fotografía 42. Medición In situ..... 22





1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Evaluar a partir del monitoreo realizado en los meses de octubre y noviembre de 2021, la calidad del agua superficial en cuarenta y seis (46) puntos de monitoreo, ubicados en cuerpos de agua del departamento del Atlántico, seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA, con el fin de verificar el estado de la calidad del agua para su programa de control y seguimiento ambiental. Cabe resaltar que, solo se pudo realizar el monitoreo en cuarenta (40) de los puntos debido a la alta presencia de macrófitas.

1.2. Objetivos específicos

- Realizar ensayos fisicoquímicos y microbiológicos de las fuentes hídricas por medio de mediciones *in situ* y la toma de muestras para analizar en laboratorio.
- Preparar un informe técnico en el que se presenten los resultados y conclusiones de la evaluación efectuada durante el día de monitoreo.
- Verificar el cumplimiento de la normatividad ambiental legal vigente.
- Determinar la calidad de los recursos hídricos 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).



2. GENERALIDADES

2.1. Normativa de referencia

Desde el punto de vista normativo, las características físicoquímicas y microbiológicas 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 destinar el recurso en preservación de flora y fauna. Cabe resaltar que, se tienen en cuenta las modificaciones realizadas por el Decreto 703 de 2018.

2.2. Información de la empresa

Razón social: CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A.

Departamento: Atlántico


Ciudad: Barranquilla

Actividad económica: 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.

2.3. Responsables del informe

Elaboró: 
Valerie Gómez Domínguez

Revisó: 
Daniela Hernández Saín

Aprobó: 
Slendy Villamizar Aponte



2.4. Empresa responsable del estudio

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A., contrató los servicios de **Servicios de Ingeniería y Ambiente S.A.S. – SERAMBIENTE S.A.S.**, para desarrollar el monitoreo de agua superficial. SERAMBIENTE S.A.S., es una empresa acreditada por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia -IDEAM, a través de la Resolución 0052 del 2021 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.

Los laboratorios responsables de cada uno de los análisis de las muestras y sus respectivas resoluciones de acreditación ante el IDEAM se detallan **Tabla 1**.

Tabla 1. Empresas responsables de los análisis de las muestras.

Laboratorio	Parámetro	Resolución de acreditación
SERAMBIENTE S.A.S	Conductividad eléctrica	Resolución 0052 de 2021
	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	
	Demanda Química de Oxígeno (DQO)	
	Oxígeno disuelto	
	pH	
	Sólidos Suspendidos Totales (SST)	
LIMA S.A.S	Temperatura	Resolución 0391 de 2021
	Coliformes termotolerantes	
	Coliformes totales	

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

Asimismo, la **Tabla 2** contiene los números de identificación asignados por el laboratorio de SERAMBIENTE S.A.S., así como también, el número de reporte asociado y la fecha de la toma de las muestras. Se resalta, que estas identificaciones, permiten correlacionar la información de los reportes de resultados por cada uno de los laboratorios asignados.

Tabla 2. Datos generales del estudio.

Sitio de muestreo:		Departamento del Atlántico		
Tipo de estudio:		Estudio de caracterización de agua superficial.		
Identificación de la muestra	Número de reporte	Laboratorios	Fecha	Puntos
145126	9635	SERAMBIENTE S.A.S.	20/10/2021	Punto 1(Ciénaga Malambo)
145127				Punto 2(Ciénaga Malambo)
145128				Punto 2(Bahía Mesolandia)



Sitio de muestreo:		Departamento del Atlántico		
Tipo de estudio:		Estudio de caracterización de agua superficial.		
Identificación de la muestra	Número de reporte	Laboratorios	Fecha	Puntos
145129				Punto 1(Bahía Mesolandia)
145130			21/10/2021	Ciénaga Luruaco P1
145131				Ciénaga Luruaco P2
145132				Ciénaga Tocagua P1
145133				Ciénaga Tocagua P2
145134			22/10/2021	Convento P1
145135				Convento P2
145136				Ciénaga Sabanagrande P1
145137				Ciénaga Sabanagrande P2
145138			29/10/2021	Ciénaga Santo Tomás P1
145139				Ciénaga Santo Tomás P2
145140				Ciénaga Palmar De Varela *
145141				Ciénaga Manatí 1°
145142			01/11/2021	Ciénaga El Uvero P1
145143				Ciénaga El Uvero P2
145144				Río Magdalena
145145			02/11/2021	Totumo P1
145146				Totumo P2
145147				Ciénaga Balboa P1
145148				Ciénaga Balboa P2
145149				Ciénaga Balboa P3
145150			03/11/2021	Punto1 Mallorquín
145151				Punto2 Mallorquín
145152				Punto3 Mallorquín
145153				Punto4 Mallorquín
145154				Punto5 Mallorquín
145155				Punto6 Mallorquín
145156				Punto7 Mallorquín
145157				Punto1 Rincón
145158				Punto2 Rincón
145159				Punto3 Rincón
145160				Punto4 Rincón
145161				Punto5 Rincón
145162			Punto6 Rincón	
145163			04/11/2021	Río Magdalena P1
145164				Río Magdalena P2
145165			06/11/2021	Ciénaga Palmar de Varela P2**
145166				Ciénaga Manatie+
145167			30/10/2021	Ciénaga paraíso 1°
145168				Ciénaga paraíso 2°
145169			29/10/2021	Ciénaga larga 1°



Sitio de muestreo:		Departamento del Atlántico		
Tipo de estudio:		Estudio de caracterización de agua superficial.		
Identificación de la muestra	Número de reporte	Laboratorios	Fecha	Puntos
145170				Ciénaga larga 2°
145171				Ciénaga manatí 2°

**Corresponde a la Ciénaga Luisa Punto 1, ** Corresponde a la Ciénaga Luisa Punto 2, ° No se pudo realizar la medición debido a la cantidad de macrófitas, + corresponde a la ciénaga Los Manatíes.*

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





3. METODOLOGÍA DEL MONITOREO

3.1. Características del muestreo

El muestreo 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 cuarenta y seis (46) puntos de monitoreo, los cuales se ubicaron en cuerpos de agua del departamento del Atlántico; seleccionados por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA. Cabe resaltar que, solo se pudo realizar el monitoreo en cuarenta (40) de los puntos debido a la alta presencia de macrófitas.

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).

Se realizó la toma de muestra los días 20, 21, 22 y 29 de octubre y 1, 2, 3, 4 y 6 de noviembre de 2021, implementando la metodología descrita 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 muestreo fue de tipo “manual” y la toma de muestra se realizó de manera compuesta. Para tal fin, se realizó la medición durante tres (3) horas, tomando una (1) alícuota cada hora, para un total de cuatro (4) alícuotas, durante los días de monitoreo, se utilizó un balde con el cual se tomaron las muestras, utilizando y posteriormente se llenaron los diferentes recipientes de vidrio ámbar o plástico-opaco, los cuales fueron preservados (acidificación y/o refrigeración) teniendo en cuenta el análisis a realizar.





Asimismo, para las mediciones de los parámetros *in situ* se realizó la verificación de la calibración de los equipos utilizados, de lo cual se dejó registro en los formatos de campo. Posteriormente, se adelantó la determinación 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 las muestras. En la **Tabla 3**, se presentan los equipos empleados para la medición de dichos parámetros, así como el método analítico empleado, límites de cuantificación e incertidumbre de estos.

Tabla 3. 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	Multiparámetro AZ Instruments Corp.	SM 4500H+ B	NA	±0,046
Oxígeno disuelto		ASTM 888-18, B	NA	±0,0146
Temperatura		SM 2550 B	NA	NA
Conductividad eléctrica		SM 2510 B	NA	±5,047

NA: no aplica.

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

Finalmente, es importante mencionar que los métodos empleados para el análisis fisicoquímico y microbiológico de las muestras de agua, se describen en la **Tabla 4**.

Tabla 4. 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 ₅)	SM-5210 B	2,0	0,116
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	SM-5220 D	10	0,09
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	SM-2540 D	5,0	0,018
Microbiológicos			
Coliformes termotolerantes	SM 9221 E	1,8	±0,40%
Coliformes totales	SM 9221 B	1,8	±0,38%

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



3.2. Descripción de los puntos de muestreo

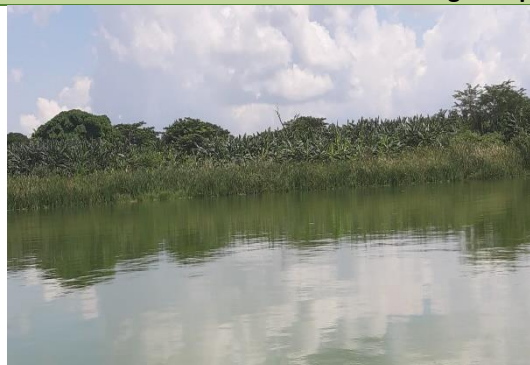
A continuación, se presenta la descripción de cada uno de los puntos de monitoreo, los cuales se encuentran relacionados en el **Anexo 2**, Formatos de campo (*plan de monitoreo – FO-PO-PSM-72-13, planillas de campo muestreo compuesto – FO-PO-PSM-45-02 y cadenas de custodia – FO-PO-PSM-13-03*).

Tabla 5. Descripción de los puntos de monitoreo.

Agua superficial	
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Los puntos de monitoreo se encuentran ubicados en cuerpos de agua del departamento del Atlántico, seleccionadas por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA, donde las muestras de agua superficial se caracterizaron por presentar una apariencia turbia y alrededor de los puntos de monitoreo se evidencia abundante vegetación. Cabe aclarar que, debido a la cantidad de Macrófitas se cambió el lugar de toma de muestras del punto 1 convento y no se pudo efectuar la medición en las Ciénagas Paraíso, Ciénaga larga y en la Ciénaga Manatí.
Registro fotográfico	 <p style="text-align: center;">Fotografía 1. Punto 1(Ciénega Malambo)</p>
	 <p style="text-align: center;">Fotografía 2. Punto 2(Ciénaga Malambo)</p>
	 <p style="text-align: center;">Fotografía 3. Punto 2(Bahía Mesolandia)</p>
	 <p style="text-align: center;">Fotografía 4. Punto 1(Bahía Mesolandia)</p>



Agua superficial



Fotografía 5. Ciénaga Luruaco P1



Fotografía 6. Ciénaga Luruaco P2



Fotografía 7. Ciénaga Tocagua P1



Fotografía 8. Ciénaga Tocagua P2



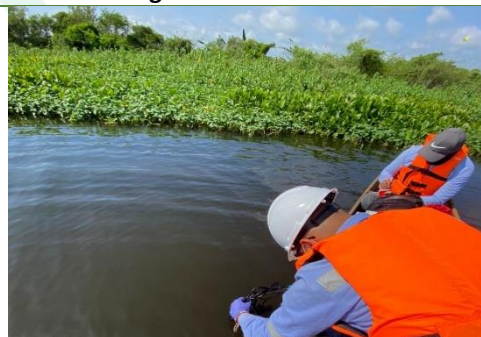
Fotografía 9. Convento P1



Fotografía 10. Convento P2



Fotografía 11. Ciénaga Sabanagrande P1



Fotografía 12. Ciénaga Sabanagrande P2



Agua superficial



Fotografía 13. Ciénaga Santo Tomás P1



Fotografía 14. Ciénaga Santo Tomás P2



Fotografía 15. Ciénaga Palmar De Varela



Fotografía 16. Ciénaga El Uvero P1



Fotografía 17. Ciénaga El Uvero P2



Fotografía 18. Río Magdalena



Fotografía 19. Totumo P1



Fotografía 20. Totumo P2



Agua superficial



Fotografía 21. Ciénaga Balboa P1



Fotografía 22. Ciénaga Balboa P2



Fotografía 23. Ciénaga Balboa P3



Fotografía 24. Punto1 Mallorquín



Fotografía 25. Punto2 Mallorquín



Fotografía 26. Punto3 Mallorquín



Fotografía 27. Punto4 Mallorquín



Fotografía 28. Punto5 Mallorquín



Agua superficial



Fotografía 29. Punto6 Mallorquín



Fotografía 30. Punto7 Mallorquín



Fotografía 31. Punto1 Rincón



Fotografía 32. Punto2 Rincón



Fotografía 33. Punto3 Rincón



Fotografía 34. Punto4 Rincón



Fotografía 35. Punto5 Rincón



Fotografía 36. Punto6 Rincón



Agua superficial



Fotografía 37. Río Magdalena P1



Fotografía 38. Río Magdalena P2



Fotografía 39. Ciénaga Palmar De Varela P2



Fotografía 40. Ciénaga Manatie



Fotografía 41. Evidencia de macrófitas



Fotografía 42. Medición In situ

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



3.3. Ubicación geográfica de los puntos de muestreo

En este numeral se presenta la ubicación y características generales de los puntos de monitoreo, localizados en cuerpos de agua del departamento del Atlántico, seleccionadas por la Corporación Autónoma Regional del Atlántico – CRA, con domicilio en la ciudad de Barranquilla, departamento del Atlántico.

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 27.1 °C. En un año, la precipitación es 1396 mm. (climate-data.org, 2021)

A continuación, se presenta la ubicación geográfica de los puntos de monitoreo; estos se ubicaron de acuerdo con el sistema de coordenadas geográficas WGS84 y coordenadas planas Magna Sirgas con origen Nacional. Las coordenadas se relacionan en la **Tabla 6** y la ubicación geográfica de la **Figura 1** a **Figura 16**.

Tabla 6. Identificación y coordenadas de los puntos de monitoreo.

Características del monitoreo			Georreferenciación		
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Coordenadas geográficas WGS84	Coordenadas Origen Nacional
Punto 1(Ciénega Malambo)	145126	12:45	2	10°51'45,80" N	2758927,896 N
				74°45'44,40" W	4807436,077 E
Punto 2(Ciénega Malambo)	145127	14:30	2	10°51'14,80" N	2757972,690 N
				74°45'27,10" W	4807955,813 E
Punto 2(Bahía Mesolandia)	145128	15:00	3	10°53'5,10" N	2761362,842 N
				74°45'40,10" W	4807580,756 E
Punto 1(Bahía Mesolandia)	145129	15:35	3	10°53'24,20" N	2761950,558 N
				74°45'46,10" W	4807402,015 E
Ciénega Luruaco P1	145130	11:30	24	10°36'16,90" N	2730664,673 N
				75°9'5,60" W	4764690,453 E
Ciénega Luruaco P2	145131	13:45	24	10°36'38,20" N	2731328,081 N
				75°9'48,50" W	4763391,131 E
Ciénega Tocagua P1	145132	10:40	22	10°38'6,40" N	2734054,650 N
				75°11'8,0" W	4760993,949 E
Ciénega Tocagua P2	145133	10:40	21	10°37'53,40" N	2733648,389 N
				75°10'35,80" W	4761969,729 E
Convento P1	145134	11:00	3	10°49'34,90" N	2754900,705 N
				74°45'6,70" W	4808557,538 E
Convento P2	145135	13:15	3	10°48'50,87" N	2753548,519 N



Características del monitoreo			Georreferenciación		
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Coordenadas geográficas WGS84	Coordenadas Origen Nacional
				74°45'7,77"W	4808517,282 E
Ciénaga Sabanagrande P1	145136	11:05	4	10°47'28,53" N	2751014,752 N
				74°44'40,62"W	4809327,266 E
Ciénaga Sabanagrande P2	145137	12:15	3	10°47'13,03" N	2750540,021 N
				74°44'48,39"W	4809088,591 E
Ciénaga Santo Tomás P1	145138	13:40	3	10°45'18,41" N	2747019,297 N
				74°44'47,16"W	4809105,883 E
Ciénaga Santo Tomás P2	145139	13:00	4	10°45'43,99" N	2747804,283 N
				74°44'43,15"W	4809232,141 E
Ciénaga Palmar De Varela	145140	13:30	5	10°44'43,86" N	2745958,403 N
				74°44'48,87"W	4809047,911 E
Ciénaga Manatí 1°	145141	-	5	10°42'50,77" N	2742481,625 N
				74°44'29,87"W	4809605,320 E
Ciénaga El Uvero P1	145142	12:45	3	10°33'21,10" N	2724995,582 N
				74°45'34,40"W	4807545,990 E
Ciénaga El Uvero P2	145143	12:30	3	10°33'58,30" N	2726137,133 N
				74°45'28,40"W	4807734,765 E
Río Magdalena	145144	16:20	3	10°56'26,43" N	2767543,666 N
				74°45'22,86"W	4808140,034 E
Totumo P1	145145	14:25	0	10°44'10,09" N	2745265,322 N
				75°13'59,14"W	4755873,579 E
Totumo P2	145146	17:45	0	10°43'13,81" N	2743546,232 N
				75°14'44,40"W	4754485,878 E
Ciénaga Balboa P1	145147	10:25	3	10°59'3,52" N	2772510,607 N
				74°57'57,97"W	4785250,629 E
Ciénaga Balboa P2	145148	13:30	0	10°58'44,55" N	2771935,502 N
				74°58'36,30"W	4784083,415 E
Ciénaga Balboa P3	145149	16:40	3	10°58'24,96" N	2771345,052 N
				74°59'32,89"W	4782361,780 E
Punto1 Mallorquín	145150	11:15	3	11°2'42,91" N	2779181,418 N
				74°52'5,71"W	4795984,014 E
Punto2 Mallorquín	145151	11:30	0	11°03'5,46" N	2779863,195 N
				74°51'8,05"W	4797737,922 E
Punto3 Mallorquín	145152	11:45	0	11°02'39,42" N	2779060,620 N
				74°50'53,62"W	4798170,823 E
Punto4 Mallorquín	145153	11:00	0	11°02'18,80" N	2778434,787 N
				74°51'33,75"W	4796949,194 E
Punto5 Mallorquín	145154	15:35	0	11°02'8,78" N	2778116,489 N
				74°50'37,75"W	4798646,572 E
Punto6 Mallorquín	145155	15:20	0	11°02'34,09" N	2778887,470 N
				74°50'3,15"W	4799701,252 E
Punto7 Mallorquín	145156	15:00	0	11°03'26,15" N	2780492,328 N
				74°50'33,97"W	4798775,925 E



Características del monitoreo			Georreferenciación		
Puntos de monitoreo	ID	Hora	Cota de elevación (msnm)	Coordenadas geográficas WGS84	Coordenadas Origen Nacional
Punto1 Rincón	145157	13:40	8	11°0'57,44" N	2775956,699 N
				74°53'24,58" W	4793570,329 E
Punto2 Rincón	145158	11:50	8	11°0'51,75" N	2775783,371 N
				74°53'32,17" W	4793338,891 E
Punto3 Rincón	145159	12:20	8	11°0'59,55" N	2776025,452 N
				74°53'45,13" W	4792947,104 E
Punto4 Rincón	145160	12:50	8	11°01'09,22" N	2776320,780 N
				74°53'36,22" W	4793219,374 E
Punto5 Rincón	145161	13:30	5	11°1'0,52" N	2776053,458 N
				74°53'35,80" W	4793230,432 E
Punto6 Rincón	145162	15:50	9	11°1'12,99" N	2776430,718 N
				74°53'05,56" W	4794150,535 E
Río Magdalena P1	145163	11:35	2	10°16'4,22" N	2693240,816 N
				74°54'25,47" W	4791213,794 E
Río Magdalena P2	145164	13:25	4	10°44'41,88" N	2745887,585 N
				74°43'50,68" W	4810814,926 E
Ciénaga Palmar De Varela P2	145165	11:25	5	10°43'38,73" N	2743956,283 N
				74°44'39,12" W	4809332,692 E
Ciénaga Manatie	145166	14:35	5	10°42'50,77" N	2742481,625 N
				74°44'29,87" W	4809605,320 E
Ciénaga paraíso 1°	145167	-	5	10°42'9,07" N	2741199,196 N
				74°44'20,32" W	4809888,180 E
Ciénaga paraíso 2°	145168	-	5	10°42'19,49" N	2741520,656 N
				74°44'28,58" W	4809639,077 E
Ciénaga larga 1°	145169	-	5	10°43'19,74" N	2743372,955 N
				74°44'38,78" W	4809339,714 E
Ciénaga larga 2°	145170	-	5	10°42'43,37" N	2742257,562 N
				74°44'48,62" W	4809034,493 E
Ciénaga manatí 2°	145171	-	5	10°43'3,66" N	2742876,084 N
				74°44'21,42" W	4809864,227 E

° No se pudo realizar la medición debido a la cantidad de macrófitas.

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



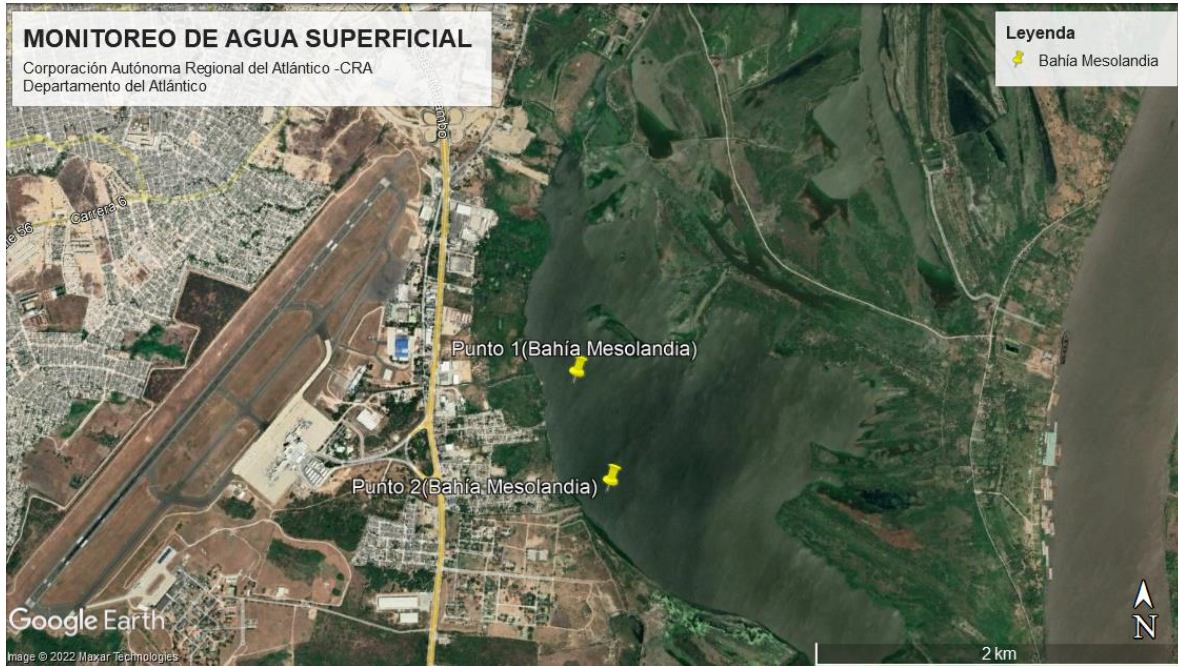


Figura 1. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Bahía Mesolandia.
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



Figura 2. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Malambo.
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.





Figura 3. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Convento.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

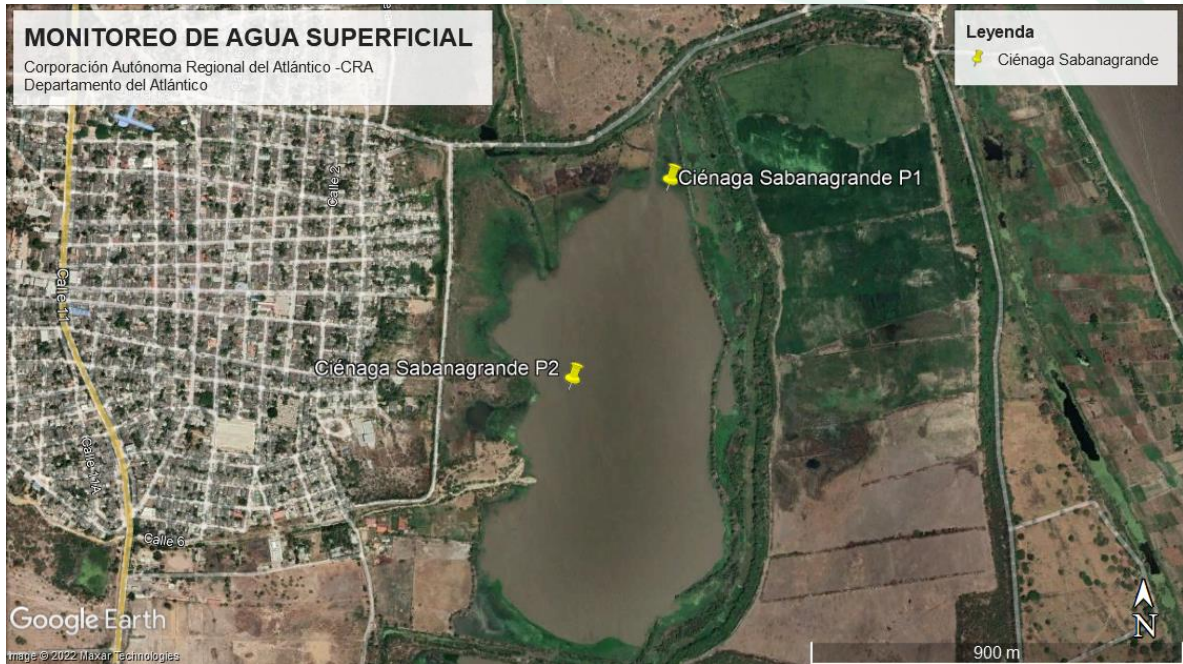


Figura 4. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Sabanagrande.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2021.





Figura 5. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Paraiso.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



Figura 6. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénagas Larga y Manatí.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



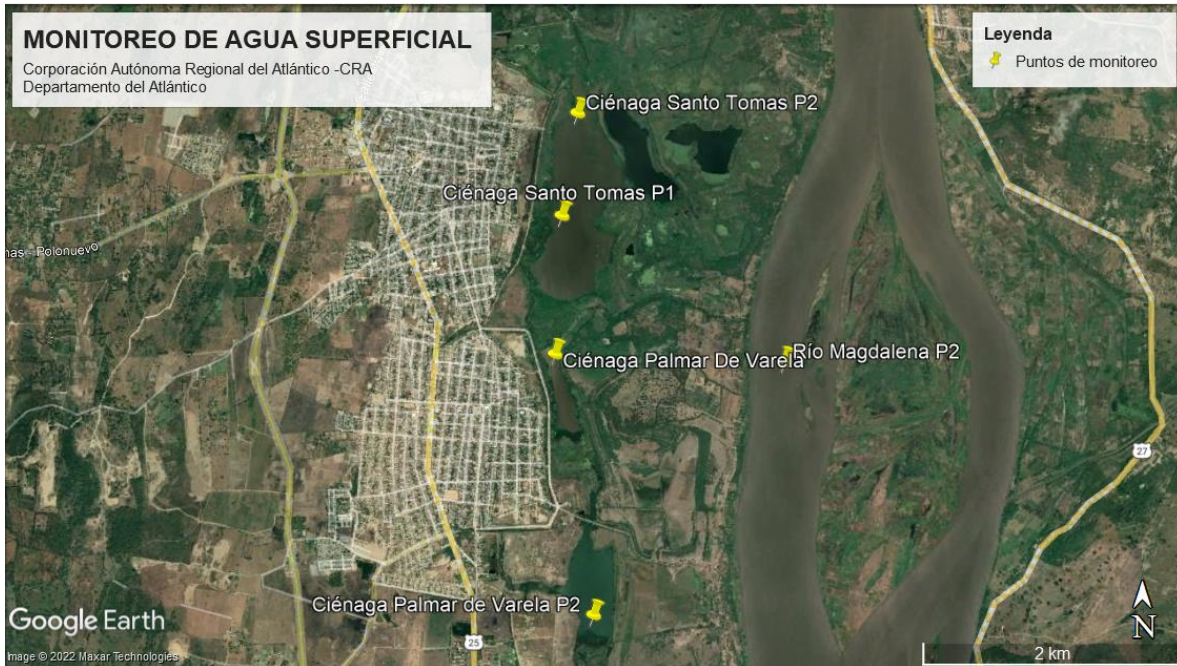


Figura 7. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Palmar.
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



Figura 8. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga El Uvero.
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.





