

BOLETÍN ESTADÍSTICO

Índice de Calidad de las Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2023

Red de vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia - REDCAM



VIGENCIA 2023



Ambiente



CORALINA

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



CORPONARIÑO

Conservar la vida



Abril 2024



Elaborado por:

Lizabeth Janet Vivas-Aguas, janet.vivas@invemar.org.co.

Jefe Línea Prevención y Protección de los Ecosistemas Marinos.

Tania Liceth Córdoba Meza, tania.cordoba@invemar.org.co

Investigadora Científica Línea Prevención y Protección de los Ecosistemas Marinos.

Carlos Andrés Pacheco Vélez, carlos.pacheco@invemar.org.co

Investigador Científico Línea Evaluación y Seguimiento de la Calidad Ambiental Marina.

Derly Yurani Rojas Escobar, derly.rojas@invemar.org.co

Investigadora Científica Línea Prevención y Protección de los Ecosistemas Marinos.

Paola Sofía Obando Madera, paola.obando@invemar.org.co.

Jefe Línea de Evaluación y Seguimiento de la calidad ambiental marina.

Luisa Fernanda Espinosa Díaz, luisa.espinosa@invemar.org.co

Coordinadora Programa Calidad Ambiental Marina.

Citar como:

Vivas-Aguas, L.J., Córdoba-Meza T.L., Pacheco-Vélez C., Obando-Madera P.S., Rojas Escobar D.Y., Espinosa L.F. 2024. Boletín estadístico 2024, Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2023. INVEMAR. Santa Marta. 30 p.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	3
METODOLOGÍA	4
FUENTE DE DATOS E INFORMACIÓN	6
INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	8
ANÁLISIS NACIONAL	8
ANÁLISIS REGIONAL.....	10
ANÁLISIS POR DEPARTAMENTOS	12
RECOMENDACIONES.....	25
LITERATURA CITADA	29



Introducción

Las zonas costeras en Colombia presentan diversas problemáticas ambientales, entre las principales se encuentra la inadecuada disposición de residuos municipales líquidos y sólidos, que generan vertimientos de aguas residuales con alta carga de contaminantes provenientes de fuentes puntuales y difusas por escorrentías urbanas, agrícolas o a través de los ríos que llegan al mar directamente ([Vivas-Aguas, et al. 2014](#); [INVEMAR; 2023](#)). Para gestionar de manera integral el recurso hídrico y sus tensores, es necesario contar con herramientas que permitan conocer el estado de los diferentes cuerpos de agua y hacer seguimiento, para la implementación de medidas de protección del agua y la preservación del ambiente marino y sus ecosistemas.

Como herramienta para la gestión del agua en las zonas marino – costeras, se diseñó el Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Este índice provee información estadística anual sobre el estado de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos, en sitios donde es factible registrar datos de las características fisicoquímicas y microbiológicas (Castillo-Viana et al., 2022). Adicionalmente. El ICAM es una operación estadística (OE) certificada bajo los lineamientos de la Norma Técnica de Calidad del Proceso Estadístico NTC PE 1000, lo cual asegura la producción de datos e información relevante, coherente, oportuna, comparable, de calidad y de fácil acceso sobre el estado de las aguas marinas.

La aplicación del ICAM, sirve para evaluar y hacer seguimiento periódico a los cambios en la calidad del agua, enmarcados en el proceso de ordenamiento del recurso hídrico descrito en el Decreto 1076 de 2015 ARTÍCULO 2.2.3.3.1.8 ([MinAmbiente; 2015](#)), a través de la generación de información ambiental base orientada a

identificar potenciales acciones de prevención, reducción y control para la conservación de los ecosistemas marino y costeros, y de esta manera avanzar en el cumplimiento del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, que plantea el ordenamiento del Territorio Alrededor del Agua y justicia ambiental ([DNP, 2023](#)).

Por otro lado, el ICAM aporta al seguimiento de las metas de la “Estrategia para la implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en Colombia” del CONPES 3918 de 2018, en particular con el ODS 14, y su indicador “Porcentaje de estaciones de monitoreo de aguas marinas con categoría entre aceptable a óptima del índice de calidad aguas marinas (ICAM)”.

En el año 2023, el proceso de producción de la OE ICAM se realizó bajo el proyecto de “Fortalecimiento del sistema de operaciones estadísticas del INVEMAR” con la financiación del BPIN Operaciones Estadísticas y el BPIN Misional (Resolución 018 de 2023, de MinAmbiente), además, de los acuerdos de cooperación técnica enmarcados en la “Red de vigilancia para la Conservación y Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia – REDCAM” con algunas de las Corporaciones Autónomas Regionales con injerencia costera.

Los resultados del presente boletín, corresponden a la vigencia 2023, los cuales están orientados para que las autoridades competentes y los entes territoriales implementen acciones encaminadas a la protección del recurso hídrico marino y costero en su jurisdicción, a través de los instrumentos de administración ambiental, y el fortalecimiento de estrategias de prevención y mitigación de las fuentes contaminantes, para garantizar un ambiente sano.

Metodología

Definición del ICAM

El índice de calidad de aguas marinas y costeras (ICAM) es un indicador de estado que facilita la interpretación de las condiciones naturales y el impacto antropogénico de las actividades humanas sobre el recurso hídrico marino, incorporando en su estructura el cálculo de variables de calidad del agua marino-costera orientados a fines de preservación de la flora y fauna ([Vivas-Aguas, 2011](#); [Castillo-Viana et al., 2022](#)).

El ICAM se puede aplicar para aguas marinas y estuarinas, para lo cual se han definido las variables de acuerdo con el tipo de agua (Tabla 1) y representan según sus valores de aceptación o rechazo una calidad o condición del agua para la preservación de la flora y fauna, en función de los criterios de calidad nacionales o de valores de referencia internacionales ([Vivas-Aguas et al., 2022a](#)).

Tabla 1. 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 -)	9. Nitratos (N-NO ₃ -)
4. Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)	3. Ortofosfatos (P-PO ₄ ³⁻)
5. Sólidos Suspendidos (SST)	4. Sólidos Suspendidos (SST)
6. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO)	5. Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO)
7. Coliformes Termotolerantes (CTE)	6. Coliformes Termotolerantes (CTE)
8. Hidrocarburos Del Petróleo Disueltos Y Dispersos Equivalentes de Criseno (HPDD)	7. Clorofila A (CLA)

Métodos analíticos de laboratorio

La aplicación e interpretación de los resultados del ICAM son apropiados, siempre y cuando los datos se hayan obtenido usando técnicas analíticas sensibles a la matriz de agua marina, que permitan comparar los resultados en una escala nacional. Por esta razón, se recomienda utilizar los métodos analíticos que se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Métodos de análisis de laboratorio para las variables que conforman el ICAM. Fuente: Elaboración propia.

Variable	Métodos de análisis
Oxígeno disuelto (mg O ₂ /L)	Método electrodo de membrana (Standard Methods 4500-O G; APHA et al., 2017). Método sensor óptico (ISO 17289:2014).
pH (unidades)	Método potenciométrico (Standard Methods 4500-H⁺ B; APHA et al., 2017).
Nitratos (µg N-NO ₃ ⁻ /L)	Método colorimétrico basado en la reducción con cadmio y reacción por sulfanilamida (Strickland J. y Parsons T., 1972).
Ortofosfatos (µg P-PO ₄ ³⁻ /L)	Método colorimétrico del ácido ascórbico (Strickland J. y Parsons T., 1972).



Sólidos Suspendedos Totales (mg/L)	Filtración en membrana de fibra de vidrio, secado 103-105°C y gravimetría (Standard Methods N° 2540-D, APHA et al., 2017).
Demanda bioquímica de oxígeno (mg/L)	Incubación sin dilución durante 5 días a 20 °C (Standard Methods N° 5210 B; APHA et al., 2017, ISO 17289:2014).
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	Fermentación en tubos múltiples método de números más probable (Standard Methods 9221-E: APHA et al., 2017).
Hidrocarburos del petróleo disueltos o dispersos - HPDD (µg/L equivalentes de criseno)	Extracción líquido-líquido con hexano y cuantificación fluorométrica (Manual 13 UNESCO/COI, 1984).
Clorofila a (µg/L)	Método de Lorenzen, lectura por espectrofotometría (Standard Methods N°10200-H)

Fórmula de cálculo

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

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

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

$$ICAM = \left[(X_{OD})^{0,16} x (X_{pH})^{0,12} x (X_{SST})^{0,13} x (X_{DBO})^{0,13} x (X_{CTE})^{0,14} x (X_{HPDD})^{0,12} x (X_{NO3})^{0,09} x (X_{PO4})^{0,13} \right]^1 / \sum_{j=1}^m w_j$$

Nota: Si bien la estimación del ICAM incluye ocho variables, se puede aplicar la fórmula con un mínimo de seis variables, siguiendo el mismo procedimiento de cálculo.



Interpretación

El resultado se interpreta a través de una escala de valoración de cinco categorías de calidad definidas entre 0 y 100 (Tabla 3; [Vivas-Aguas et al., 2011](#)), las cuales representan el estado de un cuerpo de agua y su aptitud para la preservación de flora y fauna marina. Este resultado se complementa con información de contexto de los sitios evaluados.

Tabla 3. Escala de valoración del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM. Fuente: [Vivas-Aguas, 2011](#).

Categorías	Escala de calidad	Descripción
Óptima	100-90	Calidad excelente del agua
Adecuada	90-70	Agua con buenas condiciones para la vida acuática
Aceptable	70-50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
Inadecuada	50-25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
Pésima	25-0	Aguas con muchas restricciones que no permiten un uso adecuado

Fuente de datos e información

Los resultados que aquí se presentan corresponden a los muestreos realizados en el 2023 en el marco de la REDCAM, los cuales están almacenados en la base de datos del sistema de información ambiental marina de Colombia - SIAM que administra el INVEMAR.

Periodo reportado	Alcance de la recolección
Año 2023	<p>Se presentan los resultados de la estimación del ICAM para el año 2023 de conformidad con los criterios definidos en la ficha metodológica de la OE-ICAM (Vivas-Aguas et al., 2022a) bajo los lineamientos de la NTC PE 1000:2020 calidad del proceso estadístico.</p> <p>La recolección se realizó en 179 estaciones ubicadas en diferentes cuerpos de agua asociados a bahía, ciénaga, boca, ensenada, estero, frente, golfo, litoral e insular, que se localizan en áreas rurales, urbanas o naturales con poca intervención antrópica; o cuentan o no con figuras de protección.</p>

Calidad estadística

Para garantizar que los resultados del ICAM sean comparables y representativos, se definió un porcentaje mínimo de cobertura del **50%** de las estaciones planeadas comparadas con las estaciones donde fue factible calcular y reportar el ICAM teniendo en cuenta los siguientes criterios temáticos:



- Datos producto de técnicas analíticas de laboratorio sensibles a la matriz agua marina que permitan comparar los resultados en una escala nacional.
- Datos que estén en rangos comparables con las categorías y escala de valoración de las variables que integran el ICAM.
- Que el sitio evaluado (estación o punto de muestreo) cuente con al menos seis variables para calcular el ICAM.

Los resultados del ICAM para el año 2023 alcanzaron una cobertura del 56% (Tabla 4), de acuerdo con el criterio de experto, por lo tanto, son representativos para determinar el estado de calidad de aguas marinas y costeras en los sitios evaluados.

