

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PLAYAS BOCAGRANDE,
CRESPO Y PLAYA AZUL DE CARTAGENA, BOLÍVAR EN TEMPORADAS DE
TRANSICIÓN JUNIO-JULIO DE 2019, 2022, 2023**

MARIA GISELL MORALES HUMANEZ

MIGUEL JOSE GUERRA BENITEZ

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
MONTERIA**

2024

**DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS PLAYAS BOCAGRANDE,
CRESPO Y PLAYA AZUL DE CARTAGENA, BOLÍVAR EN TEMPORADAS DE
TRANSICIÓN JUNIO-JULIO DE 2019, 2022, 2023**

MARIA GISELL MORALES HUMANEZ

MIGUEL JOSE GUERRA BENITEZ

**TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

ASESOR (ES)

PhD. JORGELINA CECILIA PASQUALINO

PhD. NUBIA MIREYA GARZON BARRERO

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
FACULTAD DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL
MONTERIA**

2024

“San Francisco de Asís, en su cántico 'Laudato si', nos invita a reflexionar sobre la tierra como nuestra hermana, enfatizando la importancia de cuidar nuestro hogar compartido. Él menciona que nuestra "madre tierra" nos sustenta y gobierna, produciendo frutos, flores y hierbas. Esta hermana, sin embargo, clama por el daño causado por el uso irresponsable y abuso de los recursos. La violencia en el corazón humano se refleja en la tierra, el agua, el aire y los seres vivos. Entre los más abandonados y maltratados, encontramos nuestra tierra devastada, que sufre y gime, recordándonos que somos parte de ella y dependemos de sus elementos para nuestra existencia” CARTA ENCÍCLICA ***LAUDATO SI'*** DEL SANTO PADRE FRANCISCO SOBRE EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN (Papa Francisco, 2015).

“El acceso a agua potable y limpia es un derecho humano fundamental y universal, ya que es crucial para la supervivencia y la base para el ejercicio de otros derechos humanos” CARTA ENCÍCLICA ***LAUDATO SI'*** DEL SANTO PADRE FRANCISCO SOBRE EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN (Papa Francisco, 2015).

“EN GENERAL ES UN TRABAJO ARDUO QUE MERECE
RECONOCIMIENTO EN TEMAS COMO ESTOS, DONDE
APENAS ESTAMOS EMPEZANDO”.

-Gustavo Echeverri Jaramillo

AGRADECIMIENTOS

Primero y, ante todo, expreso mi más profundo agradecimiento a Dios y a la Virgen María. Su guía divina y fortaleza han sido fundamentales para alcanzar este logro. Sin Su luz y apoyo constante, este proyecto no habría sido posible.

A mi querida familia, especialmente a mi madre, Mayra Estella Humánez Almario, mi hermana, Heydi María Morales Humánez, y mi tío, el Padre Enán Xavier Humánez Almario, quienes han sido mi roca e inspiración. Su amor incondicional y apoyo me han impulsado a seguir adelante. Gracias por estar siempre ahí, creyendo en mí incluso en momentos de duda.

A mi amado y prometido, José David Manrique Romero, por su infinita paciencia, amor y aliento constante. Gracias por ser mi refugio y por estar siempre a mi lado, brindándome apoyo incondicional y animándome ante cada desafío. Tu presencia ha sido una fuente incalculable de fortaleza, amor y alegría.

Quiero expresar mi profunda gratitud a mis directoras de tesis, la Dra. Jorgelina Cecilia Pasqualino y la Dra. Nubia Mireya Garzón, por su guía, sabiduría y dedicación. Su orientación ha sido una brújula que me ha permitido navegar con éxito este proyecto.

A mi compañera Mairely Itzanamy Cota Vega, quien formó parte de la convocatoria Delfín y cuya colaboración fue invaluable para este proyecto. Y a Luz Daniela Pineda Vergara compañera y amiga de UTB. Su compromiso, ideas brillantes y apoyo constante fueron fundamentales para alcanzar este logro. Gracias por ser compañeras excepcionales y por contribuir de manera tan significativa a este esfuerzo.

Finalmente, agradezco de todo corazón a mis mentores y profesores de la Universidad Pontificia Bolivariana y la Universidad Tecnológica de Bolívar. Su conocimiento y orientación han sido cruciales en mi desarrollo académico y personal. Su dedicación y pasión por la enseñanza me han inspirado a esforzarme y a dar lo mejor de mí. Gracias por su sabiduría, consejos y apoyo inquebrantable.

A todos ustedes, gracias de todo corazón. Este logro es tan mío como de ustedes, y siempre llevaré en mi corazón la gratitud por todo lo que han hecho por mí.

Con especial aprecio y amor,

María Gisell Morales Humánez

Quisiera comenzar expresando mi más profundo agradecimiento a Dios, por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia necesarias para alcanzar este logro. Sin Su guía, nada de esto habría sido posible.

De manera especial, agradezco a mis padres, Lilia Benítez y Miguel Guerra, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. Su apoyo incondicional y amor han sido mi inspiración y la fuerza que me ha impulsado hasta este momento. Este logro es para ustedes, con el deseo de llenarlos de orgullo.

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todos aquellos que han contribuido y apoyado la realización de este trabajo de investigación. A nuestra directora de tesis, la Dra. Jorgelina Pasqualino, y a nuestra codirectora, la Dra. Nubia Garzón, les extiendo mi profunda gratitud por su constante orientación y apoyo. Sin su guía, no habríamos podido llevar a cabo esta investigación de manera exitosa.

También agradezco a mi novia, cuyo apoyo emocional ha sido invaluable durante todo este proceso, y a mis amigos, por su respaldo incondicional en cada paso del camino.

Con aprecio,

Miguel José Guerra Benítez

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	14
1. RESUMEN.....	15
2. ABSTRACT	16
3. INTRODUCCIÓN.....	17
3.1. Planteamiento del problema	18
3.2. Pregunta de investigación.....	18
3.3. Justificación del estudio.....	19
4. OBJETIVOS	20
4.1. Objetivo General.....	20
4.2. Objetivos Específicos	20
5. MARCO TEÓRICO	21
5.1. Diagnóstico de la calidad del agua en playas turísticas	21
5.2. Monitoreo ambiental de playas turísticas	21
5.3. Factores determinantes de la calidad del agua y su impacto en el turismo de sol y playa	26
5.4. MAREMTORIO: Un análisis del entorno marino costero	28
5.5. Estrategias de monitoreo de la calidad ambiental del agua en playas turísticas en el caribe colombiano	37
5.6. Gestión ambiental de la calidad del agua en playas turísticas.....	40
6. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE	51
7. MARCO LEGAL	58
8. METODOLOGÍA	65
8.1. Localización del área de estudio	65
8.2. Enfoque y tipo de investigación	67
8.3. Diagrama Metodológico	67

8.4.	Fase 1: Análisis y Diagnóstico de la calidad del agua en playas turísticas.....	68
8.4.1.	Actividad 1: Localización de los puntos de muestreo	69
8.4.2.	Actividad 2: Identificación de los parámetros fisicoquímicos ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’. ..	70
8.4.3.	Actividad 3: Recolección de muestras.....	72
8.4.4.	Actividad 4: Medición de parámetros ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’	73
8.4.5.	Actividad 5: Análisis de datos y Cálculo de los Indicadores de la calidad del agua (ICAs-ICAM).....	79
8.5.	Fase 2: Evaluación de los factores determinantes que afectan la calidad del agua en playas turísticas	82
8.5.1.	Actividad 1: Identificación de factores claves	83
8.5.2.	Actividad 2: Evaluación e interpretación de datos	83
8.5.3.	Actividad 3: Identificación de acciones correctivas	83
8.6.	Fase 3: Ruta para la gestión de la calidad del agua en playas turísticas	85
8.6.1.	Actividad 1: Diagnóstico y antecedentes para percepción de calidad de aguas de baño	85
8.6.2.	Actividad 2: Análisis de percepción de visitantes.....	87
8.6.3.	Actividad 3: Propuesta de Ordenamiento Turístico para aguas de baño	89
8.6.4.	Actividad 4: Educación y sensibilización.....	92
9.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	95
9.1.	Área de estudio.....	95
9.2.	Fase 1: Análisis y Diagnóstico de la calidad del agua en playas turísticas.....	95
9.2.1.	Actividad 1: Localización de los puntos de muestreo	96
9.2.2.	Actividad 2: Identificación de los parámetros fisicoquímicos ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’.....	100
9.2.3.	Actividad 3: Recolección de muestras.....	100
9.2.4.	Actividad 4: Medición de parámetros ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’	101
9.2.5.	Actividad 5: Análisis y cálculo de los ICAs.....	101
	Análisis de datos	111

9.3.	Fase 2: Evaluación de los factores determinantes que afectan la calidad del agua en playas turísticas	151
9.3.1.	Actividad 1: Identificación de factores claves	151
9.3.2.	Actividad 2: Evaluación e interpretación de datos	154
9.3.3.	Actividad 3: Identificación de acciones correctivas	160
9.4.	Fase 3: Ruta para la gestión de la calidad del agua en playas turísticas	162
9.4.1.	Actividad 1: Características de encuesta a los visitantes turísticos en las zonas de estudio	162
9.4.2.	Actividad 2: Aplicación de encuesta de percepción de visitantes y análisis de resultados	165
9.4.3.	Actividad 3: Propuesta de control de Ordenamiento Turístico para aguas de baño	171
9.4.4.	Actividad 4: Educación y sensibilización	179
10.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	188
11.	REFERENCIAS	190

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO.	24
FIGURA 2. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO,	
CONTINUACIÓN DE LA FIGURA 1.	25
Figura 3. Elementos del territorio	28
Figura 4. Geografía de áreas litorales.	29
Figura 5. marco normativo integral marino-costero.....	33
Figura 6. Efectos Económicos positivos y negativos en el turismo de sol y playa.....	34
Figura 7.Economía circular.	35
Figura 8. Actuaciones de la Estrategia Española de Economía Circular.	36
Figura 9. Línea de tiempo de Fundación para la Educación Ambiental.	41
Figura 10. Certificados nacionales e internacionales.	42
Figura 11. Requisitos de cumplimiento para certificaciones nacionales e internacionales.....	43
Figura 12. Bandera Azul otorgada en la playa de Las Canteras, en Las Palmas de Gran	
Canaria.....	44
Figura 13. Organigrama del Manejo Integrado de Zonas Costeras MIZC.....	44
Figura 14. Índices de Calidad Ambiental De Playas Turísticas y parámetros asociados a la	
Calidad de Aguas.....	45
Figura 15. Tablero de Control para visualización del estado de las playas.....	45
Figura 16. Diseño participativo de experimentos	47
Figura 17. Amenazas y vulnerabilidad de la zona costera.....	48
Figura 18. Los elementos de la salud ambiental y su papel en la creación de playas y	
ecosistemas costeros saludables.....	50
Figura 19. Playas área de estudio.....	65
Figura 20. Enfoque de la investigación.....	67
Figura 21. Tipo y alcance del estudio.....	67
Figura 22. Metodología utilizada para la elaboración del estudio.....	68
Figura 23. Criterios Bandera Azul para determinar sitios de recolección de muestras.	69
Figura 24. Importancia sanitaria de los parámetros a monitorear.....	71
Figura 25. Importancia sanitaria de los parámetros a monitorear.....	71
Figura 26.Parámetros ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’ identificados.	72
Figura 27.Organigrama de recolección de muestras de la época de transición junio-julio 2019,	
2022, 2023.....	72
Figura 28. Calculadora SiAM de ICAM.	81
Figura 29. Indicador de la calidad de las aguas marinas - ICAM.	81
Figura 30. Ruta para la gestión de la calidad del agua en playas turísticas del área de estudio.	
.....	85
Figura 31. Información del visitante y Calificación de calidad ambiental-Frecuencia de visita.	
.....	88
Figura 32. Percepción de situaciones.....	88
Figura 33. Observaciones del turista.	89
Figura 34. Principales causas y efectos de los servicios turísticos. a) Árbol de problemas,.....	90
Figura 35. Ordenamiento turístico de playas.	91
Figura 36. Puntos de monitoreo Playa Bocagrande Norte.	96
Figura 37. Puntos de monitoreo Playa Bocagrande Sur.	97

Figura 38. Puntos de monitoreo Playa Crespo.	98
Figura 39. Puntos de monitoreo Playa Azul La Boquilla.	100
Figura 40. Análisis de la temperatura en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.	113
Figura 41. Análisis de la temperatura en meses y años monitoreados en playa Azul La boquilla.	114
Figura 42. Análisis de la temperatura en meses y años monitoreados en playa Crespo.	115
Figura 43. Análisis de pH en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.	116
Figura 44. Análisis de pH en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	117
Figura 45. Análisis de pH en meses y años monitoreados en playa Crespo.	118
Figura 46. Análisis de la Alcalinidad en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.	120
Figura 47. Análisis de la Alcalinidad en meses y años monitoreados en playa Crespo.	121
Figura 48. Análisis de la Alcalinidad en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	122
Figura 49. Análisis de OD en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.	126
Figura 50. Análisis de OD en meses y años monitoreados en playa Crespo.	127
Figura 51. Análisis de OD en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	128
Figura 52. Análisis de Salinidad en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.	130
Figura 53. Análisis de Salinidad en meses y años monitoreados en playa Crespo.	131
Figura 54. Análisis de Salinidad en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	132
Figura 55. Análisis de CO ₂ en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	135
Figura 56. Análisis de Fosfatos en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.	136
Figura 57. Análisis de Fosfatos en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	137
Figura 58. Análisis de Nitratos en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.	139
Figura 59. Análisis de Nitratos en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	141
Figura 60. Análisis de Nitritos en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.	142
Figura 61. Análisis de Amonio en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.	145
Figura 62. Análisis de Amonio en meses y años monitoreados en paya Azul La Boquilla.	147
Figura 63. Análisis de SDT en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.	149
Figura 64. Análisis de SDT en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.	151
Figura 65. Estaciones REDCAM de interés para las áreas de estudio.	151
Figura 66. Identificación de determinantes en playa Bocagrande.	155
Figura 67. Zonificación del Modelo de Ocupación.	156
Figura 68. Otros Determinantes que afectan a la playa Bocagrande.	157
Figura 69. Identificación de determinantes en playa Bocagrande.	158
Figura 70. Identificación de determinantes en playa Azul La Boquilla.	159
Figura 71. Otros Determinantes que afectan a playa Azul La Boquilla.	160
Figura 72. Género de personas encuestadas.	163
Figura 73. Edades de personas encuestadas.	163
Figura 74. Lugar de origen de las personas encuestadas.	164
Figura 75. Resultados de encuesta de calificación ambiental y frecuencia de visita.	166
Figura 76. Resultados de encuesta de calificación de percepción de situaciones.	167
Figura 77. Resultados de encuesta de calificación de percepción del turista.	168

Figura 78. Instalaciones para el servicio turístico y ordenamiento de playa Bocagrande.....	171
Figura 79. Ordenamiento de Playa Bocagrande.....	175
Figura 80. Propuesta de ordenamiento de playa para playa Crespo.....	177
Figura 81. Ordenamiento e instalaciones de Playa Azul La Boquilla.....	177
Figura 82. Cartilla lado 1 de educación y sensibilización.	180
Figura 83. Cartilla lado 2 de educación y sensibilización.	181
Figura 84. Propuestas para la educación y sensibilización para las zonas objeto de estudio.	182

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de los usos sociales del mar y la costa (M: área marina; C: franja costera; T: área terrestre).	29
Tabla 2. Clasificación de las actividades económicas en el mar y la costa (M: área marina; C: franja costera; T: área terrestre).....	31
Tabla 3. Sistema de semáforo de la escala de calidad.....	37
Tabla 4. Variables fisicoquímicas monitoreadas por estaciones REDCAM.	38
Tabla 5. Factores contaminantes presentados por la REDCAM.....	38
Tabla 6. Antecedentes contexto Internacional, Nacional y Local.....	51
Tabla 7. Revisión del Estado del Arte.	53
Tabla 8. Marco Legal, conjunto, normas y reglamentos para el diagnóstico de la calidad del agua en playas.....	58
Tabla 9. Descripción del área de estudio y problemáticas asociadas.	65
Tabla 10. Realización de parámetros en los meses y años monitoreados.	73
Tabla 11. Medición de parámetros 'In-Situ' y 'Ex-Situ'.....	74
Tabla 12. Tabla de operacionalización de variables.	76
Tabla 13. Plantilla para la recolección de datos de los parámetros monitoreados en los meses y años para las áreas de estudio.	78
Tabla 14. Parámetros admisibles de interés de la RESOLUCIÓN No. 1315 de 12 DE AGOSTO DE 2020.	79
Tabla 15. Ficha Metodológica para realización de encuesta.....	86
Tabla 16. Matriz para propuesta de educación y sensibilización en las áreas objeto de estudio.	93
Tabla 17. Matriz de indicadores según propuestas de sensibilización en las zonas objeto de estudio.....	93
Tabla 18. Registro de datos de parámetros monitoreados.	101
Tabla 19. Resultados ICAM de los parámetros monitoreados en cada playa.....	105
Tabla 20. Discusión de resultados ICAM para Playa Bocagrande.	106
Tabla 21. determinantes e impactos según resultado ICAM para Playa Bocagrande.	107
Tabla 22. discusión de resultados ICAM para Playa Crespo.	108
Tabla 23. Determinantes e impactos según resultado ICAM para playa Crespo.	109
Tabla 24. Discusión de resultado ICAM para Playa Azul La Boquilla.....	110
Tabla 25. Determinantes e impacto según resultado ICAM para Playa Azul La Boquilla.....	111
Tabla 26. Factores claves que contempla la REDCAM	152
Tabla 27. Causa y efecto para acciones correctivas propuestas.	161
Tabla 28. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Bocagrande.....	172
Tabla 29. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Crespo.	173
Tabla 30. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Crespo	175
Tabla 31. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Azul La Boquilla.	178
Tabla 32. Matriz de indicadores según propuestas de sensibilización en las zonas objeto de estudio.....	183

GLOSARIO

Playa: Es una extensión de tierra, ya sea natural o artificial, situada a la orilla de un océano, mar, lago o río.

Aguas de baño: Se refiere a cualquier cuerpo de agua, como playas o ríos, donde las personas se bañan o nadan. En la investigación ambiental, estas aguas son estudiadas por los riesgos potenciales para la salud pública asociados con contaminantes incluyen la presencia de productos químicos, bacterias y virus.

Turismo de playas: Este tipo de turismo implica viajar a las costas para disfrutar del entorno de la playa y el mar. Incluye actividades como tomar el sol, nadar, surfear, practicar deportes acuáticos, gastronomía local, etc.

Monitoreo de playas: Consiste en la recolección de datos en las playas para evaluar su calidad y estado de conservación.

Parámetros de medición en playas: Son las variables o medidas utilizadas para evaluar las características físicas de una playa, como su forma, tamaño y orientación.

Impacto ambiental en playas: Se refiere a los efectos negativos de las fuerzas naturales y las acciones humanas en los ecosistemas de playa, incluyendo la contaminación del agua y la arena, la erosión, la pérdida de biodiversidad y la alteración del hábitat natural de las especies que viven en estos entornos.

Índices de calidad del agua en playas: Se emplean para analizar la calidad del agua de baño en las playas y determinar si es segura para los bañistas.

1. RESUMEN

Las playas no solo tienen fines turísticos; también es esencial asegurar la seguridad y salud de las aguas recreativas. Este aspecto ha captado la atención global, vinculándose estrechamente con el crecimiento económico y la salud humana. Las acciones humanas y la dinámica de las playas afectan significativamente la calidad del agua, por lo que es crucial cuantificar y evaluar los factores que influyen en estos cambios para una gestión efectiva de las aguas de baño.

En el presente trabajo, se evaluó la calidad del agua en las playas Bocagrande, Crespo y Playa Azul La Boquilla en Cartagena, Colombia, durante una época de transición en junio y julio. Se seleccionaron los años 2019, 2022 y 2023, marcando un análisis antes y después de la pandemia de COVID-19, con un seguimiento continuo en 2023 para analizar las variaciones en la calidad del agua.

Se abordaron objetivos puntuales como el análisis espacio-temporal durante los períodos de transición usando el cálculo de ICAs (ICAM). También se identificaron factores determinantes que afectan la calidad del agua en relación con el turismo de sol y playa. Además, se propuso un ordenamiento para Playa Crespo, evaluando también las playas Bocagrande y Playa Azul La Boquilla. Se llevaron a cabo actividades de educación y sensibilización, y se evaluaron los ICAs para cada parámetro medido. Asimismo, se realizó una encuesta sobre la percepción del turista en cuanto a la calidad ambiental y la situación de la playa, incluyendo preguntas sobre la certificación de bandera azul. Finalmente, se propuso una ruta para la gestión sostenible de la calidad del agua en estas playas.

Palabras clave: Calidad del Agua, Parámetros, Cartagena de Indias, Impactos, Índices de calidad, Playas de Bocagrande, Crespo, Playa Azul, Monitoreo.

2. ABSTRACT

Beaches serve not only tourism purposes; it is also essential to ensure the safety and health of recreational waters. This aspect has garnered global attention, closely linking to economic growth and human health. Human actions and beach dynamics significantly affect water quality, making it crucial to quantify and evaluate the factors influencing these changes for effective bathing water management.

In this study, water quality was evaluated at Bocagrande, Crespo, and Playa Azul La Boquilla beaches in Cartagena, Colombia, during a transition period in June and July. The selected years were 2019, 2022, and 2023, marking an analysis before and after the COVID-19 pandemic, with continuous monitoring in 2023 to analyze variations in water quality.

Specific objectives included spatiotemporal analysis during the transition periods using ICAs (ICAM) calculations. Determining factors affecting water quality in relation to sun and beach tourism were identified. Additionally, a zoning proposal for Playa Crespo was made, also evaluating Bocagrande and Playa Azul La Boquilla beaches. Educational and awareness activities were conducted, and ICAs were evaluated for each measured parameter. A survey on tourists' perception regarding environmental quality and beach conditions was also performed, including questions about Blue Flag certification. Finally, a sustainable water quality management route was proposed for these beaches.

Keywords: Water Quality, Parameters, Cartagena de Indias, Impacts, Quality Indices, Bocagrande Beaches, Crespo, Playa Azul, Monitoring.

3. INTRODUCCIÓN

La playa es un entorno complejo que requiere una definición exhaustiva debido a sus múltiples perspectivas. Geomorfológicamente, representa la unidad predominante en la mayoría de las costas. Además de sus beneficios económicos, como la industria turística, las actividades recreativas y la expansión inmobiliaria, la playa es ampliamente apreciada por la población como un espacio ideal para el ocio, la recreación y el descanso (C.-M. Botero et al., 2015). Según estadísticas oficiales, el 68% de los visitantes internacionales eligen las playas colombianas como destino turístico. Esto subraya la necesidad urgente de gestionar de manera efectiva los recursos costeros, mantener la calidad del agua superficial y proporcionar una amplia gama de servicios diseñados para cumplir con las necesidades de diferentes usuarios (Gallardo García, 1970).

Además de la actividad humana, fenómenos como la eutrofización, la decoloración de los recursos hídricos y la proliferación de algas nocivas impactan negativamente la calidad del agua en áreas recreativas costeras. Estos elementos representan riesgos para la salud humana debido a la producción de toxinas, que pueden afectar a los usuarios de estos espacios recreativos. Por lo tanto, es fundamental realizar estudios y monitoreos continuos para detectar y gestionar estos fenómenos en las zonas costeras recreativas, asegurando así la seguridad y el bienestar de los individuos que las frecuentan (De Giglio et al., 2022).

Este estudio se ha estructurado metodológicamente en tres fases para abordar las playas Bocagrande, Crespo y Playa Azul La Boquilla en Cartagena, Bolívar. La Fase 1 se enfoca en la evaluación y diagnóstico de la calidad del agua mediante el monitoreo de parámetros ambientales específicos, presentados a través de indicadores para estas áreas costeras. La Fase 2 evalúa los factores determinantes que causan impacto en la calidad del agua en estos espacios, con el objetivo de informar las decisiones relacionadas con el uso turístico de las playas. La Fase 3 propone estrategias para la gestión de la calidad del recurso hídrico en las playas estudiadas, con un enfoque en la sensibilización comunitaria para promover un uso adecuado de este recurso.

3.1. Planteamiento del problema

Las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul La Boquilla en Cartagena, Bolívar, son zonas costeras altamente frecuentadas tanto por turistas como por residentes locales. Sin embargo, a pesar de su importancia económica y recreativa, estos entornos costeros enfrentan una creciente degradación en la calidad del agua debido a múltiples factores que afectan la sostenibilidad de sus ecosistemas marinos. La acumulación de desechos, las descargas de aguas residuales, el turismo masivo y la falta de una adecuada gestión de los recursos hídricos han acelerado el deterioro de estos espacios, poniendo en riesgo no solo la biodiversidad, sino también la salud pública y el bienestar económico de la región.

Este escenario plantea una necesidad urgente de gestionar adecuadamente los recursos hídricos y costeros, implementando medidas que aseguren la preservación de los ecosistemas y permitan un uso sostenible de las playas. El enfoque de este estudio se centra en cómo la calidad del agua puede mejorarse a través de estrategias efectivas de monitoreo, control y sensibilización comunitaria.

3.2. Pregunta de investigación

A partir de lo anterior, se formula la siguiente pregunta problema que guiará este estudio:

¿Cómo se puede mejorar la gestión de la calidad del agua en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul La Boquilla de Cartagena, Bolívar, teniendo en cuenta la complejidad del entorno costero y la variedad de factores que ejercen influencia sobre ella, con el fin de garantizar su uso sostenible y preservar los ecosistemas marinos en la región costera de Cartagena?

3.3. Justificación del estudio

Este trabajo es significativo debido a su enfoque en la calidad del agua en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul La Boquilla. La precisión de los datos proporcionados permitirá a las autoridades locales y a los gestores ambientales tomar decisiones fundamentadas para la preservación de los ecosistemas costeros. La salud de estos ecosistemas es clave no solo para la biodiversidad marina, sino también para garantizar el uso recreativo y turístico sostenible de estos espacios, de los cuales dependen en gran medida las economías locales.

La creciente demanda turística en Cartagena ha incrementado la presión sobre los recursos naturales. Por ello, este estudio no solo proporcionará una base científica sólida sobre la cual desarrollar políticas y estrategias de gestión, sino que también abordará la concientización y educación ambiental de la población y los turistas. Proteger los ecosistemas marinos es una prioridad para garantizar la sostenibilidad económica y ecológica de la región.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Evaluar la calidad de agua en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul de Cartagena de Indias en época de transición junio-julio 2023, comparando con los resultados obtenidos de la época de transición junio-julio 2022 y 2019.

4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la calidad de agua de las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul de Cartagena de Indias mediante el cálculo de ICAs e ICAM y realizar comparación de la época junio – julio 2023, junio – julio 2022 y 2019.
- Establecer los factores determinantes que afectan la calidad del agua en playas turísticas y su relación con el turismo de sol y playa.
- Proponer una ruta para la gestión sostenible de la calidad del agua en playas turísticas del área de estudio.

5. MARCO TEÓRICO

5.1. Diagnóstico de la calidad del agua en playas turísticas

El análisis del recurso hídrico en las playas turísticas es crucial en las áreas costeras debido a su impacto significativo en el desarrollo social. Este proceso se fundamenta en analizar tanto la calidad sanitaria como ambiental del agua, con el objetivo de asegurar la seguridad y el bienestar de los visitantes, además de proteger el entorno natural. El interés de la calidad del agua radica en su influencia directa en la salud pública. Mediante diagnósticos regulares, se puede detectar la existencia de contaminantes y microorganismos patógenos en el agua, lo cual es de importancia para prevenir enfermedades y preservar la salud de los bañistas. Además, la evaluación de la calidad del agua contribuye a la conservación del medio ambiente marino al identificar orígenes de contaminación y la implementación de medidas para la conservación de la vida marina y los ecosistemas acuáticos (Zamora Martínez & Delgado Muñoz, 2019).

La existencia de agua de calidad en las playas es un factor crucial para atraer turistas y promover un turismo sostenible a largo plazo. La provisión de playas limpias y seguras genera confianza entre los visitantes, lo que estimula la economía local al aumentar la demanda turística. Este efecto positivo conduce a la creación de empleos y al fortalecimiento general de la comunidad.

5.2. Monitoreo ambiental de playas turísticas

El concepto de calidad ambiental en playas turísticas abarca múltiples enfoques, como la seguridad, los servicios, la infraestructura y la percepción de los usuarios (De Araújo & Da Costa, 2008). Los criterios para evaluar esta calidad suelen incluir aspectos como la seguridad física del usuario, los riesgos de salud asociados al agua o la arena, y la estética en términos de limpieza e higiene (Micallef & Williams, 2002). Además, se han medido parámetros como criterios objetivos en la evaluación de calidad ambiental, aunque también se han aplicado iniciativas de manejo costero para conocer el estado de las playas (Roca et al., 2008).

A la vez, la observación regular y estandarizada de parámetros ambientales permite evaluar el estado natural y sanitario de la playa. Este proceso es crucial para detectar cambios en la cobertura y la condición ambiental de los ecosistemas a lo largo del tiempo (Zielinski, 2012).

- **Monitoreo de parámetros fisicoquímicos**

La supervisión de la calidad del agua es un proceso sistemático que abarca la recopilación de datos sobre los parámetros fisicoquímicos del cuerpo de agua y la observación de las condiciones ambientales circundantes. Este enfoque permite analizar el estado de los recursos hídricos, identificar posibles fuentes de contaminación y evaluar la efectividad de las estrategias de gestión y control implementadas. Para obtener una visión completa y representativa de la calidad del agua en el área de muestreo, es esencial realizar monitoreos periódicos en varios puntos del cuerpo de agua. Además, es importante considerar las variaciones espaciales y temporales de los parámetros analizados, así como tomar medidas para reducir al mínimo el impacto del muestreo sobre el ecosistema acuático (B. M. de Castro et al., 2006).

- **Kit Educativo de Pruebas de Ciencias Marinas Back Pack Lab™**

El Kit Educativo de Pruebas de Ciencias Marinas Back Pack Lab™ está contenido en un morral que incluye una serie de herramientas y equipos esenciales para la realización de pruebas in situ sobre la calidad del agua y otros parámetros ambientales. Entre los dispositivos más destacados se encuentran un probador de conductividad, un probador de pH y un hidrómetro para medir la salinidad, además de reactivos y materiales para evaluar el oxígeno disuelto, la temperatura del agua, y los niveles de nitratos y fosfatos. Estos parámetros fisicoquímicos son fundamentales para evaluar la salud de los ecosistemas marinos (Hanna Instruments Colombia, s. f.).

El kit también incluye instrucciones detalladas, manuales de procedimiento y hojas de datos que facilitan tanto la realización de las pruebas como el registro de los resultados, lo que lo convierte en una herramienta útil para investigadores y estudiantes en el campo.

- **Verificación y calibración de equipos**

La calibración de equipos implica comparar las medidas obtenidas por un dispositivo con las de un instrumento calibrado para verificar que cumple con los requisitos y especificaciones declaradas. Este proceso proporciona evidencia objetiva de que el equipo satisface las normativas legales y estándares aplicables, asegurando así la fiabilidad y precisión de las mediciones realizadas (Concrelab, 2020).

- **Parámetros fisicoquímicos para el diagnóstico de las aguas de baño**

En la Figura 1 y Figura 2 se ilustran los parámetros fisicoquímicos son fundamentales tanto para la salud de los usuarios como para la del ecosistema acuático, y constituyen la base para el diagnóstico de la calidad del agua de baño.

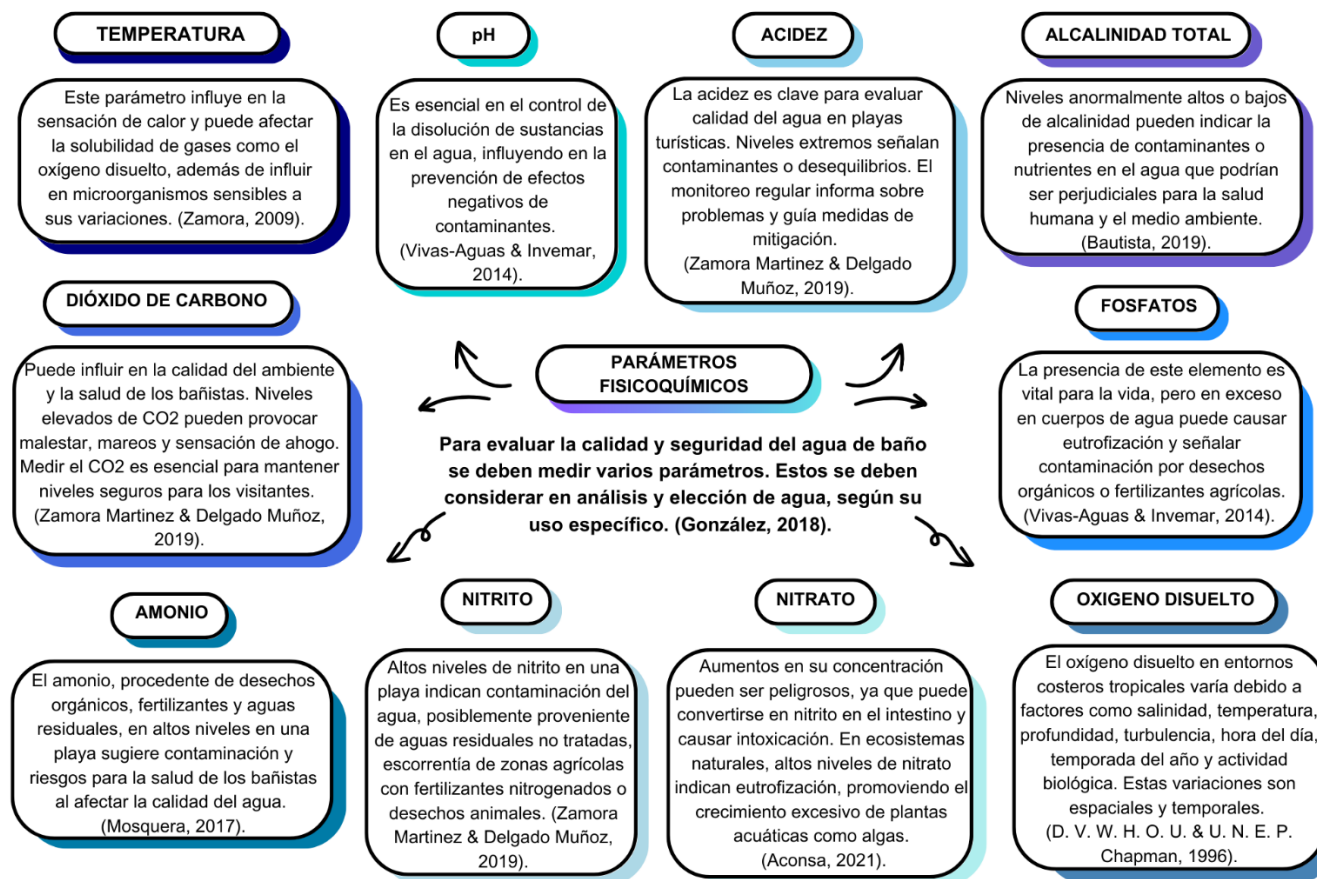


FIGURA 1. PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS PARA LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO.

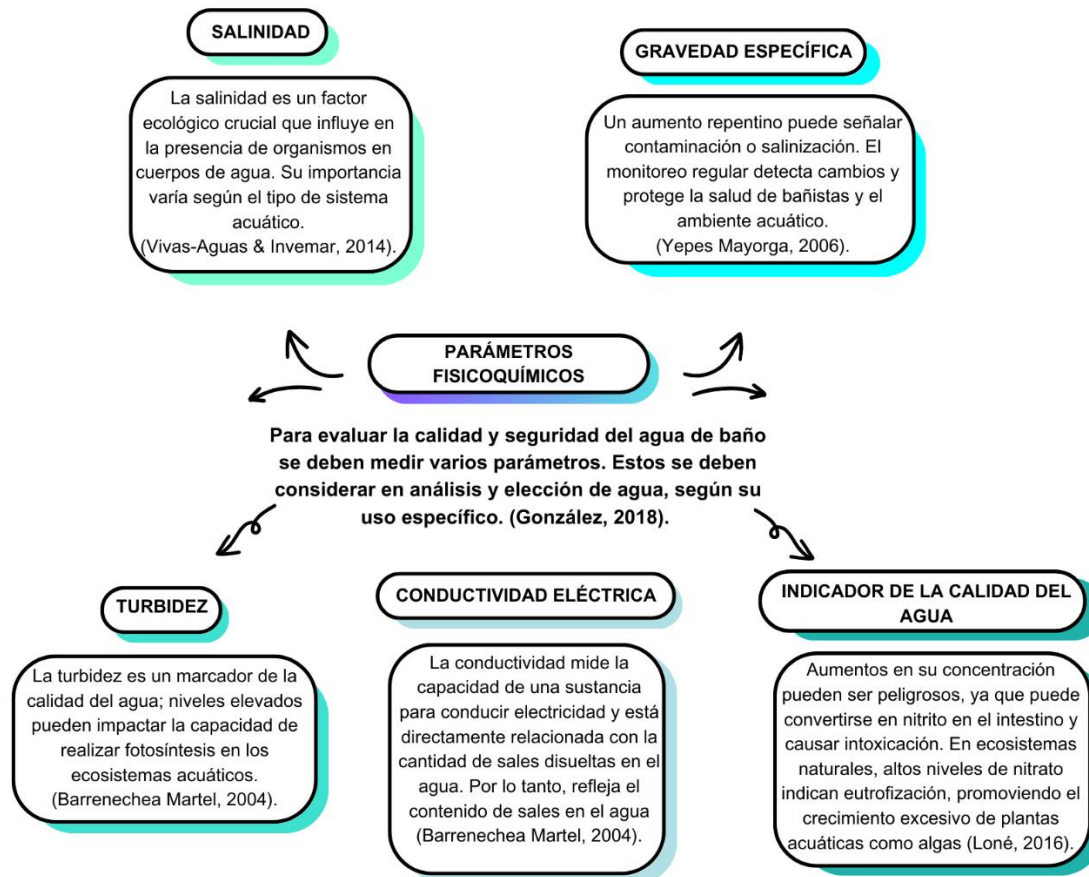


FIGURA 2. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS PARA LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE BAÑO, CONTINUACIÓN DE LA FIGURA 1.

5.3. Factores determinantes de la calidad del agua y su impacto en el turismo de sol y playa

El turismo representa un factor relevante en el aumento del estrés hídrico en países que ya enfrentan este problema, y que son particularmente vulnerables al cambio climático. Términos como "sol y playa" y "sequía y vulnerabilidad ambiental" se encuentran frecuentemente asociados con esta situación (García & Torras, 2017).

Como resultado, la contaminación del agua en áreas costeras frágiles se atribuye principalmente al aumento del turismo y las actividades de los visitantes. Por lo tanto, en destinos turísticos costeros, la preservación de la calidad ambiental emerge como un aspecto crucial que debe ser prioritario para evitar el deterioro del ecosistema y asegurar la sostenibilidad a largo plazo del lugar (Torres-Bejarano et al., 2018).

Es sabido que existen pequeños vertederos ocasionales en áreas cercanas e incluso dentro de las dunas (Agencia de protección ambiental de Estados Unidos, 2024). La contaminación del suelo resulta de residuos líquidos y sólidos originados por el turismo, así como de combustibles y lubricantes utilizados por vehículos en circulación tanto dentro como fuera de las instalaciones hoteleras. Además, detergentes, pesticidas, metales pesados y otras sustancias químicas que contaminan el entorno, constituyendo un riesgo para la salud humana al acumularse en los peces y al fomentar la acumulación de algas tóxicas. Organismos como peces, mamíferos marinos, reptiles y aves se ven influenciados por la presencia de residuos no biodegradables como el plástico, mientras que la eutrofización deteriora el mar al reducir el oxígeno vital para muchos organismos (Calzadilla Mileidis Nieves, 2014).

- **Actividades Antrópicas**

Han sido identificados principalmente cuatro factores clave: el rápido crecimiento de las poblaciones costeras, lo cual implica desarrollo urbano y contaminación ambiental; la pesca y la acuicultura, que afectan los hábitats y las poblaciones animales dependientes; el aprovechamiento de recursos minerales y petroleros; y el desarrollo turístico, ambos responsables de la degradación de hábitats y la contaminación del medio marino y costero (Comité Editorial, 2008).

Es crucial destacar que estos factores de transformación ejercen una alteración negativa en la biodiversidad y la calidad ambiental de las costas, afectando tanto a las comunidades humanas como

a las poblaciones animales que dependen de estos ecosistemas. Por lo tanto, para garantizar la preservación y protección de los recursos marinos y costeros, es fundamental implementar medidas y políticas que promuevan una gestión adecuada y sostenible.

- **Impactos ambientales, económicos y sociales relacionados a la calidad del agua y turismo**

Según la Organización Mundial del Turismo (OMT) en 2015, el número de turistas a nivel global aumentó de 278 millones en 1980 a 1,133 millones en 2014, superando los mil millones en 2012. Estimándose que esta cifra llegue a 1,800 millones para 2030. Además, se reportó un incremento del 6% en la cantidad de visitantes extranjeros en el Caribe en ese mismo año, con aumentos destacados en destinos pequeños como las Islas Turcas y Caicos (aumento del 50%), Montserrat (aumento del 22%), Granada (aumento del 15%), Haití (aumento del 11%) y las Islas Caimán (aumento del 11%)(«Panorama OMT del turismo internacional, Edición 2015», 2015).

La Ley N° 29338, conocida como Ley de Recursos Hídricos, contempla principios reguladores para el uso y la gestión integral de los recursos hídricos debido a su importancia fundamental. Esta ley promueve el análisis y gestión integrada del agua, lo cual implica considerar aspectos socioculturales, económicos y ambientales del recurso hídrico. Es ampliamente reconocido que el turismo costero tiene un impacto económico significativo en muchas regiones del mundo. Sin embargo, también es evidente que puede generar alteraciones negativas tanto en la sociedad como en el medio ambiente (Guevara Pérez & De La Torre Villanueva, 2019).