Figura 9. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénagas Luruaco y Tocagua.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



Figura 10. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Totumo.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.





Figura 11. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Los Manatíes.
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



Figura 12. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Balboa.
Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.





Figura 13. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga Mallorquín.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



Figura 14. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Ciénaga El Rincón.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.





Figura 15. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Río Magdalena P1.

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.

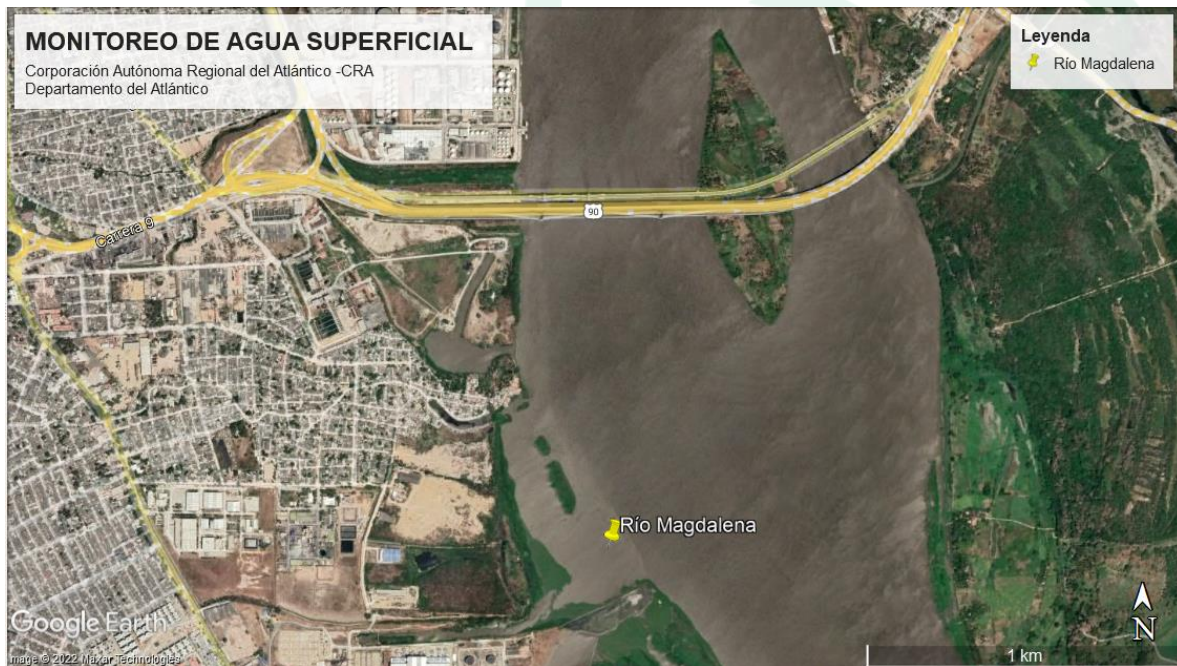


Figura 16. Localización geográfica de los puntos de monitoreo _ Río Magdalena

Fuente: Tomado y modificado de Google Earth, 2022.



4. RESULTADOS

El siguiente apartado presenta los resultados tras la evaluación fisicoquímica y microbiológica del agua superficial tomada en las ciénagas del departamento de Atlántico. El análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del agua superficial, se remite a la presentación de los resultados y la comparación con los criterios de calidad para destinación del recurso según el Decreto 1594 de 1984, artículo 45; actualmente compilado en el Decreto Único 1076 de 2015, artículo 2.2.3.3.9.10.; teniendo en cuenta las modificaciones realizadas por el Decreto 703 de 2018, en el artículo 18.

En la **Tabla 7**, se presentan los valores obtenidos para las variables medidas en campo en los puntos monitoreados, seguidamente en la **Tabla 8**, se muestra la comparación con la normativa.

Tabla 7. Resultados de campo.

Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)
Cuenca del Río Magdalena							
Punto 1(Bahía Mesolandia)	20/10/2021	1	12:35	7,35	2,0	126,3	28,7
		2	13:35	7,28	1,8	127,4	28,9
		3	14:35	7,31	2,1	128,1	29,0
		4	15:35	7,30	2,0	127,6	30,1
Punto 2(Bahía Mesolandia)		1	12:00	7,25	2,2	128,3	28,1
		2	13:00	7,30	2,0	127,6	28,3
		3	14:00	7,31	2,0	127,9	28,6
		4	15:00	7,29	1,9	127,7	29,0
Punto 1(Ciénaga Malambo)		1	09:45	7,84	4,2	310	32,2
		2	10:45	7,89	4,1	324	32,2
		3	11:45	7,92	4,6	323	31,6
		4	12:45	7,86	5,2	322	30,7
Punto 2(Ciénaga Malambo)	1	11:30	7,88	3,5	347	32,4	
	2	12:30	7,79	4,8	346	33,4	
	3	13:30	7,72	3,7	353	32,7	
	4	14:30	7,76	3,7	349	33,6	
Ciénaga Sabanagrande P1	22/10/2021	1	08:05	7,90	1,4	410	29,6
		2	09:05	7,84	1,3	413	30,2
		3	10:05	7,76	1,3	407	30,7
		4	11:05	7,72	1,2	402	31,3
Ciénaga Sabanagrande P2		1	09:15	7,76	1,5	440	30,5
		2	10:15	7,64	1,4	439	30,6
	3	11:15	7,51	1,4	428	31,4	



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)
		4	12:15	7,53	1,5	441	31,8
Ciénaga Santo Tomás P1	29/10/2021	1	10:40	7,37	1,8	293	30,1
		2	11:40	7,38	1,8	292	30,1
		3	12:40	7,38	1,9	294	30,7
		4	13:40	7,38	1,9	296	30,1
Ciénaga Santo Tomás P2		1	10:00	7,45	1,9	296	30,1
		2	11:00	7,46	1,9	296	30,0
		3	12:00	7,49	1,9	297	30,2
		4	13:00	7,55	1,9	297	30,3
Ciénaga Palmar De Varela		1	10:30	7,82	0,8	337	29,1
		2	11:30	7,74	1,0	352	29,5
	3	12:30	7,52	1,1	330	29,7	
	4	13:30	7,50	1,2	339	30,4	
Ciénaga Palmar De Varela P2	06/11/2021	1	08:25	7,70	2,5	129,7	29,3
		2	09:25	7,68	2,2	129,6	29,6
		3	10:25	7,59	2,0	129,4	30,0
		4	11:25	7,43	1,7	129,2	31,0
Convento P1	22/10/2021	1	08:00	8,13	4,2	288	30,6
		2	09:00	8,16	4,2	286	30,5
		3	10:00	8,44	4,3	289	30,7
		4	11:00	8,45	4,2	291	30,9
Convento P2		1	10:15	8,49	3,7	275	29,2
		2	11:15	8,48	3,6	277	29,5
		3	12:15	8,49	3,7	279	29,9
		4	13:15	8,48	3,6	280	30,3
Ciénaga El Uvero P1*	01/11/2021	1	09:45	7,62	2,2	183400	29,6
		2	10:45	7,53	2,0	174200	30,2
		3	11:45	7,58	2,1	179600	30,8
		4	12:45	7,60	2,1	185500	31,2
Ciénaga El Uvero P2*		1	09:30	7,82	2,8	195400	29,4
		2	10:30	7,81	2,6	195600	29,7
		3	11:30	7,74	2,2	186200	30,1
		4	12:30	7,76	2,2	183200	30,6
Río Magdalena	01/11/2021	1	13:20	7,16	1,5	129,1	31,6
		2	14:20	7,22	1,6	126,3	31,4
		3	15:20	7,18	1,6	118,1	30,9
		4	16:20	7,21	1,7	121,0	30,6
Río Magdalena P1	04/11/2021	1	08:35	7,94	2,2	175,6	29,4
		2	09:35	7,82	2,0	175,3	29,7
		3	10:35	7,86	2,1	176,4	30,1
		4	11:35	7,90	2,1	177,7	30,4
		1	10:25	7,72	3,2	129,7	29,3



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)
Río Magdalena P2		2	11:25	7,64	3,0	123,2	30,1
		3	12:25	7,66	3,1	125,7	30,6
		4	13:25	7,59	2,9	118,4	30,9
Cuenca Litoral							
Totumo P1	02/11/2021	1	11:25	7,16	5,1	697	30,3
		2	12:25	7,16	5,1	698	30,3
		3	13:25	7,29	5,4	704	30,5
		4	14:25	7,34	5,2	708	30,6
Totumo P2	02/11/2021	1	14:45	7,08	6,1	672	29,8
		2	15:45	7,12	6,1	666	31,1
		3	16:45	7,15	6,2	672	30,9
		4	17:45	7,26	6,0	678	30,3
Ciénaga Balboa P1*	02/11/2021	1	07:25	8,28	5,7	9270	28,9
		2	08:25	8,31	5,7	9240	29,4
		3	09:25	8,25	5,6	9120	29,7
		4	10:25	8,20	5,4	9100	30,2
Ciénaga Balboa P2*	02/11/2021	1	10:30	8,48	10,8	12220	35,4
		2	11:30	8,41	9,5	12200	35,7
		3	12:30	8,43	9,7	11960	35,8
		4	13:30	8,53	10,2	12150	35,7
Ciénaga Balboa P3*	02/11/2021	1	13:40	8,47	7,8	7590	30,5
		2	14:40	8,51	7,8	7620	30,1
		3	15:40	8,53	7,9	7610	29,8
		4	16:40	8,57	8,0	7550	29,5
Punto1 Mallorquín	03/11/2021	1	08:15	7,25	2,0	127,7	29,0
		2	09:15	7,31	2,2	127,6	28,6
		3	10:15	7,42	2,1	127,9	28,3
		4	11:15	7,53	1,9	128,2	28,1
Punto2 Mallorquín	03/11/2021	1	08:30	8,00	1,7	127,7	28,2
		2	09:30	7,94	1,9	127,6	28,4
		3	10:30	7,84	2,1	127,8	28,7
		4	11:30	7,74	2,2	128,1	29,1
Punto3 Mallorquín	03/11/2021	1	08:45	7,29	1,8	127,7	28,1
		2	09:45	7,39	2,2	127,8	28,4
		3	10:45	7,50	2,1	127,6	28,6
		4	11:45	7,69	1,9	128,3	29,0
Punto4 Mallorquín	03/11/2021	1	08:00	7,10	2,2	127,7	29,0
		2	09:00	7,20	2,0	127,9	28,8
		3	10:00	7,28	1,8	128,1	28,7
		4	11:00	7,38	1,6	128,4	28,5
Punto5 Mallorquín	03/11/2021	1	12:35	7,25	1,5	127,6	29,0
		2	13:35	7,38	1,8	127,9	28,7



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)
Punto6 Mallorquín	06/11/2021	3	14:35	7,45	1,7	127,7	28,8
		4	15:35	7,62	2,0	128,3	28,5
		1	12:20	7,15	1,1	584	31,5
		2	13:20	7,24	1,5	590	31,9
3		14:20	7,36	1,7	570	32,5	
4		15:20	7,47	2,0	575	32,8	
Punto7 Mallorquín		1	12:00	7,30	1,9	127,5	28,1
		2	13:00	7,31	1,7	127,9	28,5
		3	14:00	7,38	2,0	128,1	28,9
		4	15:00	7,50	2,2	128,4	29,0
Punto1 Rincón*		1	10:45	8,19	5,6	3740	33,7
		2	11:45	8,20	5,3	3755	33,8
		3	12:40	8,21	5,4	3705	33,8
		4	13:40	8,22	5,2	3710	33,9
Punto2 Rincón*		1	08:50	7,96	5,5	2900	29,3
		2	09:50	7,98	5,6	2985	29,4
	3	10:50	8,06	5,7	3195	29,7	
	4	11:50	8,07	5,3	3200	29,7	
Punto3 Rincón*	1	09:20	8,25	7,5	3285	30,1	
	2	10:20	8,35	7,6	3300	30,1	
	3	11:20	8,14	4,8	3245	30,9	
	4	12:20	8,12	4,9	3300	31,0	
Punto4 Rincón*	1	09:40	8,24	8,1	3445	30,2	
	2	10:40	8,22	8,5	3355	30,8	
	3	11:40	8,24	7,4	3470	30,8	
	4	12:50	8,21	8,2	3285	30,9	
Punto5 Rincón*	1	09:30	8,35	8,3	3625	33,3	
	2	11:30	8,36	8,4	3625	33,0	
	3	12:30	8,34	8,1	3765	36,3	
	4	13:30	8,29	7,6	3565	36,2	
Punto6 Rincón	1	12:55	7,97	0,9	1193	30,9	
	2	13:50	7,99	1,3	1177	30,9	
	3	14:50	7,95	1,3	1176	30,9	
	4	15:50	7,94	1,3	1178	30,9	
Ciénaga Manatie	1	11:35	7,74	2,5	7020	32,3	
	2	12:35	7,70	2,7	7110	32,4	
	3	13:35	7,72	2,4	7300	32,2	
	4	14:35	7,71	3,0	7500	31,9	
Cuenca Canal del Dique							
Ciénaga Luruaco P1	21/10/2021	1	08:30	9,12	5,5	1003	33,2
		2	09:30	9,15	4,9	1016	32,7
		3	10:30	9,15	4,9	1015	32,4



Puntos	Fecha	Alícuotas	Hora	Parámetros			
				pH (Unidades)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Conductividad (µs/cm)	Temperatura (°C)
Ciénaga Luruaco P2		4	11:30	9,10	5,6	1012	33,5
		1	10:45	9,19	8,4	1009	32,7
		2	11:45	9,28	7,1	996	33,6
		3	12:45	9,28	7,1	996	33,1
Ciénaga Tocagua P1		4	13:45	9,31	7,0	988	33,3
		1	07:40	9,26	9,8	590	31,9
		2	08:40	9,18	9,6	584	31,9
		3	09:40	8,91	9,5	561	32,4
Ciénaga Tocagua P2		4	10:40	8,82	9,5	567	32,7
		1	07:40	9,26	5,6	591	32,3
		2	08:40	9,18	5,3	590	31,9
		3	09:40	8,91	5,6	582	33,2
Rango:				7,08 – 9,31	0,8 – 10,8	118,1- 195600	28,1-36,3

*: Convertido de ms/cm a µs/cm.

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

Tabla 8. Resultados de campo 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 pH	Cumplimiento oxígeno disuelto
Cuenca del Río Magdalena						
Punto 1(Bahía Mesolandia)	7,35	2,0	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	No cumple
	7,28	1,8			Cumple	No cumple
	7,31	2,1			Cumple	No cumple
	7,30	2,0			Cumple	No cumple
Punto 2(Bahía Mesolandia)	7,25	2,2			Cumple	No cumple
	7,30	2,0			Cumple	No cumple
	7,31	2,0			Cumple	No cumple
	7,29	1,9			Cumple	No cumple
Punto 1(Ciénaga Malambo)	7,84	4,2			Cumple	Cumple
	7,89	4,1			Cumple	Cumple
	7,92	4,6			Cumple	Cumple
	7,86	5,2			Cumple	Cumple
Punto 2(Ciénaga Malambo)	7,88	3,5	Cumple	No cumple		
	7,79	4,8	Cumple	Cumple		
	7,72	3,7	Cumple	No cumple		
	7,76	3,7	Cumple	No 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 pH	Cumplimiento oxígeno disuelto
Ciénaga Sabanagrande P1	7,90	1,4	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	No cumple
	7,84	1,3			Cumple	No cumple
	7,76	1,3			Cumple	No cumple
	7,72	1,2			Cumple	No cumple
Ciénaga Sabanagrande P2	7,76	1,5			Cumple	No cumple
	7,64	1,4			Cumple	No cumple
	7,51	1,4			Cumple	No cumple
	7,53	1,5			Cumple	No cumple
Ciénaga Santo Tomás P1	7,37	1,8			Cumple	No cumple
	7,38	1,8			Cumple	No cumple
	7,38	1,9			Cumple	No cumple
Ciénaga Santo Tomás P2	7,38	1,9			Cumple	No cumple
	7,45	1,9			Cumple	No cumple
	7,46	1,9			Cumple	No cumple
	7,49	1,9			Cumple	No cumple
Ciénaga Palmar De Varela	7,55	1,9			Cumple	No cumple
	7,82	0,8			Cumple	No cumple
	7,74	1,0			Cumple	No cumple
	7,52	1,1			Cumple	No cumple
Ciénaga Palmar De Varela P2	7,50	1,2			Cumple	No cumple
	7,70	2,5	Cumple	No cumple		
	7,68	2,2	Cumple	No cumple		
	7,59	2,0	Cumple	No cumple		
Convento P1	7,43	1,7	Cumple	No cumple		
	8,13	4,2	Cumple	Cumple		
	8,16	4,2	Cumple	Cumple		
	8,44	4,3	Cumple	Cumple		
Convento P2	8,45	4,2	Cumple	Cumple		
	8,49	3,7	Cumple	No cumple		
	8,48	3,6	Cumple	No cumple		
	8,49	3,7	Cumple	No cumple		
Ciénaga El Uvero P1	8,48	3,6	Cumple	No cumple		
	7,62	2,2	Cumple	No cumple		
	7,53	2,0	Cumple	No cumple		
	7,58	2,1	Cumple	No cumple		
Ciénaga El Uvero P2	7,60	2,1	Cumple	No cumple		
	7,82	2,8	Cumple	No cumple		
	7,81	2,6	Cumple	No cumple		
	7,74	2,2	Cumple	No 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 pH	Cumplimiento oxígeno disuelto		
	7,76	2,2			Cumple	No cumple		
Río Magdalena	7,16	1,5	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	No cumple		
	7,22	1,6			Cumple	No cumple		
	7,18	1,6			Cumple	No cumple		
	7,21	1,7			Cumple	No cumple		
	7,94	2,2			Cumple	No cumple		
Río Magdalena P1	7,82	2,0			Cumple	No cumple		
	7,86	2,1			Cumple	No cumple		
	7,90	2,1			Cumple	No cumple		
	7,72	3,2			Cumple	No cumple		
Río Magdalena P2	7,64	3,0			Cumple	No cumple		
	7,66	3,1			Cumple	No cumple		
	7,59	2,9			Cumple	No cumple		
Cuenca Litoral								
Totumo P1	7,16	5,1			4,5 – 9,0	≥4	Cumple	Cumple
	7,16	5,1					Cumple	Cumple
	7,29	5,4	Cumple	Cumple				
	7,34	5,2	Cumple	Cumple				
Totumo P2	7,08	6,1	Cumple	Cumple				
	7,12	6,1	Cumple	Cumple				
	7,15	6,2	Cumple	Cumple				
	7,26	6	Cumple	Cumple				
Ciénaga Balboa P1*	8,28	5,7	Cumple	Cumple				
	8,31	5,7	Cumple	Cumple				
	8,25	5,6	Cumple	Cumple				
	8,2	5,4	Cumple	Cumple				
Ciénaga Balboa P2*	8,48	10,8	Cumple	Cumple				
	8,41	9,5	Cumple	Cumple				
	8,43	9,7	Cumple	Cumple				
	8,53	10,2	Cumple	Cumple				
Ciénaga Balboa P3*	8,47	7,8	Cumple	Cumple				
	8,51	7,8	Cumple	Cumple				
	8,53	7,9	Cumple	Cumple				
	8,57	8	Cumple	Cumple				
Punto1 Mallorquín	7,25	2	Cumple	No cumple				
	7,31	2,2	Cumple	No cumple				
	7,42	2,1	Cumple	No cumple				
	7,53	1,9	Cumple	No cumple				
	8	1,7	Cumple	No 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 pH	Cumplimiento oxígeno disuelto
Punto2 Mallorquín	7,94	1,9	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	No cumple
	7,84	2,1			Cumple	No cumple
	7,74	2,2			Cumple	No cumple
Punto3 Mallorquín	7,29	1,8			Cumple	No cumple
	7,39	2,2			Cumple	No cumple
	7,50	2,1			Cumple	No cumple
	7,69	1,9			Cumple	No cumple
Punto4 Mallorquín	7,10	2,2			Cumple	No cumple
	7,20	2,0			Cumple	No cumple
	7,28	1,8			Cumple	No cumple
	7,38	1,6			Cumple	No cumple
Punto5 Mallorquín	7,25	1,5			Cumple	No cumple
	7,38	1,8			Cumple	No cumple
	7,45	1,7			Cumple	No cumple
	7,62	2,0			Cumple	No cumple
Punto6 Mallorquín	7,15	1,1			Cumple	No cumple
	7,24	1,5			Cumple	No cumple
	7,36	1,7			Cumple	No cumple
	7,47	2,0			Cumple	No cumple
Punto7 Mallorquín	7,30	1,9			Cumple	No cumple
	7,31	1,7			Cumple	No cumple
	7,38	2,0			Cumple	No cumple
Punto1 Rincón	7,50	2,2			Cumple	No cumple
	8,19	5,6			Cumple	Cumple
	8,20	5,3			Cumple	Cumple
	8,21	5,4			Cumple	Cumple
Punto2 Rincón	8,22	5,2			Cumple	Cumple
	7,96	5,5			Cumple	Cumple
	7,98	5,6	Cumple	Cumple		
	8,06	5,7	Cumple	Cumple		
Punto3 Rincón	8,07	5,3	Cumple	Cumple		
	8,25	7,5	Cumple	Cumple		
	8,35	7,6	Cumple	Cumple		
	8,14	4,8	Cumple	Cumple		
Punto4 Rincón	8,12	4,9	Cumple	Cumple		
	8,24	8,1	Cumple	Cumple		
	8,22	8,5	Cumple	Cumple		
	8,24	7,4	Cumple	Cumple		
Punto5 Rincón	8,21	8,2	Cumple	Cumple		
	8,35	8,3	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 pH	Cumplimiento oxígeno disuelto
	8,36	8,4			Cumple	Cumple
	8,34	8,1			Cumple	Cumple
	8,29	7,6			Cumple	Cumple
Punto6 Rincón	7,97	0,9	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	No cumple
	7,99	1,3			Cumple	No cumple
	7,95	1,3			Cumple	No cumple
	7,94	1,3			Cumple	No cumple
Ciénaga Manatie	7,74	2,5	4,5 – 9,0	≥4	Cumple	No cumple
	7,70	2,7			Cumple	No cumple
	7,72	2,4			Cumple	No cumple
	7,71	3,0			Cumple	No cumple
Cuenca Canal del Dique						
Ciénaga Luruaco P1	9,12	5,5	4,5 – 9,0	≥4	No cumple	Cumple
	9,15	4,9			No cumple	Cumple
	9,15	4,9			No cumple	Cumple
	9,10	5,6			No cumple	Cumple
Ciénaga Luruaco P2	9,19	8,4	4,5 – 9,0	≥4	No cumple	Cumple
	9,28	7,1			No cumple	Cumple
	9,28	7,1			No cumple	Cumple
	9,31	7,0			No cumple	Cumple
Ciénaga Tocagua P1	9,26	9,8	4,5 – 9,0	≥4	No cumple	Cumple
	9,18	9,6			No cumple	Cumple
	8,91	9,5			Cumple	Cumple
	8,82	9,5			Cumple	Cumple
Ciénaga Tocagua P2	9,26	5,6	4,5 – 9,0	≥4	No cumple	Cumple
	9,18	5,3			No cumple	Cumple
	8,91	5,6			Cumple	Cumple
	8,82	5,2			Cumple	Cumple

*Agua cálida dulce.

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

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



Tabla 9. Resultados de laboratorio _ Cuenca del Río Magdalena I.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo					
		Punto 1(Bahía Mesolandia)	Punto 2(Bahía Mesolandia)	Punto 1(Ciénega Malambo)	Punto 2(Ciénega Malambo)	Ciénega Sabanagrande P1	Ciénega Sabanagrande P2
		ID 145129	ID 145128	ID 145126	ID 145127	ID 145136	ID 145137
		20/10/2021			22/10/2021		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	11,7	12,4	6,3	< 2,0	14,0	9,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	31	32	16	< 10	28	23
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	9,8	9,1	8,1	12,3	8,0	6,9
Microbiológicos							
Coliformes totales	NMP/100mL	1,6x10 ⁵	9,2x10 ⁴	1,6x10 ⁵	5,4x10 ⁴	3,5x10 ⁴	1,6x10 ⁵
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1,3x10 ⁴	7,9x10 ³	2,4x10 ⁴	4,9x10 ³	1,3x10 ⁴	2,4x10 ⁴

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

Tabla 10. Resultados de laboratorio _ Cuenca del Río Magdalena II.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo					
		Ciénega Santo Tomás P1	Ciénega Santo Tomás P2	Ciénega Palmar De Varela	Ciénega Palmar De Varela P2	Convento P1	Convento P2
		ID 145138	ID 145139	ID 145140	ID 145165	ID 145134	ID 145135
		29/10/2021			06/11/2021		22/10/2021
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	2,9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	< 5,0	5,9	< 5,0	< 5,0	7,9	6,2
Microbiológicos							
Coliformes totales	NMP/100mL	2,3x10 ³	2,4x10 ⁴	1,7x10 ⁴	1,6x10 ⁵	2,2x10 ⁴	1,4x10 ⁴
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1,7x10 ³	2,3x10 ³	3,3x10 ³	1,3x10 ⁴	1,3x10 ⁴	7,9x10 ³

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



Tabla 11. Resultados de laboratorio _ Cuenca del Río Magdalena III.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo				
		Ciénaga El Uvero P1	Ciénaga El Uvero P2	Río Magdalena	Río Magdalena P1	Río Magdalena P2
		ID 145142	ID 145143	ID 145144	ID 145163	ID 145164
		01/11/2021			04/11/2021	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	< 2,0	2,2	< 2,0	2,5	< 2,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	159,0	< 5,0	< 5,0	230,5	370,0
Microbiológicos						
Coliformes totales	NMP/100mL	1,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	3,3x10 ³	4,9x10 ³	3,3x10 ³	1,3x10 ⁴	1,7x10 ⁴

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

Tabla 12. Resultados de laboratorio _ Cuenca Litotal I.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo						
		Totumo P1	Totumo P2	Ciénaga Balboa P1	Ciénaga Balboa P2	Ciénaga Balboa P3	Punto1 Mallorcaín	Punto2 Mallorcaín
		ID 145145	ID 145146	ID 145147	ID 145148	ID 145149	ID 145150	ID 45151
		2/11/2021				3/11/2021		
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2,4	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	5,9	9,8	93,5	271,0	36,5	22,0	93,0
Microbiológicos								
Coliformes totales	NMP/100mL	1,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	7,0x10 ³	1,6x10 ⁵	7,9x10 ³	2,4x10 ⁴	200
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1,3x10 ⁴	1,7x10 ⁴	3,3x10 ³	1,3x10 ⁴	3,3x10 ³	2,3x10 ³	200

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

Tabla 13. Resultados de laboratorio _ Cuenca Litotal II.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo						
		Punto3 Mallorcaín	Punto4 Mallorcaín	Punto5 Mallorcaín	Punto6 Mallorcaín	Punto7 Mallorcaín	Punto1 Rincón	Punto2 Rincón
		ID 145152	ID 145153	ID 145154	ID 145155	ID 145156	ID 145157	ID 145158
		03/11/2021						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0



Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo						
		Punto3 Mallorquín	Punto4 Mallorquín	Punto5 Mallorquín	Punto6 Mallorquín	Punto7 Mallorquín	Punto1 Rincón	Punto2 Rincón
		ID 145152	ID 145153	ID 145154	ID 145155	ID 145156	ID 145157	ID 145158
		03/11/2021						
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	105,5	28,0	100,0	128,5	37,0	12,8	17,8
Microbiológicos								
Coliformes totales	NMP/100mL	3,3x10 ³	200	200	200	400	1,4x10 ³	680
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1,7x10 ³	200	200	200	400	780	680

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

Tabla 14. Resultados de laboratorio _ Cuenca Litotal III.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo				
		Punto3 Rincón	Punto4 Rincón	Punto5 Rincón	Punto6 Rincón	Ciénaga Manatie
		ID 145159	ID 145160	ID 145161	ID 145162	ID 145166
		03/11/2021				
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0	< 2,0
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	< 10	91	< 10	< 10
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	9,7	20,0	16,0	147,1	27,0
Microbiológicos						
Coliformes totales	NMP/100mL	3,3x10 ³	1,7x10 ³	780	1,6x10 ⁵	1,4x10 ⁴
Coliformes termotolerante	NMP/100mL	2,3x10 ³	1,7x10 ³	780	1,3x10 ⁴	2,7x10 ³

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

Tabla 15. Resultados de laboratorio _ Cuenca Canal del Dique.

Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo			
		Ciénaga Luruaco P1	Ciénaga Luruaco P2	Ciénaga Tocagua P1	Ciénaga Tocagua P2
		ID 145130	ID 145131	ID 145132	ID 145133
		21/10/2021			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	< 2,0	16,9	7,6	14,2
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	< 10	45	19	37
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	43,0	11,0	14,8	12,0
Microbiológicos					



Parámetro	Unidades	Puntos de monitoreo			
		Ciénaga Luruaco P1	Ciénaga Luruaco P2	Ciénaga Tocagua P1	Ciénaga Tocagua P2
		ID 145130	ID 145131	ID 145132	ID 145133
		21/10/2021			
Coliformes totales	NMP/100mL	1,6x10 ⁵	1,6x10 ⁵	1,4x10 ⁴	7,9x10 ³
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	2,4x10 ⁴	2,4x10 ⁴	4,9x10 ³	4,9x10 ³

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



5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Cuenca del Río Magdalena

5.1.1. Ciénaga Mesolandia (La Bahía)

La variable temperatura, en la Ciénaga de Mesolandia, presentó valores de 29,2 y 28,5°C (**Figura 17A**) en los puntos 1 y 2, respectivamente; téngase en cuenta que para el caso de los complejos cenagosos asociados al río Magdalena en el departamento del Atlántico, la CRA, CORMAGDALENA y CI (2007) reportan valores de entre 28,1°C hasta 36,7°C, indicando, además, que es más probable encontrar menores temperaturas en los meses secos por acción de los vientos. Igualmente, el registro histórico permitió evidenciar el cumplimiento del 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 valores promedio de 30,6°C para el año 2014, 33,2°C para el año 2015, 28,5°C para el 2019 y 29,0°C para el 2020.

Por su parte el comportamiento del pH en el Ciénaga de Mesolandia demostró que durante el último muestreo sus valores (7,31 y 7,29 UpH en los Puntos 1 y 2, respectivamente) (**Figura 17B**) cumplen con los objetivos de calidad establecidos 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) e igualmente se cumple con los criterios para la preservación e flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015. Al revisar el comportamiento histórico de este parámetro se evidenció que en los años 2014 y 2015 los valores reportados sobrepasaron los máximos indicados por las normas evaluadas, con valores promedio de 9,11 y 9,59 UpH, respectivamente; más en los años 2019 y 2020 los registros indican un pH que cumple con las dos normas previstas, con promedios de 8,10 y 7,71 UpH, respectivamente.

Por su parte el oxígeno disuelto para la ciénaga demostró la condición de hipoxia, con valores de 1,98 y 2,03 en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 17C**). Dichos valores no cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) ni con el criterio



de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que la vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte a los peces, dichas condiciones hipoxias pueden ser consecuencia de la respiración y muerte del plancton, con la consecuente degradación de su materia orgánica constitutiva (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019). Los resultados observados son opuestos a los observados en los registros históricos, donde se obtuvieron valores promedio máximos de 14,1 mg/L (año 2015) y mínimos de 4,82 mg/L (año 2020).

Por otro lado, la conductividad presentó valores de 127,4 y 127,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 17D**), con un histórico de 500,2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para el año 2020, observándose que la cantidad de minerales disueltos ha disminuido.



Figura 17. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Mesolandia (La Bahía) en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021

El valor obtenido para la DBO_5 fue de 11,7 y 12,4 $\text{mg O}_2/\text{L}$ en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 18A**), observándose que sobrepasan con el límite de control para la DBO_5 (<7 $\text{mg O}_2/\text{L}$) indicado 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. Este parámetro ha presentado una fluctuación en los registros históricos evaluados, con valores promedio máximo de 118,64 mg/L para el año 2015 y mínimo de 2,9 mg/L para el año 2019. Por su parte la DQO presentó valor de 31 y 32 mg O₂/L en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 18B**), con valores históricos promedio máximo de 252,5 mg/L para el año 2015 y mínimo de 21,7 mg/L para el año 2019. No existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia.

Al observar los SST se evidenció el cumplimiento del objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L), al presentar valores de 9,8 mg/L en el Punto 1 y 9,1 mg/L en el Punto 2 (**Figura 18C**). Por su parte el registro histórico se evidenció que tan solo en el año 2019 cumplió con los objetivos de calidad (29,7 mg/L).

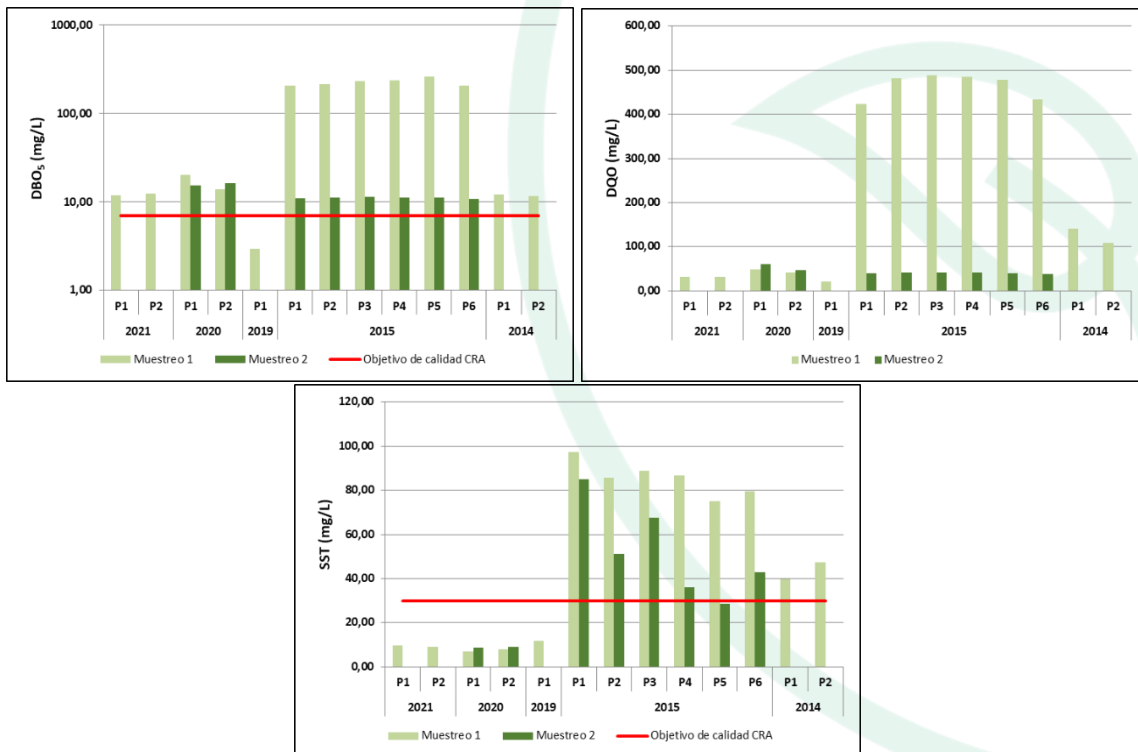


Figura 18. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la ciénaga de Mesolandia (La Bahía) en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021



Los Coliformes termotolerantes presentaron concentraciones de 13000 y 7900 NMP/100 mL para los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 19A**); mientras que, los coliformes totales registraron 160000 y 92000 NMP/100 mL respectivamente (**Figura 19B**). Los valores de coliformes termotolerantes no cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), lo mismo ocurre con los coliformes totales, sobrepasando el máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL). En comparación con los resultados históricos se evidencia que en los años 2015 y 2019 las concentraciones de coliformes termotolerantes se encontraron bajo el valor máximo de los objetivos de calidad establecidos por la CR; mientras que, para los coliformes totales los promedios de los años 2014, 2015 y 2019 cumplieron con los objetivos de calidad.

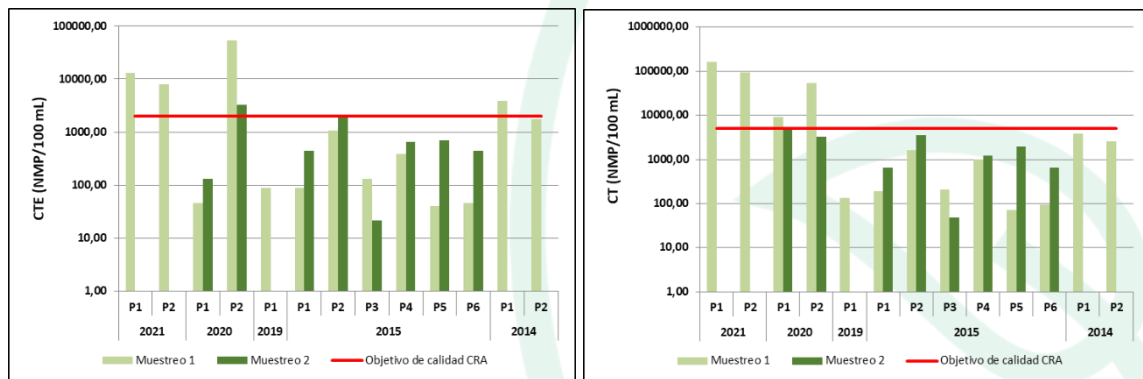


Figura 19. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Mesolandia (La Bahía) en el monitoreo realizado en octubre 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



5.1.2. Ciénaga de Malambo

En la Ciénaga de Malambo la temperatura registrada fue de 31,7 y 33,0°C (**Figura 20A**) en los puntos 1 y 2, respectivamente; 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). Asimismo, se observó en el registro histórico evaluados, con valores promedio de 35,5°C en el año 2014, 28.7°C en el 2019 y 28,8°C en el año 2020. Los valores de este parámetro obedecen principalmente al comportamiento de la temperatura ambiente que para los cuerpos de agua de las zonas costeras tropicales la cual presenta pocas fluctuaciones durante el año.

Para el pH en la Ciénaga de Malambo se registraron valores de 7,88 y 7,79 UpH (**Figura 20B**) en los puntos 1 y 2, respectivamente; los cuales 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. Lo que indica que son aguas aptas para la mayoría de animales acuáticos, los que pueden tolerar un pH de entre 6 a 9 bastante bien, pero generalmente se estresan con valores de pH fuera de este rango, lo que causa un menor crecimiento y mayor susceptibilidad a las enfermedades.

Con respecto a los valores de oxígeno disuelto se registraron 4,5 y 3,9 mg/L en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 20C**). Estos valores cumplen con los objetivos de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L), pero solo el Punto 1 cumple con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Para esta variable se acepta que valor aproximado a 4,0 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). El registro histórico de los años 2014, 2019 y 2020 permitió evidenciar que el parámetro ha cumplido con los objetivos de calidad de la CRA y la Presidencia de la República.

Por otro lado, la conductividad en la ciénaga de Malambo presentó valores de 320 y 349 $\mu\text{S}/\text{cm}$, (Puntos 1 y 2, respectivamente) (**Figura 20D**), indicando la presencia de aguas mineralizadas. Los



valores históricos para el año 2020 presentaron un promedio de 398,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valores a considerados como típicos de aguas dulces naturales a un poco mineralizadas al observar lo indicado por ANZEEC, 2000.

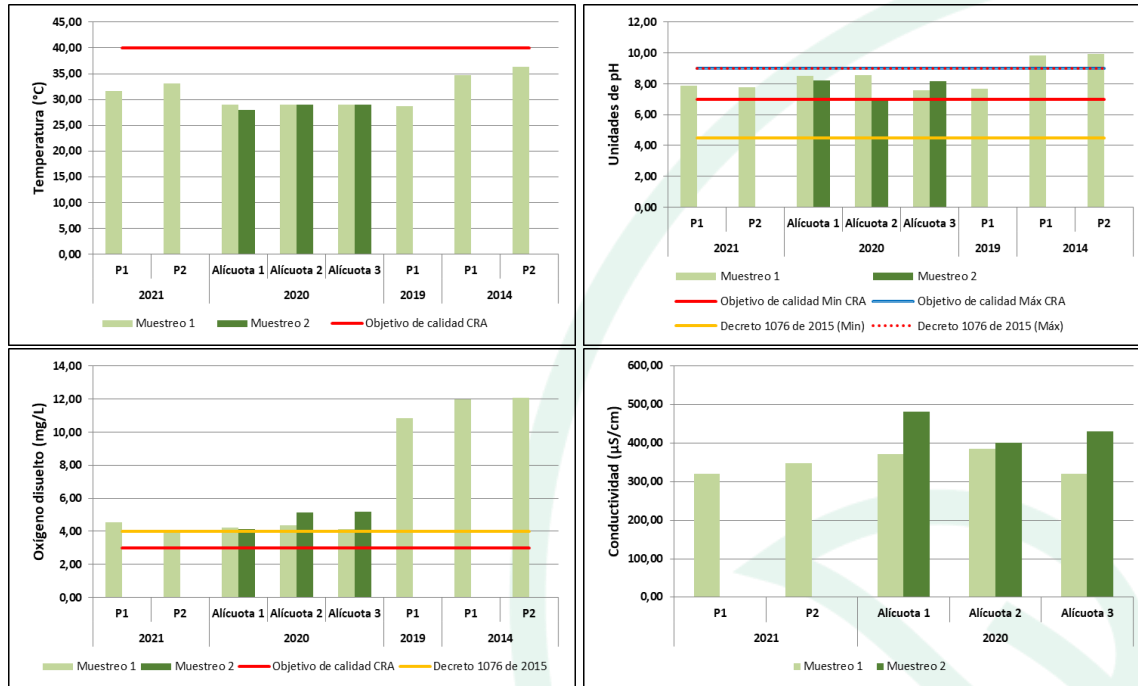


Figura 20. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Malambo en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

La DBO_5 presentó un valor de 6,3 y $<2,0$ $\text{mg O}_2/\text{L}$ en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 21A**); observándose que cumple con el límite de control para la DBO_5 (<7 $\text{mg O}_2/\text{L}$) indicado 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. Este parámetro ha fluctuado históricamente en las aguas de la ciénaga, presentando promedio de 8,45 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para el año 2014, 3,77 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para el año 2019 y 22,15 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para el año 2020. Por su parte la DQO presentó valor de 16 y <10 $\text{mg O}_2/\text{L}$ en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 21B**); con valores históricos promedio de 290,9 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para el año 2014, 29,3 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para el año 2019 y 60,5 $\text{mg O}_2/\text{L}$ para el año 2020. No existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia.



Asimismo, los SST presentaron valores que cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L) (P1, 8,1 mg/L y P2, 12,3 mg/L) (**Figura 21C**). Mientras que, el registro histórico permitió evidenciar que durante el 2014 (190,94 mg/L) y el 2019 (34 mg/L) los valores promedio obtenidos sobrepasaron dicho criterio.

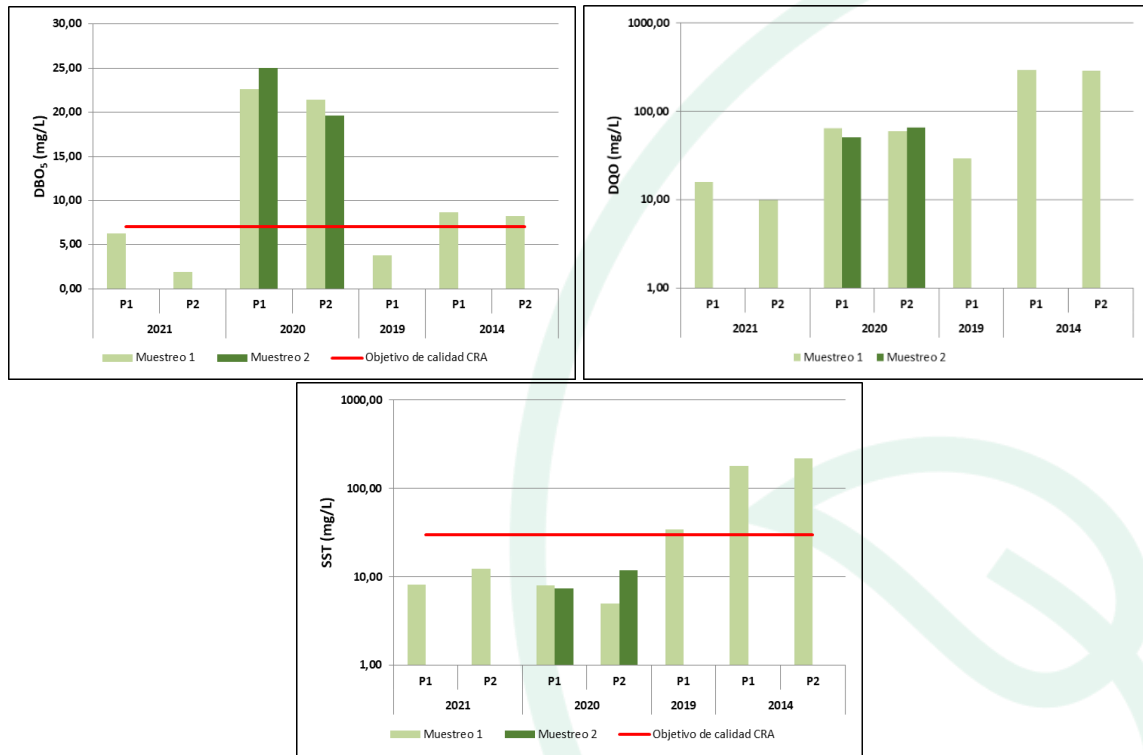


Figura 21. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Malambo en el monitoreo realizado en octubre-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021

Por otra parte, los valores obtenidos para coliformes termotolerantes tanto en el Punto 1 (24000 NMP/100 mL) como en el Punto 2 (4900 NMP/100 mL) (**Figura 22A**) sobrepasaron el valor máximo establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL) como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020. Igualmente lo hicieron los valores de coliformes totales, tanto en el Punto 1 (160000 NMP/100 mL), como en el Punto 2 (54000 NMP/100 mL) (**Figura 22B**), sobrepasando el límite máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL). Históricamente el valor promedio de los coliformes termotolerantes (48372,96 NMP/100 mL) y los coliformes totales (122715,84 NMP/100 mL) del año 2019 superaron los objetivos de calidad; mientras que, en el año 2020, tanto el valor promedio de



los coliformes termotolerantes (968,75 NMP/100 mL) como el de los coliformes totales (4550 NMP/100 mL) cumplieron con dichos objetivos.

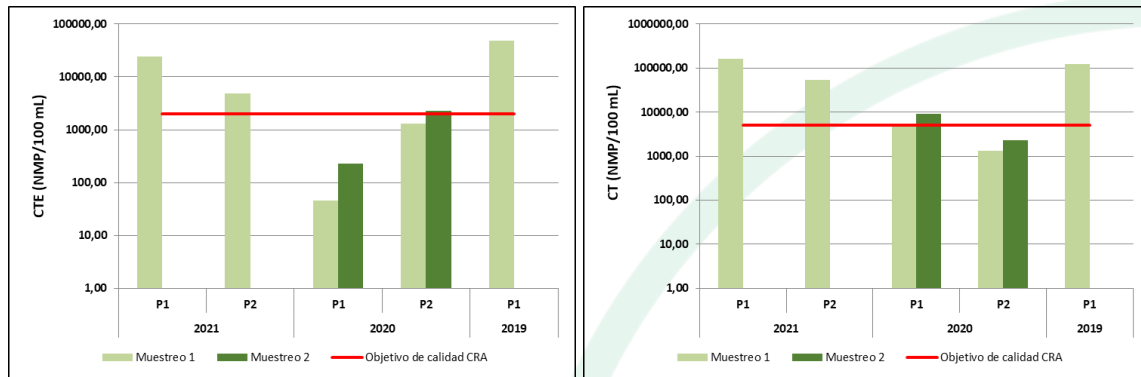


Figura 22. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Malambo en el monitoreo realizado en octubre-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021

5.1.3. Ciénaga de Sabanagrande

La temperatura en la Ciénaga de Sabanagrande osciló entre 30,5 y 31,1°C (**Figura 23A**), en los Puntos 1 y 2, respectivamente; valores que son propios de los cuerpos de aguas de zonas costeras tropicales, donde las variaciones de este parámetro están condicionadas a la época climática; de igual manera, en los cuerpos de agua del departamento no suelen tener grandes fluctuaciones durante todo el año debido a que no existen temporadas climáticas marcadas. Es así como 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 I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C). Igualmente, en los registros históricos evaluados se evidencia que también se cumple con los objetivos de calidad, con promedios de 32,7°C en 2014, 33,5°C en 2015, 29,3°C en 2016, 33,3°C en 2019 y 28,8°C en 2020.

Los valores obtenidos para el pH durante el último estudio fueron de 7,81 y 7,61 UpH en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 23B**); los cuales 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. En el registro histórico se observaron fluctuaciones del pH entre 6,38 y 10,52 UpH; para el año 2014 valores que cumplieron con los criterios de calidad



al encontrarse entre 6,38 y 8,68 UpH; para el año 2015, todos los puntos evaluados excedieron los criterios de calidad, con valores entre 9,61 y 10,52 UpH; mientras que, la mayoría de los valores tomados en el año 2016, 2019 y 2020 cumplen con los criterios de calidad de las dos normas, con excepción de las Alícuotas 1 y 2 del primer muestreo del 2020 (9,48 y 9,32 UpH, respectivamente). Como indica Sarmiento, 2017, la actividad biológica puede ocasionar cambios en el pH del ecosistema, siendo esta la posible causa de las variaciones durante el mismo muestreo.

El oxígeno disuelto presentó valores de 1,3 y 1,5 mg/L durante el último estudio (**Figura 23C**) en los puntos 1 y 2, respectivamente; los cuales no 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. Con valores históricos promedios de 7,3 mg/L para 2014, 12,8 mg/L para 2015, 1,1 mg/L para 2016, 13,3 mg/L para 2019 y 4,11 mg/L para 2020. Estos valores indican que la vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte a los peces, dichas condiciones hipoxias pueden ser consecuencia de la respiración y muerte del plancton, con la consecuente degradación de su materia orgánica constitutiva (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019).

Por su parte, la conductividad presentó valores de 408 y 437 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 23D**). Roldán y Ramírez (2008), indican que las aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Tendencia que se ha mantenido en el tiempo, ya que los registros históricos presentan un promedio de 352 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para el año 2020.



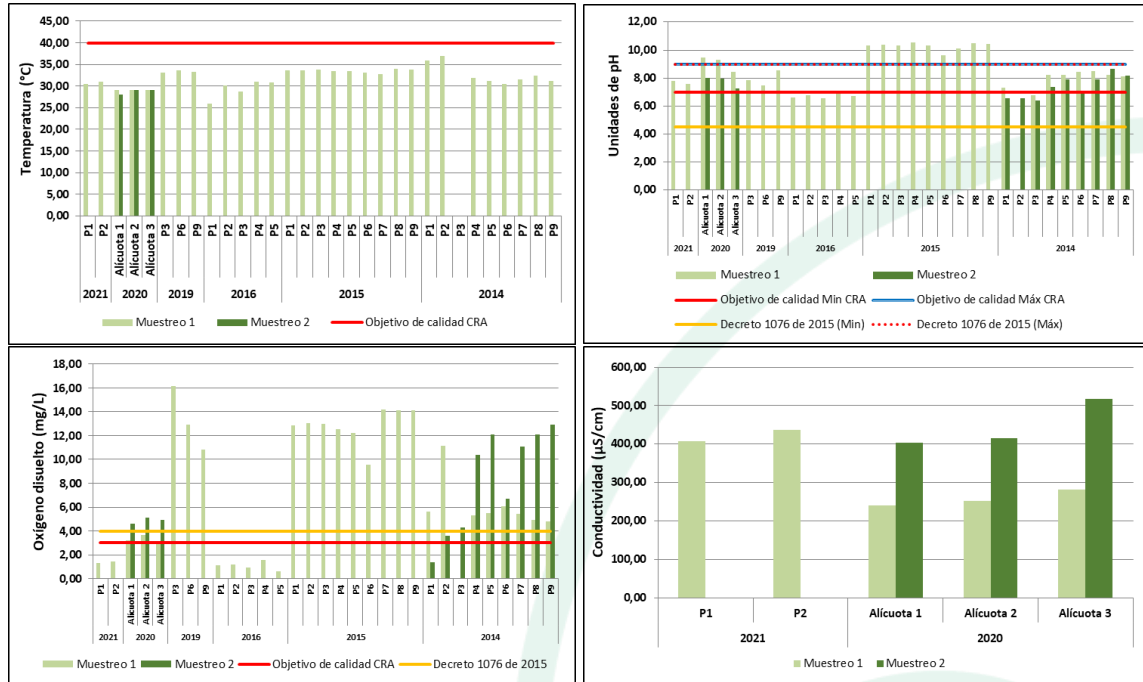


Figura 23. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Sabanagrande en octubre-noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

La Ciénaga de Sabanagrande presentó valores para el DBO_5 de 14,0 y 9,0 $mg O_2/L$ en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 24A**); observándose que los puntos de la ciénaga de Sabanagrande sobrepasan con el límite de control para la DBO_5 ($<7 mg O_2/L$) indicado 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. Se evidencia además que sus valores fluctúan en el registro histórico, con un promedio máximo de 167,4 $mg O_2/L$ para el año 2015 y un mínimo de 2,3 $mg O_2/L$ para el año 2019. Por su parte la DQO presentó valores de 28 y 23 $mg O_2/L$, para los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 24B**), con valores históricos fluctuantes, con un promedio máximo de 454,2 $mg O_2/L$ para el año 2015 y mínimo de 13,3 $mg O_2/L$ para el año 2019. No existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia.