En cumplimiento con la planeación de la recolección en la vigencia 2023, se realizaron los muestreos de acuerdo con los criterios definidos en la metodología (<https://icam-invemar.opendata.arcgis.com/>), en cada una de las 179 estaciones seleccionadas para el ICAM, ubicadas en los departamentos con jurisdicción costera de Colombia, de las cuales se logró estimar el índice solo en 92 estaciones, lo que pone en evidencia las limitaciones de uso, cuando las estaciones no cumplen con el mínimo de seis variables para calcularlo, lo cual incide en el número de registros reportados y porcentaje de cobertura (Tabla 4).

Tabla 4. Porcentaje de cobertura de la información recolectada para el cálculo del ICAM, en los sitios que cumplieron con los criterios temáticos. Fuente: Elaboración propia.

Área	Departamento	Estaciones planeadas	Estaciones ejecutadas	Estaciones cálculo*	Núm. muestreos ejecutados	Total Registros	Núm. registros reporte	Porcentaje registro reportado (%)	Cobertura recolección (%) ejecutado
Región Caribe	San Andrés y Providencia	22	22	7	1	22	7	32%	100%
	La Guajira	19	19	16	2	38	16	42%	100%
	Magdalena	30	29	12	1	29	12	41%	97%
	Atlántico	12	12	8	1	12	8	67%	100%
	Bolívar	16	16	7	1	16	7	44%	100%
	Sucre	15	14	4	1	14	4	29%	93%
	Córdoba	15	15	11	1	15	11	73%	100%
	Antioquia	14	14	13	1	14	13	93%	100%
	Total Caribe	143	141	78	9	160	78	49%	99%
Región Pacífico	Chocó	11	11	4	1	11	4	36%	100%
	Valle del Cauca	15	15	12	1	15	12	80%	100%
	Cauca	12	12	6	1	12	6	50%	100%
	Nariño	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
	Total Pacífico	38	38	22	3	38	22	55%	100%
Nacional	Total nacional	181	179	100	12	198	100	51%	99%
	<i>Porcentaje de cobertura</i>			56%				51%	99%
	<i>Porcentaje No respuesta</i>			44%				49%	1%

* Número de estaciones ejecutadas que cumplieron con los criterios para estimar y reportar el ICAM.

Para el año 2023, la tasa de cobertura del ICAM fue del 56%, teniendo en cuenta el número de estaciones monitoreadas (179), frente al número de estaciones donde se pudo calcular y reportar el ICAM (100). Por departamentos el porcentaje de registros reportado osciló entre el 29% y 93%. La mayor proporción en el reporte se presentó en Antioquia (93%) y Valle del Cauca (80%), mientras que Sucre (29%), el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (32%) y Chocó (36%), obtuvieron el menor porcentaje.



Por otra parte, en algunas estaciones las mediciones de las variables ortofosfatos ($P-PO_4^{3-}$), nitratos ($N-NO_3^-$), hidrocarburos (HPDD), clorofila a (CLA) y sólidos suspendidos totales (SST) estuvieron por debajo o sobre el Límite de Cuantificación del Método (LCM) de las técnicas analíticas de laboratorio, representando datos no válidos, ya que no cumplieron con los criterios temáticos definidos para el cálculo del ICAM (Tabla 5).

Tabla 5. Porcentaje de datos no válidos de la información recolectada para el cálculo del ICAM, en los sitios que cumplieron con los criterios temáticos. Fuente: Elaboración propia.

VARIABLES QUE CONFORMAN EL ICAM	DATOS RECOLECTADOS	DATOS NO VÁLIDOS	% DATOS NO VÁLIDOS
pH	100	0	0,0%
PO4	100	7	7,0%
SST	100	1	1,0%
NO3	100	24	24,0%
OD	100	0	0,0%
HPDD	95	28	29,5%
DBO	5	4	80,0%
CTE	99	0	0,0%
CLA	93	0	0,0%
TOTAL	792	64	4,0%

Nota: Los datos no válidos se presentaron en el 4,0%, de los datos recolectados para la vigencia 2023, siendo las variables DBO y HPDD las que mayor porcentaje de datos no válidos presentaron con un 80,0% y 29,5% respectivamente, seguido de $N-NO_3^-$ con un 24,0%.

Limitaciones del Indicador

El ICAM está formulado para estimar la calidad del agua marino-costera con fines de preservación de flora y fauna. Se recomienda excluir aplicaciones en aguas típicamente continentales, teniendo en cuenta que las características del agua dulce o salmueras, no son compatibles con las que determina este índice, y los resultados no estarían acorde con la calidad esperada. Para calcular el ICAM no debe existir ausencia de datos; sin embargo, la ecuación de agregación permite soportar el cálculo del índice con un mínimo de seis (6) variables, donde el resultado del ICAM tendrá un margen de confianza mayor o igual al 70%, lo cual dependerá de la variable ausente en la estimación del ICAM.

Interpretación de Resultados

ANÁLISIS NACIONAL

En la Tabla 6, se presenta el número de registros con el estado de la calidad de las aguas marinas y costeras en el Caribe y Pacífico colombianos, en los sitios donde fue factible registrar datos de las características fisicoquímicas y microbiológicas para la estimación del índice de calidad de aguas marinas y costeras con fines de preservación de fauna y flora - ICAM ([Vivas-Aguas et al., 2022a](#)). A partir de los resultados obtenidos se presenta la información estadística anual, sobre el porcentaje de categorías de calidad del ICAM a escala departamental, regional y nacional.

Tabla 6. Número de registros del índice de calidad de aguas marinas y costeras - ICAM reportados para el año 2023 a escala nacional, por regiones Caribe y Pacífico y por departamentos. NM = no medido.

Región	Departamento	Categorías de calidad					Total general
		Óptima	Adecuada	Aceptable	Inadecuada	Pésima	
Pacífico	Nariño	NM	NM	NM	NM	NM	NM
	Cauca	1	3	1	1	-	6
	Valle del Cauca	1	6	1	4	-	12
	Chocó	-	-	2	2	-	4
Total Pacífico		2	9	4	7	0	22
Caribe	Antioquia	-	3	5	4	1	13
	Córdoba	-	7	3	1	-	11
	Sucre	1	1	-	2	-	4
	Bolívar	-	5	1	1	-	7
	Atlántico	-	4	2	2	-	8
	Magdalena	1	7	1	3	-	12
	La Guajira	-	14	-	2	-	16
	San Andrés y Providencia	1	3	1	2	-	7
Total Caribe		3	44	13	17	1	78
Total general		5	53	17	24	1	100

A escala nacional, la calidad del agua marina y costera para el uso de preservación de flora y fauna en las estaciones de muestreo evaluadas en el año 2023, estuvo entre óptima y pésima calidad, con valores del ICAM entre 21,7 y 91,1, con un promedio de $67,35 \pm 19,02$. El 5,0% de las estaciones presentó óptima calidad del agua, el 53,0% adecuada, 17,0% aceptable, 24,0% inadecuada y 1,0% fue pésima (Figura 1A).

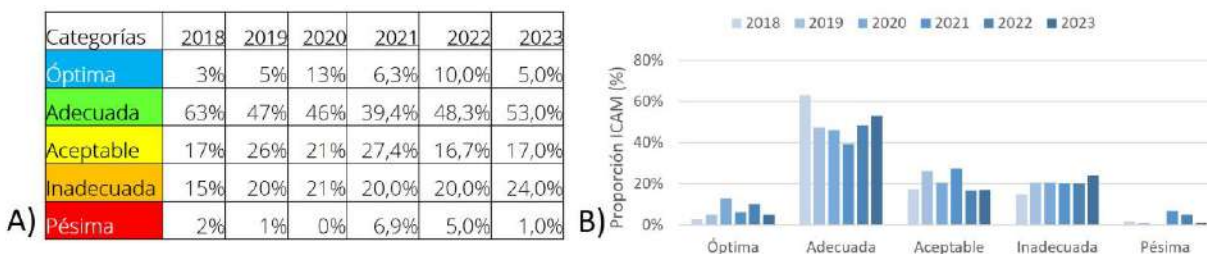


Figura 1. A) Porcentaje (%) de estaciones de monitoreo de aguas marinas y costeras en cada una de las categorías del índice ICAM reportadas en el período 2018 a 2023. B) Tendencia en el comportamiento de la proporción de estaciones por categoría de calidad en el periodo 2018 a 2023.

Comparando estos resultados con los últimos cinco años (sin considerar el año 2020 que fue un muestreo atípico por la Pandemia del Covid-19), se observó a manera general una tendencia a la disminución de estaciones con mejor calidad del agua marina y costera (óptima y adecuada), pasando de 66,1% en 2018 a 52,4% en 2019 y que se mantuvo estable entre 2022 (58,3%) y 2023 (58,0%; Figura 2). Las estaciones con peor calidad (pésima e inadecuada) han venido en incremento en la tendencia, ya que mostró en 2018 un 16,6% y 21,4% en 2019, 26,9% en 2021 y 25,0% en 2022 y 2023, debido al aumento de la proporción de sitios con pésima calidad que se mantuvo en igual proporción en los últimos dos años (Figura 1A).

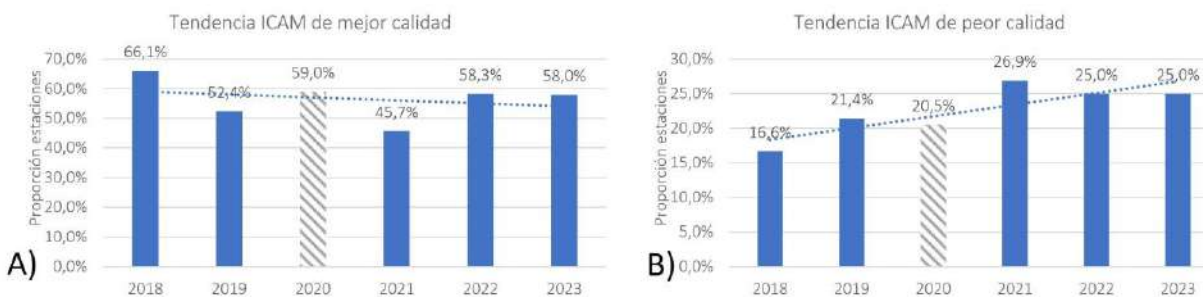


Figura 2. Comparativo de la tendencia y comportamiento de la proporción de estaciones de mejor calidad (A. categorías óptima y adecuada) y de peor calidad (B. categorías pésima e inadecuada) en el periodo 2018 a 2023.

Por otro lado, se presentaron diferencias significativas ($p=0,0001$) entre los tipos de agua marina y estuarina, en promedio las aguas con características marinas presentaron ICAM de mejor calidad ($75,13 \pm 15,79$), en contraste con las estaciones con características de aguas estuarinas ($56,16 \pm 17,78$).

Así mismo, los valores ICAM mostraron diferencia en la localización ($p=0,0405$), con las mejores medianas en estaciones ubicadas en cuerpos de aguas asociados al área insular (mediana=87,9) y litoral (mediana=76,15). Diferencias entre tipo de paisaje ($p=0,0290$), donde la mejor calidad se presentó en estaciones con poca intervención antrópica “natural mediana=80,40”, mientras que los peores ICAM se encontraron en las áreas rurales (mediana=65,10). Además, se encontraron diferencias en el estado de protección ($p=0,0099$), con los mejores ICAM en las estaciones ubicadas en áreas protegidas (mediana=81,60).

Contribución a instrumentos de política pública

A escala nacional, el ICAM (Figura 1A) contribuyó al seguimiento de instrumentos de política pública para el indicador del CONPES 3918 “implementación de los ODS en Colombia” con el *porcentaje de estaciones de monitoreo de aguas marinas con categorías entre aceptable y óptima*, el cual obtuvo un valor de 75,0% para el año 2023 (Tabla 7).