Sin embargo, la sobresaturación puede llevar a niveles perjudiciales para el ambiente y su ciclo natural si la planificación del espacio turístico no evalúa rigurosamente la capacidad de acogida de los destinos. A menudo se buscan alternativas para abordar este problema, como estudios de coste-beneficio e impacto ambiental. No obstante, es crucial que la capacidad de carga se considere de manera integral junto con los análisis de impacto (Ascanio, 1994).

Por otra parte, los estudios de impacto social frecuentemente emplean "indicadores sociales", que abarcan aspectos como la calidad de vida, el estilo de vida de la comunidad, la estabilidad residencial, la cohesión social y las variaciones en los patrones demográficos (Bisset & Tomlinson, 1985).

5.4. MAREMTORIO: Un análisis del entorno marino costero

Colombia tiene una extensión costera de 3,189 kilómetros, que contiene 4 archipiélagos, más de 100 islas, 17 cayos, 42 bahías, 5 golfos y 2,860 kilómetros de arrecifes de coral, abarcando una superficie total de 928,660 kilómetros cuadrados de agua marina (Orozco Zárate, 2021).

El nuevo concepto, denominado Maremtorio según se ilustra en la Figura 3, se fundamenta en la descripción de tres elementos clave: espacio, función social y autoridad (C. Botero, 2019).

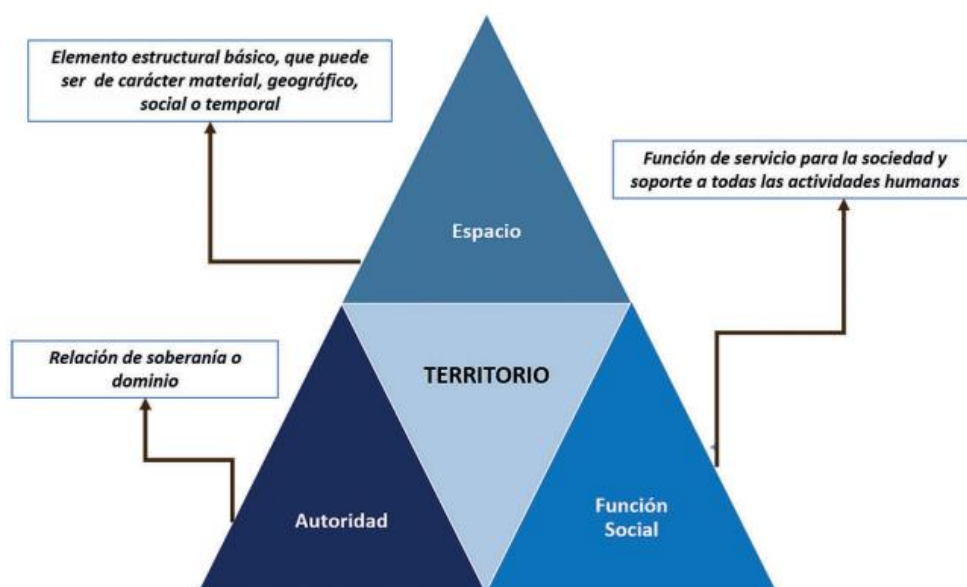


Figura 3. Elementos del territorio

Fuente: (C. Botero, 2019)

La propuesta del Maremtorio busca integrar la gestión del mar y la costa desde una perspectiva integral, reconociendo su importancia como un territorio con características únicas que deben ser gestionadas de manera adecuada. Para proponer un enfoque integral que facilite la gestión sostenible de estos espacios, se destacan tres elementos esenciales: espacio, función social y autoridad (Barragán, 2014) describe siete espacios distintos en la geografía de las zonas costeras Figura 4:

a. Aguas oceánicas; b. Aguas litorales; c. Espacio intermareal; d. Borde del litoral; e. Frente del litoral; f. Aguas terrestres y litorales; y g. Aguas continentales y terrestres.

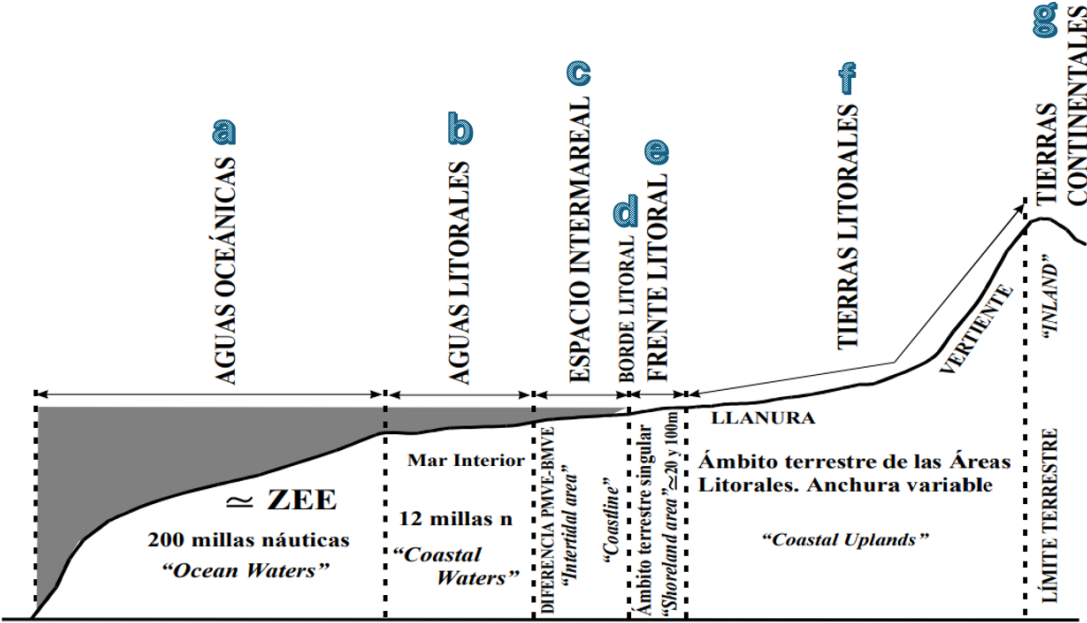


Figura 4. Geografía de áreas litorales.

Fuente: Adaptado de (Barragán Muñoz, 2004).

En términos de actividad social, el factor común radica en su importancia para cubrir las necesidades fundamentales de la sociedad, tanto a nivel colectivo como individual. Estos usos pueden considerarse como ocupaciones primarias del territorio, es decir, actividades que preceden a otras ocupaciones con un interés más económico y que requieren condiciones previas para su desarrollo (C. Botero, 2019).

Para la actividad social se clasifican los usos del mar y la costa como se presenta a continuación en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de los usos sociales del mar y la costa (M: área marina; C: franja costera; T: área terrestre).

Fuente: Adaptado de (C. Botero, 2019).

CATEGORÍA DE USO	USO	UBICACIÓN		
		M	C	T
Espacio natural protegido	Área Natural Pública	X	X	X

	Área Natural Protegida sociedad civil	X	X	X
	Residencial de baja densidad			X
	Residencial de alta densidad			X
Asentamientos humanos	Segunda residencia de baja intensidad			X
	Segunda residencia de alta intensidad			X
	Asentamientos palafíticos		X	
	Residencial de lujo		X	
	Área Cultural Protegida Pública	X	X	X
Tradiciones locales (patrimonio cultural)	Producción de Artesanías			X
	Territorios Tradicionales	X	X	X
	Zona ceremonial	X	X	X
	Suministro de Arena en playas		X	
	Infraestructura Vial		X	
	Instalaciones eléctricas	X	X	X
	Muelles públicos	X		
	Obras de protección costera		X	
Infraestructura e instalaciones	Paseos y camellones			X
	Poliductos (gas/petróleo)	X	X	X
	Vías férreas		X	
	Señalización marítima (canales de acceso boyado)	X		
	Señalización costera (faros, carteles)		X	
	Aeropuertos	X	X	X
	Cables submarinos	X		
	Emisario submarino	X		
Receptor de vertidos	Incineradora de residuos			X
	Relleno sanitario		X	
	Instalaciones militares en tierra			X
Defensa y Seguridad	Instalaciones militares en tierra		X	
	Instalaciones de la Policía Nacional o Local			X

Así mismo, se hace una clasificación de actividades económicas en el mar y la costa como se presenta a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación de las actividades económicas en el mar y la costa (M: área marina; C: franja costera; T: área terrestre).

Fuente: Adaptado de (C. Botero, 2019).

CATEGORÍA DE USO	USO	UBICACIÓN		
		M	C	T
Actividades Extractivas o primarias	Exploración de petróleo	X	X	X
	Extracción de moluscos y bivalvos		X	
	Minería costera (áridos, salinas)		X	
	Minería de fondos marinos	X		
	Pesca de Arrastre	X		
	Pesca Artesanal	X		
	Pesca de altura	X		
Actividades Básicas	Acuicultura		X	X
	Agricultura Comercial			X
	Agricultura de subsistencia			X
	Avicultura y Porcicultura			X
	Extracción de Madera Comercial			X
	Extracción de Madera Local			X
	Ganadería		X	
Actividades Industriales	Maricultura	X	X	
	Desalinización	X		
	Generación de energía eólica	X		
	Generación de energía mareomotriz	X		
	Generación de energía térmica		X	X
	Manufactura		X	
	Astilleros y construcción naval		X	X
Comercio y transporte marítimo	Siderurgia	X	X	
	Transporte Marítimo Interno	X		
	Transporte Marítimo Cabotaje	X		
	Transporte Marítimo Internacional	X		
	Mega puertos (HUB)		X	

	Puertos de mercancía general		X	
	Puertos de graneles sólidos		X	
	Puertos multipropósito		X	
	Puertos de gráneles líquidos o gaseosos		X	
	Puertos de contenedores		X	
	Puertos pesqueros		X	
Actividades de Turismo y recreación	Turismo de Naturaleza	X	X	X
	Turismo Náutico	X	X	
	Turismo Recreativo		X	
	Turismo de Cruceros	X	X	
	Turismo de Avistamiento Ballenas	X		
	Turismo de Aventura	X	X	X
	Recreación Urbana		X	
	Pesca Deportiva	X		
	Campos de Golf		X	
	Buceo Recreativo	X		

Como se muestra en la Figura 5 el territorio marino-costero no escapa a la autoridad ejercida por el Estado. El hecho de que el mar sea siempre una zona de frontera y que existan extensas áreas marinas sin autoridad nacional (conocidas como La Zona), ha conducido a la creación de un marco jurídico específico para este entorno. A nivel nacional, se ha implementado normativa específica para el Maremtorio, con el propósito de armonizar la función social de las áreas de uso y aprovechamiento que se encuentran en este vasto espacio. Para respaldar la gestión del mar, se han desarrollado diversos instrumentos operativos y de planificación a nivel global, algunos de los cuales se adaptan a las circunstancias de Colombia. Sin embargo, el instrumento más significativo es de naturaleza jurídica y se refiere a una legislación completa, integrada y coherente para el territorio marino-costero, reconociendo su importancia para el desarrollo nacional, así como sus fortalezas y debilidades (C. Botero, 2019).

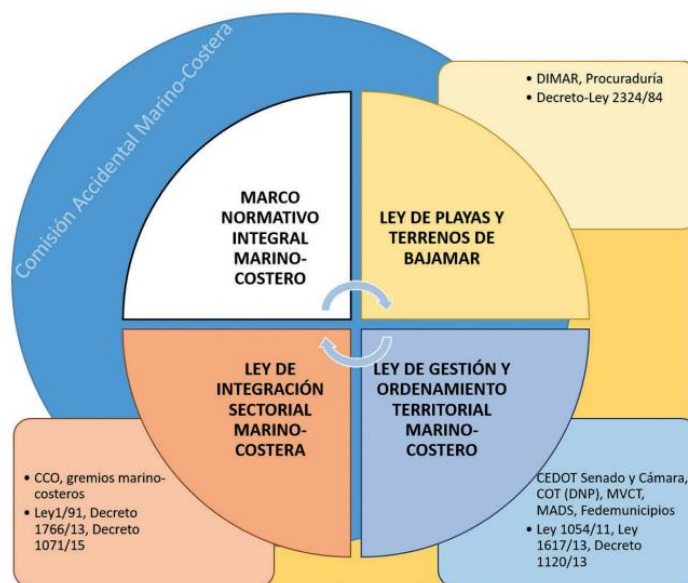


Figura 5. marco normativo integral marino-costero.

Fuente: (C. Botero, 2019).

- **Economía turística**

La economía turística es crucial debido a que el turismo representa una de las industrias más grandes y de más rápido incremento a nivel mundial, generando empleos y oportunidades de negocio. Además, puede tener un impacto considerable en la economía de una región o país, como se presenta en la Figura 6. Asimismo, la economía turística considera los aspectos ambientales y sociales relacionados con la actividad turística, promoviendo su integración con el desarrollo sostenible (Elorza Martínez et al., 2019).



Figura 6. Efectos Económicos positivos y negativos en el turismo de sol y playa.

Fuente: Adaptado de (Elorza Martínez et al., 2019).

- **Economía circular**

La economía circular es un enfoque económico estrechamente ligado a la sostenibilidad. Su objetivo es preservar el valor de productos, materiales y recursos como el agua, vidrio, papel, metales y energía dentro de la economía durante un largo tiempo, al mismo tiempo que se busca minimizar la producción de residuos (Melgarejo, 2019).

Al mismo tiempo, la economía circular se enfoca en completar el ciclo de vida de productos y servicios para reducir la extracción de recursos naturales y la producción de desechos, promoviendo así una economía más eficiente y sostenible, como se presenta en la Figura 7.

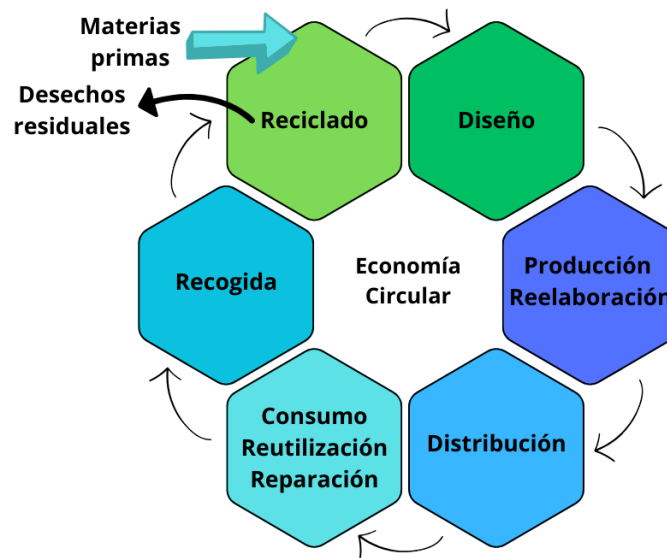


Figura 7. Economía circular.

Fuente: Adaptado de (SgROI et al., 2018).

El sector recurso hídrico desempeña un papel crucial en la transición de sistemas económicos lineales a modelos circulares. Esto se debe a su gestión de un recurso vital, que suele ser escaso, y requiere eficiencia debido a la naturaleza cíclica del ciclo del agua. Además, el sector del agua interactúa significativamente con la energía y la gestión de residuos, facilitando la recuperación de materias primas secundarias (SgROI et al., 2018).

Además, en el contexto de la calidad del agua de baño, la economía circular implica reutilizar el agua de manera que simule su ciclo natural. Esto implica que el agua cae como lluvia, se reintegra en el sistema a través de ríos, lagos y aguas subterráneas, y eventualmente se evapora de los océanos (Melgarejo, 2019).

La Estrategia de Economía Circular 2030 (Gobierno de España, 2018) según se muestra en la Figura 8 se centra en varios ejes de acción:

1. **Producción:** Su objetivo es facilitar la fabricación de productos más duraderos, reparables y reciclables, con el propósito de disminuir la generación de residuos y el uso de sustancias dañinas.

2. **Consumo:** Promueve un consumo responsable, incluyendo servicios, para prevenir y reducir la generación de residuos.
3. **Gestión de residuos:** Fomenta la recuperación y reciclaje de residuos, reconociendo que desperdiciar recursos es costoso y dañino para el medio ambiente.
4. **Materias primas secundarias:** Favorece el uso de materias primas recicladas para un aprovechamiento sostenible de los recursos.
5. **Reutilización y depuración del agua:** Enfoca la importancia del agua en la economía, haciendo hincapié en su reutilización y purificación.

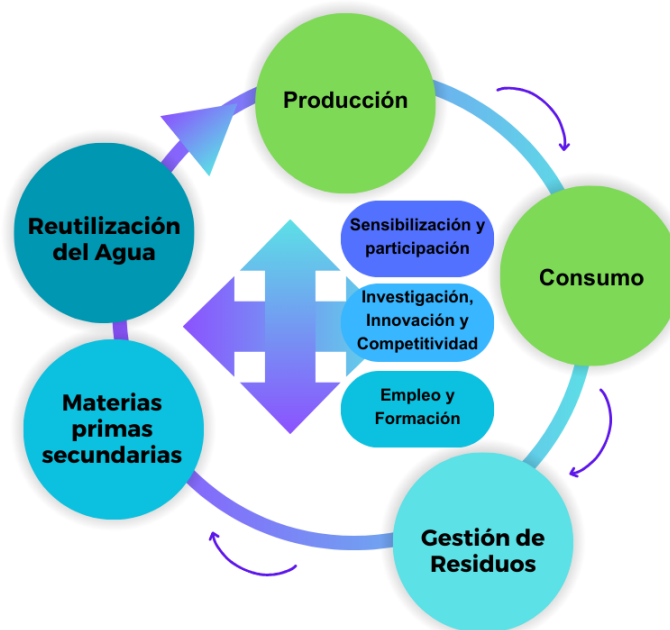


Figura 8. Actuaciones de la Estrategia Española de Economía Circular.

Fuente: Adaptado de (Gobierno de España, 2018).

Además, la Estrategia de Economía Circular 2030 incorpora líneas de actuación transversales:

1. **Sensibilización y participación:** Involucra activamente a la ciudadanía en decisiones de consumo informado y en la separación de residuos, aspectos clave para avanzar hacia una economía circular.

2. **Investigación, innovación y competitividad:** Subraya la importancia de la investigación y la innovación dentro de la estrategia, impulsando la competitividad en este ámbito.
3. **Empleo y formación:** Aborda la creación de empleo, la formación y la mejora de los puestos de trabajo en el cambio hacia una economía circular.

5.5. Estrategias de monitoreo de la calidad ambiental del agua en playas turísticas en el caribe colombiano

El Proyecto REDCAM ha sido diseñado con el propósito de recopilar, analizar y sistematizar información sobre la calidad del recurso hídrico en zonas marinas y costeras. Esta iniciativa considera una variedad de variables fisicoquímicas y contaminantes, lo cual permite la emisión de alertas a la comunidad o la presentación de conclusiones basadas en los resultados obtenidos. REDCAM está compuesto por 16 nodos pertenecientes a instituciones como las CAR costeras, DAMA e institutos, los cuales están conectados a un servidor ubicado en el INVEMAR en Santa Marta. Muchos de estos nodos generan información primaria desde sus propios laboratorios. El objetivo principal de esta red es garantizar la calidad del agua en zonas marinas y costeras mediante la recolección y análisis de datos precisos y actualizados (Garcés & L. Espinosa, 2017).

La Tabla 4 muestra la monitorización de variables fisicoquímicas durante el año 2019, realizada por el Proyecto REDCAM en estaciones de investigación específicas. Estas variables fueron evaluadas utilizando un sistema codificado por colores, conocido como sistema de semáforo, que se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Sistema de semáforo de la escala de calidad.

Fuente: Adaptado de (Garcés & L. Espinosa, 2017).

Escala de calidad	Color	Categorías	Descripción
Óptimo	Azul	100 - 90	Calidad excelente del agua
Adecuado	verde	90 - 70	Agua en buenas condiciones
Aceptable	Amarillo	70 - 50	Agua que conserva buenas condiciones y pocas restricciones de uso
Inadecuado	Naranja	50 - 25	Agua que presenta muchas restricciones de uso
Pésimo	Rojo	25 - 0	Agua con muchas restricciones de uso que no permiten un uso adecuado

Tabla 4. Variables fisicoquímicas monitoreadas por estaciones REDCAM.

Fuente: Adaptado de (Garcés & L. Espinosa, 2017).

AÑO	ZONA	ESTACIÓN	pH	PO ₄	NO ₂	SST	OD	DBO ₅	CTE
2019	BAHÍA AFUERA	Escollera submarina			NM			NM	
		Playa Bocagrande							
		Playa Crespo						NM	
		Playa Manzanillo						NM	
		Playa Marbella						NM	
		Tierra Bomba			NM			NM	

En la Tabla 5 proporciona informes detallados sobre las actividades contaminantes registradas en las estaciones de interés, así como la calidad del agua destinada al uso recreativo durante los años 2019 y 2022. Además, se lleva a cabo una evaluación de estos datos utilizando un sistema de codificación por colores basado en el Índice de Calidad del Agua para Recreación (ICAM).

Tabla 5. Factores contaminantes presentados por la REDCAM.

Fuente: Adaptado de (Garcés & L. Espinosa, 2017).

AÑO	ZONA	ESTACIÓN	ICAM	ACTIVIDADES CONTAMINANTES	CALIDAD DE AGUA PARA USO RECREATIVO
2019	BAHÍA AFUERA	Escollera submarina		Se destacan por su importancia e impactos	Para el año 2019 no se presentó ninguna
		P. Bocagrande		los desechos de las	concentración de
		P. Crespo		actividades industriales,	coliformes totales por
		P. Manzanillo		marítimas y portuarias,	encima del límite
		P. Marbella		actividades	permisible, cabe resaltar
		Tierra Bomba		agropecuarias, el turismo convencional y	que la playa Bocagrande presentó índices elevados.

2022	BAHÍA AFUER A			los desechos líquidos y sólidos.	En el año 2022, ninguna playa registró niveles de coliformes totales superiores al límite permitido, excepto la playa Bocagrande, que sigue teniendo niveles elevados en comparación con las otras playas, pero sin poner en peligro a los bañistas.
		Esollera			
		submarina			
		P. Bocagrande			
		P. Crespo		Las principales fuentes	
		P. Manzanillo		contaminantes son las	
		P. Marbella		actividades industriales,	
		Tierra Bomba		turismo tradicional, marítimas portuarias, agropecuarias y residuos de las poblaciones.	

En 2019, en las playas turísticas de Bocagrande, Crespo, Marbella y Manzanillo durante el primer semestre, se observó una calidad microbiológica del agua que cumplía con los estándares de seguridad para su uso recreativo. Los niveles de coliformes totales (CTT) y coliformes termotolerantes (CTE) estaban dentro de los límites establecidos por la normativa colombiana. No se encontraron indicios de contaminación por residuos de plaguicidas organoclorados ni organofosforados en las aguas marinas y costeras durante este período. Sin embargo, se observó una preocupante presencia de hidrocarburos de petróleo disueltos y dispersos en las 12 estaciones de muestreo en todo el departamento.

En el año 2022, la calidad histórica y favorable de las playas turísticas del departamento de Bolívar, como Bocagrande, Marbella, Crespo, Manzanillo y Punta Canoa, sigue siendo adecuada para el uso recreativo. Los niveles de coliformes termotolerantes (CTE), coliformes totales (CTT) y enterococos fecales (EFE) cumplen con los estándares de calidad nacional e internacional, lo que refleja un buen desempeño.

Varias condiciones favorables pueden explicar estos resultados positivos. Primero, muchas de estas playas están alejadas de las ciudades, lo que contribuye a mejorar la calidad del agua. Además, es importante destacar el papel crucial de las entidades gubernamentales de la región en la implementación de campañas de sensibilización y promoción de buenas prácticas higiénico-sanitarias, fundamentales para mantener este nivel de calidad.

5.6. Gestión ambiental de la calidad del agua en playas turísticas

Liderar la gestión ambiental de la calidad del agua en playas turísticas es una prioridad crucial en la actualidad, dado el incremento del turismo y su impacto creciente en estas áreas. Es imperativo implementar medidas que preserven y mejoren la calidad del agua en estos destinos.

Para una gestión efectiva, se necesita un enfoque integral que abarque la evaluación precisa de la calidad del agua y la identificación de factores que la afectan. Además, es fundamental adoptar acciones preventivas y correctivas para controlar la contaminación, establecer programas robustos de monitoreo y vigilancia, y promover la conciencia entre los usuarios sobre la importancia de conservar el medio ambiente y sus recursos naturales.

Los usuarios de las playas turísticas desempeñan un papel vital en el desarrollo del turismo, aunque su presencia también puede contribuir al aumento de la contaminación en estas áreas. Es esencial reconocer que las condiciones sociales y la percepción de los usuarios son determinantes en la gestión de la calidad de las playas (Garcés Ordóñez et al., 2016).

- **Fundación para la Educación Ambiental (FEE)**

La Fundación para la Educación Ambiental (FEE) es una entidad internacionalmente reconocida por su dedicación a la promoción de la sostenibilidad y la conservación ambiental a nivel global. Uno de sus programas destacados, como se observa en la Figura 9, es el programa de certificación conocido como Bandera Azul. Este programa evalúa y otorga reconocimiento a playas turísticas que cumplen con rigurosos estándares de calidad ambiental (FEE, s. f.).

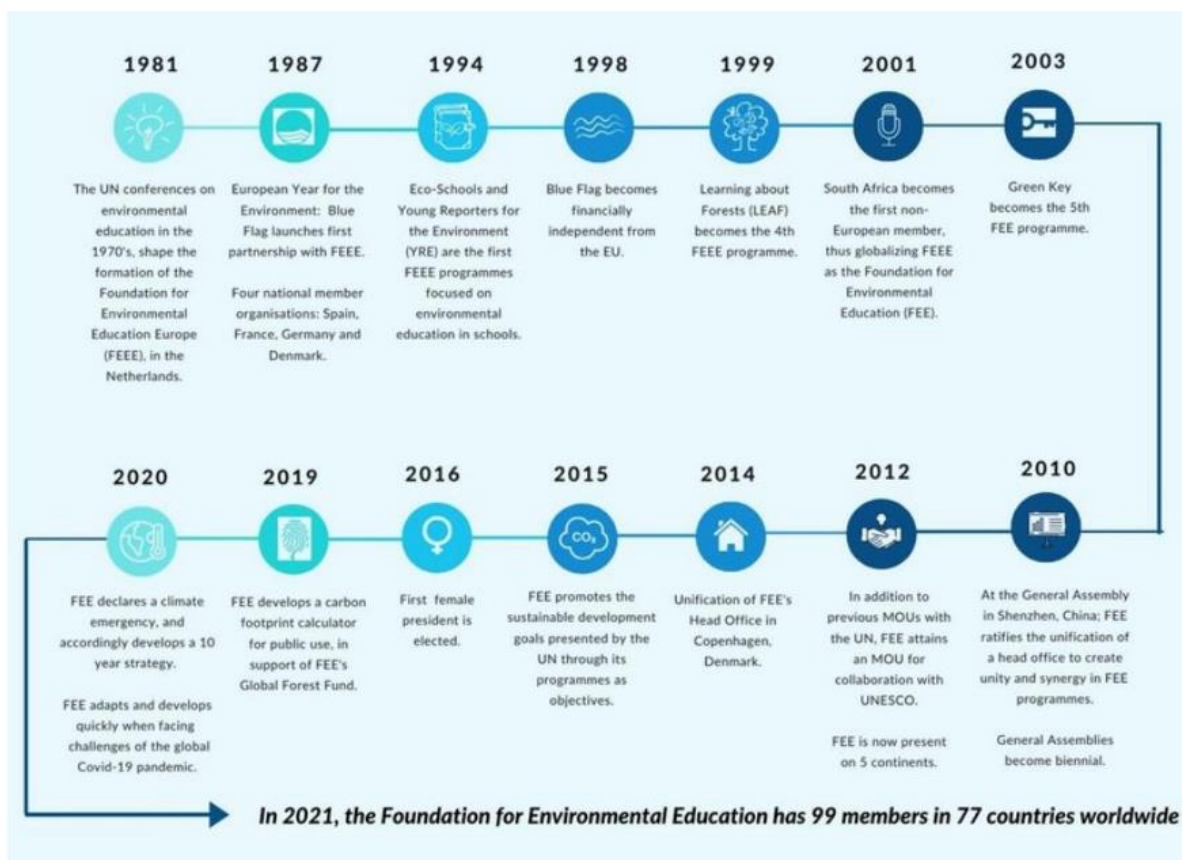


Figura 9. Línea de tiempo de Fundación para la Educación Ambiental.

Fuente: (FEE, s. f.).

- **Certificaciones Nacionales e Internacionales**

La certificación de la calidad del agua en las playas turísticas es fundamental para promover destinos seguros y saludables para los turistas. Las playas representan un atractivo significativo a nivel global, y la calidad del agua desempeña un papel crucial en la experiencia y seguridad de los bañistas, como se ilustra en la Figura 10, a la vez se resaltan las certificaciones de uso vigentes en Colombia.

Esta certificación implica el cumplimiento de estándares y criterios establecidos por organismos nacionales e internacionales, tal como se detalla en la Figura 11. Las playas que reciben estas certificaciones deben cumplir con requisitos específicos relacionados con la limpieza y seguridad del agua.

Sea Side Award es un premio que se otorga a playas y puertos que cumplen con altos estándares de calidad y sostenibilidad ambiental en el Reino Unido.

El premio fue creado en 2007 por la organización Keep Britain Tidy, que es una organización benéfica que promueve la limpieza, el cuidado y la protección del medio ambiente en el Reino Unido (Tidy, 2015).

Iniciativa nacida en Reino Unido en 1996. El propósito del Premio Costa Verde es identificar aquellas playas que se destacan por su alta calidad ambiental. Para obtener este reconocimiento, es necesario que las playas cuenten con una calidad de agua sobresaliente y una gestión eficaz y adecuada para preservar y proteger el entorno natural (Taisce, 2018).



Nacido de una idea francesa en 1985, el objetivo de la Bandera Azul es promover la sostenibilidad ambiental y la gestión responsable de los recursos naturales en playas y puertos deportivos, y fomentar la educación ambiental entre los usuarios de estas áreas (Lucrezi et al., 2015).

Iniciativa nacida en Reino Unido en 1994. Este programa tiene como objetivo proporcionar una manera fácil y accesible para que los visitantes de las playas puedan entender la calidad del agua y tomar decisiones informadas sobre su uso (Forum, 2023).

El programa de Blue Wave destinos y playas ofrece una experiencia ecológica y costera integral. En este sentido, su objetivo es apoyar comunidades de playa que sean limpias, seguras y económicamente prósperas, y para ello se ha establecido una ética que busca promover este estilo de vida entre los visitantes de la playa (Limpias, 2009).

Figura 10. Certificados nacionales e internacionales.

Fuente: Adaptado de (Zielinski, 2012).

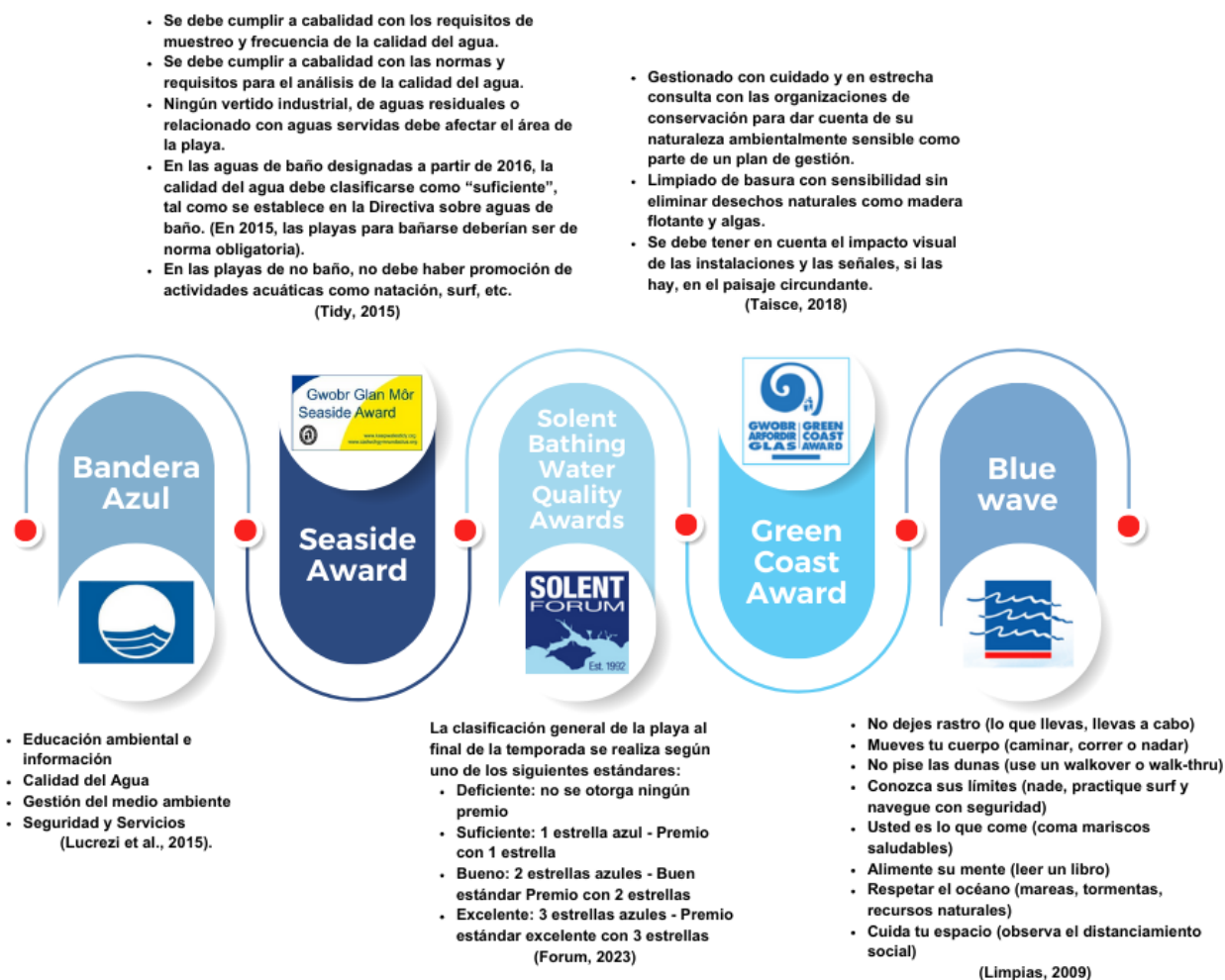


Figura 11. Requisitos de cumplimiento para certificaciones nacionales e internacionales.

Fuente: Adaptado de (Zielinski, 2012).

• Playa Bandera Azul

La designación oficial de una playa como zona de baño a nivel nacional y la presencia de al menos un punto de muestreo para analizar la calidad del agua son requisitos previos para optar al reconocimiento de la Bandera Azul, como se ilustra en la Figura 12.

Además, la playa debe tener un nombre oficial y límites físicos definidos. Debe cumplir con las instalaciones y estándares necesarios de acuerdo con los criterios establecidos por la Bandera Azul. Para ser elegible para recibir este reconocimiento internacional, la Asociación de Educación Ambiental y del Consumidor (ADEAC) debe haber visitado la playa durante la temporada de baño previa y emitido un informe correspondiente. Además, las autoridades locales deben designar a un enlace con la Bandera Azul, responsable de mantener la comunicación y coordinación con el programa. La playa también debe estar accesible para inspecciones programadas por parte de ADEAC-FEE y/o inspecciones sorpresa según el (PROGRAMA BANDERA AZUL, 2022).



Figura 12. Bandera Azul otorgada en la playa de Las Canteras, en Las Palmas de Gran Canaria.

Fuente: (Medina & Caballero, 2022).

- **Manejo integrado de zonas costeras (MIZC)**

El marco general, como se describe en la Figura 13, se aplica a todas las regiones del país, adaptándose a sus características específicas y mejorando la metodología basada en experiencias anteriores. La metodología se centra en un enfoque territorial integral y participativo que asegure la sostenibilidad ambiental y económica de la gestión de las zonas costeras colombianas, además de promover la cohesión y la justicia social (Alonso et al., 2003).

Este enfoque reconoce que las zonas costeras son sistemas complejos e interdependientes donde interactúan múltiples elementos, como procesos naturales, comunidades humanas, infraestructura, economía y cultura.

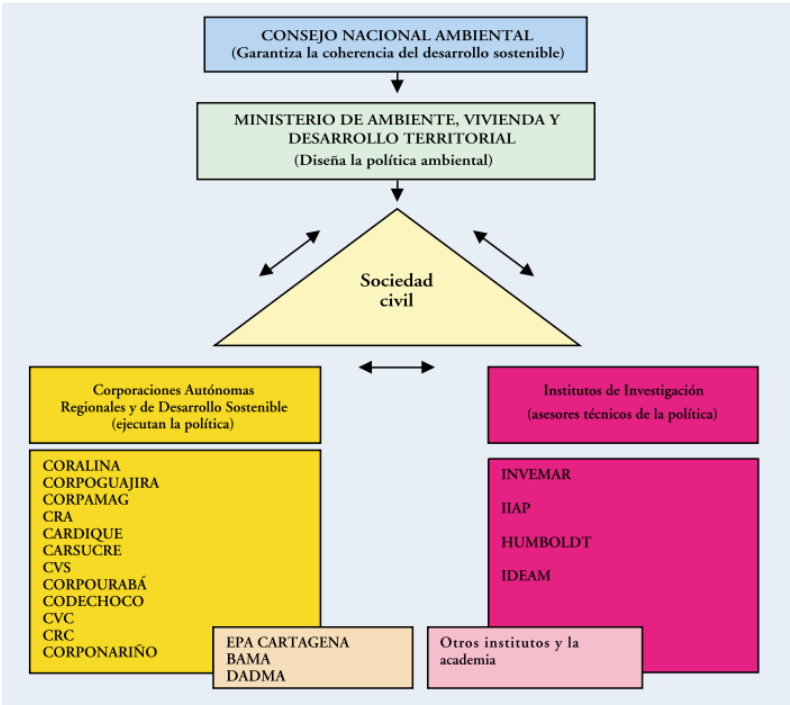


Figura 13. Organigrama del Manejo Integrado de Zonas Costeras MIZC.

Fuente: (Alonso et al., 2003)

- **Índice de Calidad Ambiental de Playas Turísticas (ICAPTU)**

Entre 2017 y 2018, se ejecutó este proyecto en colaboración con Playas Corporación Ltda., una empresa con sede en Santa Marta, Magdalena, dedicada a la gestión costera mediante soluciones innovadoras, consultoría y suministros. Además, participaron en el proyecto cuatro instituciones educativas situadas en los principales departamentos de la costa colombiana (ICAPTU, 2019).

- Corporación Universidad de la Costa (Barranquilla, Atlántico)
- Fundación Universitaria Tecnológico Comfenalco (Cartagena, Bolívar)
- Universidad Autónoma del Caribe (Barranquilla, Atlántico)
- Universidad de La Guajira (Riohacha, La Guajira)

La Figura 14 presenta tres nuevos indicadores desarrollados como parte de una estrategia reciente para analizar la calidad del entorno natural. Cada indicador incorpora una serie de parámetros diseñados para evaluar aspectos clave en cada aspecto (ecosistémico, sanitario y recreativo) de la calidad ambiental en playas turísticas (C. Botero et al., 2015).



Figura 14. Índices de Calidad Ambiental De Playas Turísticas y parámetros asociados a la Calidad de Aguas.

Fuente: Adaptado de (C. Botero et al., 2015).

Cada parámetro se ha representado en un gráfico tipo indicador de presión o tablero de control, donde los valores oscilan entre 0 y 1. Esta representación, mostrada en la Figura 15, define tres estados (alerta, control y óptimo) para proporcionar una visualización clara del estado de la playa en relación con cada uno de los indicadores (GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, 2018).

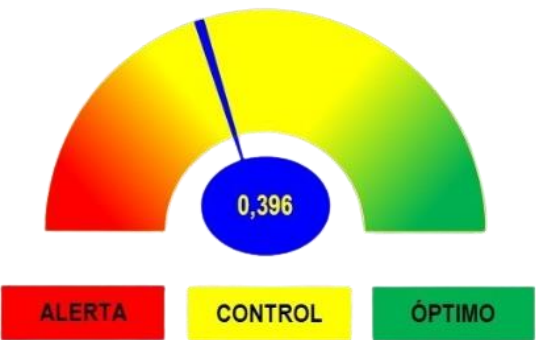


Figura 15. Tablero de Control para visualización del estado de las playas.

Fuente: (Playas Corporación Ltda., 2018).

Dada la importancia de las playas como destinos de ocio y recreación, tanto en términos de beneficios sociales como económicos, existe una considerable preocupación por preservar el delicado equilibrio entre ambos aspectos (Beharry-Borg & Scarpa, 2010).

- **Ciencia Ciudadana para la mejora del entorno ambiental**

La ciencia ciudadana involucra a las personas en la conservación del medio ambiente y las capacita, permitiendo a la sociedad mejorar su comprensión del entorno y los riesgos ambientales. Este enfoque beneficia tanto a los ciudadanos como a la comunidad científica (Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF), s. f.).

Según (Follett & Strezov, 2015) los proyectos de investigación participativa se pueden categorizar en tres niveles según el grado de participación:

Proyectos contributivos: Aquí, los participantes ayudan en la recolección de datos y ocasionalmente participan en su análisis y divulgación.

Proyectos colaborativos: En esta categoría, los participantes no solo contribuyen a la recolección de datos, sino que también desempeñan un papel activo en el análisis de muestras, el diseño del estudio, la interpretación de datos, la formulación de conclusiones y la divulgación de resultados.

Proyectos co-creados: Estos proyectos involucran a los participantes en todas las etapas, desde la formulación de preguntas de investigación y el desarrollo de hipótesis, hasta la discusión de resultados y la formulación de nuevas preguntas. Los ciudadanos juegan un rol central en la toma de decisiones y el desarrollo del proyecto.