El análisis de los SST permitió evidenciar que los resultados obtenidos durante el último monitoreo (P1, 8,0 mg/L y P2, 6,9 mg/L) (**Figura 24C**) cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA ($<30 mg/L$). Por su parte el registro histórico demostró que tan solo durante



el año 2020 el promedio cumple con los objetivos de calidad establecidos por la CRA; mientras que, los años anteriores lo sobrepasan, observándose el mayor promedio durante el año 2015 con 375,7 mg/L.

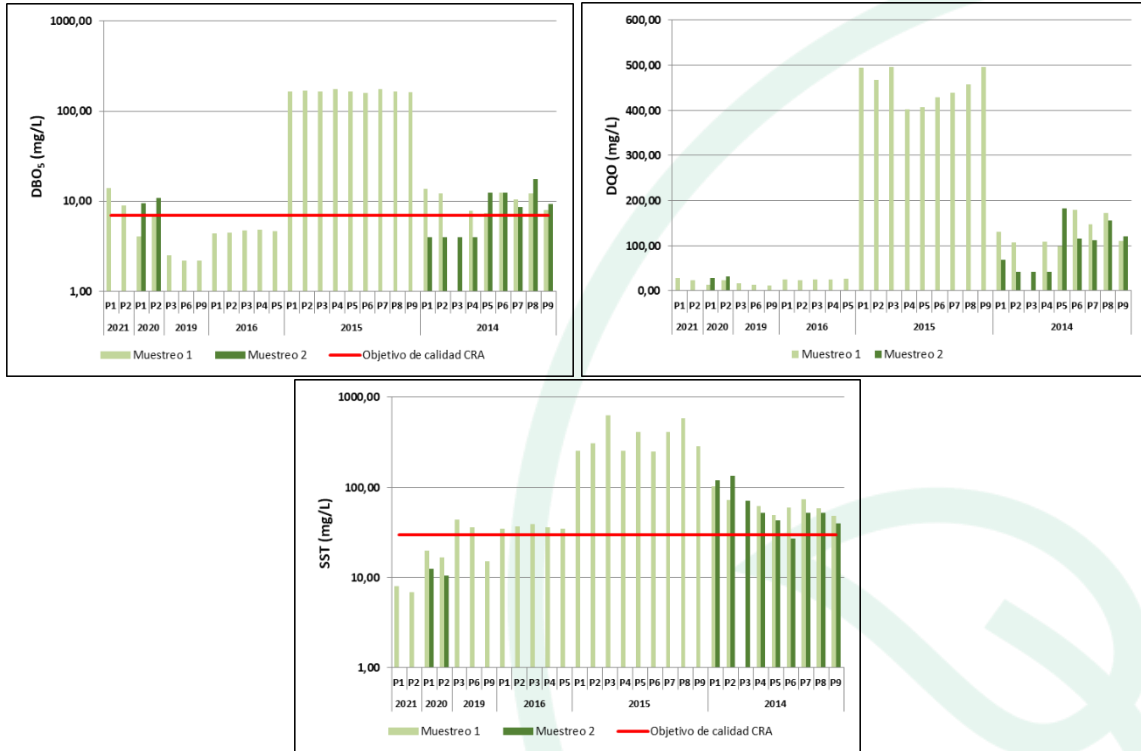


Figura 24. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la ciénaga de Sabanagrande en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Por su parte, los parámetros microbiológicos presentaron concentraciones de coliformes termotolerantes de 13000 y 24000 NMP/100 mL, y coliformes totales de 35000 y 160000 NMP CT/100 mL en el Punto 1 y 2, respectivamente (**Figura 25A y B**). Valores que sobrepasaron los límites máximos de los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 establecidos por la CRA (<2000 NMP/100 mL para coliformes termotolerantes y <5000 NMP/100 mL para coliformes totales).



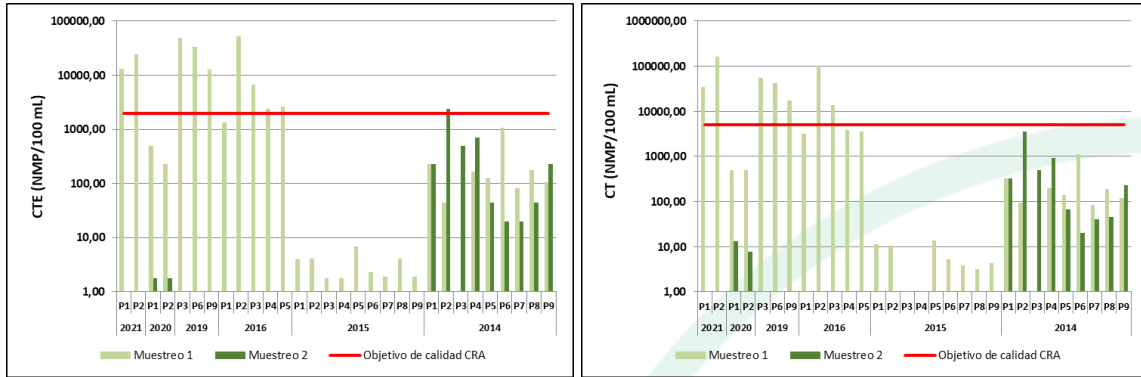


Figura 25. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Sabanagrande en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021

5.1.4. Ciénaga de Santo Tomás

El registro de la temperatura en la Ciénaga de Santo Tomás reveló valores de 30,3 y 30,2°C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 26A**); los cuales 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). En el registro histórico se evidenciaron que los promedios para el año 2014 (31,8°C), 2015 (34,0°C), 2019 (33,8°C) y 2020 (29,0°C), temperaturas que son propias de los cuerpos de aguas de zonas costeras tropicales y que además cumplieron con el objetivo de calidad esperado.

Los valores del pH obtenido en la ciénaga de Santo Tomás fueron de 7,38 y 7,49 UpH en los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 26B**); 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. Al observar las variaciones del parámetro en el registro histórico evaluado, se evidencian valores entre 7,10 y 10,0 UpH, donde gran parte de los registros del 2014 y 2015, sobrepasan las 9,0 UpH; valores que pueden deberse a la presencia de sales carbonatadas de origen natural y a la actividad fotosintética de microalgas y/o macrófitas sumergidas que remueven el CO₂ del cuerpo de agua, lo que reduce la formación de ácido carbónico en el agua (Sarmiento, 2017).



Por su parte, el oxígeno disuelto presentó valores de 1,9 mg/L en los dos puntos monitoreados, como se observa en la **Figura 26C**, donde se evidencia que no cumple con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L), ni con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015.

Estos valores indican que la vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte a los peces, dichas condiciones hipoxias pueden ser consecuencia de la respiración y muerte del plancton, con la consecuente degradación de su materia orgánica constitutiva (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019). Valores históricos registran promedio de 8,4 mg/L para el 2014, 9,9 mg/L para el 2015, 1,8 mg/L para el 2019 y 3,99 para el 2020.

Para esta variable se puede tener en cuenta a Sawyer y McCarty (1978), quienes indican que un valor aproximado de 4 mg/L es necesario para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos, aunque Arredondo, 1993, afirma que algunas especies, como las tilapias, pueden soportar bajas concentraciones (aproximadamente 1 mg/L).

Asimismo, los valores de conductividad fueron homogéneos entre los puntos de muestreo (294 y 297 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en puntos 1 y 2, respectivamente) (**Figura 26D**), indicando la presencia de aguas mineralizadas. Los valores históricos para el año 2020 presentaron un promedio de 525 $\mu\text{S}/\text{cm}$, lo que para Roldán y Ramírez (2008), indican que las aguas fuertemente mineralizadas.





Figura 26. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Santo Tomás en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.
Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021.

La DBO₅ presentó valores de <2,0 mg O₂/L en los Puntos 1 y 2 (**Figura 27A**); por ende, se estable que las aguas de la ciénaga Santo Tomás, cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg O₂/L) indicado 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. Este parámetro ha fluctuado históricamente en las aguas de la ciénaga, presentando un promedio máximo de 24,8 mg O₂/L para el año 2015 y un promedio mínimo de 3,2 mg O₂/L para el año 2020. Por su parte, la DQO presentó un valor de <10 mg O₂/L en los Puntos 1 y 2 (**Figura 27B**), con un valor histórico promedio máximo de 100,0 mg O₂/L para el año 2014 y un mínimo de 15,25 mg O₂/L para el año 2019. No existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia.

Por su parte, los valores de SST fueron de < 5,0 mg/L en el Punto 1 y 5,9 mg/L en el Punto 2 (**Figura 27C**), los cuales cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). En el registro histórico se observó que los valores promedio sobrepasaron los objetivos de calidad



durante el año 2014 (96,5 mg/L) y 2015 (62,1 mg/L); mientras que, en los años 2019 (9,5 mg/L) y 2020 (15,2 mg/L), los valores cumplieron con el objetivo de calidad.

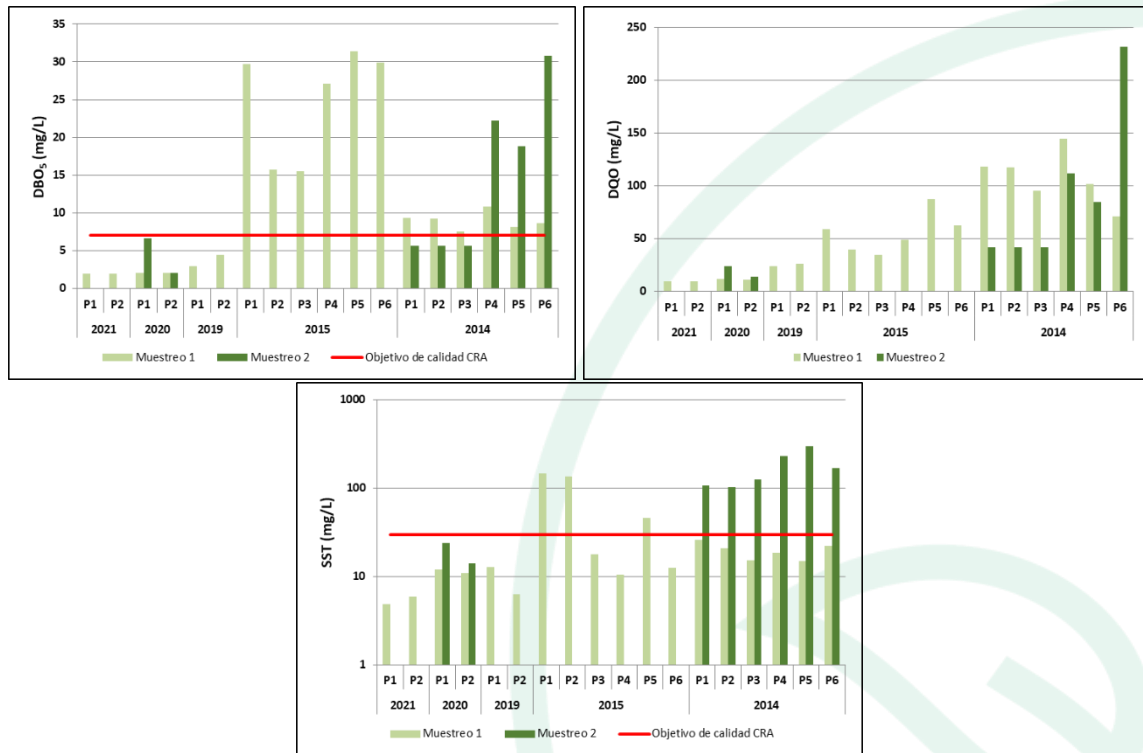


Figura 27. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la ciénaga de Santo Tomás en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los registros microbiológicos reportaron un conteo de 1700 NMP/100 mL para los coliformes termotolerantes y 2300 NMP/100 mL para los coliformes totales en el punto 1; mientras que, en el punto 2 se obtuvieron concentraciones de 2300 NMP/100 mL y 24000 NMP/100 mL para los coliformes termotolerantes y coliformes totales, respectivamente (**Figura 28A y B**). De esta manera, se observa el cumplimiento del objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA para coliformes termotolerantes y coliformes totales en el punto 1 (<2000 NMP CTE/100 mL y <5000 NMP CT/100 mL); mientras que, el punto 2 sobrepasa los límites establecidos. Asimismo, los registros históricos de la ciénaga indican que el cuerpo de agua cumplió con los criterios de calidad tanto para CTE como para CT; con excepción del año 2020 cuando la concentración promedio de CTE fue de 2471,2 NMP/100 mL; mientras que, la concentración promedio de CT no superó el



criterio de la norma (3334 NMP/100mL). Estos resultados pueden estar indicando la presencia de una descarga puntual o reciente en la ciénaga.

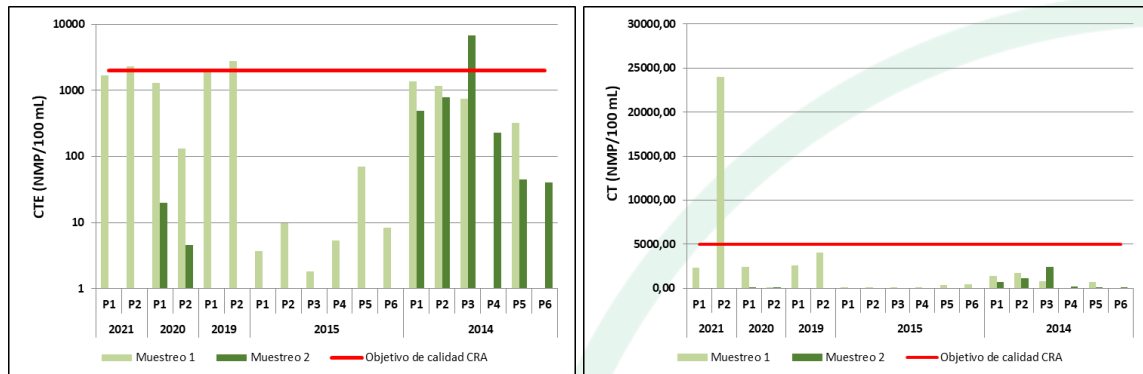


Figura 28. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Santo Tomás en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021

5.1.5. Ciénaga Palmar de Varela

El registro de la temperatura en la Ciénaga de Palmar de Varela reveló valores de 29,7 y 30,0°C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 29A**); los cuales 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). Además, es importante resaltar que valores de este parámetro obedecen principalmente al comportamiento de la temperatura ambiente que para los cuerpos de agua de las zonas costeras tropicales presentan pocas fluctuaciones durante el año y es más probable encontrar menores temperaturas en los meses secos como octubre, debido a la acción de los vientos.

Los valores del pH obtenidos en la ciénaga de Palmar de Varela fueron de 7,65 y 7,60 UpH en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 29B**); 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.

Por su parte, el oxígeno disuelto presentó valores de 1,0 y 2,1 mg/L en los puntos 1 y 2, respectivamente; como se observa en la **Figura 29C**, donde se evidencia que no se cumple con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L), ni con el criterio



de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que la vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte a los peces, dichas condiciones hipoxias pueden ser consecuencia de la respiración y muerte del plancton, con la consecuente degradación de su materia orgánica constitutiva (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019).

Para la conductividad se obtuvieron valores de 339,5 y 129,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 29D**), indicando la presencia de aguas mineralizadas.

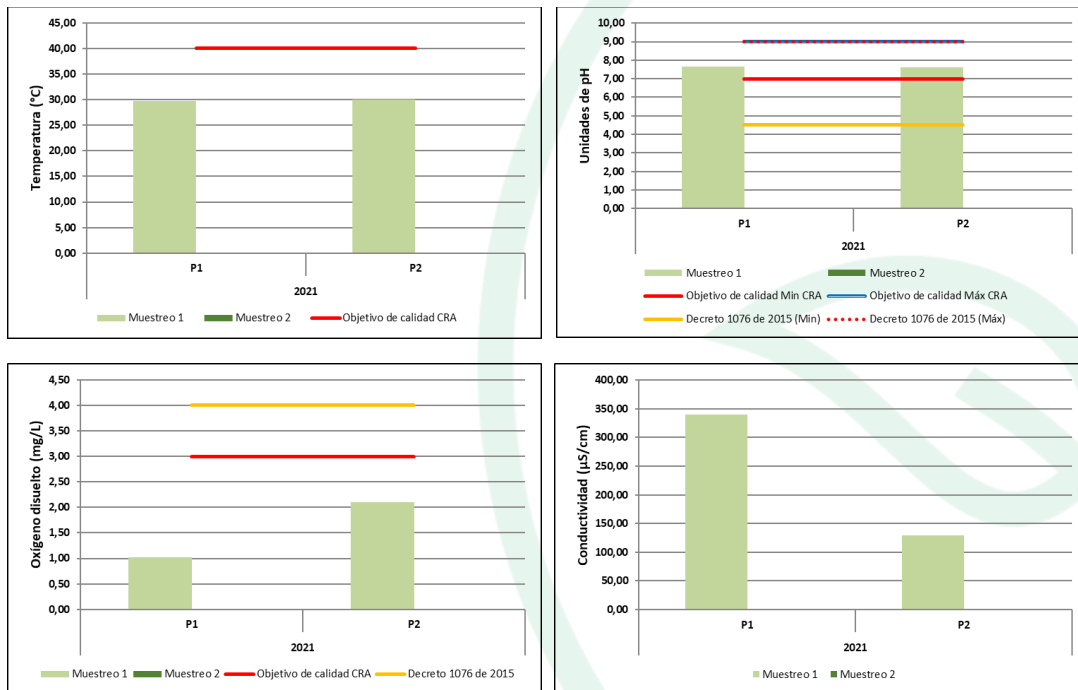


Figura 29. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Palmar de Varela en octubre de 2021, contrastado con los objetivos de calidad.

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

La DBO₅ presentó valores de <2,0 mg O₂/L en los Puntos 1 y 2 (**Figura 30A**); por ende, se establece que las aguas de la ciénaga de Palmar de Varela, cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg O₂/L) indicado 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. Por su parte, la DQO presentó un valor de <10 mg O₂/L en los Puntos 1 y 2 (**Figura 30B**); sin embargo, no existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia, pero al



obtener concentraciones por debajo de los límites de cuantificación de las técnicas de análisis, se establece que las muestras tomadas en la ciénaga de Palmar de Varela presentan una mínima contaminación por carga orgánica.

Por su parte, el análisis de los SST arrojó un valor $< 5,0$ mg/L en los dos puntos monitoreados (**Figura 30C**), cumpliendo de este modo con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (< 30 mg/L) y estableciendo que las muestras analizadas presentan una baja concentración de sólidos, iones y sustancias disueltas.

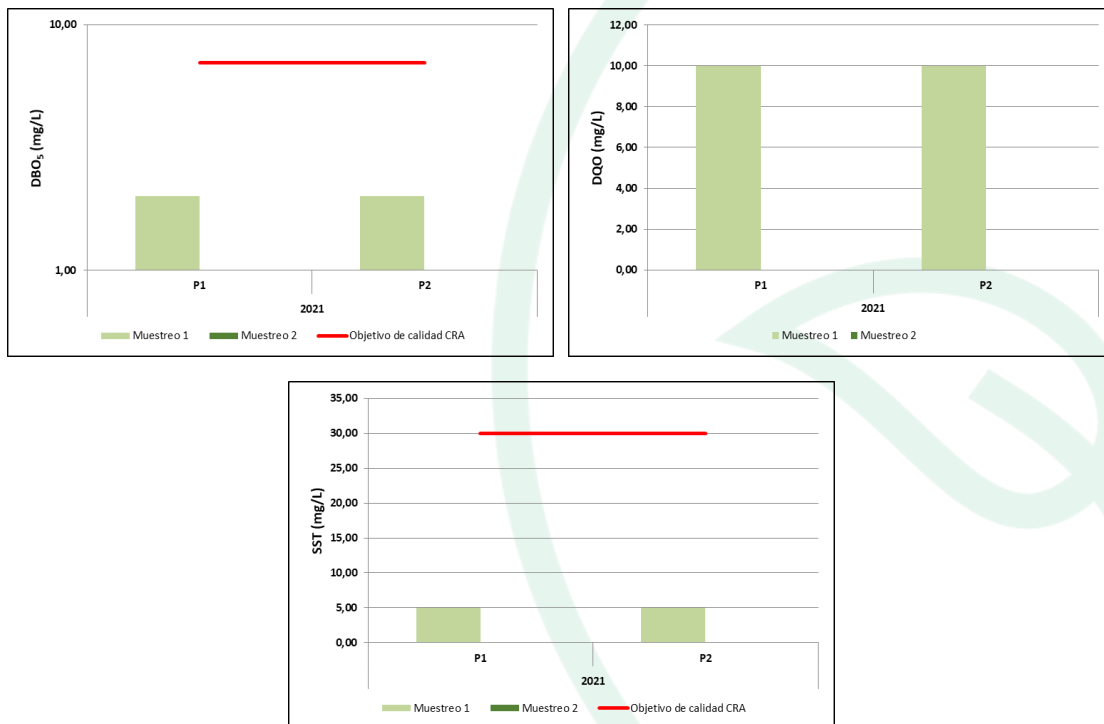


Figura 30. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga de Palmar de Varela en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los registros microbiológicos reportaron una concentración de 3300 NMP/100 mL para los coliformes termotolerantes y 17000 NMP/100 mL para los coliformes totales en el punto 1; mientras que, en el punto 2 se obtuvieron resultados de 13000 NMP/100 mL y 160000 NMP/100 mL para los coliformes termotolerantes y coliformes totales, respectivamente (**Figura 31A y B**). De esta manera, se observa que las concentraciones reportadas presentan desviación de acuerdo con el objetivo de



calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA para coliformes termotolerantes (<2000 NMP CTE/100 mL) y coliformes totales (<5000 NMP CT/100 mL). Estos resultados pueden asociados presencia de una descarga puntual o reciente en la ciénaga o la actividad biológica de la fauna que habita en el área de influencia del cuerpo de agua monitoreado.

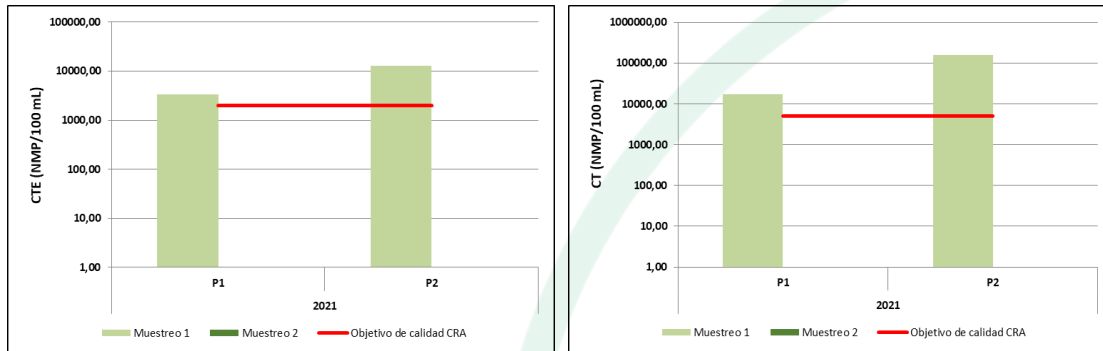


Figura 31. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga de Palmar de Varela en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021

5.1.6. Ciénaga El Convento

La temperatura en la Ciénaga El Convento presentó valores entre 30,7 y 29,7 °C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 32A**); valores que 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). Al observar los registros históricos se evidencia que todos los años se cumple con el objetivo de calidad establecido, con máximos de 31,8°C en el año 2019 y mínimo de 28,7°C en el año 2020.

Al evaluar los valores del pH en la Ciénaga El Convento (8,30 y 8,49 UpH, en los puntos 1 y 2, respectivamente), se observa la tendencia a la alcalinidad, aunque 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 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, considerándose aptos para la supervivencia de la mayoría de los animales acuáticos. Una revisión histórica indicó que los valores máximos indicados en las dos normativas fueron excedidos durante el año 2015, con un promedio



de 9,53 UpH, como se evidencia en la **Figura 32B**. Sarmiento, 2017, indica que las fluctuaciones del pH pueden ocurrir por diversos motivos como son la presencia de sales carbonatadas y la actividad fotosintética de fitoplancton y de las macrófitas sumergidas. Asimismo, Boyd, 2018 indica que las aguas de baja alcalinidad y baja concentración de calcio, así como las aguas de alcalinidad alta (duras) con baja concentración de calcio pueden alcanzar valores de pH de 10, debido a los procesos fotosintéticos.

Los valores de oxígeno disuelto fueron de 4,2 y 3,7 mg/L para los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 32C**). Los dos puntos cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L), pero tan solo el punto 1 cumple con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Para esta variable se acepta el valor aproximado a 4 mg/L para la sobrevivencia de la mayoría de los organismos acuáticos (Sawyer y McCarty, 1978). Asimismo, el registro histórico demostró que en la mayor parte del tiempo las aguas de la ciénaga han cumplido con los objetivos de calidad de la CRA, a excepción del año 2019 cuyo promedio fue de 2,5 mg/L.

Por su parte la conductividad presentó valores de 289 y 278 $\mu\text{S}/\text{cm}$ para los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 32D**); por lo que se considera que sus aguas presentan valores correspondientes a aguas naturales, según lo indicado por ANZECC, 2000.





Figura 32. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga El Convento en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los valores obtenidos para la DBO₅ fueron de <2,0 y 2,9 mg O₂/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 33A**); observándose que ambos puntos cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg O₂/L) indicado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 por 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. Este parámetro ha presentado una fluctuación en los registros históricos evaluados, los cuales indican promedio de 13,58 mg O₂/L para el año 2014, 31,97 mg O₂/L para el año 2015, 18,15 mg O₂/L para el año 2016, 2,09 mg O₂/L para el año 2019 y 11,372 mg O₂/L para el año 2020. Por su parte, la DQO presentó un valor de < 10 mg O₂/L en cada uno de los puntos evaluados (**Figura 33B**), con valores históricos promedio de 154,6 mg O₂/L para el año 2014, 144,2 mg O₂/L para el año 2015, 85,6 mg O₂/L para el año 2016, 14,2 mg O₂/L para el año 2019 y 35,5 mg O₂/L para el año 2020. No existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia.

Los valores de SST fueron de 7,90 y 6,20 mg/L para los Puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 33C**), observando el cumplimiento con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Se observó, además, que en el registro histórico los valores promedios de los años 2019 y



2020 cumplieron con el objetivo de calidad (21,8 y 14,8 mg/L, respectivamente); mientras que, los años anteriores habían sobrepasado el límite propuesto.