Tabla 7. Contribución del ICAM al CONPES como instrumento de política nacional

Instrumentos de Política	Nombre indicador	Categorías ICAM utilizadas	Valor año 2023
CONPES 3918 "Estrategia ODS"	Porcentaje de estaciones de monitoreo de aguas marinas con categorías entre óptima y aceptable	Óptima, adecuada y aceptable	75,0%

ANÁLISIS REGIONAL

Entre las regiones del Caribe y el Pacífico se presentaron variaciones en la calidad del agua marina y costera (Figura 3). Las mejores características de calidad (categorías óptima y adecuada) se encontraron en el Caribe ($67,80\% \pm 18,99$), en comparación con el Pacífico ($65,75 \pm 19,51$), aunque se observó un sitio en condición pésima 1,3% (Figura 3A).

En el Caribe el 60,26% de los sitios presentaron excelentes condiciones para la preservación de la flora



y fauna. Mientras que el 23,1% son sitios que requieren atención y medidas de manejo. En tanto que, en el Pacífico el 50,0% de los sitios presentaron buenas condiciones, y aunque no obtuvo sitios de pésima calidad, el 31,8% de sitios requieren medidas para su mejoramiento (Figura 3B).

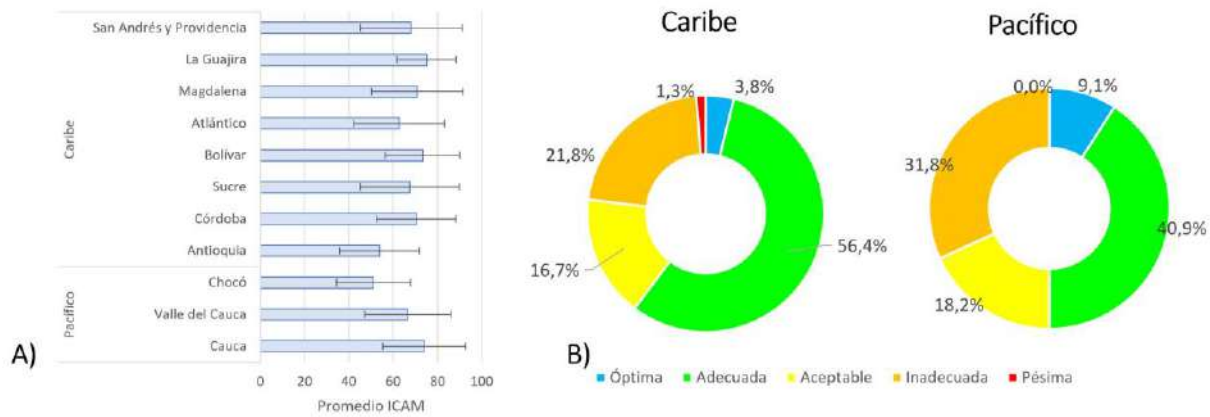


Figura 3. A) Valor del ICAM (promedio \pm desviación estándar) obtenidos en los departamentos de las regiones del Caribe y Pacífico de Colombia en el año 2023. B) Proporción de calidad del agua marina y costera en las regiones Caribe y Pacífico de acuerdo a los sitios evaluados en el año 2023.

A nivel espacial, las condiciones óptimas del ICAM, se registraron en sitios ubicados en los departamentos de Sucre (1), Magdalena (1) y el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina (1) en el Caribe; así como en el Cauca (1) y Valle del Cauca (1) en el Pacífico. A diferencia de la calidad pésima que se presentó en 1 sitio ubicado en el departamento de Antioquia (Figura 4).

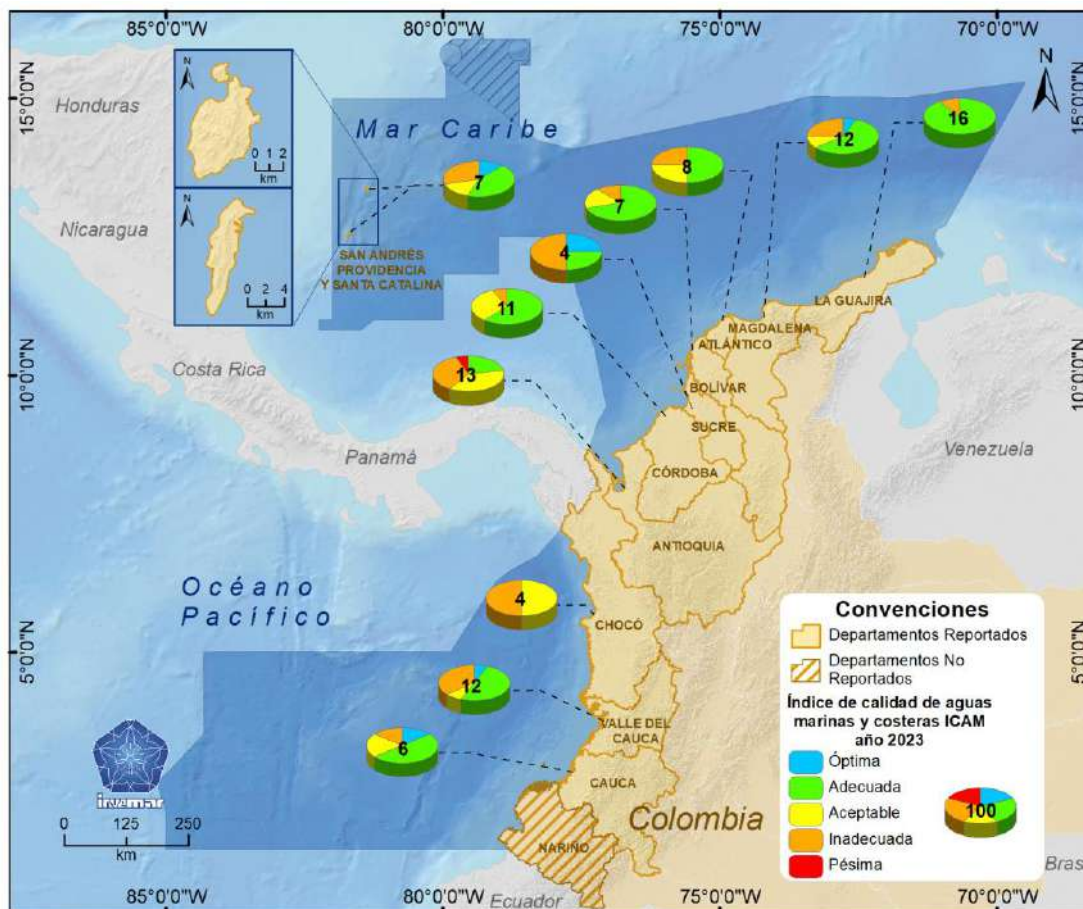


Figura 4. Representación del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM evaluado en los departamentos costeros de los litorales Caribe y Pacífico colombianos en el año 2023. El número en la gráfica indica el total de registros reportados. Elaborado por Janneth Andrea Beltrán. Labsis-INVEMAR.

ANÁLISIS POR DEPARTAMENTOS

Durante el año 2023, no se observaron diferencias estadísticas entre los 11 departamentos monitoreados ($p < 0,05$), la mayor dispersión de registros del ICAM en la región Caribe se observó en Archipiélago de San Andrés y Providencia y Santa Catalina, Magdalena, Atlántico y Antioquia, mientras que en el Pacífico fue Valle del Cauca (Figura 5). En promedio mostraron mejor calidad del agua marina los departamentos de Magdalena ($69,18 \pm 20,67$) y La Guajira ($75,07 \pm 13,37$) en el Caribe continental, el Archipiélago de San Andrés y Providencia y Santa Catalina ($68,11 \pm 23,02$) en el Caribe insular, y en Cauca ($74,01 \pm 18,65$) en el Pacífico (Figura 5). En contraste, en el departamento de Antioquia ($53,84 \pm 17,88$) en el Caribe, se presentaron más sitios con registros ICAM en peores condiciones de calidad (inadecuada y pésima) para la preservación de la vida acuática marina.

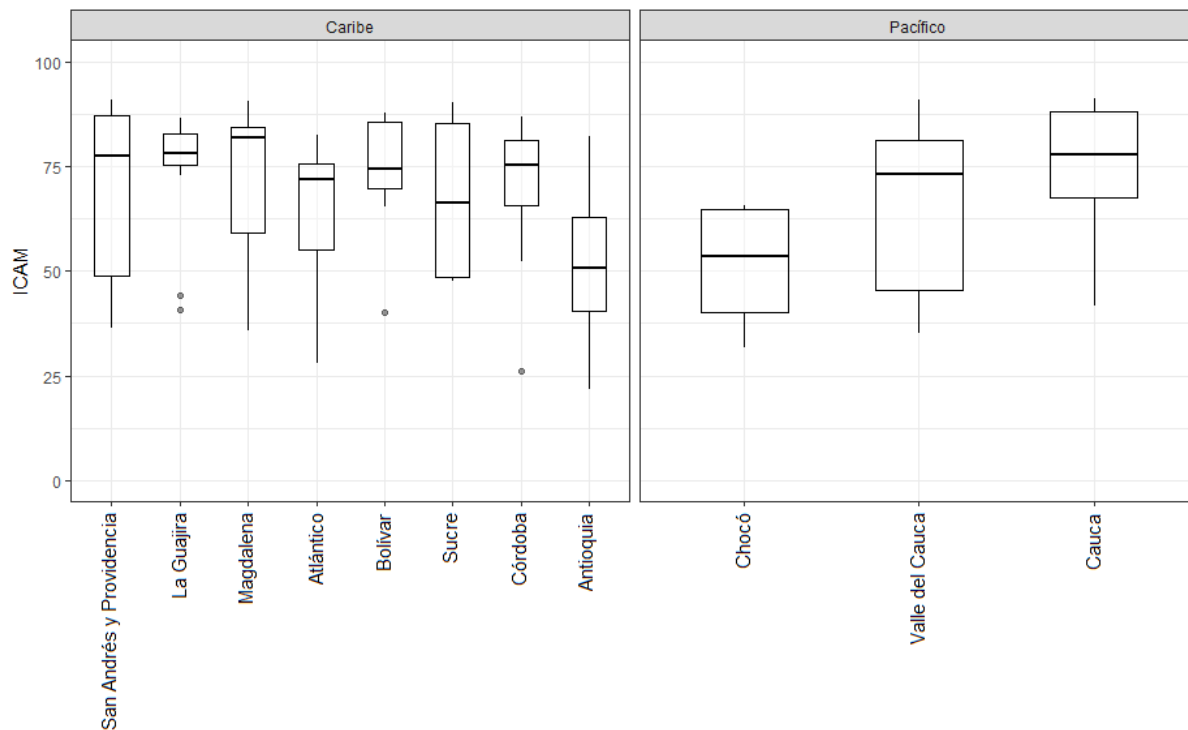


Figura 5. Comportamiento de la dispersión de los datos del índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM evaluado en los departamentos costeros de los litorales Caribe y Pacífico colombianos en el año 2023.

Archipiélago de San Andrés y Providencia y Santa Catalina

En el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina se reportaron siete (7) estaciones en el mes de noviembre (época lluviosa; Figura 6). El 14,3% presentó calidad óptima, el 42,9% calidad adecuada, 14,3% aceptable y el 28,6% mostró condiciones del agua marina con inadecuada calidad (Figura 6). En el año 2023 los sitios con condiciones de calidad adecuada disminuyeron con respecto a los resultados del año 2022 (Vivas-Aguas et al., 2023). Particularmente, las estaciones de Alcantarillado, B. Hooker manglar y B. Hooker plantas, que presentaron un deterioro de la calidad del agua, reduciendo su calidad de adecuada en 2022 (verde) a condiciones inadecuadas y aceptables en el 2023 (Figura 6).