Estas categorías representan diferentes niveles de participación comunitaria en la ciencia ciudadana, permitiendo adaptar el enfoque según los objetivos y recursos disponibles en cada caso. La co-creación, como se destaca en la Figura 16, es crucial para motivar e incluir a los actores sociales.



Figura 16. Diseño participativo de experimentos

Fuente: Adaptado de (Senabre et al., 2018).

- **Planes de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera POMIUAC**

Los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera (POMIUAC) son herramientas de planificación y gestión diseñadas para integrar los diversos usos del territorio costero con la conservación y la gestión sostenible de los recursos naturales. Estos planes están orientados a promover la participación de los actores locales, identificar los problemas ambientales y sociales del territorio costero, y establecer estrategias y medidas para abordarlos (MinAmbiente, 2011).

El objetivo principal de los POMIUAC es equilibrar el desarrollo socioeconómico de las zonas costeras con la conservación ambiental, adaptándose a las particularidades y necesidades específicas de cada región. Las directrices y procedimientos establecidos para los recursos naturales renovables deben complementar las herramientas de planificación ambiental a nivel nacional, regional y local, facilitando así la gestión integrada de la zona costera.

Es esencial considerar tanto los instrumentos de planificación existentes para los recursos naturales recursos renovables en el área de gestión, como los planes sectoriales para anticipar la demanda de recursos en la zona costera, evaluando sus posibles impactos en los ecosistemas y la biodiversidad (MinAmbiente, 2017).

Las amenazas y vulnerabilidades que deben ser consideradas en los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera (POMIUAC) incluyen eventos como incendios forestales, deslizamientos de tierra, inundaciones y crecidas repentinas, como se describe en la Figura 17. Al formular el POMIUAC, es crucial que se consideren todas las amenazas identificadas basadas en la información proporcionada por las entidades competentes.

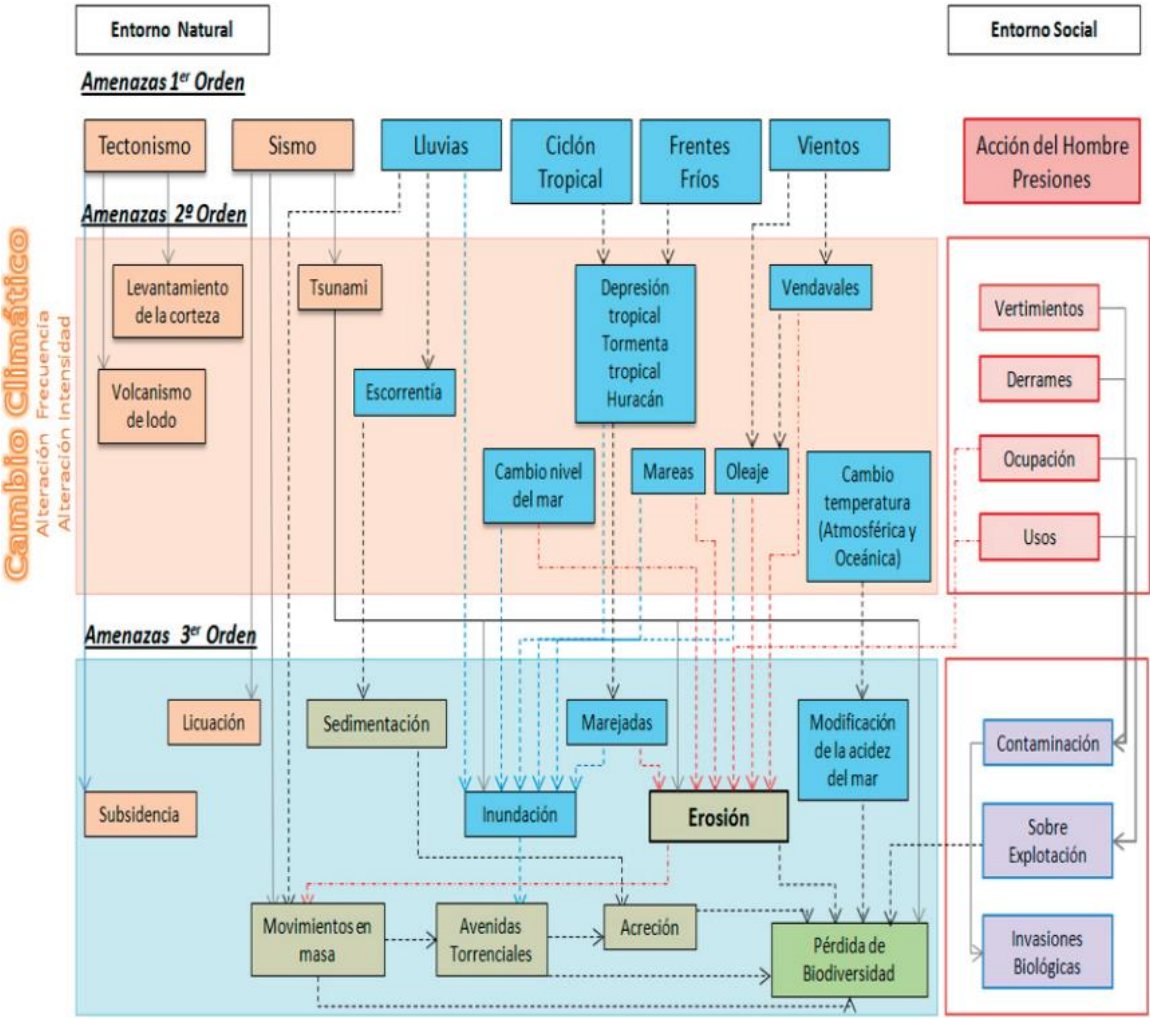


Figura 17. Amenazas y vulnerabilidad de la zona costera.

Fuente: (MinAmbiente, 2017).

Estos instrumentos de planificación son fundamentales al diseñar la gestión integrada de las zonas costeras.

- ✓ Planes estratégicos de macrocuencas.
- ✓ Planes de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas.
- ✓ Planes de manejo ambiental de microcuencas.
- ✓ Planes de manejo ambiental de acuíferos.
- ✓ Planes de manejo de humedales.
- ✓ Planes territoriales de adaptación al cambio climático.
- ✓ Zonificación de manglares adoptados por el Ministerio y los planes de manejo de manglares.
- ✓ Delimitación de rondas hídricas.
- ✓ Planes de ordenamiento forestal.
- ✓ Planes de ordenamiento del recurso hídrico.

- ✓ Reglamentación de usos de agua.
- ✓ Reglamentación de vertimientos.
- ✓ Zonificación de las reservas forestales de Ley 2 de 1959.
- ✓ Plan nacional de adaptación al cambio climático.
- ✓ Planes de manejo de las áreas protegidas del SINAP de carácter nacional o regional.
- ✓ Planes de manejo de las áreas RAMSAR.
- ✓ Actos administrativos de vedas sobre recursos.
- ✓ Zonas exclusivas para la pesca artesanal.
- ✓ Los demás instrumentos de planificación ambiental de los recursos naturales renovables.

- **Salud ambiental y su importancia en la gestión del agua**

Los ecosistemas marinos-costeros (EMC) son lugares de gran interés para los usuarios y turistas a nivel mundial, especialmente en el ecosistema de las playas, contribuyendo a su salud y bienestar de manera sostenible. Sin embargo, los desechos contaminantes generados por la actividad humana impactan negativamente en estos ecosistemas y en las aguas.

La salud ambiental aborda una variedad de temas como la seguridad alimentaria, la salud ocupacional, el cambio climático, la exposición a sustancias químicas y biológicas, y la calidad del aire, agua y suelo. Su objetivo es proteger y promover la salud humana mediante la identificación, evaluación y control de los riesgos ambientales. Para lograr estos objetivos, se emplean herramientas como la epidemiología, la toxicología, la evaluación de riesgos y la gestión ambiental (Ordoñez, 2017).

La salud ambiental se refiere a los componentes físicos, químicos y biológicos, así como a los comportamientos asociados como parte de la salud pública. El CONPES 3550 de 2008 en Colombia abarca temas de salud ambiental como el agua, el saneamiento básico e higiene, los recursos hídricos y la contaminación, con un enfoque especial en las playas en relación con el turismo y la salud ambiental (Echeverri Jaramillo et al., 2023).

En conclusión, se presenta una armonización con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la biosfera, que incluyen los ODS6 el Agua Limpia y Saneamiento, ODS13 el cual es la Acción por el Clima, ODS14 la Vida Submarina y ODS15 la Vida de Ecosistemas Terrestres, y se presenta una perspectiva que incorpora elementos de salud ambiental, como los ODS 3, 6 y 14 (CEPAL, 2018).

La Figura 18 muestra una comparación entre la salud ambiental en el ecosistema de playa y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) utilizando información de salud ambiental de la OPS/OMS, EURO/OMS y USAID/USA. Es importante resaltar que Europa está trabajando en ideas biotecnológicas para crear tecnologías que disminuyen los peligros en los ecosistemas costeros (Echeverri Jaramillo et al., 2023).

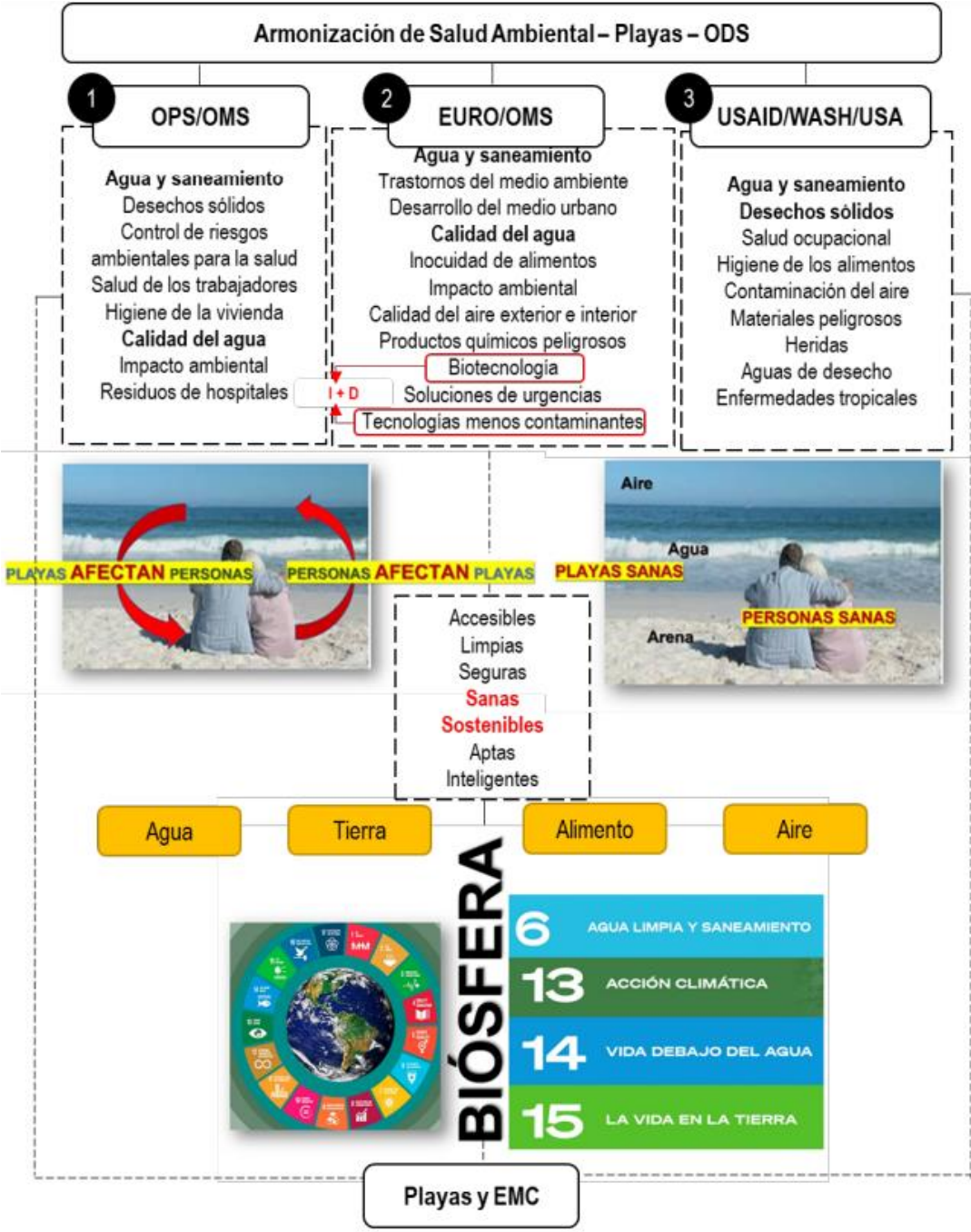


Figura 18. Los elementos de la salud ambiental y su papel en la creación de playas y ecosistemas costeros saludables.

Fuente: (Echeverri Jaramillo et al., 2023).

Por lo tanto, los determinantes ambientales deben identificarse y organizarse en el ámbito estructural, así como en los ámbitos político, ambiental y tecnológico. Esto permite avanzar y contribuir al logro de los objetivos del ODS 14. Es necesario hacer un llamado enérgico a la intervención desde los niveles supranacionales, nacionales y locales para influir en los determinantes estructurales, desde la política hasta la consolidación de normas para regular de manera efectiva la explotación de la pesca, así como la necesidad de inversión (económica) para conservar, restaurar y conservar las áreas costeras y marinas (Echeverri Jaramillo et al., 2023).

6. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE

A continuación, en la Tabla 6 se presentan los antecedentes de la investigación de la calidad del agua en entornos marino-costeros a nivel nacional, nacional y internacional.

Tabla 6. Antecedentes contexto Internacional, Nacional y Local.

Año	Alcance del estudio	Antecedentes
2013	Contexto Nacional	Esquema conceptual y metodológico para la evaluación del agua regional (ERA) En Colombia, los estándares para la Evaluación Regional del Agua (ERA) se establecieron con el propósito de observar el estado y las tendencias de los sistemas hídricos, contribuyendo así a la gestión sostenible del agua en varias regiones del país. Unidades hídricas representativas de diversas regiones de Colombia fueron incluidas en la población de estudio. La ERA se estableció sobre la base de la Guía del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de 2010. La ERA es crucial para cumplir con los objetivos de la Política Nacional de Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH) en Colombia, ya que, sin una evaluación adecuada, la gestión del recurso se vuelve caótica y dificulta la implementación de la PNGIRH. La coherencia y aplicación del uso de marcos conceptuales y metodológicos en la evaluación regional del agua asegura una gestión integral y sostenible del recurso hídrico en todo el país, lo que determina la eficacia de los Entes Rectores Ambientales (IDEAM, 2013).
		Calidad de las aguas de las playas del sector turístico de Cartagena de Indias, norte de Colombia En 2016, se evaluó la calidad del agua en las playas de Cartagena de Indias. Aunque en general cumplían con normativas, hubo problemas durante "El Niño" con altos niveles de nutrientes, hidrocarburos y sólidos. Un mapa de riesgo identificó áreas vulnerables. Esto enfatiza el fundamento de mejorar la calidad del agua para preservar tanto a los turistas como a los locales (Blanco & Sierra, 2015).
2017	Contexto Internacional	Evaluación Integral y Estrategia de Manejo de las Playas Recreativas de Guaymas y Empalme, Sonora, México Se utilizaron 42 indicadores para calificar el componente recreativo de las playas de Guaymas, Empalme y Sonora, México, en 2017. Estos indicadores incluían factores ambientales, infraestructura, servicios y limpieza. Estas playas se consideraron adecuadas para actividades recreativas debido a sus características morfológicas y ambientales únicas, a pesar de no cumplir con los estándares de calidad y sustentabilidad establecidos por la normativa mexicana e

		internacional. Esto pone da a conocer el fundamento de realizar una evaluación de las playas y diseñar planes de manejo para mejorar su calidad y sostenibilidad (García Morales, 2017). Diagnóstico y evaluación de la calidad de las aguas marinas y costeras del Pacífico y Caribe colombianos En 2019, se realizó un análisis científico para observar la calidad del medio ambiente marino-costero en Colombia con el propósito de elaborar estrategias para la gestión sostenible de los recursos hídricos y la preservación de los ecosistemas. Se centralizó en las estaciones de monitoreo en las Islas de San Andrés, Providencia y Santa Catalina, donde se midieron variables físicas y se recolectaron muestras de agua para calificar la calidad del agua de baño. La calidad del agua marina varió debido a factores como nutrientes, descomposición de materia orgánica, aguas residuales y agricultura. Aunque la calidad generalmente era adecuada u óptima, se encontraron áreas con baja calidad debido a contaminantes, principalmente debido a afluentes, aguas residuales y una gestión deficiente de residuos. Esto demuestra lo crucial que es el monitoreo continuo para reducir la contaminación y preservar la vida acuática en estas áreas (Garcés Ordóñez et al., 2016).
2019	Contexto Nacional	
2020	Contexto Nacional	Calidad microbiológica del agua de las playas del sector turístico de Santa Marta, Caribe colombiano La calidad microbiológica del agua en tres playas turísticas de Santa Marta, Colombia, fue evaluada en 2020. Durante las temporadas turísticas de enero, abril y junio, la contaminación y los vertidos de aguas residuales causaron altos niveles de contaminación bacteriana en las playas de Pozos Colorados y Salguero. Esto resalta la importancia de un seguimiento regular para la mejora de la calidad del agua de baño y protección a los visitantes y a la comunidad local (Alvarado Reyes, 2020).
2020-2021	Contexto Internacional	Programa de Monitoreo de Agua de Playas y Costa del Departamento de Montevideo Se llevó a cabo una investigación sobre la calidad del agua en playas del Departamento de Montevideo de 2020 a 2021. El objetivo era solucionar los problemas de salud y belleza provocados por los vertimientos en la costa. Varias playas fueron monitoreadas, entre ellas Playa Punta Espinillo, Playa Pocitos y muchas otras. Se recolectaron muestras de agua y se tuvieron en cuenta varias cosas, como la salinidad, la conductividad, los coliformes fecales, la turbiedad y la temperatura. Según los antecedentes, los vertederos del Sistema de Saneamiento Costero en la Bahía de Montevideo ayudaban a reducir el caudal excesivo, pero en ocasiones provocaban desbordamientos de aguas pluviales, lo que tenía un efecto en la calidad del agua en las playas. Se hizo hincapié en que el arroyo

Carrasco, situado al este de la bahía, presentaba niveles de contaminación que excedían los límites permitidos debido a diversos factores de presión presentes en la cuenca. Esto contribuyó a la deficiente calidad del agua en esa zona (Risso et al., 2021).

2022	Contexto Internacional	Calidad de las aguas en ríos que desembocan en playas turísticas. Estudio de caso en República Dominicana En 2022, se investigó el impacto de la calidad del agua en los ríos que desembocan en las playas de Puerto Plata, República Dominicana, así como su calidad. Se centró en los ríos Muñoz y San Marcos, ya que su calidad tiene un impacto significativo en la experiencia turística. Según el Índice de Calidad del Agua (ICA), las playas de Puerto Plata tenían una mala calidad de agua debido a una carga contaminante prolongada. La calidad del agua en las desembocaduras de los ríos San Marcos y Muñoz también fue deficiente. Dado que la limpieza de playas y ríos es fundamental para el desarrollo turístico, estos hallazgos son cruciales (Castillo Jáquez et al., 2022).

Al llevar a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva del estado actual de la investigación sobre el tema Tabla 7, se lograron identificar valiosos aportes que contribuyeron a establecer el estado actual de la investigación y que, a su vez, permitieron una retroalimentación constante.

Tabla 7. Revisión del Estado del Arte.

Alcance del estudio	Estado del arte	Importancia
Internacional	Se realizó un estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de Acapulco donde se descubrió que los bañistas se ven impactados por la contaminación microbiológica. El objetivo principal fue comparar la calidad del agua de mar para uso recreativo en diferentes épocas, horarios y puntos de muestreo en seis playas de la bahía de Santa Lucia en Acapulco, Guerrero. Los criterios para la selección de estas playas fueron la contaminación, la afluencia turística y la presencia de aguas residuales y pluviales (Silva Cázarez, 2011).	La evaluación de la calidad ambiental de las playas y la salud de las personas depende del análisis de microorganismos, metales y plaguicidas indicadores de contaminación. Los microorganismos indicadores, como coliformes fecales y totales, se utilizan para determinar la posible presencia de agentes patógenos en el agua. Por otro lado, los metales y los plaguicidas son contaminantes químicos que pueden ser dañinos para la salud y el medio ambiente. Al elegir una playa, es importante considerar la contaminación, la afluencia de turistas y la presencia de aguas residuales y pluviales. La

		contaminación previa puede indicar que hay fuentes de contaminación cercanas, como empresas o vertederos de desechos peligrosos. Ya hay una gran cantidad de visitantes.
Internacional	Se realizó un programa de monitoreo de agua de playas y costa del departamento de Montevideo, Uruguay en el cual, En conclusión, es crucial mantener la vigilancia epidemiológica y colaborar con otras instituciones para establecer un sistema de alerta temprana en caso de que aparezcan cepas toxigénicas. Esta estrategia también demostró que es posible obtener aislamientos de <i>V. vulnificus</i> y <i>V. parahaemolyticus</i> en las aguas, ya que la presencia de estas bacterias en las aguas costeras de Montevideo coincide con los informes clínicos de pacientes infectados en nuestra región (Risso et al., 2021).	En la prevención y control de enfermedades infecciosas causadas por bacterias patógenas, especialmente en ambientes acuáticos, es fundamental mantener la vigilancia epidemiológica y establecer un sistema de alerta temprana. La colaboración con otras instituciones y la coordinación entre diferentes niveles de gobierno son esenciales para garantizar la eficacia del sistema de alerta temprana y la rápida respuesta ante emergencias sanitarias.
Nacional	Se realizó una evaluación de la calidad del agua en las Playas Turísticas de Puerto Colombia, Atlántico , donde la calidad del agua de las playas de Pradomar se ve alterada por la carga microbiana, especialmente por la carga de coliformes fecales debido a la presencia de vertimientos. Sin embargo, en Sabanilla no se descubrieron vertimientos específicos como causas de contaminación (Gómez & Salcedo, 2016).	El número de turistas que visitan estas playas está inversamente relacionado con la calidad del agua.
Nacional	Aproximadamente 350 estaciones de monitoreo en el Caribe y Pacífico colombiano han monitoreado continuamente la calidad del agua marina costera con REDCAM desde 2001. Se ha identificado y caracterizado las fuentes de contaminación marina causadas por humanos, así como las descargas de contaminantes de los principales ríos que desembocan en las costas de Colombia. El Sistema de Información REDCAM, que se actualiza regularmente y está disponible tanto para las entidades del Sistema	Un paso importante para la gestión eficiente de la calidad del agua y la preservación de los ecosistemas costeros es la identificación y caracterización de las fuentes de contaminación marina de origen humano, así como las descargas de contaminantes de los principales ríos que desembocan en las costas de Colombia. Además, la identificación de las fuentes de contaminación permitirá a las autoridades competentes tomar medidas

Nacional Ambiental (SINA) como para el público en general, almacena los datos recopilados (INVEMAR, 2016).

específicas para reducir la cantidad de contaminantes que se liberan en el ambiente marino.

Además, la caracterización de los vertidos de contaminantes de los principales ríos permitirá tener una mejor comprensión de su impacto en la calidad del agua en las áreas costeras, lo que ayudará a determinar qué áreas necesitan más atención.

Nacional

Se llevó a cabo un **monitoreo de la calidad del agua en la bahía de Santa Marta utilizando los coliformes totales y fecales como indicadores**. Los datos de calidad del agua de nueve estaciones de muestreo (cuatro playas (Santa Marta, Taganga, Playa Grande y El Rodadero), dos desembocaduras de ríos (Manzanares y Gaira) y tres estaciones de descarga del emisario submarino a diferentes profundidades (Fondo, Profundidad media y Superficie) se utilizaron para evaluar el nivel de contaminación. Entre enero de 2006 y diciembre de 2008, las muestras se recolectaron cada dos meses. Esto demostró una relación entre el vertimiento del emisario submarino y la calidad del agua en Taganga y Santa Marta, con un caudal estimado de $1028,64 \pm 163,9$ (L/s). Además, se evaluaron los niveles de contaminación en las estaciones de muestreo y se encontraron niveles medios de contaminación en la playa de Santa Marta, las desembocaduras de los ríos y la terminal en la superficie del emisario submarino (M. et al., 2011).

Para garantizar que el agua sea segura para el consumo humano y para proteger los ecosistemas acuáticos, es esencial monitorear su calidad. El uso de coliformes totales y fecales como indicadores de la calidad del agua es una práctica común y efectiva en el caso específico de la bahía de Santa Marta. Estos microorganismos se utilizan con frecuencia para determinar si hay contaminación fecal en el agua. El monitoreo de la calidad del agua es crucial para garantizar que sea segura para el consumo humano y para salvaguardar los ecosistemas acuáticos. En el caso específico de la bahía de Santa Marta, el uso de coliformes totales y fecales como indicadores de la calidad del agua es una práctica común y efectiva. Estos microorganismos se utilizan con frecuencia para detectar la presencia de contaminación fecal en el agua.

	Se identificó un estudio donde se llevó a cabo la implementación de un sistema de alerta temprana de contaminación en las playas es un aspecto fundamental para proteger la calidad ambiental de los ambientes marino-costeros. Este estudio evaluó la calidad ambiental de las playas de Cartagena de Indias mediante la caracterización del agua. Se tomaron mediciones de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tanto en el sitio como fuera del sitio, como temperatura, pH, sal y oxígeno disuelto; así como nitritos, nitratos, fosfatos, sólidos totales, DBO5, coliformes fecales y totales, metales pesados e hidrocarburos totales. Para determinar la calidad del agua, se utilizó el Indicador de Calidad de Agua Marina y Estuarina (ICAM) del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (INVEMAR), y se creó un mapa de riesgos para identificar las áreas críticas y las áreas de mayor vulnerabilidad en las playas. Los hallazgos del estudio permitieron una evaluación del estado ambiental de las playas de Cartagena y ofrecieron sugerencias científicas sobre cómo gestionar de manera efectiva estos ecosistemas estratégicos en su totalidad (Blanco & Sierra, 2015).	Para comprender su estado actual y tomar las mejores decisiones para su gestión integral, es fundamental analizar el estado ambiental de las playas de Cartagena. La evaluación de la calidad del agua, los indicadores de contaminación, la presencia de especies marinas y la gestión de desechos son factores que deben tenerse en cuenta para garantizar la conservación de estos ecosistemas estratégicos. Es necesario llevar a cabo investigaciones científicas y recopilar información precisa para elaborar recomendaciones útiles para la gestión de las playas de Cartagena. Es fundamental tener en cuenta los efectos que la actividad turística tiene en estas áreas y tomar medidas adecuadas para reducir sus efectos.
Local	En 2017, Se realizó un Diagnóstico preliminar ambiental de playas de Cartagena de Indias, este estudio examinó la importancia de establecer un sistema de alerta temprana de contaminación en las playas porque puede proteger significativamente la calidad de estas. Para evaluar la calidad ambiental de las playas del área turística de Cartagena de Indias, se utilizaron parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tanto en el lugar como en el extranjero. El índice de calidad ambiental (ICAM) también se utilizó para identificar los puntos críticos y	La evaluación de la calidad ambiental de las playas es crucial para proteger la salud de los usuarios y el mantenimiento de los ecosistemas marinos. En este sentido, el análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos tanto in situ como ex situ proporciona una visión general de las condiciones ambientales de las playas y permite detectar la presencia de contaminantes y su posible origen. Además, el índice de calidad ambiental (ICAM) identifica los puntos críticos y las áreas más

las áreas más vulnerables de las playas vulnerables que requieren atención especial, lo que permite una evaluación más precisa y comparativa de la calidad de las playas y su estado de conservación.

7. MARCO LEGAL

A continuación Tabla 8, se presenta una revisión del conjunto de leyes, normas y reglamentos que se han considerado de fundamental importancia para el diagnóstico de la calidad del agua en playas. Esto con el objetivo de uso en el estudio actual.

Tabla 8. Marco Legal, conjunto, normas y reglamentos para el diagnóstico de la calidad del agua en playas.

Conjunto de leyes, normas y reglamentos para el diagnóstico de la calidad del agua en playas	
Constitución Política de la República de Colombia de 1991 en materia de uso de bienes comunes, turismo de playas y medio ambiente	La constitución política de la república de Colombia 1991 (Congreso de la República de Colombia, 1991) menciona artículos que hacen referencia al uso de los bienes de uso común, como las playas, como destinos turísticos. La Constitución Política de Colombia, a través de varios artículos, establece importantes disposiciones sobre la protección de bienes y recursos. Según el Artículo 63, los bienes de uso público son inalienables, imprescriptibles e inembargables, lo que significa que no pueden ser vendidos, transferidos o embargados. El Artículo 78 señala que la Ley debe regular la calidad de los bienes y servicios ofrecidos a la comunidad y la información proporcionada al público durante su comercialización, responsabilizando a los productores y comerciantes por cualquier daño a la salud, seguridad y suministro adecuado. Por su parte, el Artículo 79 impone al Estado la tarea de planificar el uso sostenible de los recursos naturales, garantizando su conservación y restauración, y reconoce el derecho de todos a un ambiente saludable. Finalmente, el Artículo 82 estipula que el Estado debe proteger y mantener el espacio público para el uso común, priorizando el interés general sobre el particular, lo que impacta la gestión ambiental, la preservación de recursos naturales y el bienestar social en Colombia.
Objetivos y criterios de calidad para los destinos de los recursos hídricos	Decreto 1594 de 1984 En el Capítulo 4, Los objetivos y criterios de calidad para los destinos de los recursos hídricos se establecen teniendo en cuenta su uso actual en el cuerpo de agua. Sin embargo, el uso del agua se encuentra limitado y no puede ser utilizado en una variedad de actividades debido a la intervención humana en las cuencas hidrográficas, su utilización como receptores de aguas residuales y el rápido crecimiento de las ciudades. Esto ha llevado a la introducción de nuevos usos establecidos en un decreto específico, como la agricultura, la ganadería, el entretenimiento, la industria, la estética y los receptores de emisión (Ministerio de Salud, 1984).

Regulaciones del uso de recursos hídricos	Decreto 3930 de 2010 Este decreto establece normas sobre diversos aspectos relacionados con el uso de los recursos hídricos. En primer lugar, regula el uso del suelo y el alcantarillado, lo que implica un control sobre cómo se manejan el suelo y las aguas residuales para prevenir la contaminación de los recursos hídricos. En segundo lugar, se enfoca en la gestión de los recursos hídricos, definiendo medidas para su conservación y manejo adecuado. Además, el decreto aborda la descarga de aguas residuales y otros efluentes en cuerpos de agua, estableciendo regulaciones para evitar la contaminación y proteger la calidad del agua. En resumen, este decreto se centra en la protección y conservación de los recursos hídricos, así como en la gestión adecuada de las aguas residuales, destacándose como una regulación crucial para la gestión sostenible de los recursos naturales en la zona estudiada (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2010).
Regulaciones de vertimientos de residuos en áreas del territorio nacional	Decreto 4728 de 2010 Se realizó una modificación parcial del Decreto 3930 de 2010, que controla la eliminación de desechos en varios lugares del país, como el suelo, el subsuelo, las aguas marinas y las áreas interiores. Debido a esta modificación, el Ministerio del Ambiente recibió la orden de establecer los límites y parámetros máximos autorizados para el vertido en aguas superficiales, marinas, alcantarillado público y suelo. Se emitirá también un acuerdo para supervisar las emisiones y garantizar el cumplimiento de las regulaciones (Ambiente, 2010).
Programa Temático de Áreas Protegidas	Decreto 2372 de 2010 El Programa Temático de Áreas Protegidas fue adoptado durante la Séptima Conferencia de las Partes (COP7) del Convenio, según la Decisión VII.28. Este programa destaca la importancia de establecer y mantener sistemas de áreas protegidas, implementando medidas especiales para conservar la diversidad biológica mediante el enfoque ecosistémico. Su objetivo es desarrollar y mantener sistemas completos, bien gestionados y ecológicamente representativos de áreas protegidas. (Decreto 2372 de 2010, 2010).
Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente	Decreto ley 2811 de 1974 El Decreto que adoptó el Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente Este código establece un marco legal para la protección de los recursos naturales y el medio ambiente, destacando la responsabilidad compartida entre el Estado y los ciudadanos en la preservación, gestión y mejora de estos recursos. De los cuales se establecen los artículos 1 y 2, donde el primero nos reafirma que el medio ambiente es un patrimonio común y que su conservación y gestión son responsabilidad de todos, beneficiando a la sociedad en su conjunto y simultáneamente el segundo artículo establece que el objetivo del Código es preservar y restaurar el entorno, asegurar el uso racional y equitativo de los recursos naturales

renovables, fomentar la participación social y regular la conducta humana y la actividad administrativa para proteger el medio ambiente.

**Dirección General
Marítima y Portuaria
(DIMAR)**

Ley 9 de 1989 El decreto mediante el cual se reorganiza la Dirección General Marítima y Portuaria (DIMAR) establece que las aguas, los terrenos de bajamar y las playas son "Bienes de Uso Público". En su artículo 169, detalla el procedimiento para otorgar concesiones y permisos en estas áreas. Además, el decreto incluye medidas sanitarias para proteger el medio ambiente. (Colombia. Ley 9, 1989). Contempla el siguiente artículo:

Artículo 1: Esta ley establece normas generales para proteger el medio ambiente, que servirán de base para regulaciones destinadas a preservar, restaurar y mejorar las condiciones sanitarias relacionadas con la salud humana. También define procedimientos y medidas para regular, controlar y supervisar los vertidos de residuos y materiales que puedan afectar la salud ambiental.

Parágrafo. Para los propósitos de aplicación de esta Ley, se considerarán como condiciones sanitarias ambientales aquellas que son indispensables para garantizar el bienestar y la salud de las personas.

**Ley Federal de Manejo de
Zonas Costeras**

Además, la Ley Federal de Manejo de Zonas Costeras tenía como objetivo alcanzar objetivos nacionales mediante la implementación de programas de manejo costero específicos para cada estado y territorio. Al examinar las actividades y gastos de los programas estatales entre 1982 y 1987, se encontró que los estados han mantenido su diversidad y capacidad para adaptar los programas a sus necesidades específicas, al mismo tiempo que cumplen con los objetivos nacionales. La mayoría de los gastos destinados a la gestión costera se destinaron a mejorar la toma de decisiones del gobierno y proteger los recursos naturales. No obstante, hay poca evidencia sobre el impacto de los programas estatales en la consecución de los objetivos nacionales. Por lo tanto, se necesitan reformas que identifiquen los intereses nacionales en la gestión costera y relacionen las subvenciones con los informes de desempeño (Owens, 1992).

**Reglamento de gestión
ambiental en Colombia**

El Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 Este decreto establece las normas y reglamentos para la gestión ambiental en Colombia, abarcando diversos aspectos como el uso y manejo del suelo, la conservación de los recursos naturales, la gestión del agua, la calidad del aire y el manejo de residuos, entre otros. Su objetivo principal es fomentar el desarrollo sostenible y asegurar la protección y conservación del medio ambiente en el país. Proporciona directrices y procedimientos para la planificación, evaluación, seguimiento y control ambiental en distintos sectores y actividades. El Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015 es una herramienta esencial para

	garantizar el cumplimiento de las regulaciones ambientales y promover la sostenibilidad en todas las actividades humanas en Colombia. (Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, 2015).
Plan Nacional de Ordenación de la Costa (PNOC)	El Plan Nacional de Ordenación de la Costa (PNOC) La Ley 1454 de 2011 y el Decreto 1076 de 2015 en Colombia lo han establecido. La Ley 1454 de 2011 establece los objetivos, principios y directrices generales para la ordenación y manejo integral de la zona costera del país. El PNOC es un instrumento para la planificación y gestión del territorio costero que promueve el desarrollo sostenible, la conservación de los recursos naturales y la protección del patrimonio cultural (República de Colombia, 2011).
Estatutos Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR)	Los Estatutos del Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives de Andrés” (INVEMAR) establecen la estructura organizativa, los objetivos y las funciones de esta entidad en Colombia. Los Estatutos proporcionan las bases legales para la creación y el funcionamiento del INVEMAR, así como las responsabilidades y competencias de sus miembros y directivos. También establecen los mecanismos de financiamiento, la rendición de cuentas y la coordinación con otras entidades relacionadas con la investigación marina y costera. Los Estatutos del INVEMAR buscan promover la investigación, la conservación y el manejo sostenible de los recursos marinos y costeros en Colombia (INVEMAR, 2005).
Programa de Manejo, Uso y Calidad del Agua de las Playas (POMUAC)	El Programa de Manejo, Uso y Calidad del Agua de las Playas (POMUAC) en materia de calidad del agua de playas en Colombia se encuentra respaldado por la Resolución 2115 de 2007 del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Esta resolución establece los criterios y estándares para la calidad del agua de las playas en el país. La Resolución 2115 de 2007 establece los parámetros microbiológicos y fisicoquímicos que deben ser monitoreados para analizar la condición del agua de las playas, como coliformes fecales, enterococos fecales, pH, temperatura y turbiedad, entre otros. También define los niveles máximos permisibles para estos parámetros, basados en estándares internacionales. Además, la resolución establece las obligaciones de las autoridades competentes para realizar el monitoreo periódico de la condición del agua de las playas, así como la frecuencia y los métodos de muestreo. También establece los criterios para la calificación de las playas, dividiéndolas en categorías de aptas, aptas con restricciones y no aptas para uso recreativo, también, tiene como objetivo garantizar la seguridad de la salud pública y la conservación del medio ambiente marino, promoviendo la calidad del agua en las playas y brindando información oportuna y confiable a los usuarios. Asimismo, busca fomentar la gestión integrada de las zonas costeras y promover la

	participación ciudadana en la vigilancia y control de la calidad del agua de las playas (MPS, 2007). El Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) En relación con la calidad de las playas turísticas en Colombia, hay diversas regulaciones y normativas relacionadas con la gestión del agua y el medio ambiente. Aunque el Plan de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA) no contempla normas específicas para la calidad de las playas, se pueden mencionar algunas leyes y resoluciones relevantes que contribuyen a la protección y conservación de las playas turísticas. La Ley 99 de 1993 fortalece la conservación de los recursos naturales y la protección de los ecosistemas costeros, estableciendo un marco general para la gestión ambiental en Colombia. Por otro lado, la Ley 1333 de 2009 Su objetivo es gestionar la contaminación ambiental implementando medidas para prevenir y controlar la polución en playas y otros cuerpos de agua Resolución 2115 de 2007 Establece normas y estándares para la calidad del agua de las playas en Colombia, que incluyen monitoreo de parámetros microbiológicos y fisicoquímicos. Decreto 1076 de 2015 Contiene el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, que supervisa el manejo del agua y los cuerpos de agua, incluidas las playas. Estas leyes y reglamentos brindan un marco legal general para proteger y administrar la calidad del agua en las playas turísticas. Además, las autoridades ambientales competentes en cada región son responsables de aplicar y supervisar estas regulaciones, así como de tomar medidas específicas para garantizar la calidad de las playas y la seguridad de los visitantes (ROA, 2017).
Plan de ordenación y manejo de cuencas hidrográficas POMCAS	
Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera (POMIUAC)	Se refieren a un enfoque de planificación y gestión de zonas costeras que busca integrar de manera equitativa los aspectos culturales, ambientales y socioeconómicos. Estos planes tienen como objetivo promover el desarrollo sostenible de las zonas costeras, protegiendo y conservando sus recursos naturales y culturales, y al mismo tiempo brindando a las comunidades locales un bienestar económico (Congreso de la República, 2011).
Decreto de las Unidades Ambientales Costeras (UAC)	Decreto 1120 del 31 de mayo de 2013, El Decreto de las Unidades Ambientales Costeras (UAC), fue promulgado para supervisar y establecer directrices en la política pública relacionada con la región costera de Colombia. Este decreto surgió a partir del artículo 207 de la Ley 1450 de 2011 y fue modificado posteriormente en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015. Su objetivo principal es crear diez unidades de control y manejo en la zona costera del país, utilizando las UAC como marco de referencia. Esto incluye la elaboración del Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad

Guía Técnica para la Ordenación y Manejo Integrado de la Zona Costera	Ambiental Costera (POMIUAC), un instrumento de planificación destinado a definir y orientar la gestión ambiental en estas áreas de Colombia (Congreso de la República, 2011). Resolución 768 de 2017 Se implementó la Guía Técnica para el Ordenamiento y Manejo Integrado de la Zona Costera, la cual ofrece directrices técnicas para la planificación y gestión de esta área. Además, se aprobó la Guía Técnica para la Ordenación y Planificación de la Unidad Ambiental Costera Caribe Insular mediante la Resolución 1979 de 2017. Esta guía se centra en la región del Caribe Insular e incluye la creación del Plan de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera (POMIUAC). El Decreto 415 de 2017 establece el marco legal para la implementación de estas guías y la gestión integral de la zona costera del Caribe Insular. (GUIA TECNICA PARA LA ORDENACION Y MANEJO INTEGRADO DE LA ZONA COSTERA, 2017; Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2017).
Requerimientos de certificación del Programa Bandera Azul	El Programa Bandera Azul de acuerdo con la Directiva (2006/7/CE del 15 de febrero de 2006) sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño, las aguas de baño deben obtener una calificación sanitaria de excelencia. Los criterios sanitarios y ambientales se establecen en esta Directiva, que fue adoptada en España el 11 de octubre por el RD 1341/2007 (Bandera Azul, 2022). El Real Decreto 1341/2007, del 11 de octubre, Este Real Decreto incorpora la Directiva (2006/7/CE del 15 de febrero de 2006) sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño en la legislación española. Define las directrices para la vigilancia y evaluación de la calidad de las aguas destinadas al baño en España con el objetivo de proteger la salud de las personas que las utilizan. El Real Decreto establece los parámetros y límites de calidad que deben cumplir estas aguas, además de los procedimientos para el muestreo, análisis y evaluación de su calidad. También define estándares para la clasificación y calificación de las zonas de baño en términos de salud (1341/2007, 2008). El Real Decreto 1341/2007 tiene como objetivo principal proteger la salud de los bañistas y la preservación del medio ambiente al garantizar que las aguas de baño cumplan con los requisitos sanitarios y ambientales establecidos en la Directiva europea.

