



Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras "José Benito Vives de Andrés"
Vinculado al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible

Diagnóstico y evaluación de la *Calidad de las Aguas Marinas y Costeras* del Caribe y Pacífico colombiano **2024** Informe Técnico



Serie de publicaciones periódicas
Número 4
Julio 2025

Santa Marta - Colombia
ISSN: 2389-8615

Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico colombianos

Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM



NODOS DE LA REDCAM



Corporación para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina



DIRECTIVOS INVEMAR

Director General

Francisco A. Arias Isaza

Subdirector Coordinación Científica (SCI)

Jesús Antonio Garay Tinoco

Subdirectora Administrativa (SRA)

Sandra Rincón Cabal

Coordinadora de Investigación e Información para Gestión Marina y Costera (GEZ)

Paula Cristina Sierra Correa

Coordinador del Programa Biodiversidad y Ecosistemas Marinos (BEM)

David Alonso Carvajal

Coordinadora del Programa Calidad Ambiental Marina (CAM)

Luisa Fernanda Espinosa

Coordinadora del Programa de Geociencias Marinas y Costeras (GEO)

Constanza Ricaurte Villota

Coordinador del Programa Valoración y Aprovechamiento de Recursos Marinos y Costeros (VAR)

Mario Rueda Hernández

Coordinador Servicios Científicos (CSC)

Juan Carlos Márquez Hoyos

EQUIPO TÉCNICO REDCAM DEL INVEMAR

LUISA FERNANDA ESPINOSA DÍAZ

Coordinadora del Programa CAM y de la REDCAM

PAOLA SOFÍA OBANDO MADERA

Jefe de Línea Evaluación y Seguimiento de la Calidad Ambiental Marina (ESC) y responsable de la REDCAM

JOSE FRANCISCO AVILA CUSBA

Investigador científico Línea ESC – Programa CAM

CARLOS ANDRÉS PACHECO VÉLEZ

Investigador científico Línea ESC – Programa CAM

JUAN FERNANDO SALDARRIAGA VELEZ

Investigador científico Línea ESC – Programa CAM

JAIR JOSE VALDÉS CARRASCAL

Auxiliar de investigación Línea ESC – Programa CAM

Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM):

Cesar Bernal, Lina Ortiz, Yurley Tatiana Zapata, Olga Díaz, Álvaro Robles, Halbin Serrano, Carol Montañez y Kelvin Varela.

Laboratorio de Servicios de Información (LABSIS):

Johnny Garcés, Janneth Beltrán y Omar Lugo

ELABORADO POR:

José Francisco Avila Cusba – Investigador científico
Carlos Andrés Pacheco Vélez – Investigador científico
Paola Sofía Obando Madera – Jefe línea ESC
Juan Fernando Saldarriaga Vélez – Investigador científico

REVISIÓN TÉCNICA:

Luisa Espinosa Díaz – Coordinadora Programa CAM

ENTIDADES PARTICIPANTES

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE - MINAMBIENTE

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA – CORALINA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA GUAJIRA – CORPOGUAJIRA

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL MAGDALENA – CORPAMAG

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL ATLÁNTICO– C.R.A.

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CANAL DEL DIQUE – CARDIQUE

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE SUCRE - CARSUCRE

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE – CVS

CORPORACIÓN PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE URABÁ- CORPOURABÁ

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DEL CHOCÓ – CODECHOCÓ

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL VALLE DEL CAUCA - CVC

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE NARIÑO – CORPONARIÑO

Citar informe completo como:

INVEMAR. 2025. *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico colombianos*. Cusba, J., Pacheco, C., Obando-Madera, P.S., & Espinosa, L.F. (eds.). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico final 2024, Santa Marta. 144 p.

Citar capítulo como:

Autores. 2025. Título. Intervalo de páginas. En: INVEMAR. 2025. *Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico colombianos*. Cusba, J., Pacheco, C., Obando-Madera, P.S., & Espinosa, L.F. (eds.). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico final 2024. Santa Marta 144 p

Edición de imagen:

Angie Alejandra Ramírez Niño – GEZ- CMC INVEMAR

AUTORES POR CAPÍTULO

Capítulo: ANÁLISIS NACIONAL DE LA CONTAMINACIÓN POR BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICOS

Juan Fernando Saldarriaga Vélez- INVEMAR
 Carlos Andrés Pacheco Vélez- INVEMAR
 José Francisco Avila Cusba- INVEMAR
 Paola Sofía Obando Madera - INVEMAR

Capítulo: ANÁLISIS NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Carlos Andrés Pacheco Vélez- INVEMAR
 Paola Sofía Obando Madera- INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Carlos Andrés Pacheco Vélez- INVEMAR
 José Francisco Avila Cusba – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Carlos Andrés Pacheco Vélez- INVEMAR
 José Francisco Avila Cusba – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE MAGDALENA

Carlos Andrés Pacheco Vélez- INVEMAR
 José Francisco Avila Cusba – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO

Carlos Andrés Pacheco Vélez – INVEMAR
 José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Laura Sofía Coral Chamorro – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

Carlos Andrés Pacheco Vélez- INVEMAR
 José Francisco Avila Cusba – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE SUCRE

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Carlos Andrés Pacheco Vélez – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Paola Sofía Obando Madera - INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE CHOCÓ

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Carlos Andrés Pacheco Vélez - INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Carlos Andrés Pacheco Vélez - INVEMAR

Análisis: DEPARTAMENTO DE NARIÑO

José Francisco Avila Cusba – INVEMAR
 Carlos Andrés Pacheco Vélez - INVEMAR



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	1
2. ÁREA DE ESTUDIO.....	2
3. METODOLOGÍA.....	3
4. ANÁLISIS NACIONAL DE LA CONTAMINACIÓN POR BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICOS	9
5. ANÁLISIS NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS.....	21
6. ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA.....	26
7. LA GUAJIRA	36
8. MAGDALENA	45
9. ATLÁNTICO	56
10. BOLÍVAR.....	67
11. SUCRE	77
12. CÓRDOBA	86
13. ANTIOQUIA.....	97
14. CHOCÓ.....	107
15. VALLE DEL CAUCA	116
16. NARIÑO.....	126
17. RESULTADOS DE SUBÍNDICES DE LAS VARIABLES ICAM DETERMINADOS EN ESTACIONES DE PÉSIMA CALIDAD A NIVEL NACIONAL	134
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	135
BIBLIOGRAFÍA.....	136



1. INTRODUCCIÓN

Con el propósito de vigilar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos y costeros del Caribe y Pacífico colombianos, y hacer seguimiento a las actividades y fuentes de contaminación que los afectan, desde el año 2001 se creó la “Red de Vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia (REDCAM)”, un programa nacional de cooperación interinstitucional para el monitoreo ambiental marino, coordinado por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), en el que participan las 12 corporaciones autónomas regionales con injerencia marina, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, C.R.A., CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO, y es apoyada por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente).

La REDCAM tiene como objetivo principal Contribuir con las bases científicas sobre la calidad ambiental marino costera de Colombia, así como mantener una red de monitoreo que comprenda la franja marino-costera, de manera que posibilite el manejo integrado y aprovechamiento sostenible de sus aguas, sedimentos y recursos naturales asociados. Para cumplir con este objetivo, la REDCAM ha evaluado la calidad del agua marina y costera en aproximadamente 360 estaciones distribuidas en el Caribe y Pacífico colombiano. A lo largo de este período, que abarca desde el año 2001 hasta la actualidad, se han recopilado más de 600.000 registros relacionados con la calidad de las aguas marinas y costeras de Colombia.

Tras 23 años de funcionamiento ininterrumpido, en el año 2024, se realizó el monitoreo en 11 de los 12 departamentos con jurisdicción costera del país, dando continuidad al fortalecimiento que se viene realizando desde el año 2017, se incluyeron los muestreos de microplásticos y basura marina, en zonas priorizadas de los litorales marinos y costeros del país.

El presente informe técnico contiene el diagnóstico de calidad de aguas marinas y costeras definida mediante el índice de calidad de aguas marinas y costeras - ICAM, en las estaciones REDCAM distribuidas en Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Chocó, Valle del Cauca y Nariño. Adicionalmente se presentan los registros de fuentes de contaminación presentes en los departamentos marinos y costeros de Colombia, con el fin de conocer la relación de las actividades antrópicas y los resultados de calidad de agua del territorio.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La REDCAM cuenta con aproximadamente 360 estaciones distribuidas a lo largo de los 12 departamentos costeros de Colombia (Figura 2-1). Durante el año 2024, se monitoreó un total 208 estaciones de calidad de aguas (163 en el Caribe y 45 en el Pacífico), distribuidas en 11 de los 12 departamentos costeros de Colombia (Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba, Antioquia, Chocó, Valle del Cauca y Nariño).

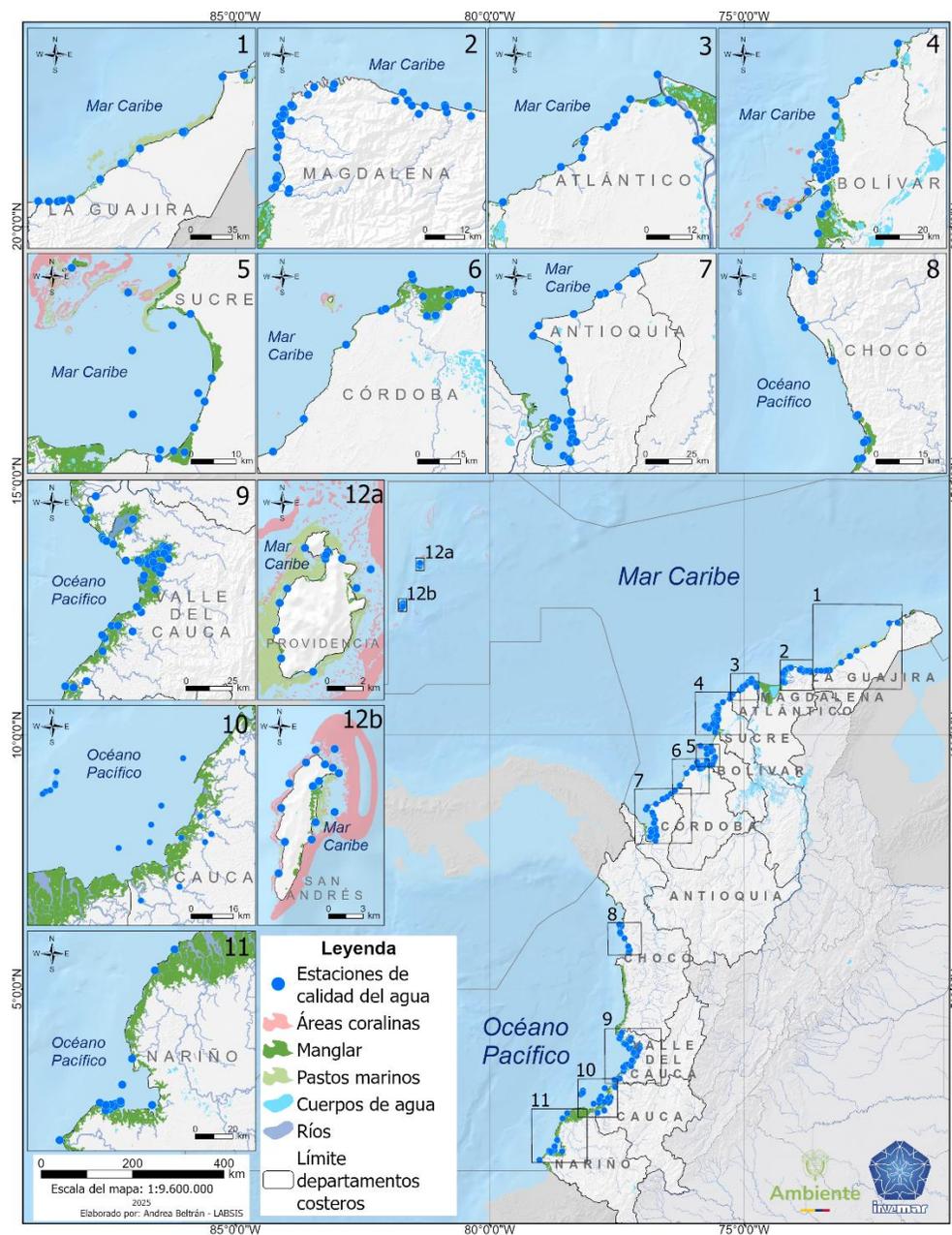


Figura 2-1. Mapa de la red de estaciones histórica de monitoreo de la REDCAM, en las costas del Caribe y del Pacífico colombianos.

3. METODOLOGÍA

Durante el año 2024, INVEMAR con el respaldo de las CAR, llevó a cabo los muestreos en los departamentos de San Andrés Islas, La Guajira, Magdalena, Atlántico, Sucre, Córdoba, Antioquia, Chocó, Valle del Cauca y Nariño (Figura 3-1).

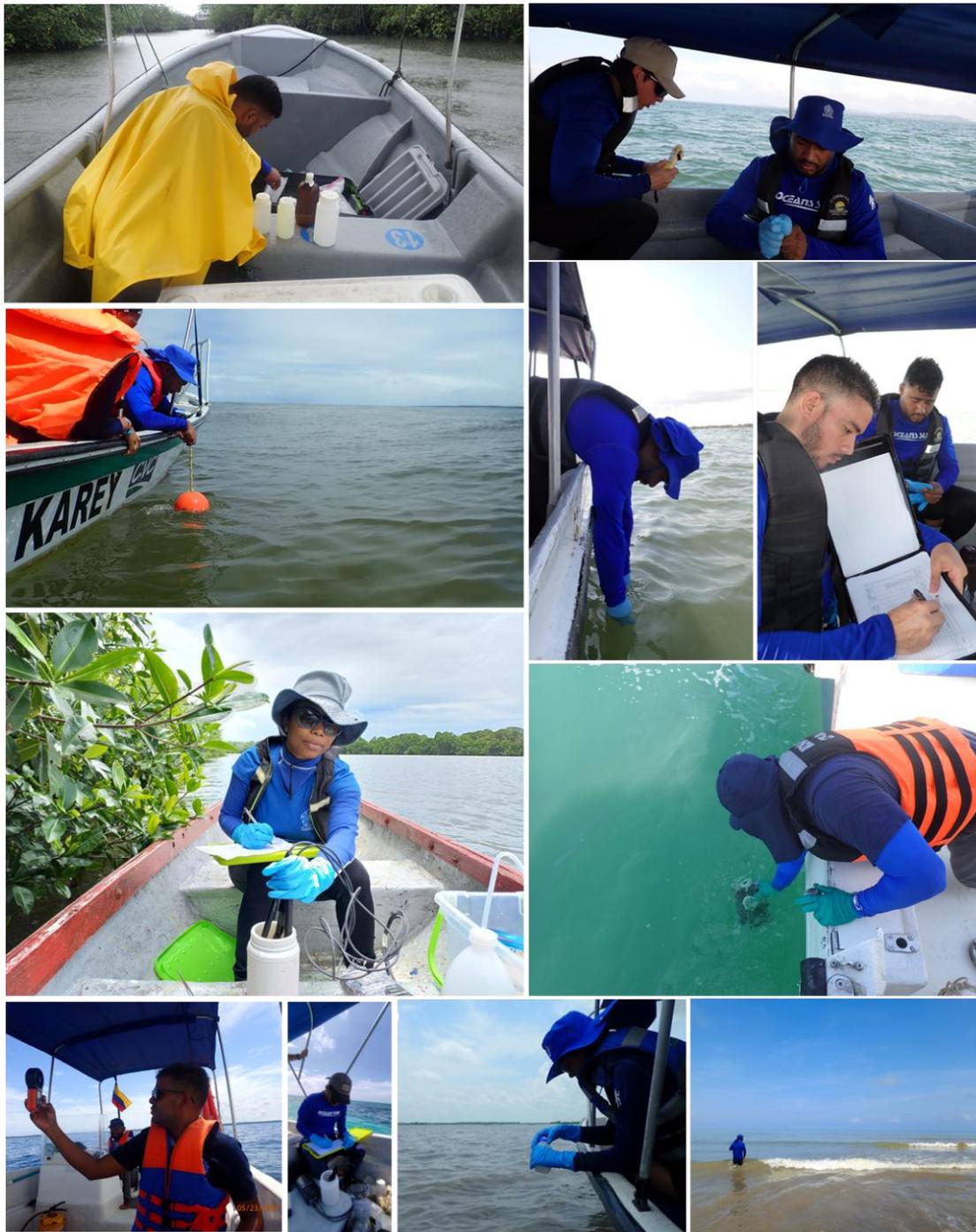


Figura 3-1. Toma de datos *in situ* y muestras de agua en las estaciones REDCAM año 2024.

En todas las estaciones de muestreo se midieron las variables *in situ*, temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, utilizando equipos portátiles previamente calibrados (Tabla 3-1). Además, se recolectaron muestras de agua para analizar en laboratorio variables fisicoquímicas, microbiológicas, contaminantes orgánicos (hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno).

Tabla 3-1. Variables fisicoquímicas medidas en el agua superficial de las estaciones de muestreo.

Tipo variable	Nombre variable	Método	Unidades medida	Referencia
Fisicoquímicos	Salinidad	Medición electrométrica acoplado a sonda		APHA et al., 2017 (SM 2520-B)
	Conductividad	Medición electrométrica acoplado a sonda	mS/cm	APHA et al., 2017 (SM 2520-B)
	pH	Medición potenciométrica con sonda de pH	Unidad	APHA et al., 2017 (SM 4500-H B)
	Oxígeno disuelto	Método óptico por luminiscencia	mg/L	ISO 17289:2014
	Temperatura (A)	Medición electrométrica con termocupla acoplada a sonda portátil	°C	APHA et al., 2017 (SM 2550 B)
	Transparencia Secchi	Medición con Disco Secchi	m	Garay, J. 2003

Los análisis de las muestras tomadas en 2024, se realizaron en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) del INVEMAR, siguiendo las metodologías estandarizadas para las variables de calidad de aguas (Tabla 3-2) y acorde a los procedimientos de muestreo del manual técnicas ([Garay et al., 2003](#)) y las recomendaciones del Standard Methods ([APHA et al., 2017](#)).

Tabla 3-2. Parámetros y metodologías utilizadas en la Unidad de Laboratorios de Calidad Ambiental Marina (LABCAM) del INVEMAR para las muestras de la REDCAM.

Tipo variable	Nombre variable	Método	Unidades medida	Referencia
Fisicoquímicos	Sólidos Suspendidos Totales	Filtración en membrana de fibra de vidrio / secado 103-105°C / gravimetría	mg/L	APHA et al., 2017 (SM 2540-D)
	Nut. Amoniacó	Método colorimétrico del azul de indofenol	µg/L	Strickland y Parsons, 1972
	Nut. Fósforo reactivo disuelto	Método colorimétrico del ácido ascórbico	µg/L	Strickland y Parsons, 1972
	Nut. Nitritos	Método Colorimétrico de la Sulfanilamida	µg/L	Strickland y Parsons, 1972
	Nut. Nitratos	Reducción con cadmio y determinación espectrofotométrico	µg/L	Strickland y Parsons, 1972
	Silicato	Molibdato-ácido ascórbico según Koroleff, determinación espectrofotométrica	µg/L	MANUAL UNESCO/COI:1983 12,
	COT (agua)	Método de combustión catalítica y determinación por analizador de carbono total	mg/L	APHA et al., 2017 (SM 5310 B)
	COT (sedimento)	Oxidación seca	%	ISO 11464:2006, NTC 5403 método A:2013
	Fósforo total	Digestión con persulfato de potasio y cuantificación colorimétrica de ácido ascórbico	µg/L	APHA et al., 2017 (SM 4500-P B modificado), Strickland Y Parsons, 1972
	Turbidez	Medición Nefelométrica con turbidímetro	NTU	APHA et al., 2017 (SM 2130 B)

Tipo variable	Nombre variable	Método	Unidades medida	Referencia
	Clorofila a	Método tricromático por Espectrofotometría	µg/L	APHA et al., 2017 (SM 10200 H)
	Granulometría	Gravimétrica dispersión con hexametáfosfato de sodio y cribado en tamices	%	Dewis y Freitas, 1984
Plagucidas organoclorados	Aldrin, 4,4'-DDD, 4,4'-DDE, 4,4'-DDT, Dieldrin, Heptacloro, Heptacloro Epoxido, Alfa-BHC, Beta-BHC, Gamma-BHC, Delta-BHC, Endosulfan I, Endosulfan II, Endosulfan Sulfato, Endrin Aldehído, Endrin Cetona, Endrin, Methoxiclora, Alfa-Clordano, Gama-Clordano	Extracción Soxhlet, fraccionamiento en columna de florisil y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM	ng/g	EPA 3540C:1996 Rev 3, EPA 3620C:2014 Rev 4, EPA 8270E:2018 Rev 6
Plagucidas de uso actual	Demeton O, Demeton S, Diclorvos, Dimetoato, Fention, Malation, Mevinfos, Metil paration, Etil Paration (Paration), Forato, Sulfotep (Tetraethylthiopyrophosphate), Clorpirifos, Diazinon, Disulfuton, Ronnel, Clorotalonil, Etoprop, Bromacil, Tokuthion, Cis-Permetrina, Trans-Permetrina, Tricloronato, Stirophos, EPN	Extracción Soxhlet, fraccionamiento en columna de florisil y lectura cromatográfica GC-MSD Modo SIM	ng/g	EPA 3540C:1996 Rev 3, EPA 3620C:2014 Rev 4, EPA 8270E:2018 Rev 6
Hidrocarburos	Hidrocarburos del petróleo disueltos y dispersos equivalentes de Criseno	Extracción líquido-líquido con diclorometano y determinación fluorométrica.	µg/L	MANUAL N°13, UNESCO/COI:1984
Hidrocarburos aromáticos policíclicos HAP's	Naftaleno, Acenafteño, Acenafileno, Antraceno, Benzo(a)antraceno, Benzo(a)pireno, Benzo(b)fluoranteno, Benzo(g,h,i)perileno, Criseno, Dibenzo(a,h)antraceno, Fluoreno, Indeno(1,2,3-cd)pireno, Fenantreno, Pireno, Benzo(k)fluoranteno]:	Extracción soxhlet, fraccionamiento sílica:alúmina y cuantificación por GC-MSD	ng/g	EPA 3540C:1996 Rev 3, EPA 3630C:1996 Rev 3, EPA 8270E:2017 Rev 6
Metales totales	Cadmio, Cobre, Hierro, Níquel, Plomo, Zinc, Cromo	Digestión asistida por microondas y cuantificación por espectrometría AA llama	µg/g	EPA 3052:1996 Rev .., APHA et al., 2017 (SM 3111-B)
	Mercurio	Mercurio en sólidos y solución por descomposición térmica, amalgamación y espectrometría de absorción atómica.	ng/g	EPA 7473:2007 Rev 0
Microbiológicos	Coliformes Totales	Fermentación en tubos múltiples	NMP/100 mL	APHA et al., 2017 (SM 9221 B)
	Coliformes Termotolerantes	Fermentación en tubos múltiples	NMP/100 mL	APHA et al., 2017 (SM 9221 E)
	Enterococos	Filtración por membrana	UFC/ 100 mL	ISO 7899:2:2000

Aplicación del Índice de Calidad del agua marina y costera -ICAM

Con el objetivo de evaluar la calidad del agua marina y estuarina, se calculó el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras para la preservación de flora y fauna (ICAM). Este índice es una herramienta que permite analizar la tendencia y las variaciones de la calidad del agua marina y estuarina, para lo cual se han definido las variables de acuerdo al tipo de agua (Tabla 3-3), integrando la información de ocho variables mediante una ecuación de promedio geométrico ponderado (Ecuación 1). Estas variables representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua en función de los criterios de calidad nacionales o valores de referencia internacionales para la preservación de la flora y fauna ([Vivas-Aguas et al., 2017](#); [Vivas-Aguas et al., 2025](#)).

Tabla 3-3. Variables para el cálculo del ICAM de acuerdo al tipo de agua. Fuente: Elaboración propia.

Agua marina	Agua estuarina
1. Oxígeno Disuelto (OD)	1. Oxígeno Disuelto (OD)
2. pH	2. pH
3. Nitratos (N-NO ₃ ⁻)	3. Nitratos (N-NO ₃ ⁻)
4. Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	4. Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)
5. Sólidos Suspendidos Totales (SST)	5. Sólidos Suspendidos Totales (SST)
6. Carbono Orgánico Total (COT)	6. Carbono Orgánico Total (COT)
7. Coliformes Termotolerantes (CTE)	7. Coliformes Termotolerantes (CTE)
8. Hidrocarburos del petróleo Disueltos y Dispersos equivalentes de Criseno (HPDD)	8. Clorofila a (CLA a)

Con los valores de cada variable, se aplican las curvas de calidad para obtener los subíndices que arrojan un valor adimensional que se integran a través la ecuación de agregación (Ecuación 1), para calcular el ICAM. Información adicional sobre el proceso metodológico para el cálculo del ICAM se pueden consultar en la ficha metodológica y en el documento metodológico del ICAM ([Vivas Aguas et al., 2022](#)) disponible en <https://icam-invemar.opendata.arcgis.com/>.

$$ICAM = \left(\prod_{j=1}^m x_j^{w_j} \right)^{\frac{1}{\sum_{j=1}^m w_j}} \text{ Ecuación 1}$$

Donde,

j = subíndice asociado a las variables consideradas para el cálculo del ICAM, que toma valores entre 1 y m

m = cantidad de variables

x_j = valor del indicador (subíndice de calidad) de cada variable j

w_j = factor de ponderación (peso) de la variable j

$$ICAM = \left[(X_{OD})^{0.16} \times (X_{pH})^{0.12} \times (X_{SST})^{0.13} \times (X_{COT})^{0.13} \times (X_{CTE})^{0.14} \times (X_{HPDD})^{0.12} \times (X_{NO3})^{0.09} \times (X_{PO4})^{0.13} \right]^1 / \sum_{j=1}^m w_j$$

El ICAM se aplicó en las estaciones que cumplían con el tipo de agua marina o estuarina y el número mínimo de parámetros para su cálculo. Dependiendo del resultado de calidad del agua arrojado por el ICAM, se proponen algunas alternativas de manejo, mediante las cuales se puede reducir o mitigar el impacto sobre el ecosistema que esté siendo afectado (Tabla 3-4). Para mayor información, se puede consultar la hoja metodológica del indicador, a través del enlace <https://icam-invemar.opendata.arcgis.com/>.

Tabla 3-4. Escala de Valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM), y opciones de medidas que se pueden optar según la valoración del indicador ICAM (Modificado de [Marín, 2001](#)).

Escala de calidad	Categorías	Descripción	Opciones de medidas a optar
Óptima	90-100	Calidad excelente del agua.	Continuar con el monitoreo.
Adecuada	70-90	Agua con buenas condiciones para la vida acuática.	Caracterización, diagnóstico y verificación.
Aceptable	50-70	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso.	Monitoreo y evaluación fisicoquímicos y tóxicos semestral.
Inadecuada	25-50	Agua que presenta muchas restricciones de uso.	Monitoreo/bioensayos/medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos, plan de contingencia trimestral.
Pésima	0-25	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado.	Monitoreo y seguimiento /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de choques trimestral.



ANÁLISIS NACIONAL DE LA CONTAMINACIÓN POR **BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICOS**

Por:

*Juan Fernando Saldarriaga Vélez
Carlos Andrés Pacheco Vélez
José Francisco Avila Cusba
Paola Sofía Obando Madera*

4. ANÁLISIS NACIONAL DE LA CONTAMINACIÓN POR BASURA MARINA Y MICROPLÁSTICOS

El rápido aumento del volumen de la basura marina durante los últimos años, ha generado que esta sea una de las principales problemáticas de contaminación a nivel mundial ([Ita-Nagy et al., 2022](#); [Schnurr et al., 2018](#)), debido a los impactos negativos sobre los ecosistemas marinos y costeros; además de representar un riesgo para la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos y el sustento humano. A pesar de las iniciativas y esfuerzos globales, se estima que la cantidad de basura marina plástica en los océanos está aproximadamente entre 75 – 199 millones de toneladas ([UNEP 2021](#)). Además, se estima que los aportes mundiales procedentes de fuentes terrestres podrían triplicarse en un escenario sin cambios y en ausencia de intervenciones, pasando de 9-14 millones de toneladas anuales calculadas en 2016, a 23-27 millones de toneladas anuales en 2040 ([UNEP 2021](#)). Por lo anterior, es imprescindible abordar esta problemática global desde múltiples enfoques y perspectivas socioeconómicas, tecnológicas, educativas, culturales y científicas ([Garcés-Ordóñez et al., 2020](#)).

En Colombia se producen aproximadamente 24,8 millones de toneladas de residuos sólidos al año, con una tasa de reciclaje cercana al 16 % para el año 2021 ([DANE, 2023a](#)). De acuerdo con la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios – SSPD ([2023](#)), en el año 2023 se aprovecharon un total de 2.402.810 toneladas de residuos sólidos por los prestadores de las actividades de aprovechamiento. Lo anterior, evidencia que para Colombia se debe seguir fomentando el reciclaje, apoyar la responsabilidad extendida del productor y mejorar la política integral de residuos sólidos para reducir su impacto ambiental negativo sobre los ecosistemas marinos y costeros de la región Caribe y Pacífico de Colombia, los cuales por su alta biodiversidad y servicios ecosistémicos, representan el capital natural que sostiene la economía y cultura de las poblaciones costeras del país ([DNP, 2020](#)).

En el marco de la red de monitoreo REDCAM, mediante los esfuerzos técnicos y de cooperación interinstitucional entre las autoridades ambientales nacionales, regionales e INVEMAR, se ha dado continuidad al monitoreo de basura marina y microplásticos en playas priorizadas del Caribe y Pacífico colombiano. Esto con el objetivo de consolidar y propender por un sistema de monitoreo nacional de Basura Marina y Microplásticos, que contribuya al reporte de información para la generación de conocimiento sobre la problemática ambiental por basura marina en ecosistemas marinos y costeros colombianos y brinde soporte para la formulación de políticas públicas orientadas a la solución de esta problemática.

Durante el año 2024, se recolectaron muestras de 56 playas ubicadas en 11 de los 12 departamentos marino costeros de Colombia; ocho (8) en la región Caribe (Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, La Guajira, Magdalena, Atlántico, Bolívar, Sucre, Córdoba y Antioquia), y tres (3) en la región Pacífico (Chocó, Valle del Cauca y Nariño) (Figura 4-1).



Figura 4-1. Estaciones de monitoreo REDCAM de basura marina y microplásticos año 2024.

Los monitoreos se realizaron la época seca en la región Caribe, entre los meses de enero y junio, y en diciembre; y en la época lluviosa para la región Caribe y época de altas precipitaciones en la región Pacífico, entre los meses de mayo y julio ([IDEAM, 2024](#)). Cabe destacar que, durante el año 2024, las condiciones climáticas predominantes en la región caribe durante los meses de enero a abril fueron secas, con índices de precipitación por debajo de lo normal ([IDEAM, 2024](#)), mientras que el periodo comprendido entre junio y agosto predominó la época lluviosa con índices de precipitación por encima y muy por encima de lo normal para la región caribe ([IDEAM, 2024](#)). En la región del pacífico predominaron durante todo el año altas precipitaciones, con meses puntuales de bajas precipitaciones en Valle del Cauca durante enero, y en septiembre y noviembre en Nariño ([IDEAM, 2024](#)).

Basura marina

En las playas de arena priorizadas de Colombia, la basura marina más abundante fue plástico, con un 86 %, seguido de vidrio y otros, con un 3 % cada uno (Figura 4-2). En los ecosistemas de playa priorizados en los departamentos de las regiones Caribe y Pacífico, predominó la basura marina plástica, con valores comprendidos entre el 50 y 100 % del total de residuos sólidos cuantificados (Figura 4-2). Entre los materiales plásticos encontrados, se destaca la presencia de botellas de agua y otras bebidas, bolsas de compras, utensilios, envolturas de alimentos, vasos desechables, entre otros.

A nivel departamental, la mayor diversidad en la composición de la basura marina en el caribe colombiano, se presentó en el departamento del Atlántico, con reportes de plástico (65 %), Otros (13 %), vidrio (6 %), metal, papel, madera (4 % c/u) y textil 3 % (Figura 4-2). Esto puede estar asociado con el alto desarrollo de diversas actividades antrópicas como la urbanización costera, industria turística, comercio y actividades de pesca y marítimas. Así mismo, se destaca la contribución del río Magdalena como vía de transporte de residuos sólidos provenientes de las principales ciudades de Colombia hacia las zonas costeras ([INVEMAR, 2024](#)). Además, debido a la ausencia de una barrera natural de ecosistema de manglar a lo largo de la costa, estos desechos pueden arribar a las playas por acción del viento y las corrientes ([Rangel-Buitrago et al., 2018](#))

En relación con la región del Pacífico, la mayor diversidad en la composición de la basura marina se presentó en el departamento de Nariño, con reportes de plástico (78 %), vidrio (8 %), otros (4 %), metal y textil (3 % c/u), y papel y madera (2 % c/u) (Figura 4-2). Lo anterior, puede estar asociado con el tipo de playas priorizadas en el departamento de Nariño, las cuales son predominantemente de tipo urbano ya que están ubicadas en el casco urbano del municipio de San Andrés de Túmaco; estas playas están sometidas a una mayor diversidad de fuentes de contaminación, producto de actividades antrópicas realizadas, en comparación con las playas priorizadas en los departamentos de Valle del Cauca y Chocó que están tipificadas como rurales (Figura 4-2). Debido a las dinámicas marino costeras y climatológicas la basura marina puede ser arrastrada a las zonas de playa, no obstante, en las playas urbanas hay mayor acumulación de diversos tipos basura marina debido a que son dispuestas de manera directa en estos ecosistemas ([INVEMAR, 2023](#)).

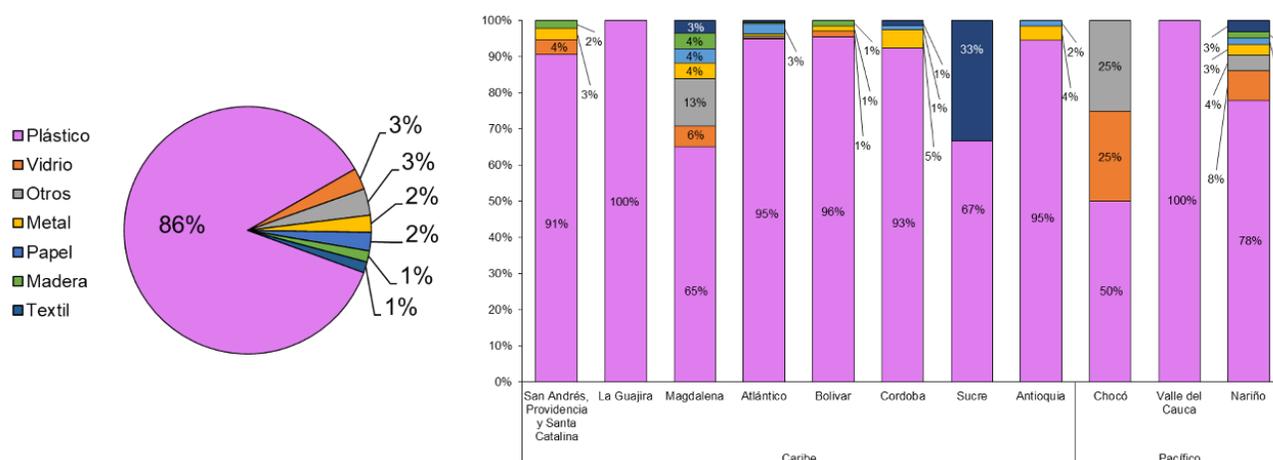


Figura 4-2. Proporción de la clasificación de basura marina en los muestreos en playas priorizadas de Colombia a nivel nacional y departamental. Muestras recolectadas en el año 2024.

En la región Caribe la abundancia de basura marina en arena de playa osciló entre 0,0 y 4,24 ítems/m² (Figura 4-3). Durante los muestreos realizados en época lluviosa, las mayores abundancias de basura marina se presentaron en Playa Puerto Colombia, seguida de Playa Punta Astillero, departamento del Atlántico; y Playa Los Córdoba, en el departamento de Córdoba, con 4,00; 1,62 y 1,36 ítems/m² respectivamente (Figura 4-3). En contraste, las menores abundancias de basura marina durante esta época se reportaron en las playas de Puerto Velero, Caño Dulce y Santa Verónica, departamento del Atlántico, con concentraciones que oscilaron entre 0,07 a 0,18 ítems/m² (Figura 4-3).

Durante los muestreos realizados en época seca, las mayores concentraciones se presentaron en la estación Playa Miramar, en el departamento del Atlántico, seguida de Playa Los Cocos, en el departamento del Magdalena, con 4,24 y 2,04 ítems/m² respectivamente (Figura 4-3). A pesar de que durante la época seca el transporte de sedimentos por parte de los ríos es menor que en épocas lluviosas ([IDEAM, 2024](#); [Campos Herrera et al 2025](#)), la zona costera del departamento del Atlántico, sigue recibiendo aportes de basura del río Magdalena, debido a la dinámica marino-costera; y en la zona urbana de Santa Marta, principalmente en la playa Los Cocos la presencia de basura marina se debe a las descargas del río Manzanares, que atraviesa toda la ciudad y tributa sus aguas en las inmediaciones de esta playa; sumado al manejo y disposición inadecuada de los residuos sólidos, lo cual favorece la dispersión de basura marina ([INVEMAR, 2024](#)).

Por otra parte, en Playa Cristal departamento del Magdalena y en playa Palomino departamento de La Guajira, no se registró basura marina. Playa Cristal se encuentra dentro de la jurisdicción del Parque Nacional Natural Tayrona, lo que proporciona condiciones de protección y manejo que fomentan la conservación y el uso sostenible de este ecosistema para fines turísticos. Playa Palomino, aunque está catalogada como un atractivo turístico por sus paisajes naturales, no cuenta con una figura de protección, lo que podría contribuir a la contaminación por basura marina debido al crecimiento turístico ([Acosta-Coley et al. 2019](#)), sin embargo, factores naturales como ser una costa abierta, la fuerte influencia de las corrientes, los vientos alisios y fenómenos de surgencia

en el departamento pueden contribuir a que estos contaminantes no se depositen en las playas, alejándolos de la costa ([Acosta-Coley et al. 2019](#); [Franco-Herrera et al., 2022](#); [INVEMAR, 2024](#)).

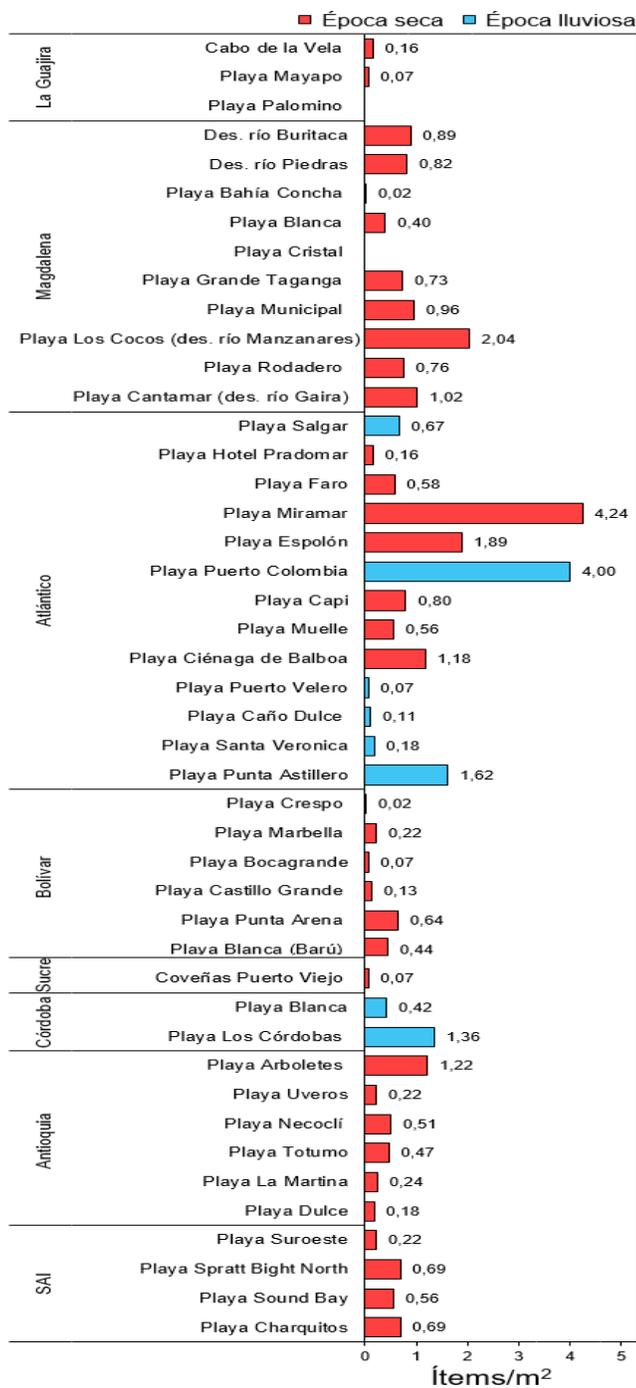


Figura 4-3. Abundancia de basura marina en las playas turísticas del Caribe, registradas en los muestreos realizados en época seca y lluviosa 2024.

En la región del Pacífico colombiano, las abundancias de basura marina reportadas oscilan entre 0 y 1,69 ítems/m² (Figura 4-4), en playa Huina en el departamento de Chocó, y en Salahonda y Bocagrande, departamento de Nariño, no se registró basura marina; mientras que, en Playa Liceo, departamento de Nariño se registraron 1,69 ítems/m² (Figura 4-4). La baja acumulación de basura marina en las playas del Pacífico, comparadas con las de Caribe, se deben a la dinámica de las mareas, cuyo rango mareal excede los 4 m (Alvarez et al., 2018), lo que permite que la basura marina se acumule en las zonas de reposo y transición de las playas, o sea sacada a mar abierto.

En conclusión, la acumulación de basura marina en las playas, se asocian tanto a factores antrópicos, como el desarrollo de actividades turísticas, la urbanización costera, la escorrentía urbana y las actividades industriales, portuarias y comerciales, como a factores naturales, incluyendo las dinámicas marino-costeras, las corrientes oceánicas y la geomorfología de las playas (INVEMAR, 2024; Rangel-Buitrago y Gracia., 2024).

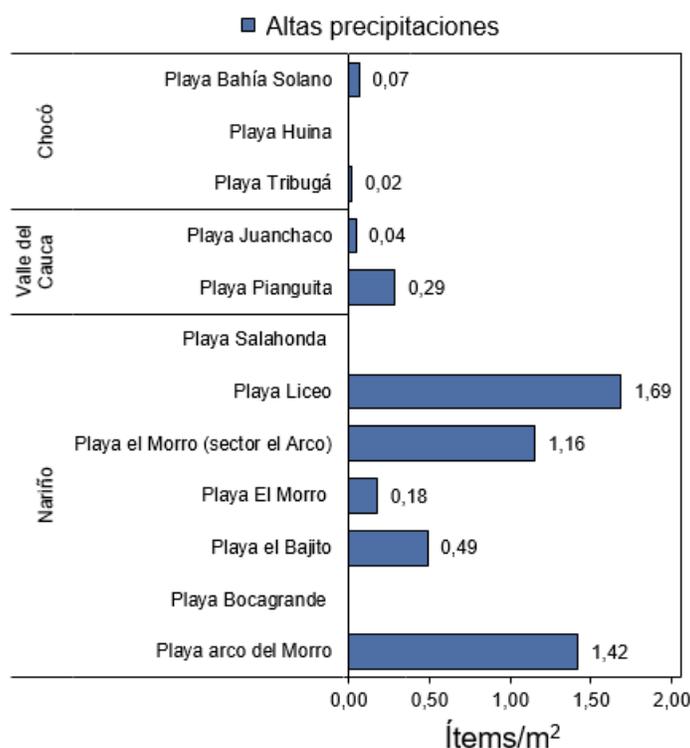


Figura 4-4. Abundancia de basura marina en las playas turísticas del Pacífico, registradas en los muestreos realizados en época de altas precipitaciones 2024.

Al comparar los resultados del año 2024 con los de 2023, se observó una disminución en la abundancia de basura marina en la región Caribe, específicamente en los departamentos de Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira. Sin embargo, hubo algunas excepciones, en Playa Puerto Colombia (Atlántico), la concentración aumentó de 0,80 ítems/m² en 2023 a 4 ítems/m² en 2024, y en Playa Rodadero (Magdalena) pasó de 0,60 ítems/m² en 2023 a 0,76 ítems/m² en 2024 (Figura 4-5).

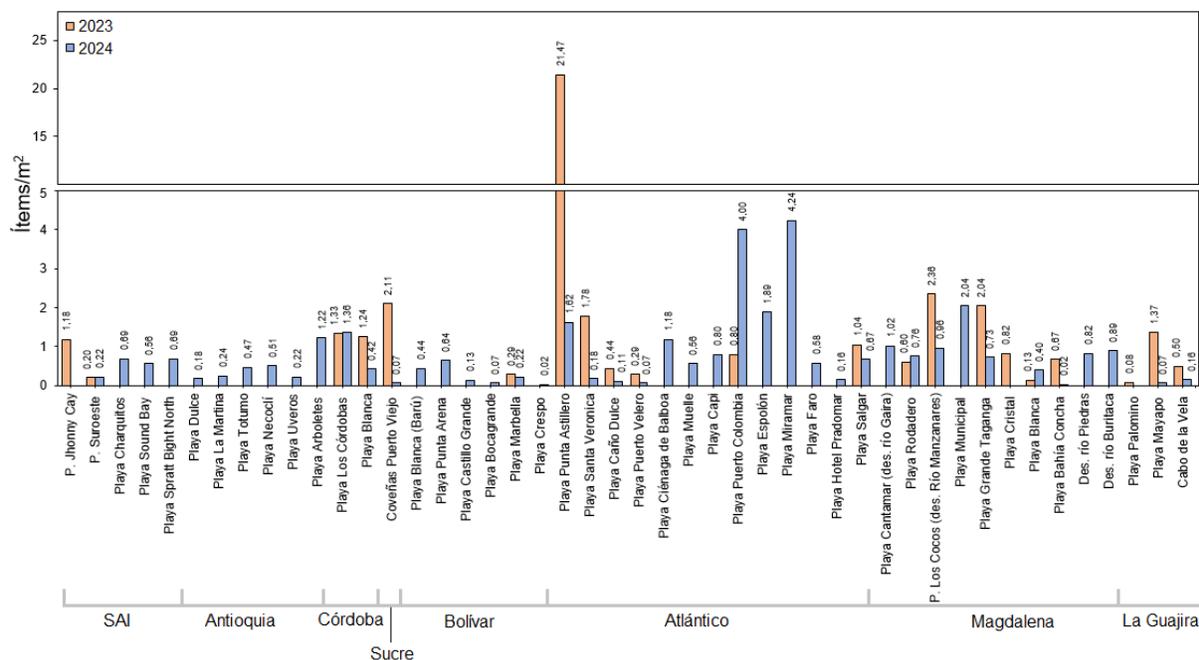


Figura 4-5. Abundancia de basura marina en las playas turísticas del Caribe, registradas en los muestreos realizados en el año 2023 y 2024.

Por el contrario en el Pacífico, las concentraciones de basura marina incrementaron respecto al año 2023 (Figura 4-6), particularmente en Playa Liceo (Nariño), con 1,69 ítems/m².

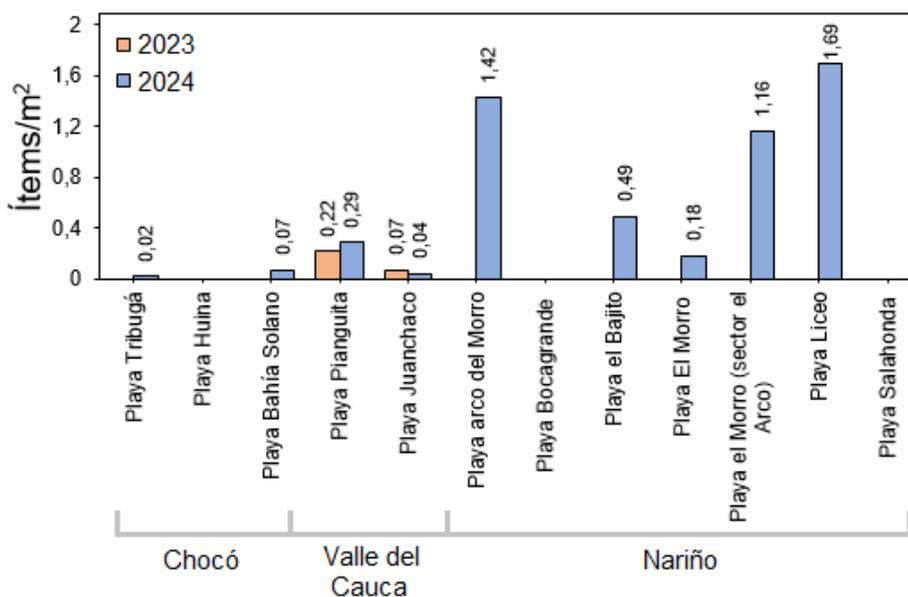


Figura 4-6. Abundancia de basura marina en las playas turísticas del Pacífico, registradas en los muestreos realizados en el año 2023 y 2024.

Microplásticos

En el 2024, la abundancia de microplásticos en playas priorizadas en el Caribe colombiano, osciló entre 0 y 1.644 ítems/m² (Figura 4-7). Durante la época lluviosa, las mayores concentraciones se presentaron en la estación Playa Los Córdoba, departamento de Córdoba, seguido de Punta Astillero y Puerto Colombia en el departamento del Atlántico, con 1.347, 1.302 y 1.094 ítems/m² respectivamente. Durante la época lluviosa, las menores concentraciones de microplásticos se registraron en Playa Galilea, departamento de Córdoba y Playa Santa Verónica, departamento del Atlántico, con 44 y 57 ítems/m² respectivamente.

Durante le época seca, las mayores concentraciones se registraron en la estación de Playa Arboletes, departamento de Antioquia, Playa Miramar y Puerto Velero en el departamento de Atlántico con 1.644, 972 y 608 ítems/m² respectivamente. En contraste, durante la época seca las menores concentraciones se reportaron en Playa Palomino y Cabo de la Vela, departamento de La Guajira, seguidas de Playa Cantamar, departamento del Magdalena (Figura 4-7).

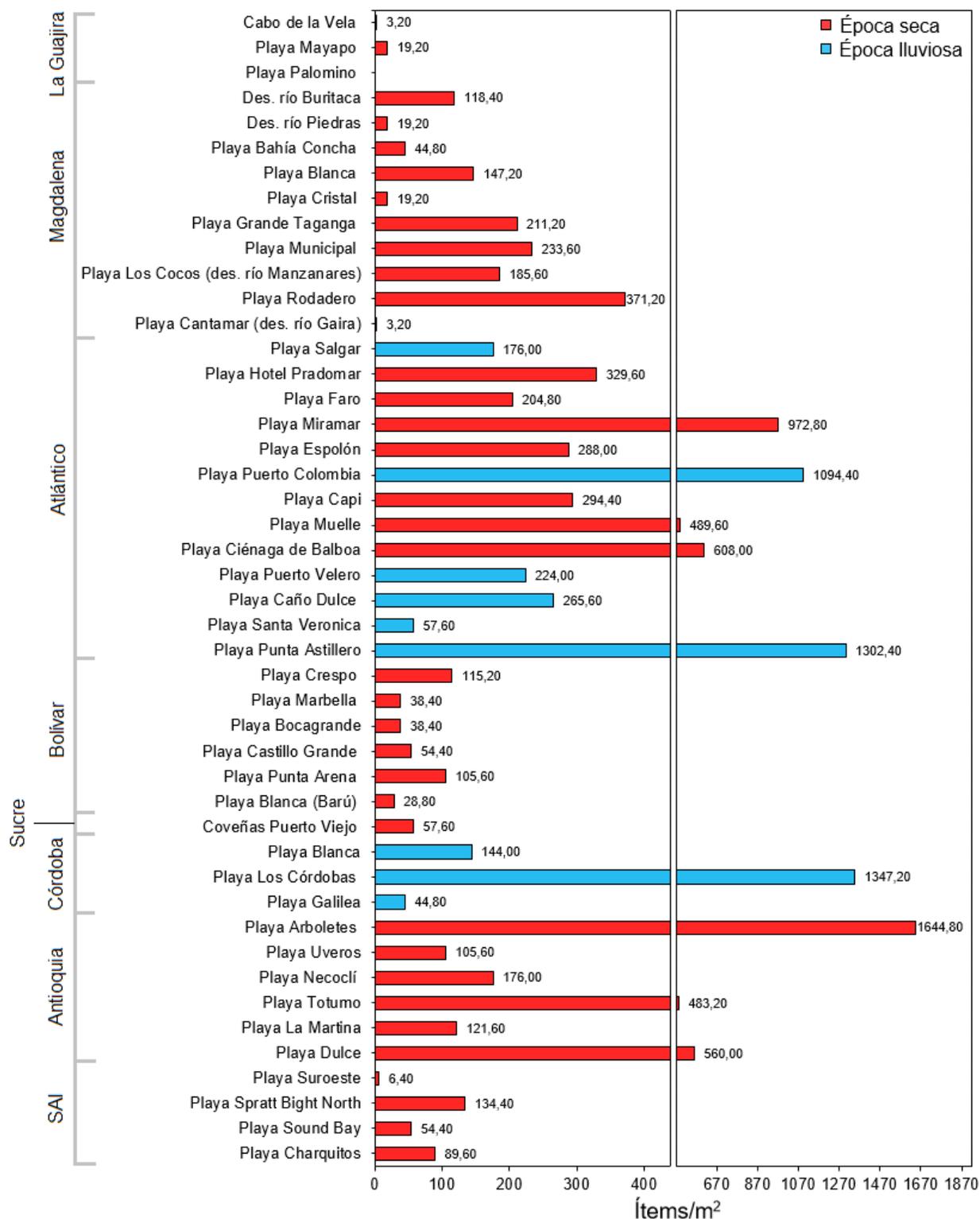


Figura 4-7. Abundancia de microplásticos en las playas turísticas del Caribe, registradas en los muestreos en época seca y lluviosa 2024.

En el Pacífico colombiano, se reportaron abundancias de microplásticos entre 3 y 364 ítems/m² (Figura 4-8). Las mayores concentraciones se registraron en Playa Pianguita, departamento de Buenaventura, con 364 ítem/m², este valor comparado con los años 2021, 2022 y 2023 muestra un incremento de la concentración que venían con una tendencia a la disminución (INVEMAR, 2024). Este resultado, puede estar asociado con la ubicación geográfica de la playa dentro de la bahía de Buenaventura que presenta un alto grado de intervención antrópica, así como una gestión inadecuada de residuos, ausencia de un sistema de disposición adecuado y la falta de sensibilización de las comunidades locales. Todo esto contribuye a la contaminación por residuos sólidos; que pueden arribar a los ecosistemas de playa a través de las corrientes, mareas y vientos. Esta basura marina tiende a acumularse, degradarse y fragmentarse en microplásticos debido a la acción combinada de la radiación solar, mecánica, química y biológica (Vásquez-Molano et al., 2021; Vega et al., 2019).