En la estación del alcantarillado, donde se ha presentado de manera recurrente una calidad inadecuada (INVEMAR, 2022), debido al vertido directo de aguas residuales sin ningún tipo de pretratamiento, que genera enriquecimiento de nutrientes y contaminación microbiana (Abdul azis et al., 2018), las diferencias registradas entre el 2022 y 2023 se atribuyen principalmente a las concentraciones de Coliformes Termotolerantes (CTE) y de nitratos (N-NO₃-; Tabla 8), ya que, en el año 2022, no se realizaron los análisis de coliformes termotolerantes, debido al paso del huracán Julia en octubre, por ello, no fue posible obtener el dato, ni incluirlo en el cálculo del ICAM, siendo esta una de las variables más importantes en la integración para estimar el ICAM, la ausencia de estos datos se reflejaron en el resultado..

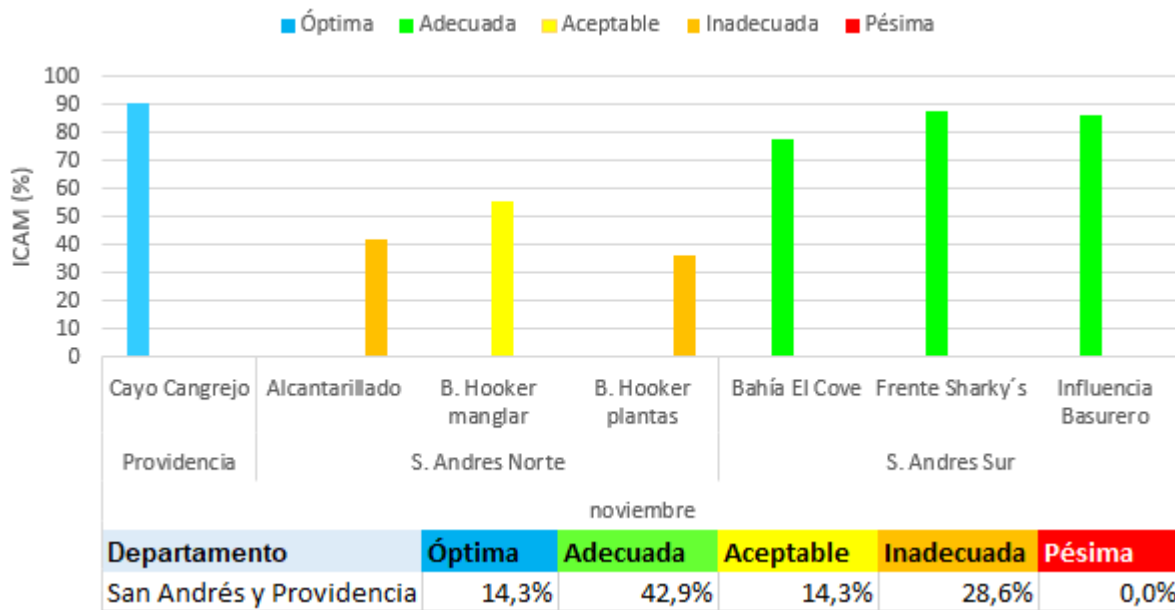


Figura 6. Calidad del agua estimada con el ICAM en el Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina en el año 2023.

Tabla 8. Categorías de las variables del ICAM, estimado en San Andrés y Providencia en 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
Alcantarillado	86,5	87,1	82,2	90,5	77,7	98,0		1,0		42,0	Inadecuada	Marina
B. Hooker manglar	94,5	94,1	95,4	28,4	56,5	92,8		13,2	98,4	55,7	Aceptable	Estuarina
B. Hooker plantas	94,5	88,9	96,6	1,0	60,8	93,6		13,2	51,6	36,3	Inadecuada	Estuarina
Bahía El Cove	87,7	98,5	84,0	90,4	70,5	99,0		43,7	73,7	77,6	Adecuada	Marina
Influencia Basurero	86,1	86,4	95,1	71,4	79,1			100,0		86,4	Adecuada	Marina
Frente Sharky´s	84,9		90,2	89,6	78,5	98,3		90,7		87,9	Adecuada	Marina
Cayo Cangrejo	86,5		94,2	91,9	78,6	98,3		100,0		90,8	Optima	Marina

La Guajira

En el departamento de La Guajira, se reportaron siete (7) estaciones en el mes de abril (época seca) y 9 en octubre (época lluviosa, Figura 7). De los 16 registros el 87,5% presentaron calidad adecuada y el 12,5% inadecuada. En el 2023 aumentaron los sitios con condiciones de calidad adecuada con respecto a los resultados del año 2022. En especial F. Camarones, F. Cañas, F. Jerez, F. Palomino y Vertimiento Riohacha, que presentaron condiciones inadecuadas en el 2022 (Vivas-Aguas et al., 2023), mientras que la playa de Dibulla mantuvo calidad inadecuada de manera reiterativa. Las estaciones de playas Camarones y Dibulla en octubre presentaron mejores condiciones comparado con el mes de abril (Figura 7), las cuales se atribuyen a los altos niveles de sólidos suspendidos totales (SST) y nitratos (N-NO₃-; Tabla 9). En la época lluviosa, todas las estaciones estuvieron en calidad adecuada.

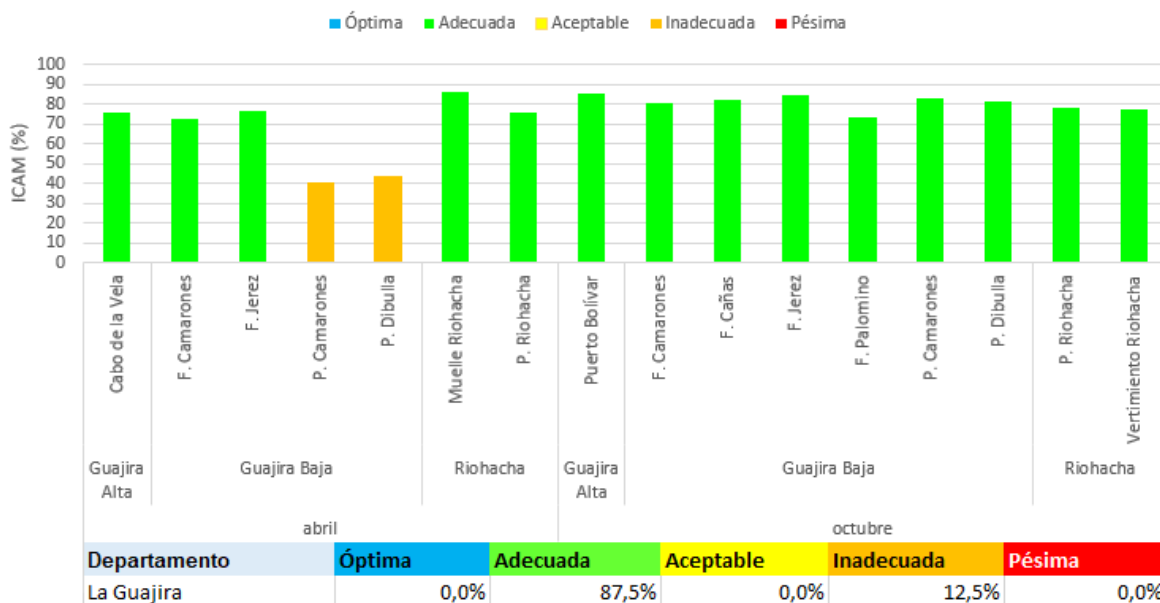


Figura 7. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de La Guajira en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Categorías de las variables del ICAM, estimado en La Guajira en 2023

Mes	Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
Abril	Cabo de la Vela	74,1		42,8	88,7	70,5	99,2		100	92,1	76	Adecuada	Marina
Abril	F. Jerez	76,8	98,2	43,3	92,7	70,4			100	81,9	76,9	Adecuada	Marina
Abril	Muelle Riohacha	74,6	97,8	62,9	91,1	96,3			100	94,9	86,6	Adecuada	Marina
Abril	P. Riohacha	68,4		32	90	93,2	99,2		100	84,1	76,2	Adecuada	Marina
Abril	P. Dibulla	87,7	98,7	1		66,6	99,2		100	54,7	44,3	Inadecuada	Marina
Abril	P. Camarones	87,7	93,9	1	54,1	77,4			100	76,8	40,8	Inadecuada	Marina
Abril	F. Camarones	87,3	97,6	25,7	83,7	78			100	59,1	72,8	Adecuada	Marina
octubre	Puerto Bolívar	86,5	98,2	58,1	91,6	89,6	99,2		85,7	73,5	85,8	Adecuada	Marina
octubre	F. Cañas	53,4	98,7	71	88,2	80,4	98,9		100	90,9	82,7	Adecuada	Marina
octubre	F. Jerez	66,1	98,5	81,4	91,5	78,8			97	78,5	84,5	Adecuada	Marina
octubre	F. Palomino	36	94,5	73,2	76,3	88,5			86	95,6	73,4	Adecuada	Marina
octubre	P. Riohacha	78,3	98,5	59,8	88	78,1			77,5	88,6	78,7	Adecuada	Marina
octubre	Vertimiento Riohacha	84	96	61	76,3	85,8			67,5	86,4	77,7	Adecuada	Marina
octubre	P. Dibulla	87,3	96	78,8	58,1	81,9			83,9	70,8	81,3	Adecuada	Marina
octubre	P. Camarones	87,7	97,9	50,6		75	98,7		100	45,4	82,8	Adecuada	Marina
octubre	F. Camarones	84,9	93,5	48,1		73,6	98,7		100	41,6	80,8	Adecuada	Marina



Magdalena

En el departamento del Magdalena, se reportaron 12 estaciones con ICAM medidas entre octubre y noviembre (época lluviosa), las cuales presentaron condiciones de calidad del agua entre óptima e inadecuada, con valores entre 35,87 y 90,61. El 8,3% presentaron calidad óptima, el 58,3% adecuada, el 8,3% aceptable y el 25% calidad inadecuada (Figura 8). En el año 2023 aumentaron los sitios con condiciones de calidad adecuada con respecto al año 2022. En especial las estaciones ubicadas en los frentes de los ríos Buritaca, Don Diego, Guachaca, Córdoba y Piedras, y en la playa Buritaca que el año anterior obtuvieron calidad inadecuada y aceptable (Vivas-Aguas et al., 2023), mientras que el frente del río Gaira mantuvo calidad inadecuada de manera reiterativa. Las estaciones F. Toribio y muelle de cabotaje (calle 10) presentaron condiciones inadecuadas evidenciando un deterioro con respecto a la época lluviosa del año 2022; debido a las altas concentraciones de ortofosfatos (P-PO43), Coliformes termotolerantes (CTE), nitratos (N-NO3-) y clorofila a (CLA) (Tabla 10) que potencialmente podrían afectar el uso de preservación de la fauna y flora.