ESTABLECIMIENTOS DE ALOJAMIENTO Y HOSPEDAJE (EAH). REQUISITOS DE SOSTENIBILIDAD (Ministerio de Comercio industria y Turismo, 2014)

Se define lo siguiente: El desarrollo sostenible se define como aquel que promueve el crecimiento económico, mejora la calidad de vida y el bienestar social, sin comprometer los recursos naturales renovables ni el medio ambiente, garantizando que las generaciones futuras también puedan satisfacer sus necesidades (Congreso de la República de Colombia, 1993). En cuanto al patrimonio cultural, el desarrollo sostenible implica la preservación de sus valores tanto intrínsecos como extrínsecos, en conexión con la comunidad en la que se originó, se enriqueció y ha perdurado.

**Norma Técnica NTS-TS
Sectorial Colombiana 002**

El desarrollo sostenible del turismo busca equilibrar los aspectos ambientales, económicos y socioculturales para garantizar su sostenibilidad a largo plazo. Este enfoque incluye tres elementos clave:

1. **Uso óptimo de los recursos ambientales**, preservando los procesos ecológicos y conservando tanto los recursos naturales como la biodiversidad.
 2. **Respeto a la autenticidad sociocultural** de las comunidades anfitrionas, protegiendo su patrimonio cultural, valores tradicionales y fomentando la tolerancia intercultural.
 3. **Asegurar la viabilidad económica a largo plazo**, beneficiando a todas las partes interesadas con oportunidades de empleo estable, ingresos y servicios sociales para las comunidades, contribuyendo a la reducción de la pobreza.
-

8. METODOLOGÍA

8.1. Localización del área de estudio

En la Figura 19 se muestra la localización de la zona de estudio contándose desde el país Colombia, Ciudad Cartagena de Indias, Bolívar y las playas área de estudio Playa Bocagrande, Playa Crespo y Playa Azul La Boquilla.

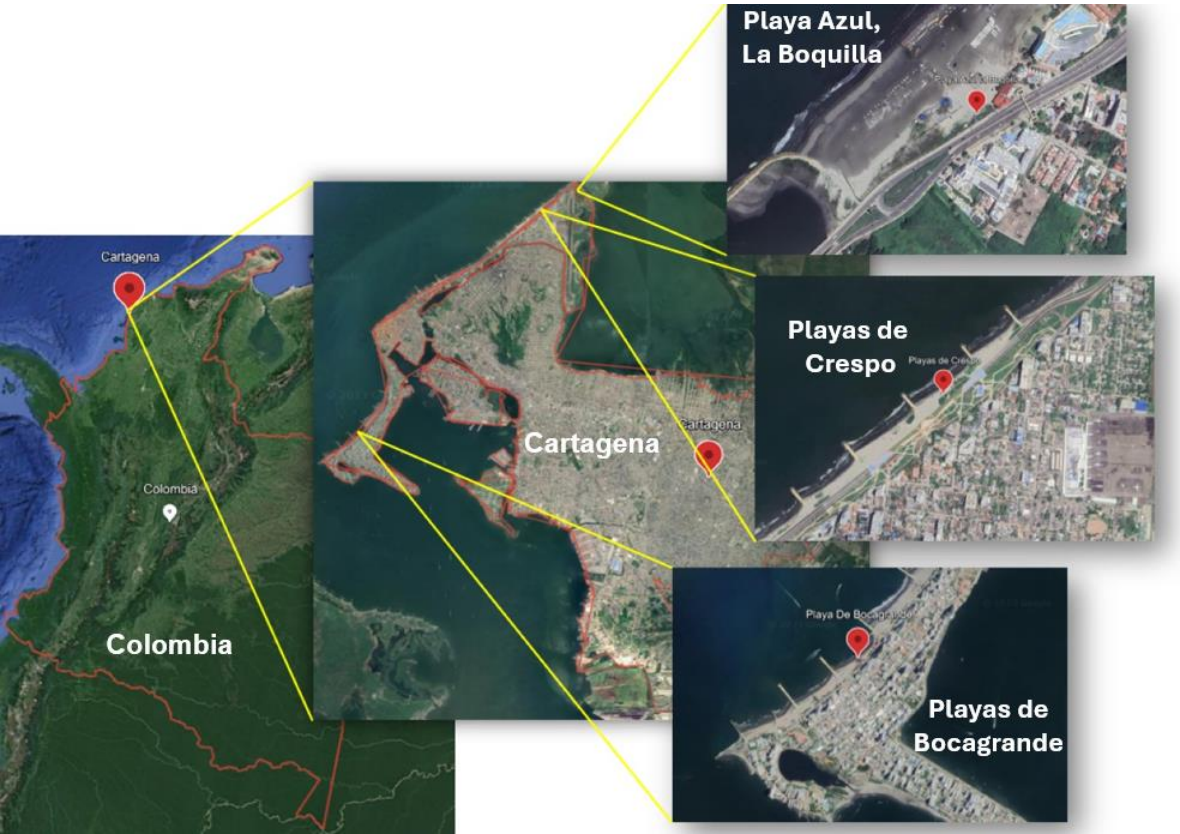


Figura 19. Playas área de estudio.

Fuentes: Autor, Adaptado de (Google Earth, 2023).

A continuación, en la Tabla 9 se dan a conocer las coordenadas, actividad turística de las playas objeto de estudio y su problemática asociada.

Tabla 9. Descripción del área de estudio y problemáticas asociadas.

Playas	Coordenadas	Actividad Turística	Problemática Asociada
Bocagrande	1: 10° 24' 80"N - 75° 33' 20.00" O	Esta playa conocida por su gran oferta turística, que incluye hoteles, restaurantes y tiendas. Además, al estar cerca del centro histórico de Cartagena, se ha convertido en una opción atractiva para los visitantes. En términos de	El crecimiento turístico y la urbanización han generado impactos en el ecosistema costero, lo que hace necesario investigar aspectos como la calidad del agua, la erosión costera y la conservación de los
	2: 10° 24'21.40"N - 75° 33' 16.70" O		
	3: 10° 24'25.30" N - 75° 33' 13.50" O		
	4: 10°24' 29.00"N - 75° 33' 10.20" O		

		actividades recreativas, los recursos naturales. turistas pueden disfrutar de También es relevante deportes acuáticos, paseos en analizar la relación entre la bote, alquiler de bicicletas y población local y el relajarse en tumbonas y turismo, así como las sombrillas (Viajando, s. f.). percepciones y los patrones de uso de la playa.
		El creciente número de visitantes y el desarrollo del turismo pueden tener efectos negativos en el ecosistema local, como la erosión costera que debido al aumento del turismo y la construcción de infraestructuras han alterado el equilibrio natural de la playa provocando erosión. Esto ha resultado en la pérdida de playas y cambios en la configuración de la costa, a la vez, el manejo inadecuado de desechos, descargas de aguas residuales y uso inadecuado de productos químicos han contribuido a la contaminación del agua en el área afectando negativamente la calidad del agua y la vida marina existente.
Crespo	1: 10° 26' 43.55" N - 75° 31' 30.17" O 2: 10° 26' 49.35" N - 75° 31' 23.41" O 3: 10° 26' 55.74" N - 75° 31' 15.50" O 4: 10° 27' 0.86" N - 75° 31' 8.82" O	Esta es una playa poco concurrida, pero con potencial turístico, actualmente por su ubicación es poco usada por los bañistas, no obstante, algunos lugareños se acercan a estas playas para llevar a cabo prácticas de pesca y deportes acuáticos (Martelo, 2017).
Playa Azul, La Boquilla	1: 10° 27' 27.83" N - 75° 30' 41.44" O 2: 10° 27' 56.03" N - 75° 30' 15.90" O 3: 10° 28' 10.05" N - 75° 30' 4.97" O 4: 10° 28' 22.75" N - 10° 28' 22.75" N	Esta playa es conocida por su potencial turístico, playa se ha visto afectada convirtiéndola en una de las playas más visitadas por personas de índole nacional e internacional, ya que contaba con la certificación de Bandera Azul, la zona hotelera se expandió rápidamente debido a que más personas frecuentaban La calidad del agua de la playa se ha visto afectada por aguas residuales no tratadas, contaminación por plásticos y microorganismos patógenos, lo que representa riesgos para la salud y la vida marina. Además, el turismo y

	las playas, provocando un desarrollo han tenido crecimiento exponencial del impactos negativos, como comercio y actividades construcción de acuáticas (Caracol, 2019). infraestructuras costeras, contaminación por plásticos y destrucción de hábitats naturales.
--	---

8.2. Enfoque y tipo de investigación

- Enfoque Mixto

El estudio utilizó un enfoque mixto que combinó técnicas cualitativas y cuantitativas Figura 20. Reconoció la importancia de combinar ambos métodos para lograr una investigación de alta calidad. Se emplearon técnicas cuantitativas como mediciones, observaciones, muestreos y análisis estadístico. Para validar la pregunta de investigación, estos procedimientos se llevaron a cabo de manera secuencial.

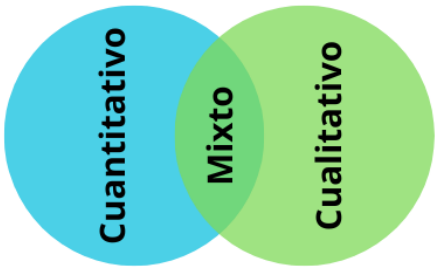


Figura 20. Enfoque de la investigación.

- Tipo y alcance del estudio: Exploratorio, Descriptivo

Se consideraron los 2 tipos Figura 21 para el alcance del estudio actual, ya que es exploratorio porque se enfoca en un tema de investigación desconocido poco estudiado y monitoreado, como la calidad del agua en las playas.

Además, se consideró descriptiva porque su objetivo era especificar las características de las playas monitoreadas, así como las comunidades que las frecuentan, sus procesos, objetos y fenómenos que se sometieron a un análisis de monitoreo de la calidad del agua (Hernández et al., 2014).

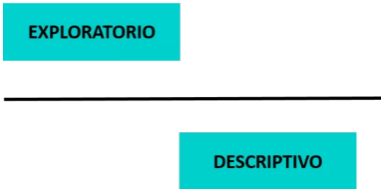


Figura 21. Tipo y alcance del estudio.

8.3. Diagrama Metodológico

Se elaboró una metodología con el fin de abordar los objetivos propuestos para el estudio actual del diagnóstico de la calidad de aguas en la ciudad de Cartagena, Bolívar para las zonas de estudio Bocagrande, Crespo y Playa Azul, incluyendo actividades propuestas para el desarrollo de dicha investigación. A continuación, en la Figura 22 se presentan las actividades metodológicas que se

desarrollaron a lo largo del estudio de diagnóstico de la calidad del agua para las playas Bocagrande, Crespo y Playa Azul, los cuales detallaran en esta metodología.

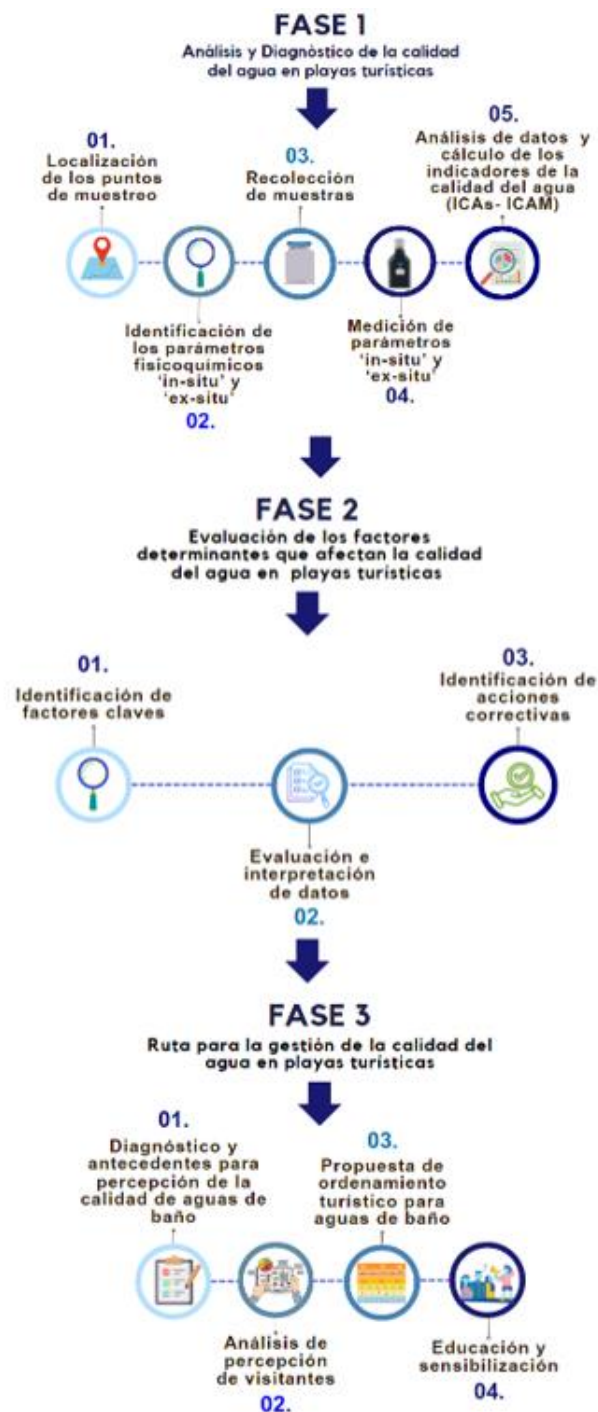


Figura 22. Metodología utilizada para la elaboración del estudio.

8.4. Fase 1: Análisis y Diagnóstico de la calidad del agua en playas turísticas

Se realizaron cinco actividades para analizar y diagnosticar la calidad de las aguas de baño en las playas turísticas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul La Boquilla. Esto se hizo para comparar las épocas monitoreadas y determinar la calidad del agua de baño en la zona de estudio durante la época de transición de junio a julio 2019, 2022, 2023.

8.4.1. Actividad 1: Localización de los puntos de muestreo

Bandera Azul, un prestigioso certificado internacional, ha sido el punto focal de esta investigación. En particular, se ha examinado la posibilidad de certificar la playa Bocagrande y Crespo, tomando como referencia la playa “Playa Azul”, que ya ha obtenido este certificado. Esta elección se basa en la relevancia y complejidad de la Bandera Azul como un estándar integral para la calidad ambiental y los servicios en playas y puertos. La certificación Bandera Azul se ha convertido en un símbolo de sostenibilidad costera y turismo responsable en todo el mundo.

Para determinar los sitios de recolección de muestras en las 3 playas monitoreadas, se consideraron los criterios establecidos por el Programa Bandera Azul (Bandera Azul, 2022) para evaluar la calidad del agua para el baño, que son los siguientes como se muestra en la Figura 23.



Figura 23. Criterios Bandera Azul para determinar sitios de recolección de muestras.

Fuente: Adaptado de (Bandera Azul, 2022).

Se realizaron muestreos en cada de la playa (Bocagrande, Crespo y Playa Azul) con 4 puntos de monitoreos en cada una las áreas de estudio durante los periodos de transición junio - julio de 2022 y 2023 y con ello se realizó el análisis comparativo tomado del monitoreo de 2019 (MARTÍNEZ IBARRA & CARRILLO RODRÍGUEZ, 2021; Pérez Ramos & Romero Peña, s. f.).

- **Coordenadas del área de estudio**

Los puntos de monitoreo se escogieron cerca de espolones o en diferentes longitudes de la playa para obtener una visión más completa de la calidad del agua en la zona de baño. Esto se determinó en concordancia a los criterios del programa bandera azul (Bandera Azul, 2022) para garantizar que se estén evaluando diversas áreas y no solo una sección específica de la playa. Se distribuyeron los puntos de monitoreo de manera estratégica, identificando posibles problemas de contaminación y con ello poder tomar medidas adecuadas para mantener la calidad del agua en todo el sitio de baño atendiendo al objetivo del diagnóstico.

8.4.2. Actividad 2: Identificación de los parámetros fisicoquímicos ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’

Se seleccionaron los parámetros fisicoquímicos para el estudio en función de la capacidad de medición del kit Educativo de Pruebas de Ciencias Marinas Back pack Lab™ HANNA Instruments Colombia. Además, se consideraron los parámetros de turbidez y pH, los cuales están especificados en el Programa Bandera Azul, con el objetivo de evaluar el potencial de las playas para obtener certificaciones. Por último, se tuvo en cuenta que estos parámetros podrían ser útiles para determinar la calidad del agua para el baño, mediante el uso de índices de calidad de agua.

Se muestra en la Figura 24 y Figura 25 la importancia sanitaria de los parámetros monitoreados y su importancia sanitaria para calidad de aguas de baño de las playas objeto de estudio.

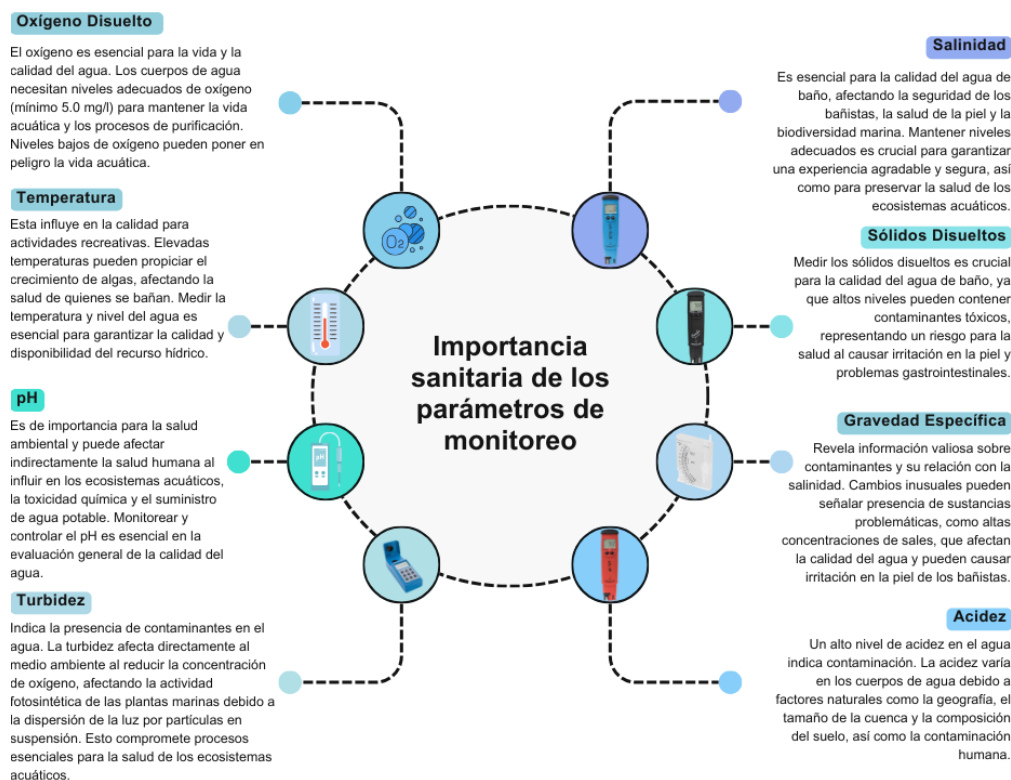


Figura 24. Importancia sanitaria de los parámetros a monitorear.



Figura 25. Importancia sanitaria de los parámetros a monitorear.

En la Figura 26 que se muestra a continuación, se detallan los parámetros In-Situ, los cuales se midieron directamente en campo, y los Ex-Situ, que corresponden a aquellos parámetros cuyas muestras se llevaron al laboratorio para su análisis respectivo.

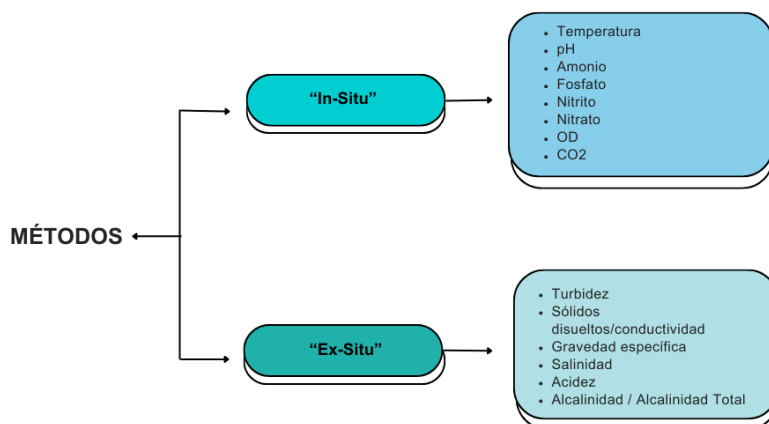


Figura 26.Parámetros ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’ identificados.

8.4.3. Actividad 3: Recolección de muestras

Las muestras de agua de mar fueron recolectadas mensualmente en la época de transición junio julio de 2019 y 2022 como se muestra en la Figura 27, en cada punto se tomó un volumen de 500ml dentro de un frasco de vidrio con boca ancha. En el transcurso de la mañana (7:00-11:00am).

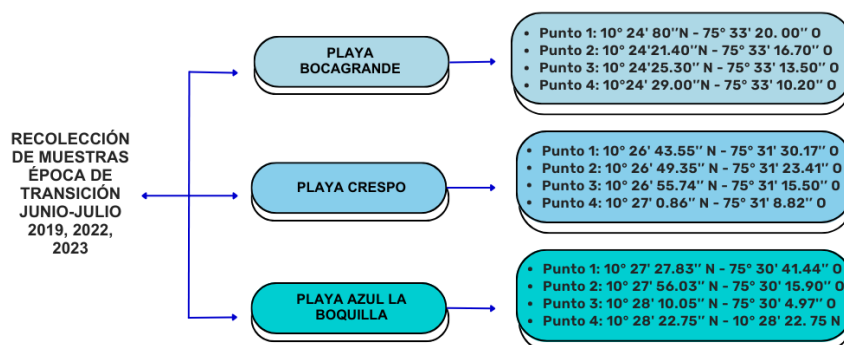


Figura 27.Organigrama de recolección de muestras de la época de transición junio-julio 2019, 2022, 2023.

En la Tabla 10, se muestran los parámetros monitoreados en meses y años en las áreas de estudio, como se puede observar algunos parámetros no fueron monitoreados en algunos meses y años, ya que se presentaron imprevistos como falta de reactivo y en ocasiones de equipo; Sin embargo se quiso dar a conocer los puntos que se muestrearon ya que son de importancia para el actual estudio y no implican riesgo al analizar cada área de estudio para el diagnóstico de la calidad de estas playas.

Tabla 10. Realización de parámetros en los meses y años monitoreados.

PLAYA BOCAGRANDE					PLAYA CRESCO					PLAYA AZUL LA BOQUILLA				
PARAMETROS	AÑO	MES	SI	NO	PARAMETROS	AÑO	MES	SI	NO	PARAMETROS	AÑO	MES	SI	NO
Temperatura (°C)	2019	junio			Temperatura (°C)	2019	junio			Temperatura (°C)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
pH	2019	junio			pH	2019	junio			pH	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	2019	junio			Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	2019	junio			Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Acidez (mg/L CaCO ₃)	2019	junio			Acidez (mg/L CaCO ₃)	2019	junio			Acidez (mg/L CaCO ₃)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Oxígeno Disuelto (mg/L)	2019	junio			Oxígeno Disuelto (mg/L)	2019	junio			Oxígeno Disuelto (mg/L)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Salinidad (PPT)	2019	junio			Salinidad (PPT)	2019	junio			Salinidad (PPT)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Dióxido de carbono (mg/L)	2019	junio			Dióxido de carbono (mg/L)	2019	junio			Dióxido de carbono (mg/L)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Fosfatos (mg/L PO ₄)	2019	junio			Fosfatos (mg/L PO ₄)	2019	junio			Fosfatos (mg/L PO ₄)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Nitratos (mg/L NO ₃)	2019	junio			Nitratos (mg/L NO ₃)	2019	junio			Nitratos (mg/L NO ₃)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Nitritos (mg/L NO ₂)	2019	junio			Nitritos (mg/L NO ₂)	2019	junio			Nitritos (mg/L NO ₂)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Amonio (mg/L NH ₃)	2019	junio			Amonio (mg/L NH ₃)	2019	junio			Amonio (mg/L NH ₃)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		
Sólidos Disueltos Totales (PPT)	2019	junio			Sólidos Disueltos Totales (PPT)	2019	junio			Sólidos Disueltos Totales (PPT)	2019	junio		
		julio					julio					julio		
	2023	junio				2023	junio				2023	junio		

8.4.4. Actividad 4: Medición de parámetros ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’

La Tabla 11 presenta el método de medición empleado para cada parámetro, según si se midió en el campo (‘In-Situ’) o si la muestra fue llevada al laboratorio para su análisis (‘Ex-Situ’).

Tabla 11. Medición de parámetros 'In-Situ' y 'Ex-Situ'.

Fuente: (Hanna Instruments Colombia, s. f.)

Parámetro	Método de medición
Oxígeno Disuelto (In-Situ)	Lavar una botella con la muestra de agua, llenarla completamente y agregar sulfato de magnesio y ácido alcalinizante fue el proceso de análisis. Se agregaron diez gotas de ácido sulfúrico después de agitar y repetir el proceso. Luego, el floculado se disolvió, se extrajo una muestra del vaso plástico y se agregó el reactivo Staren. Se tituló la muestra con la solución 3810-O hasta que se tornó incolora. Para obtener el resultado final, se multiplicó por 10 el valor en mililitros de la solución utilizada.
Temperatura y pH (In-Situ)	Se utilizó un tester de pH/temperatura para evaluar el pH y la temperatura de la muestra. Después de que el icono del reloj desapareciera de la pantalla del dispositivo, se registraron ambos valores (HANNA Instruments, s.f.).
Turbidez (Ex-Situ)	Se limpió un recipiente de vidrio con aceite de silicón y se ajustó el equipo con los patrones de calibración primarios. Luego, se cerró la tapa del turbidímetro y se esperó a que terminara la medición para obtener el resultado esperado.
Salinidad (Ex-Situ)	Un mililitro de la muestra se mezcló con difenil hasta que se volvió violeta y luego se agregó ácido nítrico hasta que se volvió amarillo para medir. Después, titulamos con la solución 3835-O hasta que se volvió violeta, registrando el volumen utilizado y multiplicándolo por 40 para obtener la sal.
Sólidos disueltos/ Conductividad (Ex-Situ)	Para determinar estos parámetros, primero se calibra una solución estándar. Luego se diluye 1:4 y se agrega el testador para medir la conductividad. Se presiona "Establecer retención" para sólidos disueltos, y la pantalla muestra el valor correspondiente (HANNA Instruments, s.f.).
Gravedad Específica (Ex-Situ)	Para calcular este parámetro, se utilizó una dilución de 1:4, se colocó la muestra en un hidrómetro y se registró su lectura con una flecha que muestra la gravedad específica.
Acidez (Ex-Situ)	Se tomó una muestra de 5 mililitros, se le añadió una gota de fenolftaleína, y si se volvió rosa, se consideró alcalina. Después de esto, se eliminaron los siguientes pasos de la prueba.

Dióxido de carbono (In-Situ)	El vaso con la muestra se enjuagó, se llenó a 5 mililitros, se agregó fenolftaleína, se tituló con HI-3818 hasta que se volvió rosa y se multiplicó por 100 el volumen utilizado para el resultado final.
Alcalinidad / Alcalinidad Total (Ex-Situ)	Se tomó una muestra de 5 mililitros, se agregó una gota de bromofenol azul y se mezcló. Después, se tituló con la solución 3811-0 hasta que se volvió amarillo. El resultado se obtuvo multiplicando el volumen del titulante por 300.
Nitrito (In-Situ)	Para medir la cantidad de nitrito, se mezcló un reactivo con diez mililitros de agua de mar, se agitaron durante un minuto y, después de seis minutos, se comparó el color resultante con una escala de referencia.
Nitrato (In-Situ)	Una muestra de agua de mar se tomó y luego se agregó un reactivo. Después de agitarlo durante un minuto, se dejó reposar durante cuatro minutos. Luego se utilizó una escala de colores para comparar los colores obtenidos para determinar la concentración de nitrato en la muestra.
Amonio (In-Situ)	Se tomó una muestra de agua del mar y se agregaron los reactivos amoníaco y Nessler. Se utilizó una escala de colores para medir la cantidad de amonio presente en la muestra después de mezclar y esperar cinco minutos para la reacción.
Fosfato (In-Situ)	Un recipiente se llenó con diez mililitros de agua de mar, se agregó un reactivo y se agitó durante un minuto. Luego se dejó reposar durante un minuto y se comparó el color que resultó con una escala de colores para determinar el parámetro.

A continuación, en la Tabla 12 se presenta una tabla de operacionalización de variables donde se detallan las mediciones de los parámetros físicoquímicos para evaluar la calidad del agua. Cada variable se describe con su definición conceptual (el fenómeno teórico) y su definición operativa (cómo se mide), junto con los indicadores, instrumentos de medición y la escala utilizada (ordinal o de razón).

Tabla 12. Tabla de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición Operativa	Indicadores	Instrumento de medición	Escala de medición	Tipo de Escala
Oxígeno Disuelto	Cantidad de oxígeno disponible en el agua para organismos acuáticos	Llenado de una botella con muestra, adición de reactivos (sulfato de magnesio, ácido alcalinizante, sulfúrico), titulación hasta cambio de color	Volumen de solución utilizada en la titulación	Botella de muestra, reactivos, solución titulante	Miligramos por litro (mg/L)	Razón
Temperatura	Grado de calor presente en el agua	Uso de tester para medir la temperatura en la muestra de agua	Temperatura registrada en el dispositivo	Tester de temperatura/pH	Grados Celsius (°C)	Razón
pH	Medida de acidez o alcalinidad del agua	Uso de tester para medir el pH en la muestra de agua	Valor de pH registrado en el dispositivo	Tester de temperatura/pH	Escala de pH (0-14)	Razón
Turbidez	Medida de la claridad o transparencia del agua	Ajuste del turbidímetro, medición en recipiente limpio	Unidades de turbidez registrada	Turbidímetro, recipiente de vidrio	Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU)	Razón
Salinidad	Concentración de sales en el agua	Titulación con reactivos hasta cambio de color	Volumen de solución utilizada en la titulación	Reactivos y solución titulante	Partes por mil (ppt)	Razón
Sólidos disueltos/ Conductividad	Cantidad de sólidos disueltos y capacidad del agua para conducir electricidad	Calibración de una solución estándar y medición con tester	Valores de sólidos disueltos y conductividad	Tester de conductividad y sólidos disueltos	Microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) y mg/L	Razón

Gravedad Específica	Relación entre la densidad del agua y la densidad del agua pura	Dilución de muestra y medición con hidrómetro	Valor de gravedad específica registrado	Hidrómetro	Relación numérica (sin unidad)	Razón
Acidez	Cantidad de iones H ⁺ en el agua	Adición de fenolftaleína, observación del cambio de color	Resultado visual (cambio de color)	Fenolftaleína, gotero	Cualitativa (ácido/alcalino)	Ordinal
Dióxido de Carbono	Cantidad de dióxido de carbono disuelto en el agua	Titulación de la muestra con HL-3818 hasta cambio de color	Volumen de titulante utilizado	Reactivo HL-3818	Miligramos por litro (mg/L)	Razón
Alcalinidad/Alcalinidad Total	Capacidad del agua para neutralizar ácidos	Titulación con bromofenol azul y solución titulante hasta cambio de color	Volumen de solución titulante utilizado	Reactivos, bromofenol azul	Miligramos por litro (mg/L)	Razón
Nitrito	Concentración de nitritos en el agua	Agitación de muestra con reactivo y comparación de color con escala de referencia	Comparación del color con la escala de referencia	Escala de colores	Miligramos por litro (mg/L)	Razón
Nitrato	Concentración de nitratos en el agua	Agitación de muestra con reactivo, reposo y comparación de color con escala de referencia	Comparación del color con la escala de referencia	Escala de colores	Miligramos por litro (mg/L)	Razón
Amonio	Concentración de amonio en el agua	Agitación de muestra con reactivo Nessler y comparación de color con escala de referencia	Comparación del color con la escala de referencia	Escala de colores	Miligramos por litro (mg/L)	Razón

Fosfato	Concentración de fosfatos en el agua	Agitación de muestra con reactivo y comparación de color con escala de referencia	Comparación del color con la escala de referencia	Escala de colores	Miligramos por litro (mg/L)	Razón
----------------	--------------------------------------	---	---	-------------------	-----------------------------	-------

- **Registro de datos**

Se creó un formato con la herramienta Excel que incluía todos los parámetros observados para llevar un registro de los parámetros monitoreados, valores obtenidos, meses y años de toma de las muestras como se muestra en la Tabla 13 a manera de ejemplo. En cada celda de dicho formato se anotó el valor obtenido luego de realizar los cálculos necesarios de acuerdo con las instrucciones del método. Este procedimiento se aplicó para cada una de las playas.

Tabla 13. Plantilla para la recolección de datos de los parámetros monitoreados en los meses y años para las áreas de estudio.

PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Parámetro por medir	Mes / Año	Parámetro por medir	Mes / Año	Parámetro por medir
jun-19		jun-19		jun-19	
jul-19		jul-19		jul-19	
jul-22		jul-22		jul-22	
jun-23		jun-23		jun-23	
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Ejemplo: pH	Mes / Año	Ejemplo: pH	Mes / Año	Ejemplo: pH
jun-19		jun-19		jun-19	
jul-19		jul-19		jul-19	
jul-22		jul-22		jul-22	
jun-23		jun-23		jun-23	

8.4.5. Actividad 5: Análisis de datos y Cálculo de los Indicadores de la calidad del agua (ICAs-ICAM)

Tras la recolección de datos y su posterior tabulación, se procedió a la creación de gráficos utilizando la herramienta Excel. Cada gráfico incluyó información sobre el punto de muestreo y el mes en que se realizó la medición. Estos gráficos de líneas permitieron observar las variaciones en el tiempo de los parámetros estudiados, además de considerar la influencia de la época del año (especialmente en épocas de transición) y la ubicación del punto de muestreo.

Luego, se llevó a cabo un análisis detallado de las gráficas generadas, teniendo en cuenta el rango de valores obtenidos. Para una evaluación más precisa, se consultó la literatura científica (Bandera Azul, 2022; C.-M. Botero et al., 2015; Garcés Ordóñez et al., 2016; Zielinski, 2012) y decretos para establecer los límites admisibles de cada parámetro; los de interés se muestran en la Tabla 14 y se compararon estos límites con los datos del muestreo. Aquellos valores que excedieron significativamente los límites establecidos se sometieron a un análisis más profundo, considerando tanto factores naturales como antropogénicos. Sin embargo, se descartaron los valores atípicos, que en su mayoría se atribuyeron a errores de medición.

Además, se identificaron relaciones entre los parámetros y se examinó su comportamiento mutuo, lo que permitió obtener conclusiones relevantes sobre su interacción y posibles implicaciones.

Tabla 14. Parámetros admisibles de interés de la RESOLUCIÓN No. 1315 de 12 DE AGOSTO DE 2020.

Fuente: Adaptado de (RESOLUCIÓN No. 1315 (12 DE AGOSTO DE 2020), 2020).

Referencia	Contacto primario	Contacto secundario
	Valor	Valor
In Situ		
Conductividad Eléctrica (µs/cm)	1.500	1.500
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5	5
Oxígeno Disuelto (% Saturación)	70	70
pH (Unidades)	5,0 – 9,0	5,0 – 9,0
Temperatura del agua (°C)	30	No interfiere

Fisicoquímicos		
Sólidos Suspendidos Totales (mg/L)	10 – 55*	10 – 55*
Nitratos (mg/L)	4,0	4,0
Nitritos (mg/L)	1,0	

*Aplica para época seca

- **Cálculo del Indicador de Calidad de Agua (ICAs-ICAM)**

El cálculo del Indicador de Calidad de Agua es una herramienta utilizada para evaluar la calidad del agua y determinar su idoneidad para uso humano y/o ambiental. En este caso, se está aplicando a las playas objeto de estudio.

Para su cálculo, se seleccionaron cuatro de los trece parámetros monitoreados que se compartían con el índice ICAM y se aplicó el mismo factor de ponderación que sugiere dicho índice.

También, se hizo uso de la calculadora SiAM (Sistema de Información Ambiental Marina), como se muestra en la Figura 28, la cual, se considera una herramienta de corte estadístico que permite calcular los parámetros que se relacionan a los cambios de estado de agua marina y costera y con ello hacer cálculo de índice ICAM.

INGRESO DE DATOS

Seleccione el índice a aplicar, uso del mismo y sustrato donde se aplica:

Agua Marina

ICAM 2011

Preservacion de flora y fauna

El sistema hace los cálculos asumiendo que "su" información está en las unidades acá expresadas...

Oxígeno disuelto (OD)		(mg/L) Ejemplo: 1.0 ó 9
Nitratos (N-NO ₃ -)		(µg/L) Ejemplo: 10.30 o 34
Solidos Suspendidos Totales (SST)		(mg/L) Ejemplo: 15.30 o 20
Coliformes Termotolerantes (CTE)		(NMP/100ml) Ej: 20 o 200
pH (PH)		Unidad Ej: 6.8 ó 6
Hidrocarburos disueltos y dispersos (HPDD)		(µg/L) Ejemplo: 10 ó 15
Demanda bioquímica de oxígeno (DBO)		(mg/L) Ejemplo: 23.5 o 45
Ortofosfatos (P-PO ₄ ⁻³)		(µg/L) Ejemplo: 96.63 o 15

Borrar Todo

Calcular

Figura 28. Calculadora SiAM de ICAM.

Fuente: (Sistema de Información Ambiental Marina SiAM-INVEMAR, 2011).

A continuación, se muestran los indicadores ICAM Figura 29, que se obtienen al realizar el cálculo.

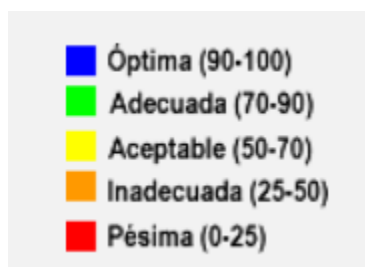


Figura 29. Indicador de la calidad de las aguas marinas - ICAM.

Fuente: (Sistema de Información Ambiental Marina SiAM-INVEMAR, 2011).

Para su cálculo, se seleccionaron cuatro de los doce parámetros monitoreados que se compartían con el índice ICAM: Oxígeno Disuelto, Sólidos Disueltos Totales, Nitratos, pH.

8.5. Fase 2: Evaluación de los factores determinantes que afectan la calidad del agua en playas turísticas

La contaminación fisicoquímica de las playas y aguas costeras es causada por el uso intensivo de las playas turísticas durante las vacaciones y la infraestructura inadecuada, lo que pone en peligro la salud pública y reduce el potencial turístico de las playas (Montaño & Robadue, 1995). Aunque los usuarios de las playas turísticas contribuyen al crecimiento del turismo, también contribuyen a la contaminación. La calidad de las playas está fuertemente influenciada por las condiciones sociales y la percepción de las personas (Garcés Ordóñez et al., 2016).

La mayoría de las playas turísticas se encuentran cerca de ciudades, lo que aumenta la probabilidad de que los vertimientos lleguen a ellas sin ser tratados y contienen altos niveles de microorganismos patógenos y otros agentes contaminantes, lo que contribuye a los problemas sanitarios y ecológicos de las zonas costeras (Garcés Ordóñez et al., 2016).

(Chen & Bau, 2016) diseñaron una estructura de evaluación de playas turísticas basada en múltiples criterios para determinar los elementos que afectan el entorno de las playas. Esta estructura está destinada a informar a los administradores de playas en dónde y cómo invertir recursos para lograr un turismo sostenible. Se realizó una revisión crítica de la literatura sobre los estándares de calidad de playas.

Diseñaron un sistema de evaluación de tres niveles con criterios y pesos para los gestores de playas. Según los resultados, la seguridad y la limpieza del entorno de las playas se consideran aspectos relativamente importantes en el segundo nivel. El tercer nivel abarca quince características, como normativas sobre la calidad del agua, limpieza de las playas, acceso seguro, gestión de diversos usos, manejo de sedimentos y hábitats, disponibilidad de información, gestión controlada de desechos y la existencia de un comité de gestión de playas.

Se discute el impacto de estas medidas en los resultados, con un enfoque en la gestión integrada de las playas.

8.5.1. Actividad 1: Identificación de factores claves

Se tomaron en cuenta consideraciones fundamentales de calidad, como elementos que podrían cambiar el enfoque para el cuerpo de agua examinado por medio de estaciones (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (cardique), 2016).

Además, se tomaron en consideración los siguientes criterios en función de los factores que influyeron en la calidad del agua en el área de estudios. Estos factores se incluyeron en (REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia, s. f.) Se utilizó un Geovisor para mostrar las principales fuentes de contaminación, que incluyen la minería, las actividades agrícolas, pecuarias, industriales, turísticas, marítimas y portuarias, así como los desechos líquidos y sólidos. Además, se incluyen los puertos, los muelles de pesca, la pesca artesanal, las terminales de base naval, los embarcaderos y los vertimientos para la implementación de las demás actividades contempladas en esta etapa.

8.5.2. Actividad 2: Evaluación e interpretación de datos

Se llevó a cabo un análisis de cada estación cercana al área de estudio y se descubrieron los criterios de REDCAM (REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia, s. f.). Se evaluaron los problemas de contaminación que pueden surgir por la operación de ciertas actividades cercanas, evidenciando un mayor flujo de incidencia turística. Asimismo, se propusieron ciertas correcciones para un control óptimo de cada playa área de estudio (Playa Bocagrande, Playa Crespo y Playa Azul La Boquilla).