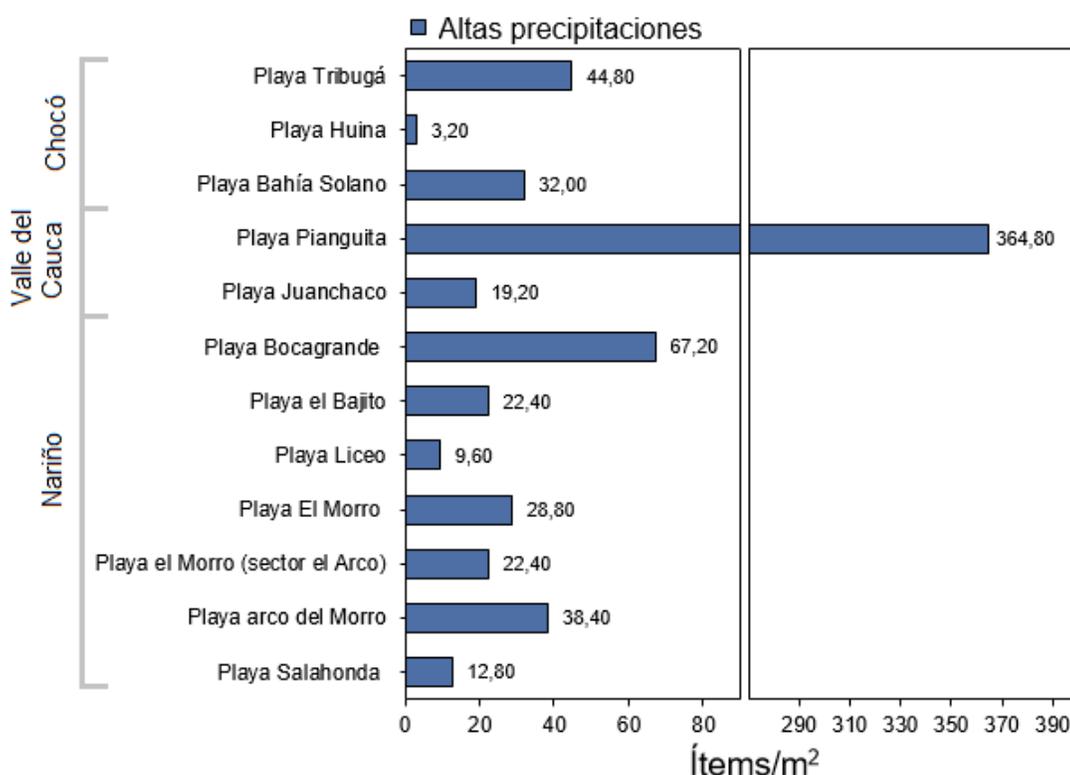


Figura 4-8. Abundancia de microplásticos en las playas turísticas del Pacífico, registradas en los muestreos realizados en época de altas precipitaciones 2024.

Conclusiones y recomendaciones:

A nivel nacional, en las playas priorizadas de Colombia, el plástico representa el 86% de la basura marina caracterizada en 2024. Las mayores concentraciones de basura marina se registraron en la región Caribe, específicamente en los departamentos del Atlántico, Córdoba y Magdalena. Esto puede estar relacionada con el desarrollo de actividades antrópicas tanto costeras como continentales, tales como la urbanización, el turismo y la industria, así como con las dinámicas marino-costera, climáticas y el transporte sedimentológico por parte de cuerpos de agua fluviales que tributan en la zona costera.

Este escenario refleja la contaminación por residuos plásticos en los ecosistemas de playa priorizados en Colombia y subraya la necesidad de fortalecer la red de monitoreo de basura marina. Es fundamental ampliar su alcance para lograr una mayor cobertura nacional, así como incluir otros ecosistemas estratégicos que contribuyan a una mayor representación a nivel nacional. Esto permitirá una mejor comprensión del comportamiento, la distribución y el impacto de este contaminante, así como la identificación de sus principales fuentes. Estos insumos son esenciales para la formulación de programas, acciones y políticas que busquen una solución integral a esta problemática.



ANÁLISIS NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

Por:

*José Francisco Avila Cusba
Carlos Andrés Pacheco Vélez
Paola Sofía Obando Madera*

5. ANÁLISIS NACIONAL DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS Y COSTERAS

FUENTES DE CONTAMINACIÓN

Los ecosistemas marinos y costeros del Caribe y el Pacífico colombiano son pilares fundamentales para las comunidades costeras, debido a su gran biodiversidad, alta productividad, y servicios ecosistémicos clave, como la pesca, el turismo y la protección contra fenómenos naturales ([DNP, 2020](#), [UNEP, 2021](#)). Sin embargo, estas zonas enfrentan desafíos significativos derivados de la contaminación de origen antrópico, que representa una de las principales amenazas para su sostenibilidad. Este problema está asociado al manejo inadecuado de residuos sólidos y líquidos, así como a las actividades económicas y sociales desarrolladas tanto en las zonas costeras como en las áreas continentales, que incrementan las cargas de contaminación en los ecosistemas marinos ([INVEMAR, 2022](#); [GEF, 2022](#)).

En el Caribe colombiano desembocan alrededor de 43 ríos, entre los cuales se destacan el Magdalena (Bocas de Ceniza y Canal del Dique), Atrato, Sinú, y Ranchería, mientras que, en las costas del Pacífico, más de 56 ríos, entre ellos San Juan, Micay y Mira, contribuyen con aportes significativos ([INVEMAR, 2019](#), [INVEMAR, 2022](#)). Estos cuerpos de agua reciben residuos de diversas actividades que contienen materia orgánica, nutrientes, hidrocarburos, plaguicidas, metales pesados, microorganismos fecales y residuos plásticos que deterioran la calidad de las aguas y restringen sus múltiples usos ([INVEMAR, 2015](#); [INVEMAR, 2017a](#); [INVEMAR et al., 2017](#)).

Haciendo uso de información secundaria (Figura 5-1), se describe las principales fuentes de contaminación identificadas en los departamentos costeros de Colombia:

San Andrés y Providencia: La actividad turística es la principal fuente de contaminación, seguida de las actividades domésticas, portuarias y pesqueras. Se evidencian vertimientos de aguas residuales y mal manejo de los residuos sólidos, los cuales se disponen en el ambiente, contribuyendo al incremento de basura marina y microplásticos ([Portz et al., 2020](#)).

La Guajira: La contaminación de las zonas costeras por residuos sólidos es una problemática creciente en el departamento ([Pimienta-Serrano, 2022](#)). La minería, las actividades marítimas, portuarias y turísticas, el mal manejo de los residuos generados por la población y el turismo.

Magdalena: Los vertimientos directos de aguas residuales, y los residuos de actividades agrícolas, pecuarias, portuarias e industriales, son las principales fuentes de contaminación; sumado al inadecuado manejo de residuos sólidos y el turismo tradicional que contribuyen a la presencia de basura marina y plásticos en las playas ([Rojas, 2021](#)). La zona urbana presenta mayor influencia de actividades antrópicas como el puerto marítimo, actividades comerciales y turísticas y vertimientos de aguas residuales a través del emisario submarino, del río Manzanares y del rebosamiento de las alcantarillas, durante la temporada de lluvias ([INVEMAR, 2020](#)). Así mismo, las actividades de tráfico marítimo aportan contaminantes que perjudican la calidad del agua ([Rodríguez-Grimón et al., 2021](#)).

Atlántico: las actividades agrícolas, turísticas, marítimas y portuarias, junto con los residuos

de la población, generan contaminación. El aumento del turismo en el departamento ha ocasionado un incremento en la cantidad de residuos sólidos presentes en los ecosistemas costeros ([Rangel-Buitrago et al., 2017](#)). Además, se ha observado el vertimiento de aguas residuales no tratadas, lo que está impactando negativamente en la calidad del agua ([Moreno et al., 2019](#)).

Bolívar: Las actividades industriales y portuarias, la descarga del Canal del Dique con alta carga de sedimentos, y el crecimiento urbano y turístico, han afectado la calidad del agua, debido a los vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales y vertimientos de hidrocarburos que generan contaminación en la bahía, sin dejar a un lado las actividades productivas como la pesca artesanal e industrial, el turismo y servicios portuarios ([Altamar et al., 2021](#)). Además, el tráfico marítimo comercial, ha generado la necesidad de realizar dragados para continuar con la navegabilidad en la bahía, produciendo el aumento de materiales sedimentarios que degradan la calidad del agua ([Tosic et al., 2017](#); [Echeverry-Hernández, 2019](#)).

Sucre: Se han evidenciado vertimientos de aguas residuales domésticas e industriales ([Vergara-Floréz et al., 2023](#)) y actividades agrícolas. En la costa desembocan pequeños caños y arroyos, como Guacamaya, Alegría, El Francés, Guainí y Cascajo que son receptores de escorrentías provenientes de las zonas rurales y urbanizadas, de las actividades agropecuarias, industriales, marítimas y turísticas, y de las descargas domésticas de la población de los municipios costeros de San Onofre, Santiago de Tolú y Coveñas.

Córdoba: Residuos de la ganadería, agricultura, turismo, extracción de madera, cargue de petróleo, tráfico de embarcaciones y pesca son fuentes de contaminación. De igual forma, la presencia de basura marina y microplásticos como producto de la deficiente gestión de residuos domésticos, del turismo y la pesca representa una amenaza para los ecosistemas costeros del departamento ([Garcés-Ordóñez, 2022](#)). Por otra parte, en el departamento de Córdoba desemboca el río Sinú que aporta a la zona costera sedimentos y contaminantes como metales pesados y plaguicidas por actividades agrícolas ([Roqueme et al., 2014](#)).

Antioquia: Las principales fuentes de contaminación corresponden a los vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la inadecuada disposición de residuos sólidos, el desarrollo de la industria bananera, las actividades marítimas y portuarias, ganadería, comercio y turismo. Así mismo, el aumento de la población en la zona costera en los últimos años, especialmente en el municipio de Turbo, ha generado una costa poblada con pocos o nulos servicios públicos y de saneamiento, lo que favorece la inadecuada deposición de residuos sólidos y líquidos ([Gómez-Aguirre & Turbay, 2016](#); [Hinestrosa & Ramos, 2015](#)). Cabe destacar que en esta área se encuentra la desembocadura del río Atrato, considerado uno de los ríos más caudalosos de Colombia, el cual tiene un alto aporte de sedimentos hacia el golfo de Urabá ([García-Valencia, 2007](#)).

Chocó: Las principales fuentes de contaminación son los vertimientos de aguas residuales y residuos sólidos de la población costera al ambiente, la minería, el turismo, y las actividades agropecuarias y marítimas. El departamento del Chocó cuenta con diversos ríos, como el Río Baudó, Río San Juan y sus afluentes que desembocan en el Océano Pacífico, los cuales son utilizados como vertederos de residuos líquidos y sólidos ([Quesada-Martínez et al., 2014](#)), vías de comunicación fluvial entre las comunidades y sitios de desarrollo de actividades

minerías ([Arriaga & Barriga, 2010](#)).

Valle del Cauca: Se evidencian vertimientos de aguas residuales y residuos sólidos de la población costera, residuos de la minería, de la industria pesquera y del puerto de Buenaventura, y las escorrentías de áreas agrícolas y de áreas de ganadería. Las actividades portuarias se destacan en el Valle del Cauca y el dragado del puerto que genera la remoción de grandes cantidades de sedimentos, que altera la concentración de sólidos suspendidos y la transparencia del agua ([DIMAR, 2012](#)).

Cauca: Las principales fuentes de contaminación son los vertimientos de aguas residuales, la inadecuada disposición de residuos sólidos municipales, los residuos de la minería de oro en la cuenca alta de los ríos Micay, Saija, Bubuey y Timbiquí, las escorrentías agrícolas, el aprovechamiento forestal, el turismo y las actividades marítimas como el transporte de embarcaciones con motor ([INVEMAR, 2018](#)).

Nariño: Las principales fuentes de contaminación están relacionadas con terminales marítimos, gasolineras, puertos, aserraderos, vertimientos de aguas residuales domésticas e inadecuada disposición de residuos sólidos. El municipio de Tumaco presenta el mayor desarrollo de actividades antrópicas; la bahía de Tumaco recibe aguas residuales sin tratamiento y además en ella desembocan los ríos Curay, Chagüi, Colorado, Tablones, Mejicano, Rosario, Mira y Paría que aportan residuos y material en suspensión, los cuales modifican la calidad del agua. Por otro lado, el uso de residuos sólidos para rellenar terrenos inundables y para la construcción de puentes peatonales genera condiciones desfavorables para la calidad del agua, y fomenta la contaminación por basura marina en los ecosistemas y zonas costeras del departamento, siendo el plástico el principal contaminante ([Preciado-Estupiñan & Zapata-Laarenas, 2020](#)).

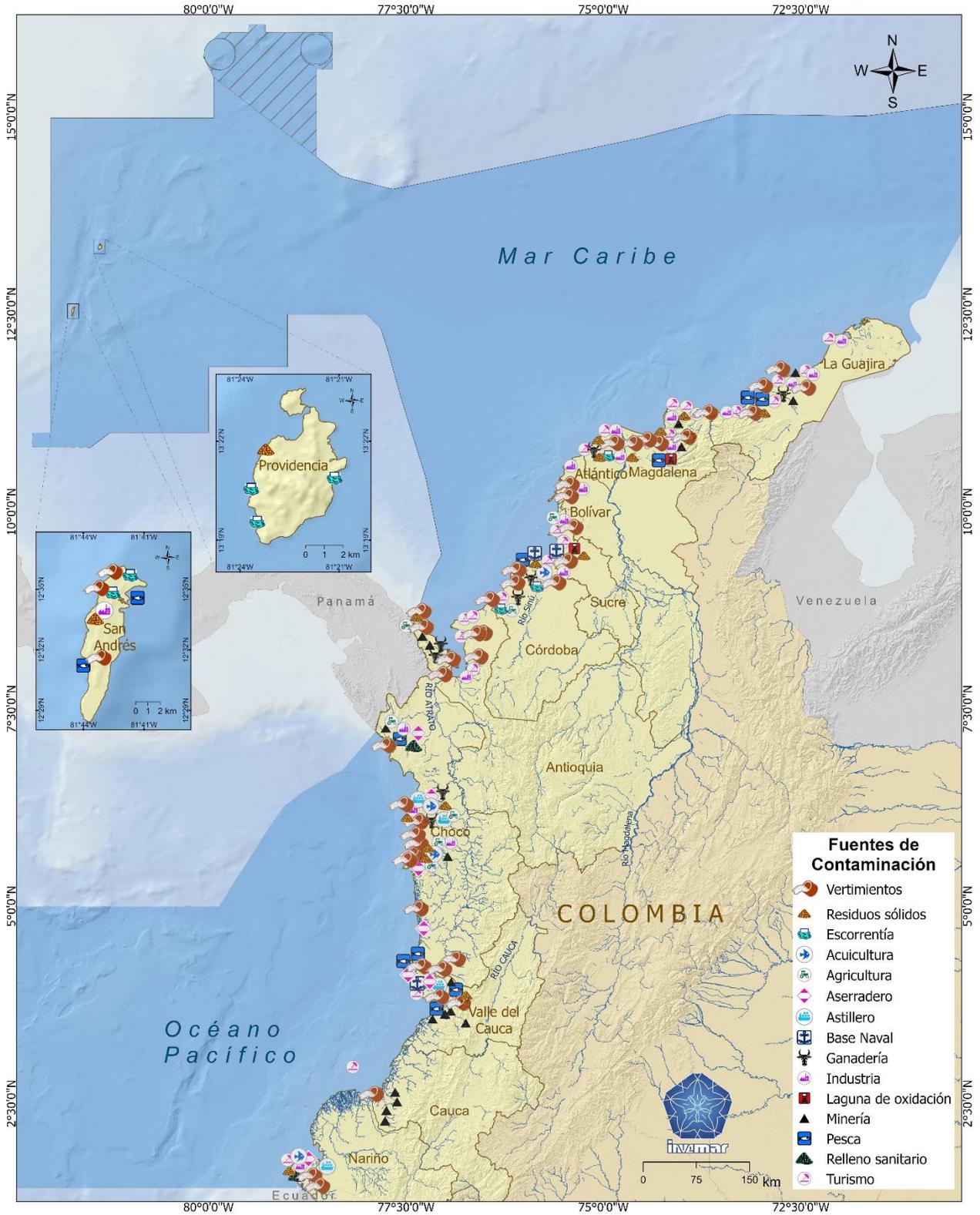


Figura 5-1. Principales fuentes de contaminación en la zona marino costera de Colombia.



DEPARTAMENTO ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

Por:

*Carlos Andrés Pacheco Vélez
José Francisco Avila Cusba*

6. ARCHIPIÉLAGO DE SAN ANDRÉS, PROVIDENCIA Y SANTA CATALINA

El Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, único departamento colombiano sin territorio continental, alberga ecosistemas como arrecifes de coral, pastos marinos y manglares, que sustentan gran biodiversidad. En el año 2000, 6.109.639 km² fueron declarados Reserva de Biósfera Seaflower, y en 2005, 65.018 km² se designaron como Área Marina Protegida ([CORALINA e INVEMAR, 2012](#)). El archipiélago incluye las áreas protegidas Old Providence, McBean Lagoon y The Peak Regional Park ([RUNAP, 2022](#)) y basa su desarrollo en comercio y turismo. Anualmente, recibe aproximadamente 892,555 turistas nacionales y 20,824 internacionales, consolidándose como un importante destino turístico ([MINCIT, 2024](#)).

Las estaciones de monitoreo REDCAM, se encuentran distribuidas en tres zonas, San Andrés Norte, donde se concentra la mayor población y desarrollo turístico, debido a las extensas playas y arrecifes de coral; San Andrés Sur, zona donde predominan las actividades de buceo, transporte marítimo y se ubica el relleno sanitario "Magic Garden"; y zona Providencia, que abarca las islas de Providencia y Santa Catalina (Figura 6-1).

El primer muestreo del año 2024 se realizó en junio por parte de INVEMAR, mientras que el segundo se llevó a cabo en noviembre, bajo la coordinación de CORALINA. Esta programación permitió disponer de información sobre la calidad sanitaria de las playas en dos periodos con características ambientales y turísticas diferenciadas, considerando posibles variaciones asociadas a la dinámica turística y las condiciones ambientales propias de cada temporada.

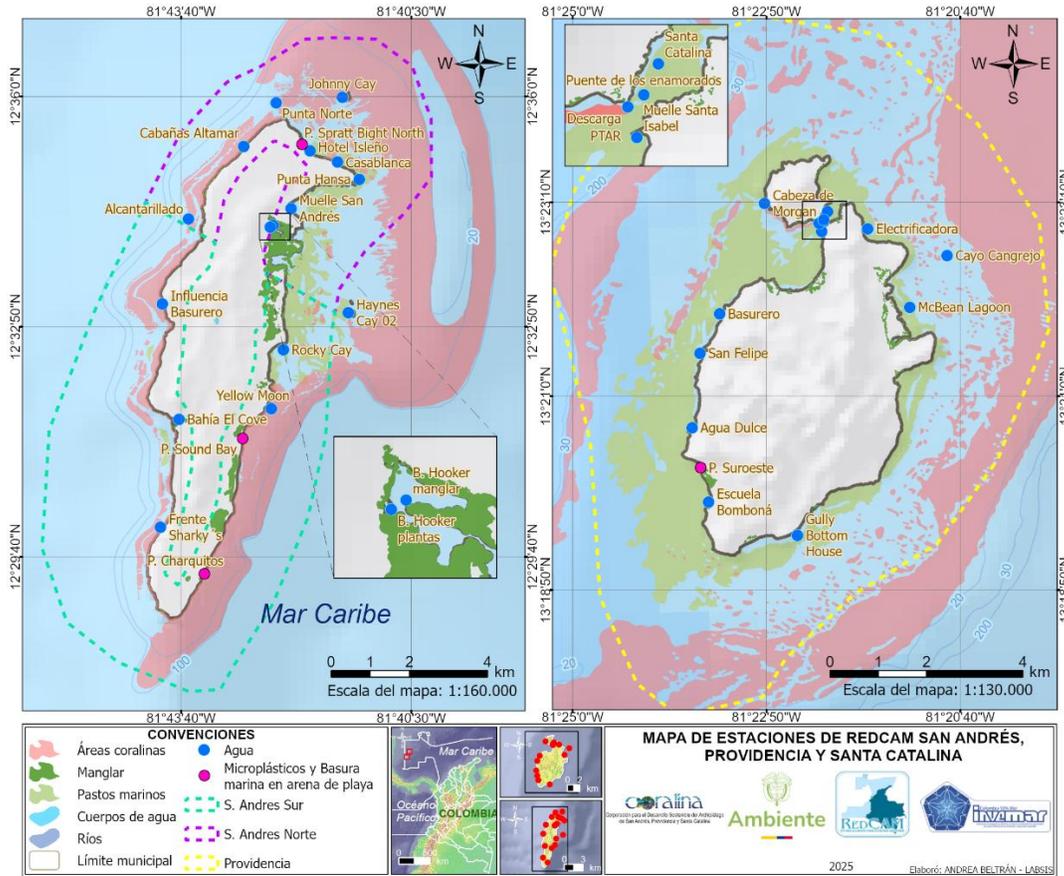


Figura 6-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina oscilaron entre 4,63 mg O₂/L en Hotel Isleño y 7,21 mg O₂/L en McBean Lagoon (Figura 6-2). En las estaciones Santa Catalina, Punta Hansa, B. Hooker plantas, Influencia Basurero y Johnny Cay, se han registrado de manera recurrente concentraciones inferiores a 4 mg O₂/L, incumpliendo el valor mínimo permisible estipulado en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)), para fines de preservación de fauna y flora. Las bajas concentraciones de oxígeno en estas estaciones, podría estar asociada a procesos de eutrofización, donde el incremento de la materia orgánica favorece la actividad microbiana, intensificando la descomposición y elevando la demanda biológica de oxígeno ([Xiao et al., 2023](#)).

En contraste, en estaciones como Casablanca, Punta Hansa y Alcantarillado, se han registrado históricamente (entre los años 2010 a 2024), concentraciones elevadas de oxígeno disuelto, superando los 10 mg O₂/L en Punta Hansa. Las altas concentraciones de OD están relacionadas con los primeros indicios de presencia de procesos de eutrofización, donde la proliferación de fitoplancton y macroalgas incrementa la producción de oxígeno en el día producto de la fotosíntesis. Sin embargo, es importante destacar que, aunque concentraciones elevadas de oxígeno disuelto pueden acelerar la descomposición de materia orgánica particulada y disuelta, este aumento no siempre se traduce en una mayor

descomposición inducida por microorganismos, debido a factores como la baja calidad del material vegetal o la redundancia funcional entre las comunidades de hifomicetos acuáticos (Gomes et al., 2018).

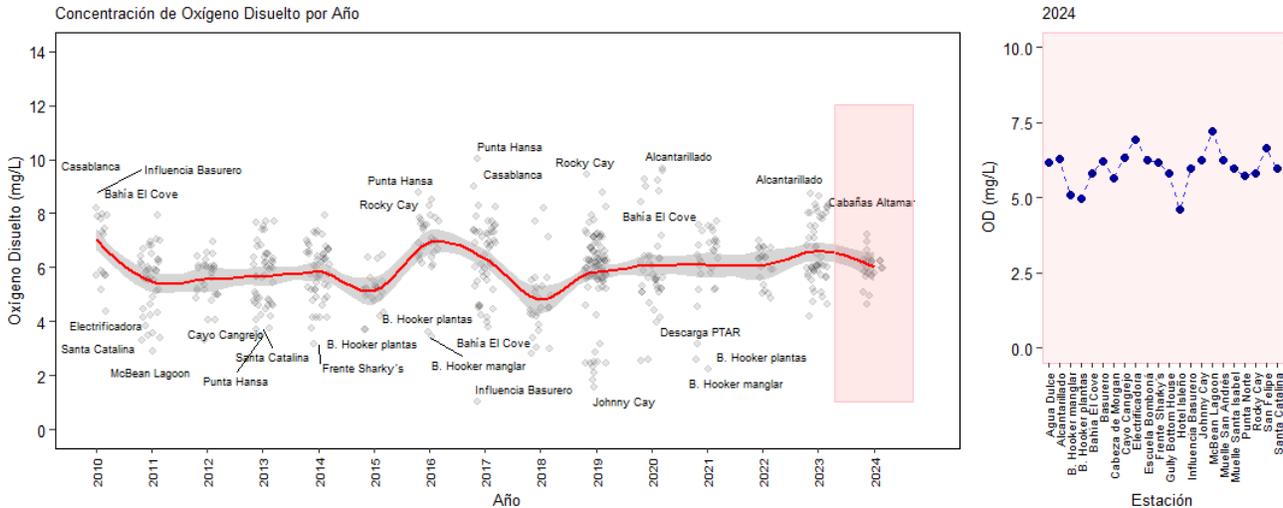


Figura 6-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

El índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM), se calculó en las estaciones del Archipiélago que tenían el mínimo número de variables para su cálculo (6 de 8 variables). Si bien las muestras se recolectaron en las 22 estaciones planificadas en el área marina (Figura 6-3), solo fue posible estimar los subíndices que conforman la ecuación integradora para el cálculo del ICAM en 13 estaciones (Gully Bottom House, Cayo Cangrejo, Electrificadora, Cabeza de Morgan, Hotel Isleño, B. Hooker manglar, B. Hooker plantas, Muelle San Andrés, Johnny Cay, Bahía El Cove, Rocky Cay, Influencia Basurero y Frente Sharky's), debido a que las concentraciones de $P-PO_4^{3-}$, $N-NO_3^-$ y HPDD, en las demás estaciones estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método (LCM), por lo cual no se pueden considerar en la estimación del ICAM.



Figura 6-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

En estas 13 estaciones, la estimación del ICAM evidenció que el 23,1% de las estaciones presentó calidad óptima, el 38% calidad adecuada, el 8% aceptable y el 31% condiciones inadecuadas; no se registraron sitios con pésima calidad (Figura 6-4). Esto se atribuye a las características de la dinámica marina de estas zonas, y a los vertidos directos de aguas residuales (sin pretratamiento), que traen altos niveles de nutrientes nitratos ($N-NO_3^-$) y ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), y de coliformes Termotolerantes (CTE) ([Abdul azis et al., 2018](#)).

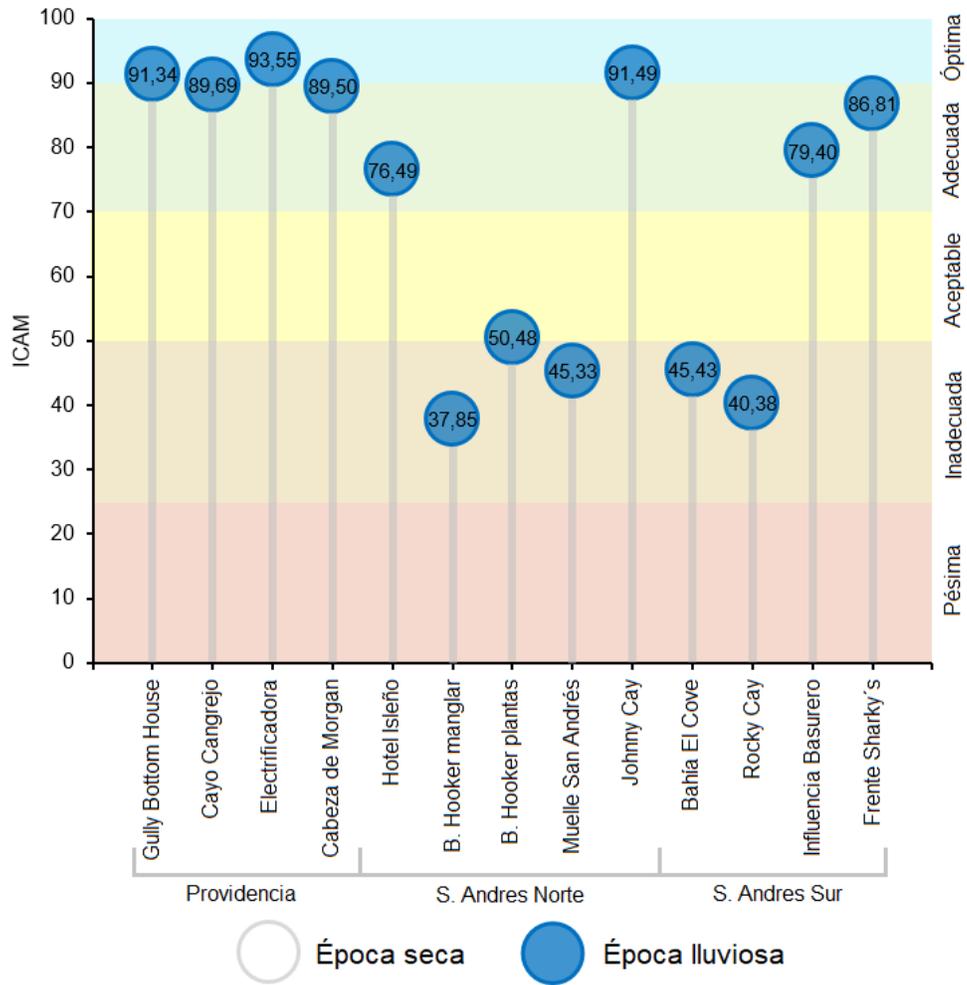


Figura 6-4. Calidad de agua superficial ICAM para época lluviosa (muestreo en junio) del 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento Archipiélago San Andrés, Providencia y Santa Catalina.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en junio en las estaciones de Providencia, se registraron niveles de CTE que no excedieron los 7,8 NMP/100 mL. En contraste, en San Andrés Norte y Sur se registraron concentraciones más elevadas, alcanzando hasta 92.000 NMP/100 mL en la estación B. Hooker plantas. Otras estaciones que superaron el límite permisible para contacto primario fueron Alcantarillado, B. Hooker manglar y Muelle San Andrés (zona San Andrés Norte), así como Bahía El Cove, Rocky Cay e Influencia Basurero (zona San Andrés Sur) (Figura 6-5). De manera similar, las concentraciones de CTT en estas estaciones también excedieron el límite permitido para contacto primario, con excepción de Influencia Basurero. Las concentraciones de EFE en las estaciones B. Hooker plantas, Alcantarillado, B. Hooker manglar y Muelle San Andrés (zona San Andrés Norte) junto con Bahía El Cove e

Influencia Basurero (zona San Andrés Sur), estuvieron por encima del valor de referencia establecido por la Unión Europea (Figura 6-6),

En el muestreo realizado en noviembre, las concentraciones de CTE por debajo del límite permisible para contacto primario según las normas vigentes en todas las estaciones, excepto en P. de los enamorados (920 NMP/100 mL) en Providencia y Johnny Cay (240 NMP/100 mL) en San Andrés Norte (Figura 6-5). Asimismo, las concentraciones de CTT en todas las estaciones estuvieron por debajo del límite permisible para contacto primario. Las concentraciones de EFE, en P. de los enamorados (140 UFC/100 mL) en Providencia, así como en Alcantarillado y B. Hooker manglar (580 UFC/100 mL), B. Hooker manglar (360 UFC/100 mL), Johnny Cay (380 UFC/100 mL), Cabañas Altamar (150 UFC/100 mL) y Punta Hansa (110 UFC/100 mL) en zona San Andrés Norte, estuvieron por encima del valor de referencia establecido por la Unión Europea. En contraste, en todas las estaciones de San Andrés Sur, se registraron concentraciones por debajo del valor de referencia propuesto por la unión Europea (Figura 6-6).

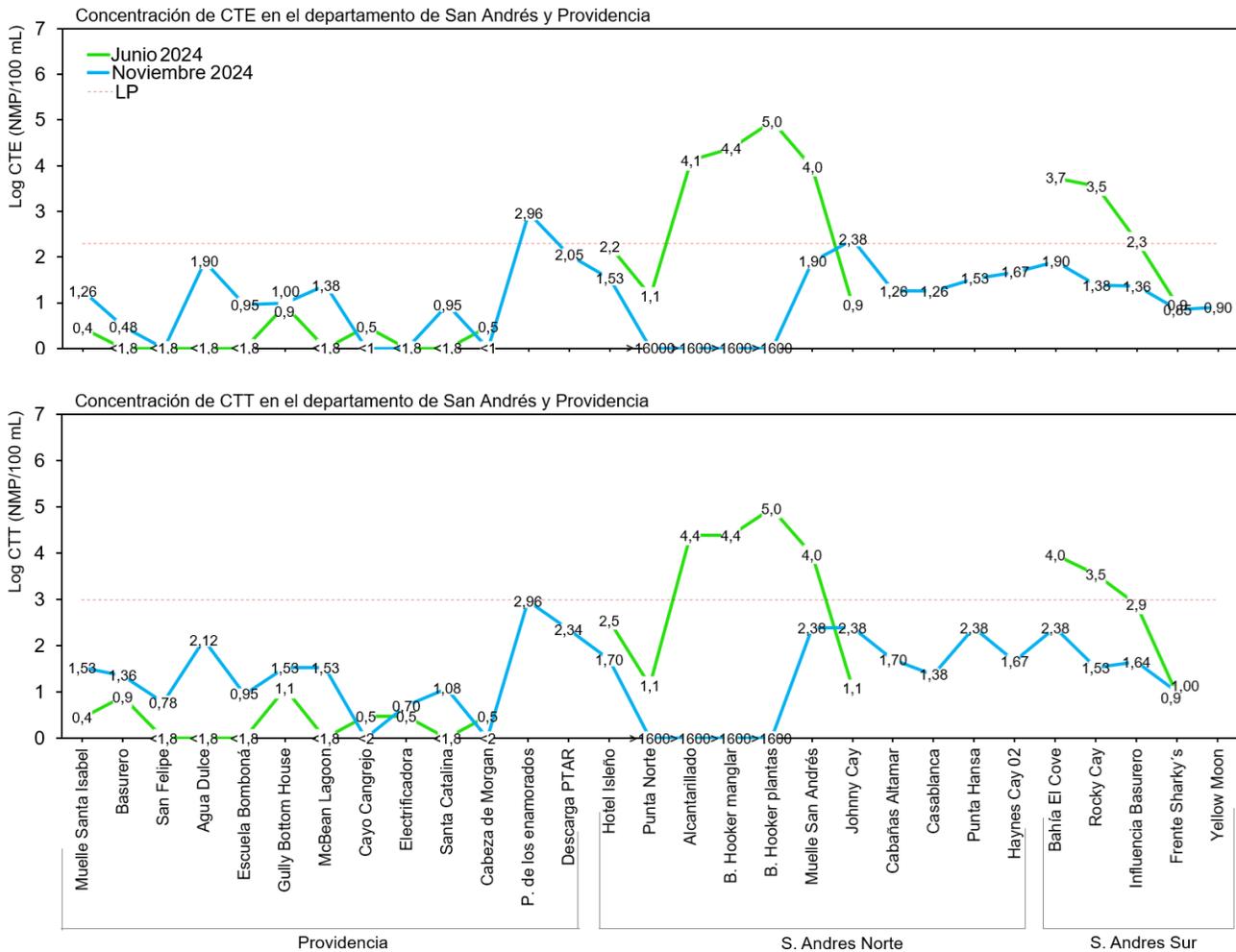


Figura 6-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

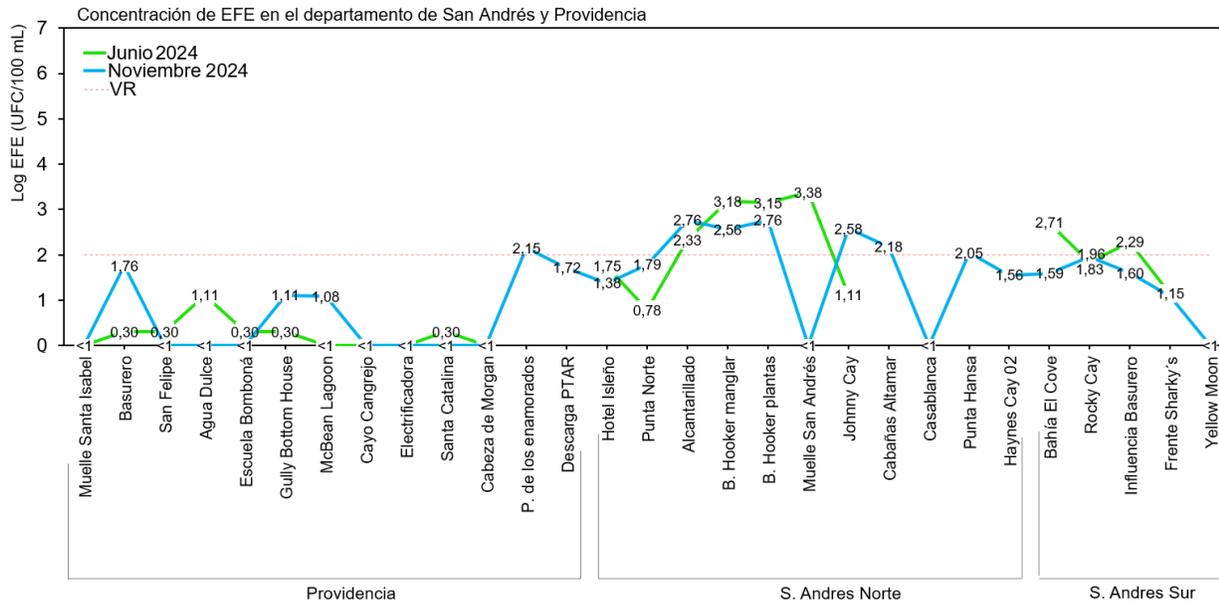


Figura 6-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

Estos resultados fueron superiores a los reportados en el año 2023 ([INVEMAR, 2024](#)), lo que podría deberse a factores ambientales y antrópicos específicos del 2024, como una mayor presión turística estacional y variaciones en el régimen de precipitaciones. Según el [IDEAM \(2024\)](#), durante junio se presentaron acumulados entre 100 y 150 mm, con un índice de precipitación de 40-80%, indicando niveles por debajo de lo normal. En contraste, en noviembre se registraron precipitaciones entre 300 y 400 mm, con un índice de 80-120%, clasificado como normal. Estas condiciones, particularmente la reducción de lluvias en junio, pudieron favorecer las concentraciones de contaminantes en zonas costeras por menor dilución, mientras que los altos acumulados en noviembre habrían favorecido su dispersión. La contaminación bacteriana en las zonas costeras es una preocupación significativa, ya que alta densidad de población, combinada con infraestructuras de saneamiento inadecuadas, favorece la contaminación de las aguas con bacterias fecales ([Maes et al., 2022](#)). Estos aspectos pueden afectar las playas de diversas maneras, comprometiendo la calidad del agua y representando riesgos tanto para la salud pública como para los ecosistemas costeros.

El análisis de los registros históricos de CTE, CTT y EFE desde 2015 hasta 2024 muestra que las concentraciones de estos microorganismos en las 10 estaciones evaluadas que representan las playas turísticas del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, fueron relativamente similares (Figura 6-7). Este comportamiento constante, con predominio de niveles altos de cumplimiento en estas playas, sugiere condiciones favorables para el uso recreativo. Sin embargo, en el 2024 se observó una disminución en los niveles de cumplimiento en estaciones con actividades turísticas, como Rocky Cay, Johnny Cay y Punta Hansa, con respecto al año 2023. Cabe mencionar que los muestreos fueron realizados en junio, periodo de alta afluencia de visitantes debido a las vacaciones escolares de mitad de año ([MINCIT, 2024](#)), en noviembre cuando se registraron lluvias constantes con precipitaciones entre 300-400 mm ([IDEAM, 2024](#)).

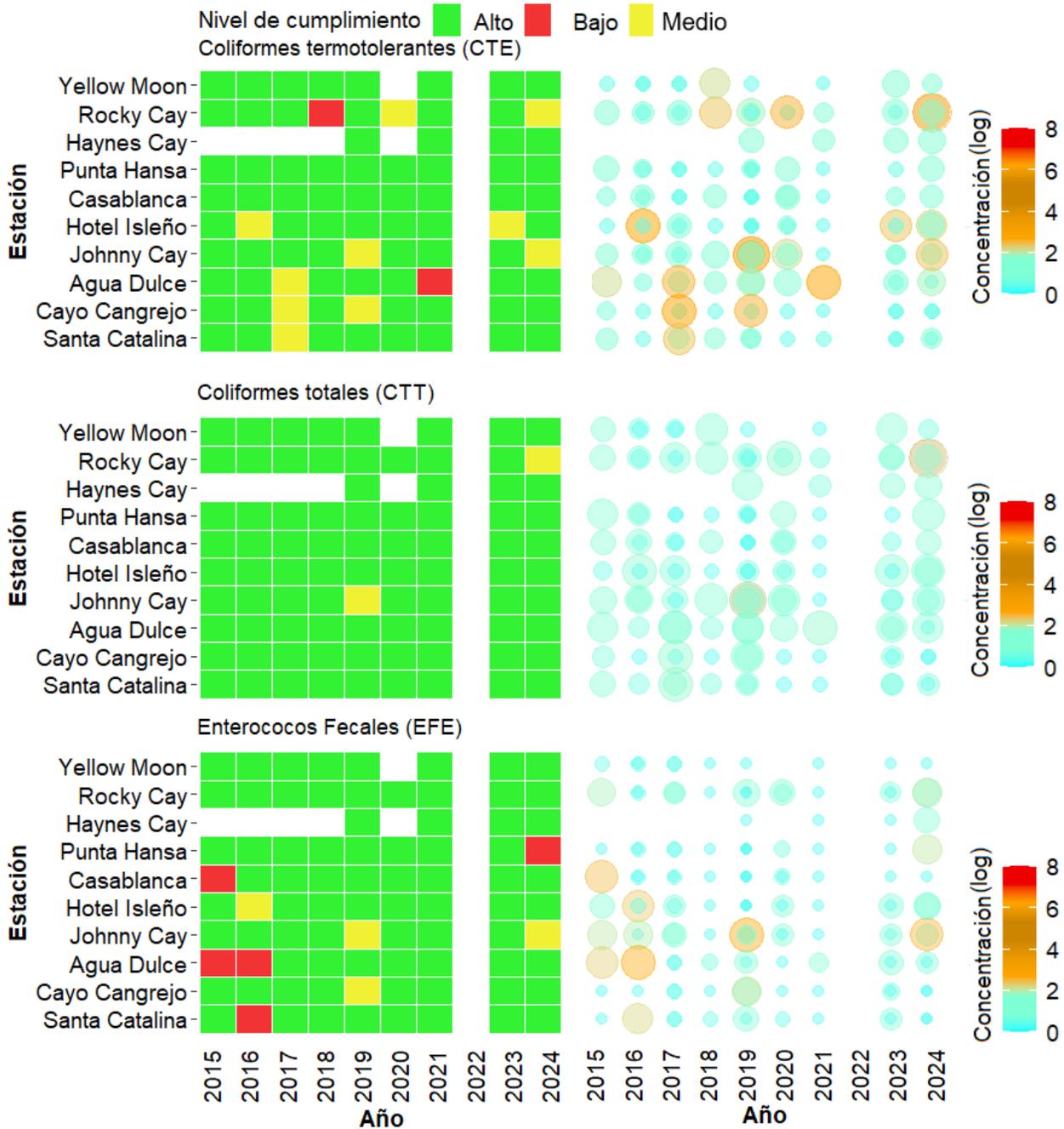


Figura 6-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% ($>=50$ y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($<50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible.

Conclusiones y recomendaciones:

- El análisis del ICAM en el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina para el año 2024 evidenció una variación en la calidad del agua, con categorías que van desde óptima hasta inadecuada. Este comportamiento se atribuye a las elevadas concentraciones de nutrientes (nitratos y ortofosfatos) y coliformes termotolerantes, especialmente durante la temporada de lluvias, cuando se intensifica el arrastre de aguas residuales sin tratamiento hacia los cuerpos de agua. Estos resultados destacan la urgencia de establecer políticas efectivas para la gestión sostenible del recurso hídrico, con énfasis en el control de vertimientos en áreas cercanas a zonas de descarga.
- Los análisis de calidad sanitaria, en términos de concentraciones de coliformes totales, coliformes termotolerantes y enterococos fecales, evidencian que en las estaciones B. Hooker Plantas, Alcantarillado, B. Hooker manglar y Muelle San Andrés, persisten evidencias de contaminación fecal, debido a que exceden los límites permisibles establecidos por la legislación colombiana y las referencias internacionales para actividades de contacto primario y secundario. Esta situación refleja un deterioro sostenido en la calidad del agua, subrayando la urgencia de implementar medidas integrales que incluyan el fortalecimiento de la infraestructura sanitaria y el manejo adecuado de aguas residuales. La adopción de estas acciones es fundamental para preservar la salud ambiental del ecosistema costero y garantizar la seguridad de los bañistas.



DEPARTAMENTO DE LA GUAJIRA

Por:

*Carlos Andrés Pacheco Vélez
José Francisco Avila Cusba*

7. LA GUAJIRA

El departamento de La Guajira, situado al norte del Caribe colombiano, exhibe una rica diversidad en su zona costera, compuesta por tres subregiones: alta, media y baja Guajira, cada una con características socioeconómicas y paisajísticas diferentes (Figura 7-1). Este departamento se distingue por la presencia de diversos ecosistemas, que incluyen playas, manglares, arrecifes coralinos, lagunas costeras y las mayores extensiones de pastos marinos en el país (Gómez-Cubillos et al., 2015).

Las estaciones REDCAM, se encuentran distribuidas en las tres zonas, denominadas como alta, media y baja Guajira. La alta Guajira, se sitúa en el extremo norte del departamento, comprende los municipios de Uribí y Manaure, en esta zona predominan las condiciones de aridez (alrededor de 200 mm de precipitación en promedio), donde debido a su topografía se desplazan las masas de aire hacia los sistemas de montaña ubicados en la baja Guajira (Carabali-Angola, et al 2020); por otra parte, en esta zona se desarrollan actividades portuarias para la explotación de carbón. La media Guajira, corresponde a la parte central del departamento, en esta área, se encuentran las mayores poblaciones urbanas, como su capital Riohacha y la desembocadura del río Ranchería. Finalmente, la baja Guajira, se ubica en las estribaciones nororientales de la Sierra Nevada de Santa Marta.

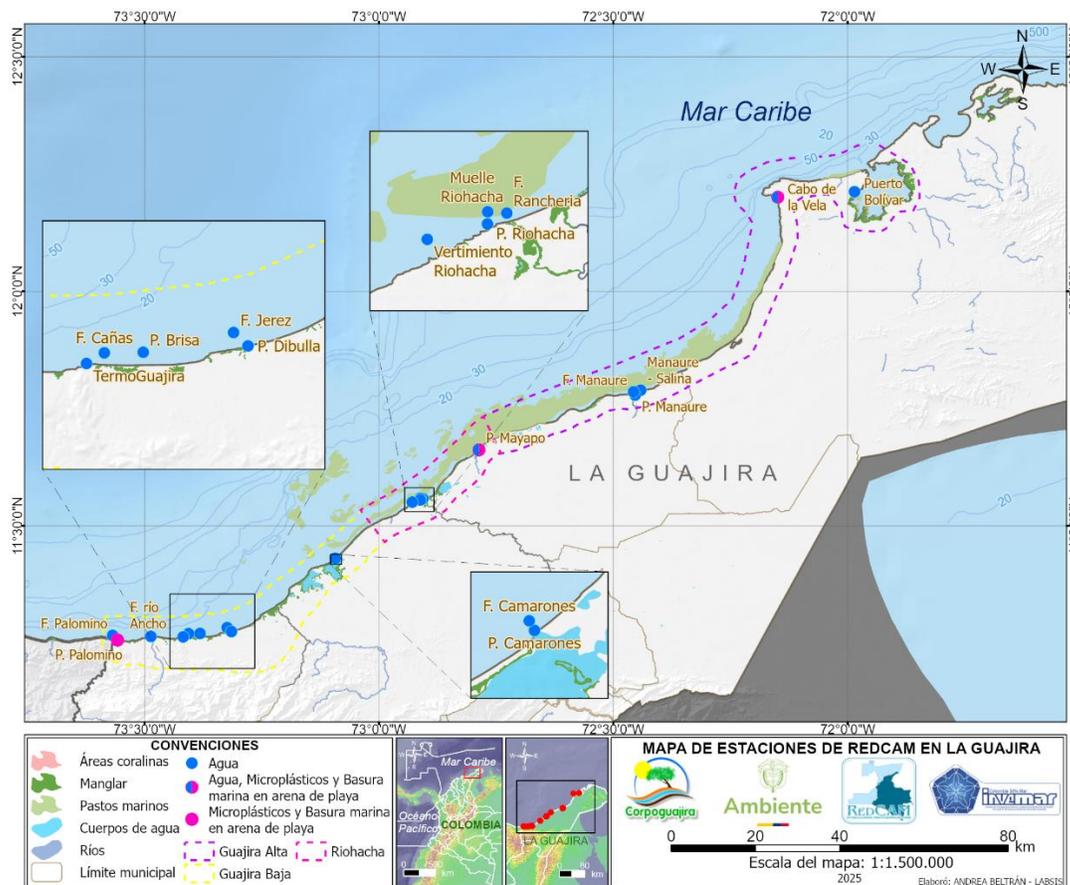


Figura 7-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de La Guajira. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de La Guajira variaron entre 4,73 mg O₂/L en P. Mayapo y 7,29 mg O₂/L en F. Jerez (Figura 7-2). Cumpliendo con el límite permisible estipulado el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)), para preservación de flora y fauna (4 mg O₂/L). Históricamente, las concentraciones de OD en las estaciones P. Camarones, F. Camarones, P. Riohacha y P. Manaure han estado por debajo del valor permisible, indicando una mejora en calidad del agua en estas estaciones en el momento del muestreo del año 2024.

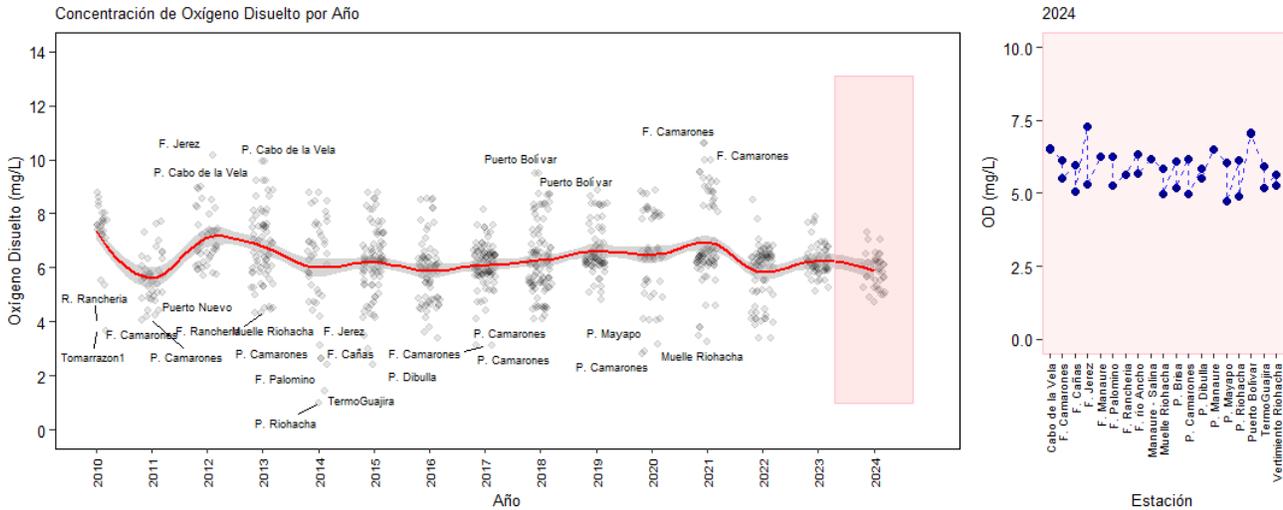


Figura 7-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento de La Guajira.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

Si bien en las 19 estaciones de monitoreo del departamento de La Guajira que cumplieran con la característica de aguas marinas (Figura 7-3), no fue posible estimar los subíndices que conforman la ecuación integradora del ICAM en las estaciones F. Jerez, F. río Ancho, P. Brisa, F. Camarones, P. Mayapo y F. Cañas, debido a que las variables P-PO₄³⁻, N-NO₃⁻ y HPDD, estuvieron por debajo del Límite de cuantificación del método (LCM) usado en LABCAM.



Figura 7-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM La Guajira.

El ICAM calculado mostró valores que oscilaron entre 30,76 y 84,52, reflejando una clasificación de la calidad del agua que varió desde inadecuada, hasta adecuada (Figura 7-4). El 46,2% de las estaciones estuvieron en calidad adecuada, el 46,2% aceptable y el 7,7% restante fue clasificado como inadecuada. La mejor calidad se presentó en la Alta Guajira, seguida de Guajira Baja, y en la zona de Riohacha fue donde se observaron sitios con menor calidad. La calidad inadecuada registrada en la estación Muelle Riohacha estuvo asociada a concentraciones elevadas de ortofosfatos, nitratos y coliformes termotolerantes, lo que evidencia la influencia de vertimientos de aguas residuales y el arrastre de contaminantes provenientes de áreas urbanas cercanas. Estos factores representan un riesgo para la preservación de la fauna y flora presentes en el área, además de comprometer los servicios ecosistémicos que estos ambientes proporcionan.

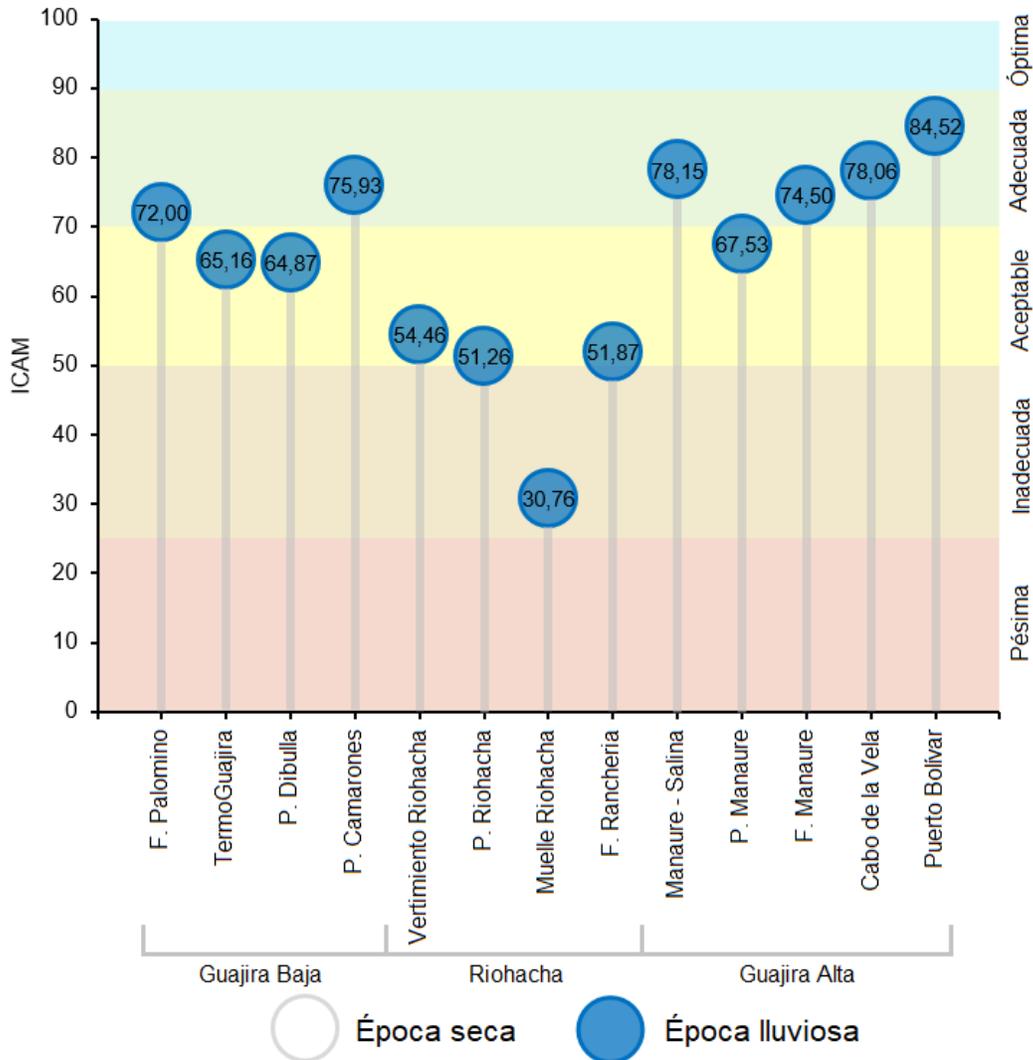


Figura 7-4. Calidad de agua superficial ICAM para junio (época lluviosa) del año 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento de La Guajira.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europa \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en junio, en las estaciones de Guajira Alta, se registraron concentraciones de CTE inferiores a 49 NMP/100 mL. En contraste, en Riohacha y Guajira Baja se registraron concentraciones más elevadas, alcanzando un máximo de 2.800 NMP/100 mL en la estación F. Ranchería. En las estaciones P. Dibulla (350 NMP/100 mL) en Guajira Baja, P. Riohacha (1.700 NMP/100 mL) y Vertimiento Riohacha (2.200 NMP/100 mL) (Figura 7-5), se superó el límite permisible para contacto primario y secundario, excepto en P. Dibulla. En cuanto a los EFE, todas las estaciones registraron concentraciones por debajo del valor de referencia propuesto por la Unión Europea (Figura 7-6).