Figura 33. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga El Convento en los monitoreos realizados en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los valores obtenidos de Coliformes Termotolerantes (CTE) excedieron el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), tanto en el punto 1 (13000 NMP/100 mL) como en el punto 2 (7900 NMP/100 mL) (**Figura 34A**); de igual manera los Coliformes Totales (CT) presentaron concentraciones muy altas superando el límite máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL), tanto en el punto 1 (22000 NMP/100 mL), como en el punto 2 (14000 NMP/100 mL) (**Figura 34B**). En los registros históricos se evidencia que no existía contaminación microbiológica, lo que podría estar indicando la presencia de una nueva descarga de aguas residuales domesticas en la ciénaga.



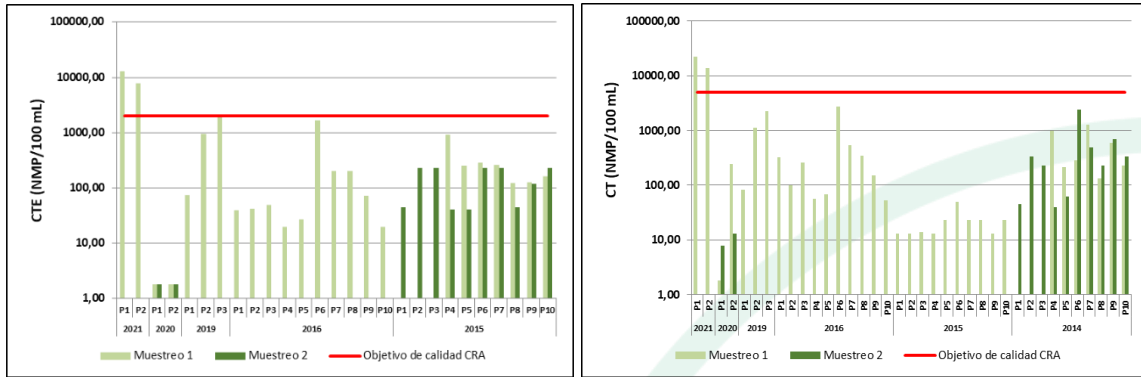


Figura 34. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga El Convento en los monitoreos realizados en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

5.1.7. Ciénaga El Uvero

La temperatura del agua en la Ciénaga El Uvero presentó valores de 30,5 y 30,0°C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 35A**); valores 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). La temperatura de los cuerpos de agua suele estar relacionada con la temperatura ambiental (Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama, 2022), es decir, las variaciones de este parámetro están condicionadas a la época climática, por tal motivo, en los cuerpos de agua del departamento del Atlántico, donde no existen temporadas climáticas marcadas, los valores de temperatura no suelen tener grandes fluctuaciones durante todo el año. El registro histórico permitió evidenciar que desde el año 2014 en agua de la ciénaga cumple con los valores objetivos establecidos por la CRA, con registros promedios de 35,52°C, en el 2014, de 30,42°C en 2019 y de 29°C en 2020; estas temperaturas son propias de los cuerpos de aguas de zonas costeras tropicales.

El pH reportado en la Ciénaga El Uvero durante la última campaña de muestreo presentó valores de 7,58 y 7,78 UpH, en los puntos 1 y 2, respectivamente; mientras que, durante los años de estudio los valores oscilaron entre 7,12 UpH (2020, alícuota 1) y 10,01 UpH (2014, P1). Lo que permite evidenciar la tendencia alcalina en sus aguas, observando además que en la mayoría de los casos, se cumple con los objetivos de calidad establecidos 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) e igualmente se cumple con los



criterios para la preservación e flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015; con excepción del año 2014, donde los puntos evaluados (P1 y P2) superaron los valores máximos para las dos normas (**Figura 35B**).

Para los resultados del oxígeno disuelto se registraron valores de 2,1 y 2,5 mg/L, en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 35C**). Estos resultados no cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) ni con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que la vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte por falta de oxígeno. Por otra parte, estos valores bajos de oxígeno disuelto, indicativos de condiciones de hipoxia, pueden ser consecuencia de la eutrofización de las aguas (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019). Al observar los registros históricos se evidencia que tan solo en el año 2014 los resultados se encontraron sobre los criterios de calidad establecidos en las dos normas, lo que indica que este parámetro es limitante para la vida acuática en esta ciénaga.

Por otro lado, la conductividad presentó valores de 180675 y 190100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 35D**). Los registros históricos para el año 2020 oscilaron entre 312 y 531 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Roldán, 1992, indica que las aguas continentales naturales poseen menos de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$; sin embargo, estos valores pueden aumentar por la naturaleza de los suelos del cuerpo de agua, la presencia de vegetación en descomposición y el aporte de residuos orgánicos. Aunque Cirujano (1995), se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, más Roldán y Ramírez (2008), Indican que aguas fuertemente mineralizadas pueden presentar valores entre 500 y 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



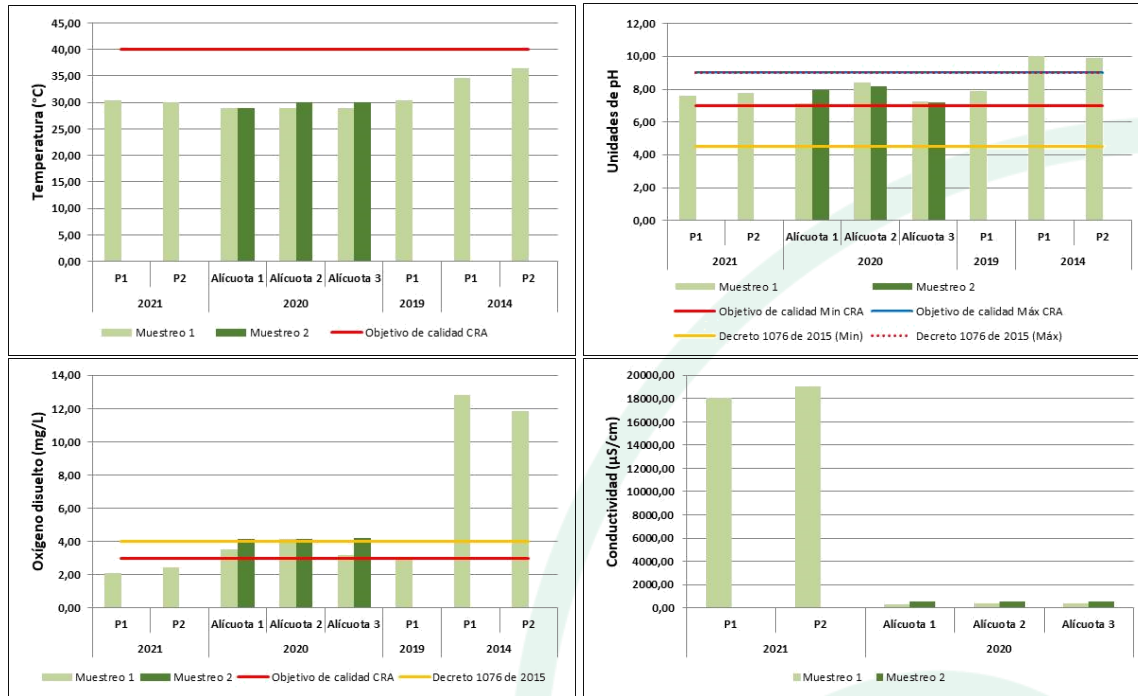


Figura 35. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga El Uvero en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

La DBO₅ y la DQO presentaron un comportamiento similar en los puntos de muestreo con valores de < 2,0 y 2,2 mg O₂/L para la DBO₅ y de < 10 mg O₂/L para la DQO, en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 36A y B**); observándose que los puntos de la ciénaga cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg/L) indicado 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. Además, en consideración lo indicado por Carvajal y Esparragoza, 2008, quienes indican que los ríos se consideran contaminados cuando el DBO₅ es mayor a 5 mg O₂/L, se establece que las muestras analizadas no presentan un grado de contaminación de acuerdo con su contenido orgánico.

Por su parte, los SST presentaron valores de 159,0 y <5,0 mg/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 36C**); observando que el punto 1 no cumple con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L); mientras que, el punto 2 se encuentra bajo el criterio de calidad. Por ende, se establece que la muestra tomada en el punto 1 presenta un mayor contenido de sólidos, iones y sustancias disueltas.



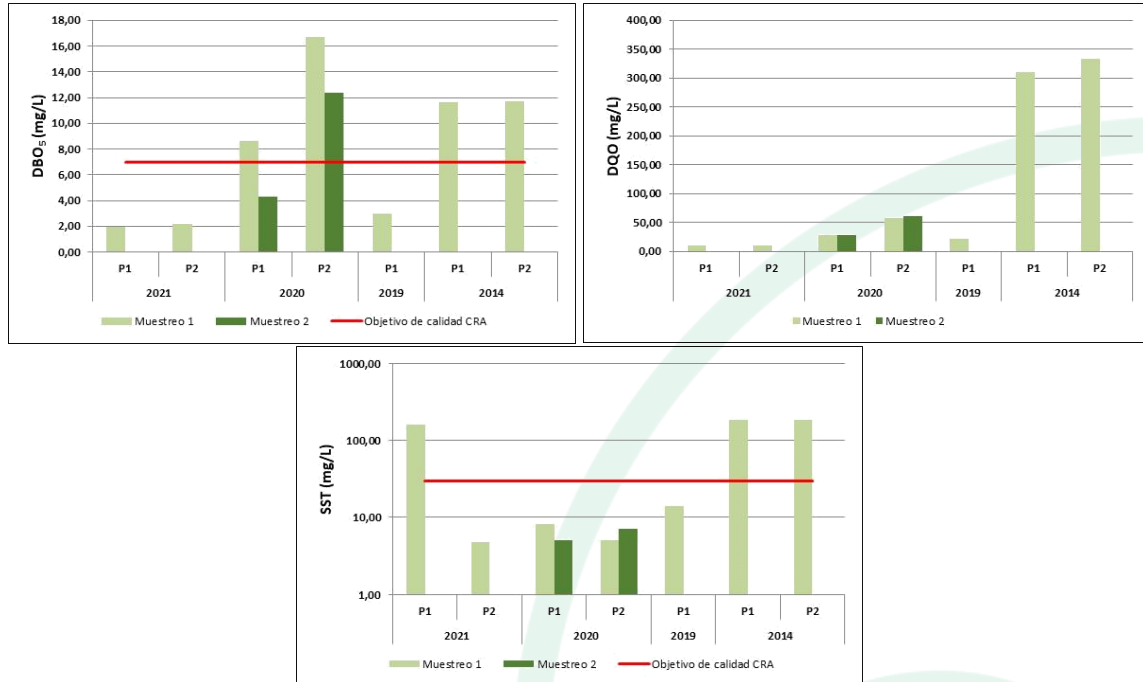


Figura 36. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la ciénaga El Uvero en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los Coliformes Termotolerantes (CTE) presentaron concentraciones de 3300 y 4900 NMP/100 mL para los puntos 1 y 2, respectivamente; mientras que, los Coliformes Totales (CT) registraron un valor de 160000 NMP/100 mL para cada punto (**Figura 37A y B**). Estas concentraciones de CTE no cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), ni con los CT sobrepasando el máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL). En comparación con los resultados históricos se evidencia que para los CTE en los años anteriores (2014, 2019 y 2020) se cumplió con los objetivos de calidad establecidos por la CRA; mientras que, para CT se cumplió con los objetivos de calidad en los años 2014 y 2019; a diferencia del año 2020 donde se excedió dicho límite (promedio de 7650 NMP/100mL). Esto podría estar indicando una descarga puntual de aguas residuales domésticas en la ciénaga.



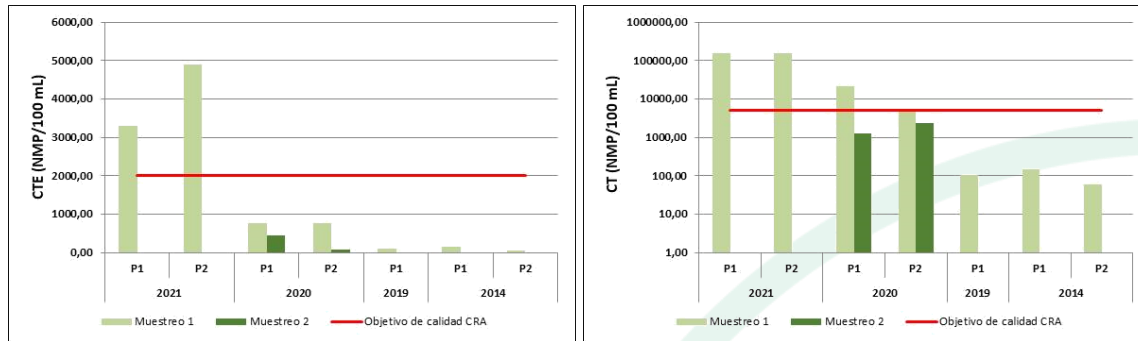


Figura 37. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la ciénaga El Uvero en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

5.1.8. Río Magdalena

El registro de la temperatura en los puntos monitoreados en el río Magdalena presentaron valores de 31,1, 29,9 y 30,2°C en los puntos denominados río Magdalena, río Magdalena P1 y río Magdalena P2, respectivamente (**Figura 38A**); los cuales 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). Además, es importante resaltar que los valores de este parámetro obedecen principalmente al comportamiento de la temperatura ambiente y no presentan afectación por factores externos.

Los valores del pH obtenidos fueron de 7,19, 7,88 y 7,65 UpH en los puntos denominados río Magdalena, río Magdalena P1 y río Magdalena P22, respectivamente (**Figura 38B**); los cuales corresponden a pH's de características neutras 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.

Por su parte, el oxígeno disuelto presentó valores de 1,6, 2,1 y 3,1 mg/L en los puntos denominados río Magdalena, río Magdalena P1 y río Magdalena P2, respectivamente; como se observa en la **Figura 38C**, donde se evidencia que el punto 2 presenta cumplimiento con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L); por el contrario, los resultados obtenidos en los tres puntos monitoreados presentan desviación de acuerdo con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que la



vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte a los peces, dichas condiciones hipoxias pueden ser consecuencia de la respiración y muerte del plancton, con la consecuente degradación de su materia orgánica constitutiva (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019).

Para la conductividad se obtuvieron valores de 123,6, 176,3 y 124,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en los puntos denominados río Magdalena, río Magdalena P1 y río Magdalena P2, respectivamente (**Figura 38D**), indicando la presencia de aguas mineralizadas, lo cual puede estar relacionado con la presencia de sólidos y iones en suspensión a causa de la corriente o movimiento natural del río.

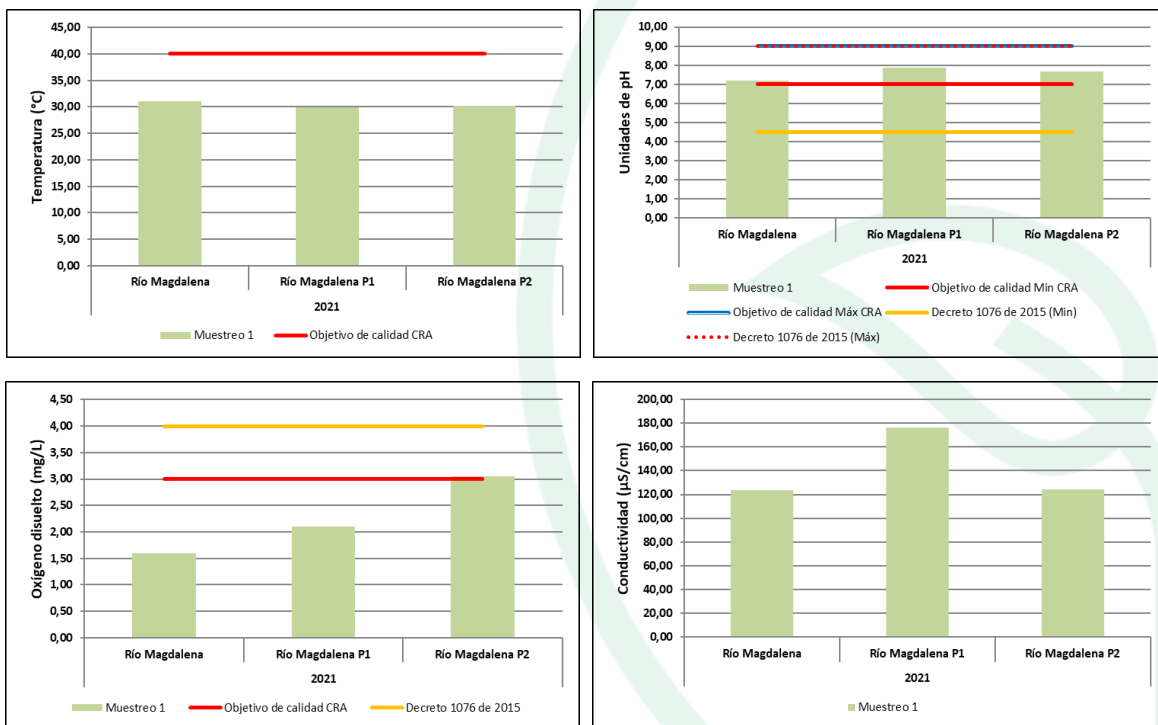


Figura 38. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en los puntos del Río Magdalena en noviembre de 2021, contrastado con los objetivos de calidad.

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

La DBO_5 presentó valores de $<2,0 \text{ mg O}_2/\text{L}$ en los puntos río Magdalena y río Magdalena P2; mientras que, en el punto río Magdalena P1 se obtuvo una concentración de $2,5 \text{ mg O}_2/\text{L}$ (**Figura 39A**); por ende, se establece que las aguas del río Magdalena, cumplen con el límite de control para la DBO_5 ($<7 \text{ mg O}_2/\text{L}$) indicado 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. Por su parte, la DQO presentó valores de $<10 \text{ mg O}_2/\text{L}$ en los tres puntos monitoreados (**Figura 39B**); sin embargo, no existe un criterio definido para evaluar la calidad de esta variable en Colombia, pero al obtener concentraciones por debajo de los límites de cuantificación de las técnicas de análisis, se establece que las muestras tomadas en el río Magdalena presentan una mínima contaminación por carga orgánica química.

Por su parte, el análisis de los SST arrojó un comportamiento variable, con resultados de <5 , 230,5 y 370,0 mg/L en los puntos denominados río Magdalena, río Magdalena P1 y río Magdalena P2, respectivamente (**Figura 39C**). De esta manera, se establece que sólo el punto denominado Río Magdalena cumplió con el objetivo de calidad establecido por la CRA ($<30 \text{ mg/L}$), determinando de este modo que las muestras tomadas en los otros dos puntos presentaron una alta concentración de sólidos, iones y sustancias disueltas.



Figura 39. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en los puntos del Río Magdalena en noviembre de 2021, en comparación con los objetivos de calidad.

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



Los registros microbiológicos reportaron una concentración de Coliformes Termotolerantes (CTE) de 3300, 13000 y 17000 NMP/100 mL en los puntos denominados río Magdalena, río Magdalena P1 y río Magdalena P2, respectivamente. Mientras que, para los Coliformes Totales (CT) se presentó en todos los puntos monitoreados una concentración de 160000 NMP/100 mL (**Figura 40A y B**). De esta manera, se observa que los resultados reportados presentan desviación de acuerdo con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA para coliformes termotolerantes (<2000 NMP CTE/100 mL) y coliformes totales (<5000 NMP CT/100 mL). Estos resultados pueden estar asociados a la presencia de una descarga puntual o reciente en el río Magdalena o a la actividad biológica de la fauna que habita en el área de influencia del cuerpo de agua monitoreado.

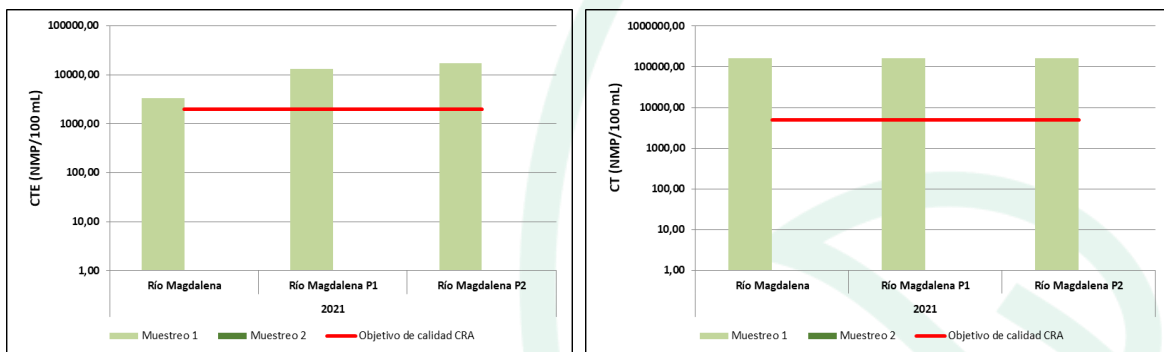


Figura 40. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en los puntos del Río Magdalena en noviembre de 2021, en comparación con los objetivos de calidad.

Fuente: SERAMBIENTE S.A.S., 2021



5.2. Cuenca Litoral

5.2.1. Ciénaga del Totumo

La temperatura del agua en la Ciénaga del Totumo presentó valores de 30,4 y 30,5°C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 41A**); valores que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en 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). Cabe resaltar que, la variación de la temperatura de los cuerpos de agua está condicionada a la época climática, es decir, que esta obedece generalmente a circunstancias naturales; sin embargo, en los cuerpos de agua del departamento del Atlántico, donde no existen temporadas climáticas marcadas, los valores de temperatura no suelen tener grandes fluctuaciones durante todo el año. El registro histórico permitió evidenciar que desde el año 2014 el agua de la ciénaga cumple con los valores objetivos establecidos por la CRA, con registros promedios de 31,72°C (2014), 30,97°C (2015), 28,85°C (2016), 31°C (2019) y 28,5°C (2020).

El pH reportado en la Ciénaga del Totumo durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de noviembre presentó valores de 7,24 y 7,15 UpH, en los puntos 1 y 2, respectivamente; mientras que, en el año anterior (2020) se presentaron valores entre 7,81 y 8,91 UpH en P1 y 7,91 y 8,71 UpH en P2. Cabe resaltar que, 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 CO₂. De resto, los valores cumplen con los objetivos de calidad establecidos 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) e igualmente se cumple con los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 (**Figura 41B**).

Para los resultados del oxígeno disuelto se registraron valores de 5,2 y 6,1 mg/L, en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 41C**). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y con el criterio de calidad para aguas cálidas



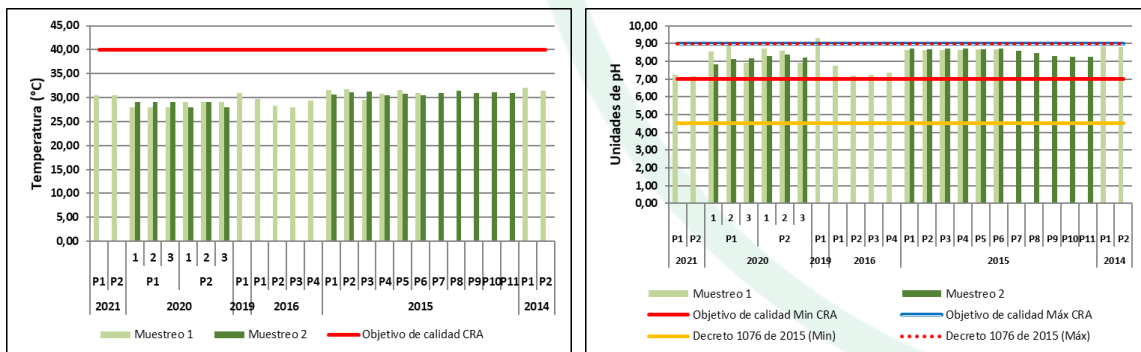
dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que el cuerpo de agua monitoreado presenta una óptima concentración de oxígeno para el desarrollo de la vida acuática. En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2015, 2016 y 2019, se presentaron concentraciones medias similares, con valores de 6,84, 5,07 y 5,43 y mg/L respectivamente. Además, en la campaña ejecutada en el año anterior (2020) los registros estuvieron entre 4,01 y 5,12 mg/L en P1 y 3,71 y 4,71 mg/L en P2.

Por otro lado, la conductividad presentó valores de 702 y 672 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 41D**). Los registros históricos para el año 2020 oscilaron entre 491 y 698 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P1 y 419 y 611 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en P2, demostrando una mineralización media de acuerdo con la **Tabla 16**. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una concentración considerable de sólidos, iones y sales disueltas; sin embargo, se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, más Roldán y Ramírez (2008).

Tabla 16. Mineralización del agua a partir de la conductividad.

Conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Mineralización
Menor de 100	Muy débil
100 – 200	Débil
200 – 700	Media
700 a 1000	Importante
Más de 1000	Excesiva

Fuente: M. Espigares García, M. Fernández – Creuhet Navajas. Estudio Sanitario del Agua, 1995.



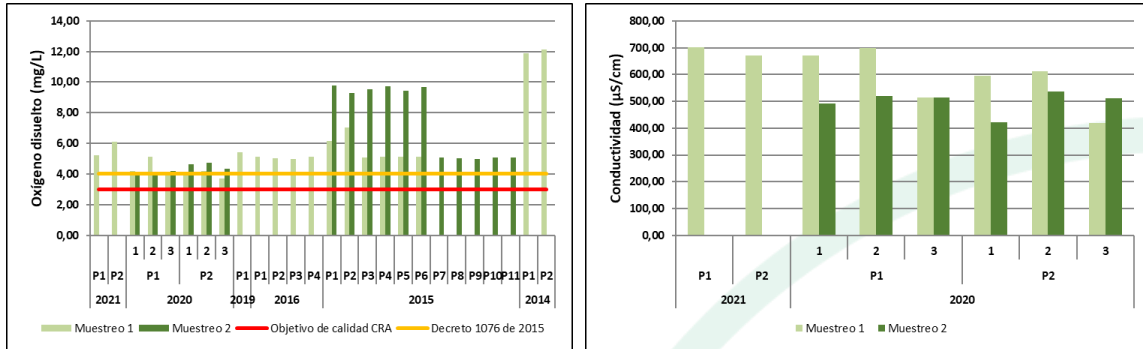


Figura 41. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga del Totumo en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

La DBO₅ y la DQO presentaron un comportamiento similar en los puntos de muestreo con valores de 2,4 y <2,0 mg O₂/L para la DBO₅ y de < 10 mg O₂/L para la DQO, en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 42A y B**); observándose que los puntos de la ciénaga cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg/L) indicado 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. Además, en consideración lo indicado por Carvajal y Esparragoza, 2008, quienes indican que los ríos se consideran contaminados cuando el DBO₅ es mayor a 5 mg O₂/L, se establece que las muestras analizadas no presentan un grado de contaminación de acuerdo con su contenido orgánico.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró concentraciones constantes en los diferentes puntos de monitoreo, registrando para la DBO₅ durante el año 2020 concentraciones promedio bajas en P1 con 2 mg O₂/L y en un poco más altas en P2 con 14,15 mg O₂/L. Este último valor sobrepasó el límite de control (<7 mg/L). Por su parte, la DQO registró concentraciones medias de 14,5 mg O₂/L en P1 y 48,5 mg O₂/L en P2, en el año 2020. Para los años 2014 y 2015, los valores de DBO₅ 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.