8.5.3. Actividad 3: Identificación de acciones correctivas

Se llevó a cabo una propuesta acerca de las acciones correctivas, a la vez que se elaboró una matriz de causa y efecto en la que se evidencia el análisis realizado para identificar los determinantes que afectan la calidad de las aguas de baño en las zonas de estudio. Esto se contrastó con el juicio de

expertos (Guzmán, 2009) contemplado en Geo Cartagena, que propone políticas de turismo sostenible y perspectivas ambientales.

8.6. Fase 3: Ruta para la gestión de la calidad del agua en playas turísticas

Se propuso una ruta para la gestión de calidad del agua en las playas turísticas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul. El objetivo fue evaluar la percepción y las preferencias de los visitantes respecto a la calidad del agua, la certificación de la Bandera Azul, la seguridad y los servicios en la playa, la accesibilidad para personas con discapacidades y la contribución económica de las playas a nivel local, a la vez se realizó educación y sensibilización para los visitantes que no contaran con conocimiento acerca del programa bandera azul, comportamiento en la zona de baño y calidad ambiental en la zona de estudio. A continuación, en la Figura 30 se presenta la ruta para la gestión de la calidad del agua de dichas playas con objeto de propuesta para el actual trabajo.

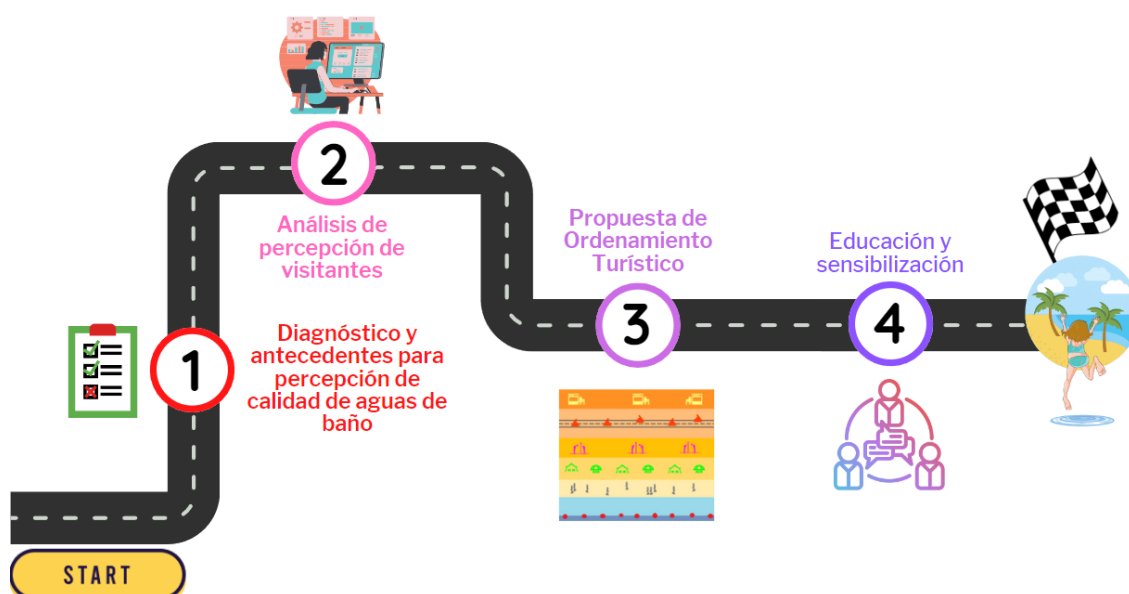


Figura 30. Ruta para la gestión de la calidad del agua en playas turísticas del área de estudio.

La ruta se planteó de la siguiente manera:

8.6.1. Actividad 1: Diagnóstico y antecedentes para percepción de calidad de aguas de baño

Se evaluaron las percepciones de los visitantes respecto a la calidad del agua en las playas turísticas mediante una encuesta utilizando una escala tipo Likert en la que se utilizaron escalas del 1 al 5 y encuestas de afirmativas y negativas. El público escogido fueron visitantes aleatorios en las zonas de estudio: Playa Crespo, Playa Bocagrande y Playa Azul La Boquilla. Asimismo, el número de muestras fue de 114 visitantes a lo largo de las zonas de estudio antes mencionadas.

Para evaluar las percepciones y actitudes de los visitantes respecto a la calidad del agua en las playas turísticas, se llevó a cabo una encuesta utilizando una escala tipo Likert, la cual es una herramienta comúnmente utilizada para medir actitudes y opiniones. Esta escala permite a los encuestados expresar su nivel de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones relacionadas con la calidad del agua y la gestión de las playas. Los resultados de la encuesta fueron exportados a una Hoja de Cálculo de Excel, donde se obtuvieron las frecuencias numéricas (Gante et al., 2020; Lee et al., 2019).

Se llevó a cabo un muestreo aleatorio simple en donde se definieron los visitantes de las playas turísticas (extranjeros y locales) en un período de tiempo determinado: entre las 8:00 a.m. y 10:00 a.m. Monitoreo de calidad de agua y predicción de coliformes fecales en playas de Montevideo mediante algoritmos de aprendizaje automático (2021). Esta metodología nos permitió obtener datos cuantitativos sobre diferentes aspectos relacionados con la gestión y el uso de las playas.

El método aleatorio simple garantizó que cada bañista en las playas seleccionadas tuviera la misma probabilidad de ser incluido en la muestra. Esto minimizó sesgos y aseguró que los resultados sean representativos de la población total de bañistas (Cochran, 1977).

Los resultados obtenidos mediante el método aleatorio simple se lograron generalizar a la población total de bañistas. Esto fue esencial para hacer recomendaciones informadas sobre mejoras en las playas (Morrison et al., 2009).

Aunque existen métodos de muestreo más complejos, el método aleatorio simple resultó eficiente en términos de tiempo y recursos. Lo que lo hace ideal para estudios exploratorios como una encuesta de satisfacción (Loukas et al., 1992).

Se tuvieron en cuenta unas características, las cuales ayudaron a definir el universo muestral, tipo de muestreo y tamaño de la muestra. Como se muestra en la Tabla 15 a continuación:

Tabla 15. Ficha Metodológica para realización de encuesta.

Ficha metodológica	
Realizada por	María Gisell Morales Humánez y Miguel Guerra Benítez
Universo	Visitantes nacionales y extranjeros aleatorios mayores de 18 años concentrados encada zona de estudio (Bocagrande, Crespo, Playa Azul La Boquilla).
Tipo de muestreo	Muestreo aleatorio simple

Tamaño de la muestra	114 visitantes
Fechas de realización de las encuestas	11 y 12 de marzo de 2024 19 y 20 de abril de 2024

A la vez, se recopiló información y posterior a esto se graficó las características de la población encuestada que incluyen características como: Género, Edad y Lugar de origen de los visitantes encuestados.

8.6.2. Actividad 2: Análisis de percepción de visitantes

En la aplicación de la encuesta se determinó la sensibilidad de los visitantes hacia la calidad del agua y su disposición a evitar una playa si no cumple con los estándares establecidos.

Además, se analizó la comprensión de los visitantes y la importancia del programa de certificación de la Bandera Azul para playas.

Se analizó la percepción de los visitantes sobre la presencia de personal de salvamento y socorrismo en la playa, así como su sensación de seguridad y confianza en los servicios de primeros auxilios, a la vez se investigó la atención y el seguimiento que los visitantes hacen a la información y señalización sobre conservación del medio ambiente en la playa.

Se examinó la percepción de los visitantes sobre la adaptabilidad de la playa para personas con discapacidades y su conocimiento sobre la disponibilidad de instalaciones como baños accesibles.

También se evaluó la percepción de los visitantes sobre la contribución económica de las playas a la economía local.

Esta encuesta permitió obtener una comprensión completa de la percepción y las preferencias de los visitantes, así como identificar áreas de mejora en la gestión y promoción de las playas como destinos turísticos Figura 31, Figura 32, Figura 33.

La encuesta se evaluó de la siguiente manera:

Fecha de realización de la encuesta y Lugar (Playa)

Fecha	Género	Edad
Lugar	Ciudad de Origen	

Edad del visitante encuestado

Género del visitante encuestado y ciudad de origen de este

Pregunta	Calificación				
	1	2	3	4	5
¿Con qué calificación ambiental califica esta playa de 1 a 5, siendo 1 muy mala y 5 muy buena?					
¿Con qué frecuencia visitas playas turísticas?					

Para la sumatoria total de estas preguntas se tomó como mayor calificación 10 y menor 1, de manera que lo que se fuera respondiendo se iba multiplicando por las escalas dadas del 1 al 5.

Figura 31. Información del visitante y Calificación de calidad ambiental-Frecuencia de visita.

De las siguientes situaciones, evalúe la que más le moleste, clasificando 1 como muy molesto y 5 como nada molesto.

Situación	Calificación				
	1	2	3	4	5
Olores desagradables (orinas, materia fecal, humo y basura)					
Basura inorgánica en la arena (latas, botellas, bolsas)					
Basura orgánica en la arena (cáscaras, desperdicios, etc.)					
Basura en el mar, flotantes o no					
Agua oscura o con sólidos					
Temperatura del agua muy fría o muy caliente					
Vendedores ambulantes					
Exceso de visitantes					
Muebles y obstáculos en la zona baja o activa de la playa (sillas, mesas, carritos)					
¿cuánto influye la presencia de la Bandera Azul en tu decisión de visitar una playa?					
¿Has visitado alguna vez una playa con la Bandera Azul? En caso afirmativo, ¿cómo fue tu experiencia en comparación con otras playas que has visitado?					
¿cómo calificarías la efectividad del personal de salvamento y socorrismo en su respuesta a emergencias?					
¿Estás satisfecho/a con el estado de conservación y limpieza de las playas que has visitado recientemente?					

Para la sumatoria total de estas preguntas se tomó como mayor calificación 65 y menor 1, de manera que lo que se fuera respondiendo se iba multiplicando por las escalas dadas del 1 al 5.

Figura 32. Percepción de situaciones.

Pregunta	Respuesta	
	Si	No
¿Considerarías evitar una playa si conocieras que su calidad del agua no cumple con los estándares establecidos?		
¿Estás familiarizado con el programa de certificación de la Bandera Azul para playas?		
Consideras importante que una playa tenga la certificación de la Bandera Azul al momento de elegirla destino turístico?		
¿Has notado la presencia de personal de salvamento y socorrista en la playa durante tu visita?		
¿Te sientes seguro/a sabiendo que hay personal capacitado en primeros auxilios disponible en la playa?		
¿Has observado carteles o señalización que proporcionen información sobre la conservación del medio ambiente en la playa?		
¿Consideras que la playa está adecuadamente adaptada para personas con discapacidades?		
¿Has observado información de calidad del agua de esta playa?		
¿Tienes conocimiento de baños disponibles para personas?		
¿Consideras que las playas contribuyen a la economía local?		
Encuesta por:		

Para la sumatoria total de estas preguntas se tomó como mayor calificación 10 y menor 0, de manera que lo que se fuera respondiendo se iba multiplicando por las escalas dadas del 1 al 5, contando que los SI se tomaron como 1 y los NO como 0

Figura 33. Observaciones del turista.

8.6.3. Actividad 3: Propuesta de Ordenamiento Turístico para aguas de baño

Con la información recopilada en las encuestas se realizó una propuesta de control de elementos contaminantes y su corrección, a la vez se propuso ordenamiento turístico para aquellas playas que no cuenten con normativas que propone la certificación Bandera Azul (Bandera Azul, 2022).

(Departamento Nacional de Planeación, 2021) presenta un árbol de problemas con las causas y efectos potenciales del problema: Insuficiencia de servicios turísticos en las zonas costeras de la entidad territorial. entre los principales elementos Se destaca la falta de infraestructura necesaria para brindar servicios en la playa debido a:

- Deficiencia de infraestructura e infraestructura inmobiliaria en las playas, que incluye rampas, baños públicos, garitas y otros equipamientos necesarios para garantizar la sostenibilidad y seguridad en su uso.
- Escasa señalización y condiciones de accesibilidad que permitan la movilidad y la información adecuada dirigida a los visitantes para permitir actividades turísticas costeras.
- Pocos recursos de planificación para el manejo de las playas.

Se creó simultáneamente un árbol de objetivos a partir del árbol de problemas. Este árbol de objetivos contiene los objetivos generales y específicos del proyecto, así como los objetivos directos e indirectos esperados de su ejecución Figura 34 (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

El tema del presente estudio es la calidad del agua. El ordenamiento de la playa busca el uso adecuado de las áreas. El propósito es asegurar la salud pública y la protección ambiental Figura 34.

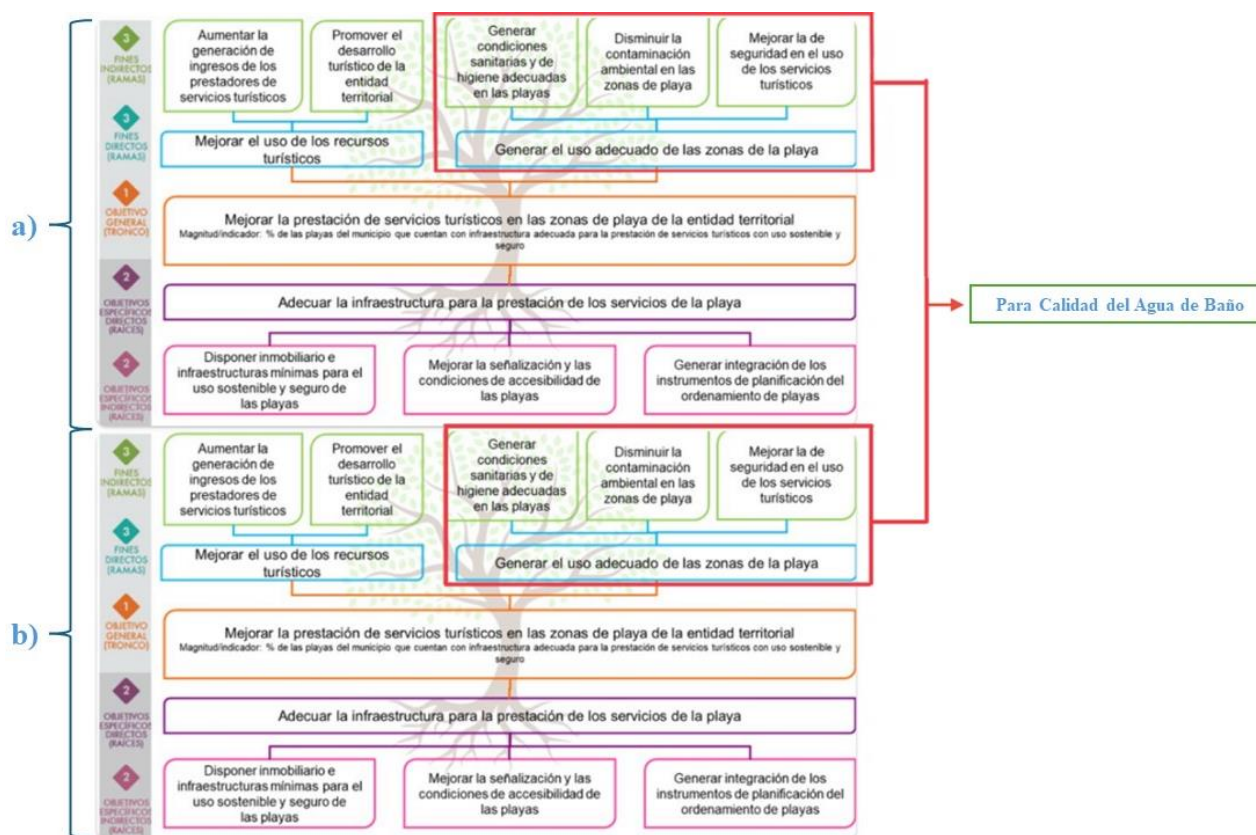


Figura 34. Principales causas y efectos de los servicios turísticos. a) Árbol de problemas, b) Árbol de soluciones.

Fuente: Adaptado de (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

Las áreas de la playa turística deben identificarse y delimitarse según sea aplicable y de acuerdo con las dinámicas y particularidades de cada una Figura 35 (Departamento Nacional de Planeación, 2021):

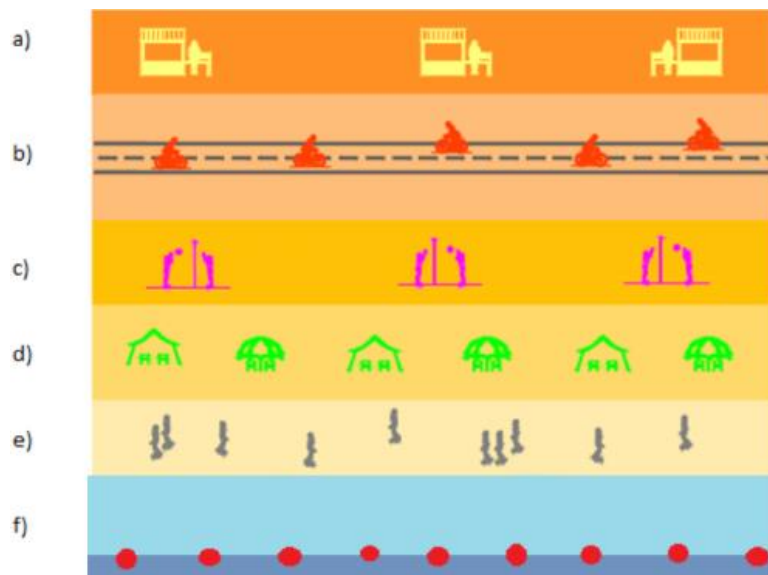


Figura 35. Ordenamiento turístico de playas.

Fuente: (Departamento Nacional de Planeación, 2021).

La gestión adecuada de la calidad del agua en playas turísticas es crucial para asegurar la salud pública y la conservación del medio ambiente (Barragán Muñoz, 2004). Este estudio ha destacado diversas áreas y su ordenamiento específico, con el objetivo de garantizar un uso correcto y seguro de las zonas costeras. A continuación, se resume cómo estas áreas contribuyen a mantener y mejorar la calidad del agua y la experiencia de los visitantes:

- a) **Área de Servicios Turísticos:** Esta zona, destinada al uso comercial y de servicios, debe ser cuidadosamente gestionada para evitar contaminaciones. La especificación clara de los bienes y servicios permitidos, así como las condiciones para su venta o prestación, es esencial para minimizar el impacto ambiental y proteger la calidad del agua.
- b) **Articulación del Espacio Público y Zona de Enlace:** Esta zona separa las áreas naturales de la playa de las áreas de servicios turísticos. Para evitar la degradación del suelo y la contaminación del agua y mantener un entorno saludable para los visitantes y los ecosistemas costeros, es fundamental su gestión y mantenimiento adecuados.
- c) **Zona de Transición:** Dedicada a actividades temporales y culturales, esta zona debe ser manejada con especial cuidado para evitar la contaminación y el daño físico. Para mantener la calidad del agua y el medio ambiente, se debe instalar mobiliario removible que no comprometa la integridad de la playa.

- d) **Zona de Descanso:** Destinada exclusivamente al descanso de los bañistas, esta área debe contar con mobiliario que armonice con el entorno natural. La adecuada disposición y gestión de este mobiliario son esenciales para evitar la contaminación visual y ambiental, contribuyendo así a la conservación de la calidad del agua.
- e) **Zona Activa:** Esta franja de arena, cercana a la orilla, debe permanecer libre para facilitar la circulación de los bañistas. Mantener esta zona despejada y bien gestionada es crucial para evitar la erosión y la contaminación, garantizando un acceso seguro y limpio al mar.
- f) **Zona para Baño:** Delimitada por boyas, esta área asegura la seguridad de los bañistas y debe ser gestionada para proteger la calidad del agua. Es fundamental considerar las particularidades de cada playa, como la profundidad y las corrientes, para mantener un entorno seguro y saludable para los usuarios.

Con el ordenamiento y la gestión adecuada de las diferentes zonas de una playa turística se busca mantener la calidad del agua y asegurar un entorno seguro y atractivo para los visitantes. Ya que, la implementación de prácticas adecuadas y el cumplimiento de las normativas son indispensables para proteger tanto la salud pública como los ecosistemas costeros.

8.6.4. Actividad 4: Educación y sensibilización

Se realizaron campañas de educación y sensibilización dirigidas a los turistas, residentes locales al momento de encuestarlos, con la finalidad de promover la importancia de conservar y proteger la calidad del agua de las playas y de igual manera su uso responsable, proporcionando información clara que pueda ayudar de los posibles riesgos y medidas preventivas para lograr mantener la calidad del agua.

Se realizó una matriz, con el fin de presentar propuestas al momento de llevar a cabo la sensibilización identificando los actores, herramientas y canales para posteriormente presentar una propuesta acorde a cada necesidad para las playas objeto de estudio. La matriz se presenta a continuación en Tabla 16:

Tabla 16. Matriz para propuesta de educación y sensibilización en las áreas objeto de estudio.

Actores	Herramientas	Canales	Propuestas
Turistas	Matriz de Excel	Folleto de sensibilización e información que contiene Bandera Azul	
Productores (sector privado y público)	Matriz de Excel	Folleto de sensibilización e información que contiene Bandera Azul	
Residentes	Matriz de Excel	Folleto de sensibilización e información que contiene Bandera Azul	
Gobierno	Matriz de Excel	Folleto de sensibilización e información que contiene Bandera Azul	

Simultáneamente, se elaboró una matriz de indicadores basada en las propuestas planteadas en la matriz previa. Como se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Matriz de indicadores según propuestas de sensibilización en las zonas objeto de estudio.

PROPUESTA	INDICADORES	UNIDADES	JUSTIFICACIÓN

A partir de la investigación de (M. Castro et al., 2014), titulada “Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global”, y en concordancia con la (RESOLUCION NUMERO 0643, 2004), que establece los indicadores mínimos mencionados en el artículo 11 del (Decreto 1200, 2004) y adopta otras disposiciones, se consideraron los indicadores seleccionados

Esto con el objetivo de elaborar una matriz de indicadores basada en las propuestas planteadas en la matriz previa para evaluar y monitorear la efectividad de las iniciativas de sensibilización en las zonas

objeto de estudio. Esta matriz permitió identificar y medir los resultados de las propuestas, asegurando que se cumplieran los objetivos planteados y se realizaran ajustes necesarios para mejorar la implementación de las estrategias.

9. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

9.1. Área de estudio

Se muestran las áreas de estudio en la Figura 19, las cuales se les realizó una descripción de área de estudio junto con las problemáticas asociadas que se muestra en la Tabla 9 donde se emplea también una descripción de la actividad turística de cada playa área de estudio.

9.2. Fase 1: Análisis y Diagnóstico de la calidad del agua en playas turísticas

Se realizó el análisis comparativo espacio temporal de parámetros clave en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul, es de vital importancia para comprender la evolución y cambios en la calidad del agua a lo largo de los años. Por ser destinos turísticos populares con una gran cantidad de visitantes, es crucial monitorear y evaluar la salud de sus ecosistemas acuáticos.

Este estudio analizó varios parámetros en tres años distintos: 2019, 2022 y 2023. Se examinaron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, temperatura, pH, turbidez, sal, sólidos disueltos y conductividad, gravedad específica, acidez, dióxido de carbono, alcalinidad, nitrito, nitrato, amonio y fosfato. Estos parámetros proporcionaron información importante sobre la composición química, la calidad del agua y los factores que afectan la calidad de estas playas.

El análisis comparativo espacio temporal permitió encontrar tendencias potenciales, cambios estacionales y efectos de eventos particulares en los parámetros estudiados. Además, se examinó cómo los factores externos, como la actividad humana, la influencia del clima y la gestión ambiental, afectaron la variación de estos parámetros con el tiempo.

El propósito central de este estudio fue obtener un conocimiento detallado acerca de la calidad del agua en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul durante los años mencionados. para ayudar a los encargados de la gestión costera, los políticos y los especialistas en medio ambiente a comprender mejor la evolución de los parámetros estudiados y tomar medidas apropiadas para preservar y mejorar la calidad del agua en estas áreas turísticas.

9.2.1. Actividad 1: Localización de los puntos de muestreo

De acuerdo con los criterios de Bandera Azul (Bandera Azul, 2022) se determinaron los siguientes puntos de monitoreo:

a) Playa Bocagrande

- Playa Bocagrande Norte

Los puntos de monitoreo se seleccionaron estratégicamente en las cuatro secciones de la playa con una afluencia considerable de turistas como lo muestra la Figura 36. Esta elección se fundamentó en la consideración de que la calidad del agua de baño en estas áreas podría ser crítica debido a la mayor actividad humana y la potencial influencia de factores de contaminación. A la vez, en 2019 y 2022 se llevó a cabo este monitoreo, pero en 2023 no se pudo volver a hacer debido a que obras de protección costera no permitieron el acceso a estas playas por ello se llevó a cabo en otra área de las playas Bocagrande.

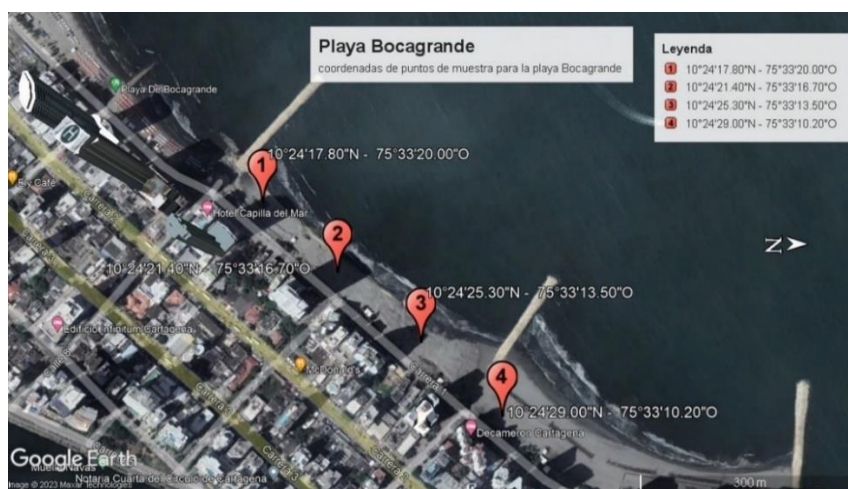


Figura 36. Puntos de monitoreo Playa Bocagrande Norte.

Fuente: (Google Earth, 2023).

- **Playa Bocagrande Sur**

Se escogió para 2023 Playa Bocagrande Sur, ya que obras de protección costera no permitieron el acceso para el monitoreo de las coordenadas establecidas en 2019 y 2022. Se tuvo en cuenta los puntos de monitoreos Figura 37 con las características de la playa anterior, los cuales fueron que los puntos se ubicaran entre espolones, que se captara la mayor afluencia turística y potenciales factores de contaminación que pudieran estar afectando estas playas.

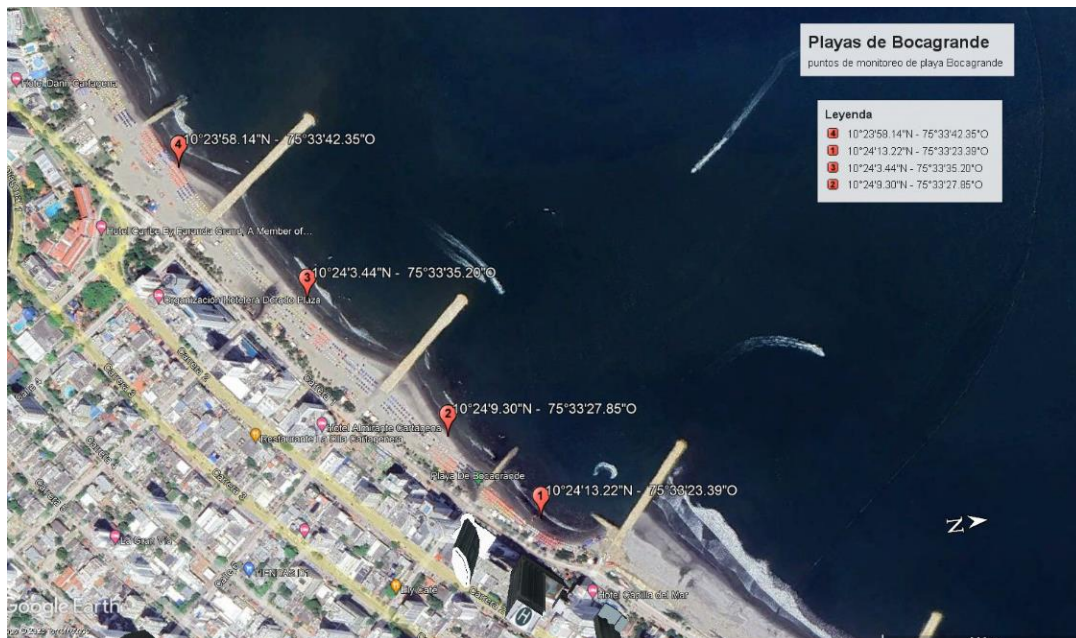


Figura 37. Puntos de monitoreo Playa Bocagrande Sur.

Fuente: (Google Earth, 2023).

b) Playa Crespo

Seguidamente se realizó la selección de puntos de monitoreo ubicados estratégicamente entre espolones Figura 38, en conformidad con los lineamientos establecidos por el programa Bandera Azul.

Esta elección se justificó por la naturaleza de la playa en cuestión, caracterizada por su baja afluencia de visitantes. La disposición de puntos de monitoreo entre espolones se erigió como una estrategia crucial para abordar dos objetivos fundamentales:

En la **captura de variabilidad espacial**, dado que la afluencia de turistas es limitada en esta playa, se reconoció que las cualidades del agua podrían variar considerablemente a lo largo de su extensión debido a factores oceanográficos y ambientales. Por lo tanto, la ubicación de puntos de monitoreo entre espolones fue concebida como una medida para asegurar la captura precisa de esta variabilidad espacial. Esta disposición proporciona una representación más completa de la calidad del agua en toda la playa.

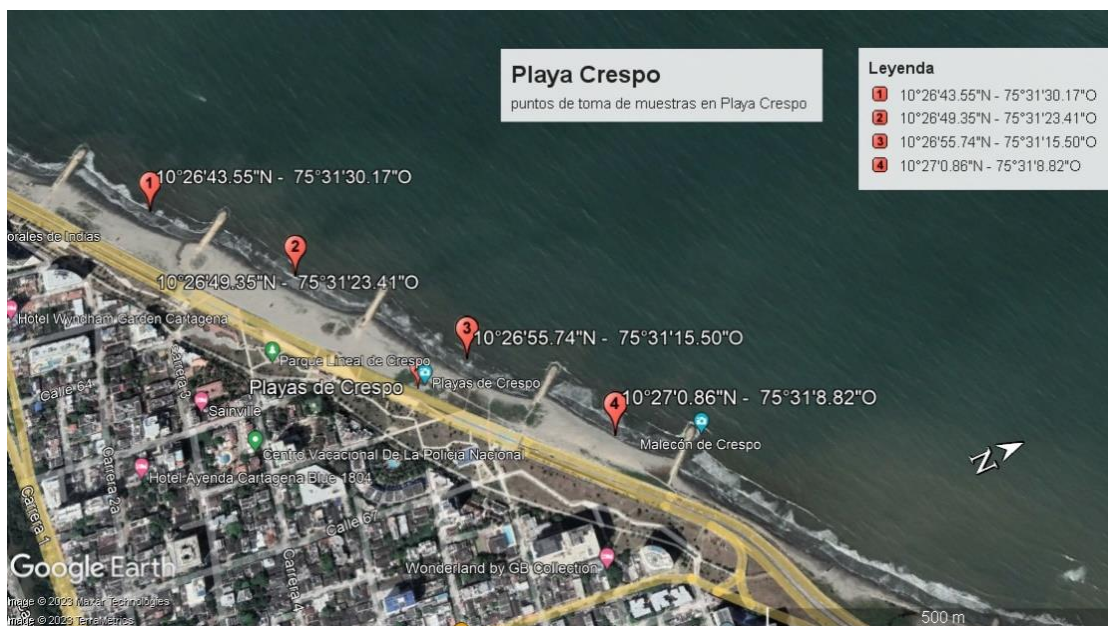


Figura 38. Puntos de monitoreo Playa Crespo.

Fuente: (Google Earth, 2023).

A la vez, se tuvo en cuenta la **detección de fuentes de contaminación críticas**, ya que, los espolones, además de influir en la circulación del agua, pueden servir como indicadores de áreas propensas a la

contaminación. Se observó de cerca la calidad del agua en estos puntos, ya que permitió evaluar si fuentes críticas de contaminación, como desagües de aguas pluviales cercanos a la playa o vertimientos puntuales, están afectando la calidad del agua en esta área específica de la playa.

c) Playa Azul La Boquilla

La elección estratégica de los puntos de monitoreo en esta playa Figura 39, se basó en una serie de consideraciones fundamentales.

Esta playa, caracterizada por su **considerable afluencia de visitantes**, se encuentra adyacente a la bocana de la ciénaga de la Virgen y está flanqueada por una zona hotelera, además de abarcar una vasta extensión costera. Estas circunstancias convergen para generar un contexto en el cual se identifican múltiples puntos críticos con factores de contaminación potencialmente significativos.

La proximidad a la bocana de la ciénaga de la Virgen introduce la posibilidad de influencias sustanciales de desagües de aguas pluviales y vertimientos, dada la confluencia de aguas dulces y salinas en esta área. Paralelamente, la presencia de una zona hotelera y una elevada afluencia de visitantes puede contribuir a la aparición de contaminantes emergentes relacionados con la actividad humana. Estos factores en conjunto elevan la complejidad en la evaluación de la calidad del agua de baño en esta playa en particular.

Para abordar de manera precisa esta compleja dinámica ambiental, Es fundamental la elección de puntos de monitoreo. Estos puntos se crearon con la meta de no solo identificar de manera precisa áreas importantes de contaminación, como desagües de aguas pluviales y vertimientos, sino también identificar contaminantes emergentes relacionados con la actividad humana. Como resultado, este método tiene un impacto significativo en la gestión y preservación sostenible de esta importante zona costera, donde la calidad del agua de baño es crucial tanto para los residentes como para los visitantes.

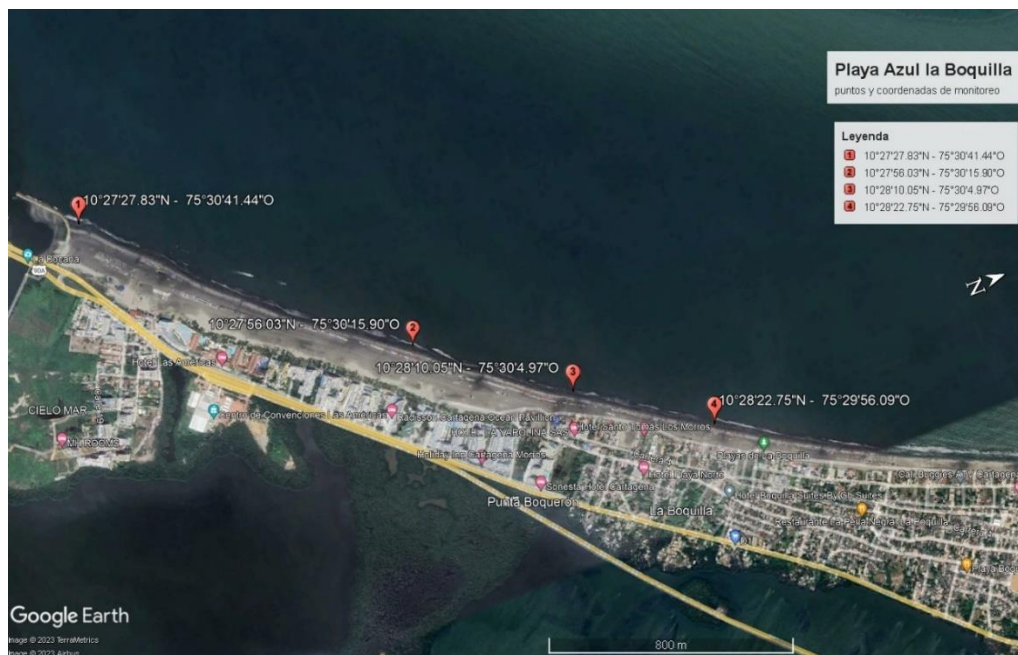


Figura 39. Puntos de monitoreo Playa Azul La Boquilla.

Fuente: (Google Earth, 2023).

9.2.2. Actividad 2: Identificación de los parámetros fisicoquímicos ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’

Se seleccionaron los parámetros fisicoquímicos teniendo en cuenta la importancia sanitaria que estos implican al momento de determinar la seguridad de baño de los usuarios que hacen uso de estas playas. Ya que, el buen estado de estas áreas de estudio determina arrojan luz en el ámbito de salud de los bañistas y el riesgo que representen o no. Ya que los parámetros medidos pueden determinar presencia de contaminantes, así como de sustancias químicas tóxicas que las personas que habitan y realizan sus actividades usan y estas son arrojadas a las playas. Así mismo, se realizó la ruta de parámetros ‘In-Situ’ y ‘Ex-Situ’.

9.2.3. Actividad 3: Recolección de muestras

Se llevó a cabo la recolección de muestras en los puntos y se adicionaron las coordenadas nuevas para playa Bocagrande. Durante el estudio se realizó su debido análisis, lo cual contribuyó al hacerse más amplio. Además, se incluyó la Tabla 10, que hace alusión a los parámetros monitoreados en meses y

años, así como aquellos que pudieron o no monitorearse debido a imprevistos como la ausencia de reactivos y equipos en ciertos meses.

9.2.4. Actividad 4: Medición de parámetros 'In-Situ' y 'Ex-Situ'

En la Tabla 11 se indicó el método de medición utilizado para cada parámetro 'In-Situ' y 'Ex-Situ', los cuales describen los procesos de toma de muestras y transporte en el lugar hacia el laboratorio, a la vez incluye los equipos utilizados para ciertos parámetros y los indicadores obtenidos en presencia de reactivos. Todo esto se hace siguiendo los procedimientos proporcionados por el Kit Educativo de Pruebas de Ciencias Marinas Back Pack Lab™ de HANNA Instruments Colombia (Hanna Instruments Colombia, s. f.).

9.2.5. Actividad 5: Análisis y cálculo de los ICAs

- **Registro de datos**

Se recolectaron los datos obtenidos en campo y laboratorio (promedio de los cuatro puntos en las tres playas monitoreadas), los cuales se agregaron a una tabla de Excel como lo muestra la Tabla 18, donde se digitaron playas objeto de estudio, meses y años de muestreo, valores obtenidos para cada parámetro. Lo anterior con el fin de elaborar las gráficas para el análisis espaciotemporal de cada parámetro monitoreado.

Tabla 18. Registro de datos de parámetros monitoreados.

PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Temperatura (°C)	Mes / Año	Temperatura (°C)	Mes / Año	Temperatura (°C)
jun-19	33,4	jun-19	N/A	jun-19	3,65
jul-19	29,075	jul-19	N/A	jul-19	32,2
jul-22	44,7	jul-22	31,2	jul-22	44,825
jun-23	30,3	jun-23	30,8	jun-23	31,025
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	pH	Mes / Año	pH	Mes / Año	pH
jun-19	8,025	jun-19	N/A	jun-19	7,4
jul-19	8,05	jul-19	N/A	jul-19	7,35

jul-22	7,7	jul-22	7,4	jul-22	7,675
jun-23	7,825	jun-23	7,775	jun-23	7,775
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Alcalinidad (mg/L CaCO3)	Mes / Año	Alcalinidad (mg/L CaCO3)	Mes / Año	Alcalinidad (mg/L CaCO3)
jun-19	165	jun-19	N/A	jun-19	156
jul-19	175,25	jul-19	N/A	jul-19	258
jul-22	189	jul-22	165,795	jul-22	189
jun-23	71,25	jun-23	9,25	jun-23	131,25
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Acidez (mg/L CaCO3)	Mes / Año	Acidez (mg/L CaCO3)	Mes / Año	Acidez (mg/L CaCO3)
jun-19	0	jun-19	N/A	jun-19	0
jul-19	0	jul-19	N/A	jul-19	0
jul-22	0	jul-22	0	jul-22	0
jun-23	0	jun-23	0	jun-23	0
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Mes / Año	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Mes / Año	Oxígeno Disuelto (mg/L)
jun-19	5,6	jun-19	N/A	jun-19	5,9625
jul-19	5,675	jul-19	N/A	jul-19	5,9625
jul-22	5,2	jul-22	5,1	jul-22	5,3
jun-23	6,06	jun-23	6,05	jun-23	6,245
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Salinidad (PPT)	Mes / Año	Salinidad (PPT)	Mes / Año	Salinidad (PPT)
jun-19	36,4	jun-19	N/A	jun-19	39,6
jul-19	37,9	jul-19	N/A	jul-19	39,6
jul-22	39	jul-22	31,75	jul-22	33
jun-23	34,12	jun-23	35,62	jun-23	36,25
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	

Mes / Año	Dióxido de carbono (mg/L)	Mes / Año	Dióxido de carbono (mg/L)	Mes / Año	Dióxido de carbono (mg/L)
jun-19	0	jun-19	N/A	jun-19	9,4375
jul-19	0	jul-19	N/A	jul-19	9,4375
jul-22	0	jul-22	0	jul-22	0
jun-23	0	jun-23	0	jun-23	0
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Fosfatos (mg/L PO4)	Mes / Año	Fosfatos (mg/L PO4)	Mes / Año	Fosfatos (mg/L PO4)
jun-19	0,875	jun-19	N/A	jun-19	1
jul-19	4,5	jul-19	N/A	jul-19	1
jul-22	1	jul-22	1,5	jul-22	1,75
jun-23	N/A	jun-23	N/A	jun-23	N/A
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Nitratos (mg/L NO3)	Mes / Año	Nitratos (mg/L NO3)	Mes / Año	Nitratos (mg/L NO3)
jun-19	33,225	jun-19	N/A	jun-19	0,539
jul-19	22,15	jul-19	N/A	jul-19	0,539
jul-22	0	jul-22	0	jul-22	0
jun-23	0	jun-23	0	jun-23	0
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Nitritos (mg/L NO2)	Mes / Año	Nitritos (mg/L NO2)	Mes / Año	Nitritos (mg/L NO2)
jun-19	0,33	jun-19	N/A	jun-19	0
jul-19	0,165	jul-19	N/A	jul-19	0
jul-22	0	jul-22	0	jul-22	0
jun-23	0	jun-23	0	jun-23	0
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Mes / Año	Amonio (mg/L NH3)	Mes / Año	Amonio (mg/L NH3)	Mes / Año	Amonio (mg/L NH3)
jun-19	0,25	jun-19	N/A	jun-19	0,5
jul-19	0,4375	jul-19	N/A	jul-19	0,5

jul-22	0,5	jul-22	0	jul-22	0,5
jun-23	0,5	jun-23	0	jun-23	0
PLAYA BOCAGRANDE		PLAYA CRESPO		PLAYA AZUL LA BOQUILLA	
Sólidos		Sólidos		Sólidos Disueltos	
Mes / Año	Disueltos	Mes / Año	Disueltos	Mes / Año	Totales (PPT)
Totales (PPT)		Totales (PPT)			
jun-19	29,8925	jun-19	N/A	jun-19	24,53
jul-19	30,7425	jul-19	N/A	jul-19	24,15
jul-22	N/A	jul-22	N/A	jul-22	N/A
jun-23	8,74	jun-23	8,8725	jun-23	9,53

- **Análisis de datos y cálculo de los Indicadores de la calidad del agua (ICAs-ICAM)**

A continuación, en la Tabla 19 Los resultados de la calculadora SiAM de INVEMAR se muestran (Sistema de Información Ambiental Marina SiAM-INVEMAR, 2011), la cual recopila el análisis de las variables específicas que sirven como base para comprender los niveles de concentración de los parámetros fisicoquímicos del área de estudio. Solo algunos parámetros importantes para este estudio son utilizados por esta calculadora: pH, sólidos suspendidos totales, nitratos y oxígeno disuelto.