Las concentraciones de CTE y CTT fueron ligeramente más elevadas que las reportadas en 2023 (INVEMAR, 2024), especialmente en las estaciones ubicadas en Riohacha, donde desemboca, el río Ranchería, uno de los cuerpos de agua más importantes de la región. Este río, conformado por diversos afluentes, abastece tanto a centros poblados como a zonas rurales (Molina-Bolívar & Jiménez-Pitre, 2017), muchas de las cuales presentan sistemas de alcantarillado deficientes.

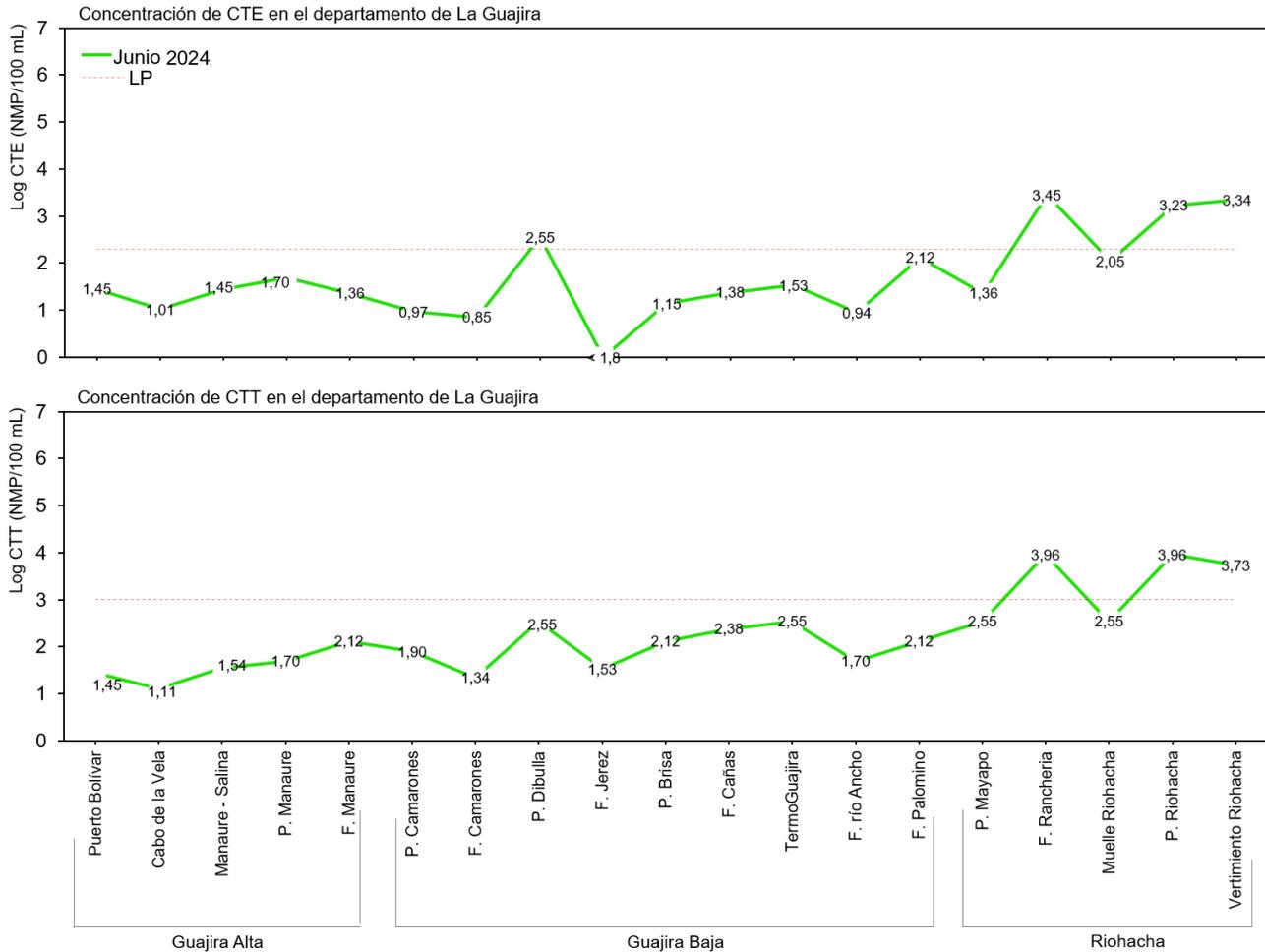


Figura 7-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de La Guajira. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

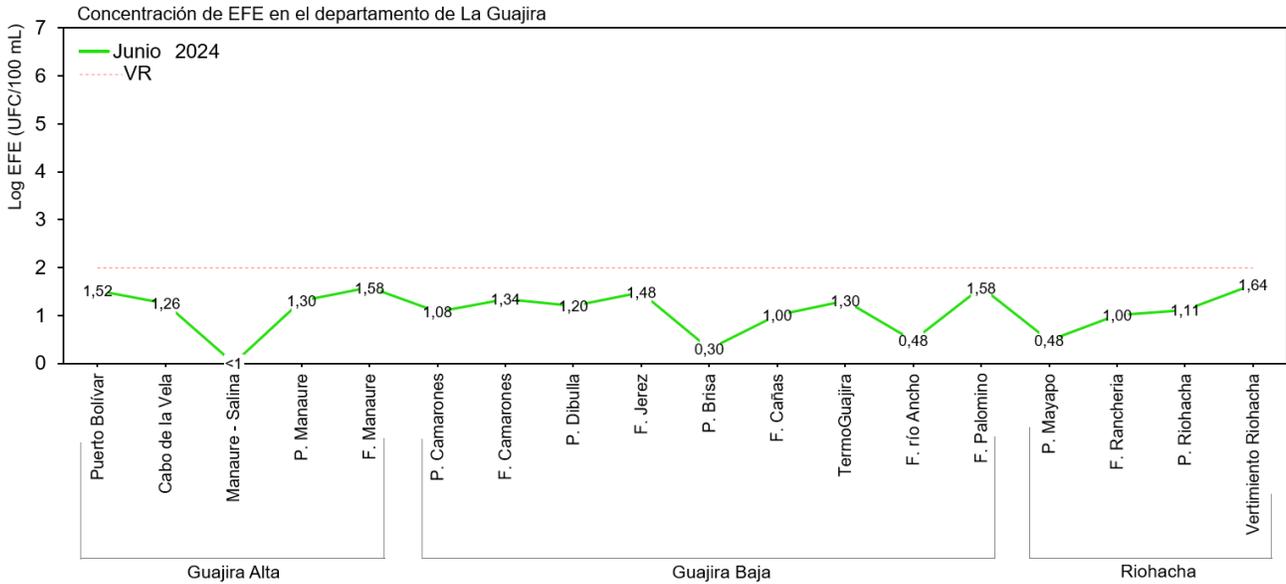


Figura 7-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de La Guajira. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis histórico (entre los años 2015 al 2024), evidenció que en las estaciones Dibulla, P. Camarones, P. Riohacha, Muelle Riohacha, P. Mayapo y P. Manaure, se han registrado de manera recurrente concentraciones de CTE y CTT que exceden el criterio de calidad para uso recreativo de contacto primario (200 NMP de CTE/100 mL; [MinAmbiente, 2015](#)) (Figura 7-7). En concordancia con esta tendencia histórica, durante 2024 se registraron niveles de cumplimiento bajos en P. Dibulla y P. Riohacha para CTE, manteniendo así la tendencia desfavorable en estas estaciones. El departamento de La Guajira se ha convertido en un destino turístico popular por sus playas ([Doria & Vivas-Aguas, 2016](#); [Pimienta Serrano, 2022](#)), lo que ha impulsado el desarrollo de hoteles y hostales que, en su mayoría, carecen de la infraestructura adecuada para la prestación de servicios de acueducto y alcantarillado ([Zamora & Delgado, 2019](#)), lo que contribuye al deterioro de la calidad de las aguas costeras del departamento.

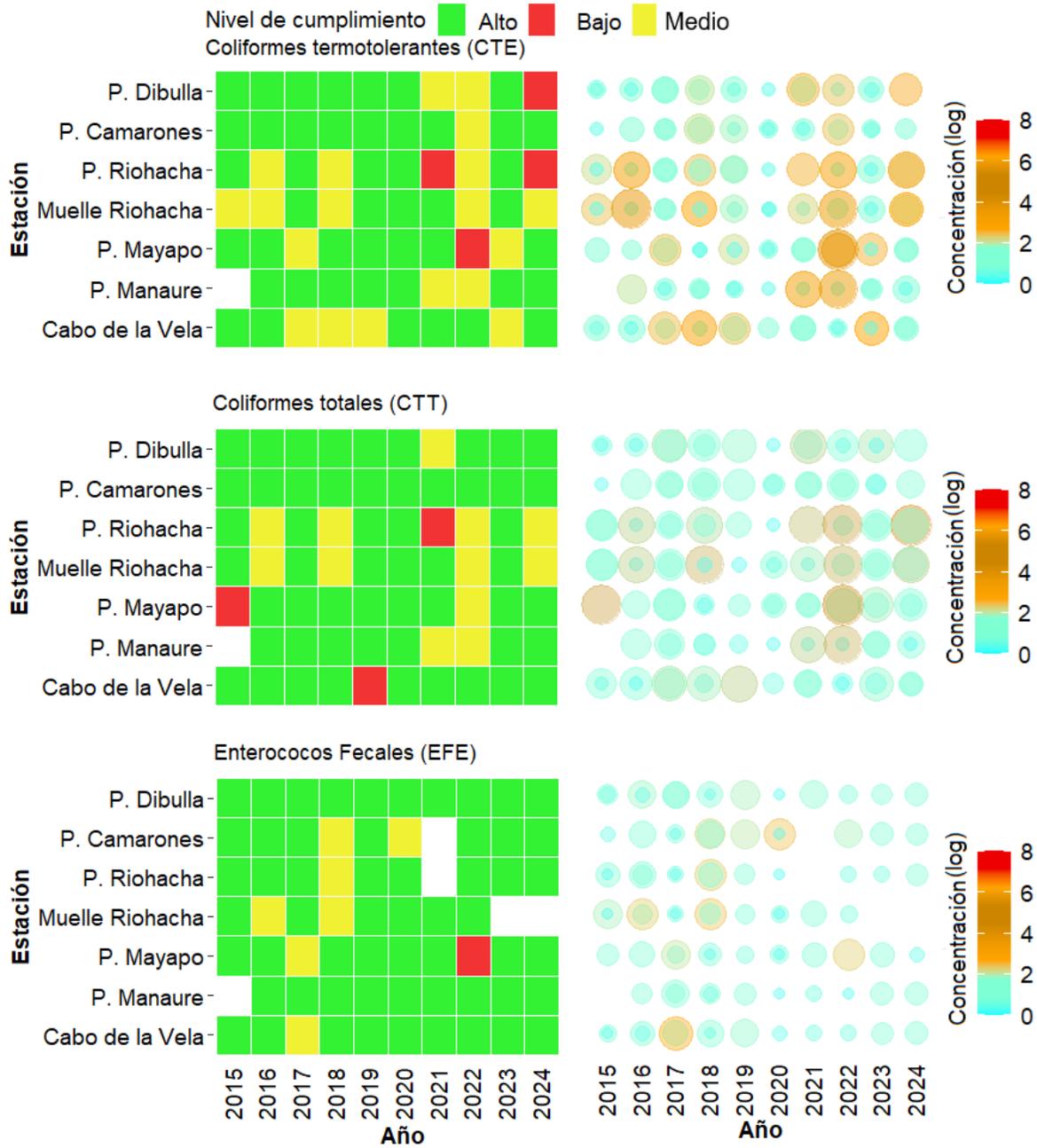


Figura 7-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de La Guajira. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible.

Conclusiones y recomendaciones:

- La calidad del agua marina y costera del departamento de La Guajira durante la época lluviosa del año 2024, evaluada mediante el ICAM, evidenció un deterioro significativo en la estación Muelle Riohacha. Esta estación, que en 2023 presentaba condiciones de calidad adecuada, pasó a clasificarse como de calidad inadecuada, debido a las concentraciones de ortofosfatos, nitratos y coliformes termotolerantes. Estos contaminantes están relacionados principalmente con vertimientos de aguas residuales domésticas, agravados por la limitada cobertura de saneamiento básico en la región. Los resultados destacan la necesidad urgente de fortalecer la infraestructura de alcantarillado, así como establecer mecanismos de control y tratamiento que mitiguen las descargas de aguas residuales no tratadas, con el fin de evitar el deterioro progresivo de la calidad del agua.
- La calidad sanitaria de las playas de interés turístico del departamento de La Guajira, como F. Ranchería, P. Dibulla, P. Riohacha y Vertimiento Riohacha no son aptas para actividades turísticas o recreativas por contacto primario, debido a que las cargas de CTE y CTT superaron los criterios de calidad de la Legislación Colombiana (Decreto 1076 del 2015), lo que representa un riesgo para la salud pública y afecta negativamente el desarrollo sostenible del turismo costero. Esta situación refuerza la necesidad de implementar medidas de saneamiento adecuadas, acompañadas de monitoreo constante y acciones de sensibilización dirigidas a la comunidad y los sectores productivos.



DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Por:

*Carlos Andrés Pacheco Vélez
José Francisco Avila Cusba*

8. MAGDALENA

El departamento del Magdalena, al norte del Caribe colombiano, es estratégico para la conservación de ecosistemas marino-costeros como playas, arrecifes, pastos marinos, manglares y fondos sedimentarios. Estos ecosistemas son esenciales para actividades como turismo, pesca y operaciones portuarias (Ecoversa, 2014). Además, la desembocadura de ríos de la Sierra Nevada de Santa Marta enriquece su biodiversidad.

Las estaciones REDCAM se encuentran distribuidas en cuatro zonas: Buritaca, Parque Tayrona, Santa Marta y Costa Sur (Figura 8-1). La zona Buritaca se destaca por ser la cuenca baja de ríos importantes como Don Diego, Buritaca, Guachaca y Mendihuaca que atraviesan extensas áreas agrícolas. La zona Parque Tayrona, es un área natural protegida de especial interés para la conservación. En la zona Santa Marta, convergen diversas actividades socioeconómicas y se descargan los vertimientos urbanos principalmente a través del emisario submarino; y en la zona Costa Sur, se destaca la presencia de puertos carboníferos y actividades turísticas (INVEMAR, 2023).

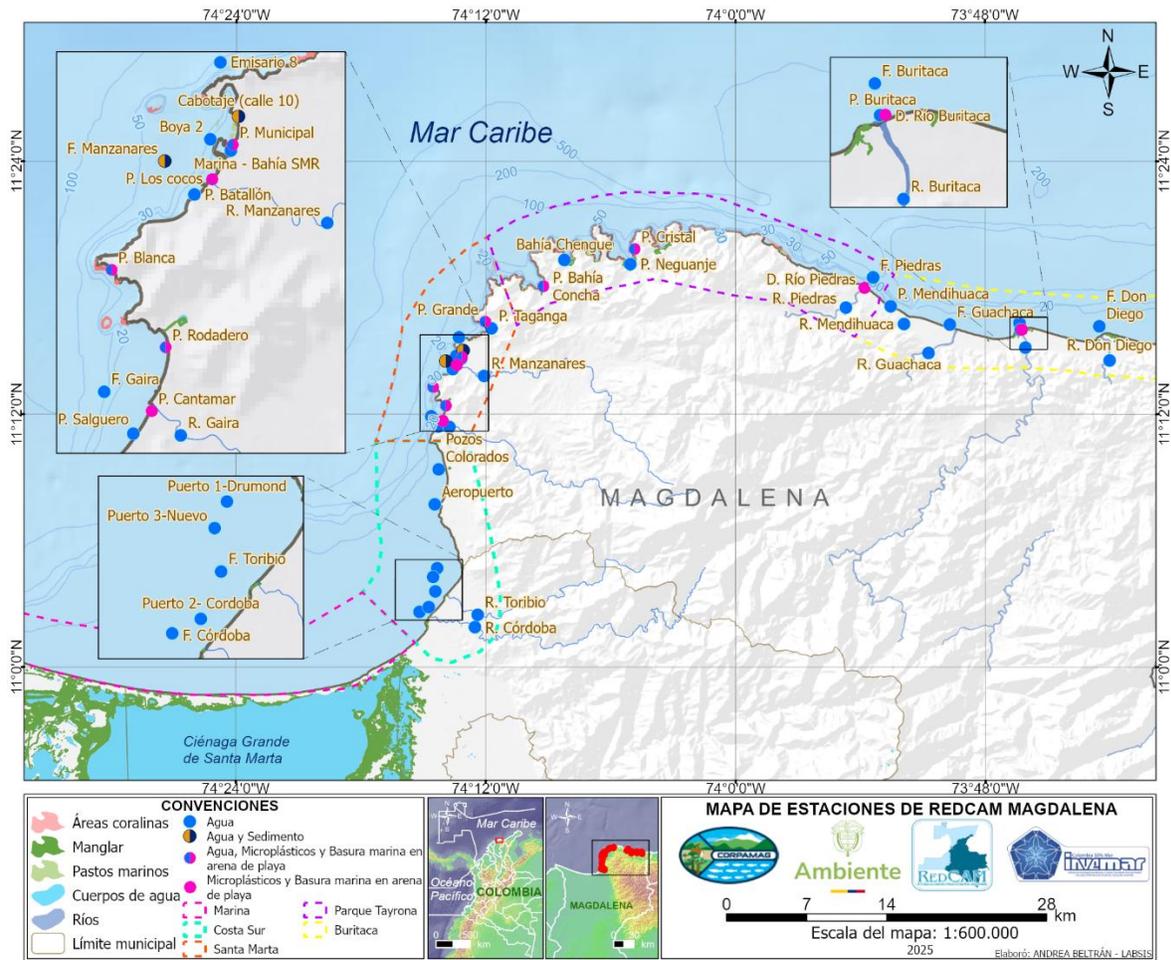


Figura 8-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Magdalena. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas en el departamento de Magdalena oscilaron entre 4,26 mg O₂/L en R. Gaira y 8,79 mg O₂/L en R. Mendihuaca (Figura 8-2). En las estaciones Cabotaje (calle 10), P. Municipal y Marina – Bahía SMR, se han registrado de manera recurrente concentraciones inferiores a 4 mg O₂/L., que es el valor mínimo permisible para preservación de flora y fauna, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)). Estas estaciones se ubican en la Bahía de Santa Marta, una zona con alta afluencia turística, la influencia del Puerto de Santa Marta y que además recibe descargas significativas de aguas residuales domésticas ([INVEMAR, 2024](#)). La persistencia de valores bajos de oxígeno en esta área podría estar asociada al aporte excesivo de nutrientes derivados de estas actividades antrópicas, que promueven el crecimiento descontrolado de fitoplancton y macroalgas, proceso conocido como eutrofización, el cual se ve agravado por la ausencia de estrategias de manejo adecuadas para regular la entrada de nutrientes y otros factores de presión ambiental ([Malone & Newton, 2020](#)).

En contraste, en las estaciones R. Don Diego, R. Guachaca, R. Mendihuaca y Bahía Chengue, se han registrado históricamente (entre los años 2010 a 2024) concentraciones superiores a 10 mg O₂/L. Si bien valores elevados de oxígeno disuelto pueden estar asociados en ciertos contextos a procesos de eutrofización, en estas estaciones no se han evidenciado condiciones características de dicho fenómeno, como proliferaciones excesivas de fitoplancton, episodios de hipoxia o concentraciones persistentemente altas de nutrientes. Aunque en algunos años se han observado niveles moderados de nitratos en ciertas estaciones, estos no han sido suficientes para inducir signos claros de eutrofización. Los niveles elevados de oxígeno disuelto en estas estaciones parecen responder a condiciones naturales del sistema, favorecidas por la baja influencia antrópica y una buena circulación del agua, lo cual previene la acumulación de materia orgánica y mantiene condiciones ambientales saludables ([De la Lanza-Espino y Gutiérrez-Mendieta, 2017](#)).

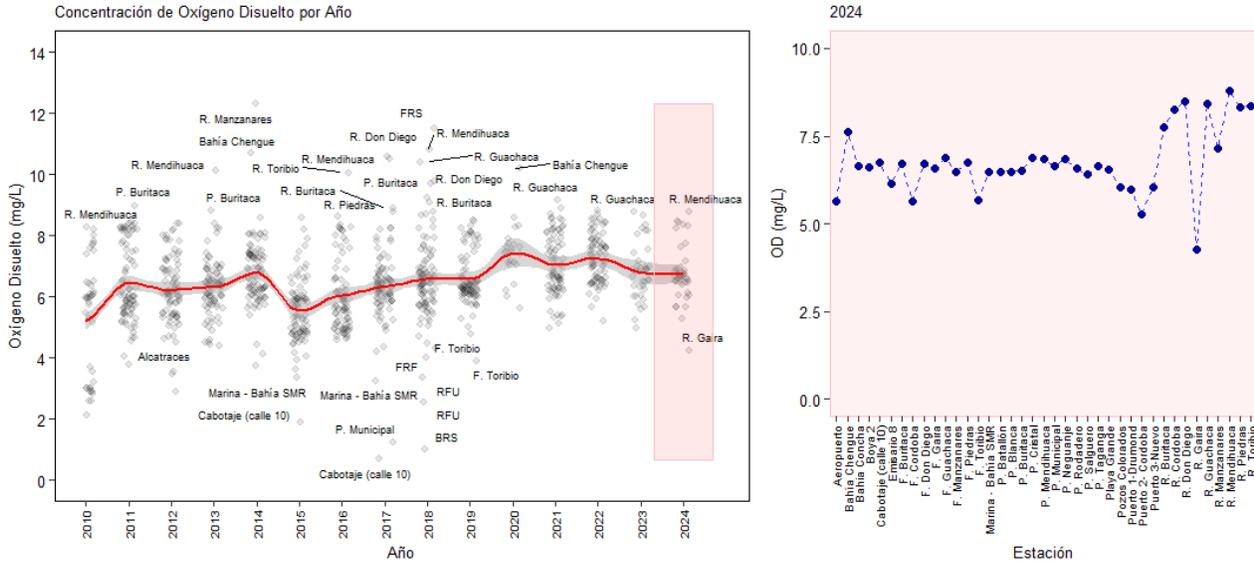


Figura 8-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento del Magdalena.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras - ICAM:

En todas las estaciones del departamento del Magdalena que cumplían con la característica de aguas marinas, se recolectaron muestras de agua (Figura 8-3); no obstante, para las estaciones F. Buritaca, F. Guachaca, P. Municipal, Boya 2, P. Batallón, Pozos Colorados, P. Salguero, Puerto 1-Drumond, Puerto 3-Nuevo, P. Blanca y Puerto 2-Cordoba, las variables P-PO₄³⁻, N-NO₃⁻ y HPDD, estuvieron por debajo del Límite de cuantificación del método (LCM) usado en LABCAM, por lo cual no fue posible estimar los subíndices que conforman la ecuación integradora del ICAM.



Figura 8-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Magdalena.

En enero del año 2024, el cálculo del ICAM mostró que en las estaciones de las zonas de Buritaca y Parque Tayrona se presentaron condiciones de calidad óptima y adecuada indicando niveles satisfactorios de calidad del agua. En contraste, la zona de Santa Marta, particularmente estaciones como Emisario 8, Marina – Bahía SMR, F. Manzanares, P. Rodadero, F. Gaira, F. Toribio y F. Córdoba registraron calidad del agua entre inadecuada y aceptable (Figura 8-4). Este deterioro de la calidad del agua está asociado con las altas concentraciones de ortofosfatos, nitratos, clorofila *a*, carbono orgánico total y coliformes termotolerantes, los cuales son indicadores de contaminación por vertimientos de aguas residuales domésticas, descargas urbanas y escorrentías provenientes de zonas agrarias y rurales. Esta situación que se presenta de manera recurrente, requiere atención por parte de las autoridades competentes, ya que representa un riesgo para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos ([Reyes & Fontalvo, 2020](#)), además de afectar negativamente el aprovechamiento turístico y recreativo de zonas emblemáticas como El Rodadero, así como las actividades portuarias y de transporte marítimo en el sector del Muelle de Cabotaje, sectores que dependen en gran medida de la calidad ambiental para su funcionamiento y sostenibilidad.

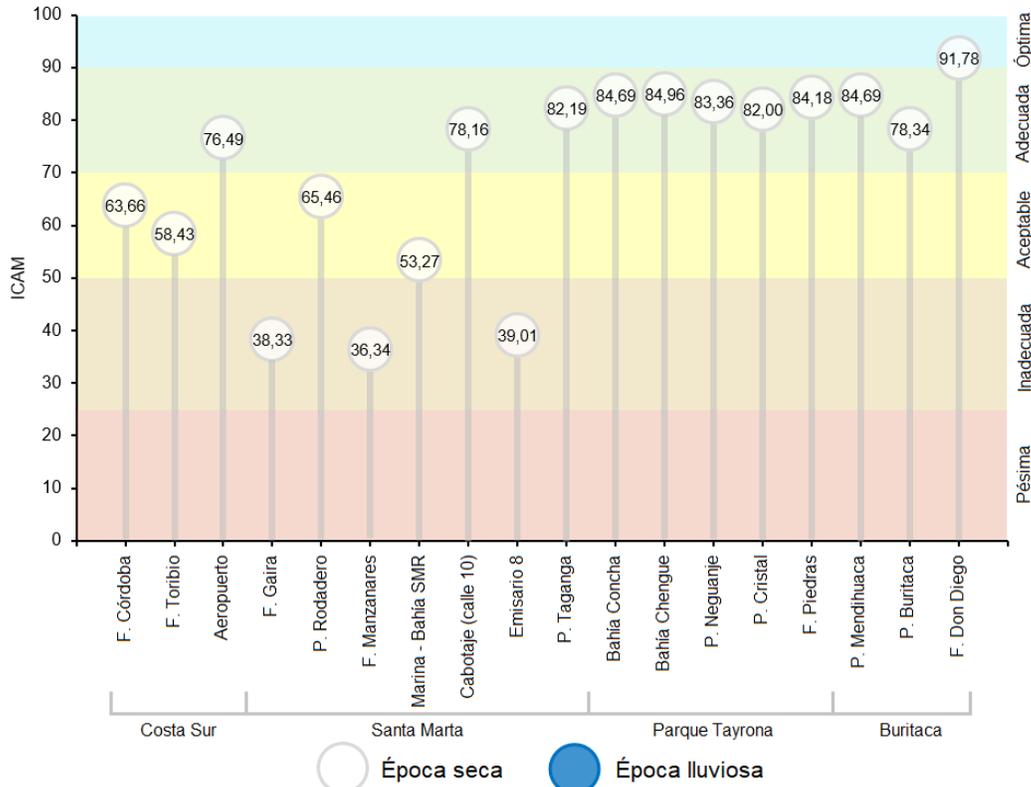


Figura 8-4. Calidad de agua superficial ICAM para época seca (muestreo en enero) del 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento del Magdalena.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en enero, las concentraciones de CTE oscilaron entre 2 y 92.000 NMP/100 mL. Las estaciones R. Don Diego, R. Buritaca, P. Buritaca, R. Guachaca, R. Mendihuaca, R. Piedras, P. Municipal, Marina - Bahía SMR, Emisario 8, Boya 2, R. Manzanares, F. Manzanares, P. Rodadero, R. Gaira, F. Gaira, P. Salguero, Pozos Colorados, Aeropuerto, R. Toribio, F. Toribio, R. Córdoba y F. Córdoba presentaron valores por encima del límite permisible para contacto primario (Figura 8-5). En cuanto a CTT, se observó un patrón similar, con concentraciones elevadas en las estaciones R. Don Diego, R. Buritaca, R. Guachaca, R. Mendihuaca, R. Piedras, Cabotaje (calle 10), Marina - Bahía SMR, Emisario 8, R. Manzanares, F. Manzanares, P. Rodadero, R. Gaira, F. Gaira, P. Salguero, R. Toribio, F. Toribio y R. Córdoba, todas por encima del límite permisible para contacto primario (Figura 8-5). Por otro lado, todas las estaciones registraron concentraciones de EFE por debajo del valor de referencia establecido por la Unión Europea (Figura 8-6).

Estos resultados podrían atribuirse a la influencia de actividades ganaderas, comercio, turismo y urbanas en la región, las cuales generan una carga contaminante debido a actividades antrópicas ([Plata y Vega, 2016](#)). Esta situación es consistente con lo observado

en el año 2022, cuando los ríos presentaron las mayores concentraciones de CTE y CTT durante la época de lluvias, lo que sugiere que los procesos de escorrentía favorecen el arrastre de microorganismos provenientes de excretas humanas y animales, como el ganado (INEMAR, 2023).

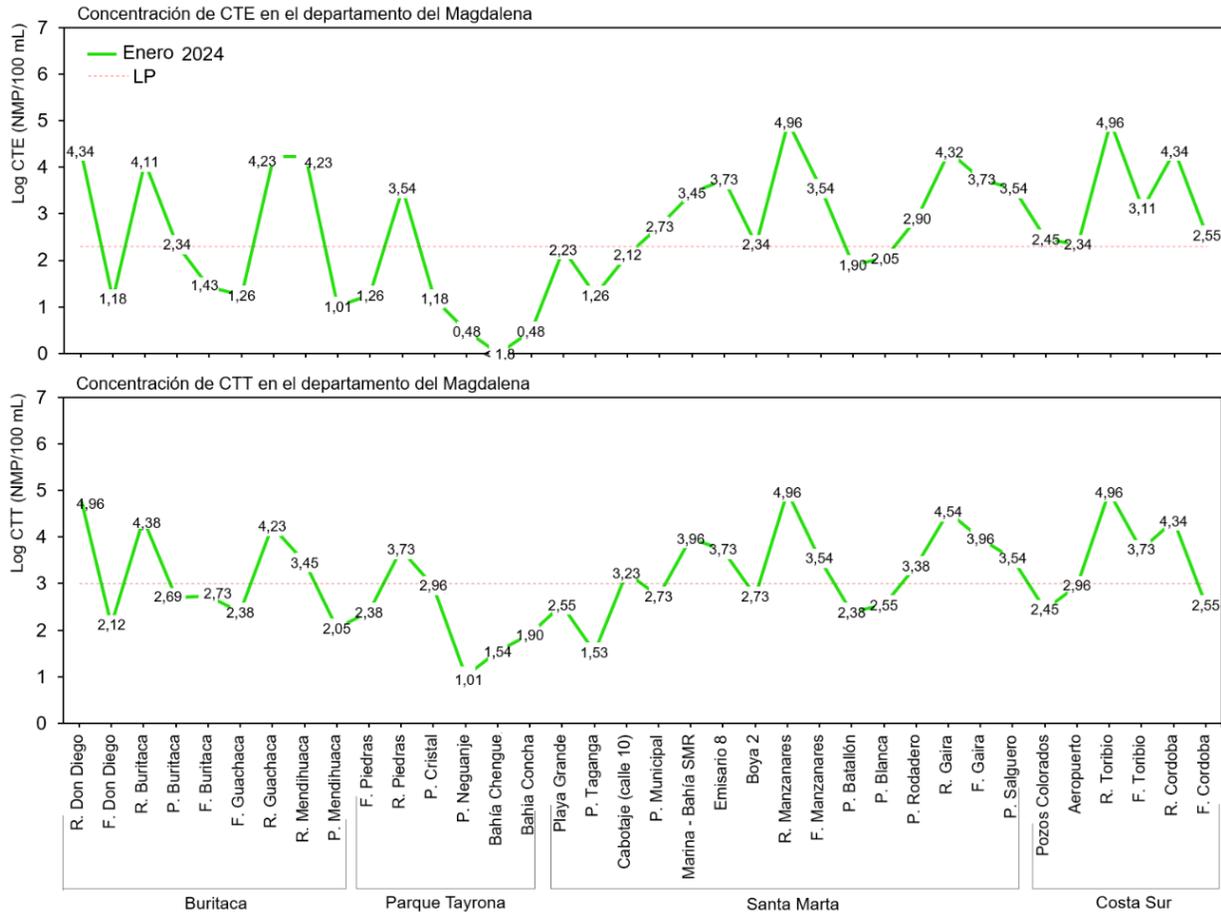


Figura 8-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM del Magdalena. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

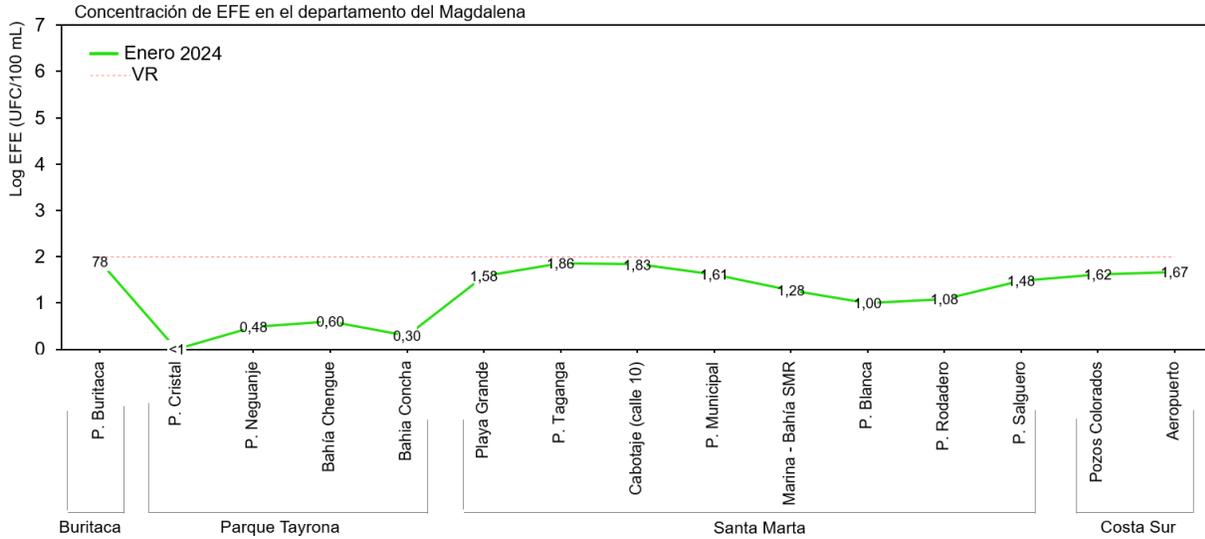


Figura 8-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM del Magdalena. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis histórico (2015-2024) mostró que las playas muestreadas han presentado fluctuaciones de calidad con niveles alto, medio y bajo, con excepción de P. Neguanje, Bahía Chengue y P. Blanca, que han mantenido consistentemente niveles de cumplimiento alto y medio (Figura 8-7). Las estaciones P. Buritaca, P. Mendiaguaca, Bahía Concha, P. Grande, P. Taganga, P. Municipal, P. Batallón, P. Salguero, P. Rodadero, Pozos Colorados y Aeropuerto han registrado concentraciones medias de CTE que superan límites para contacto primario y secundario establecidos por la legislación nacional ([MinAmbiente, 2015](#)). Particularmente, en P. Batallón las concentraciones medias históricas de CTE han superado los valores máximos permisibles para contacto primario y secundario; en las demás estaciones se han registrado concentraciones de CTT superiores a los límites permisibles, lo que sugiere una posible asociación con vertidos de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo ([INVEMAR, 2023](#)). En el año 2023 se observó una mejoría en P. Buritaca, P. Mendiaguaca, P. Cristal, P. Grande, P. Municipal, P. Batallón y P. Blanca con respecto al año 2022; sin embargo, en el año 2024 se presentó un deterioro en P. Buritaca y P. Municipal, lo que evidencia la dinámica constante a la que se enfrenta el recurso hídrico marino-costero del departamento. En las playas Rodadero, Salguero, Pozos Colorados y Aeropuerto se han presentado niveles de cumplimiento bajos en los dos últimos años.

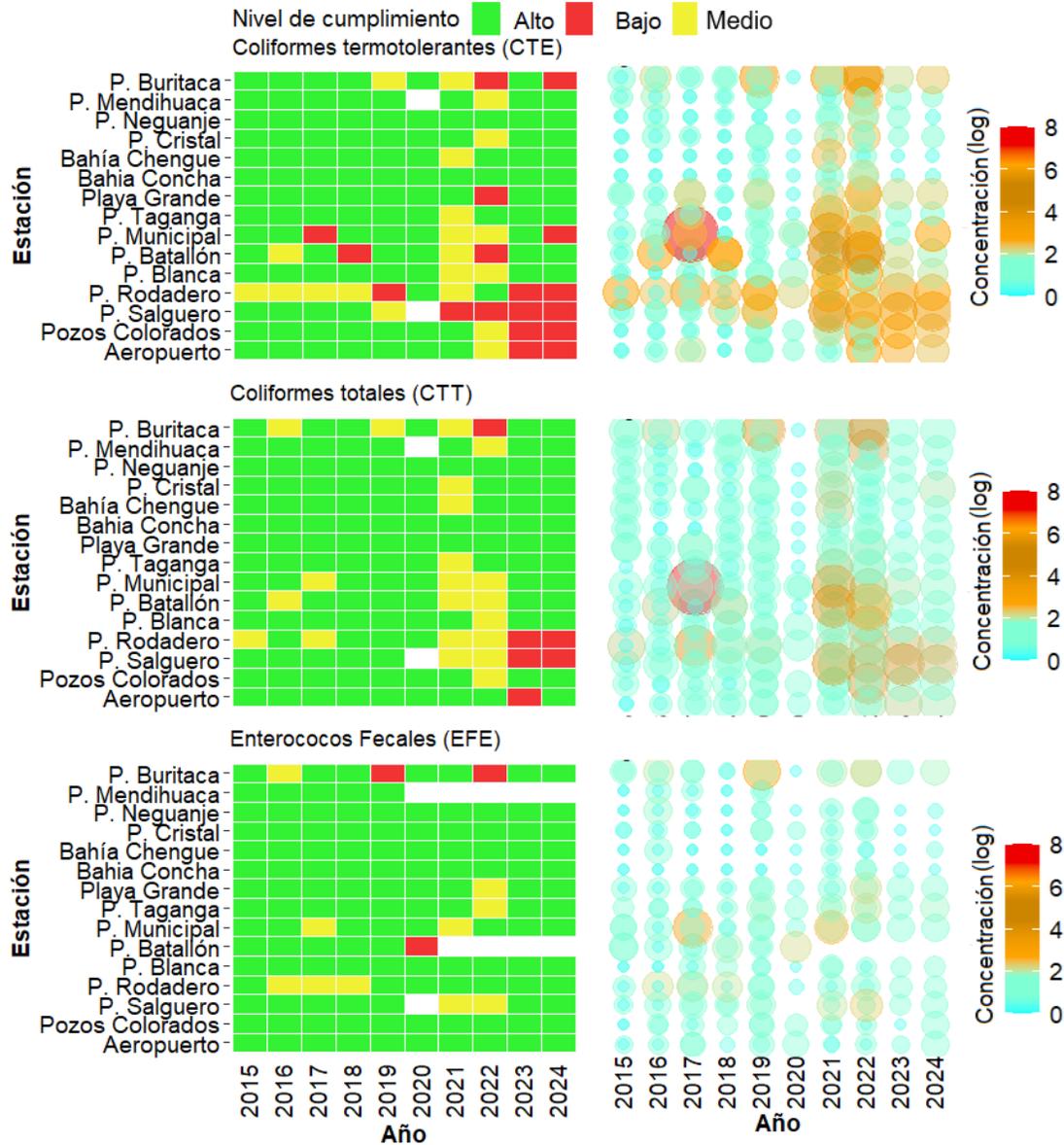


Figura 8-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento del Magdalena. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible.

Los metales disueltos en agua medidos en las estaciones con características de agua dulce en enero del 2024 (época seca), registraron concentraciones de zinc (Zn) de 7,38 $\mu\text{g Zn/L}$ en R. Guachaca, 6,64 $\mu\text{g Zn/L}$ en R. Buritaca, 5,71 $\mu\text{g Zn/L}$ en R. Don Diego. Las concentraciones de hierro (Fe) fueron de 17,4 $\mu\text{g Fe/L}$ en R. Piedras, 20,2 $\mu\text{g Fe/L}$ en R. Guachaca, 32,3 $\mu\text{g Fe/L}$ en R. Buritaca y 14,2 $\mu\text{g Fe/L}$ en R. Don Diego. Estas concentraciones estuvieron por debajo del valor de referencia para efectos crónicos (120 $\mu\text{g/L}$ para Zn y $> 1.000 \mu\text{g/L}$ para Fe; [Buchman, 2008](#)). Para el resto de los metales disueltos, todos los valores estuvieron por

debajo del límite de cuantificación del método de laboratorio del LABCAM, cadmio (Cd) <LCM (2,5 µg Cd/L), cobre (Cu) <LCM (2,5 µg Cu/L), cromo (Cr) <LCM (100 µg Cr/L), cromo hexavalente (Cr+6) <LCM (5 µg Cr VI/L), mercurio (Hg) <LCM (0,3 ng Hg/L), níquel (Ni) <LCM (7,5 µg Ni/L), plomo (Pb) <LCM (12,5 µg Pb/L) y Zinc (Zn) <LCM (5 µg Zn/L).

Calidad de sedimentos

Los análisis de granulometría en las muestras de sedimentos colectadas en la estación F. Manzanares y Cabotaje (calle 10), en enero del 2024 (época seca), fueron de tipo limo grueso y arena muy fina, con tamaños medios del grano menores a 63 µm y entre 125 – 250 µm, respectivamente (Figura 8-8). Los sedimentos de tamaño medio se encontraron principalmente en zonas cercana a las desembocaduras de los ríos, mientras que los sedimentos más finos tienden a acumularse más distantes. Esta distribución de sedimentos finos es especialmente notable durante los periodos de escasez de lluvias y transición ([De La Hoz, 2023](#)).

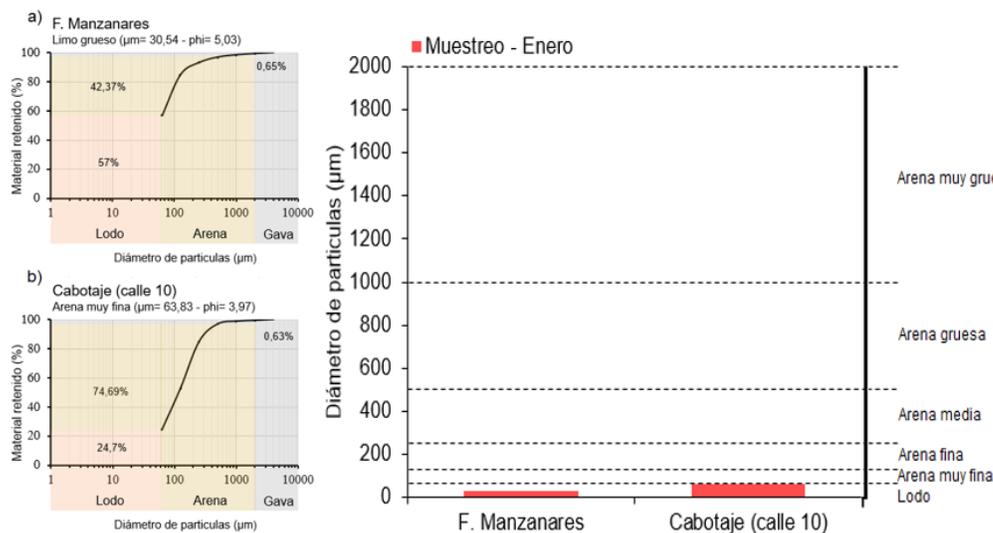


Figura 8-8. Tamaño medio de partícula del sedimento (µm) y su clasificación, para las estaciones monitoreada en el 2024 en el departamento del Magdalena. Las barras rojas representan la época seca. Las líneas horizontales corresponden a los rangos de clasificación para el tipo de sedimento según el método de [Folk & Ward \(1957\)](#).

En el muestreo de la época seca (enero del 2024), las concentraciones de Cd, Ni y Pb estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método empleado en el LABCAM (Cd= 12,5 µg Cd/g, Ni= 75 µg Ni/g y Pb= 15 µg Pb/g). En la estación Cabotaje (calle 10), los metales Cu y Zn estuvieron por encima del valor de referencia para efectos umbral (TEL), Cu= 33 µg Cu/g y Zn= 164 µg Zn/g ([Buchman, 2008](#)); y los metales Cr y Hg estuvieron por debajo del valor de referencia TEL, Cr= 40,8 µg Cr/g y Hg= 69,7 ng Hg/g. En la estación F. Manzanares, las concentraciones de Cu= 10,6 µg Cu/g, Cr= 28,4 µg Cr/g, Hg= 18,7 ng Hg/g y Zn= 77,7 µg Zn/g, estuvieron por debajo del valor de referencia TEL ([Buchman, 2008](#)). Las concentraciones de Fe estuvieron en 23,5 y 28,4 en Cabotaje (calle 10) y F. Manzanares, respectivamente.

Conclusiones y recomendaciones:

- La calidad del agua marina y costera del departamento del Magdalena determinada mediante el cálculo del ICAM en el 2024, en las estaciones de la zona de Santa Marta (Emisario 8, F. Manzanares y F. Gaira) presentaron condiciones inadecuadas, debido a las altas concentraciones de nutrientes y de coliformes, provenientes del río Manzanares y de las aguas servidas que impactan negativamente la estación F. Manzanares; en la estación F. Gaira, la calidad inadecuada podría responder a vertimientos de aguas residuales y al aumento de las actividades recreativas de sol y playa.
- Las playas turísticas del departamento del Magdalena (P. Grande, P. Taganga, P. Municipal, P. Batallón, P. Salguero, P. Rodadero, Pozos Colorados, Aeropuerto, P. Cristal, Bahía Concha, P. Mendihuaca y P. Buritaca) han presentado fluctuaciones históricas con niveles alto, medio y bajo de calidad para uso recreativo de contacto primario. Particularmente, en la época seca del 2024, se evidenció un deterioro de la calidad microbiológica en P. Buritaca, P. Municipal, P. Salguero, P. Rodadero, Pozos Colorados y Aeropuerto. Estas playas de uso turístico muestran la urgencia de implementar medidas inmediatas para mejorar los sistemas de tratamiento de aguas residuales que contribuyan a mejorar la calidad sanitaria y preservar la salud de los turistas y el ecosistema marino.
- La concentración de los metales cobre, plomo y zinc en los sedimentos de la estación Cabotaje (Calle 10), no superaron los valores de referencia TEL propuestos por la NOAA. Esta situación indica una baja probabilidad de que estos metales puedan ocasionar efectos adversos sobre los organismos presentes.



DEPARTAMENTO DE ATLÁNTICO

Por:

*Carlos Andrés Pacheco Vélez
José Francisco Avila Cusba
Laura Sofía Coral Chamorro*

9. ATLÁNTICO

El departamento del Atlántico presenta una franja litoral en el Mar Caribe, que se extiende desde Bocas de Ceniza hasta las salinas de Galerazamba. Su clima, influenciado por los vientos alisios, se caracteriza por ser seco, cálido árido y semiárido, con temperaturas medias entre 28 y 30°C, y un régimen de lluvias bajo según [Gómez-Cubillos et al. \(2015\)](#).

Las estaciones de monitoreo REDCAM, se encuentran distribuidas en tres zonas: río Magdalena, Puerto Colombia y Tubará-Acosta, cada una con características paisajísticas y socioeconómicas características (Figura 9-1). La zona del río Magdalena abarca parte de la cuenca baja del río Magdalena y la Ciénaga de Mallorquín, siendo escenario de actividades portuarias, agrícolas y turísticas, con la presencia de vertimientos de aguas residuales de Barranquilla y Soledad. La franja costera de la zona de Puerto Colombia, se destaca por su enfoque en el turismo. La zona de Tubará-Acosta corresponde a la franja costera de los municipios de Juan de Acosta y Turbará, que se caracteriza por una baja cobertura de alcantarillado, presencia de ciénagas y algunas playas de interés turístico.

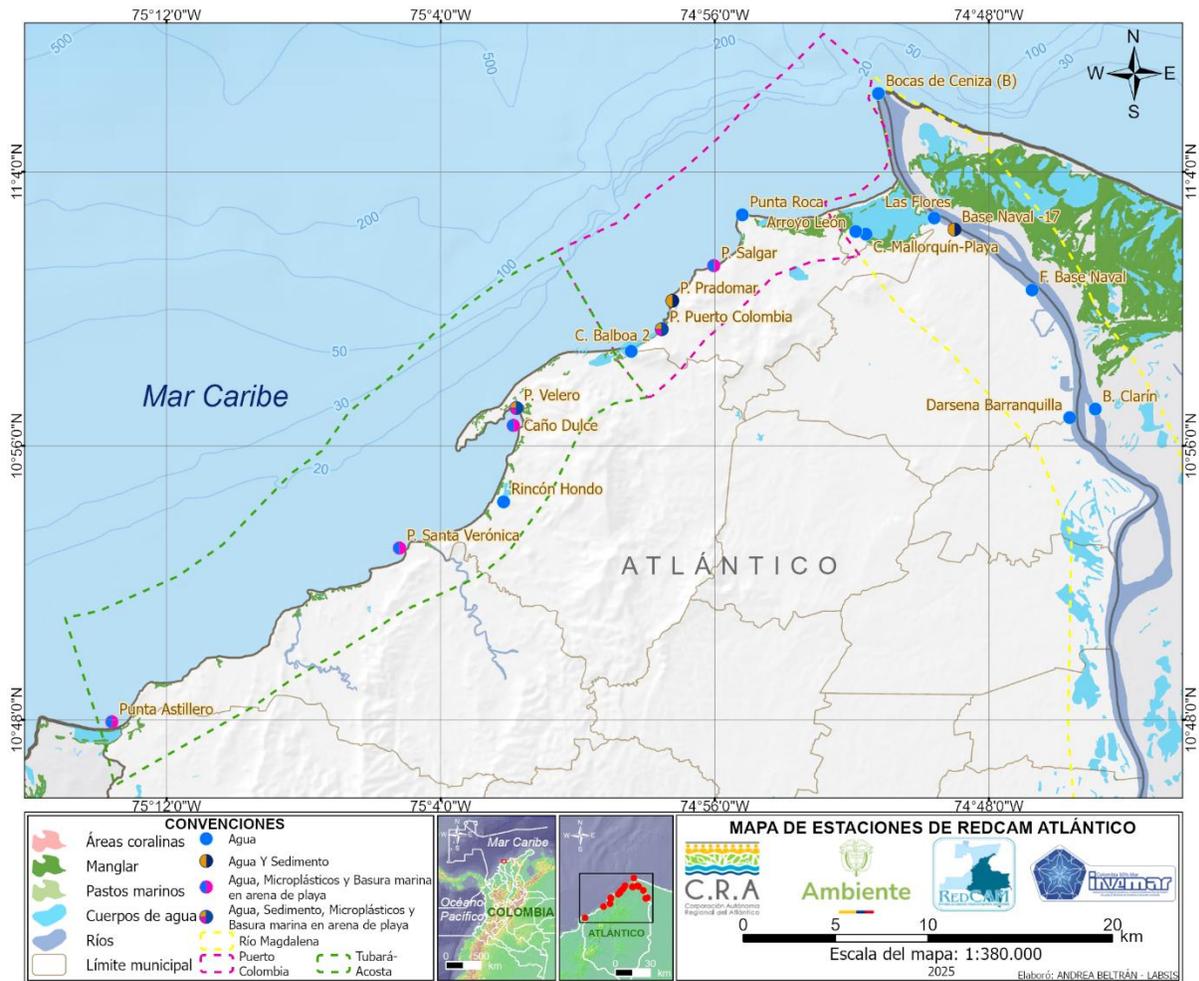


Figura 9-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Atlántico. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento del Atlántico oscilaron entre 4,56 mg O₂/L en f. Base Naval y 7,8 mg O₂/L en C. Mallorquín-Playa (Figura 9-2). En general, los valores registrados se mantuvieron por encima del valor mínimo permisible para preservación de flora y fauna (4 mg O₂/L), establecido en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)).

El comportamiento histórico entre los años 2010 y 2024 muestra una alta variabilidad en las concentraciones de oxígeno disuelto, con valores que fluctúan entre 0,13 mg O₂/L en estaciones como F. Base Naval y 20,2 mg O₂/L en la estación C. Mallorquín-Playa. Este amplio rango sugiere la ocurrencia de eventos tanto de anoxia como de sobresaturación, posiblemente relacionados con procesos de eutrofización, producto de descargas de aguas residuales no tratadas; o variaciones estacionales ligadas a cambios de temperatura, salinidad o actividad fotosintética (Figura 9-2). Estaciones como F. Base Naval, C. Mallorquín-Playa y Arroyo León, han presentado históricamente concentraciones por debajo del valor mínimo permisible (4 mg O₂/L), lo que representa un riesgo para la calidad del agua, según lo establecido por el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)). Estas estaciones están directamente influenciadas por el río Magdalena, que recorre aproximadamente el 25% del territorio colombiano y es considerado uno de los más contaminados del país ([Martínez-García et al., 2019](#); [Tosic & Restrepo, 2023](#)). En este contexto, los bajos niveles de oxígeno pueden asociarse al ingreso de elevadas cargas de materia orgánica en descomposición, así como un aporte significativo de nutrientes derivados de una gestión inadecuada de vertimientos locales ([INVEMAR, 2024](#)).