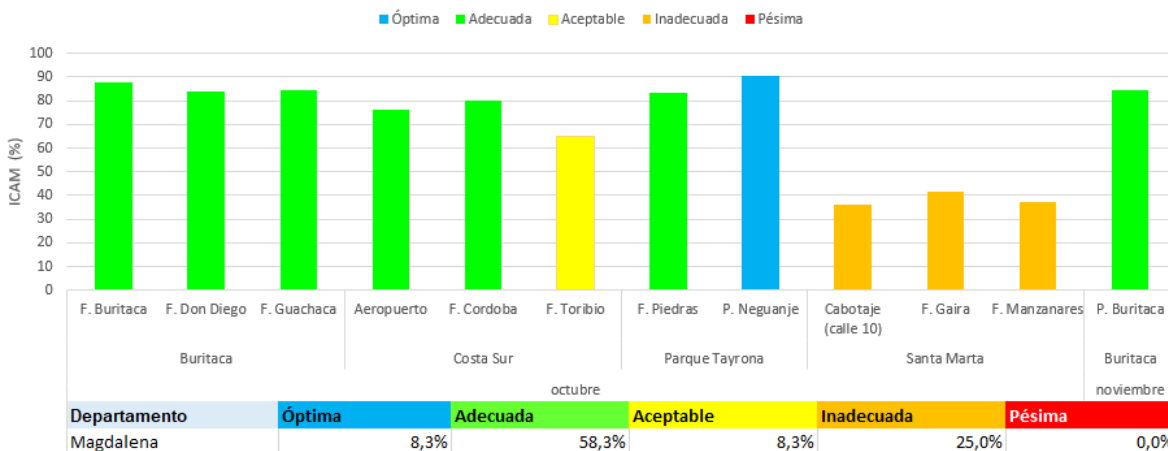


Figura 8. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento del Magdalena en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Categorías de las variables del ICAM, estimado en Magdalena en 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
F. Buritaca	83,6	98,7	80,3	89,0	88,7			86,4		87,6	Adecuada	Marina
F. Don Diego	84,03	86,14	87,35	47,75	94,25			100	93,2	83,97	Adecuada	Marina
F. Guachaca	83,6	98,0	84,2	92,1	89,7			65,9		84,4	Adecuada	Marina
P. Buritaca	88,1	97,9	83,3	89,7	80,5	98,8		64,4	88,1	84,4	Adecuada	Marina
F. Piedras	85,3	82,2	85,4	59,5	88,6			93,3	89,7	83,3	Adecuada	Marina
P. Neguanje	84,5	98,3	83,6		84,8	97,9		97,0	90,3	90,6	Optima	Marina
Aeropuerto	85,3	98,6	89,9	89,2	75,7			43,7		76,2	Adecuada	Marina
Cabotaje (calle 10)	84,9	27,7	92,7		78,1	97,1		1,7	86,6	35,9	Inadecuada	Marina
F. Gaira	86,5	95,5	86,0	92,4	77,3	97,6		0,8	79,7	41,7	Inadecuada	Marina
F. Manzanares	83,1	83,8	86,0	25,9	87,8	94,8		1,0	87,8	37,4	Inadecuada	Marina
F. Córdoba	89,8	89,7	65,6	91,4	72,6	98,7		67,5	45,2	80,2	Adecuada	Marina
F. Toribio	91,9	88,6	55,3	90,7	66,2	98,7		23,7	24,6	65,1	Aceptable	Marina

Atlántico

En el departamento de Atlántico se reportaron ocho (8) estaciones con ICAM en el mes de septiembre (época lluviosa; Figura 9), que oscilaron entre 27,94 y 82,38. El 50,0% presentaron calidad adecuada, el 25,0% aceptable y el 25,0% inadecuada. En el 2023 mejoró la calidad de los sitios con condiciones de calidad aceptable y adecuada con respecto a los resultados del año 2022, en particular, en las estaciones de las playas de Salgar, Punta Roca, Puerto Velero y la Ciénaga de Mallorquín playa, que presentaron condiciones inadecuadas (Vivas-Aguas et al., 2023), mientras que Bocas de Ceniza mantuvo la calidad inadecuada.

Las estaciones que presentaron calidad inadecuada estuvieron relacionadas con las concentraciones de Nitratos (N-NO₃-), clorofila a (CLA), ortofosfatos (P-PO₄-) y Coliformes Termotolerantes (CTE), y bajos niveles de oxígeno (OD) (Tabla 11) asociados a descargas y escorrentías que llegan al río Magdalena con alta carga contaminante (Vivas-Aguas et al., 2015). Además, del bajo nivel en la profundidad del agua que presentó la ciénaga de Balboa en el momento del muestreo y la hipersalinidad (54,3).

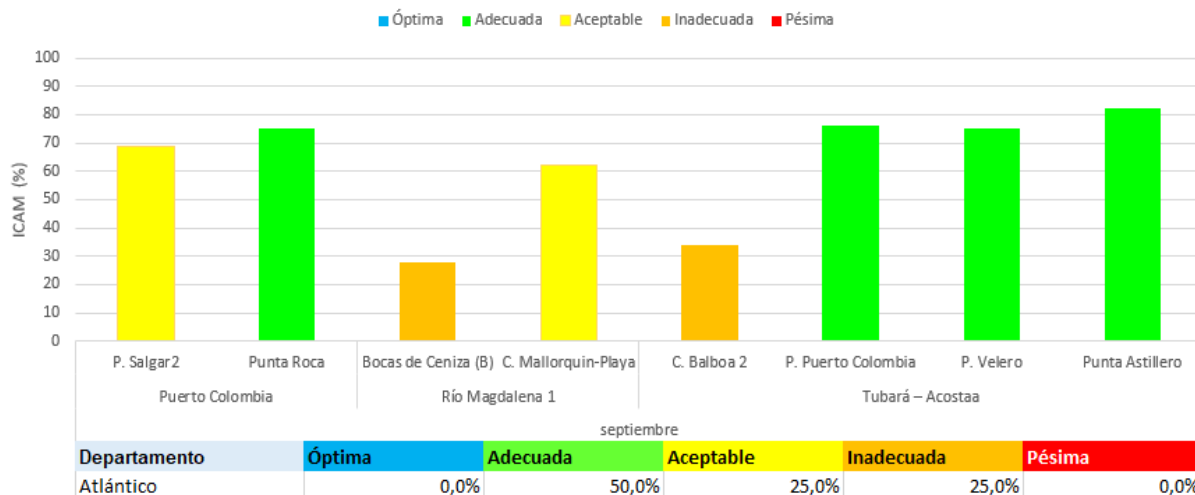


Figura 9. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de Atlántico en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Atlántico año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
Bocas de Ceniza (B)	91,5	96,9	65,7	1,0	49,2	98,3		11,6	17,2	27,9	Inadecuada	Estuarina
Punta Roca	87,7	80,2	70,4	57,0	78,8	98,7		59,1	63,9	75,2	Adecuada	Marina
P. Salgar2	87,7	95,1	77,5	92,5	39,4			59,1	77,7	68,7	Aceptable	Marina
P. Puerto Colombia	89,1	74,8	84,2	89,4	77,4	99,0		44,4	75,9	76,3	Adecuada	Marina
Punta Astillero	83,6	98,3	69,3	91,3	65,7			98,3	88,3	82,4	Adecuada	Marina
P. Velero	84,0	97,7	62,0		65,7	98,9		59,1	81,0	75,1	Adecuada	Marina
C. Balboa 2	68,8	58,6	81,8	77,4	1,0		65,3	91,9	38,3	34,2	Inadecuada	Estuarina
C. Mallorquín-Playa	96,7	38,2	91,5	58,4	50,4	97,7		43,6	92,6	62,1	Aceptable	Estuarina

Bolívar

En el departamento de Bolívar se reportaron siete (7) estaciones con ICAM que se muestrearon en el mes de abril de 2023 (época seca) y que oscilaron entre 40,00 y 87,88 (Figura 10). El 71,4% de las estaciones presentaron calidad adecuada, el 14,3% aceptable y el 14,3% inadecuada. En el 2023 las estaciones en Isla Barú, P. Tierra Bomba y Álcalis mejoraron su calidad entre adecuada y aceptable con respecto al año 2022, cuando se reportó calidad inadecuada (Isla Barú y Álcalis) y aceptable (P. Tierra Bomba; Vivas-Aguas et al., 2023). Por el contrario, en la estación frente a Emisario desmejoró la calidad del agua marina, pasando de aceptable en 2022 a inadecuada en 2023, debido a las concentraciones de ortofosfatos (P-PO43-) y clorofila a (CLA; Tabla 12) que pueden estar asociadas a las escorrentías urbanas.

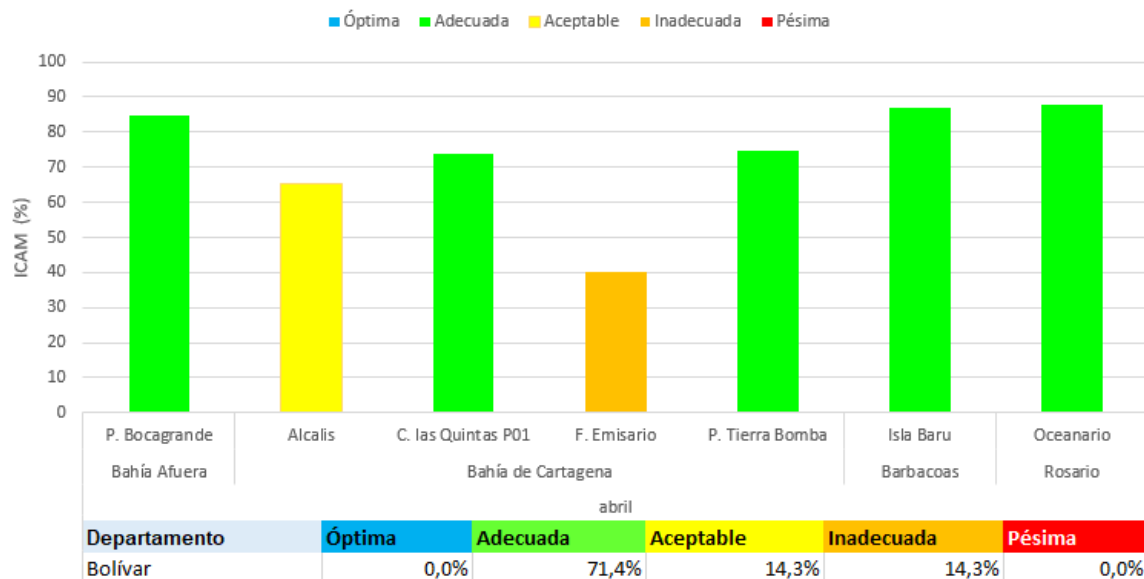


Figura 10. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de Bolívar en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Bolívar año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
F. Emisario	98,2	51,0	89,1		72,7	99,1		91,0	1,0	40,0	Inadecuada	Estuarina
P. Bocagrande	87,7	98,7	64,0	91,5	80,9			91,7	97,8	84,7	Adecuada	Marina
Alcalis	98,4	51,8	90,5	72,1	72,1	98,5		95,1	21,0	65,4	Aceptable	Estuarina
P. Tierra Bomba	98,62		89,35	44,1	93,15	99,07		92,15	40,63	74,5	Adecuada	Estuarina
C. las Quintas P01	98,3	57,6	83,3		74,7	96,7		97,8	45,3	73,8	Adecuada	Estuarina
Isla Barú	83,1	98,1	77,8	90,6	87,3			85,7	93,4	86,7	Adecuada	Marina
Oceanario	87,3		80,9	91,3	75,2	98,9		100,0	97,3	87,9	Adecuada	Marina



Sucre

Para el departamento de Sucre se reportó el ICAM en cuatro (4) estaciones que fueron evaluadas en el mes julio (época transición) y osciló entre 47,69 y 90,07 (

Figura 11). El 25,0% presentó calidad óptima, el 25,0% adecuada y el 50,0% calidad inadecuada para la preservación de flora y fauna. En el 2023 la mejor calidad se observó en las estaciones de Coveñas, en especial en Puntepedras que presentó ICAM de óptima calidad, y fue mejor con respecto al año 2022, cuando fue adecuada (Vivas-Aguas et al., 2023). Sin embargo, la estación de la ciénaga La Caimanera empeoró entre 2022 (adecuada) y el 2023 con condiciones inadecuadas. Este resultado está relacionado principalmente con elevadas concentraciones ortofosfato (P-PO4³⁻) y bajas concentraciones de oxígeno disuelto (OD), lo cual evidencia que está recibiendo descargas de residuos que favorecen la descomposición de materia orgánica. Así mismo, la estación del Hotel Montecarlo presentó condiciones inadecuadas, al igual que en 2022. Importante, resaltar que ambas estaciones están ubicadas en la zona Tolú-Coveñas, donde son limitados los servicios de saneamiento básico (INVEMAR, 2023).