Es importante destacar que algunos parámetros contemplados por la calculadora no fueron considerados, ya que este estudio se enfoca exclusivamente en los parámetros fisicoquímicos, los cuales sí se tuvieron en cuenta para el cálculo del ICAM, como se mencionó previamente. Sin embargo, tal como se muestra en la figura, algunos de estos parámetros fisicoquímicos no son completamente precisos, debido a que en ciertos meses de monitoreo durante 2022 y 2023 no se realizaron mediciones por falta de reactivos o equipos adecuados.

Tabla 19. Resultados ICAM de los parámetros monitoreados en cada playa.

Fuente: (Sistema de Información Ambiental Marina SiAM-INVEMAR, 2011).

Playa	Período	Resultado ICAM	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Sólidos Disueltos Totales (PPT)	Nitratos (mg/L NO3)	pH
Bocagrande	jun-19	 RESULTADO DEL ICAM: 72.83 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 4	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 71.68 ADECUADA Valor ingresado: 5.5	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 70.31 ADECUADA Valor ingresado: 29.8025	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA NO3: 56.68 ACEPTABLE Valor ingresado: 33.225	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 92.98 OPTIMA Valor ingresado: 8.025
	jul-19	 RESULTADO DEL ICAM: 76.63 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 4	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 72.78 ADECUADA Valor ingresado: 5.875	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 69.7 ACEPTABLE Valor ingresado: 30.7405	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA NO3: 74.28 ADECUADA Valor ingresado: 22.15	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 92.38 OPTIMA Valor ingresado: 8.05
	jul-22	 RESULTADO DEL ICAM: 77.09 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 2	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 65.7 ACEPTABLE Valor ingresado: 5.2	N/A	0	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 95.41 OPTIMA Valor ingresado: 7.7
	jun-23	 RESULTADO DEL ICAM: 86.13 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 3	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 78.23 ADECUADA Valor ingresado: 5.05	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 88.17 ADECUADA Valor ingresado: 8.74	0	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 95.65 OPTIMA Valor ingresado: 7.825
Playa Crespo	jul-22	 RESULTADO DEL ICAM: 73.9 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 2	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 64.18 ACEPTABLE Valor ingresado: 5.1	N/A	0	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 89.18 ADECUADA Valor ingresado: 7.4
	jun-23	 RESULTADO DEL ICAM: 86.05 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 3	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 78.09 ADECUADA Valor ingresado: 6.25	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 88.03 ADECUADA Valor ingresado: 8.8725	0	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 95.73 OPTIMA Valor ingresado: 7.775
Playa Azul La Boquilla	jun-19	 RESULTADO DEL ICAM: 80.14 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 4	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 76.87 ADECUADA Valor ingresado: 5.3525	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 74.32 ADECUADA Valor ingresado: 21.53	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA NO3: 82.74 ADECUADA Valor ingresado: 0.539	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 89.18 ADECUADA Valor ingresado: 7.4
	jul-19	 RESULTADO DEL ICAM: 79.84 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 4	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 76.87 ADECUADA Valor ingresado: 5.9625	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 74.62 ADECUADA Valor ingresado: 24.15	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA NO3: 82.74 ADECUADA Valor ingresado: 0.539	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 87.47 ADECUADA Valor ingresado: 7.35
	jul-22	 RESULTADO DEL ICAM: 78.03 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 2	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 67.22 ACEPTABLE Valor ingresado: 5.8	N/A	0	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 95.19 OPTIMA Valor ingresado: 7.675
	jun-23	 RESULTADO DEL ICAM: 87.01 ADECUADA PARAMETROS INGRESADOS: 3	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA OD: 80.73 ADECUADA Valor ingresado: 6.7405	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA SST: 87.38 ADECUADA Valor ingresado: 9.53	0	 RESULTADO DE LA CURVA AJUSTADA PH: 95.73 OPTIMA Valor ingresado: 7.775

Se obtuvo:

a) Playa Bocagrande

- **junio de 2019**, un resultado ICAM adecuada, ya que el resultado de los 4 parámetros digitados en la calculadora fue de 72,83. De acuerdo con esto, el oxígeno disuelto se mostró adecuado, al igual que los sólidos disueltos totales. Los nitratos arrojaron un valor aceptable y pH optimo. Se concluye que la playa Bocagrande en este periodo se mostró en buenas condiciones para el uso de baño y vida ecosistémica.
- **julio de 2019**, se obtuvo un ICAM de 76,63 denotando esto como adecuado, a la vez se obtuvo oxígeno disuelto adecuado, al igual que los nitratos. Los sólidos disueltos totales arrojaron un valor aceptable dentro del índice ICAM, no obstante, se obtuvo un pH optimo. Lo que concluye que al igual que el período anterior la playa Bocagrande se mantuvo dentro de las condiciones adecuadas que exige este índice y a la vez se tiene seguridad y salud para los bañistas.
- **julio de 2022**, se obtuvo un ICAM de 77,09 ubicándose en adecuado para esta playa. El oxígeno disuelto se mantuvo en aceptable, a la vez hubo ausencia de nitratos lo que no se muestra en la tabla ya que no es un valor que el índice tome dentro de sus rangos. No se midieron solidos disueltos totales, por lo tanto, no se obtuvo un resultado ICAM, pero si se obtuvo pH es cual se ubicó en un rango optimo. Lo que concluye que dentro de los parámetros tenidos en cuenta la playa Bocagrande, se encuentra dentro de un valor adecuado.
- **junio de 2023**, se obtuvo un ICAM de 86,13 mostrándose adecuada. El oxígeno disuelto, al igual que los sólidos disueltos totales se mantuvieron adecuados para este índice, hubo ausencia de nitratos y se obtuvo pH optimo. Por lo que se concluye que la playa Bocagrande se mantuvo en índices adecuados lo cual resulta positivo para los usuarios que hacen uso de estas playas.

A continuación Tabla 20 se presenta la discusión de los resultados espacio temporal y determinantes e impactos según literatura y observación:

Tabla 20. Discusión de resultados ICAM para Playa Bocagrande.

Parámetro	jun-19	jul-19	jul-22	jun-23
ICAM	72,83 (Adecuado)	76,63 (Adecuado)	77,09 (Adecuado)	86,13 (Adecuado)
Oxígeno Disuelto (OD)	Adecuado	Adecuado	Aceptable	Adecuado

Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Adecuado	Aceptable	No medido	Adecuado
Nitratos (NO3)	Aceptable	Adecuado	No medido	Ausente
pH	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
Condiciones Generales	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica	Condiciones adecuadas para los parámetros medidos	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica

A la vez se mostraron impactos por medio de literatura y observación Tabla 21 , los cuales se determinan en la siguiente tabla:

Tabla 21. determinantes e impactos según resultado ICAM para Playa Bocagrande.

Factor/Contaminante	Impacto
Oxígeno Disuelto (OD)	Crucial para la vida acuática. Niveles adecuados indican un ecosistema saludable(Roldán, 2020). Sugiere aceptable y adecuado.
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Indicativos de contaminación por desechos industriales o domésticos cercanos al área de estudio.
Nitratos (NO3)	Proviene de desechos industriales y aguas residuales. Ausencia en junio de 2023 sugiere mejora en el tratamiento de aguas residuales.
pH	Equilibrio esencial para la vida acuática y la calidad del agua para bañistas, sugiere condiciones óptimas.

Los resultados muestran una tendencia positiva en la calidad del agua de la Playa Bocagrande a lo largo de los periodos analizados, especialmente en junio de 2023. La implementación de medidas de gestión sostenible y la continua vigilancia son esenciales para mantener y mejorar estas condiciones.

b) Playa Crespo

- **julio de 2022**, esta playa tomó en cuenta 3 parámetros los que dieron resultado en un rango adecuado de 73,9. El oxígeno disuelto resulto aceptable, no se midieron solidos disueltos y hubo ausencia de nitratos, no obstante, el pH se mostró en condiciones óptimas según el ICAM. Por ende, se concluye que dentro de los parámetros mostrados para este índice la playa estuvo en condiciones adecuadas.
- **junio de 2023**, se obtuvo un ICAM de 86,05 en rango adecuado y se tuvo en cuenta 3 parámetros, ya que hubo ausencia de nitratos. De los 3 parámetros tomados en cuenta el oxígeno disuelto se mostró adecuado, al igual que los sólidos disueltos totales. El pH según ICAM se mostró óptimo. Lo que puede concluir que la playa Crespo se mantuvo en rango adecuado según ICAM al igual que el periodo anterior.

Los resultados espacio temporales se discuten a continuación en la Tabla 22 y determinantes e impactos Tabla 23 según literatura y observación:

Tabla 22. discusión de resultados ICAM para Playa Crespo.

Parámetro	jul-22	jun-23
ICAM	73,9 (Adecuado)	86,05 (Adecuado)
Oxígeno Disuelto (OD)	Aceptable	Adecuado
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	No medido	Adecuado
Nitratos (NO3)	Ausente	Ausente
pH	Óptimo	Óptimo
Condiciones Generales	Condiciones adecuadas para los parámetros medidos	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica

Tabla 23. Determinantes e impactos según resultado ICAM para playa Crespo.

Factor/Contaminante	Impacto
Oxígeno Disuelto (OD)	Esencial para el crecimiento y la supervivencia de los organismos en ambientes acuáticos. La disponibilidad de OD depende de varios factores, como la temperatura y la concentración de sal. La productividad primaria puede aumentarlo, mientras que la oxidación de materia orgánica puede disminuirlo. Los niveles adecuados muestran un ecosistema sano.
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Altos niveles pueden ser indicativos de contaminación por desechos industriales, agrícolas o domésticos.
Nitratos (NO3)	Los desechos y las aguas residuales son sus fuentes. Es posible que la falta de nitratos en 2022 y 2023 se deba a mejoras en el tratamiento de aguas residuales o a cambios en las actividades.
pH	El equilibrio del pH es esencial para la vida acuática y la calidad del agua para bañistas.

Los resultados muestran una tendencia positiva en la calidad del agua de la Playa Crespo a lo largo de los periodos analizados, especialmente en junio de 2023. La implementación de medidas de gestión sostenible y la continua vigilancia son esenciales para mantener y mejorar estas condiciones.

c) Playa Azul La Boquilla

- **junio de 2019**, se obtuvo un ICAM de 80,14 denotándose adecuada. El oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos y pH se obtuvieron rangos adecuados, lo que concluye que la playa se encuentra en adecuadas condiciones para uso de baño.
- **julio de 2019**, se obtuvo un ICAM adecuado de 79,84. Al igual que en el período anterior, se obtuvieron niveles adecuados de oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, nitratos y pH. Lo que resulta en forma positiva porque los estudios continuos indican un rango adecuado para el uso de los bañistas.

- **julio de 2022**, se tuvieron en cuenta 3 parámetros ya que no se midieron sólidos disueltos totales y hubo ausencia de nitratos por lo que se obtuvo un ICAM de 78,03 indicándose adecuado y un pH óptimo. Por lo que esto resalta el rango adecuado de estas playas en materia de los parámetros incluidos en la calculadora SiAM.
- **junio de 2023**, se obtuvo un ICAM de 87,01 lo que denota un rango adecuado. El oxígeno disuelto se mantuvo adecuado igual que el periodo anterior. Al igual, el pH se mantuvo en un rango óptimo. Lo que se concluye que en los periodos tomados en cuenta se han encontrado rangos adecuados dentro del ICAM.

A continuación, se presenta la discusión de los resultados espacio temporal Tabla 24 y determinantes e impactos Tabla 25 según literatura y observación:

Tabla 24. Discusión de resultado ICAM para Playa Azul La Boquilla.

Parámetro	jun-19	jul-19	jul-22	jun-23
ICAM	80,14 (Adecuado)	79,84 (Adecuado)	78,03 (Adecuado)	87,01 (Adecuado)
Oxígeno Disuelto (OD)	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Adecuado	Adecuado	No medido	Adecuado
Nitratos (NO3)	Adecuado	Adecuado	Ausente	Ausente
pH	Óptimo	Óptimo	Óptimo	Óptimo
Condiciones Generales	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica	Condiciones adecuadas para los parámetros medidos	Buenas condiciones para baño y vida ecosistémica

Tabla 25. Determinantes e impacto según resultado ICAM para Playa Azul La Boquilla.

Factor/Contaminante	Impacto
Oxígeno Disuelto (OD)	Esencial para el crecimiento y la supervivencia de los organismos en ambientes acuáticos. La disponibilidad de OD depende de varios factores, como la temperatura y la concentración de sal. La productividad primaria puede aumentarlo, mientras que la oxidación de materia orgánica puede disminuirlo. Los niveles adecuados muestran un ecosistema sano.
Sólidos Disueltos Totales (SDT)	Altos niveles pueden ser indicativos de contaminación por desechos industriales, agrícolas o domésticos.
Nitratos (NO₃)	Proviene de la agricultura, desechos industriales y aguas residuales. La ausencia de nitratos en 2022 y 2023 podría deberse a una mejora en el tratamiento de aguas residuales o a cambios en las prácticas agrícolas.
pH	El equilibrio del pH es esencial para la vida acuática y la calidad del agua para bañistas.

Los resultados muestran una tendencia positiva en la calidad del agua de la Playa Azul La Boquilla a lo largo de los periodos analizados, especialmente en junio de 2023. La implementación de medidas de gestión sostenible y la continua vigilancia son esenciales para mantener y mejorar estas condiciones.

Análisis de datos

Los datos de los muestreos realizados en los periodos mencionados se muestran a continuación.

- **Temperatura**

La temperatura es un factor que puede ser impactado por diversos elementos meteorológicos, como la radiación solar, las condiciones nubosas y la temperatura del entorno. Estos factores, a su vez, tienen un efecto directo o indirecto en las fluctuaciones observadas en el monitoreo de cada playa.

Para establecer la relación entre los datos, se emplearon registros suministrados por el IDEAM, tal como se indica en el estudio actual.

a) Playa Bocagrande

En base a Figura 40 y los resultados del estudio de (Martínez & Carrillo, 2021), se puede observar que junio de 2019 fue el mes más caliente registrado. En julio de 2019, la temperatura se mantuvo entre 27 y 28°C, mientras que en junio del mismo año alcanzó alrededor de 33 °C. La tesis mencionada anteriormente dice que las mediciones de temperatura de junio se hicieron por la tarde, mientras que las otras se hicieron por la mañana. Además, las temperaturas fueron más altas que las registradas en 2019 en junio y julio de 2022, con 44.7°C. Este valor se considera poco común y se debe a condiciones climáticas extremas, que incluyeron temperaturas ambientales elevadas durante ese período. También se señala la posibilidad de vertidos industriales y comerciales debido a la actividad económica intensa en esta popular playa turística. Como consecuencia de estos factores, se evidencia un riesgo para la salud de los bañistas y la calidad y salud ambiental de la playa objeto de estudio. Además, se observaron baños portátiles en la zona de estudio, lo cual agrava la situación.

En junio de 2023, se llevó a cabo una obra de mantenimiento en la playa de Bocagrande, sector norte, bajo la supervisión de la alcaldía de Cartagena de Indias. Esta actividad ocasionó un desplazamiento de las coordenadas de los puntos de muestreo previamente establecidos. Las nuevas ubicaciones de los puntos de muestreo se encuentran al sur de los espigones, con coordenadas precisas:

- **Punto 1:** 10°24'13.22"N - 75°33'23.39"O
- **Punto 2:** 10°24'9.30"N - 75°33'27.85"O
- **Punto 3:** 10°24'3.44"N - 75°33'35.20"O
- **Punto 4:** 10°23'58.14"N - 75°33'42.35"O

Los resultados obtenidos tras la recolección de muestras en los nuevos puntos de muestreo revelaron una temperatura promedio de 30.3°C en las aguas destinadas al baño.

Es relevante destacar que, pese a que los puntos de muestreo difieren en junio de 2023 en comparación con años anteriores, se observa una disminución significativa en la temperatura del agua en esta playa. En el año anterior, 2022, se registró una temperatura de 44.7°C. Esto sugiere la presencia de corrientes marinas que favorecen el enfriamiento de las aguas litorales, tal como lo discutió (Alonso, Amestoy, 1999). Además, la variabilidad climática juega un papel importante al promover intercambios de temperatura.

No obstante, la obra de mantenimiento llevada a cabo en la playa de Bocagrande en junio de 2023, junto con los nuevos puntos de muestreo, arrojaron una temperatura promedio en el agua de baño de

30.3°C. A pesar de la reubicación de los puntos de muestreo, se aprecia un descenso significativo en comparación con mediciones anteriores, posiblemente influenciado por corrientes marinas y variabilidad climática.

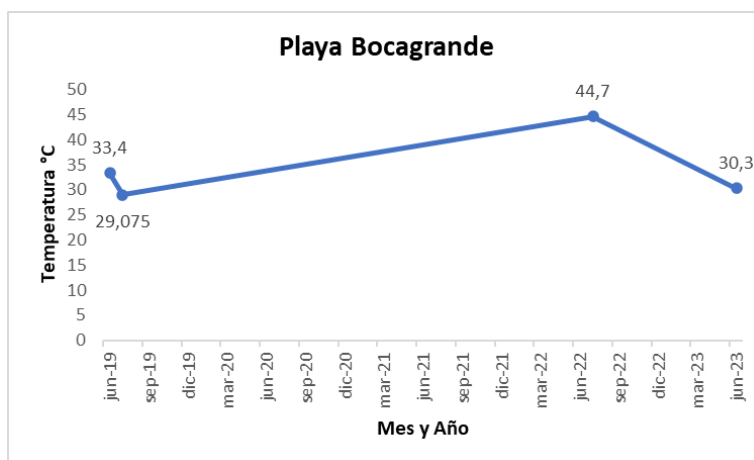


Figura 40. Análisis de la temperatura en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.

b) Playa Azul La Boquilla

En el trabajo de estudio de (Pérez & Romero, 2022), se presentaron valores de temperatura en un rango de 26 a 32.5 °C. Al revisar la información meteorológica proporcionada por IDEAM (IDEAM, 2022), se encontró que la playa Azul La Boquilla se encuentra dentro de este rango. El valor máximo registrado fue de 32.2 °C en julio de 2019, lo cual resulta relevante para el estudio actual realizado en junio y julio de 2022. Sin embargo, los datos obtenidos para este trabajo muestran una temperatura de 44.825 °C, siendo este el valor máximo registrado en comparación con 2019 como se muestra en la Figura 41. Estas temperaturas elevadas se deben a condiciones climáticas extremas durante el período de monitoreo, lo cual afecta la superficie del agua.

Como consecuencia de estas temperaturas excepcionales, la playa no cumple con los requisitos necesarios para obtener la certificación de Bandera Azul en los meses monitoreados de 2022, lo cual no beneficia a los bañistas. Es importante destacar que el período de monitoreo correspondió a una de las épocas más extremas en esta zona en términos de temperatura del agua.

En el mes de junio de 2023, en las aguas destinadas al baño en Playa Azul de la ciudad de Cartagena, se registró una temperatura promedio de 31°C. Este valor representa una notoria disminución con

respecto a la temperatura registrada en el año anterior, 2022. A pesar de situarse en un rango medio-alto de temperaturas, esta condición sigue siendo propicia para el uso normal y adecuado de las playas. Se puede concluir que la reducción en la temperatura del agua podría estar relacionada con las variaciones climáticas y la influencia de corrientes marinas frías. Estos factores pueden propiciar un intercambio de temperaturas en las aguas costeras, lo que conduce de manera natural a la disminución térmica observada. Esta circunstancia, en última instancia, contribuye al bienestar de los bañistas y al disfrute pleno de la playa.

En síntesis, el análisis de los resultados evidencia que, en junio de 2023, las aguas de Playa Azul en Cartagena presentaron una temperatura promedio de 31°C, destacándose por su notorio descenso en relación con el año anterior. A pesar de ser considerada medianamente alta, esta temperatura favorece el uso regular de la playa, y se sugiere que su reducción puede ser atribuida a variaciones climáticas y la influencia de corrientes marinas frías, que facilitan un equilibrado intercambio térmico de forma natural.

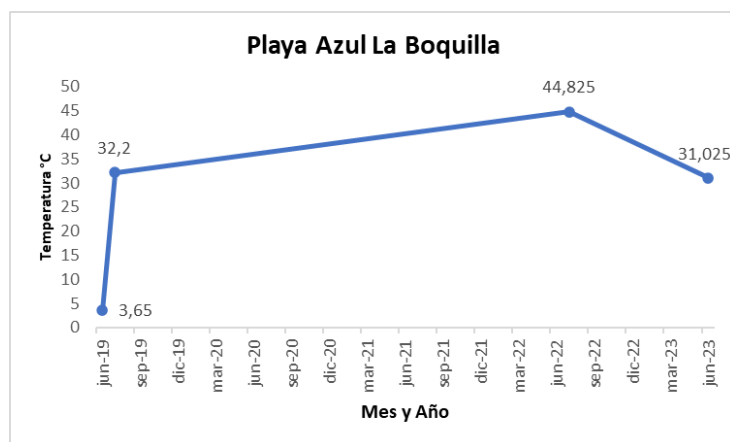


Figura 41. Análisis de la temperatura en meses y años monitoreados en playa Azul La boquilla.

c) Playa Crespo

Durante la temporada de transición de junio y julio de 2022, se logró obtener una lectura de temperatura Figura 42 en el área marítima de 29°C. Esta cifra, aunque calificada como relativamente alta, se encuentra dentro de los parámetros aceptables para el turismo y la salud de los bañistas. Además, es relevante señalar que esta temperatura está en concordancia con el clima característico de la región objeto de monitoreo.

En contraste, para el mes de junio del año 2023, se registró una temperatura promedio en las aguas de baño de Playa Crespo de 30°C. Aunque esta cifra también puede considerarse relativamente alta, sigue siendo adecuada para las actividades turísticas y cotidianas en el mar. No obstante, es imperativo tener en cuenta tanto la salud y bienestar de los bañistas como el equilibrio de los ecosistemas marinos.

La comparación de las temperaturas entre los años de monitoreo revela un ligero incremento en el año 2023 en comparación con el año 2022. Esto podría deberse a variaciones climáticas naturales que influyen en la temperatura del agua. A pesar de estas fluctuaciones, ambas temperaturas se mantienen en niveles que permiten un disfrute seguro y saludable de las actividades en el mar.

En el presente estudio comparativo, no se contó con datos correspondientes al año 2019, debido a la ausencia de investigaciones realizadas en esa playa durante dicho periodo por parte de estudiantes de la Universidad Tecnológica de Bolívar.

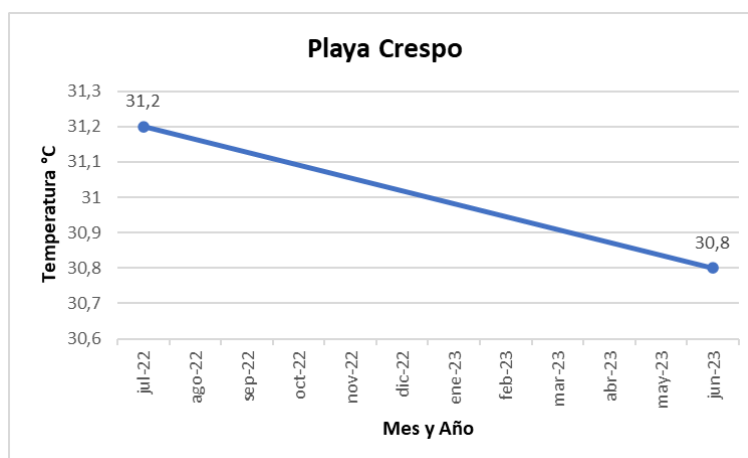


Figura 42. Análisis de la temperatura en meses y años monitoreados en playa Crespo.

- **pH**

El pH es una escala que va desde 0 hasta 14, donde valores inferiores a 7 indican una solución ácida, valores iguales a 7 indican una solución neutra y valores superiores a 7 indican una solución alcalina, por ello se realizó la comparativa en las dos playas monitoreadas a lo largo del espacio y el tiempo.

a) Playa Bocagrande

En la tesis de (Martínez & Carrillo, 2021), Se realizaron seguimientos en los meses de junio y julio de 2019, durante los cuales se observaron valores óptimos y adecuados de pH Figura 43. Estos valores

se mantuvieron dentro del rango permitido de 6.5 a 8.5, establecido por las regulaciones vigentes y los estándares de la certificación Bandera Azul (Bandera Azul, 2022).

En los meses de junio y julio de 2022, se realizó un monitoreo adicional del pH, obteniendo un valor de 7,7. Este dato también se mantuvo en consonancia con el rango mencionado previamente.

En junio de 2023, se decidió llevar a cabo un nuevo monitoreo de pH. Es relevante destacar que esta medición se realizó en coordenadas distintas a las previamente establecidas. Esto se debió a que la alcaldía de Cartagena emprendió una obra de mantenimiento en la zona norte de las playas de Bocagrande durante las fechas programadas para el monitoreo. A pesar de esta circunstancia, las mediciones se realizaron en dirección sur, entre los espolones, y arrojaron un valor de pH de 7,8. Similar a los años anteriores, este valor se encontró dentro del rango permitido.

En términos comparativos, en los años 2019, 2022 y 2023, los valores de pH se mantuvieron dentro de los límites aceptables para la calidad del agua destinada al baño. Este aspecto es crucial tanto para proteger la salud de los bañistas como para cumplir con los requisitos establecidos por la certificación Bandera Azul. Aunque no se identifican diferencias sustanciales entre los distintos años en términos de los valores de pH, es posible inferir que la calidad del agua ha permanecido en niveles satisfactorios a lo largo del tiempo, según la información proporcionada en los datos recabados.

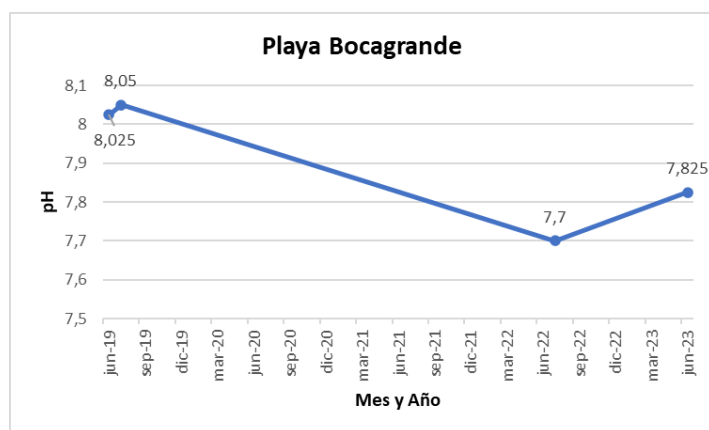


Figura 43. Análisis de pH en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.

Por último, la calidad del agua en términos de pH se ha mantenido en niveles satisfactorios de 2019 a 2023, con valores de 6.5 a 8.5, que se encuentran dentro del rango ideal. También se descubrió que los valores de pH no se vieron afectados negativamente por los cambios en las coordenadas de los puntos de muestreo debido a las obras de mantenimiento y que el cumplimiento de los requisitos de certificación Bandera Azul se mantuvo constante.

b) Playa Azul La Boquilla

En el contexto del estudio realizado por (Pérez & Romero, 2022). se efectuaron monitoreos de pH en los meses de junio y julio de 2019, durante los cuales se obtuvieron valores que variaron entre 7,1 y 7,6. En específico, en junio de 2019 se registró un valor de pH de 7,4, mientras que, en julio de ese mismo año, el valor máximo alcanzado fue de 7.35.

En los meses de junio y julio de 2022, se efectuó un monitoreo adicional, obteniéndose un valor promedio de pH de 7,675. Asimismo, en junio de 2023, se ejecutó una nueva evaluación, arrojando un valor de pH de 7,7. Al contrastar estos resultados con los registrados en 2019, se observa que los valores se mantienen dentro de rangos similares. No se observan variaciones significativas entre los diversos años en cuanto a los valores de pH.

En una visión más amplia, los valores obtenidos tanto en 2022 como en 2023 cumplen con los parámetros permisibles establecidos por el Decreto 1594 de 1894, el cual establece un rango aceptable de pH de 5.0 a 9.0 para actividades recreativas. Según esta evidencia, la calidad del agua en términos de pH Figura 44, ha mantenido niveles aceptables a lo largo del tiempo, según los resultados del estudio realizado por (Pérez & Romero, 2022).

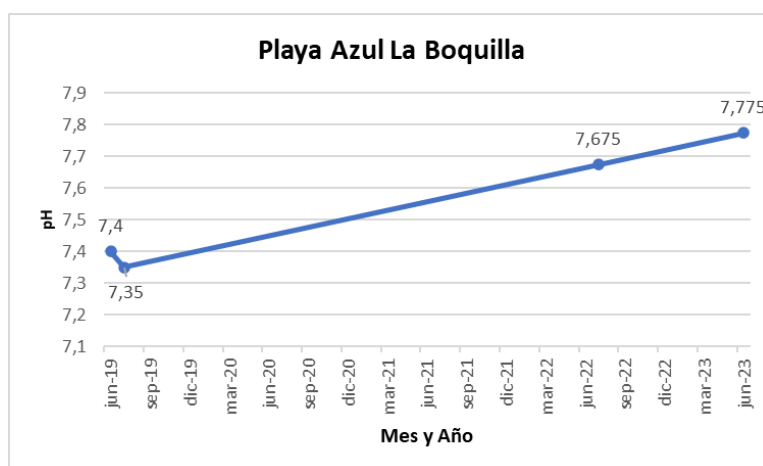


Figura 44. Análisis de pH en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

c) Playa Crespo

Durante la temporada de transición entre junio y julio Figura 45, se registraron valores de pH de 7,4. Estos resultados se ajustaron satisfactoriamente a los parámetros establecidos en el decreto, lo que

respalda la seguridad de las aguas para actividades recreativas. Esta primera medición ya indicaba que las aguas mantenían un nivel de calidad adecuado para el uso público.

En junio de 2023, un nuevo monitoreo fue realizado en las mismas playas de Crespo, arrojando nuevamente un valor de pH de 7.7. Esto reafirma la consistencia en la calidad del agua a lo largo del tiempo y sugiere que se han mantenido las condiciones favorables para actividades recreativas. Además, la coincidencia de este valor con los estándares regulados en el decreto 1594 de 1894 subraya la seguridad y salud del ambiente marino en estas playas.

El análisis comparativo entre ambas mediciones revela una notable consistencia en los resultados. La estabilidad en los valores de pH a lo largo de los años refleja la consistencia en la calidad del agua en las playas de Crespo. Este nivel de uniformidad es un indicativo positivo, ya que sugiere que las condiciones ambientales y la calidad del agua se han mantenido en niveles seguros y adecuados para el disfrute recreativo.

En conclusión, los resultados obtenidos en diferentes momentos, a través del análisis comparativo respaldan la conclusión de que las aguas de baño en las playas de Crespo en Cartagena de Indias han mantenido un nivel de pH dentro de los parámetros establecidos, lo que garantiza su seguridad y aptitud para actividades recreativas. La continuidad en la calidad del agua refuerza la confianza en la gestión adecuada de estas playas y en la preservación de un ambiente marino saludable, es importante resaltar que esta playa no se encuentra en uso para la actividad de turismo.



Figura 45. Análisis de pH en meses y años monitoreados en playa Crespo.

- **Alcalinidad**

La alcalinidad ofrece datos relevantes acerca de la composición química y la capacidad de amortiguamiento de una muestra de agua. Por ello se hace relevante en este estudio su monitoreo en

las playas de Bocagrande y Playa Azul objeto de estudio en el análisis comparativo espacio temporal como se muestra en la figura 27.

a) Playa Bocagrande

En el análisis del estudio realizado por (Martínez & Carrillo, 2021), se identificó una variación limitada en los niveles de alcalinidad durante los meses de junio y julio de 2019. A lo largo de este período, se observó una tendencia a la disminución en junio en comparación a julio donde aumentó Figura 46. La presencia de rocas, suelos, sales, actividades vegetales y vertidos de aguas residuales industriales en la zona de estudio se atribuyó a estos valores, catalogados como elevados según los rangos establecidos. Además, se destacó el papel de la alcalinidad para aumentar la capacidad de neutralizar la contaminación en el agua.

En el monitoreo efectuado en julio de 2022, se constató una alcalinidad de 189 mg/L Ca CO₃, mostrándose en aumento con respecto al año 2019. Este hallazgo plantea la posibilidad de una contaminación química y representa un riesgo para la seguridad de las aguas destinadas al baño. Al comparar estos resultados con los de 2019, donde se observaron valores relativamente altos de alcalinidad, reflejando una capacidad de neutralización de contaminantes, se evidencia una diferencia significativa en la calidad del agua a lo largo de los años.

Los resultados obtenidos en junio de 2023 mostraron una alcalinidad de 71,25 mg/L Ca CO₃, lo que indica una notable disminución en la presencia de compuestos alcalinos en las aguas de baño de Bocagrande. Esta mejora garantiza una mayor capacidad de neutralización de contaminantes, lo que

hace que el entorno sea más seguro y confortable tanto para los bañistas como para las personas que viven en las áreas cercanas.

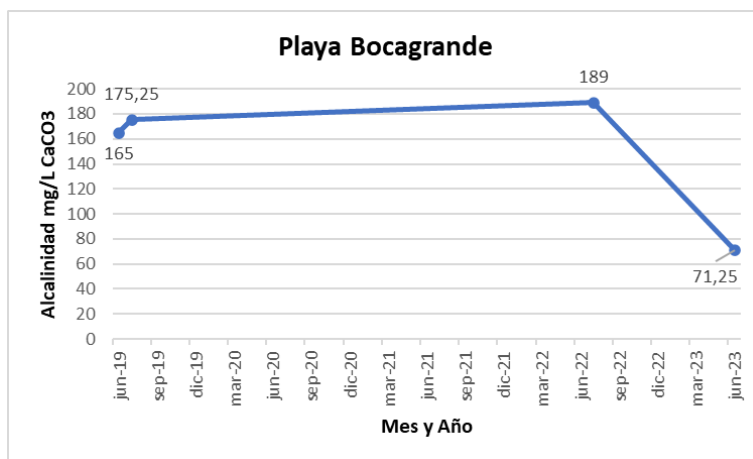


Figura 46. Análisis de la Alcalinidad en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.

b) Playa Crespo

Se revelan patrones y cambios significativos en la estructura química del agua marina en el análisis espaciotemporal de los datos recopilados a través del monitoreo de la alcalinidad en la playa durante los años 2022 y 2023 Figura 47.

En el año 2022, se registró una alcalinidad de 165 mg/L CaCO₃, denotando una alta concentración de compuestos alcalinos disueltos en el agua. Este hallazgo puede atribuirse a múltiples factores. La playa monitoreada, aunque no es de uso turístico, muestra una actividad biológica evidente, como la fotosíntesis de algas. La presencia de estas algas podría estar disminuyendo la alcalinidad a través del consumo de iones bicarbonato. Adicionalmente, se identifican fuentes de descarga de aguas, ya que la proximidad de edificios y recursos hoteleros permite que las aguas lluvias sean liberadas directamente en la fuente de agua cercana. Esta entrada de agua dulce podría estar contribuyendo a la reducción de la alcalinidad en el área monitoreada. La presencia de desechos humanos también se detecta, indicando la influencia humana en la composición química del agua, incluso si la playa no es destinada al uso recreativo en la actualidad.

En contraste, en el año 2023, durante el mes de junio, se obtuvo un valor de alcalinidad de 94.25 mg/l, un valor más típico dentro de las aguas marinas. Esta observación sugiere una posible recuperación o estabilización de los niveles de alcalinidad en comparación con el año anterior. Se plantea que la interacción del agua con las rocas costeras y la actividad biológica en el ecosistema marino podrían

estar influyendo en estos valores. Las rocas costeras pueden liberar iones al agua, lo que afecta su composición química. Además, la actividad biológica, como la fotosíntesis y otros procesos, puede afectar la cantidad de iones en el agua. En consecuencia, el análisis espaciotemporal de los datos de alcalinidad en la playa muestra una dinámica compleja y cambiante. Los resultados del año 2022 revelan influencias biológicas y humanas en la disminución de la alcalinidad, mientras que los resultados del año 2023 indican una recuperación aparente de los niveles de alcalinidad, posiblemente debido a las interacciones naturales en el ecosistema marino. Estos descubrimientos resaltan la relevancia de tomar en cuenta distintos elementos y circunstancias al analizar las variaciones en la estructura química del agua, enfatizando la importancia de llevar a cabo monitoreos constantes para mejorar la comprensión de cómo evolucionan los ecosistemas acuáticos con el tiempo.

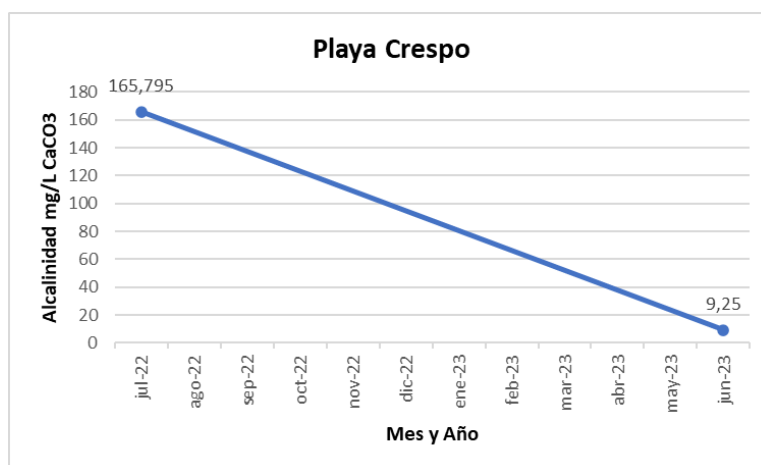


Figura 47. Análisis de la Alcalinidad en meses y años monitoreados en playa Crespo.

c) Playa Azul La Boquilla

En el análisis espacio temporal de los datos de alcalinidad en el estudio de (Pérez & Romero, 2022), Los valores de junio y julio de 2019 parecen mantenerse estables. Dentro de este periodo, los niveles de alcalinidad se mantuvieron consistentes, variando entre 156 y 258 mg/L CaCO₃. Una característica notable fue la presencia de alcalinidad elevada en la playa Azul, superando los 150 mg/L Ca CO₃ Figura 48. Estos resultados sugieren una relación entre la variabilidad de la alcalinidad y la presencia de carbonatos y bicarbonatos en el agua, lo que puede indicar procesos naturales en juego. Además, se advierte sobre la posibilidad de efectos adversos, como la disminución de dióxido de carbono, debido a niveles altos de alcalinidad.

Sin embargo, en contraste con estos hallazgos, el monitoreo llevado a cabo en julio de 2022 mostró un cambio drástico en la alcalinidad, registrando un valor de 189 mg/L Ca CO₃. Esta observación

subraya la importancia de la vigilancia continua de la calidad del agua y la necesidad de detectar y resolver posibles fuentes de contaminación.

En el análisis continuado en el año 2023, se observó una fluctuación significativa en la alcalinidad en comparación con el año anterior. Con un valor registrado de 131,25 mg/L Ca CO_3 , se observa nuevamente una alcalinidad elevada en las aguas de Playa Azul.

Al comparar estos resultados a lo largo del tiempo se muestra que: En 2019, los valores de alcalinidad mostraron una cierta estabilidad, mientras que en 2022 se evidenció una perturbación forma de alcalinidad. La vuelta a niveles elevados de alcalinidad en 2023 reafirma la importancia de monitoreos regulares y consistentes en playas como Playa Azul. Estos hallazgos destacan la importancia de comprender y abordar los cambios en la calidad del agua, especialmente en lo que respecta a la contaminación química. Además, indican la relevancia de implementar acciones preventivas para asegurar la salud a largo plazo de los ecosistemas acuáticos y la sostenibilidad de los procesos naturales en estas regiones.