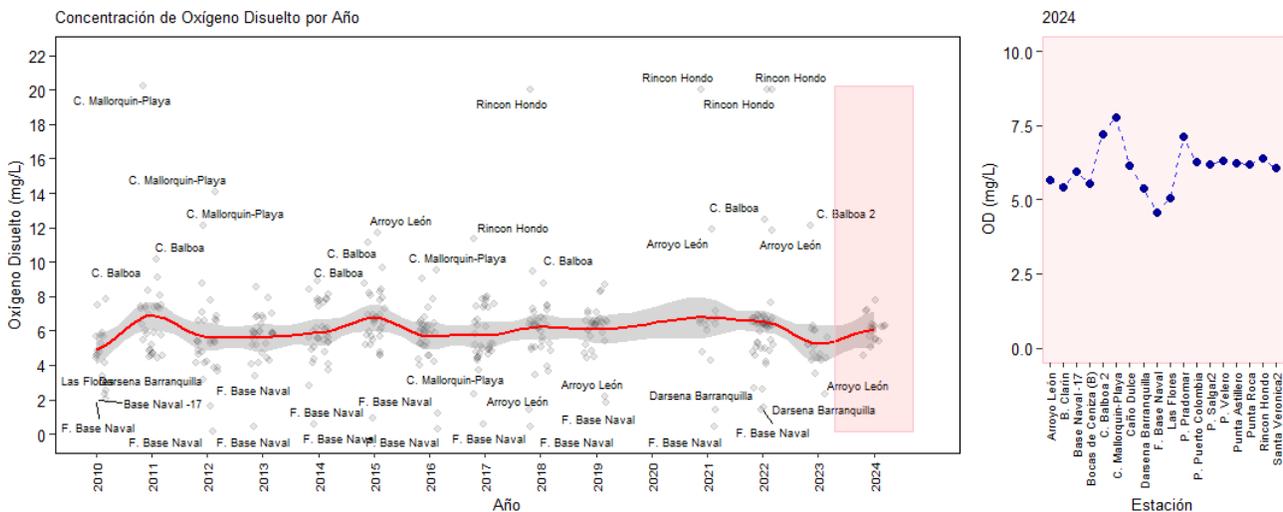


Figura 9-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento del Atlántico.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

De las 13 estaciones planificadas en el departamento del Atlántico para el cálculo del ICAM (Figura 9-3), fue posible estimar los subíndices que conforman la ecuación integradora y calcular el índice en la totalidad de las estaciones.



Figura 9-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Atlántico.

En septiembre de 2024, se reportó el ICAM en 13 estaciones del departamento del Atlántico. Los valores del ICAM oscilaron entre 27,39 y 86,53. El 41,7% de las estaciones presentó calidad adecuada, el 25% aceptable y el 33,3% calidad inadecuada del agua marina y costera (Figura 9-4). Los sitios con calidad inadecuada se presentaron en ciénaga Balboa 2, Bocas de Ceniza y las playas de Pradomar y Puerto Colombia, reflejando un deterioro recurrente ([INVEMAR, 2024](#)). En contraste, la calidad adecuada se registró en las estaciones Punta Astilleros, Santa Verónica, Rincón Hondo, Caño Dulce y Punta Roca (Figura 9-4).

Las estaciones clasificadas con calidad inadecuada estuvieron asociadas a altas concentraciones de nitratos, ortofosfatos y coliformes termotolerantes, variables que reflejan el impacto de diversas actividades humanas, principalmente vertimientos de aguas residuales domésticas, escorrentías urbanas y turismo que se presentan en esta zona costera. En particular, las escorrentías agrarias locales tienen una incidencia limitada, siendo el río Magdalena la principal fuente de contaminación difusa agrícola y pecuaria, al transportar desde el interior del país cargas de nutrientes, materia orgánica y microorganismos que terminan descargándose en Bocas de Ceniza, afectando la calidad ambiental de las zonas costeras cercanas ([Sherchan et al., 2022](#)). Adicionalmente, hay baja cobertura del sistema de alcantarillado y en algunos casos carencia del servicio de acueducto en municipios como Tubará y Acosta ([Superservicios, 2020](#)).

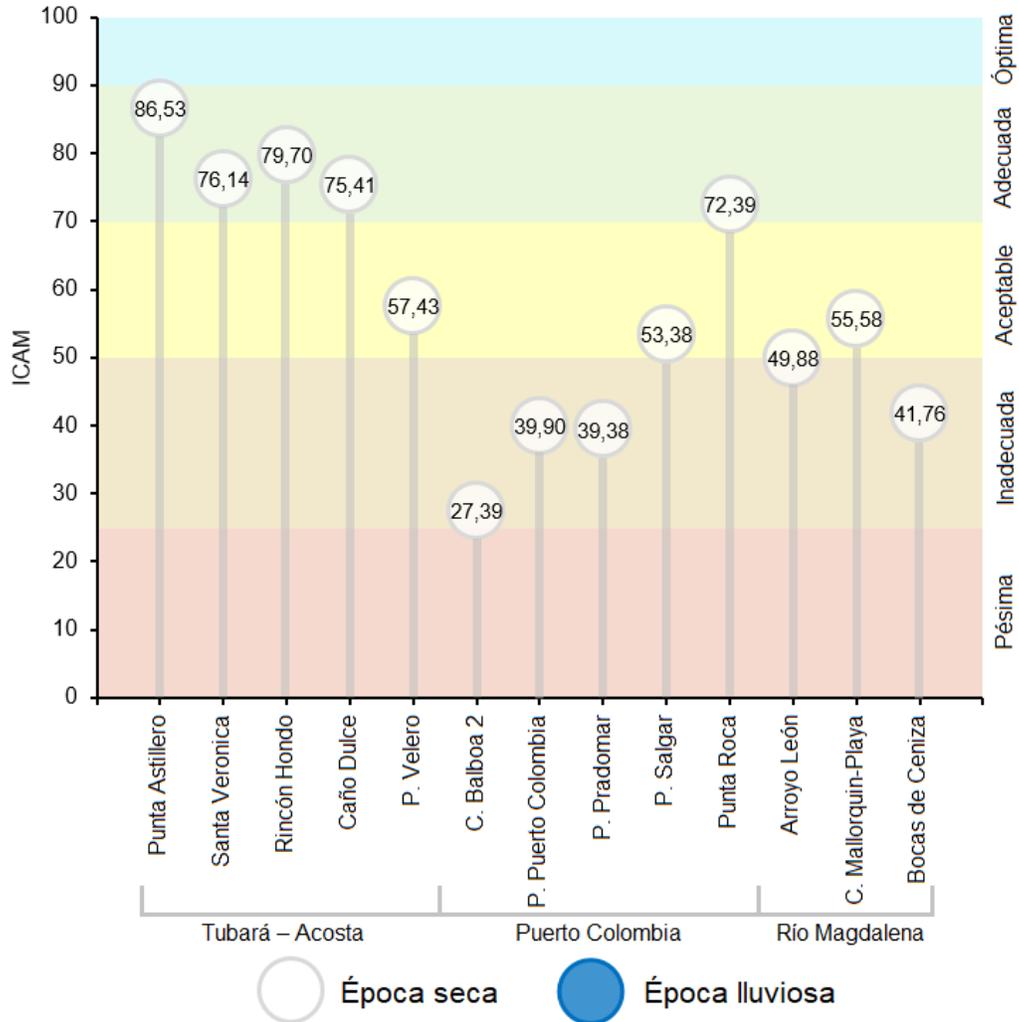


Figura 9-4. Calidad de agua superficial ICAM para época seca (muestreo en septiembre) del 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento del Atlántico.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

Las actividades humanas, como la agricultura, el vertimiento de aguas residuales y el turismo, contribuyen significativamente a la contaminación de las aguas costeras. Las cuencas agrarias y urbanas son las principales fuentes de contaminación fecal ([Sherchan et al., 2022](#)). En este contexto, el monitoreo microbiológico se convierte en una herramienta esencial para evaluar los riesgos asociados a la salud pública en zonas costeras con alta actividad turística ([Gitter et al., 2020](#)).

Las estaciones Ciénaga de Balboa 2, Caño Dulce, Puerto Velero, Puerto Colombia, Pradomar, Salgar y todas las estaciones ubicadas sobre el Río Magdalena, presentaron

concentraciones de CTE y CTT por encima del límite permisible por contacto primario con excepción de la estación Playa Caño Dulce, donde las concentraciones de CTT, estuvieron por debajo del límite permisible por contacto primario (Figura 9-5).

Cabe destacar que durante el monitoreo de las estaciones REDCAM en septiembre 2024, la zona Tubará-Acosta presentó nuevamente estaciones con concentraciones de CTE y CTT por debajo del límite permisible para uso recreativo de contacto primario como Santa Verónica (CTT y CTE: 27 NMP/100 mL) y Punta Astillero (CTT: 21 NMP/100 mL y CTE: 4 NMP/100 mL). Mientras que todas las estaciones ubicadas en la zona del río Magdalena siguen presentando concentraciones de CTE y CTT por encima del límite permisible para contacto primario.

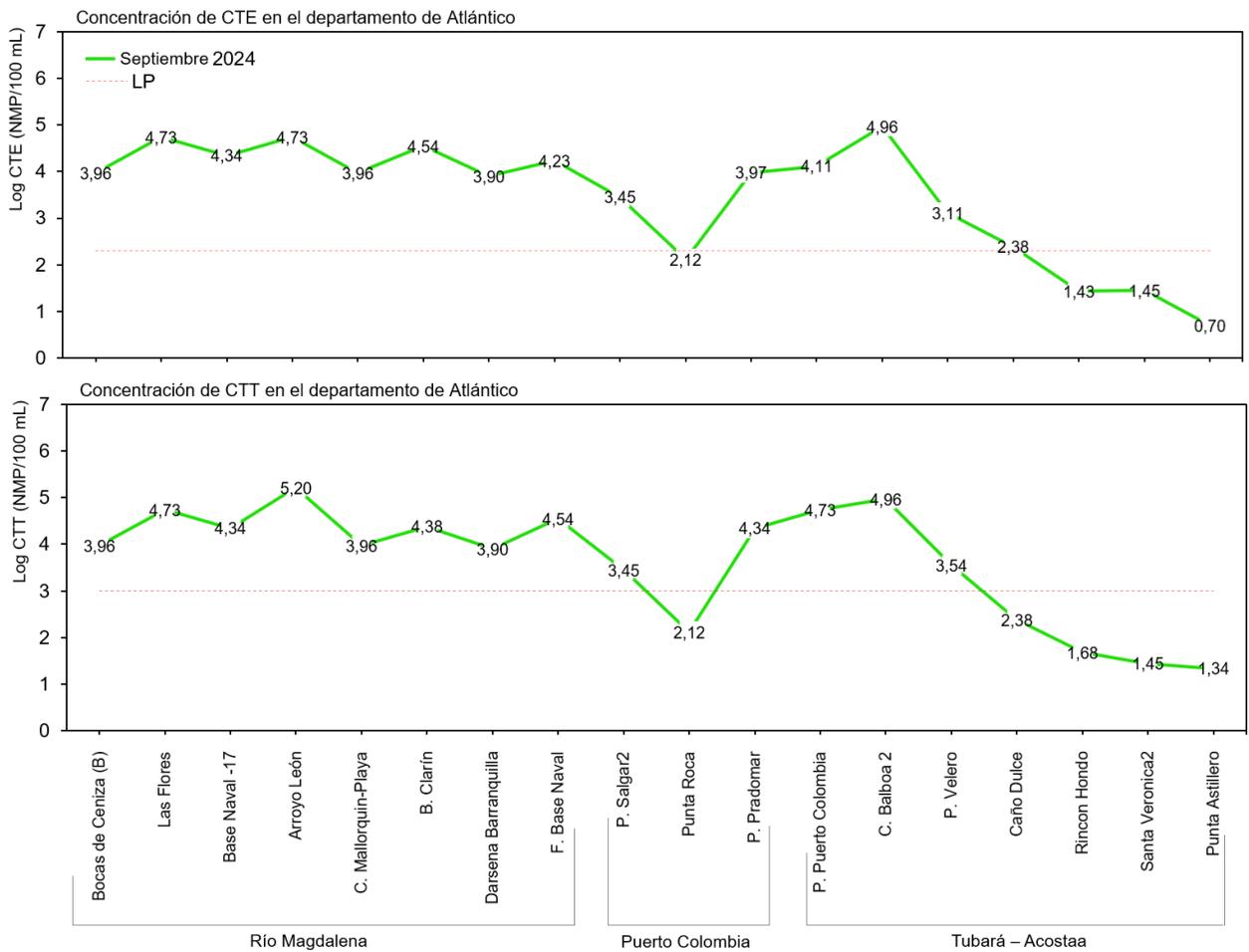


Figura 9-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM del Atlántico. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

Por otra parte, en las estaciones Playa Pradomar, Punta Roca, Punta Astillero, Santa Verónica y Caño Dulce se registraron concentraciones de EFE por debajo del valor de referencia propuesto por la Unión Europea, no obstante, la estación de Puerto Colombia

registró concentraciones de EFE por encima de este valor de referencia (Figura 9-6). Estas concentraciones de EFE junto con el reporte para coliformes son indicadores de contaminación fecal ([Manjarrez et al., 2019](#)); por lo tanto, se recomienda implementar acciones para el tratamiento de las aguas residuales municipales costeras, que permitan reducir el impacto de estos residuos sobre el recurso hídrico marino del departamento.

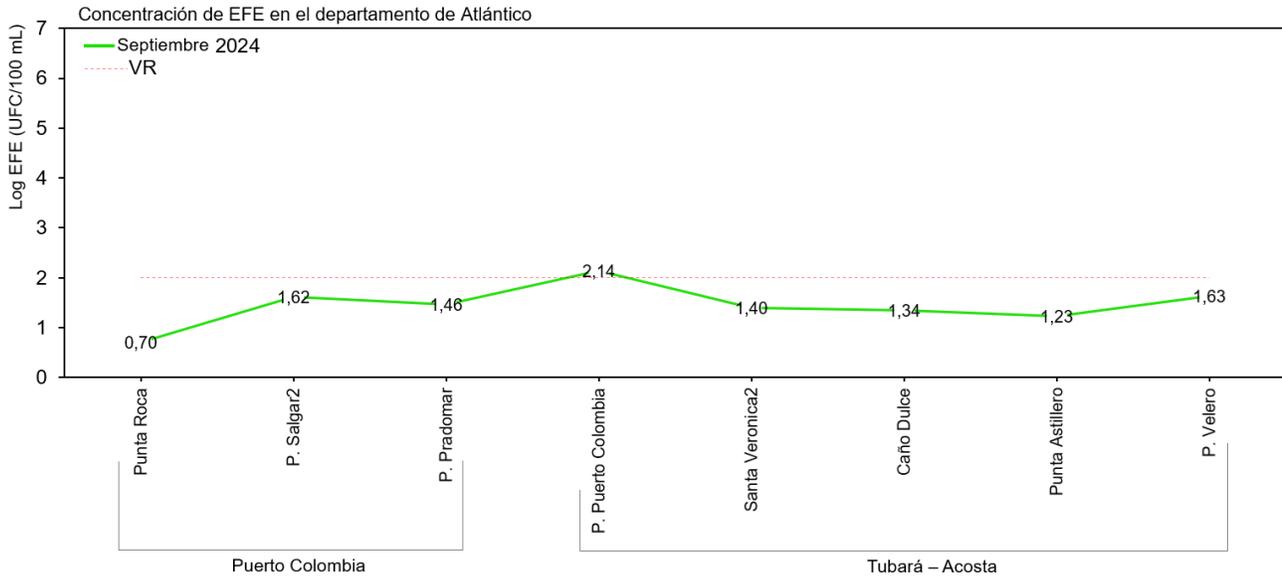


Figura 9-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM del Atlántico. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis histórico de microorganismos indicadores de contaminación fecal, evidenció que las estaciones de P. Puerto Colombia, P. Pradomar y P. Salgar 2, presentaron niveles de cumplimiento medios y bajos de CTE, CTT y EFE (Figura 9-7). Sin embargo, se observaron excepciones en 2019 en P. Salgar que presentó niveles de cumplimiento alto para CTT, y en 2023, para CTE. Durante 2023, las estaciones de P. Puerto Colombia, P. Pradomar y P. Salgar 2, alcanzaron niveles de cumplimiento alto para CTT, en P. Puerto Colombia y P. Pradomar los niveles de cumplimiento para CTE permanecieron bajos. En 2024, las condiciones se deterioraron, con niveles de cumplimiento bajos tanto para CTE como para CTT en estas mismas estaciones, excepto en P. Pradomar y P. Salgar 2, donde se registraron niveles de cumplimiento alto para EFE. Estos resultados reflejan la influencia de vertimientos de aguas residuales y del río Magdalena, factores que contribuyen significativamente a la contaminación orgánica en la región ([CRA, 2022](#)).

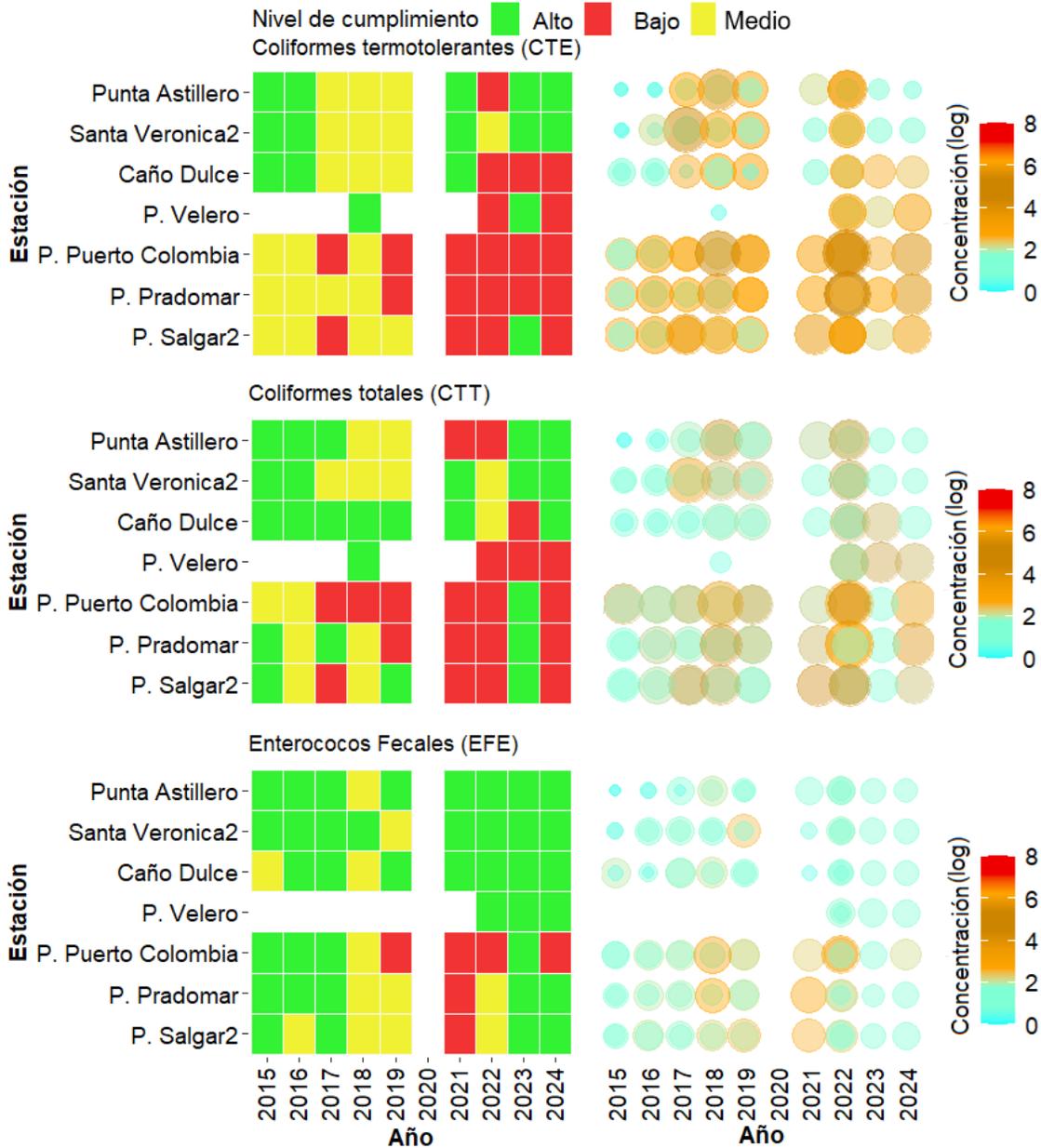


Figura 9-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento del Atlántico. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible.

En relación a los metales disueltos en agua, en las estaciones Las Flores, F. Base Naval y Bocas de Ceniza (B) de la zona Río Magdalena que tienen características de agua dulce, se registraron concentraciones de cobre (Cu) de 2,66 µg/L, cromo hexavalente (Cr⁶⁺) entre 5,07 y 6,27 µg/L, zinc (Zn) entre 24,8 y 25,3 µg/L y hierro (Fe) 159 µg/L, registros que están por debajo del valor de referencia para efectos crónicos (2,5 y 5 µg/L respectivamente; [Buchman, 2008](#)). Las concentraciones reportadas en el 2024 (época seca) fueron similares con respecto al año 2023 durante la misma época climática ([INVEMAR, 2024](#)). El resto de metales disueltos, mostraron valores que estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método analítico empleado en el LABCAM (2,5 µg/L para Cd, 2,5 µg/L para Cu, 100 µg/L para Cr, 5 µg/L para Cr⁶⁺, 0,3 µg/L para Hg, 7,5 µg/L para Ni y 12,5 µg/L para Pb).

En cuanto a los metales disueltos en agua marina/estuarina, en las estaciones Punta Roca, P. Velero, C. Mallorquín-Playa y Arroyo León, se presentaron concentraciones de cromo hexavalente (Cr⁶⁺) de 13 µg/L, de zinc (Zn) entre 9,61 y 11,7 µg/L y de hierro de 15,4 µg/L. Las concentraciones reportadas en la época seca fueron menores a las registradas en el año 2023 en la misma época climática ([INVEMAR, 2024](#)). Para el resto de metales disueltos en agua marina/estuarina en las demás estaciones, todos los valores estuvieron por debajo del límite de cuantificación empleado en el LABCAM (2,5 µg/L para Cd, 2,5 µg/L para Cu, 100 µg/L para Cr, 5 µg/L para Cr⁶⁺; 0,3 µg/L para Hg, 7,5 µg/L para Ni, 12,5 µg/L para Pb, 5 µg/L para Zn y 12,5 µg/L para Fe).

Calidad de sedimentos

Los análisis de granulometría realizados en las muestras de sedimento recolectadas en la estación P. Velero, revelaron un contenido de 6,19% de Lodo y 93,76% de Arena (Figura 9-8). Según la metodología de [Folk & Ward \(1957\)](#), el sedimento fue clasificado como Arena Fina, con un diámetro de partícula de 137,5 µm (Figura 9-9). Este tipo de sedimento ha predominado durante los últimos años ([INVEMAR, 2024](#)). En el sedimento de la estación Base Naval – 17, el 74,1% fue Lodo y un 25,71% Arena, clasificándose como Limo grueso, con un diámetro de partícula de 69,00 µm, que igualmente ha sido el tipo de sedimentos característico en los últimos años, con diámetros de partícula promedios generalmente inferiores a 63 µm. No obstante, en el año 2022, durante la temporada de lluvias, se observaron variaciones que podrían atribuirse a la influencia de este evento climático ([INVEMAR, 2024](#)). Es importante destacar que el limo grueso es característico de zonas con bajo dinamismo hídrico, donde la escasa circulación del agua favorece el asentamiento y acumulación de partículas finas, formando depósitos de limo ([Yang et al., 2017](#); [Wang et al., 2024](#)).

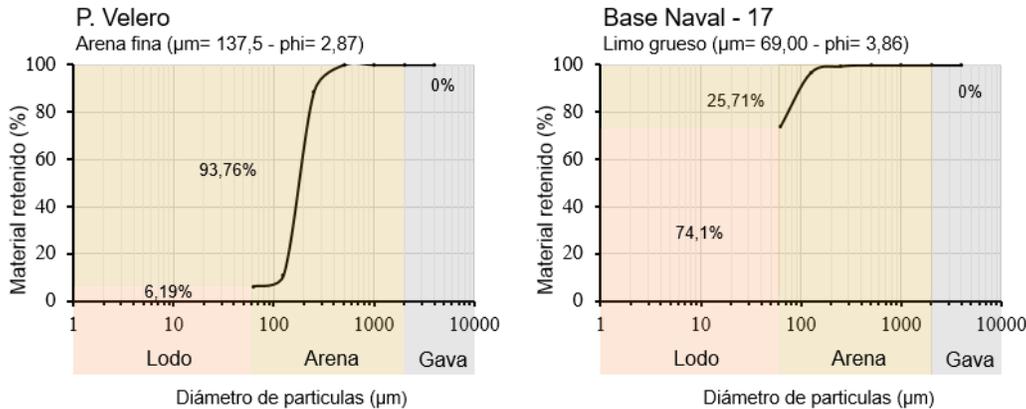


Figura 9-8. Curva granulométrica de las muestras de sedimentos recopiladas en el 2024 (septiembre), en la estación Puerto Velero y Base Naval-17 en el departamento del Atlántico.

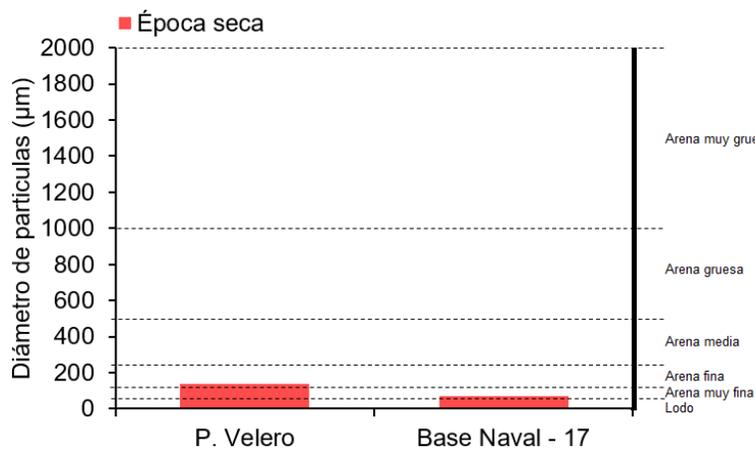


Figura 9-9. Tamaño medio de partícula del sedimento (μm) y su clasificación, para las estaciones monitoreadas en septiembre del año 2024, en el departamento del Atlántico. Las líneas horizontales corresponden a los rangos de clasificación para el tipo de sedimento según el método de [Folk y Ward \(1957\)](#).

En cuanto a los metales totales en sedimentos marinos y fluviales, en el muestreo del 2024 (época seca), las mayores concentraciones de (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), plomo (Pb), zinc (Zn) y hierro (Fe) se registraron en la estación Base Naval – 17, con registros de 75,6 $\mu\text{g/g}$ de cromo (Cr) y 147 $\mu\text{g/g}$ de zinc (Zn), por encima del valor de referencia para efectos umbral TEL (37,3 $\mu\text{g/g}$ para Cr y 123 $\mu\text{g/g}$ para Zn; [Buchman, 2008](#)) y la concentración de hierro (Fe) fue de 40 mg/g , el resto de concentraciones estuvo por debajo del valor de referencia para efectos lumbral (TEL). En la estación P. Velero, la concentración de zinc (Zn) 44,5 $\mu\text{g/g}$ estuvo por debajo del valor TEL (124 $\mu\text{g/g}$ para Zn; [Buchman, 2008](#)) y la concentración de hierro (Fe) fue de 16,4 mg/g . Mientras que las concentraciones de cadmio (Cd), cobre (Cu), cromo (Cr), mercurio (Hg), níquel (Ni) y plomo (Pb) estuvieron por debajo del límite de cuantificación del método empleado en el LABCAM (12,5 $\mu\text{g/g}$ para Cd, 5 $\mu\text{g/g}$ para Cu, 25 $\mu\text{g/g}$ para Cr, 3 $\mu\text{g/g}$ para Hg, 75 $\mu\text{g/g}$ para Ni y 15 $\mu\text{g/g}$ para Pb).

Conclusiones y recomendaciones:

- La calidad del agua marina y costera del departamento del Atlántico durante el año 2024, determinada mediante la aplicación del ICAM, mostró que en las estaciones Bocas de Ceniza, P. Pradomar, P. Puerto Colombia y C. Balboa 2, la calidad del agua marina fue inadecuada. Estas condiciones se asocian con las altas concentraciones de nitratos, ortofosfatos, clorofila a y coliformes termotolerantes. Los resultados resaltan la necesidad de ampliar la cobertura de los sistemas de alcantarillado y establecer controles efectivos para reducir las descargas de aguas residuales, las cuales generan este deterioro en la calidad del recurso hídrico.
- En las estaciones ubicadas en el río Magdalena, se observó el deterioro de la calidad microbiológica con fines recreativos asociados al contacto primario. Esto resalta la necesidad urgente de mejorar la gestión de aguas residuales y escorrentías urbanas y agrícolas.
- La concentración de cromo y zinc en los sedimentos de la estación Base Naval – 17, superaron los valores de referencia TEL propuestos por la NOAA. Esta situación, que ha sido reportada de manera recurrente en los dos últimos años, resalta la importancia de mantener un monitoreo constante en esta estación para identificar con mayor precisión las posibles fuentes de contaminación y evaluar los riesgos potenciales para los ecosistemas bentónicos. Además, se recomienda complementar el monitoreo con estudios de caracterización de fuentes puntuales y difusas de contaminación.



DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR

Por:

*Carlos Andrés Pacheco Vélez
José Francisco Avila Cusba*

10. BOLÍVAR

El departamento de Bolívar es un territorio con una riqueza en ecosistemas marinos que incluyen arrecifes coralinos, playas, manglares, humedales costeros y pastos marinos. La Bahía de Cartagena se caracteriza por ser un cuerpo estuarino, conectado con el mar Caribe mediante dos bocas, Bocachica y Bocagrande, y una bahía interna que en la parte norte no tiene comunicación directa con el mar ([Cañón et al., 2007](#); [Lonin et al., 2004](#)); y en la parte sur recibe las descargas de aguas continentales a través del Canal del Dique, que juega un papel crucial en la dinámica costera.

Las estaciones REDCAM se distribuyen en cinco zonas (Figura 10-1). La zona Costa Norte, donde se encuentran playas y el emisario submarino de Punta Canoa; la zona Bahía Afuera, con estaciones en las playas turísticas de Cartagena; la zona Bahía de Cartagena, compuesta por las bahías interna y externa, y el área donde desemboca el Canal del Dique; la zona Bahía de Barbacoas, donde desembocan caños conectados al Canal del Dique; y la zona de las Islas, que abarca las islas del Rosario y la isla Barú, donde hay áreas coralinas de gran importancia ambiental ([Alonso et al., 2015](#)).

El primer muestreo del año 2024 se realizó en abril por parte de INVEMAR, mientras que el segundo se llevó a cabo en septiembre, bajo la coordinación de CARDIQUE. Esta programación permitió evaluar la calidad sanitaria de las playas en dos periodos diferenciados, considerando posibles variaciones asociadas a la dinámica turística y las condiciones ambientales propias de cada temporada.

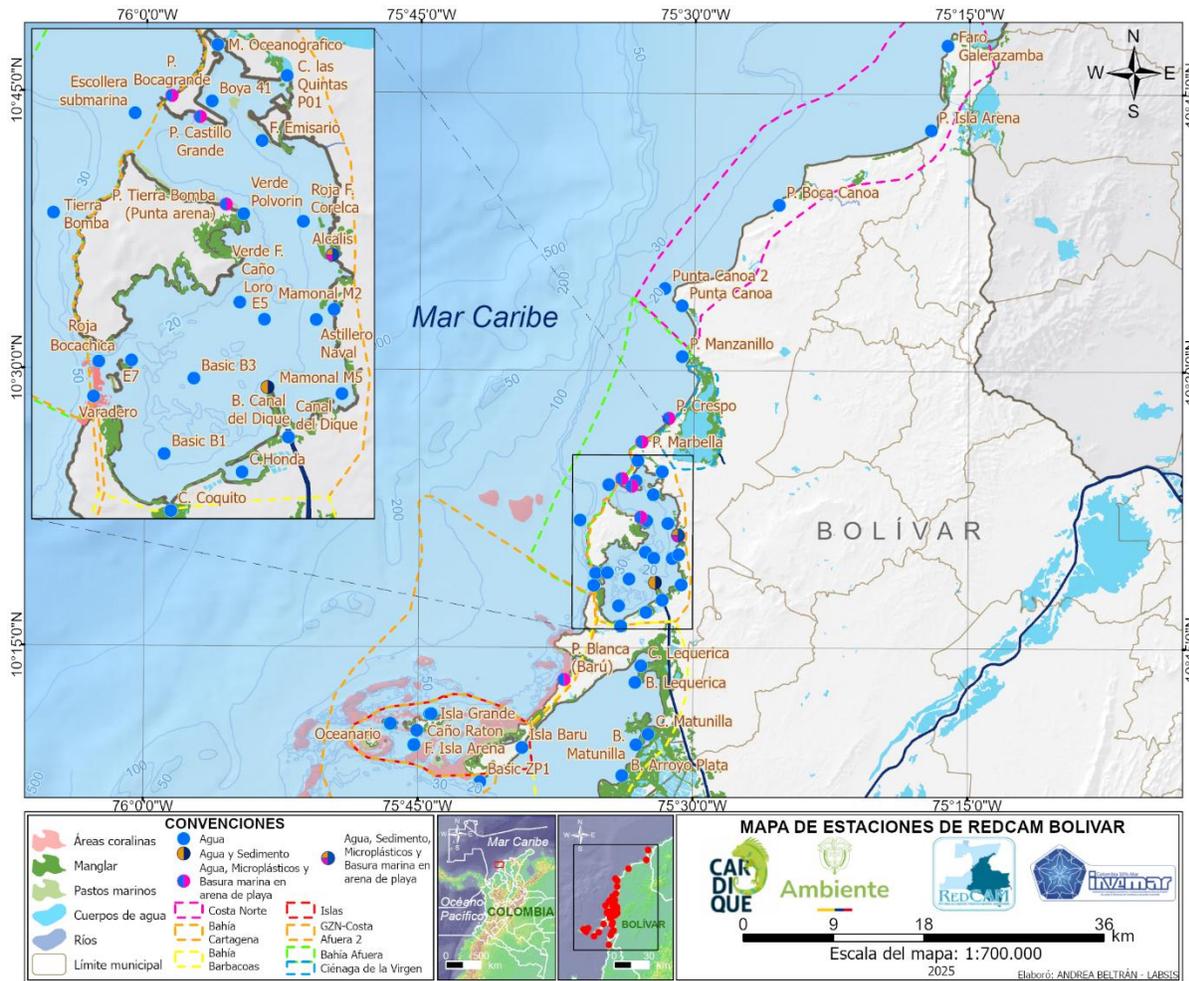


Figura 10-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Bolívar. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de Bolívar oscilaron entre 4,08 mg O₂/L en C. Coquito y 8,46 mg O₂/L en Mamonal M5 (Figura 10-2). En general, los valores registrados se mantuvieron por encima del límite permisible para preservación de flora y fauna (4 mg O₂/L), establecido en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)).

El análisis histórico entre los años 2010 y 2024, evidenció una alta variabilidad en las concentraciones de oxígeno disuelto, con valores que fluctuaron entre 1,06 mg O₂/L en estaciones como B. Caño Correa y 15,87 mg O₂/L en Faro Galerazamba. Esta fluctuación sugiere la ocurrencia de eventos tanto de anoxia como de sobresaturación, posiblemente asociados a procesos de eutrofización generados por el exceso de nutrientes ([Pérez-Rufaza et al., 2019](#)). Estaciones como B. Caño Correa y B. Canal del Dique han registrado históricamente concentraciones inferiores al límite permisible (4 mg O₂/L), lo que representa un riesgo para la calidad del agua, según lo establecido por el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)). En particular, B. Caño Correa recibe aportes de aguas continentales, mientras que B. Canal del Dique está influenciada directamente por el Canal del Dique, un



Figura 10-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Bolívar.

Con los datos colectados en las restantes 12 estaciones del departamento de Bolívar, se calculó el ICAM. Los valores variaron entre 57,19 y 87,77 (Figura 10-4). De estas estaciones, el 83,3% presentó calidad adecuada y el 16,7% calidad aceptable. Las variables de clorofila *a*, carbono orgánico total y coliformes termotolerantes fueron las que mostraron menor calidad en los subíndices calculados a partir de las concentraciones; sin embargo, solo se vio afectado el resultado final del ICAM, de manera leve en las estaciones P. Marbella y ciénaga las Quintas P01.

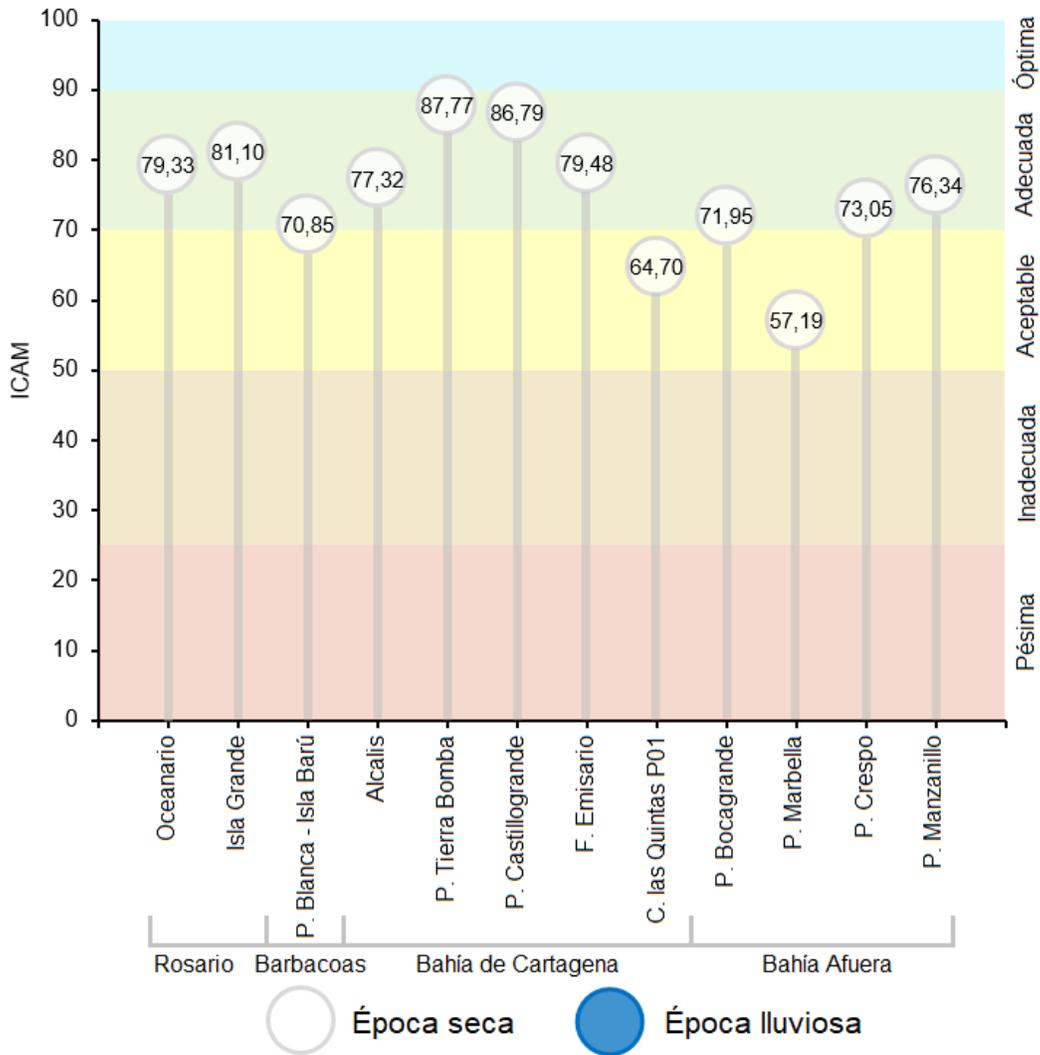


Figura 10-4. Calidad de agua superficial ICAM para época seca (muestreo en abril) del 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento de Bolívar.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en abril, en las estaciones de Costa Norte y Bahía Afuera, se registraron niveles de CTE inferiores a 2,05 NMP/100 mL. En contraste, en Bahía de Cartagena, Rosario y Barbacoas, se observaron concentraciones más elevadas, alcanzando hasta 16.000 NMP/100 mL en la estación B. Canal del Dique. Otras estaciones que superaron el límite permisible para contacto primario fueron Roja Bocachica, E5 y Mamonal M5 (Bahía de Cartagena); F. Isla Arena y Basic ZP1 (Rosario); y B. Lequerica, C. Lequerica B. Matunilla, B. Caño Correa y C. Matunilla (Barbacoas) (Figura 10-5). En cuanto a CTT, las concentraciones más altas se registraron en C. Lequerica (44.000 NMP/100 mL) en

Barbacoas y B. Canal del Dique (41.000 NMP/100 mL) en Bahía de Cartagena. Otras estaciones que superaron el límite permisible incluyeron Faro Galerazamba, P. Boca Canoa, Punta Canoa, P. Crespo, Canal del Dique, Verde F, Caño Loro, Astillero Naval, Roja Bocachica, C. Honda, E5, E7, Varadero, Basic B1, Basic B3, C. Coquito, Mamonal M5, Isla Grande, F. Isla Arena, Basic ZP1, Isla Barú, B. Lequerica, B. Matunilla, B. Arroyo Plata, B. Caño Correa y C. Matunilla (Figura 10-5).

En el muestreo realizado en septiembre, en las estaciones de Costa Norte y Rosario se registraron niveles de CTE inferiores a 120 NMP/100 mL. En contraste, en Bahía Afuera, Bahía de Cartagena y Barbacoas, en las estaciones P. Crespo, Escollera submarina, Verde F. Caño Correa, Astillero Naval, Roja F. Corelca, Verde Polvorin, F. Emisario, Boya 41, M. Oceanográfico, Alcalis, E5, E7, Basic B1, Basic B3, C. Coquito, Mamonal M5, Isla Barú, B. Lequerica y B. Matunilla, se presentaron concentraciones superiores al límite permisible (Figura 10-5). De manera similar, las concentraciones de CTT en estas estaciones también excedieron el límite permitido, destacando Escollera submarina, Tierra Bomba, P. Castillogrande, Canal del Dique, B. Canal del Dique, Verde F. Caño Loro, Astillero Naval, Roja F. Corelca, Verde Polvorin, F. Emisario, Boya 41, M. Oceanográfico, Roja Bocachica, Alcalis, C. Honda, E5, Basic B1, Basic B3, C. Coquito, Mamonal M2, Mamonal M5, Isla Grande, F. Isla Arena, Oceanario, Basic ZP1, B. Lequerica, B. Matunilla, B. Arroyo Plata y C. Matunilla (Figura 10-5).

Estos resultados coinciden con los reportados en el año 2023 ([INVEMAR, 2024](#)), cuando se registraron las concentraciones de CTE y CTT más altas en la época seca, periodo que se tiene reportado con mayor afluencia de visitantes a las playas ([Reyes & Fontalvo, 2020](#)). En estas temporadas, el aumento de actividades recreativas y turísticas, sumado a la descarga de aguas residuales domésticas e industriales en ríos y estuarios de zonas urbanas costeras, favorece el transporte de contaminantes hacia las áreas marinas adyacentes, afectando la calidad del agua tanto desde el punto de vista ecológico como social ([Souza-Santos et al., 2025](#)). En este departamento, el crecimiento de las actividades antrópicas enfocadas al flujo de embarcaciones de menor y mayor calado marítimo e industrial, la urbanización, el comercio y el turismo, han intensificado la generación de residuos contaminantes, lo que refuerza la necesidad de gestionar adecuadamente los impactos sobre los ecosistemas costeros.

En cuanto a los EFE, en todas las estaciones se registraron concentraciones por debajo del valor de referencia establecido por la Unión Europea (Figura 10-6). Esto podría atribuirse a que el muestreo se realizó en la época seca, cuando el caudal de los ríos disminuye, reduciendo los aportes continentales y, por ende, las concentraciones de EFE ([Quintana-Saavedra & Santa-Ríos, 2013](#)). Además, la exposición a la radiación ultravioleta durante el muestreo podría haber contribuido a la reducción de EFE en el agua, ya que se ha reportado que este factor puede inactivar hasta el 90% de estos microorganismos en pocas horas ([Sassoubre et al., 2012](#)). Asimismo, el movimiento de las corrientes marinas y el oleaje favorecen la dilución y dispersión de los microorganismos, disminuyendo su concentración en el agua. En playas con buena circulación, la contaminación fecal tiende a reducirse más rápido; sin embargo, este proceso depende de diversos factores, como la distancia a las fuentes de contaminación, el transporte de los microorganismos ([Jofre et al., 2021](#)) y las condiciones ambientales que pueden influir en su persistencia ([Wanjugi et al., 2018](#)).

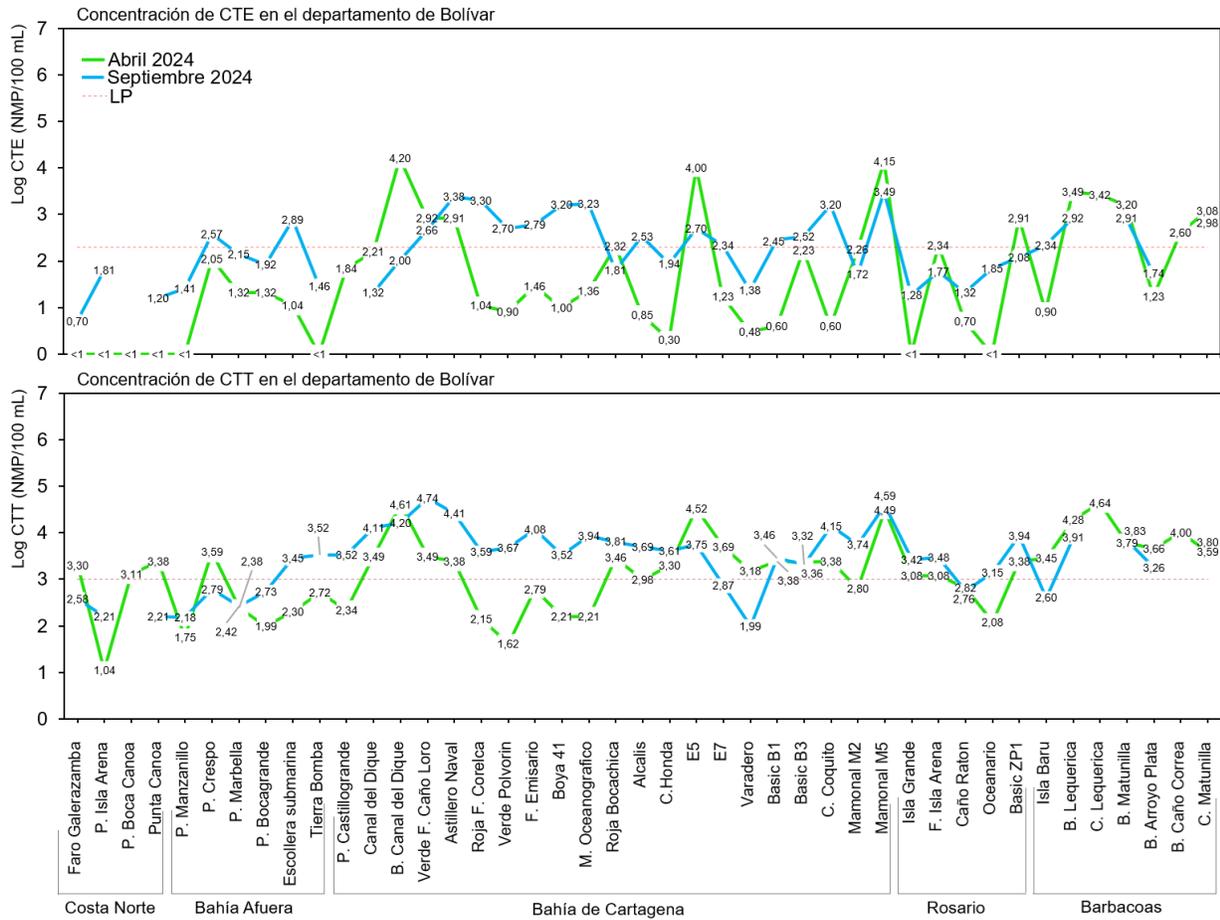


Figura 10-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Bolívar. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

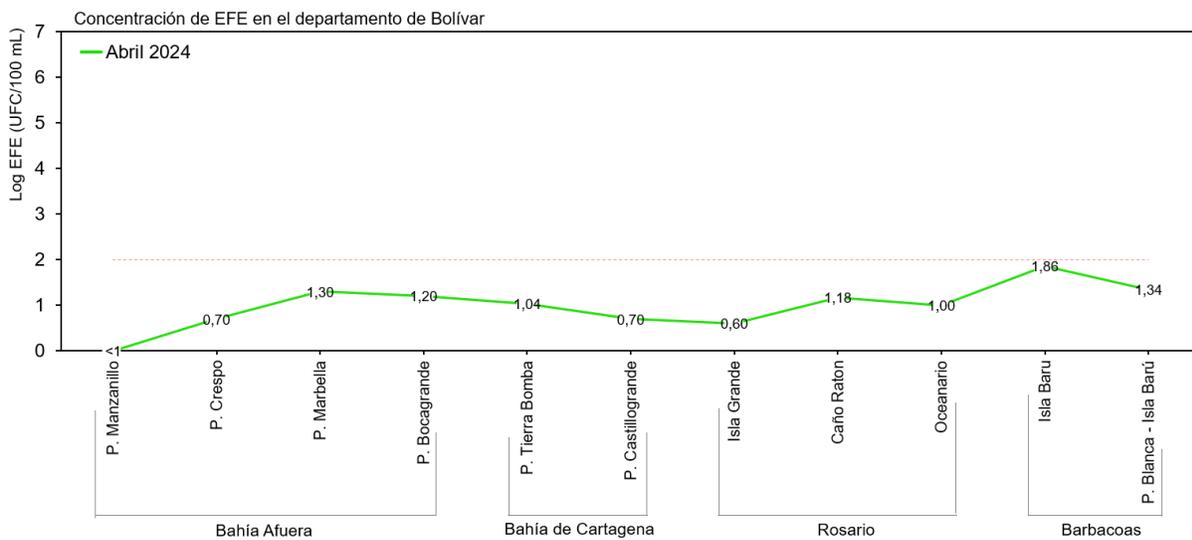


Figura 10-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Bolívar. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis histórico (2015-2024) evidenció que la mayoría de las estaciones han presentado niveles altos de cumplimiento (Figura 10-7). Sin embargo, desde 2022, se viene observando un detrimento de la calidad del agua en la estación Isla Grande, donde se registró un cumplimiento medio (INVEMAR; 2024), y un cumplimiento bajo en 2024 para CTE. De manera similar, P. Boca Canoa presentó niveles de cumplimiento bajos. Además, playas como Isla Barú, P. Bocagrande, P. Marbella, P. Crespo y Punta Canoa mostraron un deterioro en la calidad microbiológica en comparación con 2023. Estos resultados están asociados a factores antrópicos persistentes que carecen de medidas de control efectivas, especialmente durante periodos de alta afluencia turística, los cuales contribuyen al incremento de microorganismos en el agua (Reyes & Fontalvo, 2020; Souza-Santos et al., 2025).

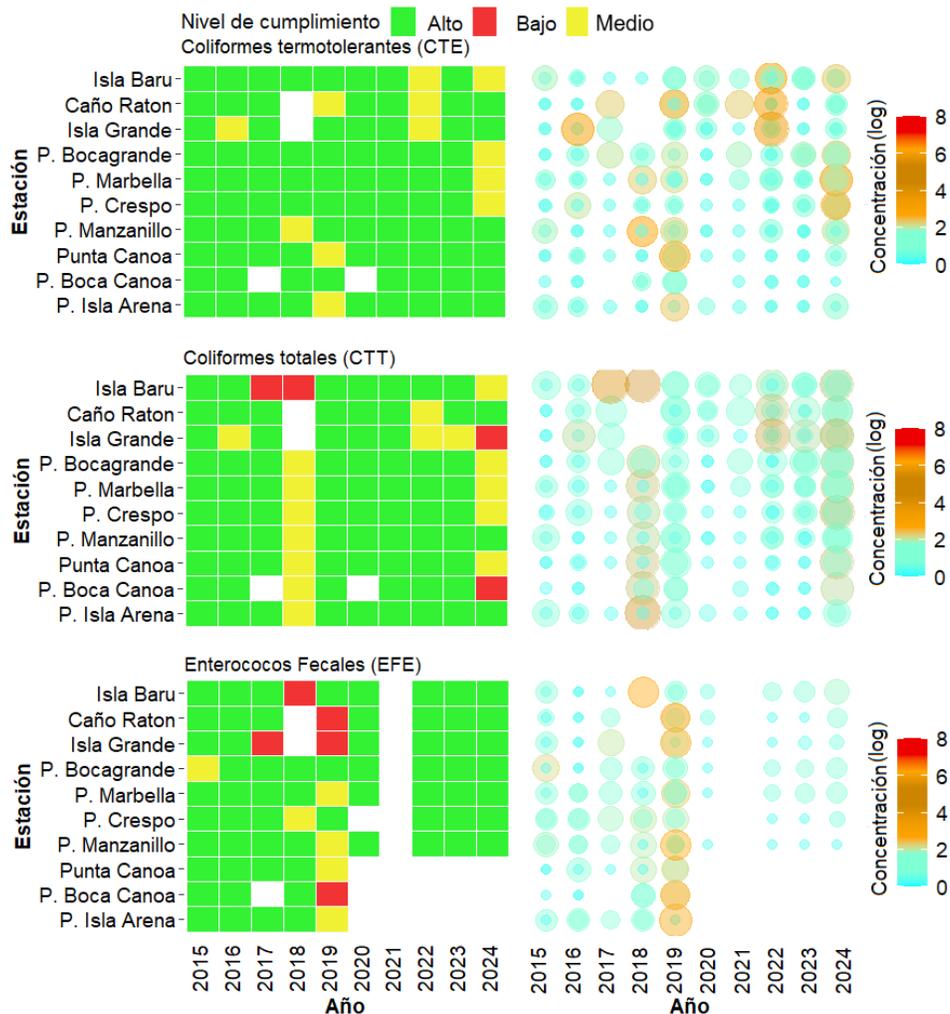


Figura 10-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Bolívar. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible.

Conclusiones y recomendaciones:

- La calidad del agua marina y costera del departamento de Bolívar durante el año 2024, evaluada mediante el ICAM, mostró que la mayoría de las estaciones presentaron calidad adecuada. No obstante, se evidenciaron condiciones aceptables en las estaciones P. Marbella y ciénaga las Quintas P01, asociadas a elevadas concentraciones de nutrientes y coliformes termotolerantes. Estos resultados destacan la importancia de fortalecer las acciones de control sobre las descargas de aguas residuales y el manejo de nutrientes en las áreas costeras para preservar la calidad ambiental y los servicios ecosistémicos que prestan estos cuerpos de agua.
- Durante el periodo 2015 - 2024, las playas turísticas del departamento de Bolívar (Isla Barú, Caño Ratón, Isla Grande, P. Bocagrande, P. Marbella, P. Crespo, P. Manzanillo, Punta Canoa, Boca Canoa e Isla Arena) han mostrado condiciones sanitarias favorables, con concentraciones de CTE, CTT y EFE dentro de los límites establecidos por la normativa nacional y referentes internacionales. No obstante, en el año 2024, estaciones como Isla Grande y Boca Canoa presentaron niveles de cumplimiento bajos. Esta situación sugiere un impacto creciente del turismo no regulado, que afecta la calidad sanitaria de estas playas a pesar de su relativa lejanía del casco urbano.



DEPARTAMENTO DE SUCRE

Por:

*José Francisco Avila Cusba
Carlos Andrés Pacheco Vélez*

11. SUCRE

El departamento de Sucre, cuenta con una zona costera que abarca parte de los municipios de San Onofre, Santiago de Tolú y Coveñas, con una gran riqueza de sus ecosistemas marino-costeros, como lagunas costeras, manglares, playas, pastos marinos y arrecifes coralinos. El golfo de Morrosquillo se destaca por ser la apertura geográfica más relevante en la región Caribe. No obstante, enfrenta desafíos como la erosión costera, resultado de la construcción de espolones, deforestación y extracción de arenas (Ricaurte-Villota et al., 2018). Este territorio se ve influenciado por la desembocadura de pequeños caños y arroyos como Guacamaya, Alegría, El Francés, Guainí y Cascajo. Además, en esta zona se desarrollan actividades marítimas, turísticas, industriales (pesca de camarón en aguas someras) y cargue de petróleo desde las monoboyas.