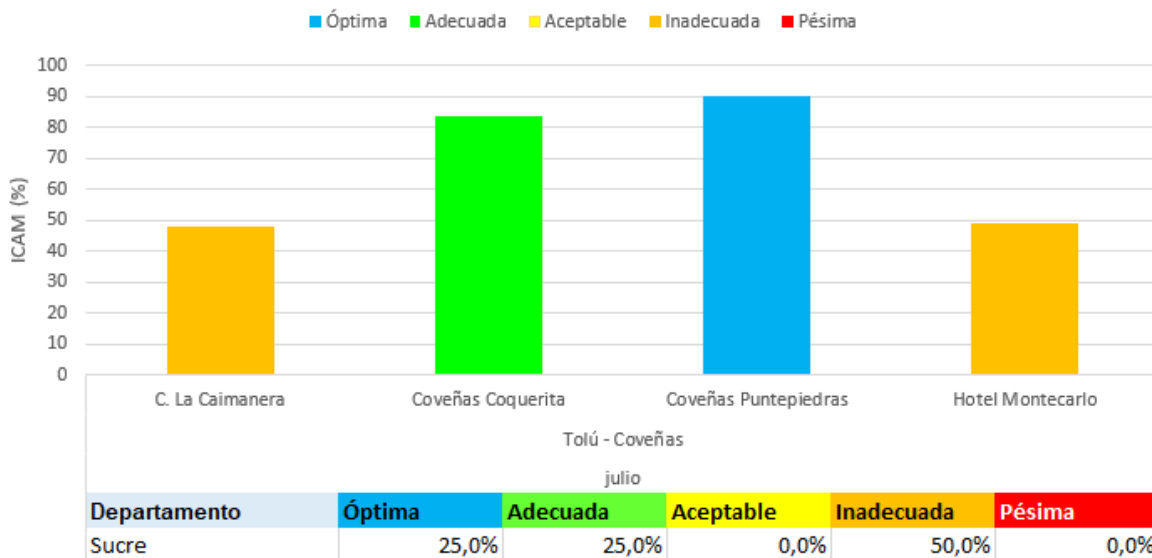


Figura 11. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de Sucre en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Sucre año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
Hotel Montecarlo	88,4	83,5	1,0	88,7	92,6	98,6		93,3	0,4	48,8	Inadecuada	Marina
Coveñas Puntepedras	86,9	97,8	72,4		99,5	98,9		86,0	70,4	90,1	Optima	Marina
Coveñas Coquerita	89,1	92,9	60,2	92,6	93,6	81,8		80,8	1,0	83,7	Adecuada	Marina
C. La Caimanera	64,0	18,2	88,5		19,0	98,3		98,7	71,4	47,7	Inadecuada	Estuarina

Córdoba

En el departamento de Córdoba, se reportó el ICAM en 11 estaciones evaluadas en el mes de julio de 2023 (época transición), las cuales oscilaron entre 26,26 y 86,67 (Figura 12). El 63,6% estuvieron en calidad adecuada, el 27,3% aceptable y el 9,1% inadecuada. La ciénaga la Soledad en 2023 mostró mejor calidad en comparación con el 2022, pasando de la categoría inadecuada a adecuada. Sin embargo, en las estaciones de Moñitos y frente a Sinú – Tinajones se desmejoró la calidad con respecto al año 2022 (Vivas-Aguas et al., 2023). Estos ICAM de baja calidad se asociaron con altas concentraciones de nitratos (N-NO₃-), Coliformes Termotolerantes (CTE), sólidos suspendidos (SST) y clorofila a (CLA) (Tabla 14), que evidencian la influencia de escorrentías y de descargas difusas que llegan de la cuenca del río Sinú, así como el ingreso de aguas residuales domésticas en la zona costera.

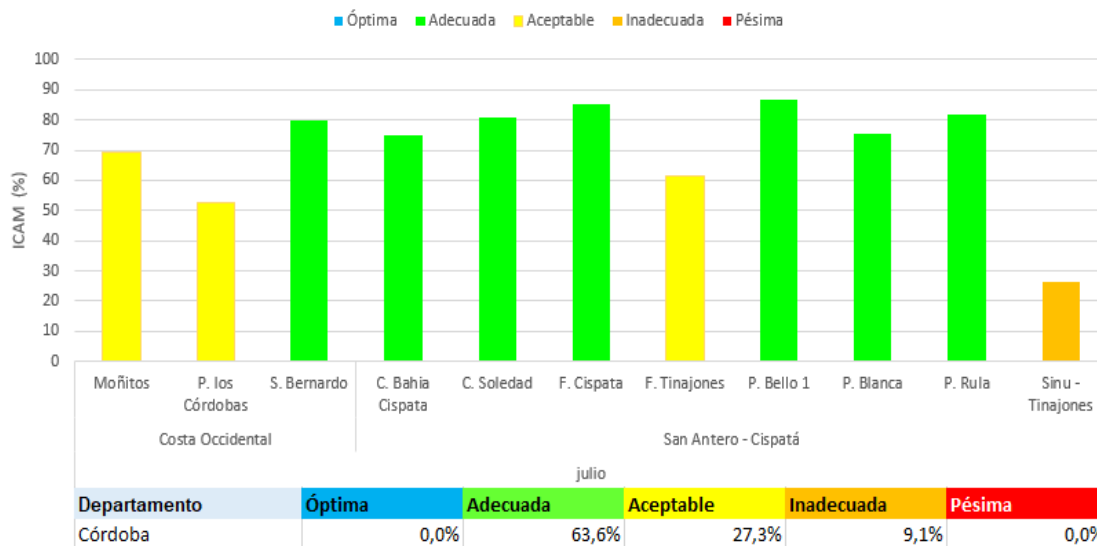


Figura 12. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de Córdoba en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Córdoba año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
Sinu - Tinajones	88,8	81,1	80,1	1,0	82,8	98,1	49,4	1,0	26,3	Inadecuada	Estuarina	
C. Bahía Cispata	89,1	53,8	89,1	97,6	50,5	99,0	98,6	75,7	75,1	Adecuada	Estuarina	
F. Cispata	97,8	51,8	95,5	97,6	84,8	98,2		100,0	85,3	Adecuada	Estuarina	
F. Tinajones	98,1	61,6	88,6	34,0	81,6		89,2	19,0	61,6	Aceptable	Estuarina	
P. Blanca	91,3	98,2	69,1	92,8	81,7	99,1	34,3	63,2	75,3	Adecuada	Marina	
C. Soledad	98,4	56,4	85,1		91,3	98,8	91,9	67,5	80,9	Adecuada	Estuarina	
P. Rula	97,6	51,5	94,1		71,7		98,6	89,5	81,6	Adecuada	Estuarina	
P. Bello 1	86,5	72,4	87,0	91,5	76,8	98,8	100,0	82,1	86,7	Adecuada	Marina	
S. Bernardo	88,8	84,4	59,8		84,8	98,5	70,4	87,5	80,0	Adecuada	Marina	
Moñitos	91,3	97,1	32,0		82,6	98,5	48,6	64,9	69,4	Aceptable	Marina	
P. Los Córdobas	96,2	95,4		1,0	92,7	95,1	75,2	98,0	52,4	Aceptable	Estuarina	

Antioquía

En el departamento de Antioquía se reportaron 13 estaciones con ICAM en el mes de octubre (época lluviosa), con valores que oscilaron entre 21,68 y 82,10. El 23,1% presentó calidad adecuada, 38,5% aceptable, el 30,8% inadecuada y el 7,7% pésima calidad (Figura 13). Comparando el 2023 con el último reporte del año 2021 (debido a que en el 2022 no fue posible realizar el muestreo), las estaciones de muelle de la Armada y la playa de Turbo, mejoraron las condiciones de calidad pasando de inadecuada a calidad adecuada (Vivas-Aguas et al., 2022b). Por el contrario, en los frentes de los ríos León, Leoncito, Atrato-Golfo 20, y las playas Martina, Necoclí, Totumo, se mantuvo igual en bajas condiciones de calidad. Mientras que la playa Uveros y la desembocadura del río Caimán nuevo empeoró la calidad en inadecuada y pésima. Estos resultados de ICAM estuvieron relacionados con concentraciones altas de Coliformes Termotolerantes CTE, nitratos (N-NO₃⁻) y clorofila a (CLA). importante resaltar que el Golfo de Urabá recibe las escorrentías de grandes cuencas con escorrentías agrícolas y urbanas que tienen influencia sobre la calidad del agua en la zona.

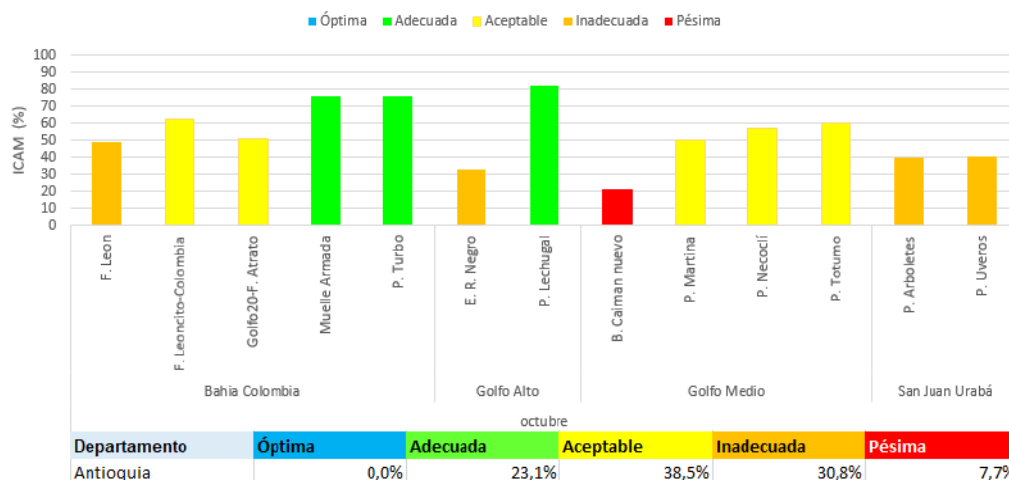


Figura 13. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de Antioquía en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Antioquia año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
P. Arboletes	57,0	97,1	82,7	74,2	80,8	96,8		1,0	52,5	39,7	Inadecuada	Marina
E. R. Negro	38,1		97,7	98,2	56,0	98,9		11,4	6,3	32,7	Inadecuada	Estuarina
P. Uveros	88,1	96,5	51,3	92,1	82,0	98,3		1,0	71,6	40,5	Inadecuada	Marina
P. Lechugal	86,5	98,5	85,0	90,5	82,8	98,4		51,9	89,7	82,1	Adecuada	Marina
P. Martina	97,6	58,3	89,9		84,6	98,9		11,6	35,4	50,4	Aceptable	Estuarina
P. Necoclí	98,3	66,3	81,4	83,8	84,1	95,7		11,6	62,2	57,6	Aceptable	Estuarina
P. Totumo	98,4	64,6	84,4	98,4	86,0	97,8		13,2	63,2	60,3	Aceptable	Estuarina
B. Caimán nuevo	96,9	92,1	78,9	1,0	85,3	98,8		1,4	12,5	21,7	Pésima	Estuarina
F. León	90,5	56,6	88,0	55,6	71,3	99,1		11,5	38,4	49,0	Inadecuada	Estuarina
Golfo20-F. Atrato	89,1	58,1	74,9	38,0	74,7			52,5	12,5	50,8	Aceptable	Estuarina
P. Turbo	98,3	51,8	90,5	54,5	92,9	97,6		75,2	73,2	76,1	Adecuada	Estuarina
Muelle Armada	98,6	50,8	92,1		97,6	98,0		60,9	69,3	76,3	Adecuada	Estuarina
F. Leoncito-Colombia	75,2	53,4	88,8	45,6	73,2			90,2	29,2	62,8	Aceptable	Estuarina