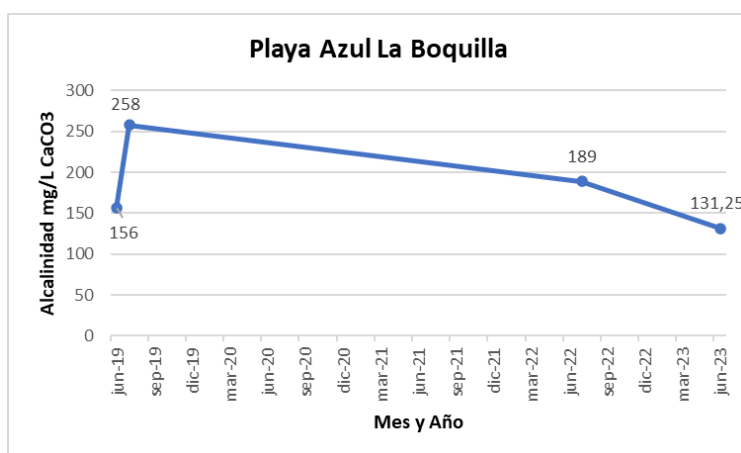


Figura 48. Análisis de la Alcalinidad en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

- **Acidez**

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para este parámetro en las zonas de estudio y su respectivo análisis espacio-temporal.

a) Playa Bocagrande

El análisis espacio-temporal de los resultados y conclusiones de los estudios sobre la acidez en la zona de estudio, llevados a cabo en diferentes años, revela patrones de consistencia y estabilidad en los niveles de pH a lo largo del tiempo.

En el estudio realizado por (Martínez & Carrillo, 2021) en 2019, Se observó una coloración rosada en junio y julio, lo que indicaba que la región no tenía acidez. En ese momento, los valores de pH registrados se mantuvieron en el rango de 7,5 a 8,3, característicos de sustancias alcalinas y no ácidas. La base para el análisis comparativo posterior fue establecida por esta observación inicial.

En el estudio posterior, en 2022, se obtuvieron resultados similares: una vez más, se observó una coloración rosada que confirmó la falta de acidez en la zona. Los valores de pH permanecieron en niveles similares a los del estudio anterior, lo que indica que la composición química del agua se mantuvo estable durante este período intermedio.

El análisis de la tendencia a lo largo de estos tres años muestra que, tanto en 2019 como en 2022, la zona de estudio exhibió una ausencia de acidez y una constante presencia de sustancias alcalinas. La consistencia en los resultados de pH sugiere que los niveles de acidez se mantuvieron relativamente estables en esta área durante este intervalo de tiempo. Esta coherencia en los resultados brinda confianza en la integridad química del entorno acuático y sugiere que el ecosistema marino no ha experimentado cambios significativos en los niveles de acidez a lo largo de estos años.

La continuación del monitoreo en el año 2023 también arrojó resultados alcalinos, reforzando la idea de que la zona de estudio ha mantenido su característica de ausencia de acidez. La uniformidad de los resultados a lo largo de tres años distintos respalda la idea de estabilidad en los niveles de pH en esta zona, destacando la relevancia de la calidad del agua para la seguridad de los bañistas y la conservación del medio ambiente.

No obstante, el análisis espaciotemporal de los datos demuestra una falta de acidez continua en la zona de estudio a lo largo de los años, respaldada por resultados consistentes y coloraciones rosadas en las pruebas. Esta estabilidad química en el ecosistema acuático subraya la importancia de los esfuerzos de monitoreo y sugiere que la zona ha mantenido su calidad medioambiental en términos de acidez, lo que es esencial para garantizar un entorno seguro y saludable para los bañistas.

b) Playa Crespo

El análisis comparativo de los resultados y conclusiones obtenidos en los estudios realizados en 2022 y 2023, proporciona una perspectiva valiosa sobre la calidad del agua en la zona de estudio y sus implicaciones para la seguridad de los bañistas y el entorno ambiental.

En el estudio realizado en 2022, se obtuvo una muestra que indicaba la ausencia de acidez en la zona de estudio. Esta observación sugiere que el agua analizada no contiene una presencia significativa de ácidos y que el pH es alto, lo que a su vez señala una condición altamente alcalina. Estos hallazgos son positivos en cuanto a la calidad del agua y la seguridad, dado que niveles elevados de acidez pueden representar riesgos tanto para los seres humanos como para los ecosistemas acuáticos.

La continuación del monitoreo en el año 2023, específicamente en el mes de junio en playa Crespo, arrojó un resultado en forma de coloración rosada en la muestra. Esta coloración señala la existencia de sustancias alcalinas en el agua de baño, lo que sugiere una vez más la ausencia de niveles significativos de acidez. Estos resultados refuerzan la noción de una buena calidad del agua en términos de acidez y alcalinidad.

Uno de los hallazgos más importantes de estos resultados es su relevancia para la seguridad de los turistas, nadadores y público en general que visita el área estudiada. La falta de acidez en el agua es crucial para garantizar un entorno seguro para el contacto humano, ya que la acidez extrema puede tener efectos adversos en la piel y la salud en general. La coloración rosada y la presencia de compuestos alcalinos refuerzan la calidad del agua, indicando niveles bajos de contaminación, lo cual es fundamental para la salud de los ecosistemas marinos y la satisfacción de los usuarios.

c) Playa Azul La Boquilla

El análisis espaciotemporal de los resultados y conclusiones obtenidos a lo largo de tres años, basados en el estudio llevado a cabo por (Pérez & Romero, 2022), revela una tendencia constante hacia la alcalinidad en la zona de estudio y una ausencia continua de acidez.

En el primer período de estudio, durante los meses de junio y julio de 2019, se observó una coloración rosa en las muestras, lo que indicó que los valores de acidez eran nulos o muy bajos. Esta coloración sugiere la presencia de una condición alcalina en lugar de ácida. Los valores de pH registrados durante este período, superiores a 7, respaldan la idea de que la zona de estudio muestra una inclinación hacia la alcalinidad.

En el segundo período de estudio, en junio y julio de 2022, nuevamente se observó la ausencia de acidez en la zona de estudio, evidenciada por la coloración rosada en las muestras. Este resultado

refuerza la consistencia en la tendencia alcalina en la región y sugiere una estabilidad en los niveles de acidez durante este intervalo de tiempo.

El análisis se amplía al año 2023, donde nuevamente se realizó el monitoreo en el mes de junio y se obtuvo un resultado alcalino, reafirmando la ausencia de acidez en la zona de estudio. Esta constancia en los resultados a lo largo de los tres años subraya la coherencia en la condición alcalina y la falta de acidez en la zona analizada.

La repetición de estos hallazgos en los tres años indica que la zona de estudio mantiene un equilibrio químico favorable en términos de acidez y alcalinidad. La coloración rosa en las muestras y los valores de pH superiores a 7 sugieren que la zona se inclina hacia la alcalinidad, lo cual es una característica positiva tanto para la seguridad de los bañistas como para la preservación ambiental. La ausencia de acidez en los tres años consecutivos sugiere que esta área ha mantenido una calidad química estable y segura.

- **Oxígeno Disuelto**

La medición del oxígeno disuelto es esencial para evaluar y monitorear la calidad del agua, así como para tomar decisiones informadas en la gestión y conservación de los recursos hídricos por ello se hace importante en este estudio el realizar el análisis comparativo de este parámetro en las playas monitoreadas objeto de estudio.

- a) Playa Bocagrande**

La comparación de los resultados de las investigaciones realizadas en 2019, 2022 y 2023 con respecto al contenido de oxígeno disuelto muestra una notable consistencia en la calidad del agua en la zona estudiada a lo largo del tiempo Figura 49.

En el estudio realizado por (Martínez & Carrillo, 2021), Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron de 5,6 y 5,675 mg/L en junio y julio de 2019. Las estadísticas fueron aceptadas como válidas y satisfacen los niveles de calidad permitidos por el Decreto 1594 de 1984. Estos hallazgos muestran que los niveles de oxígeno disuelto en el agua son suficientes para mantener la vida acuática sin causar estrés y mantener la seguridad de los bañistas.

El monitoreo realizado en el mes de julio de 2022 arrojó resultados similares a los obtenidos en 2019. Estos resultados sugieren que los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron en rangos apropiados, lo que proporciona un entorno favorable para salud de los bañistas y el ecosistema.

En el año 2023, durante el mes de junio, se realizó nuevamente el monitoreo y se obtuvo un valor de 6.06 mg/L de oxígeno disuelto. Este resultado reafirma la tendencia observada en los años anteriores, indicando que los valores se han mantenido constantes a lo largo del tiempo.

La constancia de estos valores a lo largo de estos tres años consecutivos señala una estabilidad en la calidad del agua en la zona estudiada en cuanto al oxígeno disuelto. Debido a que estos niveles son fundamentales para la salud y el bienestar de los organismos acuáticos, así como para la seguridad de los bañistas, esta estabilidad es crucial para asegurar un entorno propicio para la vida acuática.

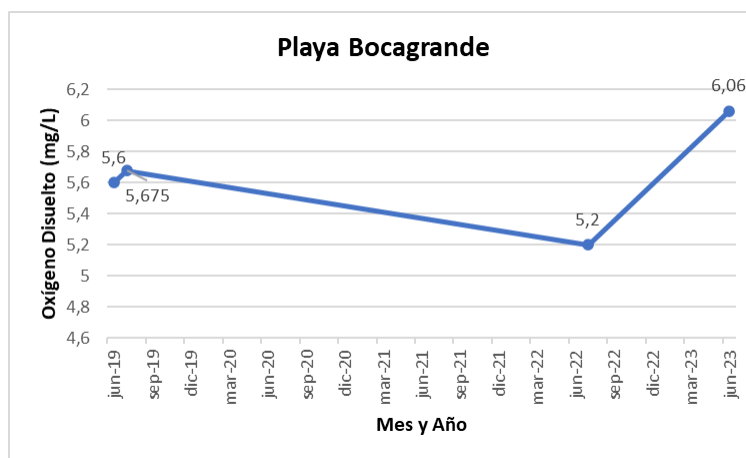


Figura 49. Análisis de OD en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.

b) Playa Crespo

La evaluación comparativa de los resultados de monitoreo en los años 2022 y 2023 proporciona una visión sobre la condición del agua en relación con el contenido de Oxígeno Disuelto (OD) y su impacto en la salud de los bañistas. Durante el monitoreo de 2022, se registraron valores de OD de 5,1 mg/L en julio. Estos valores reflejan una cantidad moderada de oxígeno en el agua. Esto es crucial porque estos valores no representan un riesgo para la salud de los bañistas y se encuentran dentro del rango considerado aceptable para su bienestar. Este rango sugiere que la cantidad de oxígeno disuelto es suficiente para permitir la respiración adecuada y cómoda durante las actividades de baño y recreación. Estos resultados proporcionan tranquilidad a los usuarios y validan la calidad del agua para uso recreativo.

Los datos obtenidos durante el monitoreo de 2023, específicamente en el mes de junio, arrojan resultados alentadores. Se obtuvo una medida de oxígeno disuelto de 6,05 mg/L. Este valor se

encuentra dentro del rango recomendado de 4,5 a 8,1 mg/L. Esta consistencia en el rango aceptable de OD es un indicativo positivo para la salud de los bañistas y la vida marina en general. La amplitud de este rango refleja la capacidad del agua para albergar una variedad de organismos acuáticos y brindar a las personas la comodidad y la seguridad necesarias para disfrutar del mar Figura 50.

Este análisis comparativo demuestra que la zona de estudio ha mantenido valores de OD dentro de rangos adecuados y seguros tanto en 2022 como en 2023. Esta coincidencia en los resultados durante dos años seguidos confirma la calidad del agua y su capacidad para mantener la vida acuática y brindar a los bañistas experiencias satisfactorias. La obtención de un valor de 6,05 mg/L en 2023 sugiere que el entorno marino sigue siendo propicio para la salud y el disfrute de quienes lo visitan.



Figura 50. Análisis de OD en meses y años monitoreados en playa Crespo.

c) Playa Azul La Boquilla

El detallado examen de los resultados obtenidos de los estudios de monitoreo durante tres años: 2019, 2022 y 2023 Figura 51, proporciona una imagen de cómo ha cambiado la cantidad de oxígeno disuelto en la región de estudio y cómo afectan las cualidades del agua y la vida acuática.

Durante el monitoreo realizado en los meses de junio y julio, se obtuvieron valores constantes de oxígeno disuelto en ambos años estudiados. En el estudio de (Pérez & Romero, 2022) se observó que los valores de oxígeno disuelto se mantuvieron en el rango de 4,5 a 8,1 mg/L durante los meses de junio y julio. Este rango incluyó un valor constante de 5,9625 mg/L en ambos meses. Un hallazgo interesante fue la relación evidenciada entre la temperatura y el oxígeno disuelto: a medida que la temperatura aumentaba, los niveles de oxígeno disuelto disminuían. Esta relación mejora nuestra comprensión de los factores ambientales que afectan la disponibilidad de oxígeno en el agua, así como cómo estas variaciones pueden afectar los ecosistemas acuáticos y la salud de los bañistas.

En el monitoreo de 2022, durante julio, se obtuvo un valor de oxígeno disuelto de 5,3 mg/L, manteniéndose dentro de los rangos aceptables establecidos en estudios anteriores y reforzando la estabilidad de la calidad del agua en cuanto a oxígeno disuelto. Este resultado paralelo al estudio de 2019 sugiere una consistencia en la capacidad del agua para sostener la vida acuática durante estos meses.

En el monitoreo del año 2023, nuevamente en junio, se logró un valor de 6,245 mg/L de oxígeno disuelto. Este resultado, como en los años anteriores, se mantuvo dentro de los rangos aceptables, indicando que la calidad del agua en términos de oxígeno disuelto se ha mantenido constante a lo largo de los años de estudio.

En un análisis comparativo a lo largo de tres años consecutivos, desde 2019 hasta 2023, se observa que los niveles de oxígeno disuelto en los meses de junio y julio han mostrado una consistencia notable. Esta estabilidad indica una buena calidad del agua y la capacidad del área para apoyar la vida acuática y proteger a los bañistas. A pesar de las variaciones de temperatura, los niveles se mantuvieron dentro de los parámetros adecuados para asegurar la salud y disfrute en la zona estudiada.

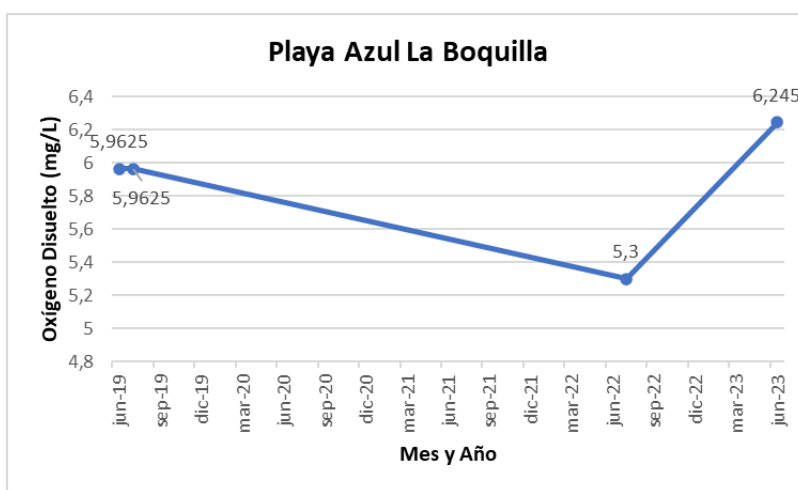


Figura 51. Análisis de OD en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

- **Salinidad**

La medición de la salinidad es esencial para comprender la dinámica de los cuerpos de agua, ya que afecta la densidad del agua, la disponibilidad de nutrientes y la distribución de especies acuáticas. A continuación, se presenta el análisis comparativo de las playas Bocagrande y Playa Azul objeto de estudio en la Figura 52.

a) Playa Bocagrande

Durante el monitoreo realizado en los meses de junio y julio de 2019 por (Martínez & Carrillo, 2021), en los meses de junio y julio de 2019, se evidenciaron valores de salinidad que fluctuaron entre 36,4 y 37,9 partes por mil (PPT). Es relevante destacar que estos valores superaron el promedio normativo de 35 PPT establecido como límite aceptable. Este resultado inicial plantea interrogantes sobre los factores que podrían estar influyendo en las fluctuaciones de la salinidad en la zona de estudio.

Durante el monitoreo llevado a cabo en julio de 2022, se obtuvo un valor de salinidad de 39 PPT. Esta cifra señala un incremento en los niveles de salinidad con respecto a los registros de 2019. Esta variación es significativa, ya que indica que la zona experimentó un aumento en los niveles de salinidad durante ese período.

Sin embargo, en el monitoreo del año 2023, en el mes de junio, se observó una ligera disminución en los valores de salinidad, alcanzando un valor de 34,12 PPT. Aunque este valor es ligeramente inferior al límite permisible, sigue estando en cercanía al límite normativo.

No obstante, el análisis comparativo pone de manifiesto un patrón de aumento de la salinidad en la zona de estudio durante los primeros dos años de monitoreo, con valores por encima del promedio normativo en ambos casos. El monitoreo de 2022 presentó niveles de salinidad ligeramente más altos que los registrados en 2019.

Sin embargo, el monitoreo de 2023 mostró una leve disminución en la cantidad de sal, aunque los valores todavía estaban cerca del límite legal. Estos hallazgos destacan la importancia de continuar evaluando y monitoreando los niveles de sal en las playas turísticas para proteger la calidad del agua y la seguridad de los bañistas. Las variaciones en la salinidad pueden tener un impacto significativo en los ecosistemas acuáticos y en la experiencia de los usuarios, lo que hace que sea crucial administrar adecuadamente este parámetro en las áreas costeras.

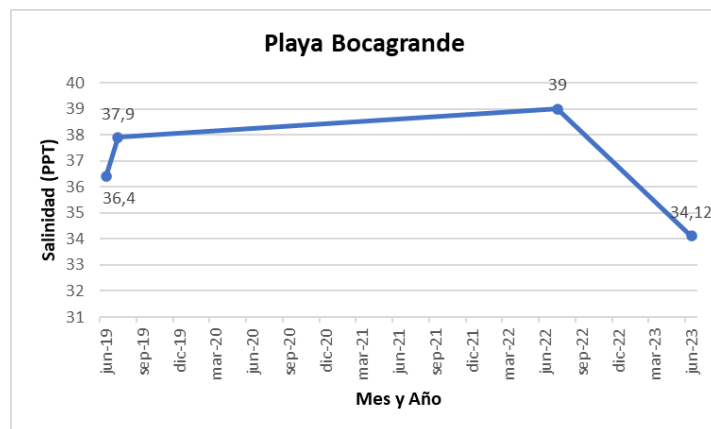


Figura 52. Análisis de Salinidad en meses y años monitoreados en playa Bocagrande norte y sur.

b) Playa Crespo

El examen minucioso de los datos de monitoreo en los años 2022 y 2023, como se muestra en la Figura 53, permite entender cómo varía la salinidad en el área estudiada y su impacto en la calidad del agua, la seguridad de los bañistas y los ecosistemas marinos.

En el año 2022, durante el mes de julio, se obtuvieron valores de salinidad de 31,75 PPT. Estos resultados indican condiciones de agua salobre en la zona durante esos meses. La salinidad es un factor importante que puede afectar la ecología marina y la calidad del agua. Estos valores en particular sugieren un nivel de salinidad inferior al promedio del agua de mar típica (alrededor de 35 PPT), lo cual puede tener un impacto en la vida acuática y los ecosistemas locales. Esta variación en la salinidad podría influir en la composición de las especies presentes y, en última instancia, en la salud de los bañistas.

Sin embargo, es importante destacar que, a pesar de la variación en la salinidad, los valores obtenidos en 2022 aún están dentro de un rango aceptable para la salud de los bañistas. Estos valores de salinidad no se consideran perjudiciales para las personas que se bañan en el agua. Los valores registrados en este estudio no representan un riesgo inmediato para su salud, aunque la salinidad puede afectar la experiencia del baño.

En contraste, el monitoreo realizado en el año 2023 en el mes de junio reveló un valor de salinidad de 35,62 PPT, justo en el límite legalmente permisible. Este valor elevado de salinidad destaca la importancia de los monitoreos constantes para mantener la calidad del agua y garantizar la seguridad de los bañistas. Un valor de salinidad en el límite permisible puede tener implicaciones en la

comodidad de los bañistas y en la vida acuática, subrayando la necesidad de abordar cualquier variación en los valores de salinidad y tomar medidas adecuadas.



Figura 53. Análisis de Salinidad en meses y años monitoreados en playa Crespo.

c) Playa Azul La Boquilla

En el estudio realizado por (Pérez & Romero, 2022), se examinaron los niveles de salinidad durante los meses de junio y julio de 2019, registrando una variación notable que osciló entre 30 partes por mil (PPT) y 54 PPT. Estos valores destacan la amplia gama de salinidad presente durante este período de tiempo, lo que puede estar influenciado por factores climáticos y geográficos Figura 54. Esta variabilidad es crucial para comprender la dinámica del agua en la zona de estudio y su influencia en los ecosistemas costeros.

El monitoreo realizado en 2022 reveló un valor de salinidad de 33 PPT en julio. Esta cifra muestra una disminución en comparación con los valores obtenidos en 2019. Este descenso puede estar relacionado con cambios en los patrones climáticos o la circulación del agua en la zona. Aunque la salinidad disminuyó en 2022, es fundamental considerar que los niveles se mantuvieron dentro de un intervalo que típicamente se considera seguro y adecuado para la salud de los bañistas.

En el monitoreo de 2023, en el mes de junio, se identificó un aumento ligero en la salinidad, con un valor de 36,25 PPT. Este incremento destaca la fluctuación natural de la salinidad en la zona de estudio a lo largo del tiempo y la influencia de factores ambientales cambiantes.

La comparación entre los tres años muestra que, en promedio, los valores de salinidad en 2022 fueron más bajos que los registrados en 2019. Sin embargo, el aumento en 2023 demuestra que la salinidad puede variar de manera significativa y que esta variabilidad es parte integral de los ecosistemas

acuáticos. Es importante recordar que los rangos de salinidad observados en los tres años pueden ser influenciados por diversos factores, como las variaciones climáticas y geográficas.

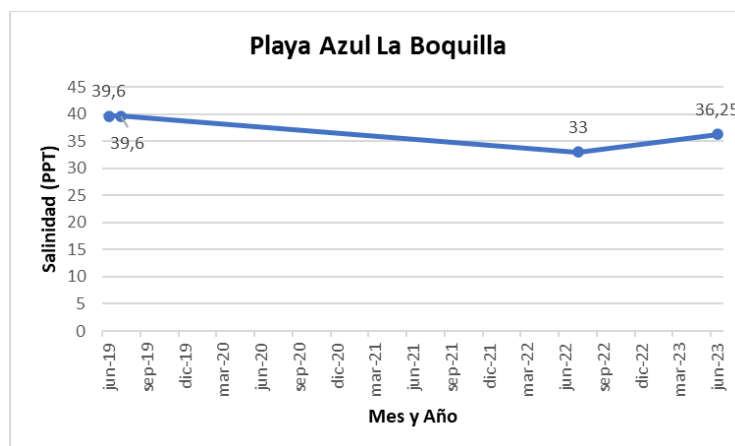


Figura 54. Análisis de Salinidad en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

- **Dióxido de carbono**

Medir el CO₂ ayuda a estimar la huella de carbono producida por las actividades turísticas y entender cómo estas afectan los ecosistemas costeros desde el punto de vista ambiental. Por ello se hace relevante presentar el análisis comparativo en las playas objeto de estudio.

a) Playa Bocagrande

El análisis exhaustivo de los resultados obtenidos a lo largo de los años en el estudio realizado (Martínez & Carrillo, 2021) en la playa Bocagrande, brinda una perspectiva esclarecedora sobre la presencia y evolución del parámetro de CO₂ en el agua, y su impacto en la calidad del agua y el entorno marino.

En la playa Bocagrande, se registró un nivel constante de CO₂ en el agua durante los meses de junio y julio de 2019. Este valor cero indica que el agua no tiene una contaminación significativa de dióxido de carbono, lo que indica que la calidad del agua es buena en ese momento. La falta de cambios notables en los niveles de CO₂ durante estos dos meses indica una cierta estabilidad en el entorno acuático de la playa.

En el año 2022, al repetir el muestreo, se obtuvo nuevamente un valor de 0 para el mes de junio. Esta consistencia en la ausencia de dióxido de carbono sugiere que el parámetro de CO₂ no ha experimentado cambios significativos en dos años consecutivos. Esta continuidad en los resultados es indicativa de una cierta constancia en las condiciones ambientales de la playa en lo que respecta al nivel de CO₂.

En el año 2023, el patrón se mantuvo una vez más con la obtención de un valor de 0 de dióxido de carbono en el mes de junio. Esto reafirma la baja contaminación de CO₂ en la playa Bocagrande a lo largo de tres años consecutivos de monitoreo.

En términos de calidad del agua y salud del ecosistema marino en la playa Bocagrande, la observación recurrente de valores de CO₂ igual a 0 a lo largo de estos tres años ofrece un panorama alentador.

La constante falta de dióxido de carbono sugiere que no hay fuentes significativas de contaminación de CO₂ en esta área y que las condiciones ambientales se han mantenido relativamente estables. Estos resultados respaldan la idea de que la playa Bocagrande se encuentra en un estado favorable en lo que respecta al parámetro de CO₂, lo que tiene implicaciones positivas para la preservación del ecosistema marino y la seguridad de los bañistas.

b) Playa Crespo

El análisis detallado de los resultados del estudio realizado en el marco de la convocatoria Delfín en 2022 y 2023 ofrece una perspectiva clara sobre los niveles de dióxido de carbono (CO₂) en las aguas de Playa Crespo y su impacto en la calidad del agua y la seguridad de los bañistas.

En 2022, durante el monitoreo de la convocatoria Delfín, se registró un valor de CO₂ de 0 en las aguas de Playa Crespo. Este resultado es muy positivo en términos de la calidad del agua y el bienestar de los bañistas.

La presencia de un valor cero indica que no hay contaminantes químicos de CO₂ significativos en el agua. Además, la falta de CO₂ en niveles significativos indica que no hay fuentes de contaminación que puedan poner en peligro la seguridad de quienes se bañan en la playa. Este resultado es alentador, ya que respalda la idea de que las aguas de Playa Crespo están relativamente libres de contaminación por CO₂ y son adecuadas para el disfrute de los bañistas.

En el año 2023, específicamente en el mes de junio, se realizó nuevamente el monitoreo y se obtuvo un valor de 0.076 mg/L de CO₂ en las aguas de Playa Crespo. Este valor es extremadamente bajo y refuerza la noción de que la presencia de CO₂ en el agua es insignificante en términos de contaminación. La cantidad de CO₂ en el agua sigue siendo baja y no representa una amenaza para

la calidad del agua ni para la salud de los bañistas. Este hallazgo es alentador y respalda la idea de que las aguas de Playa Crespo están en condiciones favorables para actividades turísticas y de recreación, brindando confianza a las comunidades locales y visitantes.

Los resultados combinados de 2022 y 2023 muestran una consistente baja presencia de CO₂ en las aguas de Playa Crespo. Estos valores refuerzan la calidad del agua en términos de contaminación por CO₂ y sugieren que la playa ofrece un entorno seguro y agradable para los bañistas y el público en general. La falta de niveles significativos de CO₂ enfatiza la necesidad de monitoreos regulares para mantener la integridad de este valioso recurso natural y asegurar experiencias positivas para quienes disfrutan de esta hermosa playa.

c) Playa Azul La Boquilla

Por otro lado, en la playa Azul, en el estudio de (Pérez & Romero, 2022) muestran que, durante el periodo inicial de medición en 2019, se identificó un valor de 9,43 mg/L para el parámetro de CO₂, lo cual indicó la presencia de una contaminación moderada en el agua de la playa Figura 55. La alta concentración de CO₂ puede tener múltiples fuentes, que van desde actividades antropogénicas hasta influencias ambientales y estacionales. Es importante señalar que los niveles de CO₂ pueden cambiar debido a factores biológicos, como la actividad fotosintética de las algas y los procesos de descomposición de la materia orgánica.

No obstante, la investigación da cuenta de una evolución positiva en los valores de CO₂ registrados en el tiempo. En el año 2022, se observó un marcado cambio en la situación, con una medición que arrojó un valor de 0, indicando una significativa reducción en la presencia de agentes contaminantes en el agua de Playa Azul. Este dato señala de manera elocuente que las medidas adoptadas para mitigar la contaminación habían logrado un efecto tangible en el ecosistema costero.

Continuando con el análisis, se encontró que esta tendencia positiva se mantuvo en el año 2023. En el mes de junio de dicho año, se registró un valor de 0,16 mg/L, confirmando que la disminución en la presencia de agentes contaminantes sostenida desde 2022 continuó siendo efectiva. Esta constancia en la reducción sugiere que las medidas implementadas para controlar y revertir la contaminación de CO₂ han tenido éxito a largo plazo, y que las playas de Playa Azul han logrado mantener niveles bajos de contaminación por CO₂.

Es fundamental destacar que la mejora en los valores de CO₂ evidenciada a lo largo del tiempo refleja una respuesta positiva a las acciones tomadas para abordar la contaminación en Playa Azul. La reducción de la concentración de CO₂, de 9,43 a 0 en un periodo de dos años, es un logro significativo que subraya la importancia de la gestión adecuada de recursos y actividades humanas en zonas

costeras. Sin embargo, es crucial subrayar que el análisis de la calidad del agua no debe basarse únicamente en un parámetro, como el CO₂, sino que debe considerar múltiples factores para proporcionar una visión completa y precisa de la salud del ecosistema marino en cuestión.

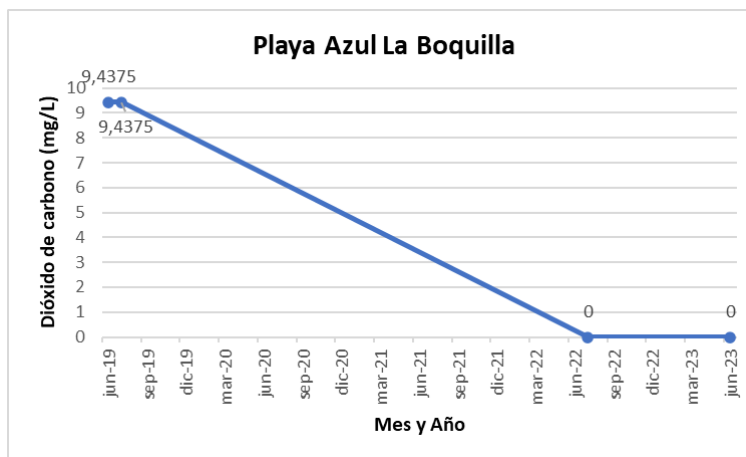


Figura 55. Análisis de CO₂ en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

- **Fosfatos**

- a) **Playa Bocagrande**

En junio de 2019, se realizó en el estudio de (Martínez & Carrillo, 2021) una medición del parámetro de fosfatos en las playas de Bocagrande, obteniendo un valor de 0,875. Este valor indicó una concentración relativamente baja de fosfatos en el agua. Los fosfatos pueden ingresar al agua tanto por fuentes naturales como por fuentes antropogénicas, y altos niveles pueden promover el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, afectando negativamente la calidad del agua y los ecosistemas acuáticos. Por lo tanto, el valor de 0.875 en junio de 2019 señaló una baja contaminación de fosfatos en las playas de Bocagrande durante ese mes y año Figura 56.

Sin embargo, en julio del mismo año, la medición del parámetro de fosfatos en las playas de Bocagrande arrojó un valor de 4,5. Este valor indicaba una concentración moderada de fosfatos en el agua, sugiriendo la presencia de una posible fuente puntual de contaminación que generó un aumento en este parámetro. Por lo tanto, para julio de 2019, las playas de Bocagrande presentaban una moderada contaminación en términos de fosfatos.

En el año 2022, se realizaron nuevas mediciones en las playas de Bocagrande. En junio de 2022, se obtuvo un valor de 1 para el parámetro de fosfatos. Este valor indicaba una baja concentración de fosfato en el agua en comparación con el año 2019, lo cual sugiere una reducción de la contaminación

en términos de fosfatos en las playas de Bocagrande. Esto es una buena señal en cuanto a la calidad del agua en relación con este parámetro.

Cabe aclarar, que en el año 2023 en el cual se realizaron nuevos monitoreos para este estudio, no se midió el parámetro fosfato por ausencia de reactivos en el periodo monitoreado.

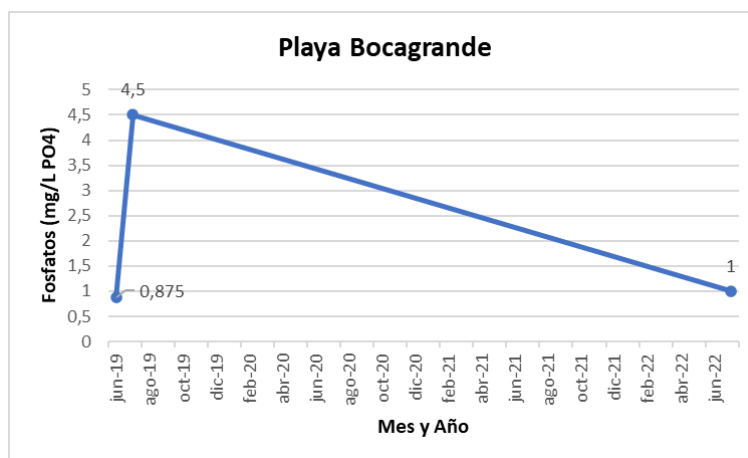


Figura 56. Análisis de Fosfatos en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.

b) Playa Crespo

En julio de 2022, se registró un valor de fosfato de 1,5 en el área de investigación, indicando la presencia de una posible fuente de contaminación. La investigación sugiere que esta contaminación podría originarse en los edificios y canales de agua lluvia que desembocan en la superficie de la playa en dicha área. Se recomienda llevar a cabo monitoreos continuos con el propósito de mejorar las condiciones del agua, además de mantener una vigilancia constante en consideración al potencial turístico.

En junio de 2023, no se obtuvo valor de fosfato debido a la ausencia del reactivo.

c) Playa Azul La Boquilla

En cuanto a Playa Azul, las mediciones realizadas por (Pérez & Romero, 2022) en junio y julio de 2019 arrojaron un valor de 1 para el parámetro de fosfatos Figura 57. Este valor indicó una baja concentración de fosfato en el agua de la playa durante esos meses, lo que denotaba una buena calidad del agua en términos de este parámetro.

En el año 2022, la medición del parámetro de fosfatos en Playa Azul en junio tuvo un ligero aumento, ya que tuvo como resultado un valor de 1,75. Este valor aumentó ligeramente en comparación con la medición de 2019, lo que indica un aumento en la cantidad de fosfatos en la zona de estudio. Aunque la concentración sigue siendo relativamente baja, es importante tener en cuenta la posibilidad de un punto de contaminación en el futuro que pueda afectar el agua de la playa.

En síntesis, los niveles de fosfatos en las playas de Bocagrande y Playa Azul han cambiado con el tiempo. En Bocagrande, se registró una baja concentración en 2019, una moderada concentración en julio de ese año y una reducción en 2022. En Playa Azul, se mantuvo una baja concentración en 2019 y se observó una ligera elevación en 2022. Estos hallazgos demuestran la importancia de realizar un seguimiento regular.

En 2023 no se obtuvo valores de fosfato por ausencia del reactivo.



Figura 57. Análisis de Fosfatos en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

- **Nitratos**

La medición de los nitratos garantiza la salud y seguridad de los bañistas, por ello, se hace relevante presenta el siguiente análisis comparativo.

a) Bocagrande

En junio de 2019 (Martínez & Carrillo, 2021) se identificó un valor de nitratos de 33,225 mg/L NO_3 en las playas de Bocagrande. Este dato inicial puso de manifiesto la presencia de una concentración significativa de nitratos en el agua. Los nitratos pueden introducirse en el ambiente acuático tanto mediante procesos naturales, como la descomposición de materia orgánica, así como por actividades

humanas. Esta alta concentración señaló la existencia de un posible foco de contaminación en las playas de Bocagrande.

El mes siguiente, julio de 2019, presentó un decrecimiento en los niveles de nitratos, con un valor de 22,15 mg/L NO₃. Esta reducción sugiere un cambio positivo en la calidad del agua en similitud con el mes anterior Figura 58. Esta disminución podría estar relacionada con la mitigación de una fuente de contaminación, la disminución en la descomposición de materia orgánica en el agua y vertimientos controlados.

Sin embargo, el cambio más significativo se observa en las mediciones de junio de 2022 y 2023, donde los niveles de nitratos en las playas de Bocagrande se situaron en 0 mg/L NO₃ en ambas ocasiones. Esta reducción completa en los niveles de nitratos es un logro notorio, destacando una mejora sustancial en la calidad del agua en comparación con las mediciones iniciales de 2019. La persistencia de esta reducción, confirmada por las mediciones en 2023, sugiere que las acciones implementadas para abordar y reducir la contaminación por nitratos han sido efectivas y sostenibles en el tiempo.

Es fundamental comprender que los niveles elevados de nitratos en el agua pueden tener efectos perjudiciales tanto para el ecosistema acuático como para la salud humana, por lo que su reducción es un objetivo crucial en la gestión ambiental. La reducción de los niveles de nitratos de 33.225 mg/L NO₃ en 2019 a 0 mg/L NO₃ en 2022 y 2023 indica un éxito en la implementación de medidas correctivas y en la protección de la calidad del agua en las playas de Bocagrande.

No obstante, es fundamental recordar que la evaluación integral de la calidad del agua debe considerar una gama de parámetros para obtener una imagen completa del estado ambiental. Aunque la disminución de los nitratos es un logro considerable, se debe continuar monitoreando otros indicadores ambientales para asegurar una gestión efectiva en materia de salud y seguridad del bañista y el ecosistema circundante.

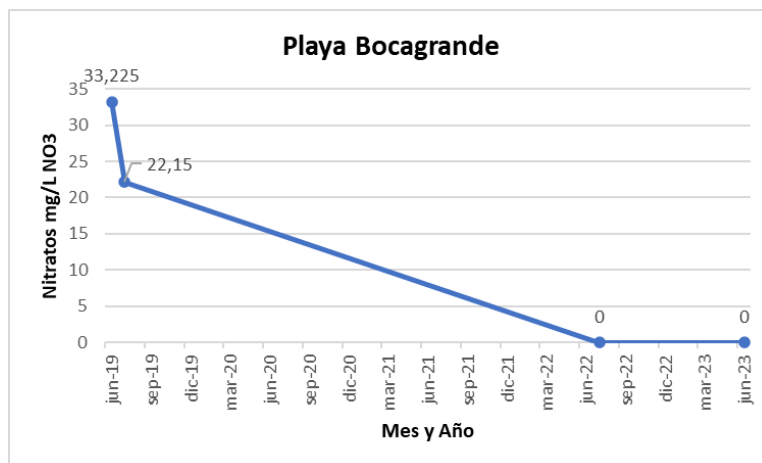


Figura 58. Análisis de Nitratos en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.

b) Playa Crespo

El análisis y los resultados derivados del monitoreo realizado en julio de 2022 ofrece una valiosa perspectiva sobre la calidad del agua en la playa Crespo. En este contexto, el valor registrado de 0 en la presencia de nitratos en el agua refleja una situación altamente positiva. La ausencia de detección de nitratos en el momento de la medición indica que los niveles de este compuesto se encuentran por debajo de los umbrales de preocupación, lo que señala un entorno acuático libre de contaminación por nitratos en ese período específico.

Desde el punto de vista de la salud de los bañistas, la ausencia de nitratos en el agua es una indicación positiva. Debido a su potencial para convertirse en nitritos en el cuerpo humano, los nitratos en altas concentraciones pueden causar inquietud. La presencia de nitrosaminas, compuestos que pueden representar riesgos para la salud, como un aumento en la probabilidad de desarrollar ciertos tipos de cáncer, puede ser resultado de la reacción de nitritos con ciertos compuestos presentes en el estómago. Por lo tanto, el agua de baño libre de nitratos es segura y beneficiosa para los bañistas. El monitoreo efectuado en 2023, específicamente en el mes de junio, arrojó un valor de 0 mg/L para la presencia de nitratos en el agua de baño en la playa Crespo. Este resultado de la medición sugiere que hay poca descomposición de materia orgánica y que la influencia de actividades humanas que podrían introducir nitratos al agua es limitada. Esta condición es altamente positiva para la calidad del agua de baño en dicha playa. No obstante, es esencial reconocer que mantener un programa de monitoreo

continuo es crucial para garantizar la conservación de esta calidad y prevenir cualquier posible cambio adverso en el futuro.

Sin embargo, el análisis de los resultados del monitoreo realizado en el marco de la convocatoria Delfin 2022 y 2023 en la playa Crespo muestra que el agua de baño es de excelente calidad en relación con la presencia de nitratos. El hecho de que este compuesto no esté presente en el agua indica que el agua es saludable y segura para los bañistas.

La importancia de seguir realizando monitoreos regulares se subraya como una medida esencial para asegurar la conservación a largo plazo de esta calidad, así como para prevenir potenciales desafíos en términos de contaminación y seguridad en el agua de baño.

c) Playa Azul La Boquilla

En Playa Azul, durante los meses de junio y julio de 2019, (Pérez & Romero, 2022) obtuvo una relación con los niveles de nitratos en Playa Azul brindando una visión esclarecedora de la variación en la calidad del agua a través del tiempo. Los resultados obtenidos en diferentes momentos entre los años 2019, 2022 y 2023 demuestran la dinámica de la contaminación por nitratos en esta playa y su correlación con posibles actividades antropogénicas y procesos naturales.

Durante los meses de junio y julio de 2019, se registró un valor de 0,539 mg/L NO_3 de nitratos en Playa Azul. Este valor mostró una presencia moderada de nitratos en el agua, lo que indica que tanto los procesos naturales como los humanos influyen en la descomposición de la materia orgánica.

Los niveles de nitratos en Playa Azul se mantuvieron en 0 mg/L NO_3 , según la medición de junio de 2022. Esta reducción en comparación con las mediciones de 2019 indica una mejora sustancial en la calidad del agua. Se puede inferir que las posibles actividades que estaban contribuyendo a la contaminación por nitratos han disminuido o han sido controladas efectivamente, lo que sugiere que para el año 2022, Playa Azul había logrado una notable mejora en términos de este parámetro Figura 59.