Las estaciones REDCAM se distribuyen en tres zonas, La zona de San Onofre, que va desde Matatigre hasta el islote Santa Cruz; la zona Golfo Afuera, con fuerte influencia de aguas marinas y actividades de carga de combustibles para exportación; y la zona de Tolú-Coveñas, que abarca desde frente a Berrugas hasta el arroyo Villeros donde hay aportes de aguadulce. Esta última zona se distingue por su actividad turística (Figura 11-1).

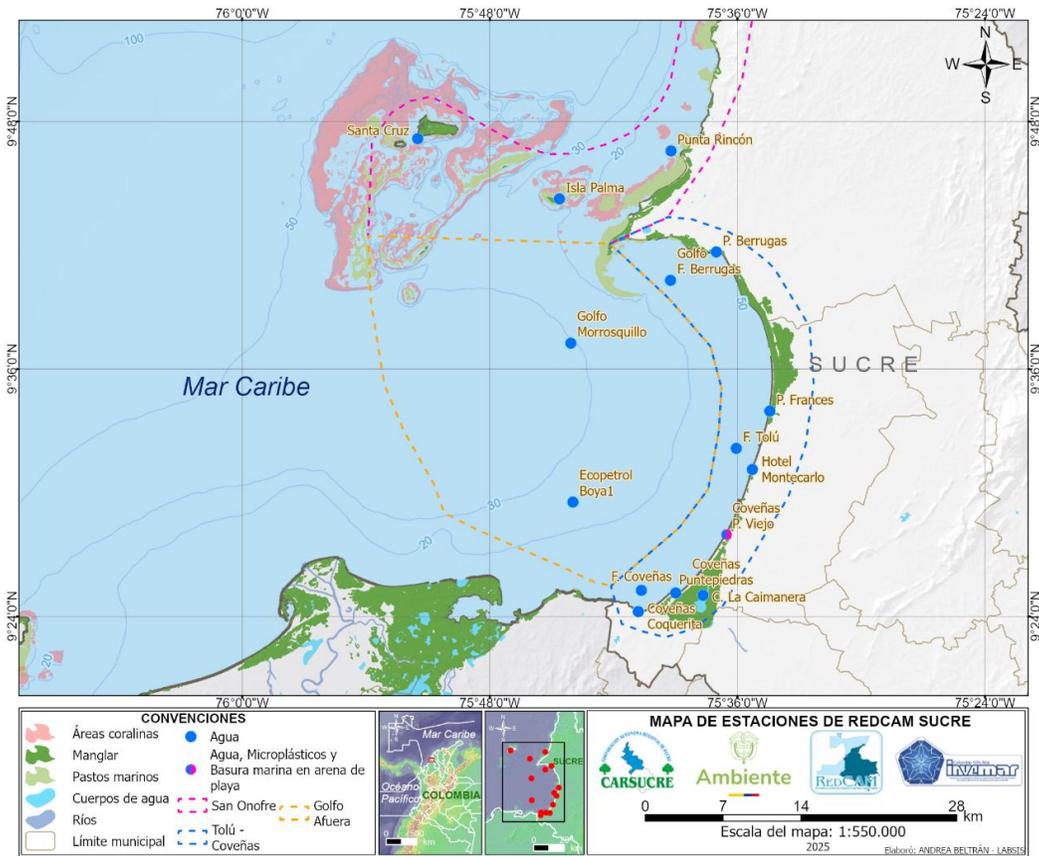


Figura 11-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Sucre. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de Sucre oscilaron entre 2,54 mg O₂/L en C. La Caimanera y 7,73 mg O₂/L en Coveñas Coquerita (Figura 11-2). En general, los valores registrados se mantuvieron por encima del valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L, establecido por el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)), lo que indica condiciones favorables para el desarrollo de organismos acuáticos, con excepción de C. La Caimanera, que presentó condiciones de hipoxia.

El análisis histórico entre 2010 y 2024 muestra una alta variabilidad en las concentraciones de oxígeno disuelto, con valores que fluctuaron entre 0 mg O₂/L en estaciones como C. Guacamayo y C. Guani, y máximos de 15,27 mg O₂/L también en C. Guacamayo. Este comportamiento refleja eventos tanto de anoxia como de sobresaturación, asociados a procesos de eutrofización provocados por el ingreso excesivo de nutrientes a través de aguas residuales y escorrentías. Estos nutrientes estimulan la producción primaria y aumentan la acumulación de materia orgánica, cuya descomposición reduce los niveles de oxígeno, especialmente en ambientes someros y bien mezclados ([Hinson et al., 2023](#)). Además, en estos sistemas estuarinos, los niveles de oxígeno pueden experimentar fuertes fluctuaciones debido a los ciclos diarios de fotosíntesis y respiración de los organismos, así como la actividad microbiana que intensifica la degradación de la materia orgánica ([De la Lanza Espino & Pulido, 2019](#)).

En estaciones como C. Guacamayo, C. Francés y C. Alegría, se han registrado históricamente concentraciones por debajo del valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L, lo que representa una condición de riesgo para la calidad del agua. Estos valores están asociados al ingreso de nutrientes provenientes de actividades antrópicas y de aportes continentales, combinados con factores físicos como el viento, la morfología costera y la cercanía a la línea de costa, que influyen en la mezcla vertical del agua y en la distribución del oxígeno disuelto ([Ríos et al., 2008](#)).

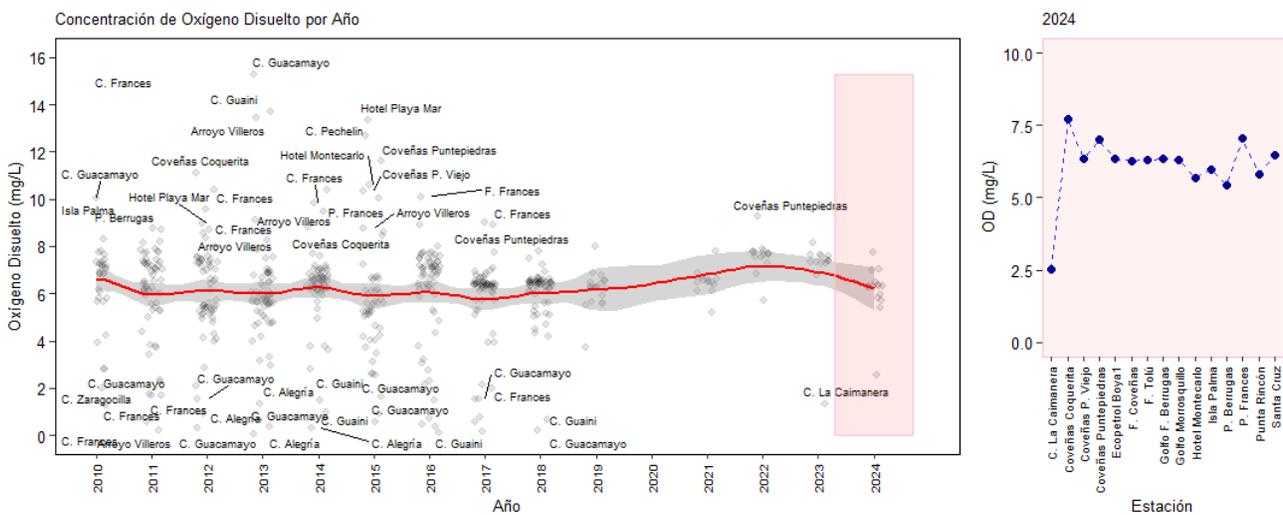


Figura 11-2. Tendencia en las Concentraciones de Oxígeno Disuelto en las Aguas del Departamento de Sucre.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

En cumplimiento con el plan de muestreo establecido para el cálculo del ICAM se recolectaron muestras de agua en cada una de las estaciones planificadas en el área marina del departamento de Sucre (Figura 11-3); no obstante, en la estación Coveñas P. Viejo, las concentraciones de las variables P- PO_4^{3-} , N- NO_3^- y HPDD, estuvieron por debajo del Límite de cuantificación (LCM) del método usado por LABCAM, por tanto, no fue posible estimar la ecuación integradora del ICAM en esta estación.

El cálculo del ICAM mostró que el 42,9% de las estaciones presentó la calidad del agua superficial adecuada, el 14,3% aceptable, el 35,7% inadecuada y el 7,1% pésima calidad (Figura 11-4). La zona de San Onofre mostró la mejor calidad del agua marina, a diferencia de la zona de Tolú y Coveñas, que presentó el mayor número de sitios con calidad del agua marina inadecuada y pésima. Las estaciones donde la calidad del agua fue clasificada como inadecuada y pésima estuvieron asociadas con altas concentraciones de coliformes termotolerantes y nitratos, y en menor medida con la clorofila a y carbono orgánico total, los cuales se relacionan con contaminación antrópica, que afectan negativamente la calidad del agua. Cabe destacar que estos resultados son consistentes con los informes previos de 2021 y 2022 (INVEMAR, 2023).

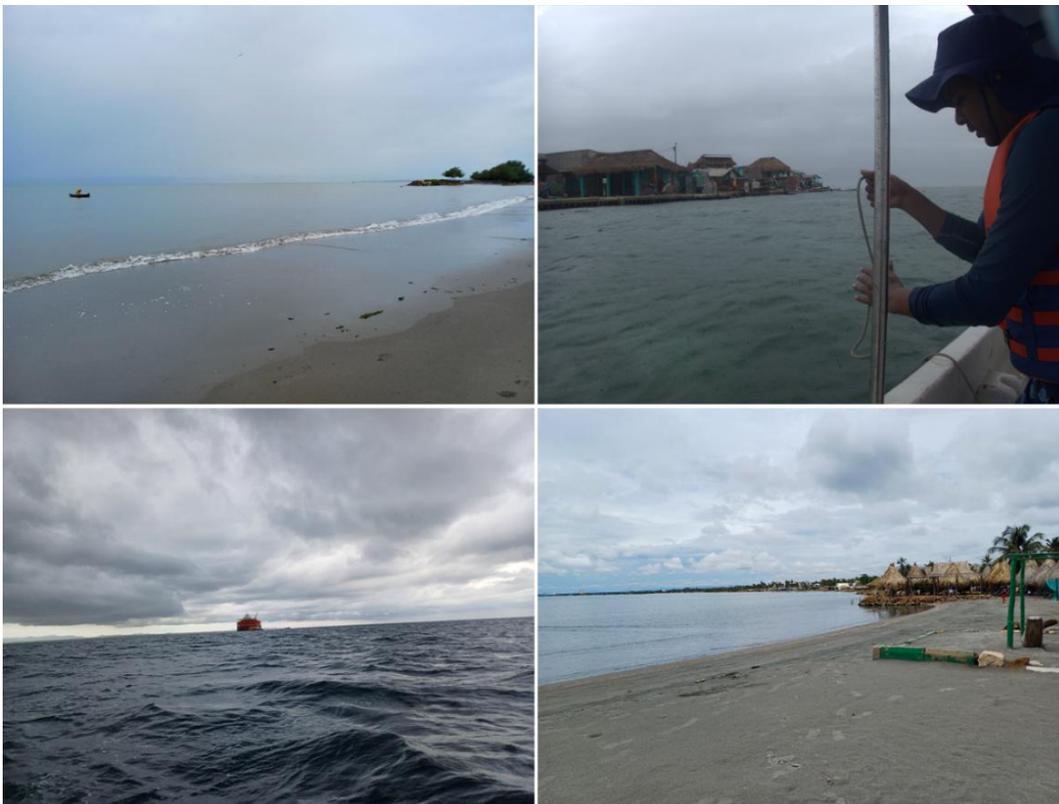


Figura 11-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Sucre.

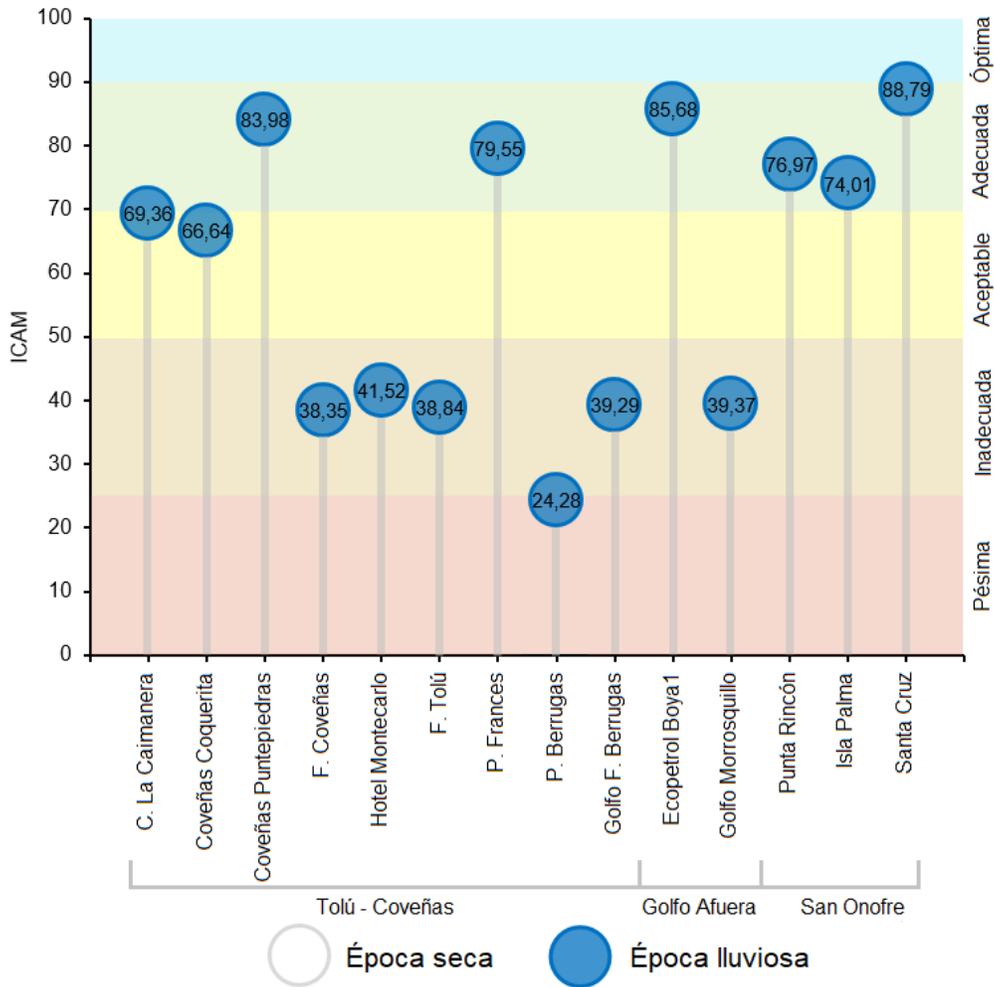


Figura 11-4. Calidad de agua superficial ICAM para época lluviosa (muestreo en mayo) para el año 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento de Sucre.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europa \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en mayo, las estaciones con las mayores concentraciones de CTE fueron F. Coveñas de Tolú – Coveñas y Golfo Morrosquillo de Golfo Afuera, ambas con 16.000 NMP/100 mL. Otras estaciones que superaron el límite permisible para contacto primario fueron Hotel Montecarlo, F. Tolú, P. Berrugas, Golfo F. Berrugas e Isla Palma (Figura 11-5). Asimismo, las concentraciones más altas de CTT se registraron en estas mismas estaciones, con excepción de Isla Palma, que presentó 350 NMP/100 mL.

En cuanto a los EFE, solo las estaciones de Hotel Montecarlo (500 UFC/100 mL) y P. Berrugas (2.800 UFC/100 mL), ambas de Tolú – Coveñas, superaron el valor de referencia establecido por la Unión Europea. En contraste, en las zonas de Golfo Afuera y San Onofre, concentraciones de EFE se mantuvieron por debajo del valor de referencia (Figura 11-6).

Cabe destacar que en el 2024 las concentraciones de estos microorganismos indicadores de contaminación fecal fueron superiores a las reportados en 2023 (INVEMAR, 2024). La contaminación en estas playas podría estar influenciada no solo por descargas directas de aguas residuales, sino también por la contribución de plumas fluviales adyacentes y escorrentía (Souza-Santos et al., 2025).

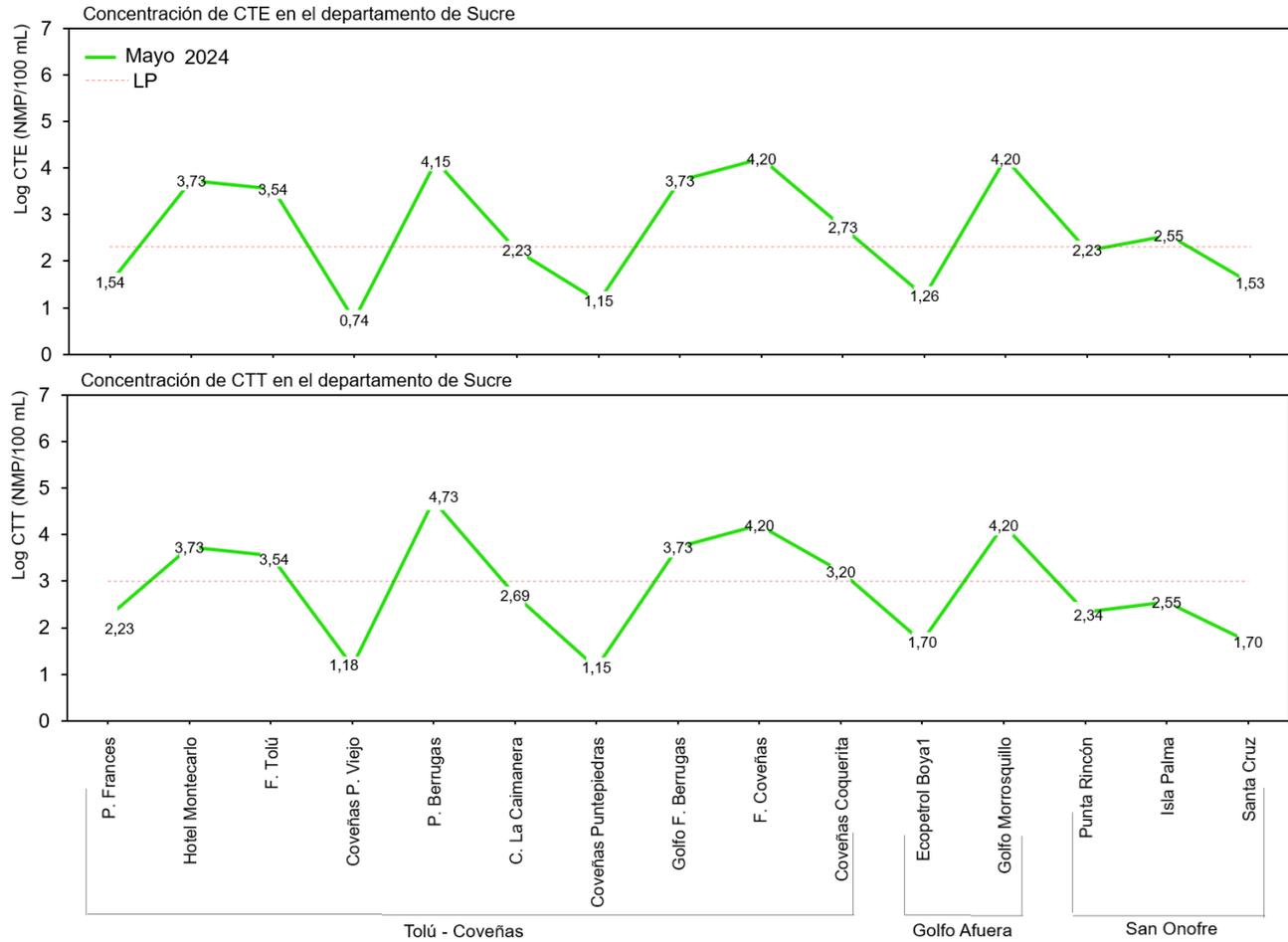


Figura 11-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Sucre. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

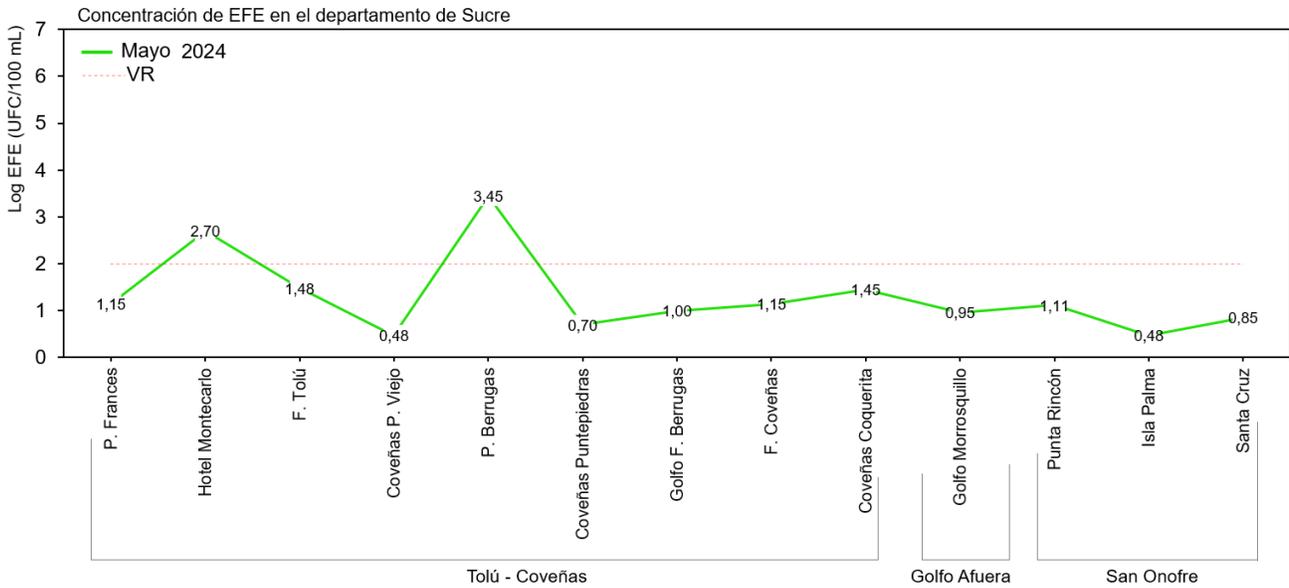


Figura 11-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Sucre. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis histórico (2015-2024) de las estaciones REDCAM del departamento de Sucre muestra que los niveles de cumplimiento han fluctuado entre alto, medio y bajo. Se destaca el caso de la estación Isla Palma, que hasta 2023 había mantenido niveles de cumplimiento alto (Figura 11-7), en contraste con las estaciones como Coveñas Coquerita, Hotel Montecarlo, P. Berrugas y Punta Rincón en las cuales se han registrado concentraciones elevadas de CTE, superando la normativa nacional ([MinAmbiente, 2015](#)). En particular, en Coveñas Coquerita, las concentraciones medias históricas de CTT han excedido los valores máximos permisibles para contacto primario y secundario. De manera similar, en las estaciones P. Francés, Hotel Montecarlo y Punta Rincón, se han registrado niveles de CTT por encima de los límites permisibles, esto se debe a que los municipios de Tolú y Coveñas presentan deficiencias en los sistemas de alcantarillado, lo que favorece la descarga directa de residuos domésticos en los cuerpos de agua costeros del departamento. En cuanto a las concentraciones de EFE, se ha registrado un comportamiento uniforme, destacando predominantemente niveles de cumplimiento alto. Sin embargo, para el año 2024 se observó un deterioro en la calidad microbiológica en las estaciones de Hotel Montecarlo y P. Berrugas. Estos resultados sugieren una posible descarga de aguas residuales domésticas sin tratamiento previo ([INVEMAR, 2024](#)).

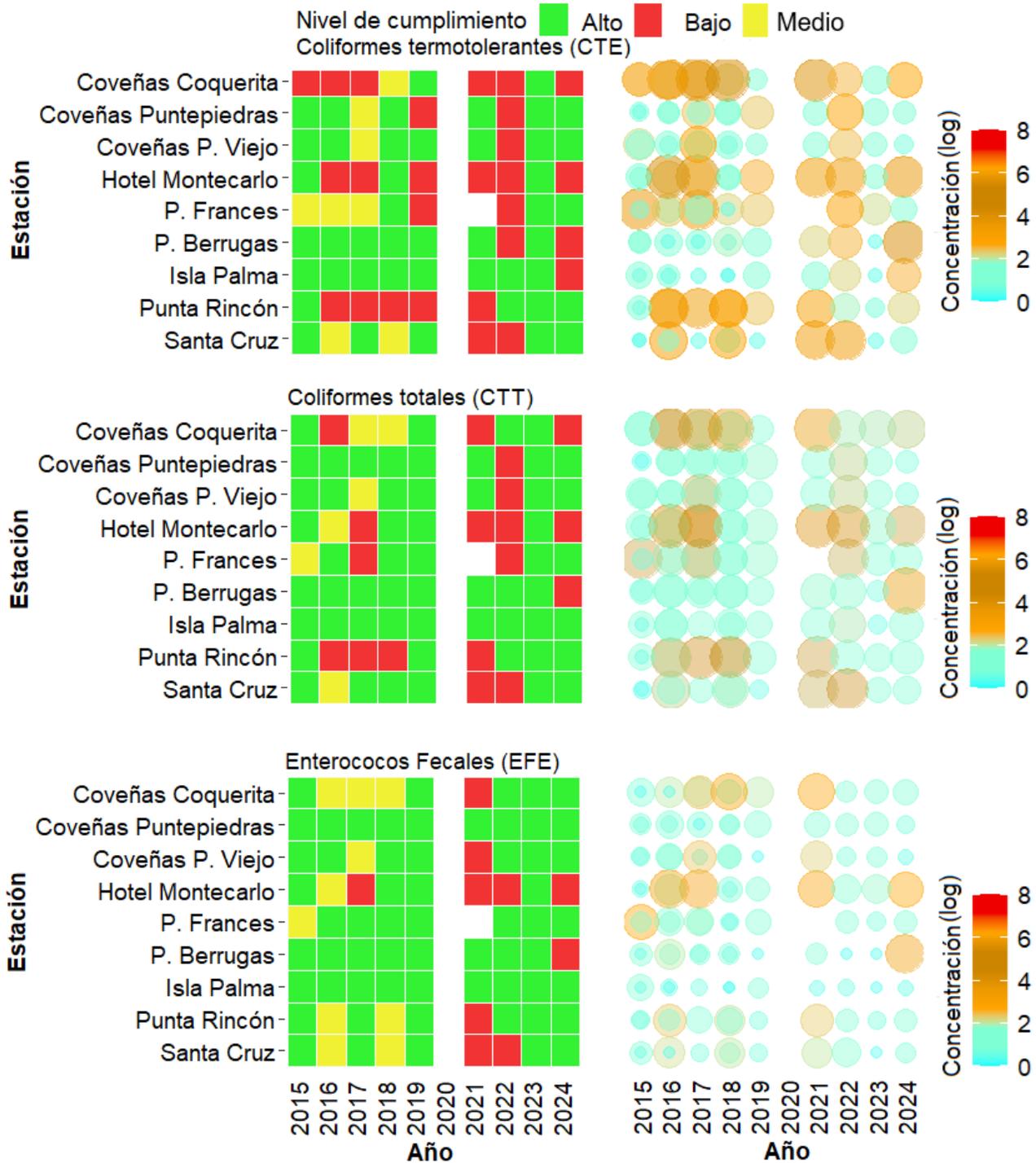


Figura 11-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Sucre. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible.

Conclusiones y recomendaciones:

- El análisis del ICAM para las estaciones REDCAM del departamento de Sucre durante el año 2024 evidenció que en las estaciones F. Coveñas, Hotel Montecarlo, F. Tolú, Golfo F. Berrugas y Golfo Morrosquillo presentaron condiciones inadecuadas de calidad de agua, mientras que P. Berrugas registró calidad pésima. Estas condiciones se asociaron a concentraciones moderadas de coliformes termotolerantes y altos niveles de nutrientes, lo que resalta la necesidad de establecer mecanismos efectivos de control y vigilancia para identificar y mitigar las fuentes de contaminación, especialmente en la estación Hotel Montecarlo, donde se ha documentado una recurrencia de condiciones inadecuadas en años anteriores.
- Las playas turísticas del departamento de Sucre (Coveñas Coquerita, Punta Rincón, Hotel Montecarlo y Hotel Playamar), han mostrado históricamente condiciones microbiológicas desfavorables para el uso recreativo de contacto primario. Se recomienda establecer estrategias integrales de manejo que regulen tanto las actividades turísticas como comerciales, promoviendo la sostenibilidad ambiental y la seguridad sanitaria de los visitantes.



DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

Por:

José Francisco Avila Cusba

Paola Sofía Obando Madera

12. CÓRDOBA

En la zona costera del departamento de Córdoba desemboca el Río Sinú, donde se forma el sistema lagunar delta estuarino (INVEMAR, 2014); la dinámica del río es uno de los principales determinantes naturales en las variaciones de calidad de aguas y sedimentos. La zona costera del departamento comprende los municipios de San Antero, San Bernardo del Viento, Moñitos, Puerto Escondido y Los Córdoba (Figura 12-1). En esta zona se encuentran ecosistemas ambientalmente estratégicos para las comunidades locales, como los manglares más representativos del Caribe colombiano por su estado de conservación y cobertura, que proporcionan servicios ecosistémicos de provisión, regulación, culturales y de soporte; además, pastos marinos y corales que contribuyen a mantener y satisfacer las necesidades de las comunidades locales; y playas arenosas de gran importancia ecológica y turística (Fundación Natura e INVEMAR, 2019).

Ambos muestreos del año 2024 fueron realizados por INVEMAR; el primero en mayo, en el marco del BPIN, y el segundo en octubre, en convenio con la CVS. Esta programación permitió evaluar la calidad sanitaria de las aguas en dos periodos con condiciones ambientales y operativas distintas, facilitando el análisis de posibles variaciones estacionales y de gestión ambiental.

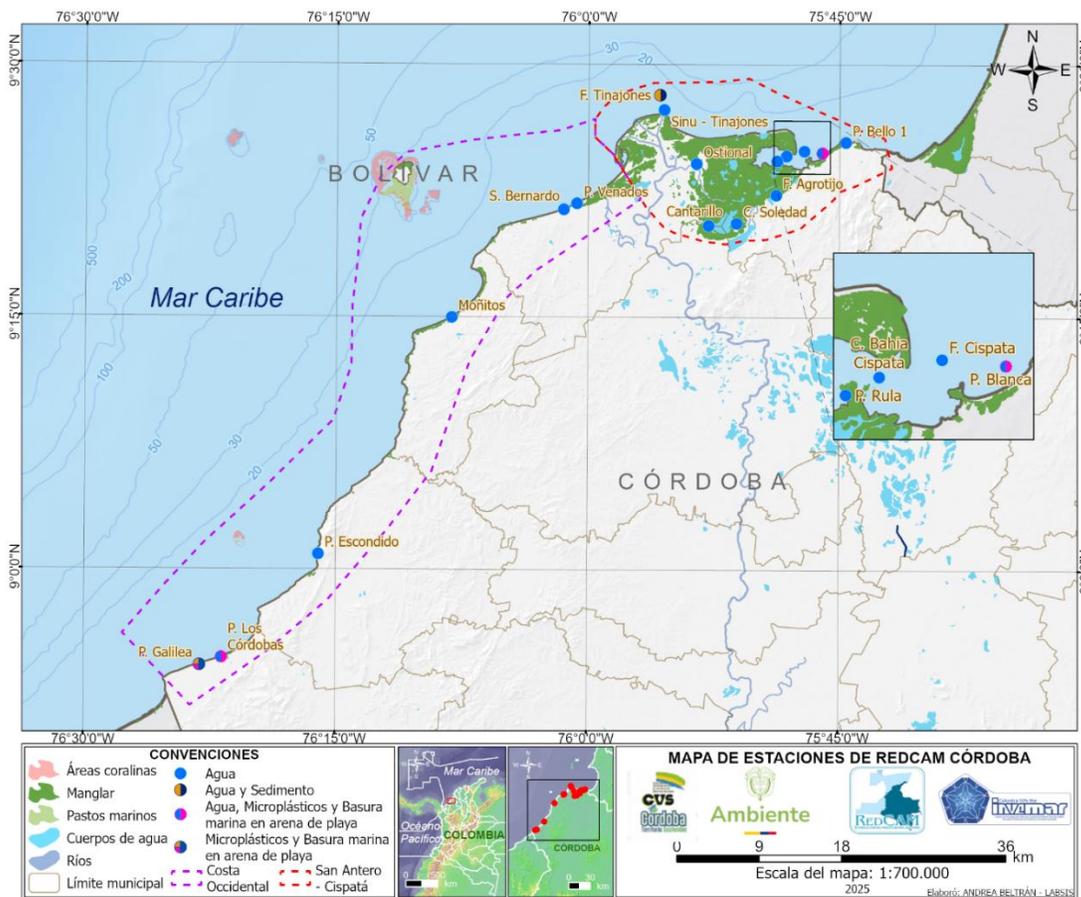


Figura 12-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Córdoba. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de Córdoba fueron variables, con valores que oscilaron entre 3,28 mg O₂/L en Cantarillo y 9,0 mg O₂/L en Ciénaga Soledad (Figura 12-2). En algunas estaciones, como Cantarillo, Agrotijo y Ostional, se han registrado de manera recurrente concentraciones inferiores a 4 mg O₂/L que es el valor mínimo requerido para que una fuente hídrica sea considerada apta, de acuerdo con el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)). La presencia de valores bajos en estas estaciones podría estar asociada a condiciones de estancamiento, alta carga orgánica o procesos de descomposición de hojarascas que generan un incremento en la demanda biológica de oxígeno y es un proceso fundamental en la estructura y función del ecosistema acuático ([Liu et al., 2022](#)).

Por otro lado, en estaciones como Ciénaga Soledad, se han registrado históricamente concentraciones elevadas de oxígeno disuelto, superando los 10 mg O₂/L en algunos años. Este comportamiento sugiere una intensa actividad fotosintética, respaldada por las altas concentraciones de clorofila-a reportadas en la estación. En 2024, por ejemplo, se registraron valores de 153 µg Cla/L en mayo y 161 µg Cla/L en octubre. Lo anterior sugiere un proceso de eutrofización asociado al incremento de la biomasa fitoplanctónica, lo que genera una alta producción primaria y, en consecuencia, episodios de sobresaturación de oxígeno disuelto durante el día. Esta sobresaturación, debido a la actividad fotosintética, puede provocar marcadas fluctuaciones en los niveles de oxígeno ([Coffin et al., 2018](#)).

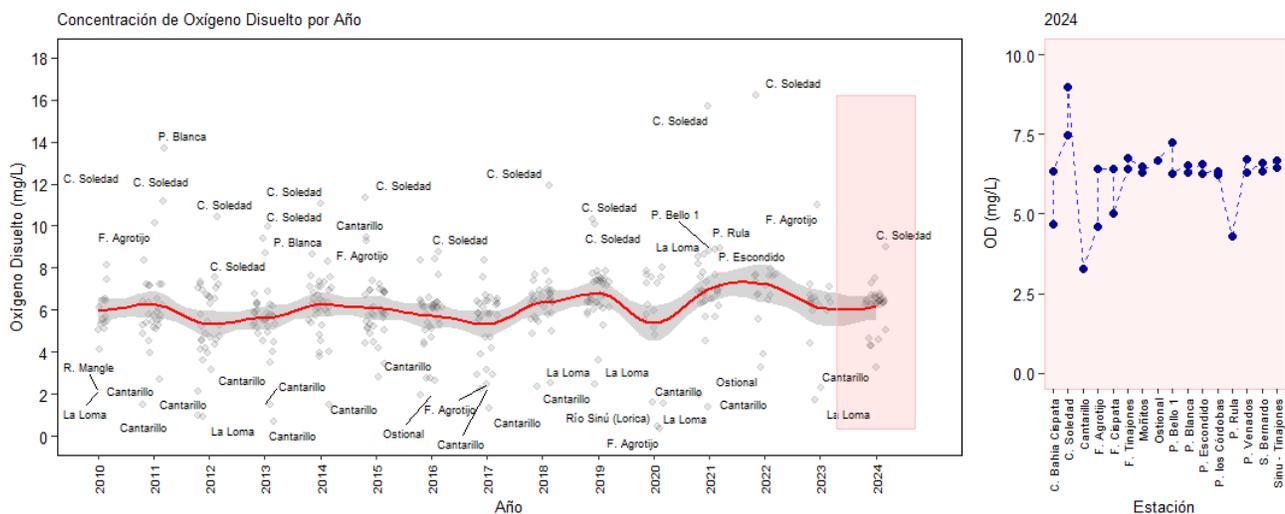


Figura 12-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento de Córdoba.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

En los meses de mayo y octubre de 2024, se realizaron muestreos de agua superficial en cada una de las estaciones planificadas (Figura 12-3). Con la información recolectada en ambas campañas, se calculó el índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) en las estaciones ubicadas en Costa Occidental y San Antero-Cispatá que cumplían con el

criterio de tipo de agua marina o estuarina y contaban con el mínimo número de variables requeridas para su cálculo (6 de 8 variables). Sin embargo, en la estación P. Bello 1, las variables P- PO_4^{3-} , N- NO_3^- y HPDD estuvieron por debajo del Límite de cuantificación (LCM) del método usado por LABCAM, lo que impidió la estimación de los subíndices que conforman la ecuación integradora del ICAM en mayo. De manera similar, en octubre, debido a las mismas limitaciones analíticas, no fue posible calcular el ICAM en las estaciones P. Venado y P. Bello 1.

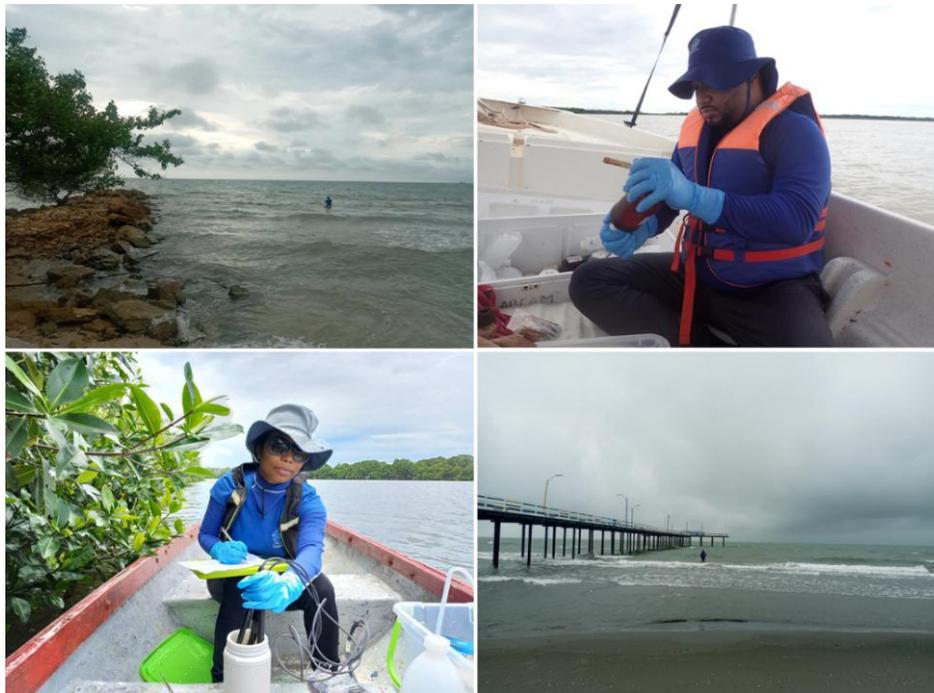


Figura 12-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Córdoba.

Los valores del ICAM en Córdoba oscilaron entre 26,23 y 92,87 en mayo y entre 36,54 y 86,15 en octubre, reflejando una clasificación de la calidad del agua que varió desde inadecuada hasta óptima. En el muestreo de mayo, el 7,7% presentó calidad óptima; el 53,8% calidad adecuada; el 15,4% calidad aceptable y el 23% calidad inadecuada (Figura 12-4A). En el muestreo de octubre, el 46,1% de las estaciones evaluadas presentó calidad adecuada; el 30,8% calidad aceptable; y el 23% calidad inadecuada (Figura 12-4B).

En términos generales, se presentaron mejores condiciones de calidad del agua en mayo, en comparación con octubre, destacándose cambios importantes en las estaciones ubicadas en la zona de San Antero – Cispatá. Solo la estación en Punta Rula mantuvo una calidad adecuada en ambos muestreos. Por su parte, las estaciones de Playa Blanca y F. Agrotijo mejoraron su calidad en octubre, pasando de condiciones inadecuada y aceptable, respectivamente en mayo, a calidad adecuada. En contraste, las estaciones de C. Bahía Cispatá, C. Soledad y F. Tinajones disminuyeron su calidad, pasando de adecuada en mayo, a condiciones aceptables e inadecuadas en octubre (Figura 12-4).

La calidad inadecuada y aceptable del agua registrada en ambas campañas, está asociada principalmente con las concentraciones moderadas de coliformes

termotolerantes y nutrientes, influenciadas por las escorrentías y las descargas del río Sinú. Las corrientes fluviales del río Sinú que actúan como transportadoras de materia orgánica y contaminantes a lo largo de su trayecto, intensificando los impactos negativos en la calidad del agua de la zona donde desemboca. Esta situación, específicamente en P. Escondido, se debe también a la ausencia de un sistema de alcantarillado estructurado en los municipios, lo que contribuye significativamente a la descarga directa y difusa de aguas residuales domésticas en el entorno acuático marino-costero. Estos resultados muestran la influencia de aguas residuales, por tal razón, se requieren esfuerzos por parte de las instituciones para el desarrollo de acuerdos y estrategias que permitan el saneamiento y la gestión sostenible (Sobek et al., 2007).

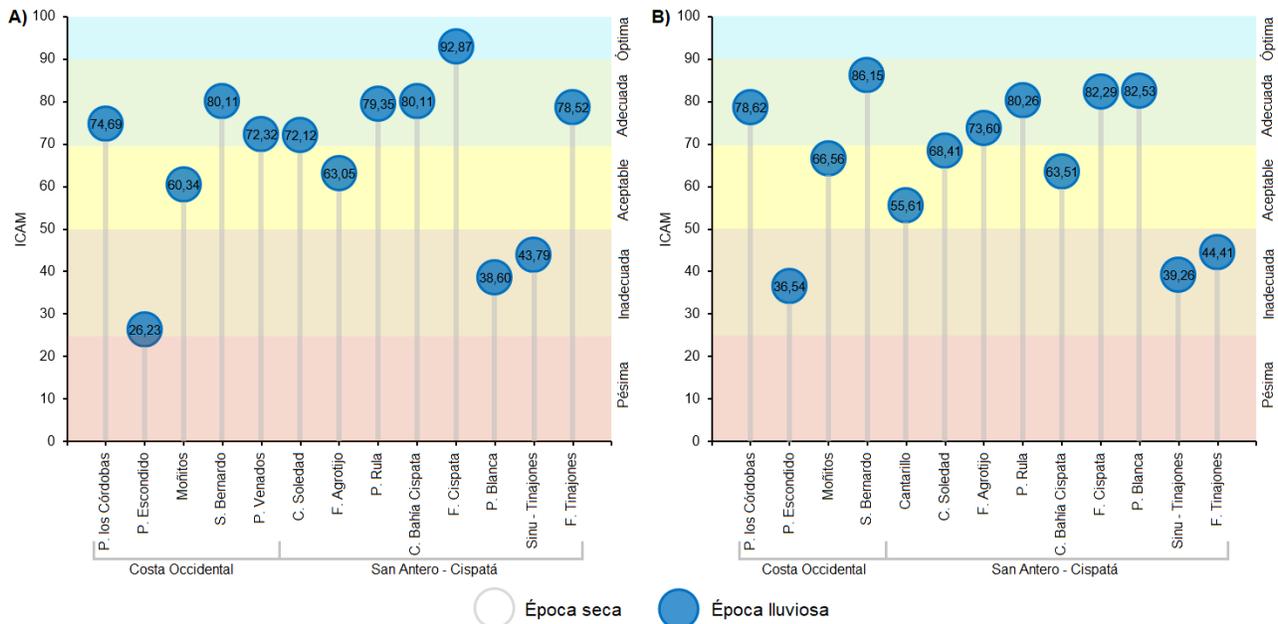


Figura 12-4. Calidad de agua superficial ICAM para época lluviosa, A: muestreo en mayo, B: muestreo en octubre para el año 2024, en las estaciones marinas y costeras del departamento de Córdoba.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; MinAmbiente, 2015); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la Unión-Europea (2006) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en mayo, las concentraciones de CTE presentaron un rango de 6,8 a 16.000 NMP/100 mL, mientras que las de CTT oscilaron entre 14 y 16.000 NMP/100 mL. En términos logarítmicos, los valores de CTE estuvieron entre 0,89 y 4,20, y los de CTT entre 1,15 y 4,20. (Figura 12-5). En el agua de las estaciones F. Tinajones, Sinu-Tinajones, C. Bahía Cispatá, P. Rula, F. Agrotijo, Moñitos y P. Escondido se registraron concentraciones de CTE y CTT por encima del límite permisible para contacto primario (Figura 12-5, MinAmbiente (2015)). Los límites permisibles establecidos son 200 NMP/100 mL o 2,3 log NMP/100 mL para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log NMP/100 mL para CTT.

En el muestreo realizado en octubre, se observó un comportamiento similar al primer muestreo. La estación con la mayor concentración de CTE fue Sinú – Tinajones (16.000 NMP/100 mL) de San Antero – Cispatá. Otras estaciones que superaron el límite permisible para contacto primario fueron P. Bello 1, C. Bahía Cispatá, P. Rula, F. Agrotijo, F. Tinajones, Moñitos y P. Escondido (Figura 12-5). De manera similar, las concentraciones de CTT en estas estaciones también excedieron el límite permitido, con excepción de P. Bello 1 (240 NMP/100 mL) y P. Rula (940 NMP/100 mL) de San Antero – Cispatá (Figura 12-5).

Estos resultados indican una persistente contaminación microbiológica en las áreas evaluadas, posiblemente asociada a descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado o aportes difusos provenientes de actividades antrópicas en la cuenca hidrográfica. Al comparar estos resultados con los reportados en 2022 y 2023, se observa un comportamiento recurrente en dichas estaciones, con concentraciones que consistentemente superan los límites permisibles (INVEMAR, 2023; 2024).

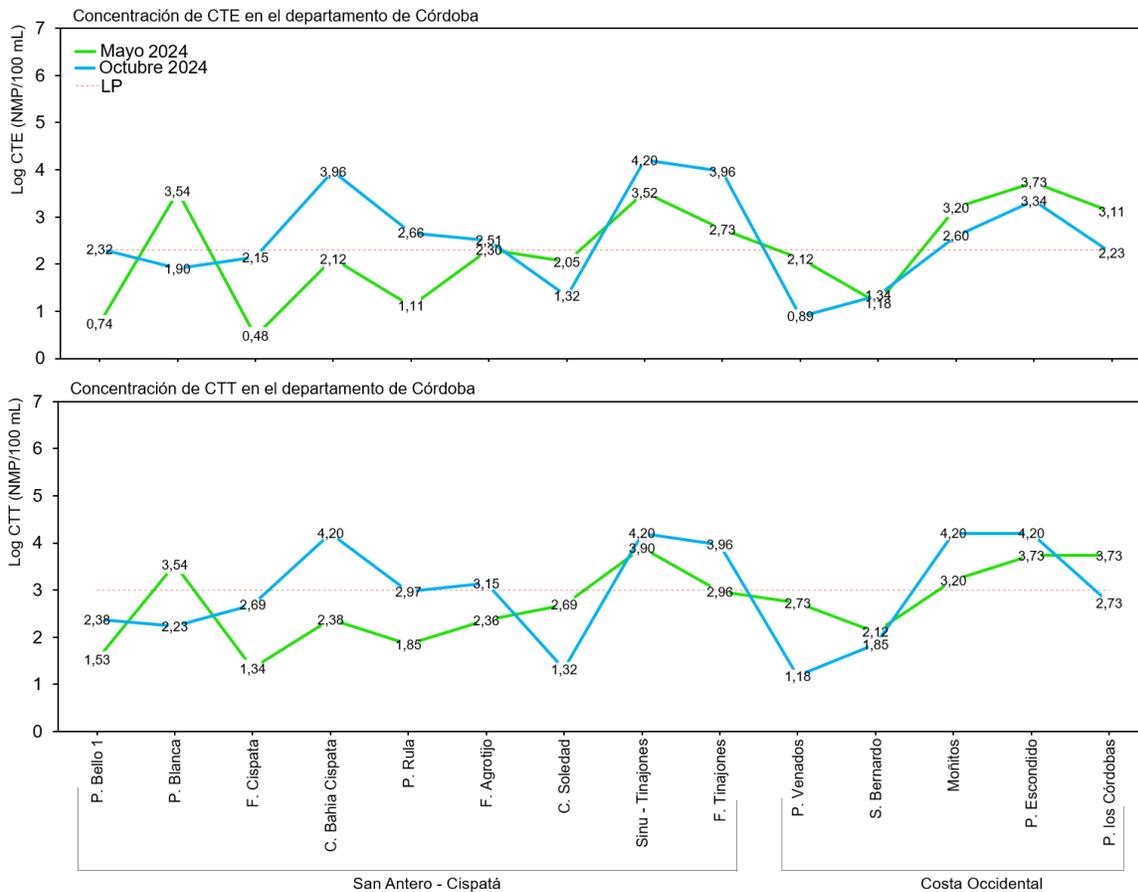


Figura 12-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Córdoba. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

En cuanto a EFE, en el muestreo de mayo las concentraciones variaron entre 12 y 1.900 UFC/100 mL o 1,11 y 3,28 log (UFC/100 mL). La mayoría de las estaciones presentaron valores por encima del valor de referencia establecido por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (100 UFC/100 mL o 2 log (UFC/100 mL), destacándose P. Blanca (140 UFC/100 mL), P. Venados (300 UFC/100 mL), P. Escondido (1.900 UFC/100 mL) y P. Los Córdoba (470 UFC/100 mL) (Figura 12-6). En el muestreo de octubre, las estaciones de S. Bernardo (144 UFC/100 mL), Moñitos (138 UFC/100 mL) y P. Escondido (124 NMP/100 mL) ubicadas en la Costa Occidental, también presentaron concentraciones superiores al valor de referencia de la Unión Europea (Figura 12-6).

Estos resultados evidencian un deterioro en la calidad microbiológica del agua en comparación con lo registrado en 2022 y 2023 ([INVEMAR, 2023; 2024](#)), atribuible al manejo inadecuado de aguas residuales y residuos sólidos en los municipios. Este deterioro está relacionado con la limitada cobertura de servicios de saneamiento básico en las poblaciones costeras de estas áreas ([INVEMAR, 2020](#)).

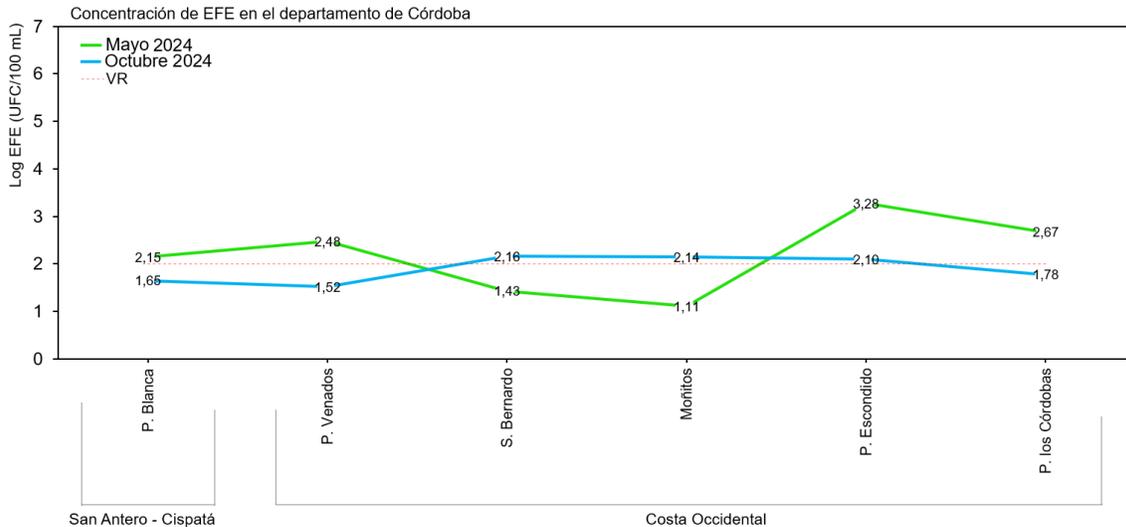


Figura 12-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Córdoba. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis de concentraciones microbiológicas revela un marcado contraste entre las estaciones de monitoreo. Moñitos y P. Escondido exhiben las concentraciones más elevadas, fluctuando entre 4 y 6 unidades logarítmicas (equivalentes a 10.000 - 1.000.000 NMP/100 mL para CTE y CTT, y 10.000 - 1.000.000 UFC/100 mL para EFE), representadas en la gráfica mediante círculos de tonalidades naranjas y rojas. Por otra parte, las estaciones P. Blanca, P. Venados y S. Bernardo registran niveles inferiores, oscilando entre 0 y 2 unidades logarítmicas (equivalentes a 1 - 100 NMP/100 mL para CTE y CTT, y 1 - 100 UFC/100 mL para EFE), visualizadas con círculos en tonos turquesa. Es particularmente notable la tendencia ascendente en las concentraciones de las estaciones críticas (Moñitos y P. Escondido) durante el período 2020-2024 (Figura 12-7), lo que sugiere un deterioro progresivo de la calidad microbiológica en estos puntos de monitoreo.