Por su parte, los SST presentaron valores de 5,9 y 9,8 mg/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 42C**); observando que ambos puntos cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Por ende, se establece que las muestras tomadas presentan un contenido normal de sólidos, iones y sustancias disueltas. A través del tiempo, se han reportado diferentes rangos de valores, que generalmente están relacionados a aguas de calidad aceptable, no obstante, solo en 2014, 2016 y 2020 se cumplió con el objetivo de calidad. En 2014 se registró un promedio de 30 mg/L, en 2015 de 84,36mg/L, en 2016 de 12,18 mg/L, en 2019 de 61,92 mg/L y en 2020 de 15,83 mg/L.

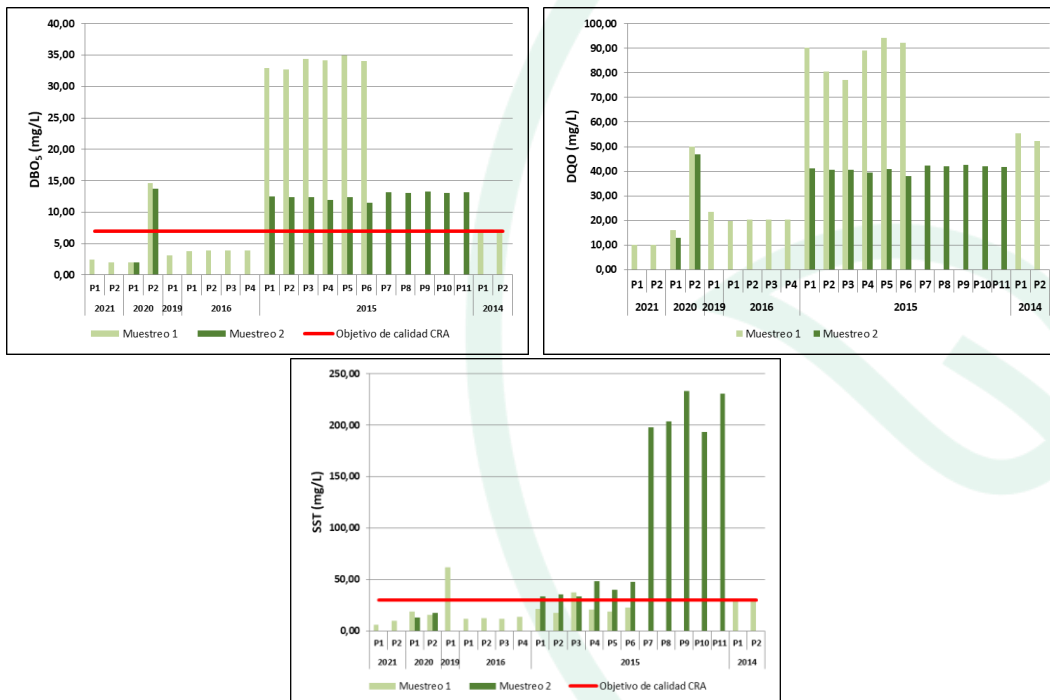


Figura 42. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga del Totumo en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los Coliformes Termotolerantes (CTE) presentaron concentraciones de 13000 y 17000 NMP/100 mL para los puntos 1 y 2, respectivamente; mientras que, los Coliformes Totales (CT) registraron un valor de 160000 NMP/100 mL para cada punto (**Figura 43A y B**). Estas concentraciones de CTE no cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), ni con los CT sobrepasando el máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL).



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, 330 NPM/100 mL en 2019 y 239,20 NPM/100 mL en 2020; mientras que, 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, 540,36 NPM/100 mL en 2019 y 4255,50 NPM/100 mL en 2010, resaltando que en el año anterior el punto 1 excedió dicho límite (promedio de 5800 NPM/100 mL).

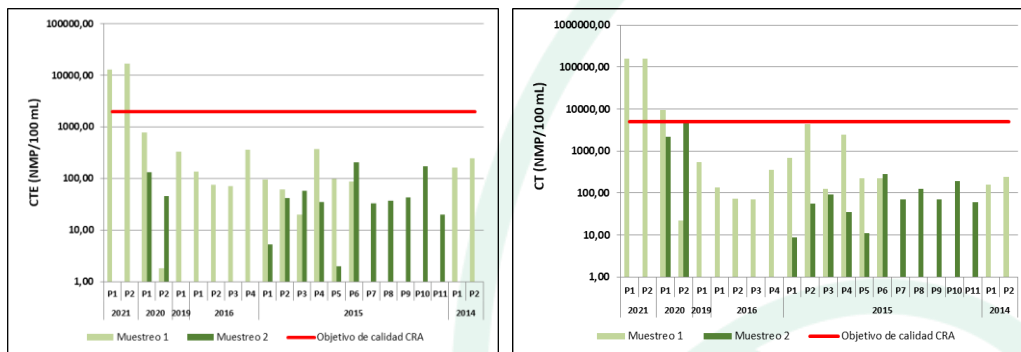


Figura 43. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga del Totumo en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

5.2.2. Ciénaga de Balboa

Esta ciénaga tiene una extensión aproximada de 7,8 hectáreas, con profundidad aproximada de 1,2 m. Se encuentra localizada en el municipio de Puerto Colombia, al que le debe su nombre original (Ciénaga de Puerto Colombia), originada a partir de los cambios morfológicos, presentadas en la línea de costa debido a la construcción de los tajamares de Bocas de Ceniza separada del mar por una barrera de arena que permanece cerrada durante la marea baja, lo que impide el intercambio hídrico y el aumento de salinidad del ecosistema. Limita al norte con la cuenca del Arroyo Grande, por el oeste con el Mar Caribe, desde la cuenca del arroyo Grande hasta las faldas del Cerro Morro Hermoso en límites con el municipio de Tubará, al sur con la falda del Cerro Hermoso, y al este con los barrios Miramar, Centro, viejo Muelle, La Rosita, Urbaterminal, Vistamar, la falda del Cerro La Rosita y la falda del Cerro Morro Hermoso (Ortiz y Morgado, 2009). Dentro de sus principales



funciones se destaca la regulación del régimen hidrológico, habitat de especies de flora y fauna, y soporte para actividades como la pesca de peces y camarones. Los principales tensores son los vertimientos de aguas residuales sin tratamiento, la disposición inadecuada de residuos sólidos y la baja cobertura de sistemas de saneamiento básico (Ortíz y Morgado, 2009).

La temperatura del agua en la Ciénaga de Balboa presentó valores de 29,6, 35,7 y 30,0°C en los puntos 1, 2 y 3, respectivamente (**Figura 44A**); valores que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en 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 reportado en la Ciénaga de Balboa durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de noviembre de 2021, presentó valores de 8,26, 8,46 y 8,52 UpH, en los puntos 1, 2 y 3, respectivamente; mientras que, en el año anterior (2020) se presentaron valores entre 7,49 y 9,01 UpH. Al existir un mayor número de compuestos de carga negativa en el agua de mar, el pH suele ser levemente alcalino, presentando un valor promedio de 8,2 (Broecker, 1974). En cambio, el agua de origen continental tiende a valores neutros de 7,0. Es decir, los registros de pH en lagunas costeras, debido al intercambio entre aguas marinas y continentales suele variar entre estos valores. Cabe resaltar que, los valores obtenidos en los otros años monitoreados (2018 y 2017) cumplieron con los objetivos de calidad establecidos 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) e igualmente se cumple con los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 (**Figura 44B**).

Para los resultados del oxígeno disuelto se registraron valores de 5,6, 10,1 y 7,9 mg/L, en los puntos 1, 2 y 3, respectivamente (**Figura 44C**). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que el cuerpo de agua monitoreado presenta una óptima concentración de oxígeno para el desarrollo de la vida acuática. En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2020, 2018 y 2017, se presentaron concentraciones medias similares, con valores que cumplen con los límites mencionados anteriormente; a excepción del resultado obtenido en el año 2017 para el punto 3.



Por otro lado, la conductividad presentó valores de 9183, 12133 y 7593 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos 1, 2 y 3, respectivamente (**Figura 44D**). Determinando de este modo que las muestras analizadas presentan una mineralización excesiva de acuerdo con la **Tabla 16**, ya que se obtuvieron valores mayores a 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una alta concentración de sólidos, iones y sales disueltas.

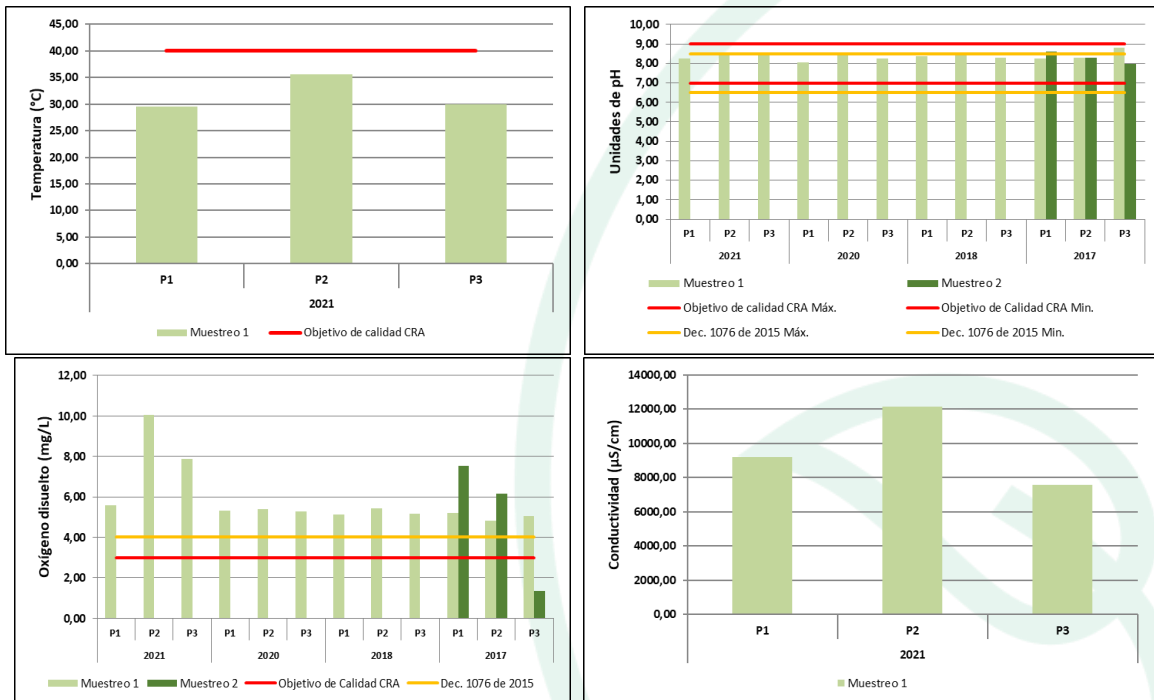


Figura 44. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Balboa en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

La DBO_5 y la DQO presentaron un comportamiento similar en los puntos de muestreo con valores de $<2,0 \text{ mg O}_2/\text{L}$ para la DBO_5 y de $<10 \text{ mg O}_2/\text{L}$ para la DQO (**Figura 45A y B**); observándose que los puntos de la ciénaga cumplen con el límite de control para la DBO_5 ($<7 \text{ mg}/\text{L}$) indicado 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. Por ende, se establece que las muestras analizadas presentan un bajo contenido de materia orgánica.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró concentraciones constantes en los diferentes puntos de monitoreo, registrando para la DBO_5 durante el año 2020 concentraciones promedio de



5,25 mg O₂/L en P1, 10,20 mg O₂/L en P2 y 12,70 mg O₂/L en P3, cumpliendo solo en P1 el límite de control (<7 mg O₂/L). Con respecto a los monitoreos realizados en los otros años (2018 y 2017) los valores reportados en la mayoría de los puntos cumplieron con el límite establecido en la normativa, a diferencia de las concentraciones obtenidas en el punto 1 y 2, durante el segundo muestreo del año 2017. Por su parte, la DQO presentó su menor valor (promedio durante los días de monitoreo) en P1 con 36 mg O₂/L y valores más altos en P2 con 42,5 mg O₂/L y P3 con 64 mg O₂/L, durante el monitoreo realizado en el año 2020.

Por su parte, los SST presentaron valores de 93,5, 271,0 y 36,5 mg/L en los puntos 1, 2 y 3, respectivamente (**Figura 45C**); observando que los tres puntos presentan desviación de acuerdo con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Por ende, se establece que las muestras tomadas presentan una alta concentración sólidos, iones y sustancias disueltas, lo cual se puede relacionar con los valores reportados para la conductividad eléctrica. De acuerdo con el comportamiento anterior, durante el monitoreo ejecutado en el año 2020 los valores promedio durante los días de monitoreo registrados fueron 340,25 mg/L en P1, 441,25 mg/L en P2 y 340,40 mg/L en P3, superando también el valor propuesto como objetivo de calidad para la cuenca por la CRA. El mismo patrón también se obtuvo en los monitoreos realizados durante el año 2018 y 2017. Por ende, de acuerdo con las concentraciones de sólidos reportados, se establece que el agua de la ciénaga de Balboa no presenta una calidad aceptable con relación a este parámetro.





Figura 45. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga de Balboa en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los Coliformes Termotolerantes (CTE) presentaron concentraciones de 3300, 13000 y 3300 NMP/100 mL; mientras que, los Coliformes Totales (CT) registraron valores de 7000, 160000 y 7900 NMP/100 mL en los puntos 1, 2 y 3, respectivamente (**Figura 46A y B**). Estas concentraciones de CTE no cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), ni con los CT sobrepasando el máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL).

En el histórico de datos se puede observar que los CTE y CT durante el año 2020, registraron concentraciones muy bajas en todos los puntos de monitoreo (<1,8 NMP/100 mL), cumpliendo con los objetivos de calidad establecidos por la CRA en la Resolución 258 de 2011, al igual que los resultados obtenidos en el primer monitoreo llevado a cabo en el año 2017. Sin embargo, con relación a los CTE en el año 2018, se presentaron las concentraciones más altas registradas hasta el momento, presentando desviación de acuerdo con el límite estipulado en la normativa; al igual que los valores reportados en el segundo monitoreo realizado en el año 2017.



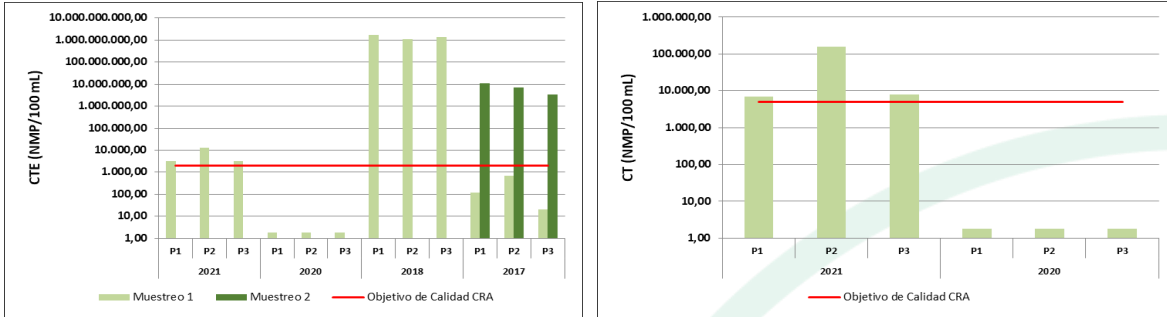


Figura 46. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga de Balboa en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

5.2.3. Ciénaga de Mallorca

La ciénaga de mallorquín es una laguna costera con una extensión aproximada de 695 hectáreas, ubicada en el extremo norte de la ciudad de Barranquilla, sobre la margen izquierda del río Magdalena cerca de su desembocadura. Limita al norte con el mar Caribe, al sur con la extensión de la vía 40 entre el Barrio Las Flores y La Playa, al oriente con el tajamar occidental del canal navegable del río Magdalena y al occidente con la desembocadura del arroyo León. Se encuentra rodeada de llanuras de inundación, arenales, dunas y bosques de manglar. Se encuentra influenciada por la apertura y cierre de la barra de arena que conecta la laguna con el Mar Caribe, la desembocadura del arroyo León, el sistema de escorrentías de la cuenca y la conexión con el río Magdalena a través de un sistema de *box culverts* (CAF, 2020).

Es un sistema de gran importancia ecológica para el distrito de Barranquilla y la región; que hace parte del sitio Ramsar, Ciénaga Grande de Santa Marta - Complejo Delta Estuarino del Río Magdalena, donde tiene soporte una alta diversidad biológica, con representación de ecosistemas estratégicos como los manglares, que ofrece soporte para la reproducción y desarrollo de muchas especies hidrobiológicas implicadas en la transformación de la materia orgánica y el flujo de energía entre el ecosistema marino y el continental, donde además se destacan muchos servicios ecosistémicos relacionados con el paisaje, la regulación hídrica y se soportan actividades de pesca para la comercialización de productos y subsistencia de una parte importante de la población asentada en sus alrededores.



No obstante, esta laguna costera ha sido alterada debido a diversos factores que han afectado su morfología, extensión, calidad del agua, capacidad de autodepuración, hidrodinámica y biodiversidad, iniciando con la construcción del tajamar occidental del canal navegable del río Magdalena en 1935, lo que alteró la dinámica sedimentaria del sector, con cambios importantes en su conectividad; una prolongada e inadecuada disposición de residuos sólidos a manera de botadero abierto con la consiguiente contaminación en especial de sus lixiviados desde el barrio Las Flores con contenido significativo de metales pesados; la falta de sistemas adecuados de tratamiento de aguas residuales provenientes del suroccidente de Barranquilla a través del Arroyo León, los vertimientos dispersos asociados a los asentamientos alrededor de la laguna, en particular el barrio La Playa, que aportan grandes cantidades de material orgánico y bacterias fecales; la carga de sedimentos y contaminantes que llegan desde el río Magdalena a través de los *box coulverts*; y por último pero no menos importante, el aprovechamiento inadecuado de los recursos naturales (Lima *et al*, 2008).

La temperatura del agua en la Ciénaga de Mallorquín presentó valores entre 28,1 y 32,8°C en los diferentes puntos monitoreados (**Figura 47A**); valores que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en 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 reportado en la Ciénaga de Mallorquín durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de noviembre de 2021 presentó valores entre un rango de 7,10 a 8,00 UpH; mientras que, en el año anterior (2020) se presentaron variaciones entre 7,15 a 8,71 UpH. Cabe resaltar que, los resultados reportados en los monitoreos de los otros años (2018 y 2017) presentaron valores más altos, con pH's alcalinos, los cuales en su mayoría cumplieron con los objetivos de calidad establecidos 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 los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 (**Figura 47B**).

Los resultados del oxígeno disuelto se presentaron entre un rango de 1,1 y 2,2 mg/L (**Figura 47C**). Estos resultados no cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y ni con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076



del 2015. Dichos valores indican que la vida acuática se encuentra bajo fuerte presión, pudiendo causar la muerte por falta de oxígeno. Por otra parte, estos valores bajos de oxígeno disuelto, indicativos de condiciones de hipoxia, pueden ser consecuencia de la eutrofización de las aguas (Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S., 2019). Al observar los registros históricos se evidencia que tan solo el año 2021 no cumplió con los criterios de calidad establecidos en las dos normas, en comparación con los resultados reportados en años anteriores (2020, 2018 y 2017) lo que indica que este parámetro es limitante para la vida acuática en esta ciénaga.

Por otro lado, la conductividad presentó entre un rango de 127,5 a 590,0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Figura 47D**), estos resultados demuestran que el agua analizada presenta un grado diverso de mineralización, que varia de débil a medio, de acuerdo con la **Tabla 16**. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una concentración considerable de sólidos, iones y sales disueltas; sin embargo, se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, más Roldán y Ramírez (2008).



Figura 47. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Mallorquín en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



La DBO₅ y la DQO presentaron un comportamiento homogéneo en todos los puntos de muestreo con valores de <2,0 mg O₂/L para la DBO₅ y de < 10 mg O₂/L para la DQO (**Figura 48A y B**); observándose que todas las muestras analizadas cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg/L) indicado 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. Además, en consideración lo indicado por Carvajal y Esparragoza, 2008, quienes indican que los ríos se consideran contaminados cuando el DBO₅ es mayor a 5 mg O₂/L, se establece que las muestras analizadas no presentan un grado de contaminación de acuerdo con su contenido orgánico.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró concentraciones variables; por ejemplo, en el año 2020 los menores valores se presentaron en P2, P3 y P6 con valores por debajo del límite de cuantificación de la técnica analítica empleada por el laboratorio, siendo esta de < 2.0 mg O₂/L en cada uno y el mayor en P1 con valor de 11,8 mg O₂/L y 6,6 mg O₂/L en P7. Únicamente el registrado en P1 incumple el límite de control (<7 mg O₂/L) estipulado como objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 de la Resolución 258 de 2011 de la CRA. Al igual que la DBO₅, la DQO presentó sus menores valores en P2, P3 y P6 y el mayor en P1 con un promedio de 37 mg O₂/L.

Por su parte, los SST presentaron valores entre un rango de 22,0 a 128,5 mg/L (**Figura 48C**); observando que cinco (5) de los siete (7) puntos monioteados presentan desviación de acuerdo con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Por ende, se establece que las muestras analizadas presentan un alto contenido de sólidos, iones y sustancias disueltas. A través del tiempo, se han reportado diferentes rangos de valores en los años anteriormente monitoreados (2020, 2018 y 2017), que generalmente superan el límite establecido por la norma; por ende, se determina que el cuerpo de agua en estudio presenta gran cantidad de sólidos en suspensión, lo cual se relaciona directamente con el comportamiento obtenido por la conductividad eléctrica





Figura 48. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga de Mallorquín en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los Coliformes Termotolerantes (CTE) presentaron concentraciones que variaron entre un rango de 200 a 2300 NMP/100 mL; mientras que, los Coliformes Totales (CT) registraron resultados entre un rango de 200 a 24000 NMP/100 mL (**Figura 49A y B**). De esta manera se establece que la mayoría de las concentraciones de CTE y CT cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 estipulados por la CRA (<2000 NMP/100 mL para CTE y <5000 NMP/100 mL para CT); a excepción del resultado en el P1, donde se obtuvieron concentraciones de 2300 NMP/100 mL y 24000 NMP/100 mL, para CTE y CT, respectivamente.

En el histórico de datos se puede observar que los CTE y CT obtenidos durante el monitoreo ejecutados en el año 2021 y 2020, refleja una disminución considerable de las concentraciones en comparación con los resultados de los años 2018 y 2017, donde todos los puntos sobrepasaron los límites establecidos en la normativa.



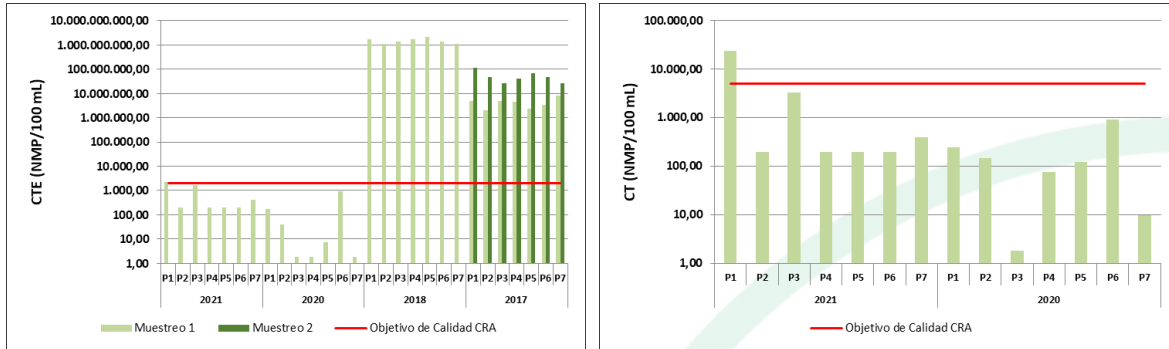


Figura 49. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga de Mallorquín en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

5.2.4. Ciénaga El Rincón

Esta ciénaga, ubicada en el municipio de Puerto Colombia, tiene una profundidad alrededor de 3 metros y una extensión de 38 hectáreas. Se encuentra ubicada dentro de la cuenca hidrográfica de la ciénaga de Mallorquín, en la parte baja del Arroyo León. Cuenta con una subcuenca que aporta caudales de escorrentía superficial, y se encuentra conectada con el cauce del Arroyo León, que aporta considerablemente en temporadas de alto nivel y caudal. Aledaña a esta ciénaga se encuentra una unidad continua que forma un plano alrededor del cuerpo de agua, prolongándose por el bosque ripario, conectándose con el complejo de manglares del plano inundable de la ciénaga de mallorquín y Manatías. Cumple una función hidráulica vital para el funcionamiento de todo el ecosistema hidrográfico, caracterizado por la amortiguación hidráulica que le brinda a la ciénaga de Mallorquín ante los aportes de los arroyos Grande y León. Entre los aspectos más sobresalientes de su deterioro están la modificación de regímenes hidráulicos, la contaminación físico-química, la sobre explotación de recursos biológicos y la apropiación indebida del sistema cenagoso-ribereno (CRA, 2015).

La temperatura del agua en la Ciénaga El Rincón presentó valores entre 29,3 y 36,3°C en los diferentes puntos monitoreados (**Figura 50A**); valores que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en 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). Cabe resaltar que, la variación de la temperatura de los cuerpos de agua está condicionada a la época climática, es decir, que esta obedece generalmente a circunstancias naturales.

El pH reportado en la Ciénaga El Rincón durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de noviembre de 2021 presentó valores entre un rango de 7,94 a 8,36 UpH, es decir, que hubo los resultados obtenidos presentan características neutras y alcalinas. El anterior comportamiento se relaciona con los resultados reportados en el año anterior (2020), donde el pH en la ciénaga varió entre 7,10 y 9,24 UpH, registrándose los mayores valores en P3 y P4 con 8,12 y 9,24 UpH, respectivamente; y el menor en P1. El menor valor de pH estaría relacionado con la entrada de aguas tratadas del arroyo León, su principal afluente. Cabe resaltar que, los resultados reportados en todos los monitoreos realizados hasta el momento (2021, 2020, 2018 y 2017) presentan con los objetivos de calidad establecidos 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 los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 (**Figura 50B**).

Los resultados del oxígeno disuelto se presentaron entre un rango de 0,9 a 8,5 mg/L (**Figura 50C**), resaltando el cumplimiento de la mayoría de los puntos monitoreados con relación al objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015, a excepción del punto 6. Estos valores indican que el cuerpo de agua monitoreado presenta una óptima concentración de oxígeno para el desarrollo de la vida acuática. En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en el 2020 se presentaron variaciones entre puntos de monitoreo inferiores a 1 mg/L, registrando su valor más alto en P3 con 5,61 mg/L y el menor en P5 con 3,96 mg/L, cumpliendo de este modo con lo establecido en la normativa. Por su parte, para el 2018 y 2017, se observa que la mayoría de los puntos presentaron una concentración óptima de oxígeno disuelto.