Chocó

En el departamento de Chocó se reportó el ICAM en cuatro (4) estaciones, evaluadas en el mes de septiembre (época lluviosa), con valores entre 31,71 y 65,57% (Figura 14). El 50% obtuvo calidad aceptable y el otro 50% inadecuada. La estación frente al río Valle en 2023 empeoró su calidad con comparación con el reporte de 2022 que pasó de adecuada a inadecuada calidad del agua. Por otro lado, las estaciones de playa Nuquí y el estero Jurubidá en el año 2023 se mantuvieron en las mismas condiciones de baja calidad (inadecuada y aceptable) con respecto al año 2022 (Vivas-Aguas et al., 2023). Estas bajas ICAM se vieron afectados por las concentraciones de clorofila a (CLA), ortofosfatos (P-PO43-) y Coliformes Termotolerantes CTE (Tabla 16).

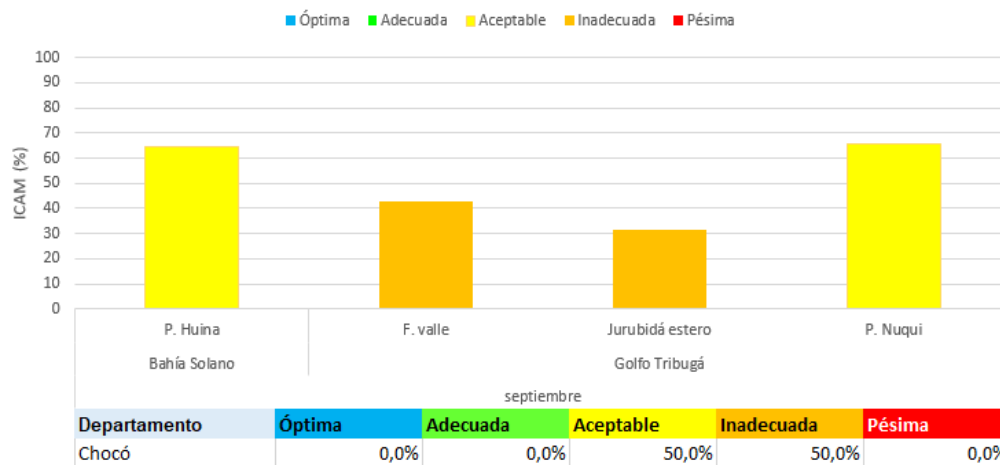


Figura 14. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento de Chocó en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Chocó año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
F. valle	98,1	50,2	97,4		94,3			91,9	1,0	42,8	Inadecuada	Estuarina
P. Nuquí	98,3	61,1	95,3		84,5			62,7	24,4	65,6	Aceptable	Estuarina
P. Huina	89,8	96,6	87,7	92,8	88,0			14,6	88,8	64,5	Aceptable	Marina
Jurubidá estero	97,1	56,9	94,5	51,8	85,3			13,2	1,0	31,7	Inadecuada	Estuarina

Valle del cauca

En el departamento del Valle del Cauca se reportó el ICAM en 12 estaciones, monitoreadas en el mes de noviembre (época lluviosa), que oscilaron entre calidad inadecuada (35, 06) y óptima (90,75). El 8,3% registró calidad óptima, el 50% adecuada, el 8,3% aceptable y el 33,3 % inadecuada (**Figura 15**). Las estaciones que presentaron mejor calidad se ubicaron en bahía Málaga y a las afueras de la bahía de Buenaventura donde hay menor intervención antrópica. Por el contrario, las estaciones de ubicadas en el área urbana de Buenaventura mostraron inadecuada calidad del agua, así como el frente del río Dagua (Buenaventura Afuera), que se ven afectadas por las concentraciones de clorofila a, altos nitratos (N-NO3-), ortofosfatos (P-PO43-) y Coliformes Termotolerantes CTE (Tabla 17)



provenientes de los aportes del municipio de Buenaventura, escorrentías de la cuenca del río Dagua, residuos de la industria pesquera y del Puerto de Buenaventura (Ortiz y Ramírez, 2018; Montañó_2019). Igualmente, estas mismas estaciones mostraron peores condiciones de calidad en el 2023 con respecto al año 2022 (Vivas-Aguas et al., 2023).

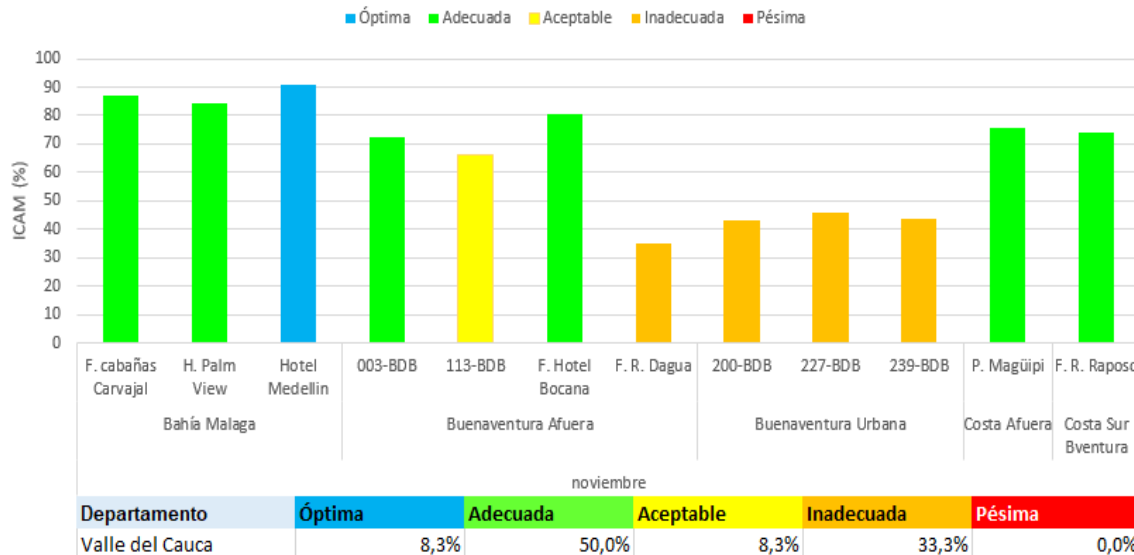


Figura 15. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento del Valle del Cauca en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 17. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Valle del Cauca año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
F. cabañas Carvajal	86,9	97,4	76,2	91,2	86,3	93,6		80,8	87,1	86,9	Adecuada	Marina
Hotel Medellín	86,5	98,4	88,8		84,8	99,0		90,2	86,3	90,8	Óptima	Marina
H. Palm View	87,7	97,6	81,2		85,0	98,6		64,4	82,5	84,3	Adecuada	Marina
003-BDB	95,6	51,9	96,1	81,6	75,0	83,7		77,7	45,3	72,2	Adecuada	Estuarina
P. Magüipi	91,3	96,6	86,3	90,3	81,2			37,8	76,4	75,4	Adecuada	Marina
113-BDB	92,4	56,0	95,3	48,4	74,4	98,4		85,6	30,8	66,1	Aceptable	Estuarina
200-BDB	86,8	61,1	77,7	37,4	77,9	94,4		6,5	38,8	43,1	Inadecuada	Estuarina
227-BDB	59,2	74,7	94,5	28,3	68,6	97,1		10,8	46,5	45,9	Inadecuada	Estuarina
239-BDB	60,6	77,9	94,6	30,0	61,6	97,1		11,4	32,6	43,8	Inadecuada	Estuarina
F. Hotel Bocana	93,7	96,6	73,7	84,8	80,0	98,4		52,8	73,2	80,3	Adecuada	Marina
F. R. Dagua	85,0	69,9	58,7	31,7	84,6	91,6		49,4	1,0	35,1	Inadecuada	Estuarina
F. R. Raposo	94,9	52,0	94,4		74,0	98,9		75,2	63,7	74,1	Adecuada	Estuarina

Cauca

En el departamento del Cauca, el ICAM se reportó en 6 estaciones de muestreo en el mes de junio (época transición), con valores que oscilaron entre 41,79 y 91,12 (¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.). El 16,7% obtuvo óptima calidad, el 50% adecuada, el 16,7% aceptable y el 16,7% inadecuada. El análisis mostró que las estaciones en la Isla Gorgona presentan buena calidad que se ha mantenido con respecto al año anterior, al igual que la bocana Timbiquí. Y en el caso de la bocana del río Saija mejoró la calidad en adecuada con respecto al año 2022, donde estaba en aceptable.



Por el contrario, las estaciones frente a los ríos Guajú (aceptable) y Micay (inadecuada) en el año 2023, mostraron un deterioro de la calidad con respecto al año 2022, donde obtuvieron calidad adecuada y aceptable respectivamente (Vivas-Aguas et al., 2023). Estas estaciones fueron afectadas por altas concentraciones de ortofosfatos (P-PO4³⁻), nitratos (N-NO3⁻) y clorofila a (CLA), relacionadas con las escorrentías de áreas de cultivo de estas cuencas que arrastran fertilizantes y materia orgánica que aumenta con las precipitaciones y la dinámica de las mareas (Shirodkar et al., 2011); además de las descargas domésticas de los asentamientos cercanos (INVEMAR, 2019).