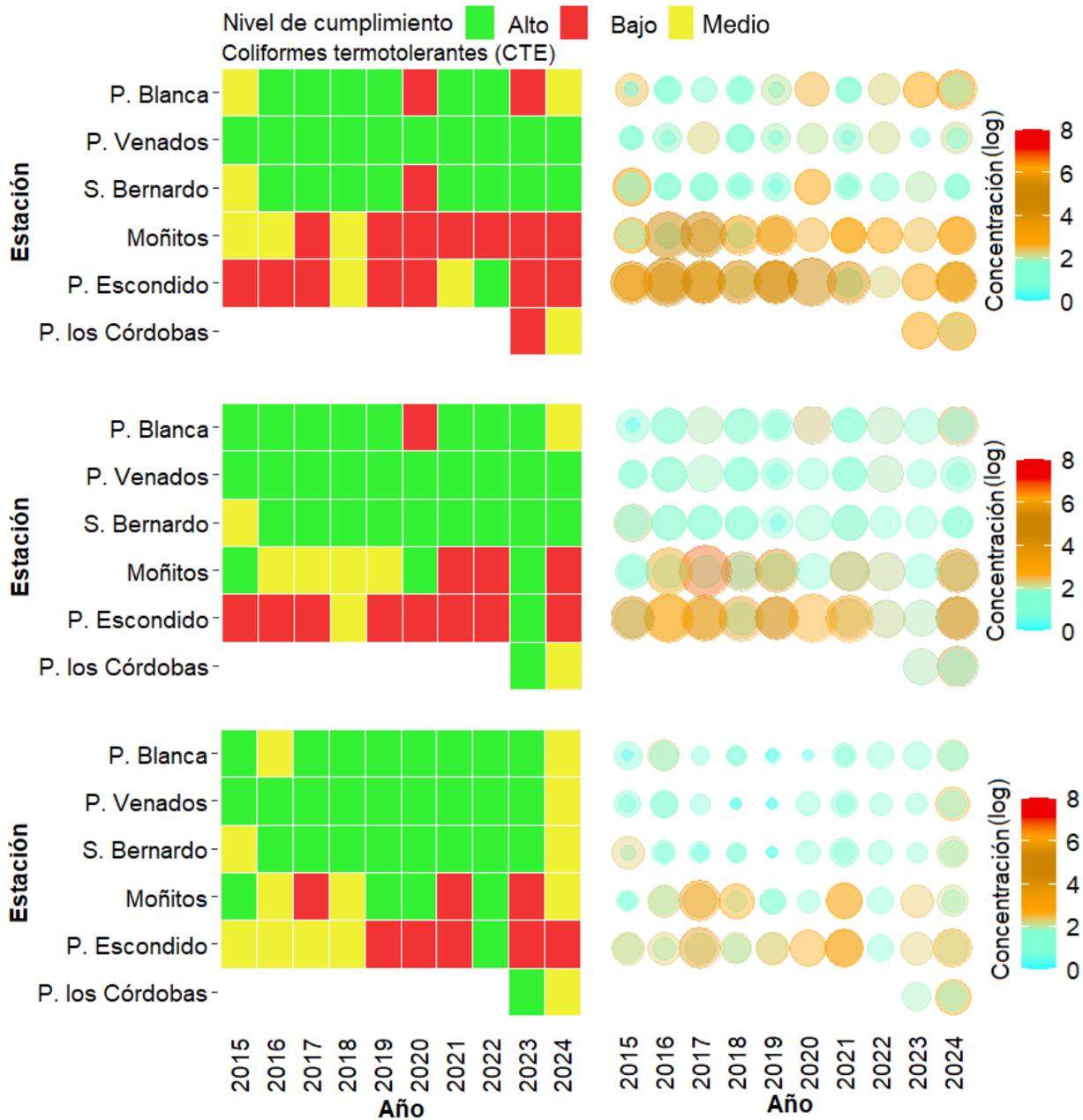


Figura 12-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Córdoba. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible o valor de referencia.

Calidad de sedimentos

La zona hidrográfica Sinú, cuenta con altas pendientes y escorrentías que junto con las áreas agrícolas dan lugar a procesos de erosión hídrica, lo cual permite que se den las condiciones para la producción de sedimentos por movimientos en masa, así como la presencia esporádica de explotación de oro de aluvión que son una fuente importante de sedimentos (IDEAM, 2019). La caracterización granulométrica de los sedimentos recolectados en octubre del 2024 (época lluviosa), mostró que la estación F. Tinajones contiene un 99,9% de Lodo y 0,1% de Arena, clasificando el sedimento como tipo Lodoso (limo+arcilla, $<63 \mu\text{m}$), con diámetro medio del grano de $15,7 \mu\text{m}$ (Figura 12-8). Estos resultados fueron similares a los reportados en 2022 y 2023, lo cual se asocia a la geomorfología del sector determinada por la desembocadura deltaica del río Sinú (Castaño et al., 2010; Ruíz Ochoa et al., 2008) que mantiene depósitos de tipo fluvial y lacustre con poca influencia marina, compuestos principalmente por arcillas y limos (Lazala & Parra, 2010).

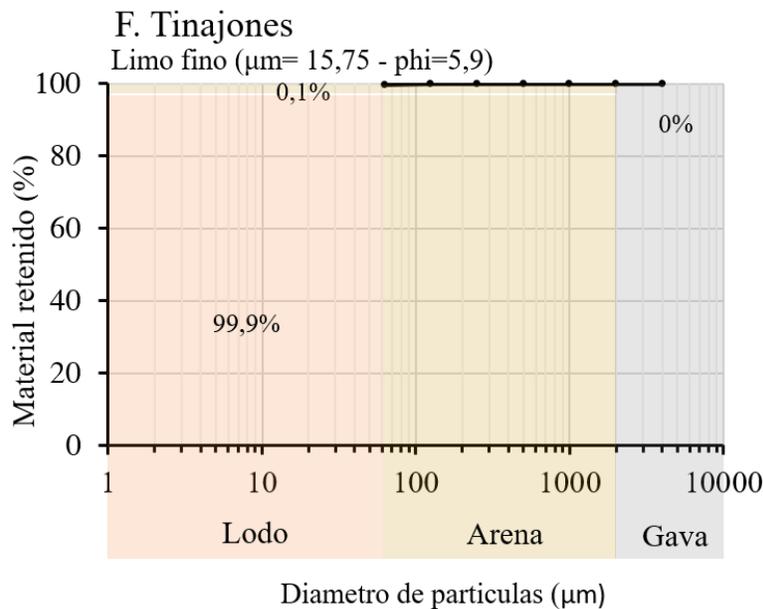


Figura 12-8. Curva granulométrica y clasificación del tipo de sedimento en la estación F. Tinajones en el 2024.

Adicionalmente, el análisis reveló una concentración de 0,98% de carbono orgánico total (COT). Aunque este valor no es elevado en términos absolutos, resulta significativo en sedimentos lodosos, ya que influye directamente en su capacidad para retener contaminantes orgánicos e inorgánicos, como los hidrocarburos derivados del petróleo. En este contexto, se detectaron 11 ng/g de fenantreno, un hidrocarburo aromático policíclico (HAP). La presencia de este compuesto en los sedimentos de la estación F. Tinajones sugiere una posible contaminación de origen antropogénico, lo cual puede representar un riesgo para los organismos bentónicos que habitan en estos sedimentos. Además, los HAP pueden bioacumularse en la cadena trófica, afectando no solo a las especies locales sino también a los ecosistemas acuáticos (Neff, 1980).

Los análisis de metales trazan en sedimentos de la estación F. Tinajones mostraron concentraciones de cromo (165 $\mu\text{g/g}$), zinc (119 $\mu\text{g/g}$), mercurio (121 ng/g), hierro (61,1 mg/g) y cobre (64,9 $\mu\text{g/g}$). Los metales plomo, níquel y cadmio registraron valores inferiores a sus límites de cuantificación del método (LCM: 15 $\mu\text{g/g}$, 75 $\mu\text{g/g}$ y 12,5 $\mu\text{g/g}$, respectivamente). Las concentraciones de cobre y cromo excedieron los valores de referencia para efectos umbral TEL (Cu = 18,7 $\mu\text{g/g}$, Cr = 52,3 $\mu\text{g/g}$; [Buchman, 2008](#)), mientras que el mercurio se mantuvo por debajo del valor TEL (130 ng/g).

En estudios realizados en la bahía de Cispatá, se ha detectado la presencia de los metales Cu, Cr, Cd, Ni, Pb y Hg en el agua, sedimentos, aves y peces ([Burgos-Núñez et al., 2017](#)), lo cual está relacionado con las aguas freáticas del distrito de riego y del drenaje La Doctrina, y con la operación del puerto de embarque de petróleo, sin dejar a un lado las actividades ganaderas, residuos domésticos y la actividades agrícolas, ya que los metales llegan fácilmente por escorrentías al sistema estuarino ([Feria et al., 2010](#), [Marrugo et al., 2017](#)). Por otro lado, algunos fertilizantes empleados en suelos que presentan deficiencias nutricionales, contienen pequeñas cantidades de Cu y Zn; algunos plaguicidas contienen metales como el Cu; y algunos fungicidas contienen Cd y Hg ([Burgos-Núñez et al., 2017](#)). Es importante destacar que los metales pesados no son biodegradables, por lo tanto su concentración en el ambiente es de carácter acumulativo con el paso del tiempo ([Cadavid-Velásquez et al., 2019](#)).

Conclusiones y recomendaciones:

- El análisis del ICAM para el año 2024 reveló que las condiciones de calidad del agua marina y estuarina en algunas estaciones del departamento de Córdoba se clasificaron entre aceptables e inadecuadas, debido a las altas concentraciones de nitratos y coliformes termotolerantes, originadas principalmente por aguas residuales, escorrentías y descargas del río Sinú. En particular, las estaciones P. Escondido y Sinú–Tinajones registraron condiciones inadecuadas en ambos muestreos, evidenciando una influencia persistente de fuentes de contaminación en estas áreas. Estos resultados resaltan la necesidad de implementar políticas y acciones efectivas para gestión sostenible del recurso hídrico, con énfasis en el control de descargas de aguas residuales y el saneamiento básico en zonas críticas. Asimismo, se destaca la importancia de mantener el monitoreo periódico para evaluar la efectividad de las medidas adoptadas y conservar la calidad del agua en las estaciones que actualmente presentan condiciones aceptables, como, C. Bahía Cispatá, C. Soledad y Moñitos.
- Los análisis de calidad sanitaria, evidencian que en las estaciones Moñitos y Puerto Escondido persisten altas concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal como son los coliformes totales, coliformes termotolerante y enterococos fecales, los cuales superan los límites permisibles establecidos por la legislación colombiana y las referencias internacionales para contacto primario y secundario. Esta situación indica un deterioro continuo en la calidad del agua, destacando la necesidad de implementar medidas integrales que aborden el manejo de aguas residuales, fortalezcan la infraestructura sanitaria y regulen las actividades humanas en estas áreas, con el fin de preservar la salud ambiental y comunitaria de la región.
- Los sedimentos de la estación F. Tinajones, tienen concentraciones de Cr y Cu, por encima de los valores de referencias para efectos umbral (TEL) propuestos por la NOAA, resultados similares a los evidenciados en el año 2022 y 2023, por lo que se hace necesario evaluar el estado ecológico, las fuentes de contaminación de estos metales y desarrollar medidas preventivas para mitigar el impacto.



DEPARTAMENTO DE ANTIOQUIA

Por:

José Francisco Avila Cusba

13. ANTIOQUIA

La zona costera del departamento de Antioquia ubicada en el Caribe colombiano, se distingue por su rica biodiversidad, incluyendo playas de arena, manglares, lagunas costeras, estuarios y formaciones coralinas; además cuenta con municipios como Arboletes, San Juan de Urabá, Necoclí y Turbo. En esta región la influencia clave de la hidrodinámica del delta del río Atrato y la contracorriente del Darién, que determinan el contraflujo del golfo de Urabá, añade complejidad a los procesos marinos locales ([Ricaurte-Villota & Bastidas, 2017](#)).

Los ríos que desembocan en el golfo de Urabá y el mar Caribe, como el Atrato, Guadualito, Mulatos, Necoclí, Currulao, León y Turbo, aportan contaminantes a la zona costera, principalmente derivados de vertimientos de aguas residuales domésticas sin tratamiento y la inadecuada disposición de residuos sólidos. Las actividades agrícolas intensivas, la ganadería, el comercio, el turismo y la actividad marítima portuaria también contribuyen a estas problemáticas ([INVEMAR, 2023](#)). La REDCAM cuenta con estaciones de muestreo distribuidas en cuatro zonas, SJ Urabá, Golfo Medio, Golfo Alto, y Bahía Colombia (Figura 13-1) que representan un área donde convergen múltiples factores ambientales y antropogénicos. La bahía puede estar sujeta a influencias urbanas, industriales y agrícolas. Los muestreos del año 2024 fueron reportados por CORPOURABA en los meses de abril y octubre, mientras que un tercer muestreo fue realizado en diciembre por INVEMAR.

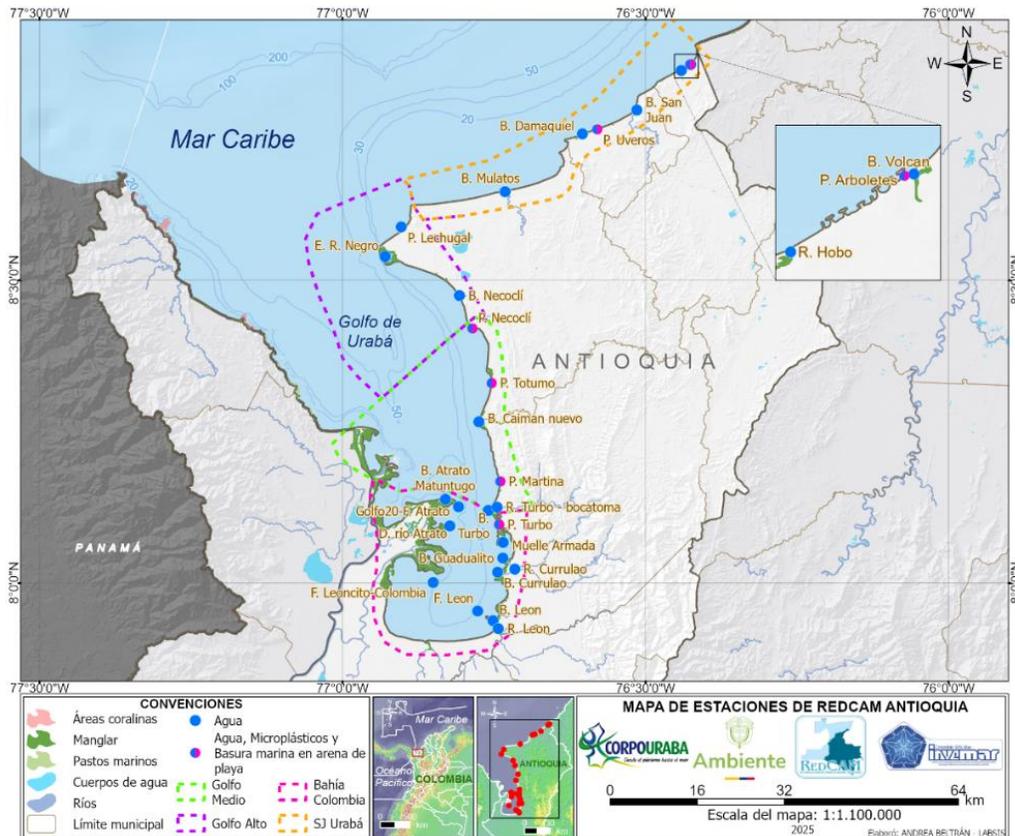


Figura 13-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Antioquia. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de Antioquia oscilaron entre 5,8 mg O₂/L (estación El R. Negro) y 7,28 mg O₂/L (estación P. Martina) (Figura 13-2). En general, los valores registrados se mantuvieron por encima del valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L, establecido en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)), para la preservación de flora y fauna.

El comportamiento histórico entre los años 2010 y 2024, evidencia una variabilidad en las concentraciones de oxígeno disuelto, con valores que fluctuaron entre 0 mg O₂/L en estaciones como B. Volcán y B. Necoclí, y concentraciones máximas de hasta 16,6 mg O₂/L en la estación P. Martina. Este amplio rango histórico sugiere la ocurrencia de sucesos tanto de anoxia como de sobresaturación, posiblemente por fenómenos de eutrofización, descargas de aguas no tratadas o variaciones estacionales asociadas a cambios en temperatura, salinidad o actividad fotosintética (Figura 13-2).

En estaciones como B. León, B. Necoclí, B. Atrato Matuntugo, B. Volcán, E. R. Negro y P. Turbo, se han registrado históricamente concentraciones de oxígeno disuelto por debajo de los 4 mg O₂/L, lo que representa una condición de riesgo para la calidad del agua de acuerdo a lo establecido por el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#)). Estos valores podrían estar asociados a zonas de confluencia de ríos, donde el ingreso de aguas continentales puede conllevar una elevada carga de materia orgánica en descomposición, así como un aporte significativo de nutrientes de origen terrestre. Esta combinación puede favorecer procesos de eutrofización y, en consecuencia, una disminución en las concentraciones de oxígeno disuelto, como se ha documentado en otras regiones con características similares ([Monreal et al., 2020](#)).

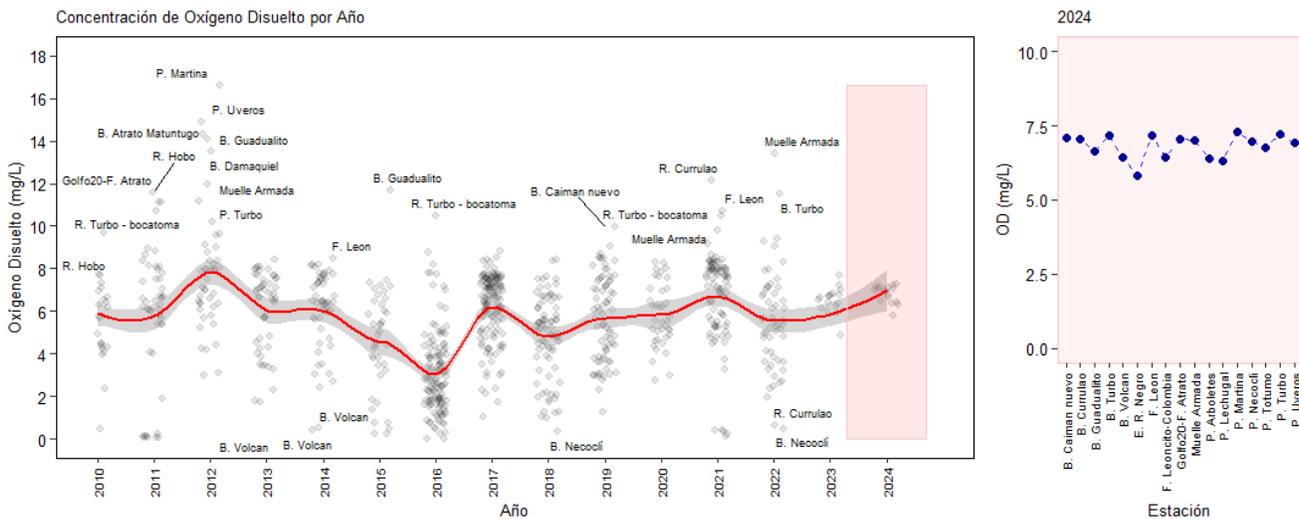


Figura 13-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento de Antioquia.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

En el mes de diciembre de 2024, se realizaron muestreos de agua superficial en el departamento de Antioquia (Figura 13-3). Con la información recolectada en la campaña de monitoreo, se calculó el índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) en las estaciones ubicadas en las zonas de SJ Urabá, Golfo Alto, golfo Medio y Bahía Colombia que cumplían con el criterio de tipo de agua marina o estuarina y contaban con el mínimo número de variables requeridas para su cálculo (6 de 8 variables); en las estaciones P. Uvero y Muelle Armada, las variables $P-PO_4^{3-}$ y $N-NO_3^-$ estuvieron por debajo del Límite de cuantificación (LCM) del método usado por LABCAM, lo que impidió la estimación de los subíndices que conforman la ecuación integradora del ICAM.



Figura 13-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Antioquia.

El ICAM mostró que, en las estaciones evaluadas del departamento de Antioquia, la calidad del agua fue variable, con valores que oscilaron entre 58,62 y 85,67 (Figura 13-4). El 66,7% de las estaciones presentaron calidad adecuada del agua y el 33,3% fue aceptable, sin reportes de calidad óptima, inadecuada o pésima.

La mejor calidad se presentó en la zona media del Golfo de Urabá para las playas de Necoclí, La Martina y Totumo, y en la desembocadura del Caimán Nuevo. Aunque los ICAM más altos se presentaron en las estaciones de P. Turbo y F. León, en la zona de Bahía Colombia. En contraste, en las estaciones F. Leoncito-Colombia, Golfo20-F. Atrato, las playas Lechugal y Arboletes, se registraron los valores más bajos del ICAM, clasificadas con calidad aceptable, debido principalmente a las altas concentraciones de coliformes termotolerantes, indicadoras de vertimiento de aguas residuales domésticas (Figura 13-4).

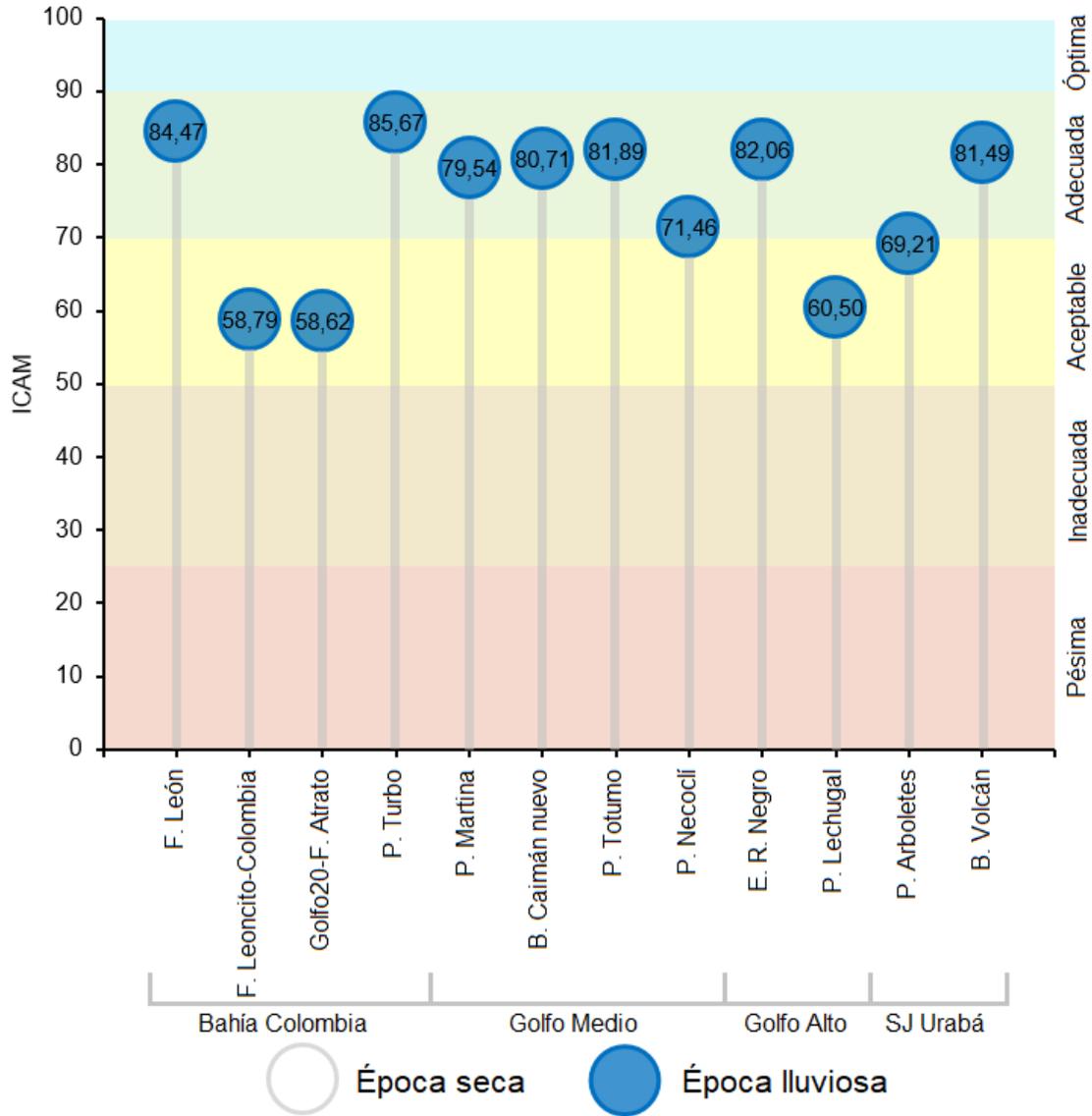


Figura 13-4. Calidad de agua de las aguas marinas y costeras de las estaciones REDCAM de Antioquia evaluadas con el ICAM, en el muestreo de diciembre del año 2024.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastadas con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europa \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en abril, se observaron concentraciones de CTE que alcanzaron niveles de hasta 160.000.000 NMP/100 mL en la estación B. Volcán (Figura 13-5). Las estaciones B. Volcán, P. Arboletes, R. Hobo, B. San Juan, P. Uveros, B. Damaquiel, B. Necocli, P. Necocli, B. Caimán nuevo, R. Turbo – bocatoma, B. Turbo, D. río Atrato, B. Guadualito, R. Currulao, B. Currulao, F. Leoncito-Colombia, F. León, B. León y R. León, superaron el límite permisible (<200 NMP/100 mL de CTE). En cuanto a CTT, las concentraciones más altas se

registraron en B. Volcán (160.000.000 NMP/100 mL), P. Arboletes (1.600.000 NMP/100 mL) y B. Caimán nuevo (1.400.000 NMP/100 mL). Otras estaciones que superaron el límite permisible incluyeron R. Hobo, B. San Juan, P. Uveros, B. Damaquiel, E. R. Negro, B. Necoclí, P. Necoclí, P. Totumo, P. Martina, R. Turbo – Bocatoma, B. Turbo, B. Atrato Matuntugo, Golfo20-F. Atrato, D. río Atrato, Muelle Armada, B. Guadualito, R. Currulao, B. Currulao, F. Leoncito-Colombia, F. León, B. León y R. León (Figura 13-5).

En el muestreo realizado en octubre, se detectaron concentraciones que sobrepasaron el límite permisible de CTE en las estaciones B. Volcán, R. Hobo, B. San Juan, B. Necoclí, P. Totumo, B. Caimán nuevo, R. Turbo – bocatoma, Golfo20-F. Atrato, D. río Atrato, Muelle Armada, B. Guadualito, R. Currulao, B. Currulao, F. León y B. León, con un valor máximo de 92.000 NMP/100 mL en B. Currulao (Figura 13-5). De manera similar, las concentraciones de CTT en estas estaciones también excedieron el límite permisible, destacándose B. Volcán, R. Hobo, B. San Juan, B. Damaquiel, B. Necoclí, Golfo20-F. Atrato, D. río Atrato, Muelle Armada, B. Guadualito, R. Currulao, B. Currulao, F. León y B. León (Figura 13-5).

En el muestreo realizado en diciembre, las concentraciones de CTE y CTT fueron menores en comparación con los muestreos anteriores. No obstante, los niveles de CTE aún superaron el límite permisible en las estaciones de B. Volcán, P. Arboletes, P. Uveros, P. Lechugal, E. R. Negro, P. Necoclí, P. Totumo, P. Martina, B. Turbo, Golfo20-F. Atrato, F. Leoncito-Colombia y F. León. Asimismo, las concentraciones de CTT en estas estaciones continuaron excediendo el límite permisible, destacándose B. Volcán, P. Arboletes, P. Uveros, P. Lechugal, E. R. Negro, P. Necoclí, P. Totumo, B. Caimán nuevo, P. Martina, Golfo20-F. Atrato, Muelle Armada, F. Leoncito-Colombia y F. León (Figura 13-5).

En cuanto a los EFE, en todas las estaciones se registraron concentraciones por debajo del valor de referencia establecido por la Unión Europea (Figura 13-6). Los resultados obtenidos en 2024 para CTE y CTT fueron superiores a los reportados en 2023, mientras que las concentraciones de EFE fueron menores ([INVEMAR, 2024](#)).

Las diferencias observadas en las concentraciones de CTE y CTT entre los muestreos de abril, octubre y diciembre de 2024 pueden estar asociadas a las variaciones en las condiciones climáticas, especialmente en los niveles de precipitación. En abril, se registraron lluvias superiores a lo habitual, con precipitaciones entre 200 y 300 mm y un índice de lluvia de 120-160% ([IDEAM, 2024](#)), lo que pudo favorecer el arrastre de contaminantes desde zonas terrestres hacia los cuerpos de agua, incrementando significativamente las concentraciones bacterianas. En octubre, las precipitaciones fueron menores (150-200 mm) y se mantuvieron dentro de rangos normales ([IDEAM, 2024](#)), lo cual se reflejó en una reducción relativa de los niveles de contaminación microbiológica.

En diciembre, aunque se registraron precipitaciones en el departamento, durante la jornada de muestreo no se presentaron lluvias, lo que habría limitado el aporte inmediato de contaminantes por escorrentía superficial en ese momento. No obstante, las lluvias acumuladas en los días previos, junto con vertimientos directos y otras fuentes continuas de contaminación, pueden haber sostenido niveles elevados de bacterias fecales en varias estaciones, aunque menores que los reportados en abril. Este comportamiento resulta consistente con la influencia combinada de los patrones pluviométricos y las descargas antropogénicas sobre la calidad bacteriológica de las aguas recreativas ([Xia et al., 2024](#)).

Adicionalmente, estos hallazgos evidencian una persistente contaminación microbiológica en las áreas evaluadas, influenciada no solo por descargas directas de aguas residuales,

sino también por la contribución de plumas fluviales adyacentes y la escorrentía (Souza-Santos et al., 2025). La disminución de EFE podría atribuirse al movimiento de las corrientes marinas y al oleaje, que favorecen la dilución y dispersión de los microorganismos, reduciendo su concentración en el agua (Jofre et al., 2021).

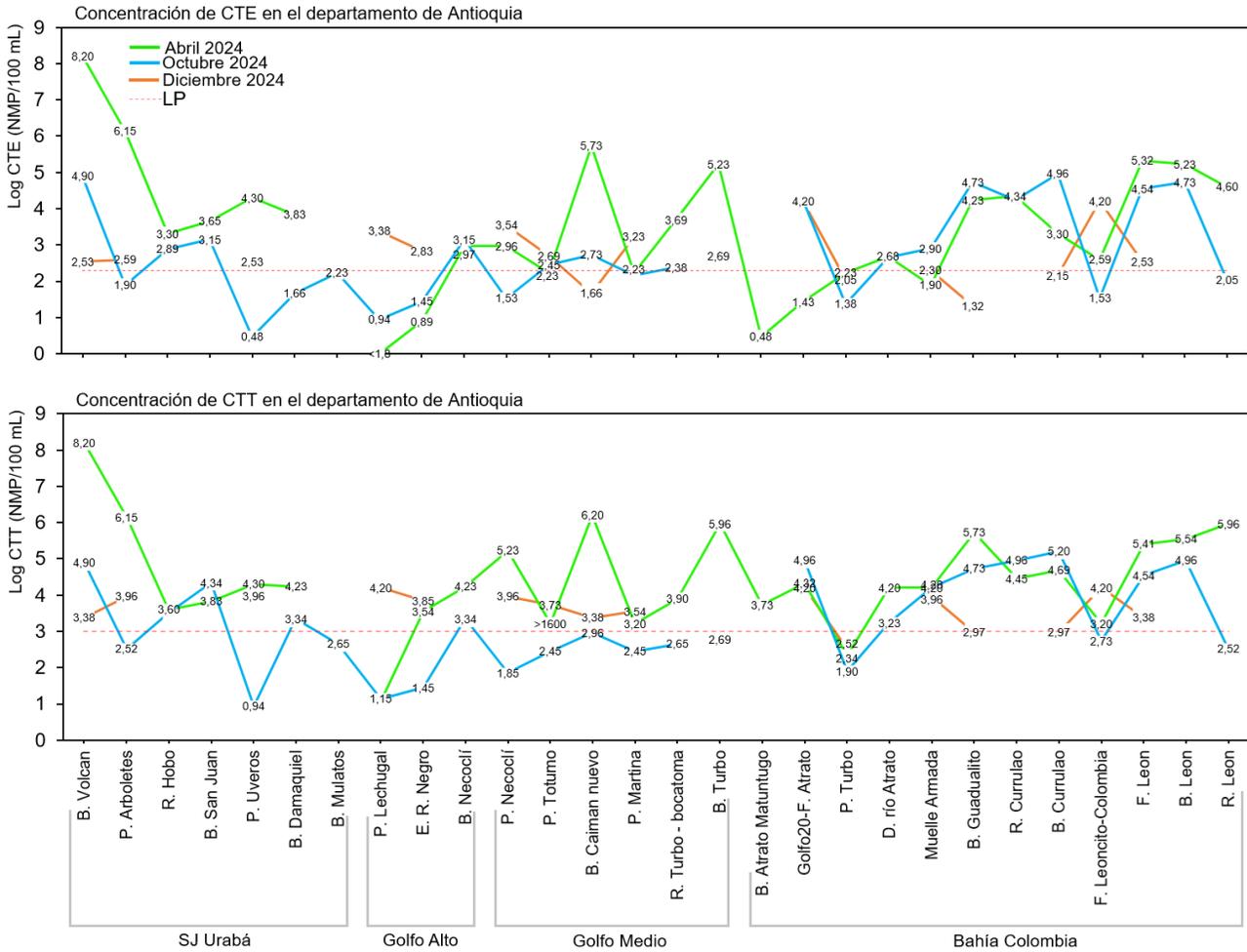


Figura 13-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Antioquia. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

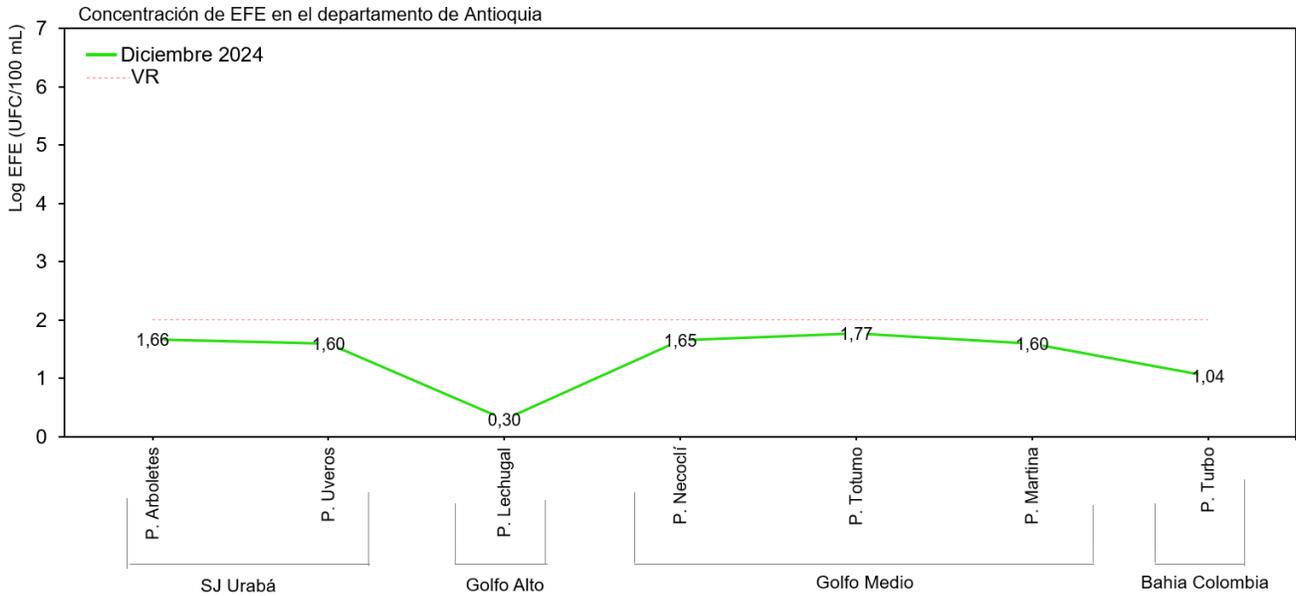


Figura 13-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Antioquia. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

Históricamente, la calidad microbiológica del agua en los sitios turísticos P. Turbo, P. Totumo, P. Necolí, P. Martina, P. Lechugal, B. Damaquiel, P. Uveros y P. Arboletes ha mostrado niveles de cumplimiento medio y bajo con respecto a los límites permisibles establecidos para el uso recreativo de contacto primario (Figura 13-7). En el 2024, La mayoría de las estaciones, excepto P. Turbo, presentaron niveles de cumplimiento medio y bajo para CTE y CTT, con concentraciones que oscilaron entre 20 a 16.000 NMP/100 mL para CTE y entre 490 a 16.000 NMP/100 mL para CTT. En contraste, P. Turbo mostró una mejoría, pasando de un nivel de cumplimiento bajo en 2023 ([INVEMAR, 2024](#)) a un nivel de cumplimiento alto en 2024.

En cuanto a los EFE, el monitoreo comenzó en 2021, evidenciando en su mayoría niveles de cumplimiento bajo, a excepción de P. Lechugal y P. Martina, que registraron un cumplimiento alto. No obstante, el monitoreo de esta variable no ha sido constante, lo que dificulta el análisis de tendencias a nivel histórico. Para 2024, todas las estaciones registraron niveles de cumplimiento alto, con concentraciones de EFE por debajo del valor de referencia propuesto por la Unión Europea (Figura 13-7).

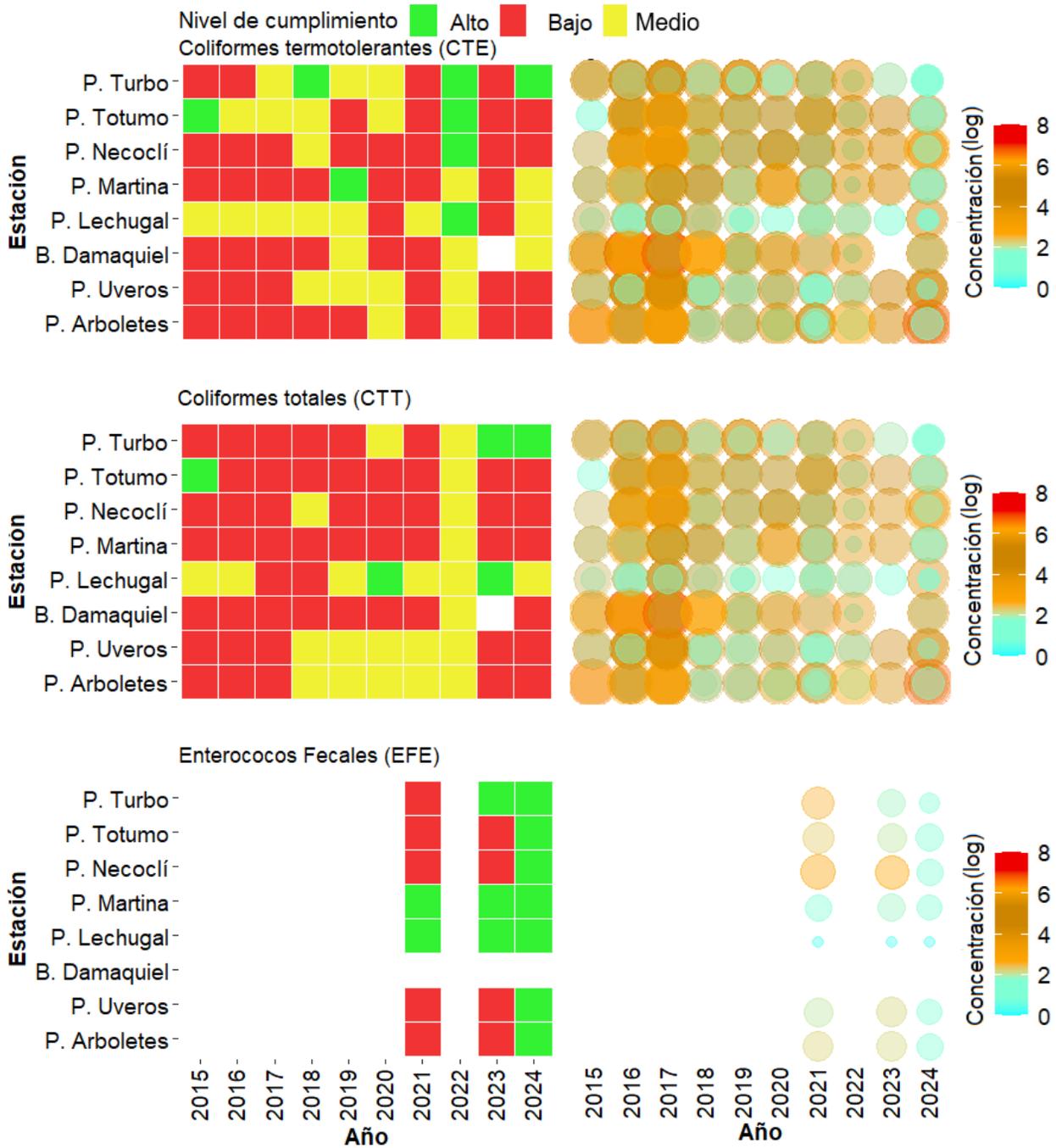


Figura 13-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Antioquia. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, cuando el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible o valor de referencia.

Conclusiones y recomendaciones:

- En el departamento de Antioquia, la mayoría de las estaciones evaluadas en 2024 presentaron una calidad del agua adecuada, de acuerdo con los valores del ICAM. Sin embargo, estaciones como P. Arboletes, P. Lechugal, Golfo20–F. Atrato y F. Leoncito–Colombia se clasificaron con calidad aceptable, principalmente por los altos niveles de coliformes termotolerantes, lo que sugiere posibles aportes de aguas residuales. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar políticas orientadas a la gestión sostenible del recurso hídrico, con especial atención a las zonas cercanas a sitios de descarga de aguas residuales.
- En la mayoría de las estaciones evaluadas, se evidenció contaminación microbiológica, con niveles de coliformes totales y termotolerantes que exceden los límites permisibles establecidos por la normativa nacional. En la mayoría de las estaciones, se registró contaminación microbiológica en al menos una época de muestreo, se destaca que en las estaciones B. Volcán, P. Arboletes, P. Uveros, P. Necoclí, P. Totumo, P. Martina, Golfo20-F. Atrato, F. Leoncito-Colombia y F. León, se registraron concentraciones elevadas en los tres muestreos, lo cual sugiere una presión constante por descargas de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Esta situación indica un deterioro continuo en la calidad del agua, destacando la necesidad de implementar medidas integrales que aborden el manejo de aguas residuales, fortalezcan la infraestructura sanitaria y regulen las actividades humanas en estas áreas, con el fin de preservar la salud ambiental y comunitaria de la región.



DEPARTAMENTO DE CHOCÓ

Por:

*José Francisco Avila Cusba
Carlos Andrés Pacheco Vélez*

14. CHOCÓ

El departamento de Chocó, cuenta con costas en el Caribe y el Pacífico colombiano, abarca las regiones de Acandí, Unguía, Juradó, Bahía Solano, Nuquí, Bajo Baudó y Litoral del San Juan. Esta región, caracterizada por ser una de las zonas más lluviosas del país ([Rangel-Ch & Arellano, 2004](#)). En sus áreas marinas y costeras, se encuentran ecosistemas como manglares, formaciones coralinas, playas, estuarios y acantilados ([Gómez-Cubillos et al., 2015](#)).

En el contexto de la REDCAM, el departamento cuenta con estaciones de muestreo distribuidas en dos zonas geográficas (Figura 14-1). La zona de Bahía Solano, caracterizada por la presencia de la serranía del Baudó, donde se desarrollan actividades como la pesca y el turismo; y la zona Golfo Tribugá, que se extiende desde la playa Almejal hasta Nuquí, comprende el Parque Nacional Natural Utría y la Ensenada de Tribugá, que son áreas estratégicas para la conservación de la fauna y flora marina y costera.

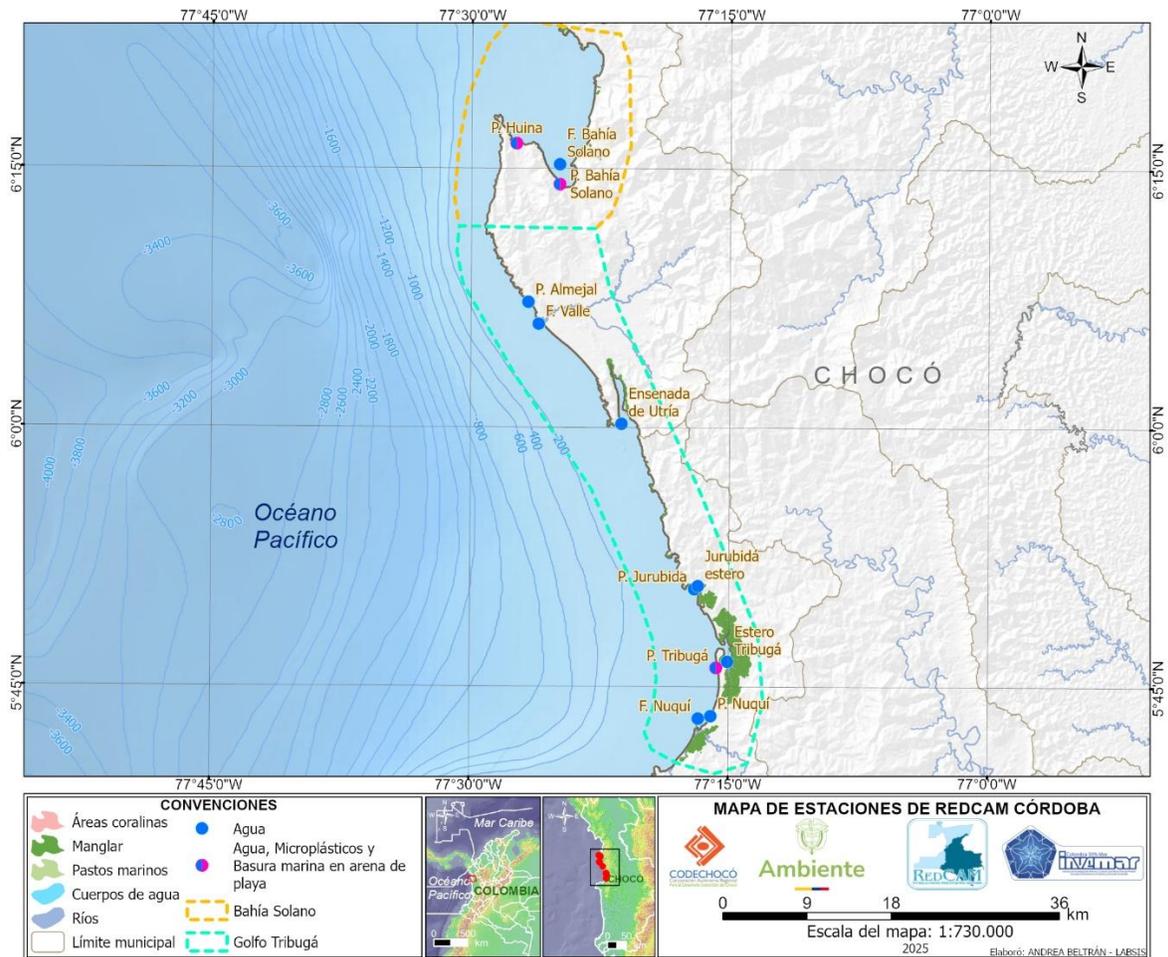


Figura 14-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento del Chocó. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

En el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en el agua marina y costera del departamento del Chocó oscilaron entre 6,17 mg O₂/L y 6,90 mg O₂/L, lo cual muestra una variabilidad baja y condiciones claramente por encima del valor mínimo permisible para la preservación de flora y fauna, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 1076 de 2015 ([MinAmbiente, 2015](#); Figura 14-2).

Durante el periodo comprendido entre los años 2010 y 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento del Chocó fluctuaron entre un valor mínimo de 3,39 mg O₂/L registrado en la estación B. Tarena (río Atrato) en el año 2022, y un valor máximo de 9,89 mg O₂/L en la estación B. Acandí en 2012 (Figura 14-2). La mayoría de los valores registrados se mantuvieron por encima del valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L ([MinAmbiente, 2015](#)), lo que sugiere condiciones favorables. En general, los valores de oxígeno disuelto mostraron una distribución estable, sin recurrencia de condiciones hipóxicas (< 2 mg/L) y con una mayoría de registros dentro del rango óptimo para el desarrollo de procesos biológicos y la funcionalidad del ecosistema acuático.

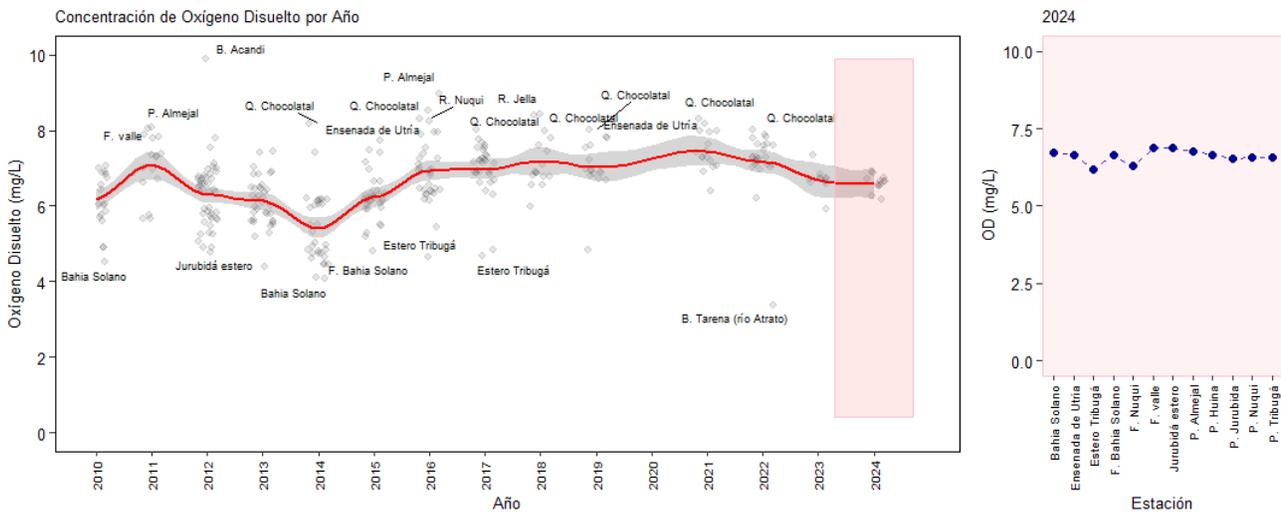


Figura 14-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento de Chocó.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

El monitoreo REDCAM en el departamento del Chocó, se realizó en el mes de julio. Se recolectaron las muestras de agua superficial en cada una de las estaciones planificadas (Figura 14-3), fue posible estimar los subíndices que conforman la ecuación integradora y calcular el índice en la totalidad de las estaciones.



Figura 14-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Chocó.

El cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM), mostró valores que oscilaron entre 37,13 y 95,93, reflejando una clasificación de la calidad del agua que varió desde inadecuada hasta óptima (Figura 14-4). El 16,7% de las estaciones presentaron óptima calidad del agua marina, el 58,3% adecuada, el 16,7% aceptable, y el 8,3% inadecuada calidad. Las estaciones con calidad óptima fueron F. río Valle y el estero Jurubidá que obtuvieron los ICAM más altos. La calidad más baja se presentó en Playa Almejal, que fue la única estación con calidad inadecuada; las estaciones F. Bahía Solano y Ensenada de Utría, presentaron calidad aceptable. Estos resultados se relacionaron principalmente con altas a concentraciones coliformes termotolerantes, indicadores de contaminación de origen antropogénico.

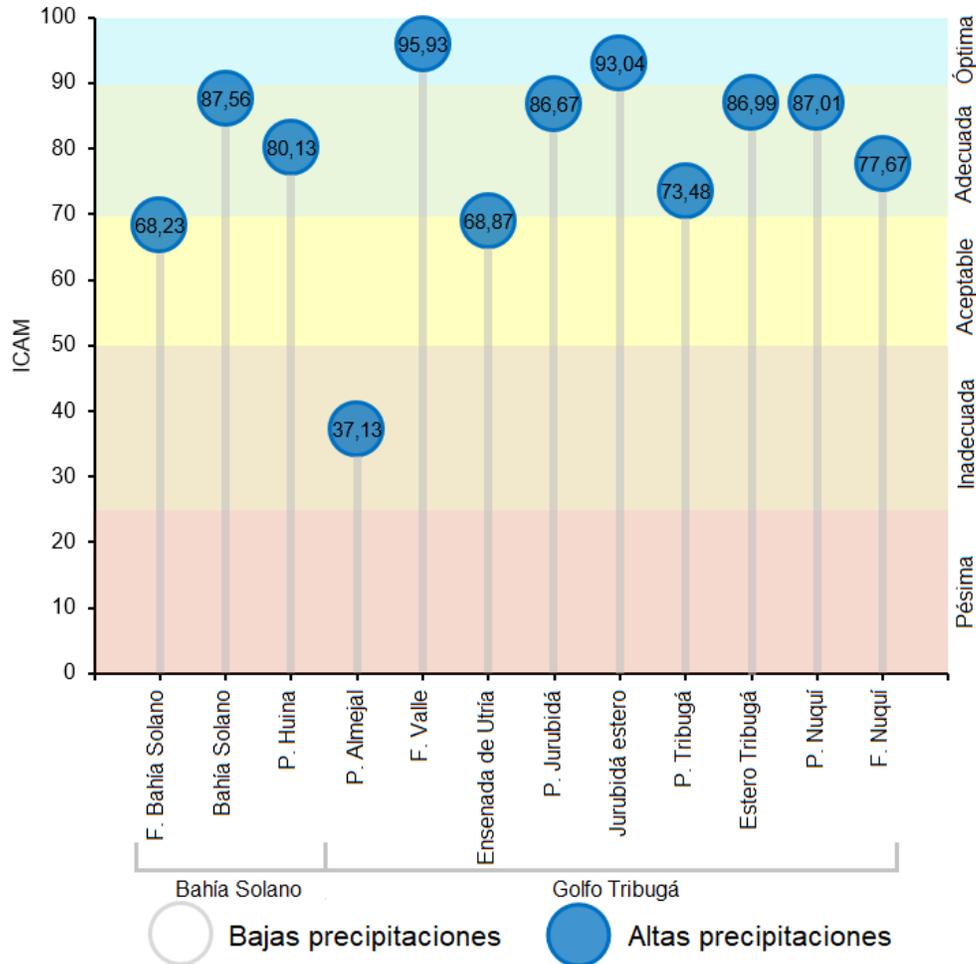


Figura 14-4. Calidad de agua de las aguas marinas y costeras de las estaciones REDCAM del Chocó evaluadas con el ICAM, en el muestreo de julio del año 2024.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en julio, en las estaciones Bahía Solano y Golfo Tribugá, se registraron concentraciones de CTE que oscilaron entre 40 a 16.000 NMP/100 mL. Las estaciones F. Bahía Solano, Bahía Solano, P. Almejal, Ensenada de Utría, Jurubidá Estero, Jurubida, P. Tribugá, P. Nuquí y F. Nuquí superaron el límite permisible para contacto primario (Figura 14-5). Por su parte, las concentraciones de CTT variaron entre 170 a 160.000 NMP/100 mL, siendo P. Huina y Estero Tribugá las únicas estaciones con valores por debajo del límite permisible (Figura 14-5).

Estos resultados son similares a los reportados en el año 2023 ([INVEMAR, 2024](#)), aunque en 2024 se observaron concentraciones más elevadas en F. Bahía Solano, Bahía Solano, P. Jurubidá, P. Tribugá, P. Nuquí y F. Nuquí. Este departamento se caracteriza por vertimiento

de aguas residuales de la población costera al ambiente, además de la influencia de múltiples ríos y afluentes que desembocan en la zona costera y que suelen ser utilizados como vertederos de residuos líquidos y sólidos (INVEMAR, 2024), aportando altas concentraciones de microorganismos. Sin embargo, su abundancia y persistencia también están moduladas por factores ambientales como la temperatura, salinidad, el pH, oxígeno disuelto, nutrientes, resuspensión de sedimentos, influenciada por el viento, las mareas y las actividades comerciales y recreativas (Verhougstraete et al., 2015; Chinfak et al., 2023).