Por otro lado, la conductividad presentó entre un rango de 1176 a 3765 μ S/cm (**Figura 50D**), estos resultados demuestran que el agua analizada presenta una mineralización excesiva, de acuerdo con la **Tabla 16**. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una alta concentración de sólidos, iones y sales disueltas.



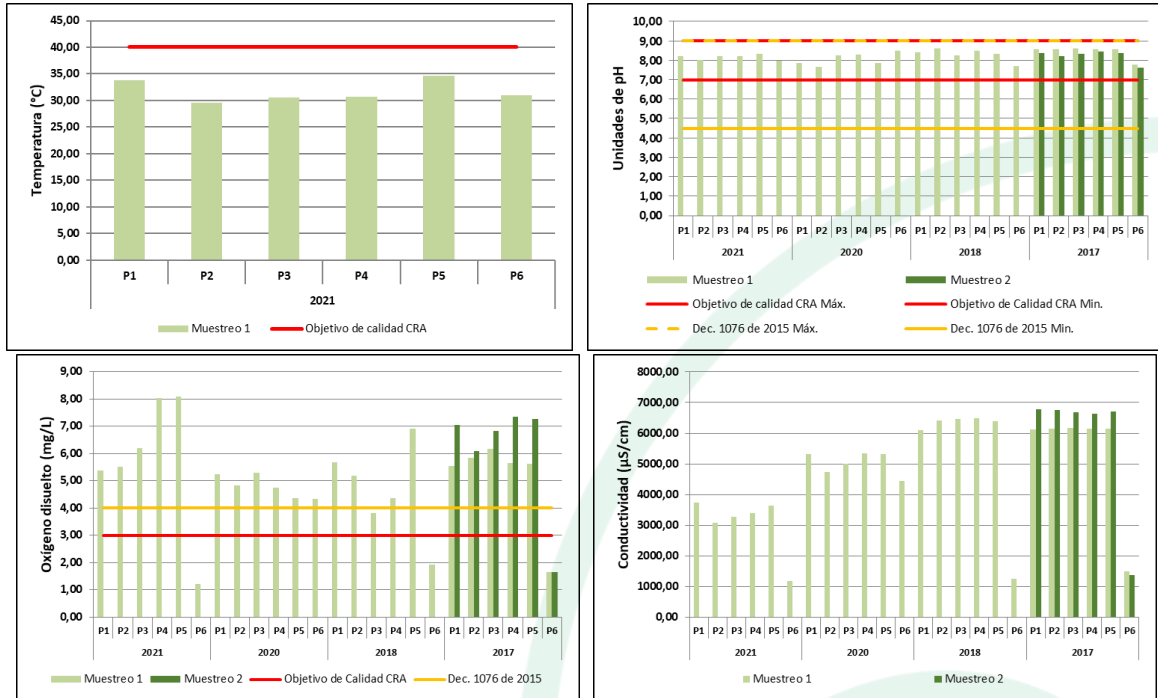


Figura 50. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga El Rincón en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

La DBO₅ y la DQO presentaron un comportamiento homogéneo en los seis (6) puntos de muestreo con valores de <2,0 mg O₂/L para la DBO₅ y de <10 mg O₂/L para la DQO (Figura 51A y B); observándose que todas las muestras analizadas cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg O₂/L) indicado 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. Además, en consideración lo indicado por Carvajal y Esparragoza, 2008, quienes indican que las ciénagas se consideran contaminados cuando el DBO₅ es mayor a 5 mg O₂/L, se establece que las muestras analizadas no presentan un grado de contaminación de acuerdo con su contenido orgánico.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró un comportamiento relativamente estable, ya que la mayoría de las concentraciones reportadas se presentaron inferiores al límite normativo de <7 mg O₂/L, ya que en el año 2022 se registraron valores entre 2,0 y 11,7 mg/L, los puntos P1 y P4 registraron valores superiores a 8 mg/L y en el punto ubicado en el arroyo León (P6) se obtuvo un



resultado de 7,5 mg/L; mientras que en el año 2018 las concentraciones más altas se reportaron en el punto 1, 2 y 6; y en el año 2017 en el punto 6.

Por su parte, los SST presentaron valores entre un rango de 22,0 a 128,5 mg/L (**Figura 51C**); observando que cinco (5) de los seis (6) puntos monitoreados cumplieron con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L), a diferencia del punto 6 donde se obtuvo el resultado más alto. Por ende, se establece que las muestras analizadas presentan un contenido normal de sólidos, iones y sustancias disueltas. Cabe resaltar que, este año (2021) se presentó una disminución en las concentraciones con respecto al año anterior (2020), ya que todos los valores registrados superaron el objetivo de calidad estipulado en la normativa; mientras que, en el año 2018 y 2017 la mayoría de los puntos monitoreados cumplieron con el objetivo de calidad; por ende, se determina que el cuerpo de agua en estudio presenta una cantidad moderada de sólidos en suspensión.

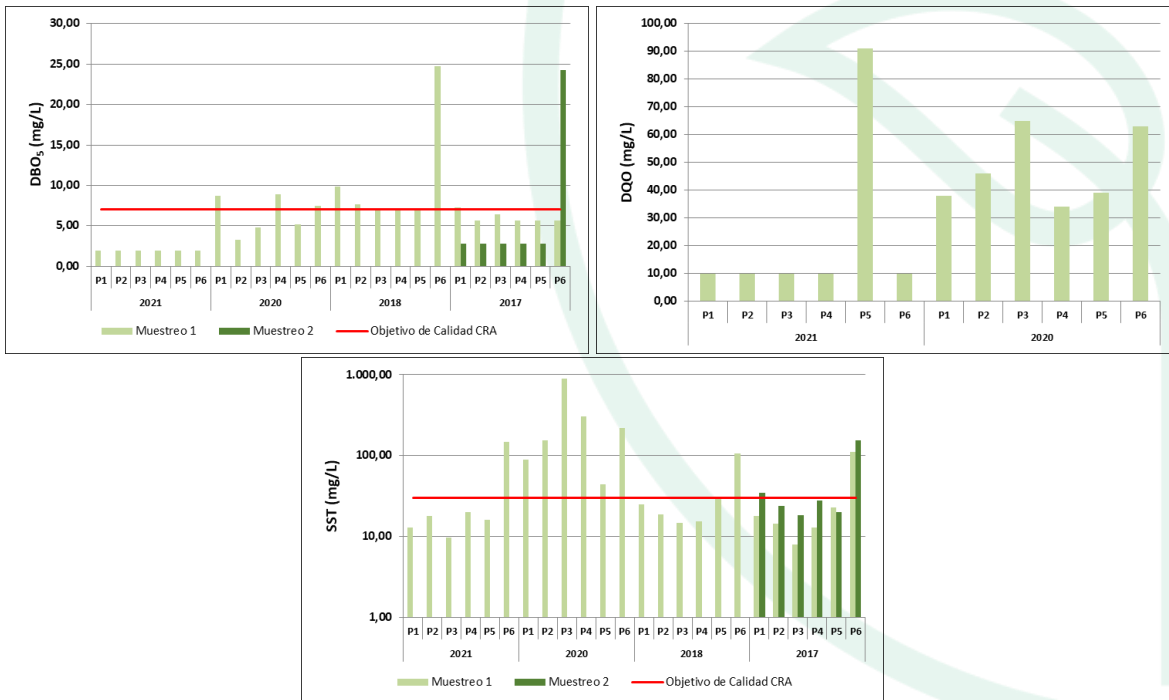


Figura 51. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga El Rincón en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



Los Coliformes Termotolerantes (CTE) presentaron concentraciones que variaron entre un rango de 680 a 13000 NMP/100 mL; mientras que, los Coliformes Totales (CT) registraron resultados entre un rango de 680 a 160000 NMP/100 mL (**Figura 52A y B**). De esta manera se establece que la mayoría de las concentraciones de CTE y CT cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 estipulados por la CRA (<2000 NMP/100 mL para CTE y <5000 NMP/100 mL para CT); a excepción del resultado en el P3 y P6 donde su obtuvieron concentraciones de 2300 NMP/100 mL y 13000 NMP/100 mL para CTE, y un resultado de 160000 NMP/100 MI en el P6 para CT.

En el histórico de datos se puede observar que los CTE y CT obtenidos durante el monitoreo ejecutado en el año 2020 registraron concentraciones que cumplen con los objetivos de calidad, presentándose los valores más altos en P1 con 225,9 NMP/100 mL de CTE y 875 NMP/100 mL de CT, cercanos a la entrada del arroyo León, que arrastra consigo descargas domésticas; asimismo, el P2 registró una concentración cercana a la de P1, igual a 800 NMP/100 mL. Por su parte, los resultados de los años 2018 y 2017 (muestreo 2), sobrepasaron los límites establecidos en la normativa en todos los puntos monitoreados.

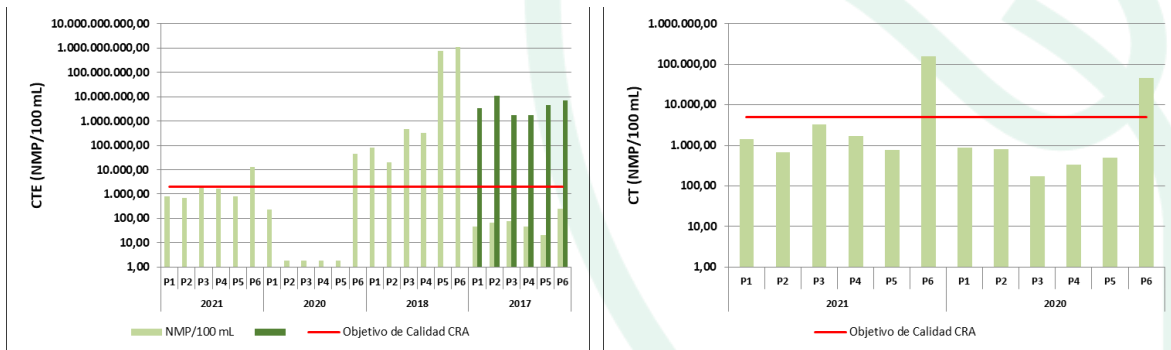


Figura 52. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga El Rincón en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



5.2.5. Ciénaga Los Manatíes

La temperatura del agua en la Ciénaga Los Manatíes presentó un valor promedio de 32,2°C en el punto monitoreado (**Figura 53A**); el cual cumple con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en 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). Además, los datos históricos de temperatura obtenidos en el año 2020 también reportaron resultados inferiores al límite normativo en cada una de las alícuotas en los dos muestreos realizados.

El pH reportado en la Ciénaga Los Manatíes durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de noviembre de 2021 presentó un valor promedio de 7,72 UpH, correspondiente a un pH neutro con tendencia a la alcalinidad. El anterior comportamiento se relaciona con los resultados reportados en el año anterior (2020), donde el pH en la ciénaga varió entre 7,01 y 8,54 UpH. De esta manera, se establece el cumplimiento de los objetivos de calidad establecidos 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 los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015 (**Figura 53B**).

Para el oxígeno disuelto se obtuvo un resultado de 2,7 mg/L (**Figura 53C**); por ende, no se da cumplimiento al objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L), ni al criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Este valor indica que el cuerpo de agua monitoreado no presenta una óptima concentración de oxígeno para el desarrollo de la vida acuática, ya que estos seres se encuentran bajo fuerte presión e incluso se podría originar la muerte de peces debido a la baja disponibilidad de oxígeno en el medio. En comparación con el monitoreo realizado en el 2020, se obtuvieron resultados en un rango de 3,71 a 4,21 mg/L, cumpliendo de este modo con lo establecido en la normativa.

Por otro lado, la conductividad presentó un resultado de 7233 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (**Figura 53D**), el cual de muestra que el agua analizada presenta una mineralización excesiva, de acuerdo con la **Tabla 16**. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una alta concentración de sólidos, iones y sales disueltas.



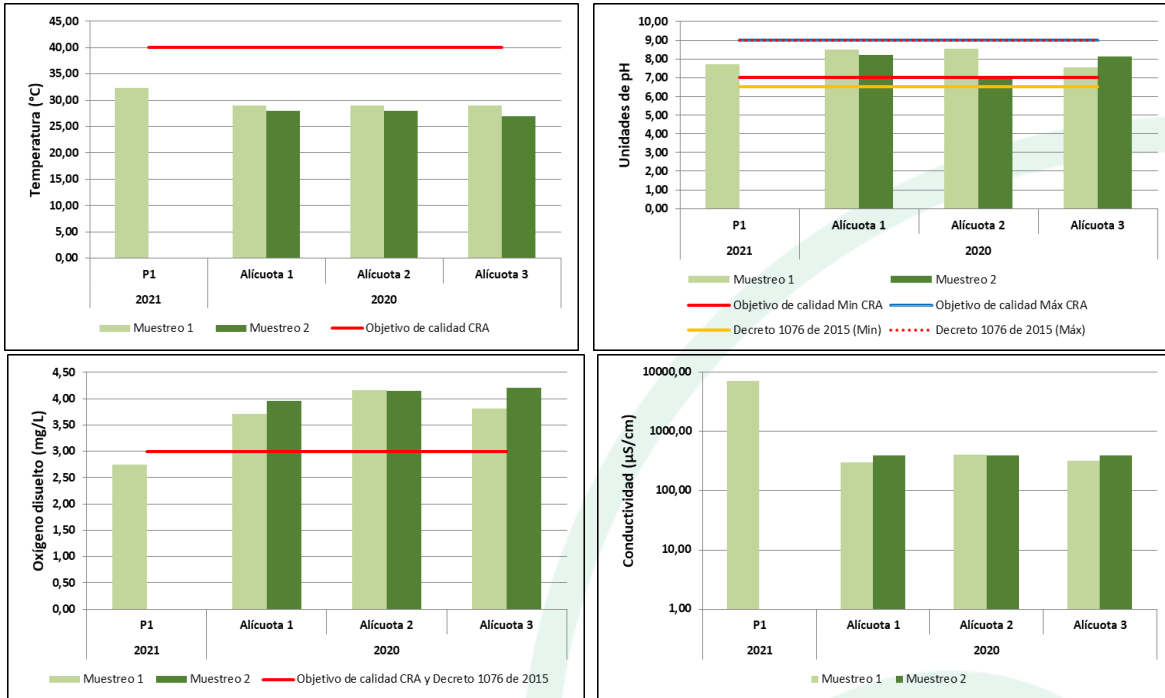


Figura 53. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga Los Manatíes en noviembre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Para DBO₅ y la DQO se obtuvieron concentraciones por debajo de los límites de cuantificación de la técnicas de análisis empleada por el laboratorio, correspondientes a <2,0 mg O₂/L para la DBO₅ y de <10 mg O₂/L para la DQO (**Figura 54A y B**); observándose que la muestra analizada cumple con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg O₂/L) indicado 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. Por ende, se establece que el agua en esta ciénaga presenta un grado mínimo o nulo de contaminación de acuerdo con su contenido orgánico.

Con relación a los resultados reportados en el año anterior (2022), se obtuvieron valores de DBO₅ iguales a 5,4 y 4,4 mg O₂/L en el punto monitoreado, cumpliendo con el objetivo de calidad. Asimismo, para la DQO se presentaron concentraciones de 24 y 21 mg O₂/L. Con lo cual se establece que en este año (2021) hubo una disminución considerable de los resultados.

Por su parte, para los SST se presentó un valor de 27 mg/L (**Figura 54C**), cumpliendo con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Por ende, se establece que la muestra



analizada presenta un contenido normal de sólidos, iones y sustancias disueltas. Cabe resaltar que, este año (2021) se presentó una disminución en la concentración con respecto al año anterior (2020), ya que los dos valores registrados superaron el objetivo de calidad estipulado en la normativa, con resultados de 264,5 y 102,5 mg/L.

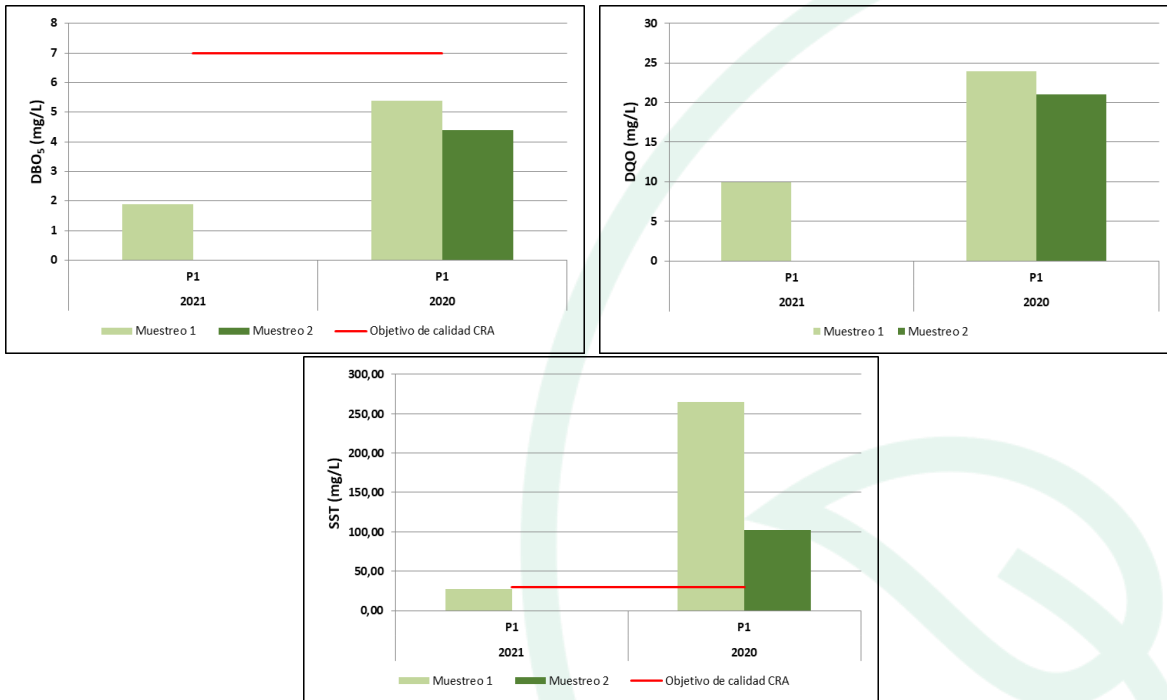


Figura 54. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendidos Totales (SST) en la Ciénaga Los Manatíes en el monitoreo realizado en-noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Los Coliformes Termotolerantes (CTE) presentaron una concentración de 2700 NMP/100 mL; mientras que, para los Coliformes Totales (CT) se registró un resultado de 14000 NMP/100 mL (**Figura 55A y B**). De esta manera se establece que las concentraciones de CTE y CT no cumplen con los objetivos de calidad para el periodo 2011-2020 estipulados por la CRA (<2000 NMP/100 mL para CTE y <5000 NMP/100 mL para CT), lo anterior debido a que hubo un aumento de las concentraciones con relación a la reportadas en el año anterior (2020), correspondiente a 78 y <1,8 NMP/100 mL para CTE y de 230 y 13 NMP/100 mL para CT, lo cual puede estar directamente relacionado con descargas domésticas sobre el cuerpo de agua monitoreado.



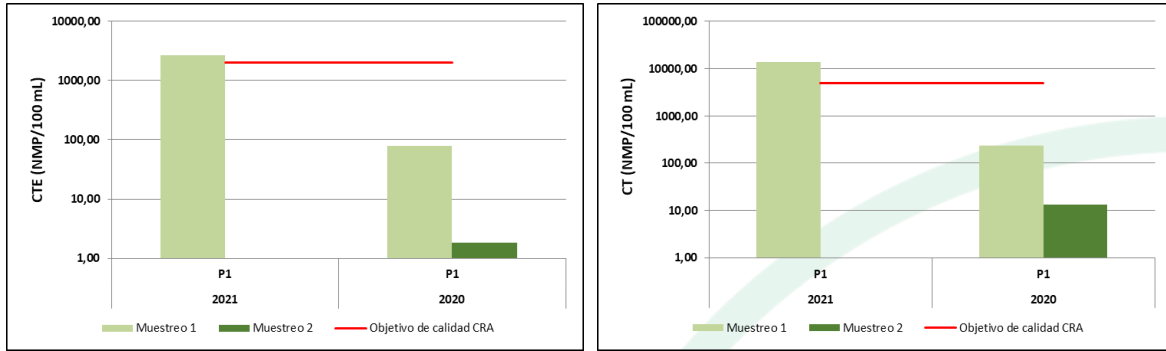


Figura 55. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga Los Manatíes en el monitoreo realizado en noviembre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



5.3. Cuenca Canal del Dique

5.3.1. Ciénaga de Luruaco

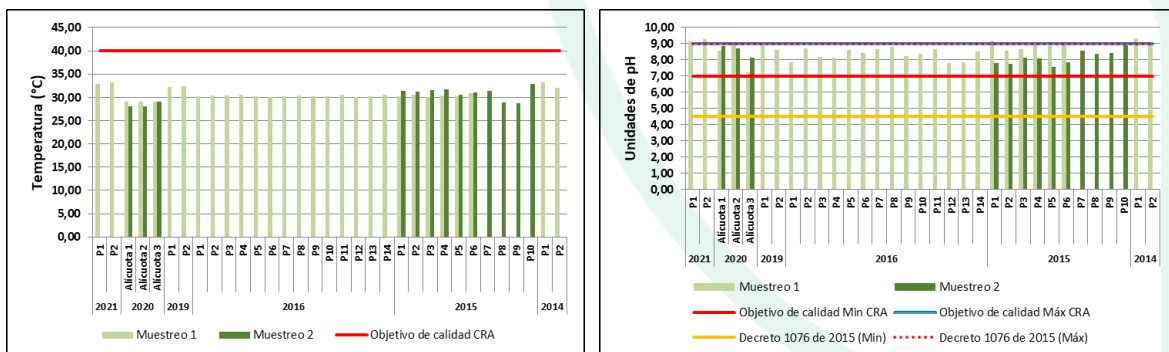
La temperatura del agua en la Ciénaga de Luruaco presentó valores de 33,0 y 33,2°C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 56A**); valores que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en la Resolución 258 de 2011, para las cuencas y tramos ordenados en Clase I, cuyo potencial uso es la preservación de flora y fauna (<40°C). Cabe resaltar que, la variación de la temperatura de los cuerpos de agua está condicionada a la época climática, es decir, que esta obedece generalmente a circunstancias naturales; sin embargo, en los cuerpos de agua del departamento del Atlántico, donde no existen temporadas climáticas marcadas, los valores de temperatura no suelen tener grandes fluctuaciones durante todo el año. El registro histórico permitió evidenciar que en el año 2020 la temperatura presentó valores entre 28 y 29°C; asimismo, para los otros años monitoreados (2019, 2016, 2015 y 2014) se obtuvieron temperaturas alrededor de los 30°C.

El pH reportado en la Ciénaga de Luruaco durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de octubre presentó valores de 9,13 y 9,27 UpH, en los puntos 1 y 2, respectivamente; los cuales corresponden a pH's alcalinos, los cuales no cumplen con los objetivos de calidad establecidos 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), ni con los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015. Asimismo, en el año anterior (2020) el pH también 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), los cuales cumplieron con los objetivos de calidad establecidos en las normativas de referencia; a excepción del valor promedio del año 2014 (**Figura 56B**). Roldan (2003) manifiesta que el intervalo de la concentración adecuado para la proliferación y desarrollo de la vida acuática es bastante estrecho 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.



Para los resultados del oxígeno disuelto se registraron valores de 5,2 y 7,4 mg/L, en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 56C**). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que el cuerpo de agua monitoreado presenta una óptima concentración de oxígeno para el desarrollo de la vida acuática. En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en el año 2020 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), donde la mayoría de las mediciones realizadas (67%), cumplen con los objetivos de calidad establecidos en las normativas; asimismo, para los otros años monitoreados (2019, 2016, 2015 y 2014) se presentaron concentraciones mayores a 4 mg/L.

Por otro lado, la conductividad presentó valores de 1012 y 997 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 56D**). Los registros históricos para el año 2020 registraron concentraciones significativamente altas, entre 496 y 726 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una concentración considerable de sólidos, iones y sales disueltas; sin embargo, se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, de acuerdo con Roldán y Ramírez (2008).



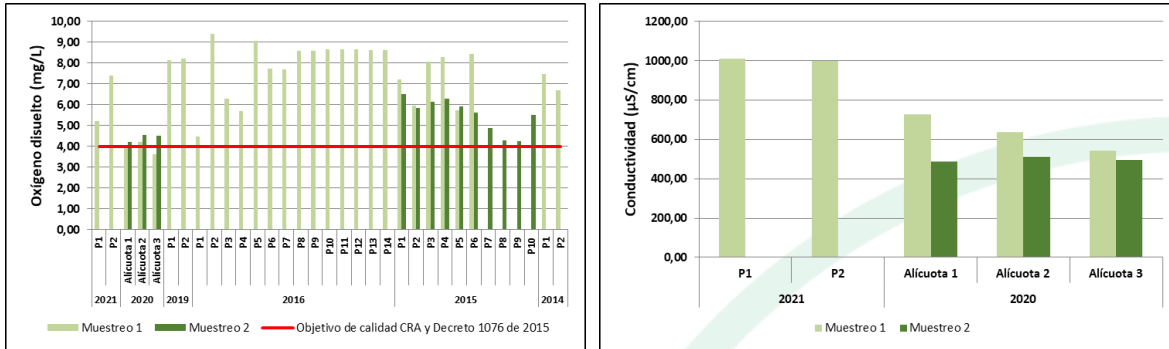


Figura 56. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga de Luruaco en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Para la DBO₅ se obtuvieron resultados de <2,0 y 16,9 mg O₂/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 57A y B**); observándose que el punto 2 no cumple con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg/L) indicado 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. Por otro lado, para la DQO se obtuvo un comportamiento similar, reportando concentraciones de <10 y 45 mg O₂/L en los puntos 1 y 2, respectivamente. De esta manera, se establece que la muestra del punto 2 presenta una mayor carga orgánica en comparación con la muestra del punto 1.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró un comportamiento similar al obtenido en este monitoreo, ya que para el año 2020 los valores de DBO₅ y DQO, con 9,05 mg O₂/L en P1 y 7,70 mg O₂/L en P2 para la primera, y 35 mg O₂/L en P1 y 34 mg O₂/L en P2 para la segunda, muestran contaminación por material orgánico biodegradable y no biodegradable. Además, el único año en el que se cumplió con el objetivo de calidad para la DBO₅ fue en 2019 con 2,72 mg O₂/L, contrario a lo registrado en 2014 (5,27 mg O₂/L), 2015 (12,43 mg O₂/L) y 2016 (5,99 mg O₂/L). De igual manera, para la DQO se presentaron concentraciones medias aceptables en 2019 (17,75 mg O₂/L) y concentraciones típicas de aguas contaminadas en 2014 (81,55 mg O₂/L), 2015 (40,04 mg O₂/L) y 2016 (31,52 mg O₂/L).