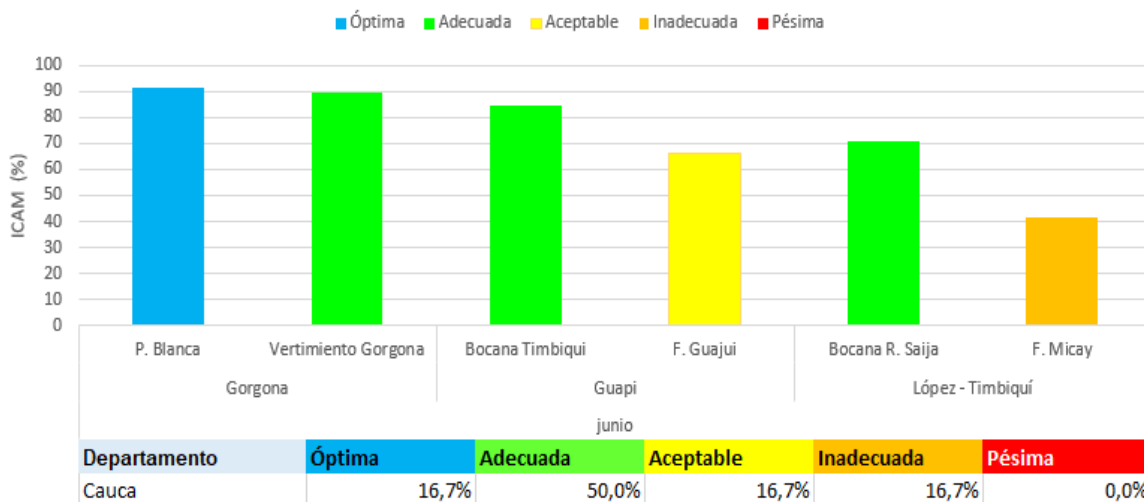


Figura 16. Calidad del agua estimada con el ICAM en el departamento del Cauca en el año 2023. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Categorías de calidad de las variables del ICAM, reportado en Cauca año 2023

Estación	pH	P_PO4	SST	N_NO3	OD	HPDD	DBO	CTE	CLA	ICAM	Categoría	Tipo Agua
F. Micay	87,9	51,1	97,5		84,6			97,8	1,0	41,8	Inadecuada	Estuarina
Bocana R. Saija	95,3	51,0	52,4	63,7	70,9			94,3	81,3	70,9	Adecuada	Estuarina
F. Guajui	98,8	51,3	91,6		94,5			93,9	17,7	66,5	Aceptable	Estuarina
Bocana Timbiquí	98,1	59,8	77,6	98,7	81,6	98,8		89,2	100,0	84,5	Adecuada	Estuarina
P. Blanca	71,3	98,0	96,8		86,1	98,6		100,0	94,3	91,1	Óptima	Marina
Vertimiento Gorgona	70,7	97,0	94,6	90,0	86,0			100,0	94,1	89,2	Adecuada	Marina



Recomendaciones

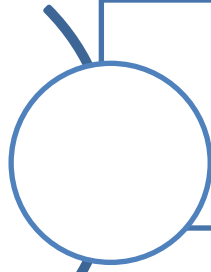
A partir de los resultados del ICAM, se recomienda a las autoridades ambientales competentes considerar la implementación de las acciones señaladas en el módulo de gestión ambiental de la herramienta Web ICAM (<https://siam.invemar.org.co/redcam-icam-gestion>), las cuales pueden contribuir al mejoramiento de la calidad de las aguas marinas y costera en su jurisdicción. Como alternativas de control y seguimiento se propone adoptar las medidas descritas en la Tabla 19, para identificar la posible causa y la fuente del deterioro de la calidad del agua, de manera que sirva para diseñar las medidas para reducir la presión sobre los ecosistemas que estén siendo afectados.

Tabla 19. Opciones de medidas de seguimiento que se puedan adoptar según la valoración del índice ICAM.
 Tomado de: Vivas-Aguas, 2011, modificado de: Marín, 2001.

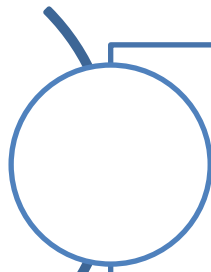
Escala de calidad	Categorías	Descripción
Óptima	100-90	Continuar con el monitoreo.
Adecuada	90-70	Caracterización, diagnóstico, verificación.
Aceptable	70-50	Monitoreo y evaluación: fisicoquímicos y tóxicos semestral.
Inadecuada	50-25	Monitoreo trimestral /bioensayos/ medidas de control y vigilancia. Evaluación: fisicoquímicos y tóxicos plan de contingencia.
Pésima	25-0	Monitoreo y seguimiento trimestral /bioensayos/ evaluación: fisicoquímicos y tóxicos /plan de contingencia/ aplicación de medidas de manejo.

En función de las posibles estrategias para la prevención, la reducción y el control de la contaminación del ambiente marino y costero en el Caribe y Pacífico colombianos, se hacen las siguientes recomendaciones dirigidas a los sectores usuarios del recurso hídrico y entidades involucradas en las acciones necesarias para el mejoramiento de la calidad de las aguas marinas y costeras, en los siguientes términos:

A nivel sectorial



Se recomienda al DNP, promover compromisos sectoriales de todo el país (principalmente de Saneamiento Básico, Agricultura y Desarrollo Rural, Minas y Energía, e Industria), para controlar las fuentes y actividades que descargan residuos líquidos y sólidos en las zonas costeras, así como las descargas de sustancias contaminantes provenientes de ríos y escorrentía de las cuencas hidrográficas aferentes de la zona costera.



Se recomienda al MinVivienda, que en el Programa de Saneamiento de Vertimientos – SAVER se incluyan algunos municipios costeros en el proceso de estructuración de sistemas integrales sostenibles para el tratamiento de aguas residuales y la asignación de recursos financieros para su logro. En este marco, la cartera de Vivienda puede ayudar a promover en los municipios costeros la disminución de cargas contaminantes de las aguas residuales que se descargan en el Caribe y Pacífico colombianos.



Se recomienda al MinAgricultura, promover la utilización de buenas prácticas en las actividades agropecuarias incluido el manejo adecuado de los suelos, dirigidas a prevenir la presencia de contaminantes en las fuentes hídricas que escurren a las zonas costeras y marinas.



Se recomienda al MinCIT, Establecer acciones para mejorar y fortalecer el uso turístico de las playas buscando cumplir con los criterios enmarcados en las cuatro temáticas del programa de Banderas Azules: calidad de las aguas de baño, información y educación ambiental, gestión ambiental y seguridad, servicios e instalaciones.



A las CAR costeras

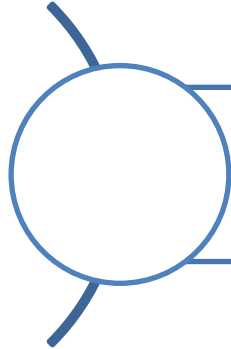
Incorporar en los planes de acción el desarrollo de las siguientes acciones a escala regional:

Realizar mínimo dos muestreos anuales (periodos enero - abril y agosto - octubre) dirigidos al seguimiento de la calidad de aguas marinas en jurisdicción de la Corporación o gestionar la cooperación técnica en el marco de la REDCAM. Propender por análisis de laboratorio que sean sensibles a la matriz marina. Así mismo, promover la adopción de buenas prácticas estadísticas bajo la norma NTC PE 1000:2000

A partir de los resultados del seguimiento al ICAM, y el control y vigilancia realizados por la Corporación, implementar las acciones requeridas a través de los instrumentos de administración ambiental, encaminadas al mejoramiento de la calidad de las aguas marinas de los mencionados sitios (puntos de muestreo) que se encuentran en la herramienta web ICAM (<https://siam.invemar.org.co/redcam-icam-gestion>).

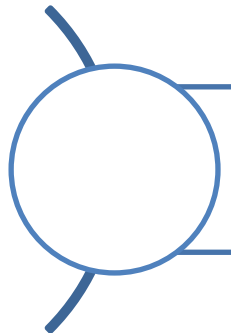
Aplicar a los usuarios del recurso hídrico marino, las normas de vertimientos a cuerpos de agua, de conformidad con la reglamentación ambiental vigente, con énfasis en la Resolución 883 de 2018 *“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas marinas, y se dictan otras disposiciones”*.

A los municipios concurrentes en la zona costera e insular



En el proceso de formulación y/o revisión (según proceda) de los Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, considerar las acciones necesarias para avanzar en el saneamiento y tratamiento de las aguas residuales dirigidos a mejorar la calidad ambiental marina. Ante la ausencia de sistemas de tratamiento, aplicar alternativas para la gestión de los residuos líquidos.

A los usuarios del recurso hídrico, quienes realizan vertimientos puntuales a las aguas marinas



Revisar, solicitar y aplicar, según proceda, las autorizaciones de vertimiento en virtud de los objetivos de calidad y metas ambientales que definan las autoridades ambientales competentes, de conformidad con la reglamentación vigente.

Otros documentos relacionados

El ICAM como herramienta para el seguimiento de la calidad del agua marino y costera, se viene utilizando en otras publicaciones:

- Informe técnico REDCAM: <http://www.invemar.org.co/inf-redcam>
- Informe del Estado de los Ambientes y Recursos Marinos y Costeros en Colombia: <http://www.invemar.org.co/inf-ier>
- Cartilla Protocolo indicador: <https://alfresco.invemar.org.co/share/s/t3vbG0Q-R32FryEWdAiXYw>



Literatura citada

- 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>
- 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 editions, Standard Methods. Washington. 1368 p.
- Castillo-Viana. M.J., T. Córdoba-Meza, P. Obando-Madera y L.J. Vivas-Aguas. 2022. Metodología de la operación estadística índice de calidad de aguas marinas y costeras – ICAM. Versión 3. Santa Marta. 90 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. 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.
- 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.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. 2015. Decreto 1076 de 2015 Por medio del cual se expide el Decreto Único reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. 26 de mayo de 2015.
- Montaño, N. A. 2019. Diagnóstico de los principales problemas ambientales en los territorios ganados al mar en el área urbana el distrito de Buenaventura. *Sabia revista científica*, 5(1), 159-171. <https://doi.org/10.47366/sabia.v5n1a11>
- Shirodkar P.V., Deepthi M., Vethamony P., Mesquita A.M., Pradhan U.K., Babu M.T., Verlekar X.N., Haldankar S.R., 2011. Tide dependent seasonal changes in the water quality and assimilative capacity of anthropogenically influenced Mormugao harbour water. *Indian Journal of Geo-Marine Sciences*. 41 (4). 314-330 p.
- Strickland, D. H. y T. R. Parsons. 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bulletin 167. 2a Ed. Fisheries Research. Board of Canada. Ottawa. 310 p
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Superservicios. 2020. Informe nacional de coberturas de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo. 61 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/eg.v0i16.7148>
- Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, Potencia Mundial de la Vida ISBN: 978-958-5422-45-2
- UNESCO. 1984. Manuales y guías No. 13 de la COI. Manual para la vigilancia del aceite y de los hidrocarburos del petróleo disueltos/dispersos en el agua de mar y en las playas. 87 p.



- Vivas-aguas J., Castillo Viana M., Obando-Madera P.S. 2022a. FICHA METODOLÓGICA ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS MARINAS Y COSTERAS ICAM. Versión 5. Santa Marta D.T.C.H., Colombia. 14
- 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. 2022b. Boletín estadístico Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2021. INVEMAR. Santa Marta. 28 p.
- Vivas-Aguas, L.J., Obando-Madera P.S., Córdoba-Meza T.L., Rojas Escobar D.Y., Pacheco-Vélez C., Cusba J., Saldarriaga-Vélez J., Espinosa L.F. 2023. Boletín estadístico Índice de Calidad de Aguas Marinas y Costeras – ICAM. Reporte año 2022. INVEMAR. Santa Marta. 35 p.
- 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 Invemar No. 4 (2015). Informe Técnico REDCAM 2014, INVEMAR, Santa Marta. 320 p.
- Vivas-Aguas, L.J. 2011. Formulación del índice de calidad de aguas costeras (ICAM) para los países del Pacífico Sudeste. Documento Metodológico. Proyecto - SPINCAM. Santa Marta. 40 p.
- Vivas-Aguas, J. L., M. Vargas-Morales, K. Guillen Oñate, M. Villarraga y D. Sánchez. 2014. Vulnerabilidad de la población costera frente a la contaminación orgánica y microbiológica en la bahía de Buenaventura. Serie de Publicaciones Generales del Invemar No. 76, Santa Marta. 24 p.