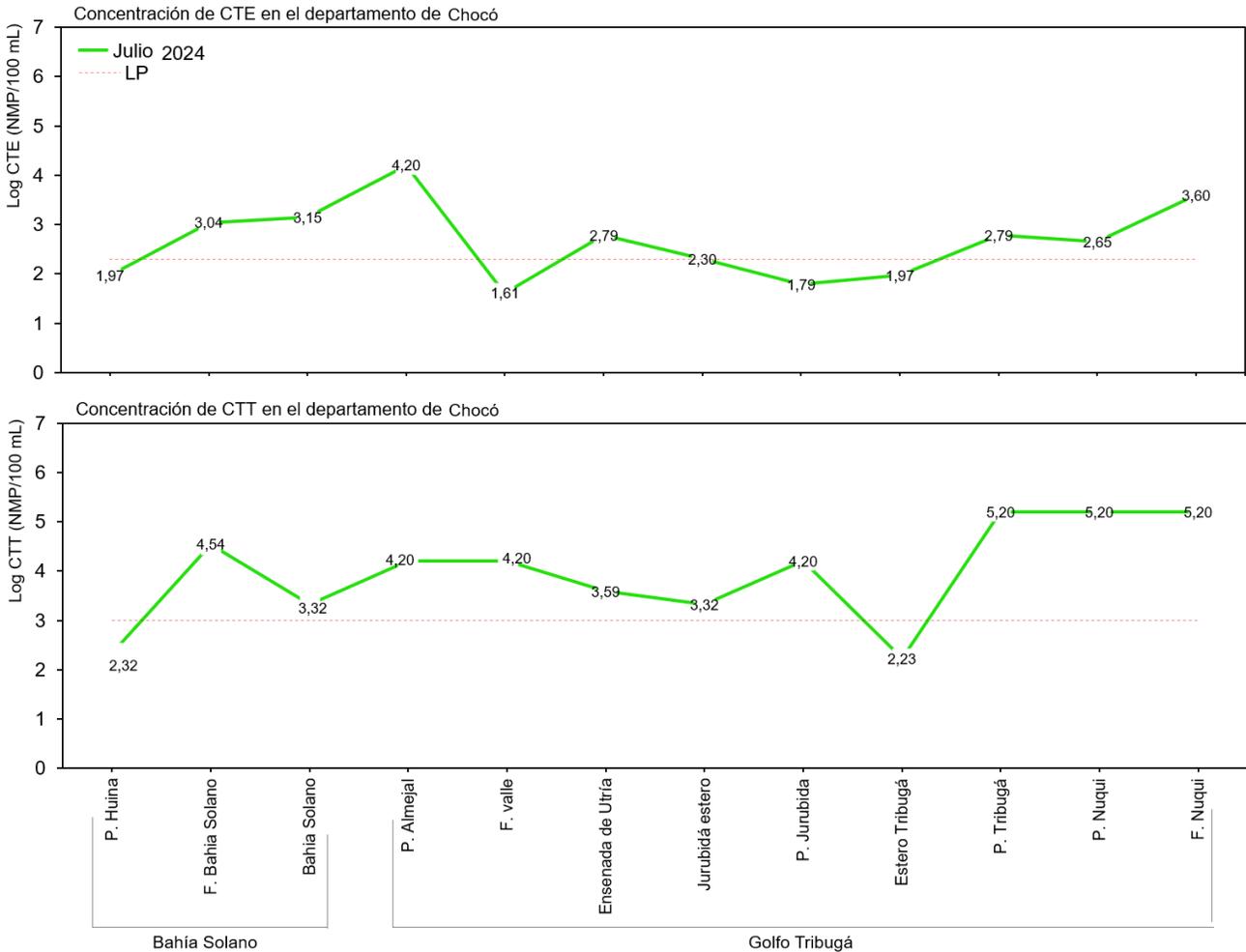


Figura 14-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Chocó. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

En cuanto a los EFE, todas las estaciones registraron concentraciones por debajo del valor de referencia establecido por la Unión Europea (Figura 14-6). Esto podría atribuirse a la dinámica de las mareas y al movimiento de las corrientes, los cuales pueden ser determinantes en la concentración de estos microorganismos, ya que favorecen la dilución y dispersión en el agua (Florini et al., 2020). Durante la marea alta, el mayor volumen de agua disponible contribuye a una mayor dilución, reduciendo las concentraciones de EFE (Chinfak et al., 2023).

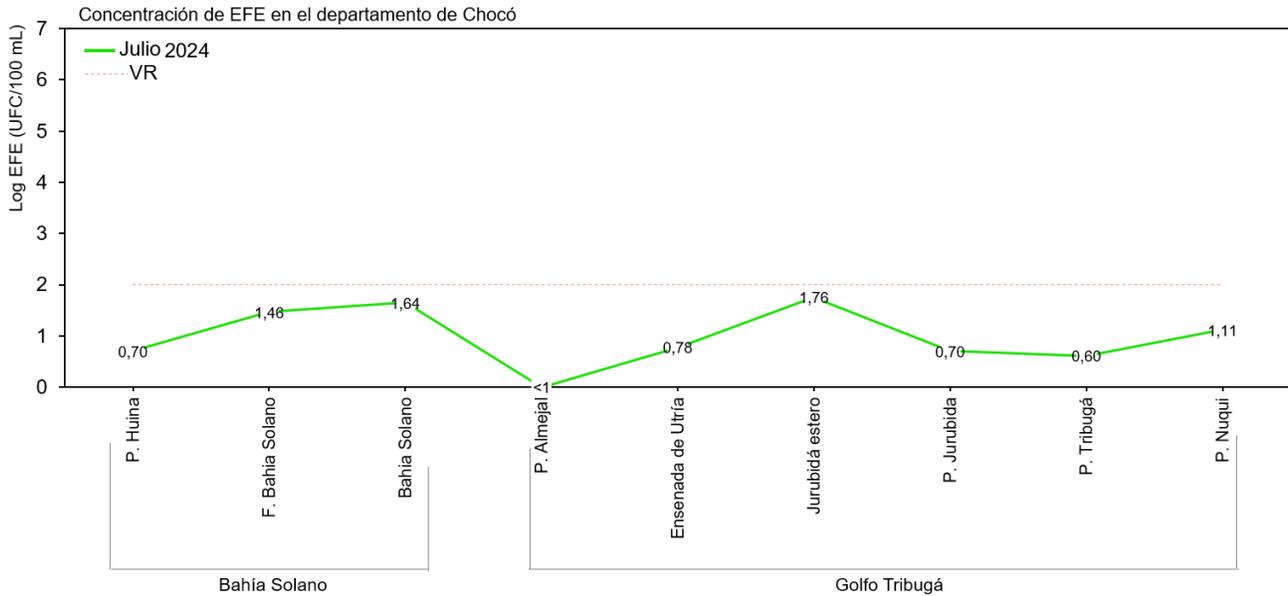


Figura 14-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Chocó. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

Los registros históricos de CTE y CTT indican que las estaciones Bahía Solano, P. Almejal, P. Tribugá y P. Nuquí han mantenido niveles de cumplimiento bajos a lo largo del tiempo. En particular, en 2024, estas estaciones registraron concentraciones de CTE entre 450 a 16.000 NMP/100 mL y de CTT entre 16.000 a 160.000 NMP/100 mL (Figura 14-7), lo que evidencia un deterioro en la calidad microbiológica. Se destaca la estación P. Tribugá, que pasó de un nivel de cumplimiento alto en 2023 ([INVEMAR, 2024](#)) a un nivel de cumplimiento bajo en 2024. Este deterioro se atribuye a la influencia de actividades turísticas, descargas directas de aguas residuales y las altas precipitaciones características de la región.

Por otro lado, las concentraciones de EFE han mostrado niveles de cumplimiento altos de manera consistente en todas las estaciones, con excepción de P. Nuquí en el 2017 y 2018, y en Bahía Solano en 2021 (Figura 14-7).

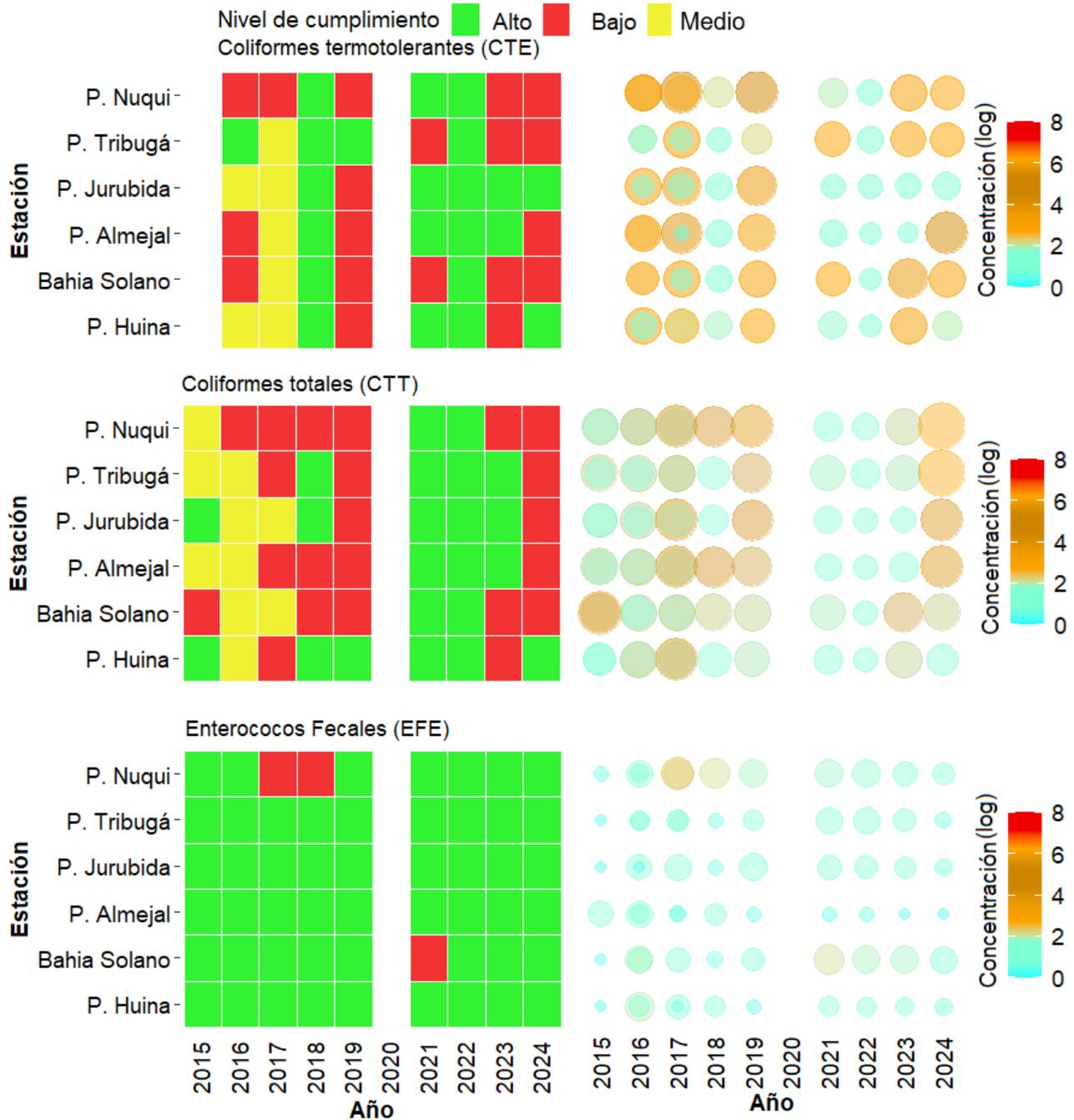


Figura 14-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Antioquia. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible o valor de referencia.

Conclusiones y recomendaciones:

- La evaluación del ICAM en 2024, mostró que, en las zonas costeras del departamento del Chocó, la calidad del agua es mayormente adecuada; sin embargo, estaciones como F. Bahía Solano y Ensenada de Utría presentaron condiciones aceptables y P. Almejal una inadecuada calidad, lo cual refleja la persistencia de presiones antrópicas sobre estos ecosistemas. La presencia de altos niveles de coliformes termotolerantes y clorofila-a sugiere una carga orgánica significativa y procesos de eutrofización asociados a descargas de agua domésticas no tratadas y actividades humanas no reguladas. Estos hallazgos subrayan la necesidad de implementar políticas orientadas a la gestión sostenible del recurso hídrico, con especial atención a las zonas cercanas a sitios de descarga de aguas residuales.
- Los resultados del muestreo realizado en julio de 2024 evidencian una contaminación microbiológica relevante en las aguas del litoral chocoano, principalmente asociada a concentraciones elevadas de coliformes totales y termotolerantes en la mayoría de las estaciones evaluadas, superando los límites establecidos para uso recreativo de contacto primario. Estaciones como F. Bahía Solano, Bahía Solano, Ensenada de Utría, P. Jurubidá, P. Tribugá, P. Nuquí y F. Nuquí presentaron concentraciones altas con respecto a las referencias nacionales, lo que sugiere una presión por vertimientos de aguas residuales sin tratamiento. Esta situación refleja deficiencias estructurales en el manejo de saneamiento básico en la región. No obstante, las concentraciones de enterococos fecales no superaron los valores de referencia internacionales, lo cual sugiere una menor persistencia de estos microorganismos en las condiciones ambientales locales.



DEPARTAMENTO DE VALLE DEL CAUCA

Por:

*José Francisco Avila Cusba
Carlos Andrés Pacheco Vélez*

15. VALLE DEL CAUCA

El departamento del Valle del Cauca, ubicado en la costa del Pacífico colombiano, sigue siendo una región de gran relevancia ambiental y social. Esta zona se caracteriza por recibir constantes precipitaciones a lo largo del año ([IDEAM, 2023](#)). En su área marina y costera, predominan estuarios, manglares y playas, entre otros ecosistemas ([Gómez-Cubillos et al., 2015](#)). La REDCAM en el departamento del Valle del Cauca opera en estaciones de muestreo distribuidas en cinco zonas (Figura 15-1). La zona Bahía Málaga, de gran interés turístico, por sus playas de arena; además, esta zona alberga el Parque Nacional Natural Uramba Bahía Málaga, articulado con el Distrito de Manejo Integrado y el Parque Regional Natural la Sierpe. La zona Buenaventura Afuera abarca la entrada de la región de la Bocana, con destacados puntos como las playas de Piangüita y la Bocana al norte, e Isla Soldado, los esteros brazo largo y Machetagedó al sur, donde desembocan los ríos Potedó y Anchicayá. La zona Buenaventura Urbana, situada en el interior de la Bahía de Buenaventura, donde se desarrollan actividades comerciales y portuarias. La zona de Costa Afuera que alberga la zona turística P. Magüipi; y la zona Costa Sur Buenaventura donde se ubican estaciones sobre el río Raposo.

El primer muestreo de 2024 fue realizado en abril por la CVC. Posteriormente, en el periodo julio-agosto se llevaron a cabo dos jornadas adicionales de monitoreo, en julio, bajo la coordinación de INVEMAR, y en agosto, nuevamente por la CVC. Esta programación permitió caracterizar la calidad sanitaria de las playas en distintos momentos del año, considerando variaciones asociadas a la estacionalidad turística y a las condiciones climáticas locales.

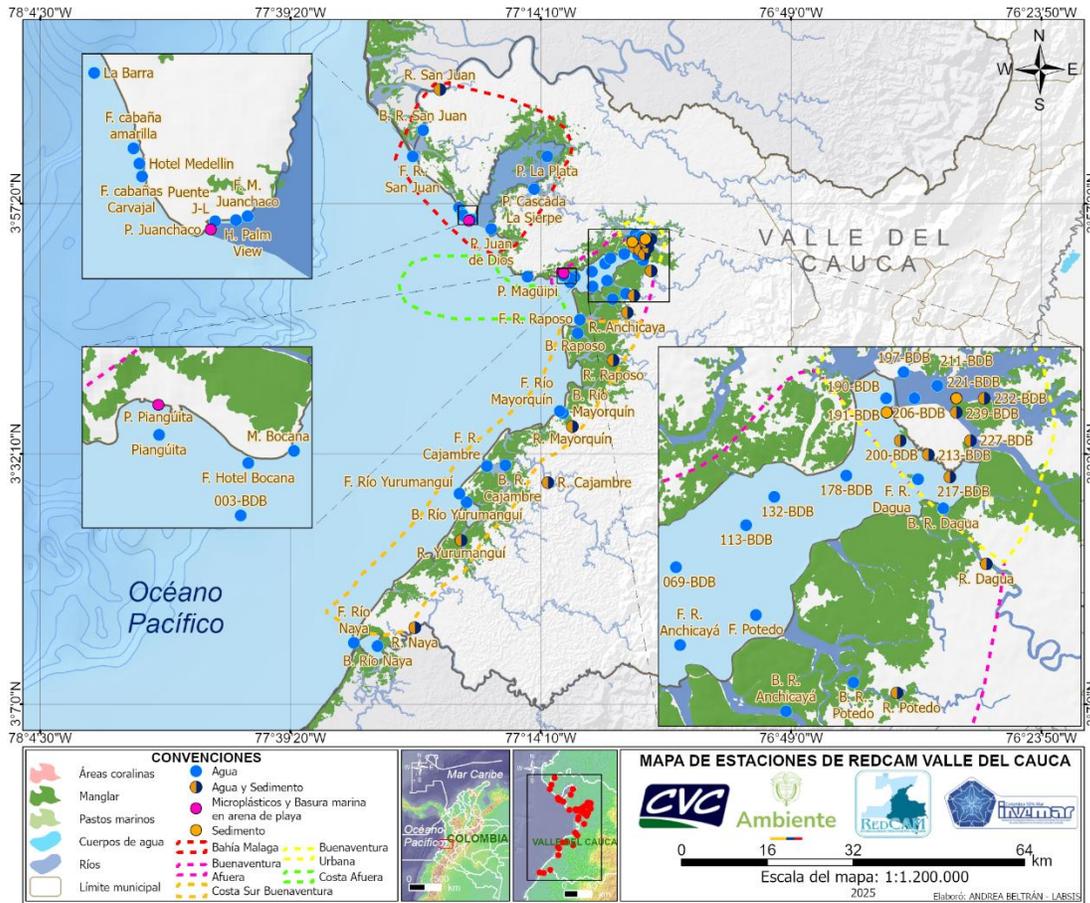


Figura 15-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Valle del Cauca. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento del Valle del Cauca oscilaron entre 3,4 mg O₂/L en 213-BDB y 7,36 mg O₂/L en P. Cascada La Sierpe (Figura 15-2). En general, los valores registrados se mantuvieron por encima valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L, establecido por el Decreto 1076 de 2015 (MinAmbiente, 2015), lo que indica condiciones favorables para el desarrollo de organismos acuáticos, con excepción de 213-BDB, que presentó condiciones de hipoxia.

El análisis histórico entre 2010 y 2024 evidencia una alta variabilidad en las concentraciones de oxígeno disuelto, con valores que fluctuaron entre 0,662 mg O₂/L en estaciones como 232-BDB y máximos de 9,85 mg O₂/L en Es4. Este comportamiento refleja la ocurrencia recurrente de eventos de hipoxia y anoxia, asociados principalmente a procesos de eutrofización provocados por el ingreso excesivo de nutrientes, derivados de vertimientos de aguas residuales no tratadas (INVEMAR, 2024).

En estaciones como 227-BDB y 232-BDB, se han registrado históricamente concentraciones por debajo del valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L, lo que representa una condición de riesgo para la calidad del agua. Esta situación puede estar relacionada con los aportes de

grandes volúmenes de agua dulce, nutrientes terrestres y materia orgánica transportados por los ríos de la región, lo que incrementa la vulnerabilidad del ecosistema a condiciones de déficit de oxígeno disuelto ([Scavia et al., 2017](#)).

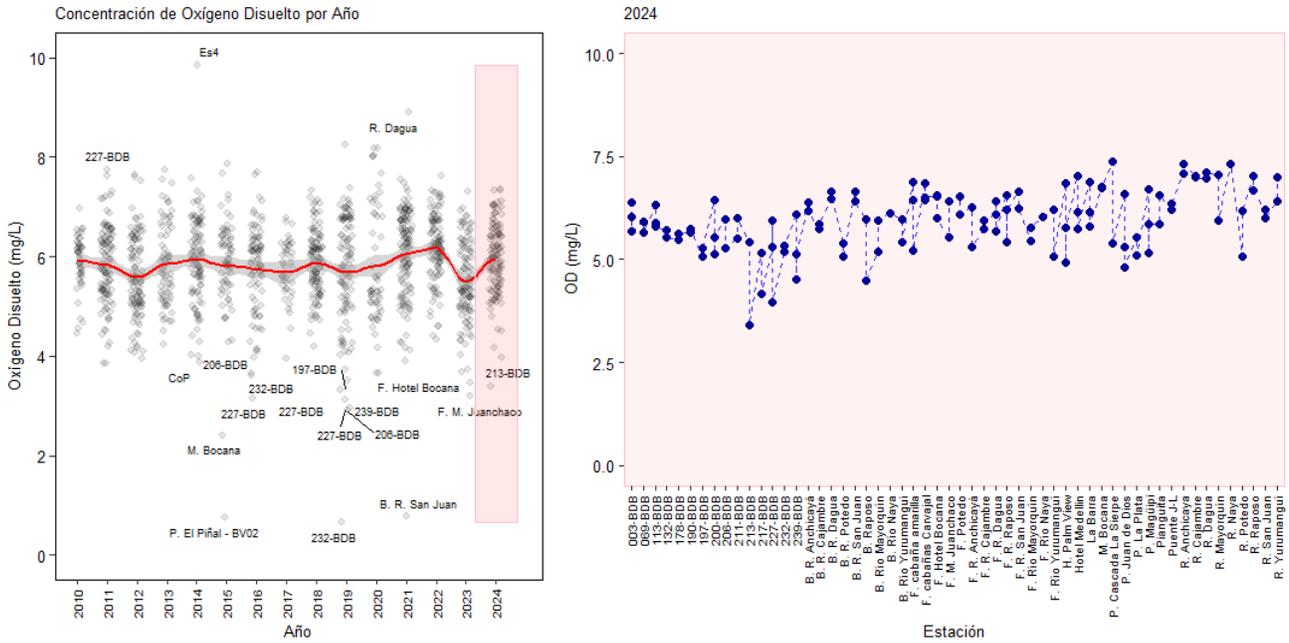


Figura 15-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento del Valle del Cauca.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

El cálculo del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM) en las estaciones del departamento del Valle de Cauca (Figura 15-3), mostró valores que oscilaron entre 43,42 y 88,22, reflejando una clasificación de la calidad del agua que varió desde inadecuada hasta adecuada (Figura 15-4). El indicador mostró que el 80% de las estaciones monitoreadas presentaron calidad adecuada del agua, el 13,3% calidad aceptable y el 6,7% inadecuada calidad. La mejor calidad se presentó en las estaciones ubicadas en las zonas de la bahía de Buenaventura; los valores más altos del ICAM los obtuvieron la estación 003 de Buenaventura y el Hotel Medellín, en la zona de bahía Málaga. Por el contrario, los ICAM más bajos se presentaron en La Barra, F. Cabañas Carvajal y H. Palm View en la zona de bahía Málaga (Figura 15-4).



Figura 15-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Valle del Cauca.

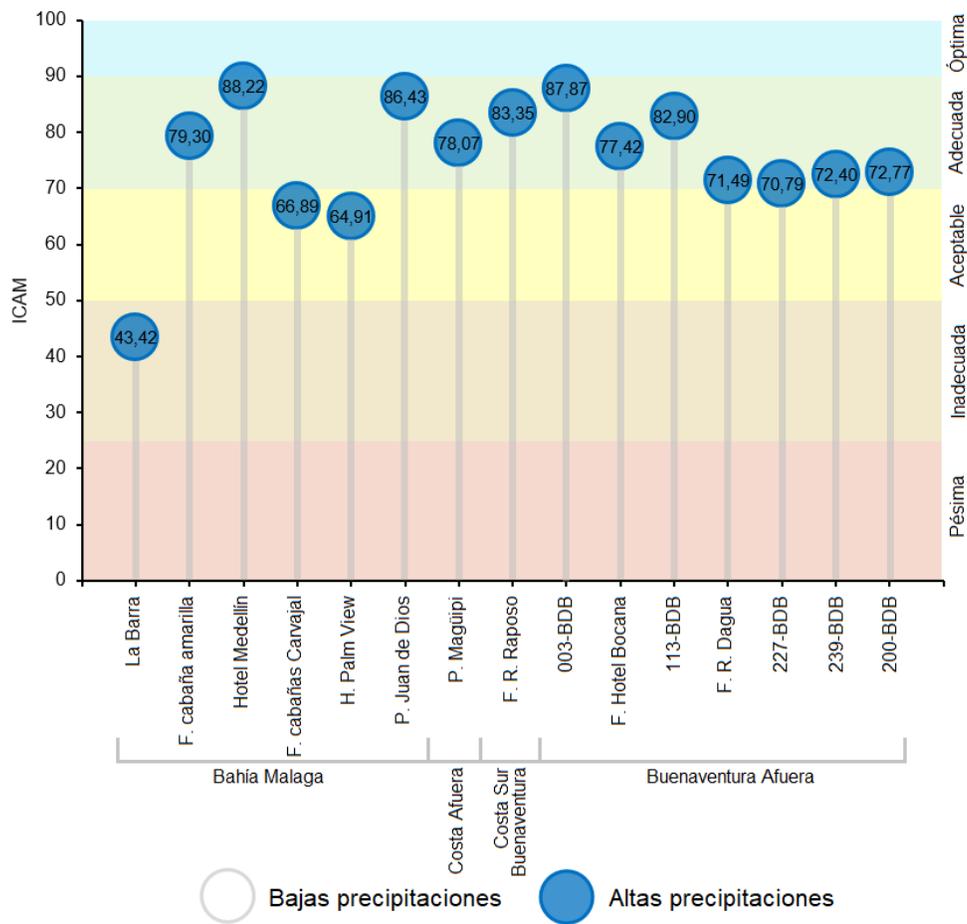


Figura 15-4. Calidad de agua de las aguas marinas y costeras de las estaciones REDCAM De Valle del Cauca evaluadas con el ICAM, en el muestreo de julio del año 2024.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europea \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en abril, las concentraciones de CTE oscilaron entre 3,6 a 7.500 NMP/100 mL en Bahía Malaga, entre 430 a 210.000 NMP/100 mL en Buenaventura Urbana, entre 3,6 a 4.300 NMP/100 mL en Buenaventura Afuera y entre 23 a 4.300 NMP/100 mL en Costa Sur Buenaventura. En las estaciones R. San Juan, 197-BDB, 211-BDB, 206-BDB, 190-BDB, 232-BDB, 239-BDB, 227-BDB, 200-BDB, 213-BDB, 217-BDB, B.R. Dagua, F. R. Dagua, 132-BDB, 113-BDB, R. Dagua, 069-BDB, F. Potedo, F. R. Anchicayá, B. R. Potedo, R. Potedo, B. R. Anchicayá, R. Anchicaya, R. Raposo, B. Río Mayorquín, R. Cajambre y R. Naya, las concentraciones de CTE superaron el límite permisible para contacto primario (Figura 15-5). En cuanto a CTT, se observó un patrón similar, con las concentraciones más altas registradas en 213-BDB (1.100.000 NMP/100 mL) y R. San Juan (110.000 NMP/100 mL) (Figura 15-5).

En el muestreo realizado en julio-agosto, las concentraciones de CTE variaron entre 36 a 920 NMP/100 mL en Bahía Malaga, entre 230 a 24.000 NMP/100 mL en Buenaventura Urbana, entre 92 a 2.400 NMP/100 mL en Buenaventura Afuera y entre 36 a 2.400 NMP/100 mL en Costa Sur Buenaventura. Las estaciones B. R. San Juan, F. R. San Juan, 197-BDB, 211-BDB, 206-BDB, 190-BDB, 232-BDB, 239-BDB, 227-BDB, 200-BDB, 213-BDB, 217-BDB, B. R. Dagua 178-BDB, F. R. Dagua, 132-BDB, 113-BDB, R. Dagua, M. Bocana, F. Hotel Bocana, B. R. Potedo, R. Potedo, B. R. Anchicayá, R. Anchicayá, R. Raposo, F. Río Mayorquín, B. Río Mayorquín, R. Mayorquín, B. R. Cajambre, R. Cajambre y R. Yurumanguí superaron el límite permisible para contacto primario (Figura 15-5). En cuanto a CTT, las concentraciones más altas se registraron en 227-BDB con 110.000 NMP/100 mL y 217-BDB con 46.000 NMP/100 mL (Figura 15-5).

Estos resultados coinciden con los reportados en 2023 ([INVEMAR, 2024](#)), donde las concentraciones de CTE y CTT fueron particularmente elevadas en las estaciones ubicadas en la Bahía de Buenaventura (Urbana y Afuera), áreas caracterizadas por descargas de ríos y esteros, así como por el emisario submarino. En este sector, se vierten grandes volúmenes de residuos y contaminantes al medio marino, a lo que se suman las escorrentías provenientes de la cuenta del río Dagua, además de los residuos generados por la industria pesquera y las operaciones del Puerto de Buenaventura ([Barbosa, 2018](#); [Ortiz & Ramirez, 2018](#)).

En cuanto a los EFE, todas las estaciones registraron concentraciones por debajo del valor de referencia establecido por la Unión Europea (Figura 15-6). Esto podría atribuirse a la dinámica de las mareas y a las lluvias intensas en la región, factores que pueden influir en la concentración y el transporte de estos microorganismos ([Bravo et al., 2024](#)). Es importante destacar que el monitoreo se realizó durante mareas altas, lo que pudo haber favorecido la dilución y dispersión de los EFE, resultando en concentraciones más bajas en comparación con condiciones de marea baja, donde suelen registrarse valores más elevados ([Chinfak et al., 2023](#)).

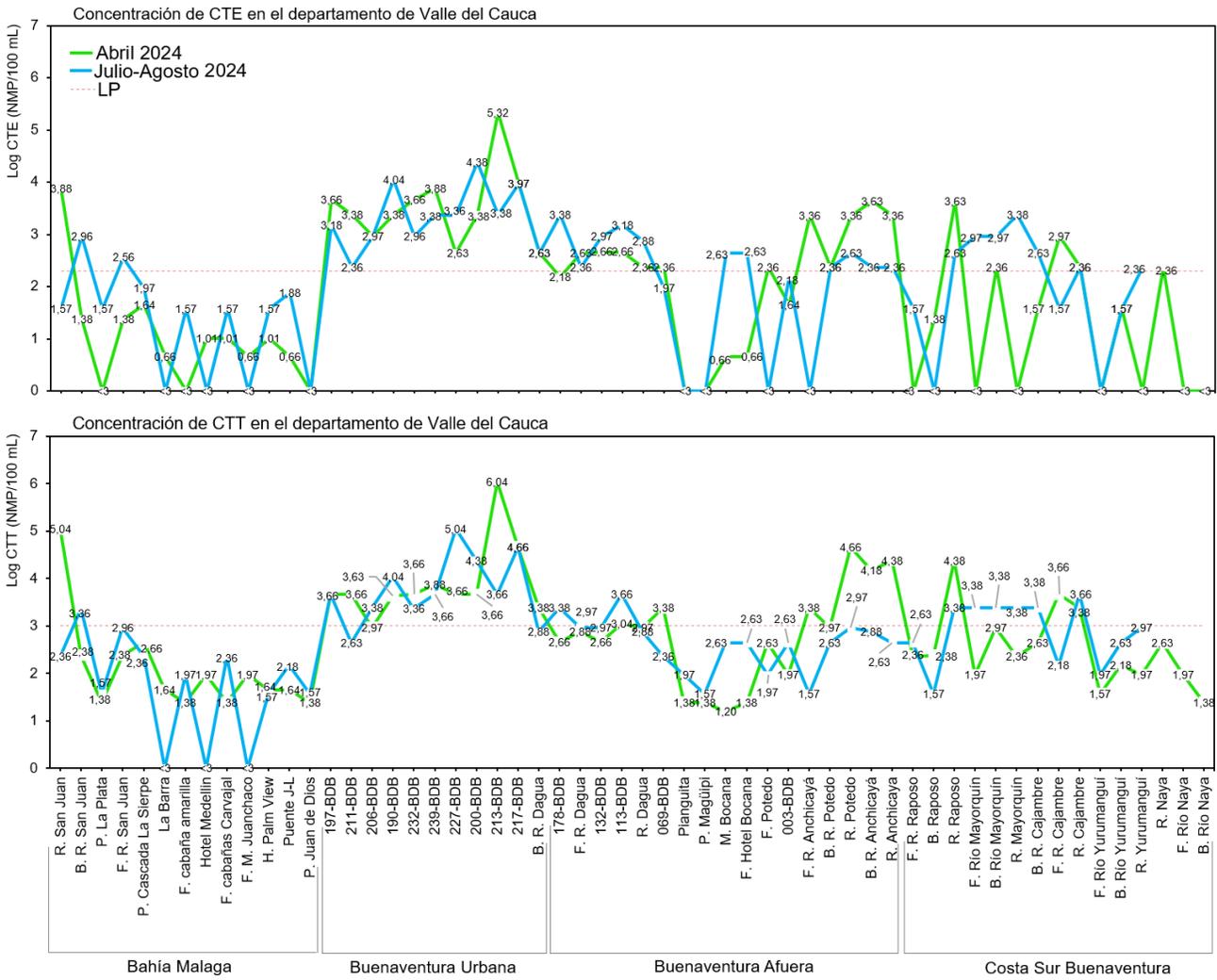


Figura 15-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Valle del Cauca. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

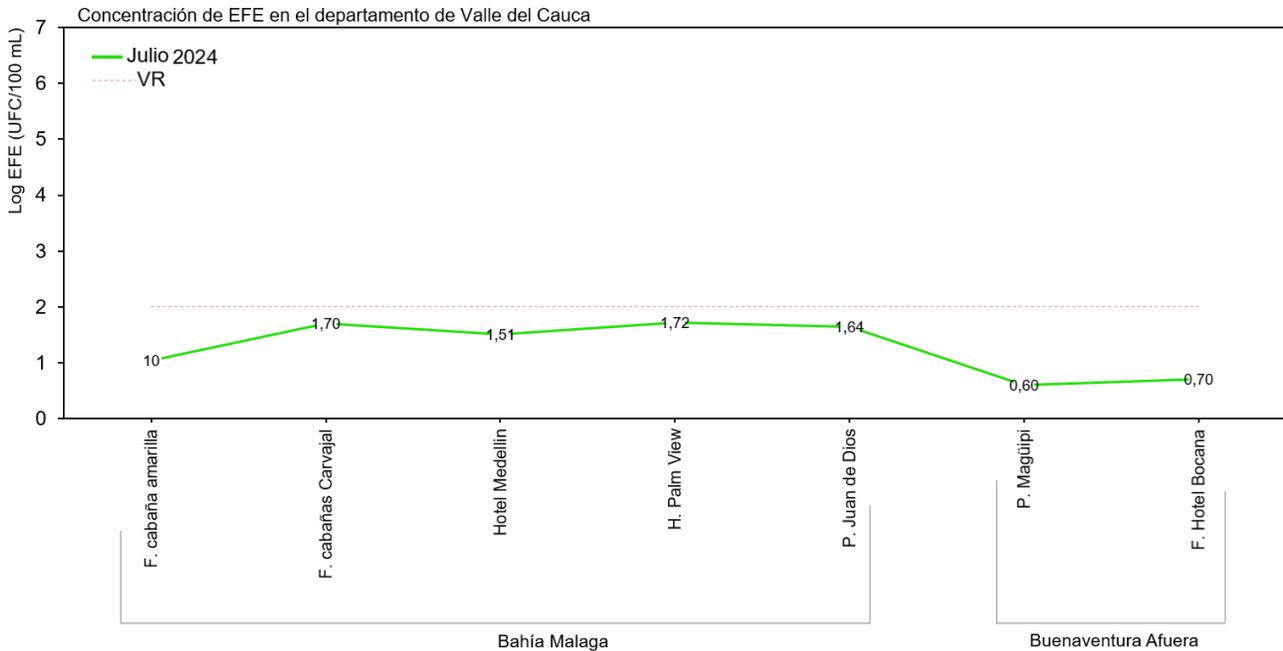


Figura 15-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Valle del Cauca. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El análisis histórico de CTE y CTT revela fluctuaciones en los niveles de cumplimiento de calidad sanitaria, los cuales varían entre alto, medio y bajo. Estaciones como P. Cascada La Sierpe y P. La Plata han mantenido niveles de cumplimiento alto desde el 2019. Asimismo, estaciones como Piangüita, P. Juan de Dios, Puente J-L y F. M. Juanchaco han mostrado una mejora en la calidad microbiológica. En contraste, en 2024, en las estaciones P. Magüipi, H. Palm View, F. cabañas Carvajal, F. cabaña amarilla y La Barra, se registraron niveles de cumplimiento medio, con concentraciones entre 23 a 230 NMP/100 mL. Adicionalmente, F. Hotel Bocana se registró un nivel de cumplimiento bajo, con una concentración máxima de 430 NMP/100 mL (Figura 15-7).

En cuanto a los EFE, el monitoreo ha sido irregular a lo largo del tiempo, lo que dificulta el análisis de tendencias a nivel histórico. Sin embargo, desde 2021 los resultados han mostrado niveles de cumplimiento altos en todas las estaciones monitoreadas (Figura 15-7).

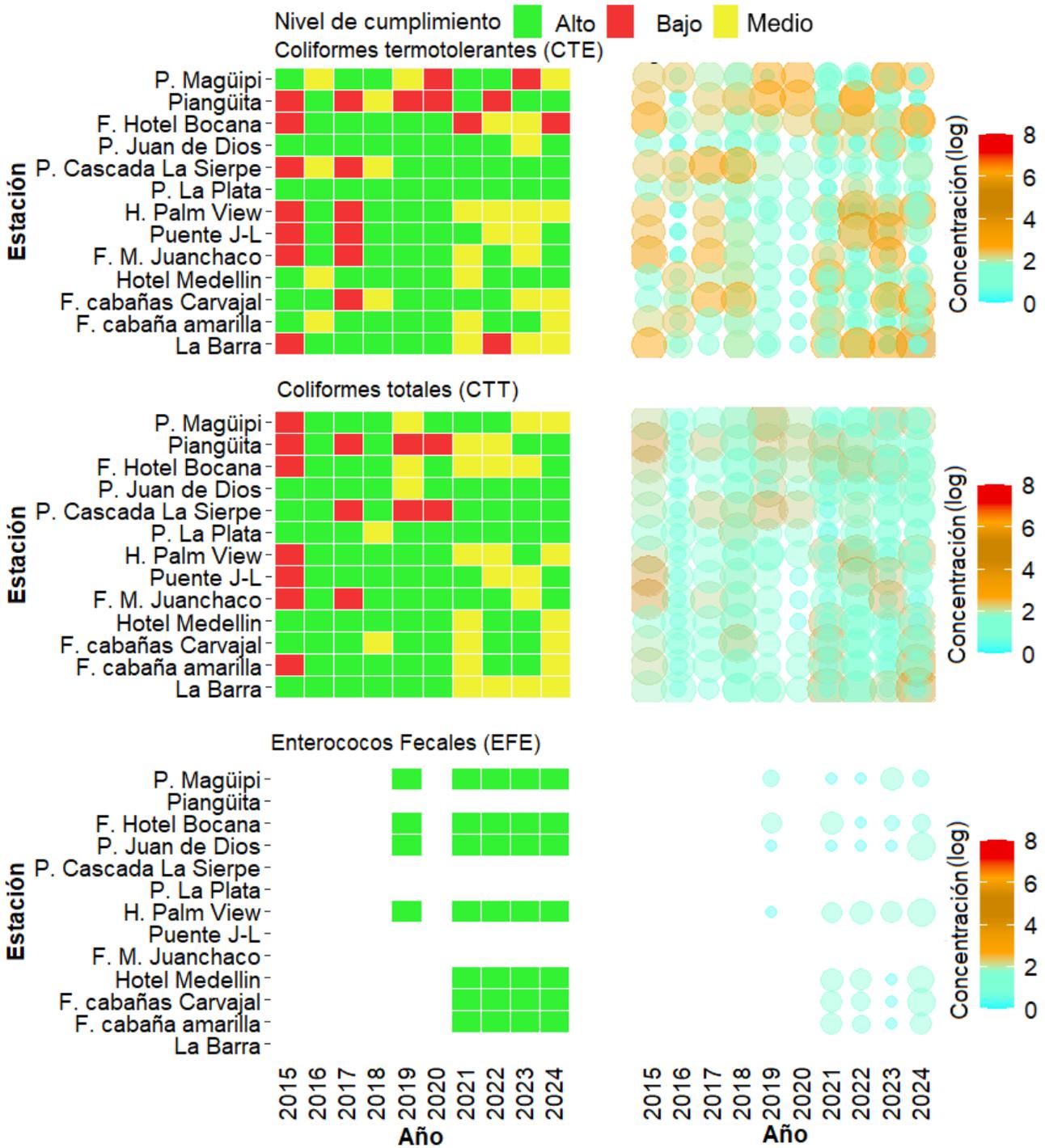


Figura 15-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento del Valle del Cauca. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible o valor de referencia.

Conclusiones y recomendaciones:

- El análisis del ICAM para el año 2024 evidenció que la calidad del agua en el departamento Valle del Cauca, se mantuvo entre condiciones aceptables y adecuadas en la mayoría de las estaciones monitoreadas. No obstante, la estación La Barra presentó condiciones inadecuadas, atribuibles a elevadas concentraciones de nutrientes y coliformes termotolerantes. Este deterioro se relaciona principalmente con actividades antrópicas, como el vertimiento de residuos municipales y el impacto del turismo no regulado. Los resultados muestran la urgencia de implementar medidas integrales de gestión ambiental que mitiguen los impactos negativos sobre la calidad del agua en esta región costera.
- Los análisis de calidad sanitaria en las playas turísticas Piangüita, P. Magüipi, Hotel Bocana, P. Juan de Dios, H. Palm View, Puente J-L, F.M Juanchaco, Hotel Medellín, F. Cabañas Carvajal, F. Cabaña Amarilla y La Barra, evidenciaron niveles de calidad medios y bajos para el uso recreativo de contacto primario. Estas condiciones fueron ocasionadas por concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes y totales, las cuales superaron los límites establecidos por la normatividad colombiana. En particular, las estaciones ubicadas la Bahía de Buenaventura mostraron persistencia de valores altos, lo que sugiere una presión constante de contaminación de origen fecal. Es fundamental fortalecer las acciones orientadas a reducir estas fuentes de contaminación y así avanzar hacia una mejora sostenible en la calidad del agua y la protección de la salud pública.



DEPARTAMENTO DE NARIÑO

Por:

*José Francisco Avila Cusba
Carlos Andrés Pacheco Vélez*

16. NARIÑO

El departamento de Nariño se ubica en el Pacífico colombiano, y su zona costera está comprendida por los municipios de San Andrés de Tumaco, Francisco Pizarro, Mosquera, Olaya Herrera, La Tola, El Charco y Santa Bárbara. En la zona marino costera se encuentran los parches de ecosistemas de manglar más representativos del Pacífico; así como playas de arena, acantilados, playones intermareales y estuarios ([Gómez-Cubillos et al., 2015](#)).

Las estaciones de monitoreo están distribuidas en tres zonas geográficas (Figura 16-1), la zona Costa Norte que se extiende desde la frontera con el departamento del Cauca hasta la punta Cascajal, abarcando parte de las cuencas hidrográficas de los ríos Patía y Sanquianga, y el Parque Nacional Natural Sanquianga, sitio estratégico para la conservación de la fauna y flora marino costera; la zona Ensenada de Tumaco que abarca el municipio de Tumaco, donde está la mayor población y se desarrollan actividades agropecuarias, mineras, pesqueras, portuarias, de comercio y de turismo y en donde desembocan los ríos Rosario, Mejicano, Guayaros, Changüi y Curay; y la zona Costa Sur que comprende el área desde el sur de la Ensenada de Tumaco hasta el río Mataje, en el límite fronterizo con Ecuador.

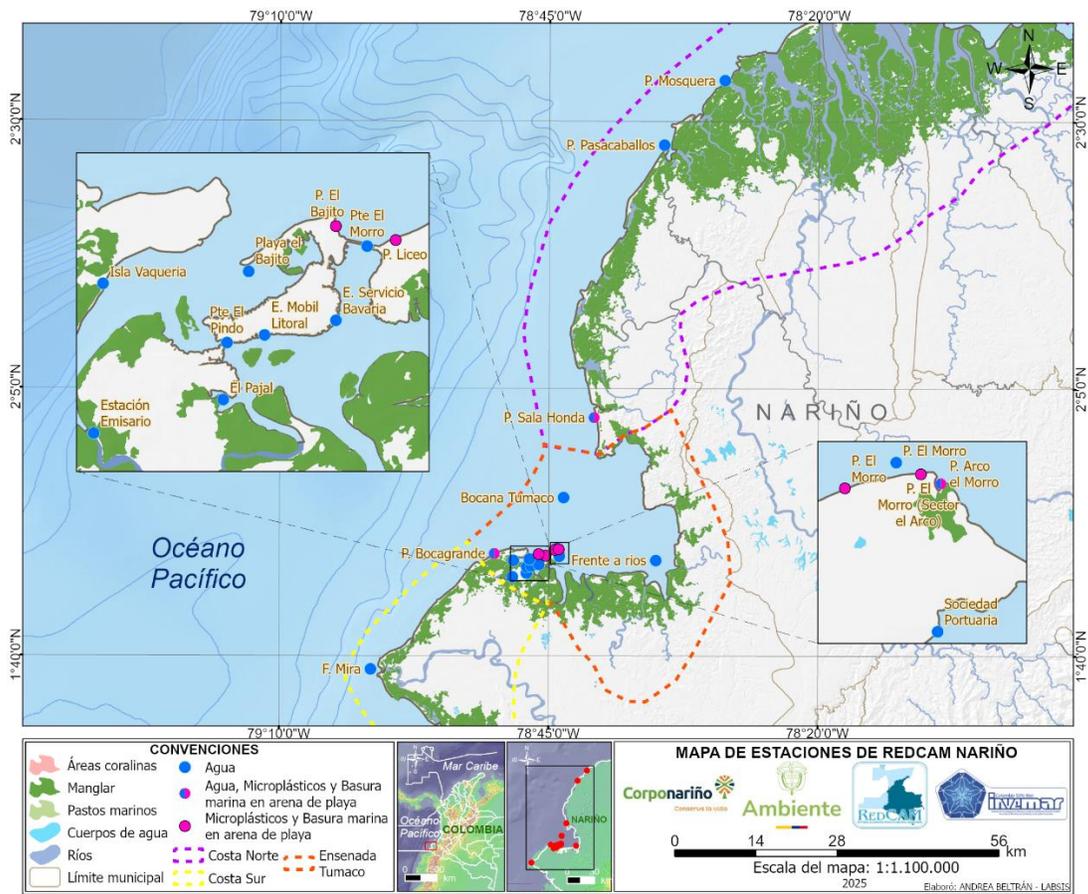


Figura 16-1. Mapa de estaciones de muestreo de la REDCAM en el departamento de Nariño. Los polígonos punteados presentan las zonas de muestreo.

Concentraciones de Oxígeno Disuelto

Durante el año 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de Nariño oscilaron entre 3,82 mg O₂/L en la estación Arco El Morro y 7,50 mg O₂/L en la estación Frente al Río Mira (Figura 16-2). La mayoría de las estaciones presentaron concentraciones superiores al límite mínimo permisible de 4 mg O₂/L establecido por el Decreto 1076 de 2015, para preservación de flora y fauna (MinAmbiente, 2015). Sin embargo, el valor registrado en Arco El Morro, por debajo del límite normativo, indica que hay procesos de acumulación de materia orgánica o baja renovación hídrica.

Durante el periodo comprendido entre los años 2010 y 2024, las concentraciones de oxígeno disuelto en las estaciones monitoreadas del departamento de Nariño fluctuaron entre un valor mínimo de 1,82 mg O₂/L, registrado en la estación R. Mejicano en el año 2010, y un valor máximo de 8,76 mg O₂/L, en la estación R. Mataje en 2010. La mayoría de los valores registrados se mantuvieron por encima del valor mínimo permisible de 4 mg O₂/L (MinAmbiente, 2015), lo que indica condiciones generalmente favorables. No obstante, durante el periodo comprendido entre 2010 y 2014, se registraron valores de oxígeno disuelto por debajo del valor mínimo permisible, con concentraciones que en algunos casos se aproximaron al límite de hipoxia (OD < 2 mg/L), en las estaciones Arco el Morro, E. Mobil Litoral, R. Chaguí y El Pajal, principalmente (Figura 16-2), lo que podría reflejar presiones ambientales localizadas o procesos de deterioro de la calidad del agua en dichos sectores.

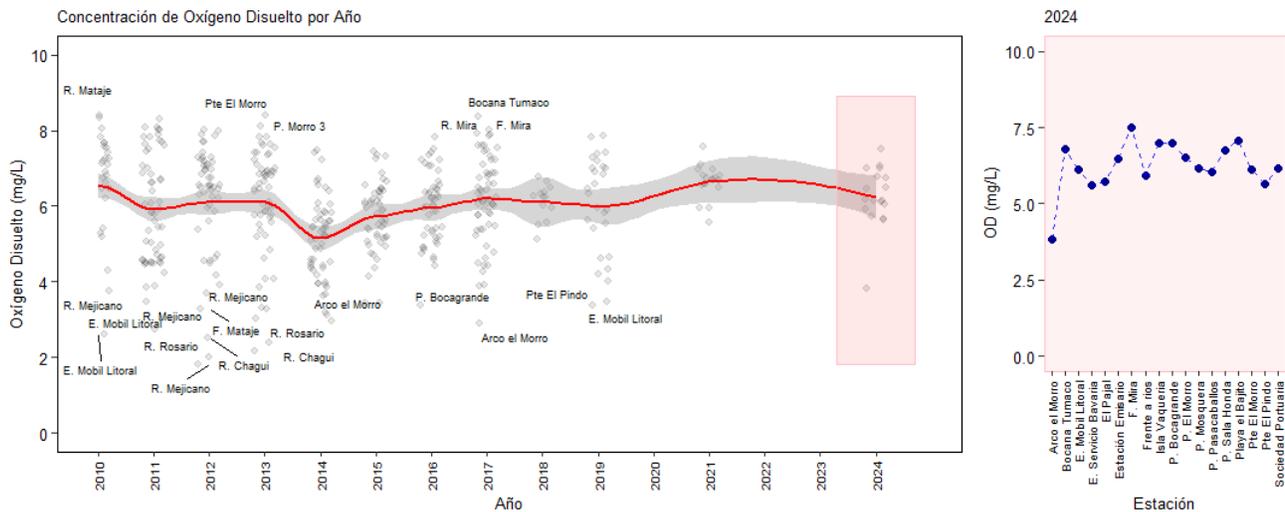


Figura 16-2. Tendencia en las concentraciones de oxígeno disuelto en las aguas del departamento de Nariño.

Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM:

En cumplimiento del plan de muestreo establecido para el cálculo del ICAM, en junio del 2024 se recolectaron muestras en cada una de las estaciones planificadas en el área marina de Nariño (Figura 16-3), fue posible estimar los subíndices que conforman la ecuación integradora y calcular el índice en la totalidad de las estaciones.



Figura 16-3. Toma de datos *in situ* y colecta de muestras de agua en las estaciones REDCAM Nariño.

Los valores ICAM oscilaron entre 13,58 y 91,74, reflejando una clasificación de la calidad del agua que varió desde pésima hasta óptima (Figura 16-4). El 5,6% de las estaciones estuvieron en calidad óptima, el 33,3% calidad adecuada, el 50% calidad aceptable, el 5,6% calidad inadecuada y el 5,6% calidad pésima. Las mejores condiciones se observaron en las estaciones ubicadas en la Costa Norte, donde predominó la calidad adecuada y se reportó la única estación con calidad óptima, correspondiente a P. Sala Honda, junto con resultados favorables en la Sociedad Portuaria en la Ensenada Tumaco. Por el contrario, los ICAM más bajos se registraron en la zona de la Ensenada Tumaco, en el Emisaria con calidad inadecuada y en Arco el Morro con calidad pésima.

La calidad pésima registrada en la estación Arco el Morro, se debió a concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes, nutrientes (P- PO_4^{3-} y N- NO_3^-), así como bajas concentraciones de oxígeno disuelto. Estos resultados sugieren una contaminación asociada a residuos fecales y una elevada carga de nutrientes, probablemente derivada de vertimientos y escorrentías; lo cual puede favorecer los procesos de eutrofización y generar condiciones de estrés para la biota acuática, comprometiendo la calidad del ecosistema. Dado que esta zona es también un balneario turístico, resulta prioritario implementar medidas de saneamiento y gestión ambiental para garantizar tanto la salud del ecosistema como la seguridad de los visitantes.

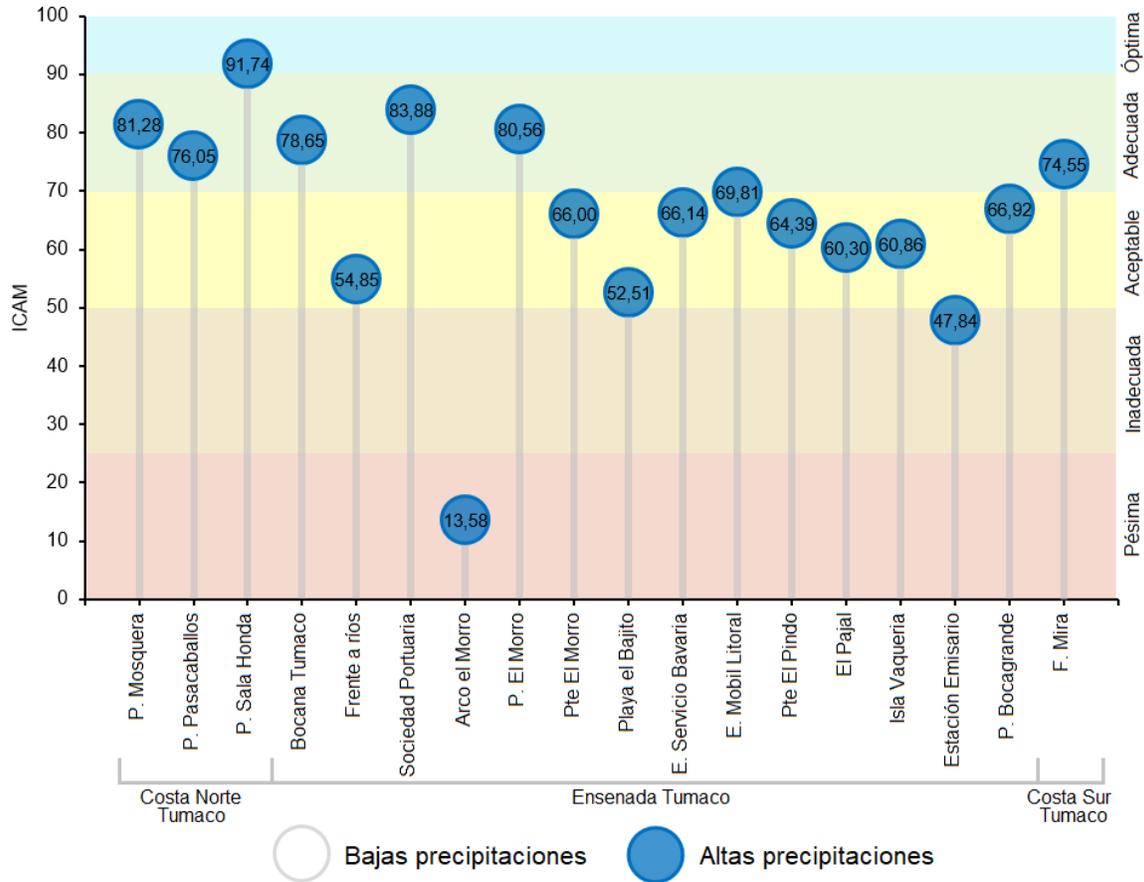


Figura 16-4. Calidad de agua de las aguas marinas y costeras de las estaciones REDCAM de Nariño evaluadas con el ICAM, en el muestreo de junio del año 2024.

La calidad del agua para uso recreativo se determinó a partir de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT), contrastados con los límites permisibles para uso recreativo de contacto primario establecidas en la legislación nacional (<200 NMP/100 mL de CTE, <1.000 NMP/100 mL de CTT; [MinAmbiente, 2015](#)); y las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE), contrastados con los valores de referencia establecidos por la [Unión-Europa \(2006\)](#) (<100 UFC/100 mL de EFE).