Por su parte, los SST presentaron valores de 43,0 y 11,0 mg/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 57C**); observando que sólo el punto 2 cumple con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Por ende, se establece que la muestra tomada en este punto



presenta un contenido normal de sólidos, iones y sustancias disueltas; mientras que, para el punto 1 la muestra presenta un mayor contenido de sólidos en suspensión. A través del tiempo, se han reportado diferentes rangos de valores, que generalmente están relacionados a aguas de calidad aceptable, resaltando el cumplimiento del límite establecido en el año 2020 y 2014; mientras que, en los años 2019, 2016 y 2015, algunos puntos monitoreados no cumplieron con lo establecido en la normativa.

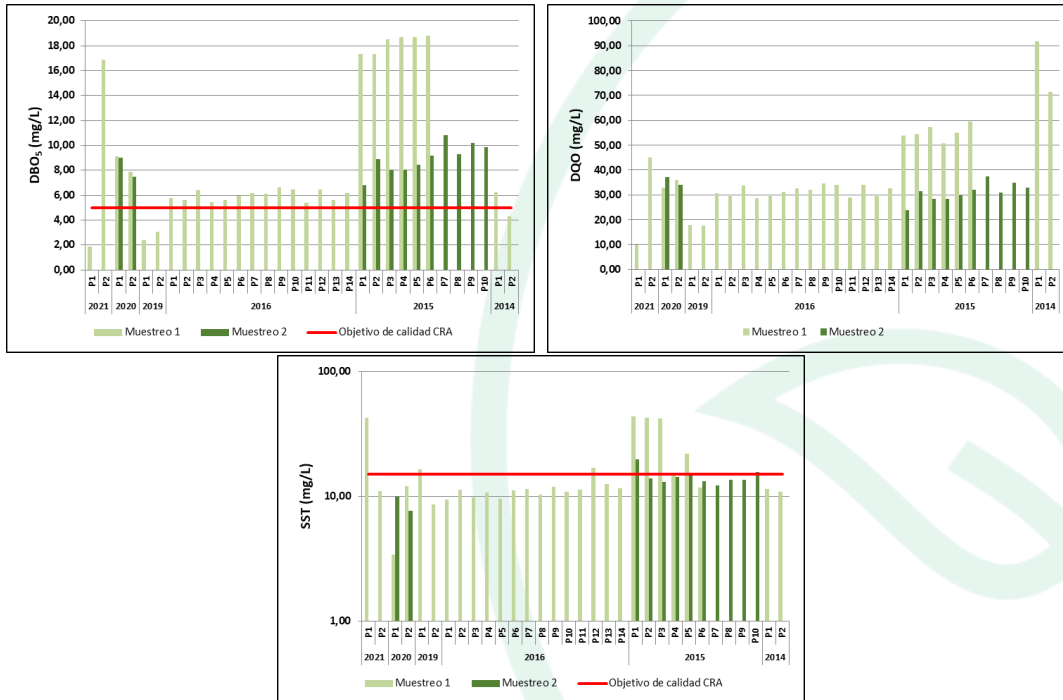


Figura 57. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga de Luruaco en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Para los Coliformes Termotolerantes (CTE) se presentó una concentración de 24000 NMP/100 mL en los dos puntos monitoreados; asimismo, los Coliformes Totales (CT) registraron un valor de 160000 NMP/100 mL para cada punto (**Figura 58A y B**). Estas concentraciones de CTE no cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), ni con los CT sobrepasando el máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL).



En el histórico de datos se puede observar que los CTE y CT, a lo largo de los años monitoreados, han reportado en el año 2020, 2019, 2016, 2015 y 2014, valores en algunos puntos que no cumplen con los objetivos de calidad, lo que indica que esta ciénaga recibe constantes aportes de escorrentías y aguas residuales que afectan su calidad microbiológica.

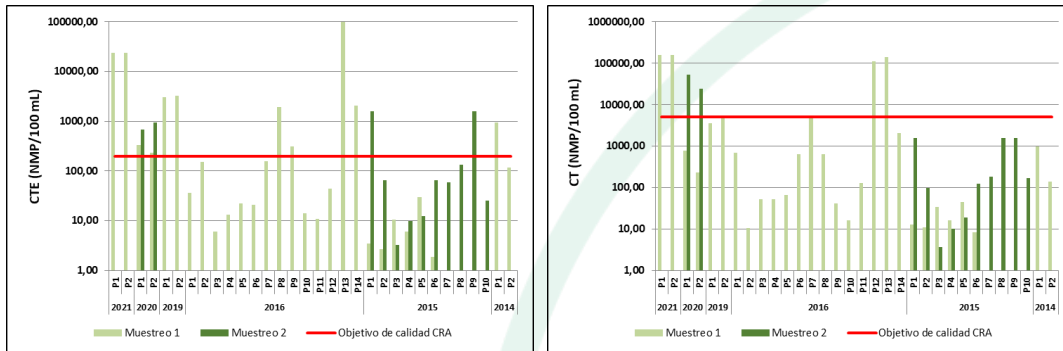


Figura 58. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga de Luruaco en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

5.3.2. Ciénaga San Juan de Tocagua

La temperatura del agua en la Ciénaga San Juan de Tocagua presentó valores de 32,2 y 32,7°C en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 59A**); valores que cumplen con el objetivo de calidad estipulado por la CRA para el periodo 2011-2020 en 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 registro histórico permitió evidenciar que desde el año 2014 el agua de la ciénaga cumple con los valores objetivos establecidos por la CRA, presentando en 2014 un promedio de 33,92°C, en 2015 de 31,49°C, en 2016 de 29,86°C, en 2019 de 31,41° y en el 2020 de 28,5°C.

El pH reportado en la Ciénaga San Juan de Tocagua durante la última campaña de muestreo ejecutada en el mes de octubre de 2021, presentó un valor de 9,04 UpH, en los dos puntos monitoreados; asimismo, en el año anterior (2020) también se obtuvieron resultados de pH's 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 (**Figura 59B**). Sin embargo, 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 CO₂, aumentando la temperatura y por ende el pH.

Para los resultados del oxígeno disuelto se registraron valores de 9,6 y 5,4 mg/L, en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 59C**). Estos resultados cumplen con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015. Estos valores indican que el cuerpo de agua monitoreado presenta una óptima concentración de oxígeno para el desarrollo de la vida acuática. En comparación con monitoreos realizados anteriormente, en 2014, 2015, 2016 y 2019, se presentaron concentraciones medias similares, con valores de algunos puntos que se encontraron por debajo del límite establecido. Además, en la campaña ejecutada en el año anterior (2020) los registros arrojaron concentraciones de 3,12 a 4,78 mg/L, similar a los registros de 2019 (4,67 UpH).

Por otro lado, la conductividad presentó valores de 576 y 584 μ S/cm en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 59D**). Los registros históricos para el año 2020 oscilaron entre 521 y 636 μ S/cm, demostrando una mineralización media de acuerdo con la **Tabla 16**. Lo anterior indica que el agua en esta ciénaga presenta una concentración considerable de sólidos, iones y sales disueltas; sin embargo, se considera que las aguas dulces no superan valores de alrededor de 1000 μ S/cm, más Roldán y Ramírez (2008).





Figura 59. Registros de la temperatura, pH, oxígeno disuelto y conductividad en la Ciénaga San Juan de Tocagua en octubre de 2021, contrastado con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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

Para la DBO₅ se obtuvieron resultados de 7,6 y 14,2 mg O₂/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 60A y B**); observándose que ambos resultados no cumplen con el límite de control para la DBO₅ (<7 mg/L) indicado 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. Asimismo, para la DQO se obtuvo un comportamiento similar, reportando concentraciones de 19 y 37 mg O₂/L en los puntos 1 y 2, respectivamente. De esta manera, se establece que las muestras analizadas presentan una carga orgánica considerable.

En general, esta ciénaga en años anteriores mostró concentraciones variables en los diferentes puntos de monitoreo, registrando para la DBO₅ durante el año 2020 un cierto grado de contaminación por materia orgánica biodegradable, con 13,80 mg O₂/L en P1 y 12,35 mg O₂/L en P2. Del mismo modo, la DQO presentó valores altos (63,5 mg O₂/L en P1 y 46,5 mg O₂/L en P2). De los otros monitoreos en años anteriores, se observó que en los años más recientes se habían registrado valores de calidad aceptable, en 2016 de 3,84 mg O₂/L de DBO₅ y en 2019 de 3 mg O₂/L



de DBO₅ y 22,67 mg O₂/L de DQO. Contrario a esto, se registraron valores altos en 2014 (8,92 mg O₂/L de DBO₅ y 318,9 mg O₂/L de DQO) y en 2015 (55,90 mg O₂/L de DBO₅ y 136,54 mg O₂/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.

Por su parte, los SST presentaron valores de 14,8 y 12,0 mg/L en los puntos 1 y 2, respectivamente (**Figura 60C**); observando que ambos puntos cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L). Por ende, se establece que las muestras tomadas presentan un contenido normal de sólidos, iones y sustancias disueltas. A través del tiempo, se han reportado diferentes rangos de valores, resaltando que en el año 2020 se registraron concentraciones promedio bajas de 5 mg/L en P1 y 7 mg/L en P2; a diferencia, de los valores reportados para los otros años monitoreados (2019, 2016, 2015 y 2014), los cuales no cumplieron con el objetivo de calidad.

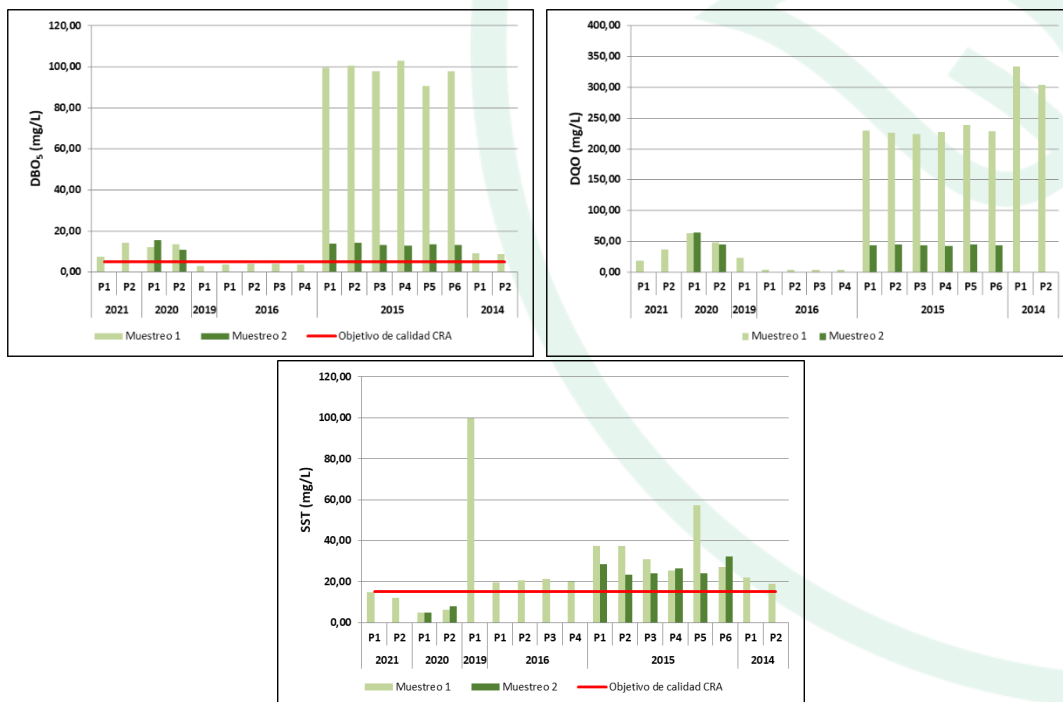


Figura 60. Variación de la DBO₅, DQO y Sólidos Suspendedos Totales (SST) en la Ciénaga San Juan de Tocagua en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



Para los Coliformes Termotolerantes (CTE) se presentó una concentración de 4900 NMP/100 mL en los dos puntos monitoreados; mientras que, los Coliformes Totales (CT) registraron valores de 14000 y 7900 NMP/100 mL en el punto 1 y 2, respectivamente (**Figura 61A y B**). Estas concentraciones de CTE no cumplen con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA (<2000 NMP/100 mL), ni con los CT sobrepasando el máximo establecido por la CRA (<5000 NMP/100 mL).

En el histórico de datos se puede observar que los CTE y CT, a lo largo de los años monitoreados, han reportado en el año 2020, 2019 y 2016, valores en algunos puntos que no cumplen con los objetivos de calidad; a excepción de los resultados obtenidos en todos los puntos monitoreados en el año 2015 y 2014.

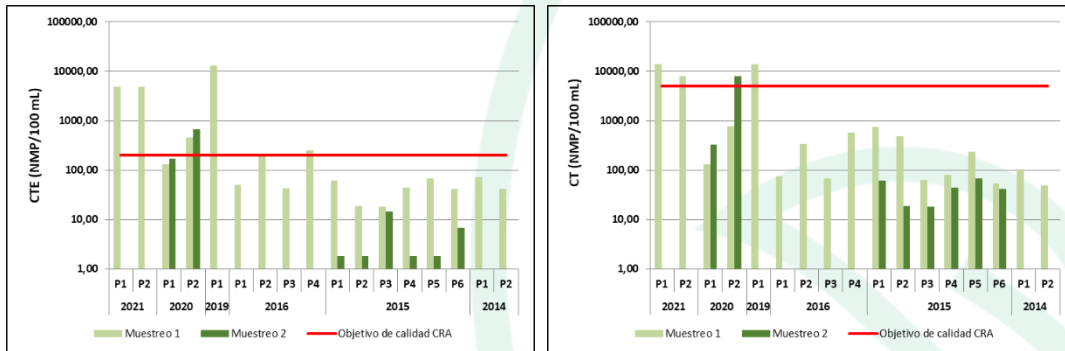


Figura 61. Variación de Coliformes termotolerantes y Coliformes totales en la Ciénaga San Juan de Tocagua en el monitoreo realizado en octubre de 2021, en comparación con monitoreos anteriores y los objetivos de calidad.

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



5.4. Índices de calidad de agua

5.4.1. Índice de calidad de agua (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.

5.4.1.1. 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%:

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

5.4.1.2. 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:



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

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

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

5.4.1.3. 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:

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

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

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

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

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

5.4.1.4. 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:

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

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

5.4.1.5. pH

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

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

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

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

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

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



Tabla 17. 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 18. 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 19. Valor obtenido (índice) – ICA 5 Variables

Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n Wi * I_{ikjt} \right)$	Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n Wi * I_{ikjt} \right)$
Punto 1(Ciénega Malambo)	0,70	Ciénega Balboa P1	0,63
Punto 2(Ciénega Malambo)	0,68	Ciénega Balboa P2	0,53
Punto 2(Bahía Mesolandia)	0,68	Ciénega Balboa P3	0,76
Punto 1(Bahía Mesolandia)	0,68	Punto1 Mallorcaín	0,75
Ciénega Luruaco P1	0,87	Punto2 Mallorcaín	0,71
Ciénega Luruaco P2	0,87	Punto3 Mallorcaín	0,70
Ciénega Tocagua P1	0,86	Punto4 Mallorcaín	0,74
Ciénega Tocagua P2	0,78	Punto5 Mallorcaín	0,70
Convento P1	0,65	Punto6 Mallorcaín	0,55
Convento P2	0,67	Punto7 Mallorcaín	0,74
Ciénega Sabanagrande P1	0,53	Punto1 Rincón	0,67
Ciénega Sabanagrande P2	0,58	Punto2 Rincón	0,64
Ciénega Santo Tomás P1	0,63	Punto3 Rincón	0,69
Ciénega Santo Tomás P2	0,63	Punto4 Rincón	0,71
Ciénega Palmar De Varela	0,61	Punto5 Rincón	0,56
Ciénega El Uvero P1	0,54	Punto6 Rincón	0,53
Ciénega El Uvero P2	0,65	Río Magdalena P1	0,59
Río Magdalena	0,75	Río Magdalena P2	0,59
Totumo P1	0,72	Ciénega Palmar De Varela P2	0,76



Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$	Puntos de muestreo	$ICA_{njt} = \left(\sum_{i=1}^n W_i * I_{ikjt} \right)$
Totumo P2	0,74	Ciénaga Manatie	0,64

Nota: se resalta que el cálculo se realizó de manera indicativa debido a que uno o más puntos presentaron valores por debajo del límite de cuantificación de DQO y SST.

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 campo para cada punto de monitoreo; se evidencia que el 37,5% de los puntos de monitoreo presentan una calidad **aceptable** y el 62,5% de los puntos presentaron una calidad **regular**.

5.4.2. 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 20. 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).

5.4.3. Índice de Contaminación por Materia Orgánica (ICOMO)

Conformado por Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), 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,

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

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

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



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

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

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

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

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:

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

5.4.4. Índice de Contaminación por pH (ICOpH)

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

Al reemplazar el valor obtenido de pH en la fórmula presentada, se puede obtener el índice de contaminación por pH –ICOpH.



Tabla 21. Resultado final de la determinación de ICOSUS/ICOMO/ICOpH.

Fecha	Puntos de monitoreo	Índice de contaminación			Puntos de monitoreo	Índice de contaminación		
		ICOSUS	ICOMO	ICOpH		ICOSUS	ICOMO	ICOpH
20/10/2021 – 06/11/2021	Punto 1(Ciénega Malambo)	0,000	0,637	0,020	Ciénega Balboa P1	0,261	0,386	0,070
	Punto 2(Ciénega Malambo)	0,017	0,544	0,015	Ciénega Balboa P2	0,793	0,387	0,132
	Punto 2(Bahía Mesolandia)	0,000	0,821	0,003	Ciénega Balboa P3	0,090	0,301	0,156
	Punto 1(Bahía Mesolandia)	0,000	0,817	0,003	Punto1 Mallorcaín	0,046	0,636	0,004
	Ciénega Luruaco P1	0,109	0,485	0,603	Punto2 Mallorcaín	0,259	0,306	0,020
	Ciénega Luruaco P2	0,013	0,603	0,708	Punto3 Mallorcaín	0,297	0,481	0,005
	Ciénega Tocagua P1	0,024	0,483	0,529	Punto4 Mallorcaín	0,064	0,309	0,002
	Ciénega Tocagua P2	0,016	0,590	0,529	Punto5 Mallorcaín	0,280	0,315	0,004
	Convento P1	0,000	0,537	0,079	Punto6 Mallorcaín	0,366	0,319	0,003
	Convento P2	0,000	0,563	0,141	Punto7 Mallorcaín	0,091	0,307	0,004
	Ciénega Sabanagrande P1	0,000	0,863	0,015	Punto1 Rincón	0,018	0,249	0,059
	Ciénega Sabanagrande P2	0,000	0,811	0,008	Punto2 Rincón	0,033	0,200	0,032
	Ciénega Santo Tomás P1	0,000	0,456	0,004	Punto3 Rincón	0,000	0,295	0,061
	Ciénega Santo Tomás P2	0,000	0,640	0,005	Punto4 Rincón	0,040	0,177	0,063
	Ciénega Palmar De Varela	0,000	0,655	0,009	Punto5 Rincón	0,028	0,113	0,089
	Ciénega El Uvero P1	0,457	0,631	0,007	Punto6 Rincón	0,421	0,670	0,026
	Ciénega El Uvero P2	0,000	0,626	0,014	Río Magdalena P1	0,672	0,654	0,020
	Río Magdalena	0,000	0,652	0,002	Río Magdalena P2	1,000	0,590	0,009
	Totumo P1	0,000	0,514	0,002	Ciénega Palmar De Varela P2	0,000	0,632	0,008
	Totumo P2	0,000	0,456	0,002	Ciénega Manatie	0,061	0,565	0,011
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 evaluada, obteniéndose que el índice de contaminación por pH en el 90% de los puntos no se presenta **ningún** grado de contaminación, un 5% presenta niveles **medios** de contaminación y el otro 5% presenta niveles **altos** de contaminación.

Para el índice de contaminación por sólidos suspendidos (ICOSUS), se encontró que en el 75% de los puntos no se presentan contaminados, el 12,5% de los cuerpos de agua analizados presentaron niveles **bajos** de contaminación; en los puntos ciénaga El Uvero P1 y Punto 6 Rincón se presentaron niveles **medios** de contaminación, para los puntos Ciénaga Balboa P2 y Río Magdalena P1 se presentaron niveles **altos** de contaminación y para el punto Río Magdalena P2 se presentaron niveles **muy altos** de contaminación.

Para el índice de contaminación por materia orgánica (ICOMO); registró que el 10% de los puntos presentan niveles muy altos de contaminación, un 27,5% de los puntos presentan niveles altos de contaminación, un 30% de los puntos presentan niveles medios de contaminación, un 25% presenta niveles bajos de contaminación y un 7,5% no presenta ningún grado de contaminación por materia orgánica.



6. CONCLUSIONES

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO C.R.A. realizó una caracterización físicoquímica y microbiológica de agua superficial por medio de mediciones *in situ* y la toma de muestras para analizar en laboratorio, en diferentes puntos de monitoreo ubicados en las ciénagas del departamento del Atlántico, de lo cual se concluye lo siguiente:

6.1. Cuenca del Río Magdalena

Con relación a los resultados de temperatura se establece que los puntos monitoreados en todas las ciénagas que conforman la cuenca del río Magdalena 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).

Asimismo, los valores reportados para el pH en todas las ciénagas monitoreados cumplen con los objetivos de calidad establecidos 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) e igualmente se cumple con los criterios para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces (4,5 a 9,0 UpH) del Decreto 1076 de 2015.

Los resultados reportados en la mayoría de las ciénagas presentan incumpliendo con el objetivo de calidad establecido por la CRA en la Resolución 258 de 2011 (>3 mg/L) y con el criterio de calidad para aguas cálidas dulces (4 mg/L) del Decreto 1076 del 2015; a excepción de los valores obtenidos en todos o en algunos de los puntos monitoreados en la ciénaga de Malambo, El Convento y los puntos en el río Magdalena.

De acuerdo con los resultados de la DBO₅, se establece el cumplimiento en la mayoría de las ciénagas monitoreados con relación al límite de control para la DBO₅ (<7 mg/L) indicado 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; a excepción de los valores reportados en la ciénaga Mesolandia y de Sabangrande.



Por su parte, para los SST se presentaron en la mayoría de las ciénagas resultados que cumplen con el objetivo de calidad para la cuenca establecido por la CRA (<30 mg/L); a excepción de los valores reportados en algunos de los puntos de la Ciénaga El Uvero y los puntos monitoreados en el río Magdalena.

Con respecto a la actividad microbiológica, se establece que en todas las ciénagas monitoreadas se presentan desviación de acuerdo con el objetivo de calidad para el periodo 2011-2020 establecido por la CRA, correspondiente a <2000 NMP/100 mL para Coliformes Termotolerantes (CTE) y el máximo establecido por la CRA de <5000 NMP/100 mL para Coliformes Totales (CT).

6.2. Cuenca Litoral

De acuerdo con los resultados reportados para la temperatura, pH y DBO₅, se establece que todas las ciénagas monitoreadas y que conforman la cuenca Litoral, cumplieron con los objetivos de calidad establecidos en la normativa de referencia. Por su parte, para el oxígeno disuelto, SST, CTE y CT, se obtuvieron resultados que no cumplieron con los límites estipulados, en todos los puntos monitoreados en cada ciénaga o en algunos de ellos.

6.3. Cuenca Canal del Dique

Los resultados reportados para la temperatura y el oxígeno disuelto en la ciénaga de Luruaco y en la ciénaga San Juan de Tocagua, permitieron establecer el cumplimiento de los objetivos de calidad. Mientras que, para el pH, DBO₅, SST, CTE y CT, se obtuvieron valores por encima de los límites estipulados en la normativa, en todos los puntos monitoreados en cada ciénaga o en uno de ellos.

SERAMBIENTE S.A.S.
Barranquilla, Colombia
04 de mayo de 2022

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





7. BIBLIOGRAFÍA

- APHA-AWWA-WEF (2017) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th Edition. New York, 2-24 a 2-26, método 2310.
- ANALITICA, B. (Abril de 2020). Obtenido de baireSANALITICA.com/dbo-demanda-bioquimica-de-oxigeno-dqo-demanda-quimica-de-oxigeno---news--5-11
- Climate-data.org. (s.f.). Obtenido de <https://es.climate-data.org/america-del-sur/colombia/atlantico/barranquilla-3539/>
- CONAGUA. (Diciembre de 2015). CONAGUA. Obtenido de Monitoreo de Calidad del Agua: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Contenido/Documentos/TF_CalidadAgua/Cali daddelAgua.pdf
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1594 de 1984.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. Decreto 703 de 2018.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM. Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1,00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de Calidad del agua superficial. 10 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y subterráneas, 2002





- Norma Técnica Colombiana NTC - ISO/IEC 17025:2005, Requisitos Generales de Competencia de Laboratorio de Ensayo y calibración.
- Romero, J. (2009). Calidad del agua (Tercera ed.). Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Lanza Espino, G. d. I., & Hernández Pulido, S. (2019). Variación de la calidad del agua de La Ciénega de Tláhuac, México. CIENCIA ergo-sum: revista científica multidisciplinaria de la Universidad Autónoma del Estado de México, 26(3), 1-20. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n3a4>
- Arredondo, J. L. (1993).- Fertilización y Fertilizantes: su uso y manejo en la Acuicultura. Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. México, D.F.
- Sawyer, CN y McCarty, PL (1978). Química para ingeniería ambiental (3ª ed.). Nueva York: McGraw-Hill Book Co.
- Sarmiento (2017). Microalgas como indicadores biológicos del estado trófico de las ciénagas de Malambo y Santo Tomás, en el departamento del Atlántico. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Ortiz, P.L.J. y Morgado, G.W.B. 2009. Evaluación de la calidad ambiental de la ciénaga de Balboa, Municipio de Puerto Colombia, Caribe Colombiano. Trabajo de grado para optar al título de microbiólogo. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Libre. Barranquilla, Colombia. 130 p.
- Broecker, W.S. 1974. Chemical oceanography. Hartcourt Brace J. Inc. 214 pp.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico - CRA. 2015. Resolución 279 de mayo 19 de 2015. Por medio de la cual se establecen unas directrices generales para la conservación de





la ciénaga El Rincón o el Lago del Cisne, departamento del Atlántico.FIODMO. (s.f.).
Obtenido de <https://www1.paho.org/per/images/stories/PyP/PER37/15.pdf>

- ANZECC & ARMCANZ (2000) Directrices de calidad del agua.



8. ANEXOS

A continuación, en la **Tabla 22** se relacionan los anexos del presente informe técnico.

Tabla 22. Anexos del informe técnico.

Anexo	Laboratorio	Archivos	Páginas
Anexo 1. Reportes de laboratorio	SERAMBIENTE S.A.S	Reporte SERAMBIENTE	12
	LIMA S.A.S	Reporte LIMA	20
Anexo 2. Formatos de campo	SERAMBIENTE S.A.S	Plan de monitoreo	2
		Planillas de campo	40
		Cadena de custodia	18
Anexo 3. Resolución de acreditación	SERAMBIENTE S.A.S.	Resolución 0052 de 2021	15
	LIMA S.A.S	Resolución 0391 de 2021	5

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

(FIN DEL INFORME)