En el muestreo realizado en junio, las concentraciones de CTE oscilaron entre 46 y 160.000 NMP/100 mL. En las estaciones P. Pasacaballos, P. Mosquera y Sociedad Portuaria, se presentaron valores por debajo del límite permisible para contacto primario (Figura 16-5). En cuanto a CTT, las concentraciones variaron entre 240 y 160.000 NMP/100 mL; en las estaciones P. Sala Honda, P. Pasacaballos, P. Mosquera, P. El Morro, Sociedad Portuaria, Bocana Tumaco y P. Bocagrande, las concentraciones de CTT estuvieron por debajo del límite permisible para contacto primario (Figura 16-5).

En cuanto a los EFE, en las estaciones de Costa Norte Tumaco se registraron concentraciones por debajo del valor de referencia establecido por la Unión Europea. En contraste, las estaciones de Ensenada Tumaco superaron este valor de referencia, con excepción de P. El Morro y Bocana Tumaco (Figura 16-6).

Las concentraciones de CTE y CTT fueron más elevadas que las reportadas en 2021 (INVEMAR, 2024), especialmente en las estaciones ubicadas en Ensenada Tumaco. Esta zona se caracteriza por la presencia de asentamientos palafíticos que descargan aguas residuales domésticas sin tratamiento, una intensa actividad turística y una infraestructura de alcantarillado deficiente o inexistente, lo que favorece el transporte de estos microorganismos a través de las escorrentías hacia las zonas costeras (INVEMAR, 2023). Además, la dinámica de las mareas y las intensas lluvias pueden desempeñar un papel clave en la presencia y concentración de estos microorganismos en las aguas del departamento (Bravo et al., 2024).

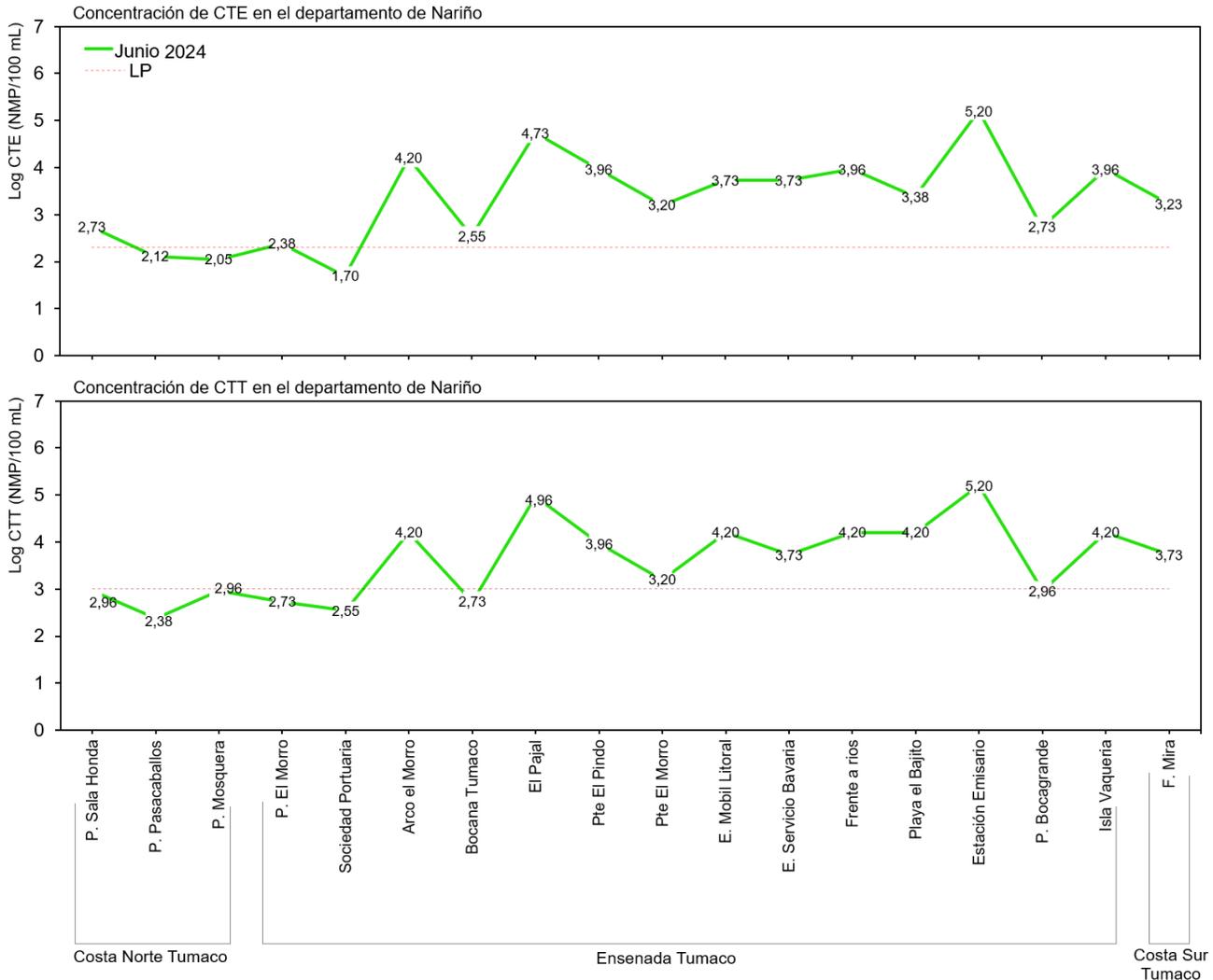


Figura 16-5. Logaritmo de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y Coliformes Totales (CTT) en las estaciones REDCAM de Nariño. El valor del límite permisible corresponde a 200 NMP/100 mL o 2,3 log (NMP/100 mL) para CTE y 1.000 NMP/100 mL o 3 log (NMP/100 mL) para CTT. Línea roja: Límite permisible.

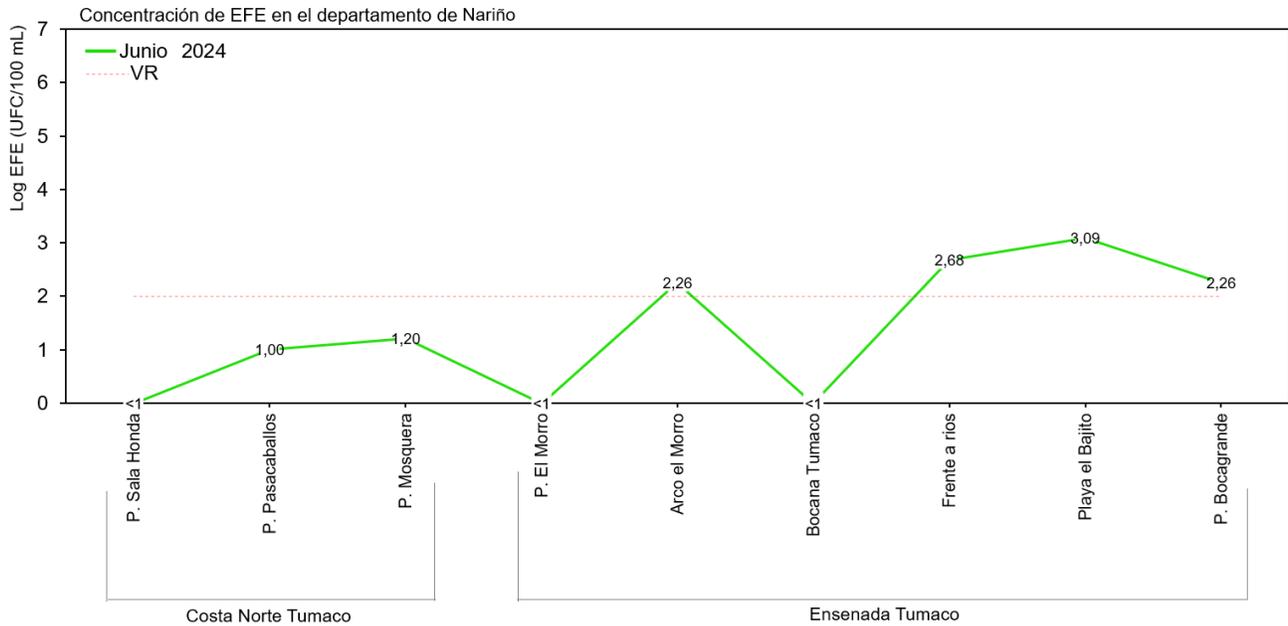


Figura 16-6. Logaritmo de las concentraciones de Enterococos Fecales (EFE) en las estaciones REDCAM de Nariño. El valor de referencia corresponde a 100 UFCP/100 mL o 2 log (UFC/100 mL) para EFE. Línea roja: Valor de referencia.

El monitoreo de CTE, CTT y EFE, no ha sido constante a lo largo del tiempo, lo que dificulta la identificación de tendencias históricas. Sin embargo, en 2024 se registraron niveles de cumplimiento bajos en las estaciones Playa el Bajito, P. Bocagrande, Arco El Morro y P. Sala Honda, con concentraciones de CTE que estuvieron entre 920 a 16.000 NMP/100 mL. En contraste, las estaciones P. Pasacaballos y P. Mosquera han mantenido niveles de cumplimiento altos para CTE y CTT (Figura 16-7). En cuanto a las mediciones de EFE, en la mayoría de las estaciones se han registrado niveles de cumplimiento altos, con excepción de Playa el Bajito, P. Bocagrande y Arco El Morro, donde los valores estuvieron entre 180 y 1.220 UFC/100mL, lo que indica un deterioro en la calidad microbiológica del agua.

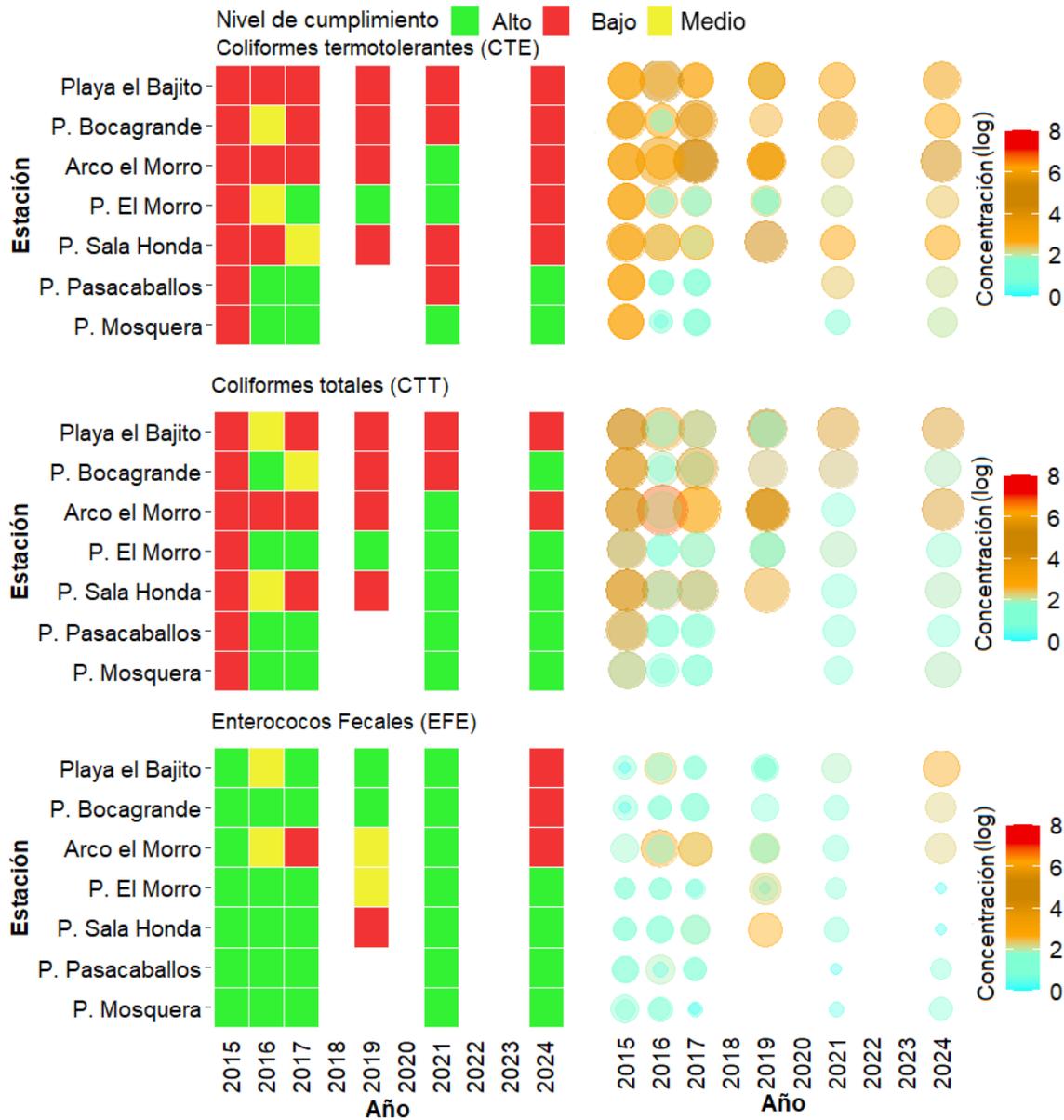


Figura 16-7. Registros históricos del nivel de cumplimiento de las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE), Coliformes Totales (CTT) y Enterococos Fecales (EFE) para el uso recreativo del agua en el departamento de Nariño. La escala de valoración del nivel de cumplimiento corresponde a: Alto, el 100% de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Medio, cuando el 50% o más sin llegar al 100% (≥ 50 y $< 100\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible; Bajo, cuando menos del 50% ($< 50\%$) de las muestras registradas anualmente en una estación cumplieron con el límite permisible o valor de referencia.

Conclusiones y recomendaciones:

- En el departamento de Nariño, los resultados del ICAM reflejan una calidad del agua costera comprometida, especialmente en áreas urbanas y turísticas, donde se evidencian presiones constantes por vertimientos domésticos y escorrentías contaminadas. Aunque la mayoría de estaciones presentó condiciones adecuadas y aceptables, se registraron estaciones con calidad inadecuada y pésima, asociada principalmente a concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes y nutrientes inorgánicos (P- PO_4^{3-} y N- NO_3^-). De manera particular, la estación Arco el Morro presentó adicionalmente bajos niveles de oxígeno disuelto, lo que indica un mayor grado de deterioro ambiental. Estos hallazgos subrayan la urgencia de fortalecer las acciones de saneamiento básico y control de fuentes de contaminación para garantizar la integridad ecológica del ecosistema marino-costero.
- La calidad sanitaria del agua marino costera del departamento de Nariño, evaluada mediante las concentraciones de coliformes y enterococos fecales, presenta condiciones preocupantes, especialmente en la zona de Ensenada Tumaco y costa sur. Las estaciones Arco el Morro, El Pajal, Pte el Pindo, E. Mobil Litoral, E. Servicio Bavaria, Frente a ríos, Playa el Bajito, Estación Emisario, Isla Vaqueria y F, Mira donde se registraron concentraciones elevadas de coliformes termotolerantes, coliformes totales y enterococos fecales, superando los límites permisibles establecidos por la legislación nacional y las referencias internacionales. Esta situación evidencia una contaminación microbiológica persistente asociada a vertimientos domésticos sin tratamiento, deficiencias en infraestructura sanitaria y una alta presión antrópica. La recurrencia de estos valores en zonas con intensa actividad turística y presencia de asentamientos palafíticos subraya la necesidad urgente de mejorar el saneamiento básico y controlar las fuentes de contaminación.

17. RESULTADOS DE SUBÍNDICES DE LAS VARIABLES ICAM DETERMINADOS EN ESTACIONES DE PÉSIMA CALIDAD A NIVEL NACIONAL

El análisis de los subíndices del Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras (ICAM) evidenció condiciones críticas en la estación P. Berrugas y Arco El Morro, localizada en el departamento de Sucre y Nariño, respectivamente, la cuales fueron clasificada en la categoría de calidad pésima (Figura 17-1).

La estación P. Berrugas presentó subíndices críticos de coliformes termotolerantes (14.000 NMP/100 mL) y nitratos (77,8 µg/L). La estación Arco El Morro presentó valores críticos en los subíndices de oxígeno disuelto (OD = 3.82 mg/L), coliformes termotolerantes (CTE = 16,000 NMP/100 mL) y nutrientes (P-PO₄³⁻ = 188 µg/L y N-NO₃⁻ = 198 µg/L).

Estos resultados indican una calidad del agua preocupante, asociada a un impacto antropogénico significativo, probablemente derivado de descargas de aguas residuales, el uso excesivo de fertilizantes y escorrentías urbanas. La combinación de oxígeno disuelto bajo y altas concentraciones de coliformes y nutrientes representa un riesgo importante para la biota acuática, favoreciendo procesos como la hipoxia que son causa de mortandades masivas de peces.

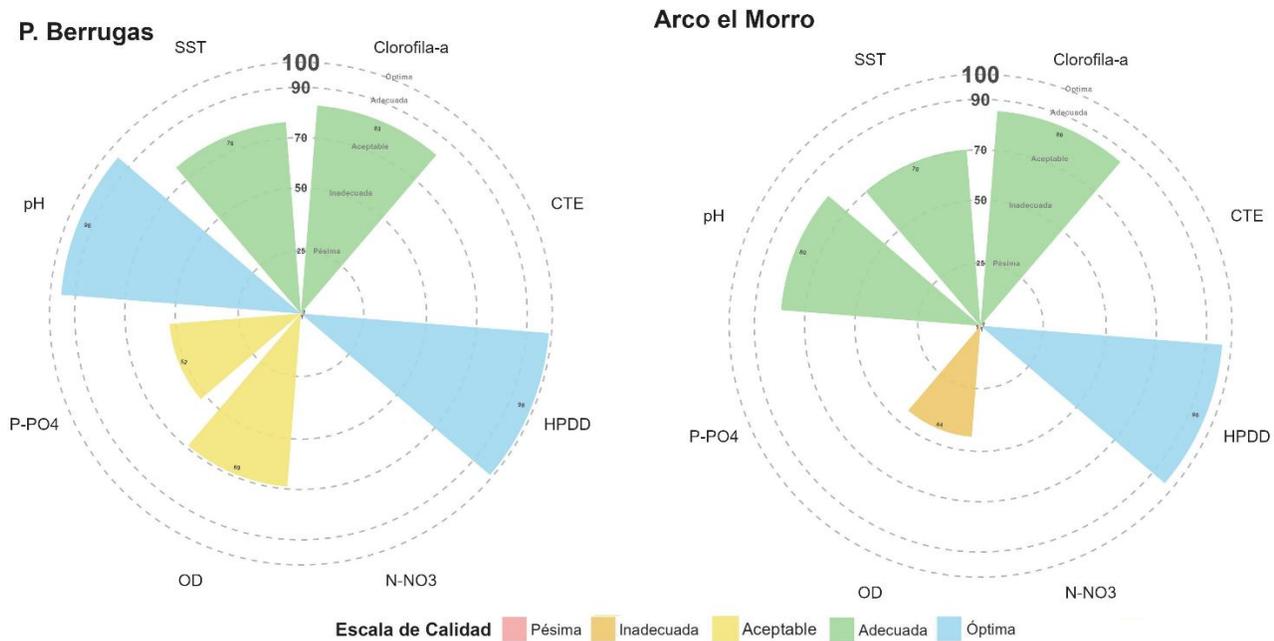


Figura 17-1. Los subíndices de calidad del agua en estaciones de pésima calidad a nivel nacional se clasifican en cinco categorías. Óptima (90-100) representa las mejores condiciones. Adecuada (70-90) indica un estado favorable para el ecosistema. Valores entre 70 y 50 corresponden a calidad Aceptable, donde comienzan a evidenciarse alteraciones en el medio. Inadecuada (50-25) refleja un deterioro significativo en las condiciones ambientales, y Pésima (0-25) representa el estado más crítico, evidenciando un alto grado de afectación.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Variabilidad en la calidad del agua marina y estuarina

El análisis ICAM 2024 evidenció variabilidad en la calidad de las aguas marinas y estuarinas, con registros a nivel nacional que abarcan desde niveles **pésimos** hasta condiciones **óptimas**.



Estaciones con calidad inadecuada y pésima

Caribe

- ✓ San Andrés y Providencia
Muelle San Andrés, B. Hooker manglar, Bahía El Cove y Rocky Cay
- ✓ La Guajira
Muelle Riohacha
- ✓ Magdalena
Emisario B, F. manzanares y F. Gaira
- ✓ Atlántico
Boca de Ceniza, Arroyo León, P. Pradomar, P. Puerto Colombia y C. Balboa
- ✓ Sucre
F. Coveñas, Hotel montecarlo, F. Tolú, P. Berrugas, Golfo F. Berrugas y Golfo Morrosquillo.
- ✓ Córdoba
P. Blanca, Sinu-Tinajones, F. Tinajones y P. Escondido.

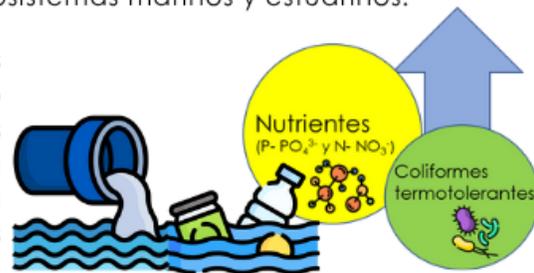
Pacífico

- ✓ Chocó
P. Almejal
- ✓ Valle del Cauca
La Barra
- ✓ Nariño
Emisario y Arco el Morro



Las condiciones **inadecuadas** y **pésimas** pueden generar impactos significativos en los procesos ecológicos y la estabilidad de los ecosistemas. Su persistencia reduce la disponibilidad de oxígeno disuelto, altera la estructura y función de las comunidades biológicas y disminuye la resiliencia de los ecosistemas marinos y estuarinos.

Los impactos negativos sobre la calidad de las aguas marinas en el Caribe y el Pacífico colombiano en su mayoría son producto de los vertimientos de **aguas residuales** sin tratamiento a cuerpos de agua natural, así como a la acumulación de **residuos sólidos** y otros **contaminantes**.



Recomendaciones

Es necesario fortalecer los mecanismos de monitoreo ambiental, control normativo y gestión integral para mitigar los impactos y el deterioro de la calidad del agua, asegurando la conservación de los servicios ecosistémicos y la sostenibilidad de los recursos marino-costeros.



BIBLIOGRAFÍA

Abdul azis, P., Mancera-Pineda, J. E., & Gavio, B. 2018. Rapid assessment of coastal water quality for recreational purposes: Methodological proposal. *Ocean & Coastal Management*, 151, 118-126. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.10.014>.

Acosta-Coley, I., Duran-Izquierdo, M., Rodriguez-Cavallom E., Mercado-Camargo, J., Mendez-Cuadro, D., Olivero-Verbel, J. 2019. Quantification of microplastics along the Caribbean Coastline of Colombia: pollution profile and biological effects on *Caenorhabditis elegans*. *Marine Pollution Bulletin*, 146:574–583. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.084>.

Alcaldía de Santa Marta y Universidad del Atlántico. 2022. Informe final: actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del Distrito de Santa Marta en cumplimiento a la metodología de la Resolución 754 de 2014. Contrato Interadministrativo No. 1420 de 2021. Santa Marta. 100 p.

Alonso, D., H. Barbosa, M. Duque, I. Gil, M. Morales, S. Navarrete, M. Nieto, A. Ramírez, G. Sanclemente y J. Vásquez. 2015. Conceptualización del Subsistema de Áreas Marinas Protegidas en Colombia. Documento de Trabajo (Versión 1.0). Proyecto COL75241 Diseño e implementación de un Subsistema Nacional de Áreas Marinas Protegidas (SAMP) en Colombia. Invemar, MADS, GEF y PNUD. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No 80, Santa Marta. 80 p.

Altamar, J., E. Choles, Correa-Helbrum, J. y L. Manjarrés-Martínez. 2021. Desembarcos pesqueros industriales registrados en los dos litorales del país durante el año 2021. Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP), Universidad del Magdalena. 60 p.

Alvarado Molinares, J.K., y Polo Castellar, H.L. 2024. Conservación y sostenibilidad de las playas a través de brigadas de limpieza en Palomino. Universidad del Magdalena. Disponible en: <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/handle/123456789/22657>.

Alvarez, M., Pulido, D., Solano, L., & Oviedo, F. 2018. Construcción de la superficie hidrográfica de referencia vertical para las bahías de Buenaventura y Málaga, Pacífico colombiano. *Bol. Cient. CIOH* (36):53-69. ISSN 0120-0542 e ISSN en línea 2215-9045. DOI: 10.26640/22159045.438

APHA (American Public Health Association), AWWA (American Water Works Association) y WEF (Water Environment Federation). 2017. Standard methods for the examination of water and wastewater, 23 edition. Washington. 1368 p.

Arriaga, D. E. S., & Barriga, J. E. C. 2010. Análisis documental del efecto de vertimientos domésticos y mineros en la calidad del agua del río Condoto (Chocó, Colombia). *Gestión y Ambiente*, 13(3), 115-130.

Bravo, L. M., Chen, Y., Zhang, H., Abdool-Ghany, A. A., Lamm, E., Quijada, A., Reiner, R., Castineiras, C. O., Knowles, A., Precht, L., & Solo-Gabriele, H. 2024. Enterococci pathways to coastal waters and implications of sea level rise. *Water Research*, 254, 121341. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121341>.

Buchman, M.F. 2008. Screening Quick Reference Tables (SQiRTs). NOAA OR&R report 08-1 Seattle WA, office of response and restoration division, national oceanic and atmospheric administration. 34 p.

Burgos-Núñez, S., Navarro-Frómata, A., Marrugo-Negrete, J., Enamorado-Montes, G., Urango-Cárdenas, I. 2017. Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispatá Bay, Colombia: a marine tropical ecosystem. *Marine Pollution Bulletin*, 120, 379-386. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.05.016>.

Cadavid-Velásquez, E. de J., Pérez-Vásquez, N. del S., Marrugo-Negrete, J. 2019. Contaminación por metales pesados en la bahía Cispatá en Córdoba-Colombia y su bioacumulación en macromicetos. *Gestión y Ambiente*, 22(1), 43-53. <https://doi.org/10.15446/ga.v22n1.76380>.

Campos-Herrera, I., Sanz-Ramos, M., López-Alvarado, A., Sánchez-Juny, M. 2025. Update of sedimentological patterns in Andean basins. *Ingeniería del agua*, 29(1), 30-43. <https://doi.org/10.4995/ia.2025.22713>

- Cañón, M., G. Tous, K. López, R. López y F. Orozco. 2007. Variación espaciotemporal de los componentes físicoquímico, zooplanctónico y microbiológico en la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*, 25: 120-134.
- Carabalí-Angola, A., Castellanos Martínez, M. L., Robles Chávez, D. A., Daza Daza, A. R., Avella Esquivel, F. J., Oduber, A., & Pérez Mendoza, K. 2020. Lineamientos para el ordenamiento territorial costero y marino del departamento de La Guajira desde la diversidad cultural.
- Castaño, A., Urrego, L. & Bernal, G. 2010. Dinámica del manglar en el complejo lagunar de Cispatá (Caribe colombiano) en los últimos 900 años. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 1347-1366. <https://doi.org/10.15517/rbt.v58i4.5417>.
- Chinfak, N., Charoenpong, C., Sompongchaiyakul, P., Wu, Y., Supcharoen, R., & Zhang, J. 2023. Environmental factors influencing the distribution of fecal coliform bacteria in Bandon Bay, Thailand. *Regional Studies In Marine Science*, 68, 103277. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.103277>.
- CITUR. 2020. Estadísticas Nacionales - Flujo de Turistas. Centro de información Turística de Colombia, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. http://www.citur.gov.co/estadisticas/df_viajeros_ciudad_destino/all/2#gsc.tab=0.
- Coffin, M. R., Courtenay, S. C., Pater, C. C., & Van Den Heuvel, M. R. 2018. An empirical model using dissolved oxygen as an indicator for eutrophication at a regional scale. *Marine Pollution Bulletin*, 133, 261-270. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.041>.
- CORALINA e INVEMAR. 2012. Atlas de la Reserva de Biósfera Seaflower. Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. Gómez-López, D.I., C. Segura-Quintero, P.C. Sierra-Correa y J. Garay-Tinoco (Eds). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR No. 28. Santa Marta, Colombia 180 p.
- Corporación Autónoma Regional Del Atlántico - C.R.A. 2022. Caracterización físicoquímica y microbiológica de agua superficial, realizada los días 27, 29 y 30 de septiembre y 2, 3, 4, 12, 13 y 14 de octubre de 2022. 187p.
- DANE. 2023. Boletín técnico. Cuenta ambiental y económica de flujos de materiales de residuos sólidos (CAEFM-RS). 32 p.
- DANE. Dirección de Censos y Demografía. 2023. Proyecciones de Población. Actualización: Marzo de 2023. DANE - Proyecciones de población
- De La Hoz, M. 2023. Caracterización y análisis sedimentológico de Playa Salguero, suroccidente de Santa Marta, Magdalena – Colombia. Tesis de pregrado, Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Universidad Industrial de Santander.
- De la Lanza Espino, G., & Pulido, S. H. 2019. Variación de la calidad del agua de La Ciénega de Tláhuac, México. *CIENCIA Ergo Sum*, 26(3), 1-20. <https://doi.org/10.30878/ces.v26n3a4>.
- DEPARTAMENTO NACIONAL DE PLANEACIÓN. 2022. Guía Nacional para la Adecuada Separación de Residuos Sólidos. DNP, MinVivienda, MinAmbiente, SuperServicios y CRA. ISBN: 978-958-5422-41-4. Bogotá, D.C., Colombia.
- DNP. 2020. Colombia potencia bioceánica sostenible 2020. Consejo nacional de política Económica y Social – CONPES 3990. Documento CONPES 3930. 91p. Bogotá. D.C.
- Doria, C. & Vivas-Aguas, L.J. 2016. Fuentes terrestres de contaminación en la zona costera de La Guajira, Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1), 123. <https://doi.org/10.22490/21456453.1539>.
- Echeverry-Hernández, J. P. 2019. Aproximación metodológica para el cálculo de índices de sensibilidad costera ante erosión, Departamento de Bolívar (Doctoral dissertation).
- Ecoversa. 2014. Servicios Ambientales de Ecosistemas Marinos – Costeros. Tercer Informe: Producto 3: “Recomendaciones para la incorporación de estrategias y medidas de gestión de los servicios

ecosistémicos en los planes de manejo de las siete UACs". Disponible en: <http://geonodesiam.invemar.org.co/documents/3665/download> (con acceso el 02/02/2022).

Feria, J., González, H., Marrugo, J. 2010. Heavy metals in Sinú river, department of Córdoba, Colombia. *Revista Facultad de Ingeniería-Universidad de Antioquia*, 55, 35-44.

Florini, S., Shahsavari, E., Ngo, T., Aburto-Medina, A., Smith, D. J., & Ball, A. S. 2020. Factors Influencing the Concentration of Fecal Coliforms in Oysters in the River Blackwater Estuary, UK. *Water*, 12(4), 1086. <https://doi.org/10.3390/w12041086>.

Folk, R. L. and Ward, W. C. 1957. Brazos River bar [Texas]; A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27(1). <https://doi.org/10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865>.

Franco-herrera, A., Polanía-zenner, P.I., Tigreros-benavides, P.C., Otalora-rincon, C.D., 2022. Distribucion espacial y temporal de microplasticos flotantes en aguas del Caribe central colombiano Spatial and temporal distribution of floating microplastics in waters of the Colombian central Caribbean region Resumen Introduccion. *´ Cienc. Nat.* 46 (179), 406–425.

Fundación Natura e INVEMAR. 2019. Servicios ecosistémicos marinos y costeros de Colombia. Énfasis en manglares y pastos marinos. Santa Marta. 34p.

Garay, J., G. Ramirez; J. Betancourt, B. Marín, B. Cadavid, L. Panizzo, J. Lesmes, H. Sánchez y A. Franco. 2003. Manual de técnicas analíticas para la determinación de parámetros fisicoquímicos y contaminantes marinos: aguas, sedimentos y organismos. INVEMAR. Serie Documentos Generales N° 13. Santa Marta. 177 p.

Garcés-Ordóñez, O. 2022. Contaminación por microplásticos en manglares y playas del área marina protegida de Cispata, Caribe colombiano. *Revista Ciencias Marinas y Costeras*, 14(2), 9-25.

Garcés-Ordóñez, O., Espinosa L, Pereira R., Muniz M., 2020. Impact of tourism activity on marine litter pollution on Santa Marta beaches, Colombian Caribbean. *Marine Pollution Bulletin*, 160: 111558. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111558>

García-Valencia, C. (Ed). 2007. Atlas del golfo de Urabá: una mirada al Caribe de Antioquia y Chocó. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras –Invemar– y Gobernación de Antioquia. Serie de Publicaciones Especiales de Invemar N° 12. Santa Marta, Colombia. 180p.

GEF, 2022. *Towards a Pollution-Free Planet: Addressing Marine Litter and Coastal Degradation*. Global Environment Facility. Disponible en: <https://www.thegef.org>

Gitter, A., Mena, K., Wagner, K., Boellstorff, D., Borel, K., Gregory, L., Gentry, T., y Karthikeyan, R. 2020. Riesgos para la salud humana asociados a las aguas recreativas: Preliminary Approach of Integrating Quantitative Microbial Risk Assessment with Microbial Source Tracking. *Water*, 12(2), 327. <https://doi.org/10.3390/w12020327>.

Gomes, P. P., Ferreira, V., Tonin, A. M., Medeiros, A. O., & Júnior, J. F. G. 2018. Combined Effects of Dissolved Nutrients and Oxygen on Plant Litter Decomposition and Associated Fungal Communities. *Microbial Ecology*, 75(4), 854-862. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-1099-3>.

Gómez-Aguirre, A. M., & Turbay, S. 2016. Relación de una comunidad de pescadores del golfo de Urabá (Colombia) con los ecosistemas de manglar y su conservación. *Revista de Estudios Sociales*, (55), 104-119.

Gómez-Cubillos, C., L. Licero, L. Perdomo, A. Rodríguez, D. Romero, D. Ballesteros-Contreras, D. Gómez-López, A. Melo, L. Chasqui, M. A. Ocampo, D. Alonso, J. García, C. Peña, M. Bastidas y C. Ricaurte. 2015. Portafolio "Áreas de arrecifes de coral, pastos marinos, playas de arena y manglares con potencial de restauración en Colombia". Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 79, Santa Marta. 69 p.

Guo, J., Yuan, H., Song, J., Li, X., & Duan, L. 2020. Hypoxia, acidification and nutrient accumulation in the Yellow Sea Cold Water of the South Yellow Sea. *The Science Of The Total Environment*, 745, 141050. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141050>.

- Hinestrosa, M. R., & Ramos, C. A. V. 2015. Usos del mangle en los barrios Gaitán y Bahía el Uno del municipio de Turbo Antioquia. *Revista Kogoró*, (7), 28-37.
- Hinson, K. E., Friedrichs, M. A. M., Najjar, R. G., Herrmann, M., Bian, Z., Bhatt, G., St-Laurent, P., Tian, H., & Shenk, G. 2023. Impacts and uncertainties of climate-induced changes in watershed inputs on estuarine hypoxia. *Biogeosciences*, 20(10), 1937-1961. <https://doi.org/10.5194/bg-20-1937-2023>.
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. 2024. Disponible en: <http://archivo.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual>. Fecha de consulta: diciembre 2024. IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - 2024. Boletín Climatológico Mensual - CLIMATOLÓGICO MENSUAL - IDEAM. (s/f).
- IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2024). Disponible en: <http://archivo.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/climatologico-mensual>. Fecha de consulta: diciembre 2024. IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales - 2024. Boletín Climatológico Mensual - CLIMATOLÓGICO MENSUAL - IDEAM. (s/f).
- IDEAM, 2023. Boletín Climatológico Mensual. Boletín No. 10. octubre de 2023. Bogotá D.C.
- INVEMAR, 2014. Elementos técnicos que permitan establecer medidas de manejo, control, uso sostenible y restauración de los ecosistemas costeros y marinos del país. Código: ACT-BEM-001-014. Informe técnico final. Convenio MADS-INVEMAR No. 190. Santa Marta, Colombia.
- INVEMAR. 2019. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2018. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.
- INVEMAR. 2020. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2019. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 183 p.
- INVEMAR. 2023. Diagnóstico de calidad ambiental marina REDCAM. Cusba, J, P. Obando y L. Espinosa (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico final 2022, Santa Marta. 233 p.
- INVEMAR. 2023. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2023. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 242 p
- INVEMAR. 2024. Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico colombianos. Cusba, J, Obando, P y Espinosa, L (Eds). Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MinAmbiente, CORALINA, CORPOGUAJIRA, CORPAMAG, CRA, CARDIQUE, CARSUCRE, CVS, CORPOURABÁ, CODECHOCÓ, CVC, CRC y CORPONARIÑO. Informe técnico final 2023, Santa Marta. 177 p.
- ISO 7899-2:2000. 2000. Water quality — Detection and enumeration of intestinal enterococci — Part 2: Membrane filtration method. International Organization for Standardization.
- ISO 17289:2014. 2014. Water quality — Determination of dissolved oxygen — Optical sensor method. International Organization for Standardization.
- Ita-Nagy, D., Vázquez-Rowe, I., y Kahhat, R. 2022. Prevalencia de microplásticos en el océano en América Latina y el Caribe. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 5: 100037. <https://doi.org/10.1016/j.hazadv.2021.100037>.
- Jofre, J., Lucena, F., & Blanch, A. 2021. Coliphages as a Complementary Tool to Improve the Management of Urban Wastewater Treatments and Minimize Health Risks in Receiving Waters. *Water*, 13(8), 1110. <https://doi.org/10.3390/w13081110>.

- Kovač, M., A. Palatinus, Š. Koren, M. Peterlin, P. Horvat y A. Kržan. 2016. Protocol for Microplastics Sampling on the Sea Surface and Sample Analysis. *Journal of Visualized Experiments*, 118, e55161. <https://doi.org/10.3791/55161>
- Lazala, M., & Parra, L. N. 2010. Geología estructural y Geomorfología. Pp. 15 - 21. En: J.O. Rangel-Ch. (ed). Colombia diversidad biótica IX. Ciénagas de Córdoba: biodiversidad, ecología y manejo ambiental: Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS, Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Ciencias Naturales. Bogotá, Colombia.
- Liu, S., He, G., Fang, H., Xu, S., & Bai, S. 2022. Effects of dissolved oxygen on the decomposers and decomposition of plant litter in Lake Ecosystem. *Journal Of Cleaner Production*, 372, 133837. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133837>.
- Lonin, S. A., & Mendoza, L. A. 1997. Evaluación hidrodinámica de las bahías Hooker e Icacos. *Boletín Científico CIOH*, (18), 51–64. <https://doi.org/10.26640/22159045.92>.
- Lonin, S., Parra, C., Andrade, C., & Thomas, Y. F. 2004. Patrones de la pluma turbia del Canal del Dique en la Bahía de Cartagena. *Boletín Científico CIOH*, (22), 77-89.
- López M. y Madroñero S. 2015. Estado trófico de un lago tropical de alta montaña: caso laguna de La Cocha. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 25 (2), pp. 21-42, DOI:<http://dx.doi.org/10.18359/rcin.1430>.
- Maes, S., Odlare, M., & Jonsson, A. 2022. Fecal indicator organisms in northern oligotrophic rivers: An explorative study on *Escherichia coli* prevalence in a mountain region with intense tourism and reindeer herding. *Environmental Monitoring And Assessment*, 194(4). <https://doi.org/10.1007/s10661-022-09865-1>.
- Malone, T. C., & Newton, A. 2020. The Globalization of Cultural Eutrophication in the Coastal Ocean: Causes and Consequences. *Frontiers In Marine Science*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00670>.
- Manjarrez, G., Blanco, J., González, B., Botero, C. M., y Díaz-Mendoza, C. 2019. Parásitos en playas turísticas: propuesta de inclusión como indicadores de calidad sanitaria. *Revisión para América Latina. Ecología Aplicada*, 18(1), 91-100.
- Marín, B. 2001. Establecimiento de valores indicativos del grado de contaminación de tóxicos químicos y microorganismos de origen fecal, como base para la expedición de normativas de la calidad de las aguas marinas de Colombia. Informe Técnico Final de Proyecto. 45p.
- Marrugo, J., Pinedo, J., Diez, S. 2017. Assessment of heavy metal pollution, spatial distribution and origin in agricultural soils along the Sinú River Basin, Colombia. *Environmental Research*, 154, 380-388. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.01.02>
- Martínez-García, J., Jaramillo-Colorado, B. E., & Fernández-Maestre, R. 2019. Water quality of five rural Caribbean towns in Colombia. *Environmental Earth Sciences*, 78(18). <https://doi.org/10.1007/s12665-019-8580-x>.
- MinAmbiente. 2015. Decreto 1076 del 26 de mayo de 2015. Por el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Bogotá, 653 p.
- Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (MINCIT). 2024. Informe mensual de turismo. Octubre-noviembre 2024. Disponible en: <https://www.mincit.gov.co/estudios-economicos/estadisticas-e-informes/informes-de-turismo>.
- Molina-Bolívar, G., & Jiménez-Pitre, I. 2017. Análisis de la contaminación por Coliformes termotolerantes en el estuario del río Ranchería, la Guajira (Colombia). *Boletín Científico Centro de Museos Museo de Historia Natural*, 21(2), 41-50. <https://doi.org/10.17151/bccm.2017.21.2.3>.
- Monreal, D. S., Hernández, A. D., Castillo, J. A. A., Barba, A. G., & Enzastiga, M. L. R. (2020). Variación anual de los parámetros hidrográficos en la confluencia del río Jamapa y arroyo Moreno (México). *Intropica: Revista del Instituto de Investigaciones Tropicales*, 15(1), 59-65.

- Moreno, H. S., Bolívar-Anillo, H. J., Soto-Varela, Z. E., Aranguren, Y., González, C. P., Daza, D. A. V., & Anfuso, G. 2019. Microbiological water quality and sources of contamination along the coast of the Department of Atlántico (Caribbean Sea of Colombia). Preliminary results. *Marine pollution bulletin*, 142, 303-308.
- Neff, J. M. 1980. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the aquatic environment. *Biol. Conserv.:(United Kingdom)*, 18(1).
- NOAA. (2022). National Oceanic and Atmospheric Administration. National Weather Service, climate prediction Center. Monitoring and data: current monthly atmospheric and sea surface temperatures index values. <https://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/indices>
- OMS - Organización Mundial de la Salud. 2003. Directrices para ambientes de aguas recreativas seguras. Costa y aguas frescas. Vol. 1. Ginebra. 219 p
- Ortiz, A. G. R., & Ramírez, L. P. C. 2018. Valoración de la calidad del agua a partir de la visión de agentes sociales en la cuenca hidrográfica del Río Dagua. Entorno geográfico, 50-79. <https://doi.org/10.25100/eq.v0i16.7148>.
- OSPAR. 2010. Guideline for Monitoring Marine Litter on the Beaches in the OSPAR Maritime Area. London. 84 p. <https://www.ospar.org/ospar>.
- Pérez-Ruzafa, A., Campillo, S., Fernández-Palacios, J. M., García-Lacunza, A., García-Oliva, M., Ibañez, H., Navarro-Martínez, P. C., Pérez-Marcos, M., Pérez-Ruzafa, I. M., Quispe-Becerra, J. I., Sala-Mirete, A., Sánchez, O., & Marcos, C. 2019. Long-Term Dynamic in Nutrients, Chlorophyll a, and Water Quality Parameters in a Coastal Lagoon During a Process of Eutrophication for Decades, a Sudden Break and a Relatively Rapid Recovery. *Frontiers In Marine Science*, 6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00026>.
- Pimienta Serrano, E. V. 2022. Caracterización de los residuos sólidos e impactos de las actividades antropogénicas como fuentes generadoras en playas de la costa noroeste del departamento de la Guajira.
- Plata, Á. M., & Vega, D. I. 2016. Percepción local del estado ambiental en la cuenca baja del río Manzanares. *Luna Azul*, 42, 235- 255. <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.42.15>.
- Portz, L., Manzolli, R. P., Herrera, G. V., Garcia, L. L., Villate, D. A., & do Sul, J. A. I. 2020. Marine litter arrived: Distribution and potential sources on an unpopulated atoll in the Seaflower Biosphere Reserve, Caribbean Sea. *Marine Pollution Bulletin*, 157, 111323.
- Preciado-Estupiñan, D. K., & Zapata-Laarenas, A. P. 2020. Contaminación por basura marina y microplástico en puntos priorizados de suelos de manglar del municipio de San Andrés de Tumaco-Nariño (Doctoral dissertation, Uniautónoma del Cauca. Facultad de Ciencias Ambientales y Desarrollo Sostenible. Programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria).
- Quesada-Martínez, S. Q., Murillo-Hinestorza, Y. M., & Vargas-Porras, L. V. 2014. Influencia de la marea y factores antropogénicos sobre la calidad fisicoquímica de aguas costeras en Nuquí, Chocó. *Revista Bioetnia*, 11(1), 17-24.
- Quintana-Saavedra, D. M., y Santa-Ríos, A. 2013. Calidad de aguas marino-costeras del Caribe colombiano en época seca. *Boletín Científico CIOH*, 31, 29-48. <https://doi.org/10.26640/22159045.250>.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A. y Anfuso, G. 2018. Killing the goose with the golden eggs: litter effects on scenic quality of the Caribbean coast of Colombia. *Marine Pollution Bulletin*, 127, 22-38.
- Rangel-Buitrago, N., Williams, A., Anfuso, G., Arias, M., & Gracia, A. 2017. Magnitudes, sources, and management of beach litter along the Atlántico department coastline, Caribbean coast of Colombia. *Ocean & Coastal Management*, 138, 142-157.
- Rangel-Buitrago, N., y Gracia C., A. 2024. From the closet to the shore: Fashion waste pollution on Colombian Central Caribbean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 199, 115976. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.115976>.

- Rangel-Ch, O. J., & Arellano-P, H. 2004. Clima del Chocó biogeográfico/Costa pacífica de Colombia. Colombia Diversidad Biótica. IV. El Chocó biogeográfico/Costa Pacífica. Instituto de Ciencias Naturales-Ocnserción Internacional, Bogotá, 39-82.
- Restrepo, J. D., Cárdenas-Rozo, A., Paniagua-Arroyave, J. F., & Jiménez-Segura, L. 2020. Aspectos físicos de la cuenca del río Magdalena, Colombia: Geología, hidrología, sedimentos, conectividad, ecosistemas acuáticos e implicaciones para la biota. COMITÉ CIENTÍFICO, 41.
- Reyes, A. F. A., & Fontalvo, J. A. L. 2020. Calidad microbiológica del agua de las playas del sector turístico de Santa Marta, Caribe colombiano. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería ACOFI 2020. <https://doi.org/10.26507/ponencia.848>.
- Ricaurte-Villota, C. y M.L. Bastidas Salamanca (Eds.). 2017. Regionalización oceanográfica: una visión dinámica del Caribe. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andrés (INVEMAR). Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 14. Santa Marta, Colombia 180 p.
- Ricaurte-Villota, C., O. Coca-Domínguez, M.E. González, M. Bejarano-Espinosa, D.F. Morales, C. Correa-Rojas, F. Briceño-Zuluaga, G.A. Legarda y M.E. Arteaga. 2018. Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en Colombia: enfoque regional para la gestión del riesgo. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 33. Santa Marta, Colombia. 268 p.
- Ríos, E. L., Palacio, J. A., & Aguirre, N. J. 2008. Variabilidad fisicoquímica del agua en la ciénaga El Eneal, reserva natural Sanguaré municipio de San Onofre-Sucre, Colombia. Revista Facultad de Ingeniería-universidad de Antioquia, 46, 39-45. http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/4799/1/RiosElkin_2008_VariabilidadFisicoquimicaAgua.pdf.
- Rodríguez-Grimón, R., Campos, N. H., & Castro, Í. B. 2021. Effect of Maritime Traffic on Water Quality Parameters in Santa Marta, Colombia. Journal of Marine Science and Engineering, 9(5), 474.
- Rojas, A. F. 2021. Abundancia de microplásticos en algunas playas del departamento del Magdalena. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12010/22158>.
- Roqueme, J., Pinedo, J., Marrugo, J. L., & Aparicio, A. 2014. Metales pesados en suelos agrícolas del valle medio y bajo del río Sinú, departamento de Córdoba. En Sistema de Universidades Estatales del Caribe colombiano, Memorias del II Seminario de Ciencias Ambientales Sue-Caribe & VII Seminario Internacional de Gestión Ambiental (pp. 106-112). http://mca.edu.co/wp-content/uploads/2019/09/m2014_16.pdf.
- Ruíz-Ochoa, M., Bernal, G. & Polanía, J. 2008. Influencia del río Sinú y el mar Caribe en el sistema lagunar de Cispatá. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras, 37(1): 29-49. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2008.37.1.180>.
- RUNAP. 2022. Sistema Nacional de Áreas Protegidas. Disponible en: <https://runap.parquesnacionales.gov.co/> (con acceso el 03/01/2022).
- Sassoubre, L. M., Nelson, K. L., & Boehm, A. B. 2012. Mechanisms for Photoinactivation of *Enterococcus faecalis* in Seawater. Europe PMC (PubMed Central), 78(21), 7776-7785. <https://doi.org/10.1128/aem.02375-12>.
- Scavia, D., Bertani, I., Obenour, D. R., Turner, R. E., Forrest, D. R., & Katin, A. 2017. Ensemble modeling informs hypoxia management in the northern Gulf of Mexico. Proceedings Of The National Academy Of Sciences, 114(33), 8823-8828. <https://doi.org/10.1073/pnas.1705293114>.
- Schnurr, R.E.J., Alboiu, V., Chaudhary, M., Corbett, R.A., Quanz, M.E., Sankar, K., Srain, H.S., Thavarajah, V., Xanthos, D., Walker, T.R., 2018. Reducing marine pollution from single-use plastics (SUPs): a review. Mar. Pollut. Bull. 137, 157-171. doi:10.1016/j.marpolbul.2018.10.001
- Sherchan, S., Shahin, S., Alarcon, J., Brosky, H., Potter, C., y Dada, A. C. 2022. Microbial source tracking of fecal contamination in stormwater runoff. Journal of Water and Health, 20(9), 1271-1283. <https://doi.org/10.2166/wh.2022.286>.

- Sobek, S., Tranvik, L. J., Prairie, Y. T., Kortelainen, P. & Cole, J. J. 2007. Patterns and regulation of dissolved organic carbon: An analysis of 7,500 widely distributed lakes. *Limnology and Oceanography*, 52(3), 1208–1219. <https://doi.org/10.4319/lo.2007.52.3.1208>.
- Souza-Santos, L. P., Carneiro, Y. M. M., & Da Silva, A. S. X. 2025. Weekly variation of seawater ecotoxicity on marine sandy beaches in relation to coliform densities. *Marine Pollution Bulletin*, 213, 117694. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.117694>.
- Strickland, J.D.H. and Parsons, T.R. 1972. *A Practical Hand Book of Seawater Analysis*. Fisheries Research Board of Canada Bulletin 157, 2nd Edition, 310 p.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Superservicios. 2020. Informe nacional de coberturas de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. 61 pp.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. 2023. Informe de la actividad de Aprovechamiento – 2023. Bogotá D.C. 88 pp
- Tosic, M. & Restrepo J. D. 2023. Sustainability impacts of sediments on the estuary, ports, and fishing communities of Cartagena Bay. *Colombian Caribbean. WIREs Water*, <https://doi.org/10.1002/wat2.1709>.
- Tosic, M., J.D. Restrepo, S. Lonin, A. Izquierdo y F. Martins. 2017. Water and sediment quality in Cartagena Bay, Colombia: seasonal variability and potential impacts of pollution. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 216, 187-203.
- UNEP, 2021. *Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution*. United Nations Environment Programme. Disponible en: <https://www.unep.org>
- Unión Europea. 2006. Directiva (UE) 2006/7/EC del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 febrero de 2006, relativa a la gestión de la calidad de las aguas de baño y por la que se deroga la Directiva 76/160/EEC. Diario Oficial de la Unión Europea, L64/37, 04 de marzo de 2006, 1- 15 p.
- United Nations Environment Programme (2021). *From Pollution to Solution: A global assessment of marine litter and plastic pollution*. Nairobi.
- Vasquez, D., Molina, A., Duque, G., 2021. Spatial distribution and increase over time of microplastics in sediments of the Buenaventura Bay, Colombian Pacific. *Bol. Invest. Mar. Costeras* 50 (Issue 1), 27–42.
- Vega, L., V. Cantillo and J. Arellana. 2019. Assessing the impact of major infrastructure projects on port choice decisions: The Colombian case. *Transp. Res. Part A.*, 120: 132–148. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2018.12.021>
- Verhougstraete, M.P., Martin, S.L., Kendall, A.D., Hyndman, D.W., Rose, J.B. 2015. Linking fecal bacteria in rivers to landscape, geochemical, and hydrologic factors and sources at the basin scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 112(33), 10419–10424. <https://doi.org/10.1073/pnas.1415836112>.
- Vivas-Aguas, L.J., K. Ibarra, J. Sánchez, M. Martínez, Y. Nieto, Y. Moreno, I. Cuadrado, P. Obando, O. Garcés-Ordóñez, D. Sánchez, M. Villarraga y O. Sierra. 2015. Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Caribe y Pacífico colombianos. Serie de publicaciones del Invermar No. 4 (2015). Informe Técnico REDCAM 2014, INVEMAR, Santa Marta. 320 p.
- Vivas-Aguas, L.J., Obando-Madera P.S., Córdoba-Meza T.L., Castillo-Viana M.J., Espinosa L.F., Arriaga-Rodríguez A.M., Acosta-Rivera, J.A. 2022. Boletín estadístico Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2021. INVEMAR. Santa Marta. 28 p.
- Vivas-Aguas, L.J., P.S. Obando-Madera y L. Arias-Alemán. 2017. Hoja metodológica del indicador. Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Versión 3. Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 16 p.
- Wang, Q., Yang, J., Xu, W., Yuan, B., & He, C. 2024. A Review of Research on the Stability of Fine-Grained Sediments in Debris Flows. *Geosciences*, 14(9), 248. <https://doi.org/10.3390/geosciences14090248>.

- Wanjugi, P., Sivaganesan, M., Korajkic, A., McMinn, B., Kelty, C. A., Rhodes, E., Cyterski, M., Zepp, R., Oshima, K., Stachler, E., Kinzelman, J., Kurdas, S. R., Citriglia, M., Hsu, F., Acrey, B., & Shanks, O. C. (2018). Incidence of somatic and F+ coliphage in Great Lake Basin recreational waters. *Water Research*, 140, 200-210. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.04.055>.
- Xia, X., Du, Z., Zisette, R., Cao, Y., Sadowsky, M. J., & Zhang, Q. 2024. Microbial source tracking and identification of fecal contamination patterns in saltwater estuaries between base- and storm-flow events using dual genome-based approaches. *The Science Of The Total Environment*, 176704. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176704>.
- Yang, H., Yang, S., & Xu, K. 2017. River-sea transitions of sediment dynamics: A case study of the tide-impacted Yangtze River estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 196, 207-216. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.07.005>.
- Zamora, M. & Delgado, K. 2019. Evaluación de la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano. Tesis de pregrado. Departamento de Civil y Ambiental. Corporación Universidad de la Costa. 134 p.
- Vivas-Aguas, L.J., Obando-Madera P.S., Córdoba-Meza T.L., Pacheco-Vélez C. A., Espinosa L.F. 2025. Boletín estadístico 2025, Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2024. INVEMAR. Santa Marta. 38 p.