Los niveles de nitratos en Playa Azul siguieron siendo de 0 mg/L NO_3 , según el monitoreo continuo realizado en junio de 2023. La consistencia de medidas entre 2022 y 2023 respalda la noción de que se ha manejado adecuadamente la evolución de los nitratos en las aguas de baño desde 2022. Estos hallazgos son optimistas y demuestran el progreso continuo en la preservación y conservación de la calidad del agua en Playa Azul.

Un análisis comparativo entre las playas de Bocagrande y Playa Azul también resalta la tendencia positiva en ambos casos. En Bocagrande, se observó una disminución significativa en los niveles de

nitratos en 2022 en comparación con 2019, señalando una mejora en la calidad del agua. En Playa Azul, la reducción drástica en los niveles de nitratos en 2022, y su posterior mantenimiento en 0 entre 2022 y 2023, indican una mejora sostenida y prometedora en la calidad del agua.

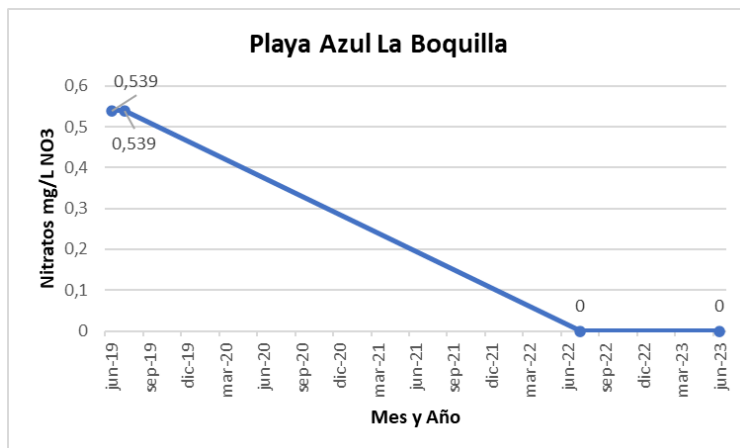


Figura 59. Análisis de Nitratos en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

- **Nitritos**

A continuación, se presentan los resultados de monitoreo comparativo en las playas objeto de estudio para el parámetro nitrito.

a) Playa Bocagrande

En junio de 2019, se realizaron mediciones del parámetro de nitritos en las playas de Bocagrande, llevadas a cabo por (Martínez & Carrillo, 2021). sobre los niveles de nitritos en las playas de Bocagrande proporcionan una valiosa visión de la evolución de la calidad del agua en este entorno. A través de mediciones llevadas a cabo en varios momentos entre junio de 2019 y junio de 2023 Figura 60, se obtiene una imagen detallada de cómo ha variado la presencia de nitritos y su correlación con procesos naturales y actividades humanas.

En junio de 2019, las mediciones revelaron una presencia de 0.33 mg/L NO₂ de nitritos en las playas de Bocagrande. Aunque es un valor relativamente bajo, este valor indica una cierta presencia de descomposición de materia orgánica y actividades humanas. Sin embargo, es importante destacar que la presencia es baja en términos absolutos, lo que indica que el agua de baño en estas playas es de alta calidad.

Las mediciones realizadas en julio de 2019 continuaron mostrando mejoras. Se obtuvo un valor de 0.165 mg/L NO₂ para los nitritos, ligeramente inferior al registrado en el mes anterior. Esta disminución sugiere una mejora continua en la calidad del agua en un corto período de tiempo. Este cambio positivo puede estar relacionado con medidas implementadas para controlar las fuentes de nitritos y reducir la descomposición de materia orgánica en el agua.

El marcado cambio en las mediciones se observa en junio de 2022 y junio de 2023, cuando los valores de nitritos en las playas de Bocagrande se sitúan en 0 mg/L NO₂ en ambas ocasiones. Esta ausencia de nitritos en el agua es un indicio importante de una mejora sustancial en términos de este parámetro. La persistencia de este valor nulo entre 2022 y 2023 indica un éxito continuo en la gestión de la calidad del agua.

Según estos hallazgos, la concentración de nitritos en el agua en las playas de Bocagrande ha mejorado significativamente con el tiempo. El índice de contaminación en estas playas ha disminuido, como lo demuestra la disminución continua y constante de los valores de nitritos a lo largo del tiempo. Estos datos son positivos y respaldan la eficacia de los esfuerzos realizados para controlar la descomposición de materia orgánica y reducir el impacto del ser humano en el entorno.

Sin embargo, el análisis de los datos revela una tendencia positiva y consistente en la calidad del agua en las playas de Bocagrande en cuanto a los niveles de nitritos. La mejora gradual a lo largo de los años, que ha llevado a la ausencia de nitritos en las mediciones más recientes, resalta la importancia de una gestión adecuada para conservar y mejorar la calidad del agua en entornos costeros. Estos hallazgos subrayan la necesidad continua de mantener esfuerzos para reducir la contaminación y asegurar la preservación de los recursos marinos.

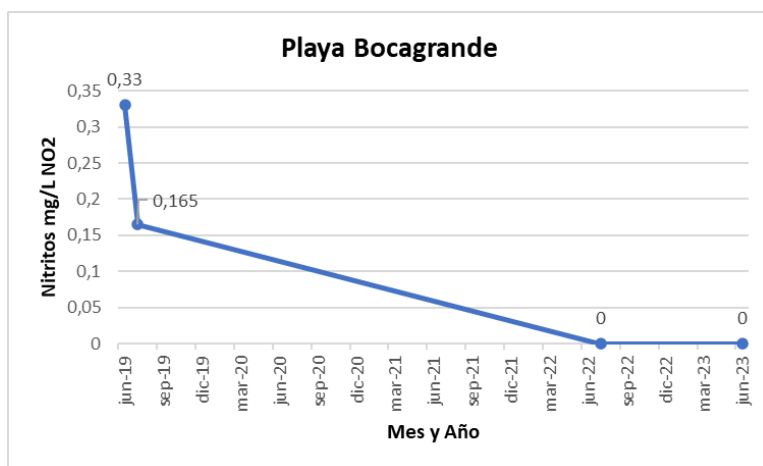


Figura 60. Análisis de Nitritos en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.

b) Playa Crespo

El análisis y los resultados del seguimiento de la playa Crespo en 2022 y 2023 brindan una visión clara de la calidad del agua y su evolución en esta zona costera. A través de mediciones precisas y continuas, se ha obtenido información importante sobre la presencia de nitritos y su relación con las actividades humanas y los procesos naturales.

En el año 2022, los resultados del monitoreo indicaron un valor de 0 mg/L NO₂ para los nitritos en Playa Crespo. Esta ausencia completa de nitritos en el agua refleja una situación altamente positiva. La presencia de nitritos puede indicar la descomposición de materia orgánica y actividades antropogénicas. El valor nulo obtenido sugiere que en ese momento no se detectó ninguna influencia significativa de estos factores en la calidad del agua de baño en playa Crespo.

El monitoreo continuó en junio de 2023, y los resultados volvieron a mostrar un valor de 0 mg/L NO₂ para los nitritos en Playa Crespo. Esta constante ausencia de nitritos en el agua durante dos años consecutivos sugiere una mejora constante en la calidad del agua de baño en términos de este parámetro. La interpretación de estos resultados es que la playa sigue presentando una baja presencia de residuos contaminantes orgánicos y actividades antropogénicas que podrían alterar la calidad del agua.

Es crucial destacar que la mejora en la calidad del agua es esencial para garantizar la salud y el bienestar de los bañistas y los visitantes a la playa. La falta de nitritos en el agua indica que los factores potencialmente dañinos para la salud humana están bajo control. Sin embargo, el análisis destaca la importancia del monitoreo continuo. Mantener un programa de monitoreo continuo es esencial para asegurarse de que los niveles sigan siendo aceptables y para identificar cualquier cambio no deseado en la calidad del agua en el futuro.

c) Playa Azul La Boquilla

En el estudio realizado por (Pérez & Romero, 2022) en Playa Azul, que aborda los niveles de nitritos, ofrecen una comprensión profunda de la evolución de la calidad del agua en esta playa a lo largo del tiempo. Las mediciones efectuadas en diferentes momentos entre junio de 2019 y junio de 2023 presentan una imagen detallada de cómo han variado los niveles de nitritos y cómo estas fluctuaciones reflejan los esfuerzos de gestión y conservación.

Durante los meses de junio y julio de 2019, se registraron valores constantes de 0 mg/L NO₂ de nitritos en playa Azul. Esta estabilidad en los niveles de nitritos durante dos meses seguidos sugiere un buen

manejo de la contaminación en la playa. La presencia de estos valores positivos indica que el entorno acuático de esta zona está relativamente libre de contaminantes por nitritos.

El junio de 2022, se presentan valores de 0 mg/L NO₂ al igual que el monitoreo anterior, lo que sugiere una mejora constante, lo que sugiere que se han implementado medidas efectivas para reducir la presencia de nitritos en el agua a lo largo del tiempo.

El monitoreo continuado en junio de 2023 validó la persistente mejora en la calidad del agua en Playa Azul. Se mantuvo el valor de 0 mg/L NO₂ para los nitritos, lo que indica que han logrado mantener un bajo nivel de contaminantes por nitrato en el agua de baño de la playa.

los niveles se mantuvieron en 0 mg/L NO₂ hasta 2023.

- **Amonio**

A continuación, se presentan los resultados obtenidos para el parámetro Amonio en las playas objeto de estudio.

- a) Playa Bocagrande**

En el estudio de (Martínez & Carrillo, 2021) junio de 2019, en las playas de Bocagrande, se enfocaron en la medición de los niveles de amonio en el agua, lo que proporcionó una comprensión detallada de la calidad del agua y su evolución a lo largo del tiempo. Los datos recolectados en varios momentos entre junio de 2019 y junio de 2023 Figura 61 permiten discernir patrones y tendencias relacionadas con la presencia de amonio y su implicación en la calidad del agua.

En junio de 2019, las mediciones de amonio en las playas de Bocagrande registraron un valor de 0.25 mg/L NH₃. Esta concentración relativamente baja de amonio es deseable, ya que sugiere una presencia limitada de este compuesto en el agua. La importancia de mantener bajos niveles de amonio radica en su potencial para indicar la presencia de contaminación orgánica o inorgánica, lo cual podría comprometer la salud de los bañistas y el equilibrio del ecosistema acuático.

La medición de julio de 2019 reveló un valor de 0.4375 mg/L NH₃ de amonio en las playas de Bocagrande. Aunque esta concentración se considera moderada y no implica un riesgo significativo para bañistas, es relevante notar el aumento en la concentración de amonio en el transcurso de un mes. Este incremento sugiere la posible existencia de una fuente mínima de contaminación, lo cual resalta la importancia de identificar y controlar posibles fuentes contaminantes.

La medición de junio de 2022 arrojó un valor de 0.5 mg/L NH₃ de amonio en las playas de Bocagrande. Esta concentración moderadamente alta puede indicar un aumento en los niveles de

amonio en el tiempo. La persistencia de un valor más alto sugiere la posible existencia de una fuente continua de contaminación, lo que subraya la necesidad de tomar medidas para identificar y mitigar esta fuente.

Las mediciones realizadas en junio nuevamente mostraron un nivel de NH_3 de amonio de 0,5 mg/L en las playas de Bocagrande para el año 2023. El hecho de que este valor permanezca idéntico al de 2022 sugiere que los niveles de amonio permanecen estables y que la fuente de contaminación tiene una menor influencia. Sin embargo, es importante destacar que la concentración sigue siendo moderadamente alta y requiere atención constante y monitoreo para garantizar la salud y la calidad del agua de los bañistas.

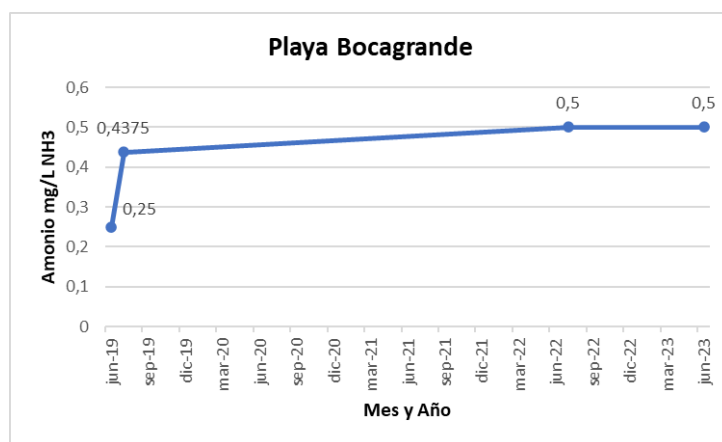


Figura 61. Análisis de Amonio en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.

b) Playa Crespo

El análisis y los resultados del seguimiento realizado en las playas de Crespo en 2022 y 2023 brindan una perspectiva útil sobre la calidad del agua y su evolución en este entorno costero. Se ha obtenido información importante sobre la presencia de amonio y su relación con las actividades humanas y los procesos naturales a través de mediciones precisas y continuas.

Los resultados del monitoreo en las playas de Crespo en 2022 indicaron que no había amonio en el agua. Esta ausencia total de amonio es una señal favorable.

El amonio puede estar presente como resultado de la descomposición de materia orgánica y las actividades humanas, por lo que un valor nulo indica que estos factores no tuvieron un impacto significativo en la calidad del agua de baño en Crespo.

El monitoreo continuó en junio de 2023, y los resultados volvieron a mostrar un valor de 0 mg/L NH_3 para la presencia de amonio en las playas de Crespo. Esta consistente ausencia de amonio en el agua en dos años consecutivos indica una mejora sostenida en la calidad del agua en términos de este parámetro. La interpretación de estos resultados es que la playa sigue presentando una baja concentración de residuos orgánicos y actividad antropogénica que podrían alterar la calidad del agua. Es esencial resaltar la importancia de estos resultados para la salud y el bienestar de los bañistas y las personas que disfrutan de la playa. La ausencia de amonio en el agua sugiere que los factores que podrían ser perjudiciales para la salud humana y el ecosistema están bajo control en esta área. Sin embargo, la importancia del monitoreo continuo no debe subestimarse. Mantener un programa constante de monitoreo es crucial para verificar que los niveles sigan siendo aceptables y para detectar cualquier cambio no deseado en la calidad del agua en el futuro.

No obstante, los resultados del monitoreo en las playas de Crespo a lo largo de los años 2022 y 2023 indican una mejora constante en la calidad del agua en términos de la presencia de amonio. La ausencia persistente de amonio en las mediciones refleja una reducción efectiva de residuos orgánicos y actividad antropogénica, lo cual es esencial para garantizar la salud del ecosistema marino y la seguridad de los bañistas. Estos resultados respaldan la importancia de la gestión ambiental adecuada y el monitoreo constante para mantener la calidad del agua en playas y promover la conservación del entorno costero.

c) Playa Azul La Boquilla

En el estudio realizado por (Pérez & Romero, 2022) en Playa Azul, centrado en la medición del parámetro de amonio, proporcionan una visión esclarecedora sobre la calidad del agua en esta playa y cómo ha evolucionado a lo largo del tiempo Figura 62. Las mediciones realizadas en diferentes momentos entre junio de 2019 y junio de 2023 ofrecen información valiosa sobre la presencia de amonio y sus implicaciones para la salud del ecosistema acuático y los bañistas.

En Playa Azul, las mediciones de amonio mostraron un valor constante de 0.5 mg/L NH_3 durante los meses de junio y julio de 2019. Esta concentración moderadamente alta indica que este compuesto puede estar presente continuamente en el agua de baño.

Los niveles moderadamente altos de amonio pueden indicar la existencia de fuentes de contaminación, y este hallazgo resalta la importancia de identificar y abordar estas fuentes para mantener la calidad del agua en la playa.

La medición de junio de 2022 reveló que la concentración de amonio en Playa Azul seguía siendo la misma: 0.5 mg/L NH_3 . La persistencia de este valor a lo largo de tres años sugiere que, hasta ese punto, no se habían tomado medidas efectivas para reducir la concentración de amonio en el agua de baño. Esto resalta la necesidad de implementar estrategias de gestión y control para abordar las fuentes potenciales de contaminación.

Sin embargo, en junio de 2023, cuando el monitoreo mostró un valor de 0 mg/L NH_3 en Playa Azul, el escenario cambió significativamente. Esta ausencia total de amonio en las mediciones es una buena noticia porque indica que la calidad del agua ha mejorado mucho en comparación con años anteriores. La disminución de la concentración de amonio indica que se han tomado medidas o las condiciones ambientales para reducir la presencia de este compuesto en el agua de baño.

La comparación con las concentraciones de amonio en Bocagrande también aporta una perspectiva importante. En Bocagrande, se observa un aumento en la concentración de amonio a lo largo del tiempo, con un valor moderadamente alto en 2022 que persiste hasta 2023. En contraste, Playa Azul experimentó una mejora significativa al pasar de una concentración moderadamente alta a la ausencia completa de amonio en el agua.

No obstante, el estudio en Playa Azul presenta un panorama complejo de la concentración de amonio en el agua de baño a lo largo de los años. La persistencia de un valor constante de 0.5 mg/L NH_3 hasta 2022 resalta la necesidad de medidas de gestión y control. Sin embargo, la mejora en 2023 al alcanzar un valor de 0 mg/L NH_3 refleja un cambio positivo y un éxito en la reducción de la presencia de amonio en la playa. Estos resultados subrayan la importancia de monitorear, identificar fuentes de contaminación y tomar medidas para preservar la calidad del agua en las playas, asegurando la seguridad de los bañistas y la conservación del ecosistema acuático.

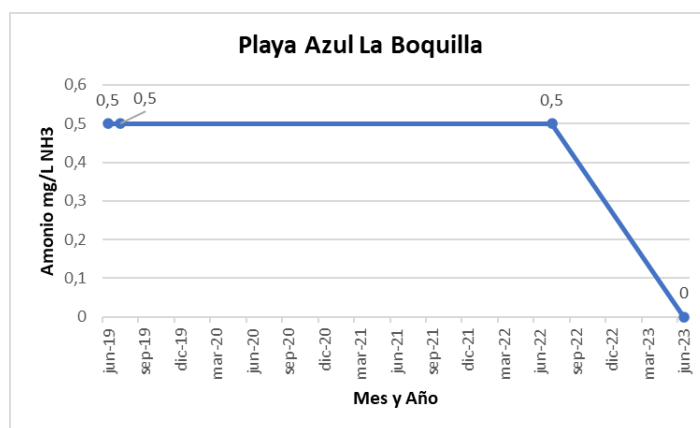


Figura 62. Análisis de Amonio en meses y años monitoreados en paya Azul La Boquilla.

- **Sólidos Disueltos Totales**

Los sólidos disueltos totales comprenden una variedad de sustancias que se encuentran en el agua, como sales, minerales, compuestos orgánicos y productos químicos disueltos. A continuación, se presentan los resultados del monitoreo comparativo espacio temporal que se realizó en las playas objeto de estudio.

a) Playa Bocagrande

En junio de 2019, se evaluó el estudio de (Martínez & Carrillo, 2021) en las playas de Bocagrande, enfocado en la medición de los sólidos disueltos totales. Las mediciones realizadas en junio y julio de 2019, así como en junio de 2023 Figura 63, permiten discernir patrones y cambios en la concentración de sustancias disueltas en el agua.

Las playas de Bocagrande registraron un total de sólidos disueltos de 29.8925 PPT en junio de 2019. La existencia de componentes disueltos en el agua de la playa se puede inferir de esta concentración moderada a alta. Tal concentración puede indicar la existencia de contaminantes o sales disueltas, lo que podría tener un impacto en la calidad del agua y la experiencia del baño.

La medición realizada en julio del mismo año mostró un valor ligeramente mayor, alcanzando los 30.7425 PPT de sólidos disueltos en las playas de Bocagrande. Esta concentración moderadamente alta muestra un aumento en comparación con el mes previo. Este aumento podría indicar una fuente potencial de contaminación o la entrada de sustancias adicionales al agua, lo que resalta la importancia de identificar y abordar estas fuentes para mantener la calidad del agua y la seguridad de los bañistas. Para junio de 2023, las mediciones indicaron que los sólidos disueltos en la zona de estudio tenían un valor de 8.74 PPT. Una disminución significativa en la concentración de sólidos disueltos en comparación con 2019 muestra un progreso en la calidad del agua en Bocagrande. La disminución significativa de la concentración indica que se han tomado medidas efectivas para controlar la contaminación y mejorar la calidad del agua.

Estos hallazgos tienen un impacto significativo en la salud y el bienestar de los bañistas y la vida marina en la región. Los esfuerzos exitosos de las autoridades y las partes interesadas para combatir la contaminación y mejorar la calidad del agua en las playas de Bocagrande se reflejan en la

disminución de la concentración total de sólidos disueltos. Esto no solo ayuda a los bañistas a sentirse seguros, sino que también ayuda a preservar el ecosistema marino.

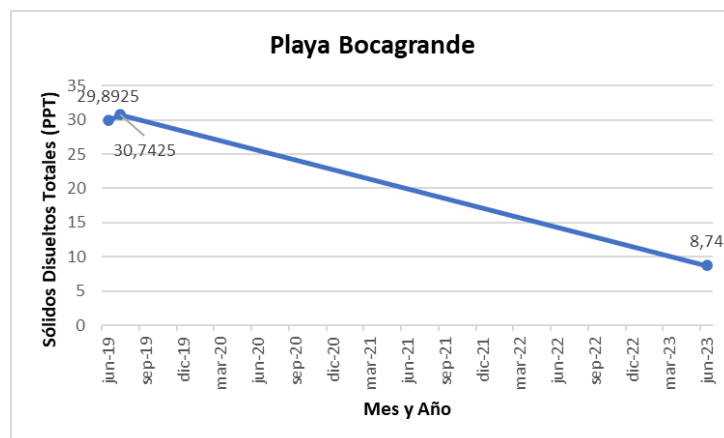


Figura 63. Análisis de SDT en meses y años monitoreados en playa Bocagrande.

b) Playa Crespo

El análisis y los resultados del monitoreo realizado en junio de 2023 en la zona de estudio revelan una perspectiva alentadora sobre la calidad del agua en términos de la concentración de sólidos disueltos totales. La medición arrojó un valor de 8.87 PPT de sólidos disueltos presentes en el agua de baño. Este resultado representa un valor notoriamente bajo en comparación con niveles más altos observados en otras mediciones y ubicaciones.

La baja concentración de sólidos disueltos totales en el agua es un indicador positivo y alentador para la calidad del agua en la zona estudiada. Este bajo nivel sugiere una presencia limitada de sustancias disueltas en el agua de baño, lo que podría señalar una reducción en la contaminación y en la entrada de contaminantes potenciales o sales disueltas.

La marcada reducción en los sólidos disueltos totales en 2023 probablemente sea el resultado de esfuerzos efectivos en la gestión y control de fuentes de contaminación, junto con medidas destinadas a preservar la calidad del agua y el ecosistema marino. Estos resultados respaldan la efectividad de las acciones implementadas para mantener un entorno seguro y saludable tanto para los bañistas como para la vida marina.

Sin embargo, es fundamental continuar con el monitoreo constante en el futuro. Aunque el valor actual de 8.87 PPT es alentador, es necesario seguir evaluando la concentración de sólidos disueltos en el agua a lo largo del tiempo para asegurarse de que permanezca dentro de los niveles aceptables.

El monitoreo continuo permitirá identificar cualquier cambio en la calidad del agua y tomar medidas preventivas o correctivas según sea necesario.

c) Playa Azul La Boquilla

En cuanto a Playa Azul, para los sólidos disueltos totales en el agua en el estudio de (Pérez & Romero, 2022) en relación con los sólidos disueltos totales en las playas de Playa Azul brindan una perspectiva esclarecedora sobre la calidad del agua y su evolución a lo largo del tiempo. Los datos obtenidos en junio y julio de 2019 y en junio de 2023 brindan una visión detallada de cómo ha cambiado la concentración de sólidos disueltos en el agua a lo largo del tiempo Figura 64.

En junio y julio de 2019, las mediciones de los sólidos disueltos totales en Playa Azul revelaron valores de 24,53 PPT y 24,15 PPT respectivamente. Estas cifras indican una concentración moderada de sustancias disueltas en el agua. Aunque la diferencia entre ambos meses es mínima, cabe destacar la importancia de realizar un análisis detallado para identificar posibles tendencias y fuentes de contaminación.

Un aspecto crucial por considerar es la comparativa entre los valores de los sólidos disueltos totales entre junio y julio, lo que sugiere una ligera disminución en la concentración de estos compuestos en Playa Azul. No obstante, la existencia de posibles fuentes de contaminación debe ser evaluada minuciosamente, ya que pueden influir en la calidad del agua y en la concentración de sólidos disueltos.

En junio de 2023, el monitoreo arrojó un valor de 9,53 PPT para los sólidos disueltos totales en Playa Azul. Esta cifra refleja un avance significativo en el control de la contaminación en comparación con los valores de 2019. La reducción en la concentración de sólidos disueltos es prometedora y puede ser resultado de medidas efectivas implementadas para preservar la calidad del agua y el ecosistema marino. Al comparar las concentraciones de sólidos disueltos totales entre las playas de Bocagrande y Playa Azul durante junio y julio de 2019, se observa una concentración moderada a alta en ambas ubicaciones, con un ligero aumento en el valor del parámetro en Playa Azul. Sin embargo, lo más destacado es el progreso alcanzado en ambas playas para el año 2023, con una notable reducción en la concentración de sólidos disueltos totales. Este avance es alentador y enfatiza la importancia de identificar y abordar las fuentes de contaminación para preservar la calidad del agua y la salud de los bañistas y el ecosistema marino.

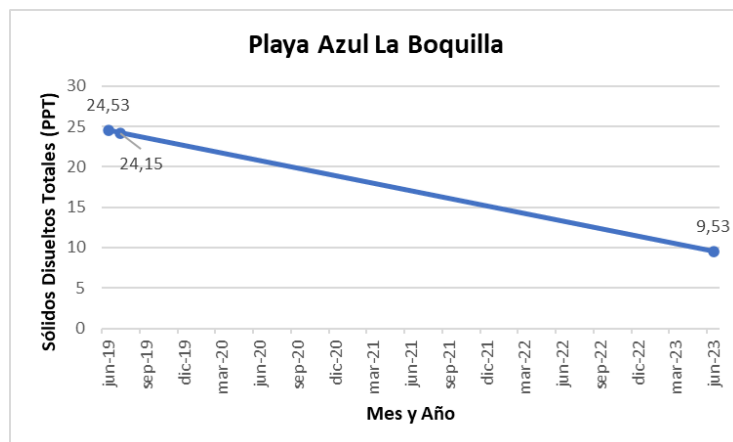


Figura 64. Análisis de SDT en meses y años monitoreados en playa Azul La Boquilla.

9.3. Fase 2: Evaluación de los factores determinantes que afectan la calidad del agua en playas turísticas

9.3.1. Actividad 1: Identificación de factores claves

Se hizo uso del Geo visor de REDCAM (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (cardique), 2016) donde se logró identificar las estaciones REDCAM para las áreas de estudio Figura 65 que sirven para observar los determinantes que afectan la calidad del agua en las playas turísticas objeto de estudio.

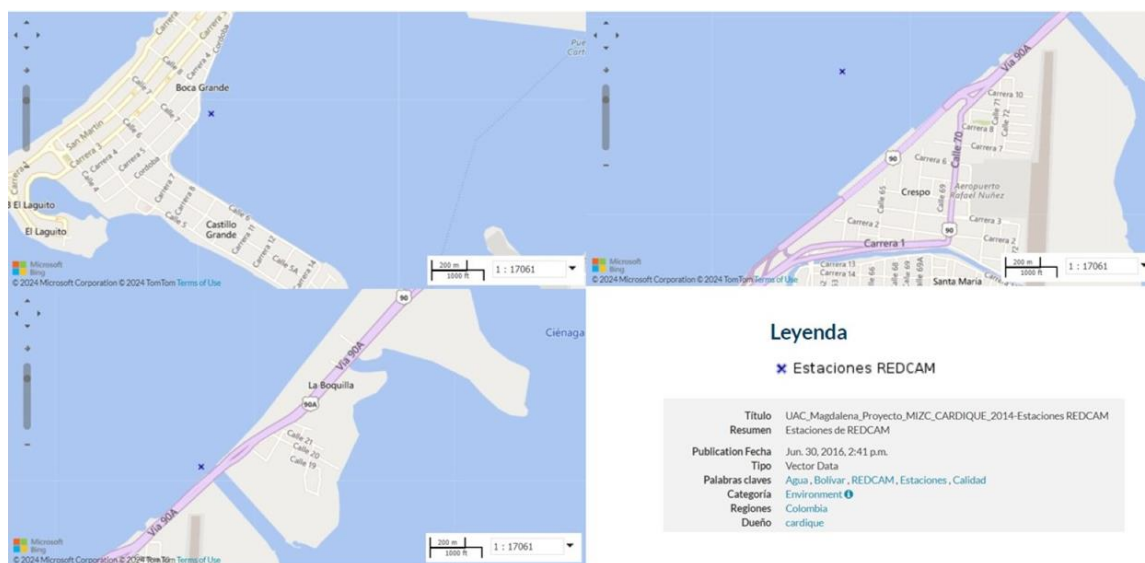


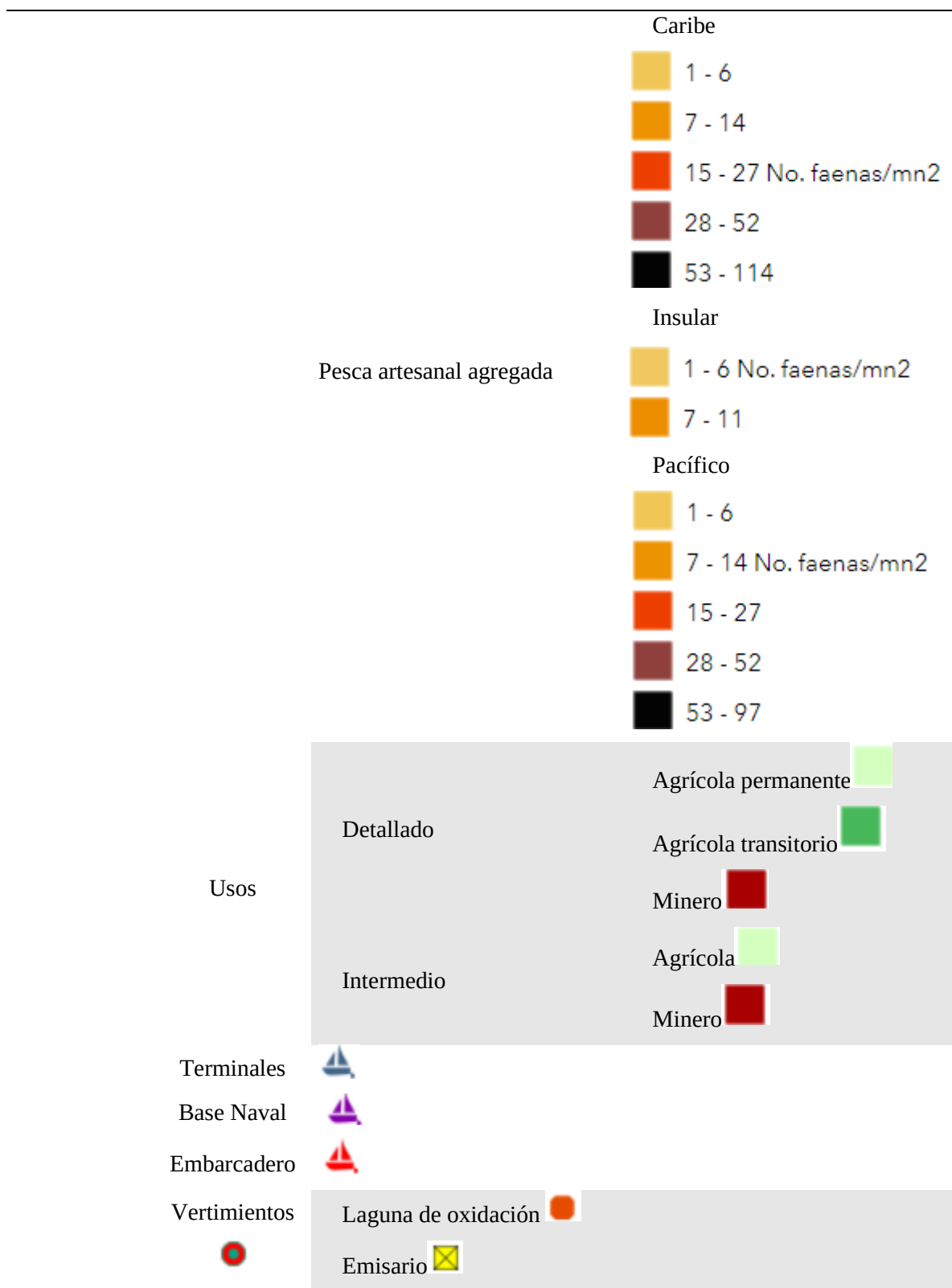
Figura 65. Estaciones REDCAM de interés para las áreas de estudio.

Fuente: Adaptado de (Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (cardique), 2016).

Posterior a esto se identificaron los factores claves que contemplan las estaciones REDCAM con sus respectivas leyendas Tabla 26, los cuales se presentan a continuación:

Tabla 26. Factores claves que contempla la REDCAM

Fuentes de contaminación	
Actividades humanas	Puertos Terminal Marítimo Zona portuaria principal
	Pesca de Atún Pesca Blanca Pesca de camarón de aguas profundas Rutas de navegación pesca industrial Pesca de camarón de aguas someras Pesca de caracol Pesca de langosta Pesca de pequeños pelágicos Caladeros de pesca
	Pesca Industrial Sitios de pesca
	Pesca de Atún Pesca Blanca Pesca de camarón de aguas profundas Pesca de camarón de aguas someras Pesca de caracol Pesca de langosta Pesca pequeños pelágicos



Ganadería	
Lavadero	
Puertos	
Basurero	
Industria	
Minería	
Gasolinera	
Turismo	
Pesca	
Terminales	
Muelles	
Porquerizas	
Escorrentía aguas lluvias	
Escorrentía por residuos pecuario y agrícolas	
Talleres mecánicos	
Zona fondeo	

9.3.2. Actividad 2: Evaluación e interpretación de datos

a) Playa Bocagrande

En playa Bocagrande Figura 66 Se puede identificar el área principal del puerto. Principalmente, se menciona la bahía de Cartagena, que alberga 53 muelles, tanto privados como gubernamentales, utilizados para el transporte de una variedad de cargas como materias primas industriales, carga general, derivados del petróleo, productos pesqueros, transporte costero en general, así como bienes de importación y exportación. (Garay Tinoco, s. f.).

Con este tipo de tráfico marítimo, es probable que surjan problemas de contaminación por la operación de buques y muelles, ya sea como resultado de:

1. Errores en la carga y descarga de los barcos.
2. Debido a la falta de instalaciones portuarias adecuadas para recibir los lastres y efluentes de los barcos.
3. Los vertidos voluntarios o no voluntarios de líquidos de sentina y otros desperdicios de los buques fondeados o que se desplazan por la bahía.

A la vez, se evidencia **pesca de camarón de aguas someras, pesca blanca, pesca de atún** y actividad de **pesca artesanal agregada** 1-6 No. faenas/mn² donde el ecosistema marino puede verse medianamente afectado por ciertas prácticas de pesca artesanal y pesca industrial, como el uso de artes de pesca no selectivas o métodos destructivos. Estos efectos incluyen la captura incidental de especies no deseadas, la degradación del hábitat y la alteración de las cadenas alimentarias. Esto se suma a los efectos negativos del cambio climático, la acidificación de los océanos, el aumento del nivel del mar, la contaminación, los cambios en los hábitats meteorológicos y la creciente cantidad de personas que afectan la pesca artesanal (Pardo, 2017).

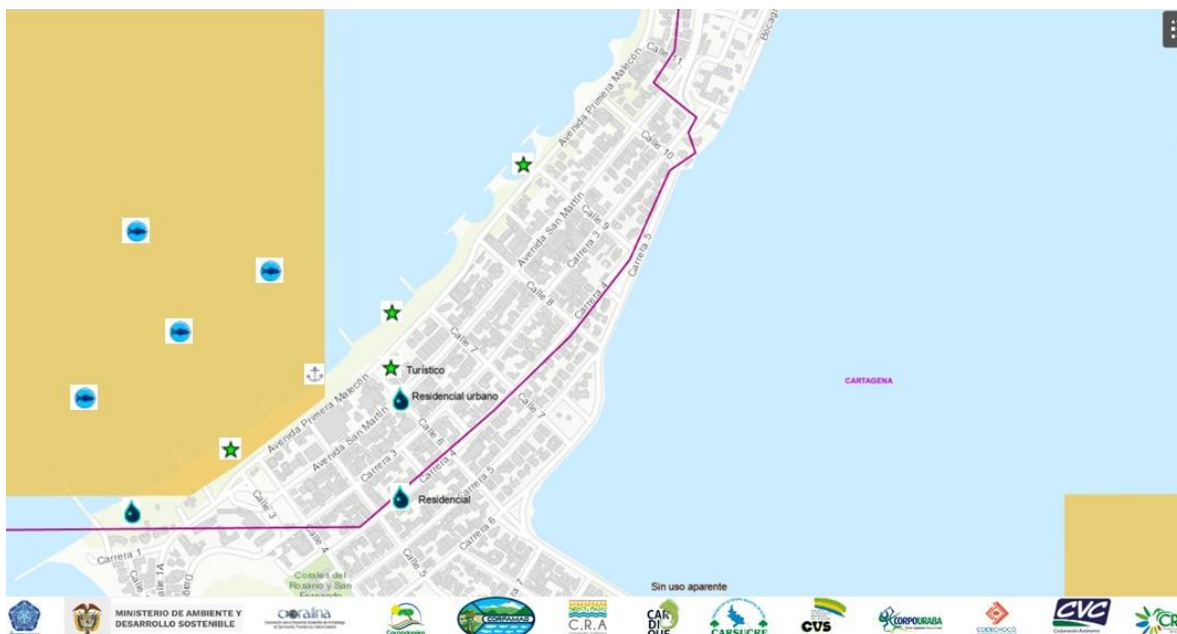


Figura 66. Identificación de determinantes en playa Bocagrande.

Fuente: (REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia, s. f.).

Además, se evidencia que en áreas turísticas, de uso industrial, terminales, bases navales y embarcaderos, el aumento del turismo ha generado una mayor cantidad de desechos y contaminación,

tanto en tierra como en agua. Para preservar la calidad del agua y los ecosistemas marinos, es fundamental utilizar métodos eficientes de gestión de desechos y control de contaminación (Observatorio EPA Cartagena, 2015), por ello se ha hecho un modelo de zonificación Figura 67 donde se dividan en zonas para llevar a cabo un control óptimo de los posibles efectos generados por los turística en actividades de sol y playa.

Zona residencial urbano donde se ha evidenciado mal manejo de las aguas lluvias por parte de las viviendas, ya que las escorrentías de aguas lluvias pueden introducir una variedad de contaminantes al mar, lo que afecta negativamente la calidad del agua(Guzmán, 2009). Los nutrientes en exceso pueden provocar la proliferación de algas y la eutrofización, mientras que los contaminantes químicos pueden ser tóxicos para el uso en aguas de baño.

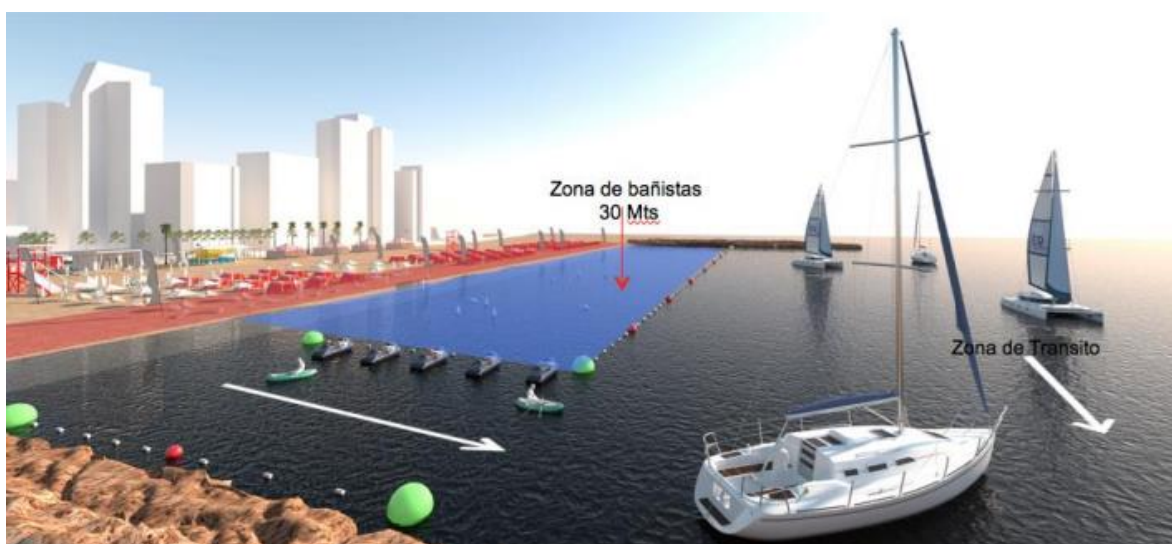


Figura 67. Zonificación del Modelo de Ocupación.

Fuente: (Observatorio EPA Cartagena, 2015).

También, aunque no se encuentran en la zona objeto de estudio, se han demostrado otros factores que influyen en la calidad de las aguas cercanas, como la Base Naval Coliseo, que cuenta con una zona de vertimientos y puertos de terminales marítimos Figura 68. Este sector genera importantes cantidades de desechos de combustibles y fertilizantes, así como la mayoría de los vertimientos industriales como carbonatos, amoníaco, fenoles y aguas calientes (Guzmán, 2009).

Debido a la actividad portuaria, la bahía recibe una parte de sus desechos oleosos, de los cuales no se tienen estimaciones precisas (Guzmán, 2009).

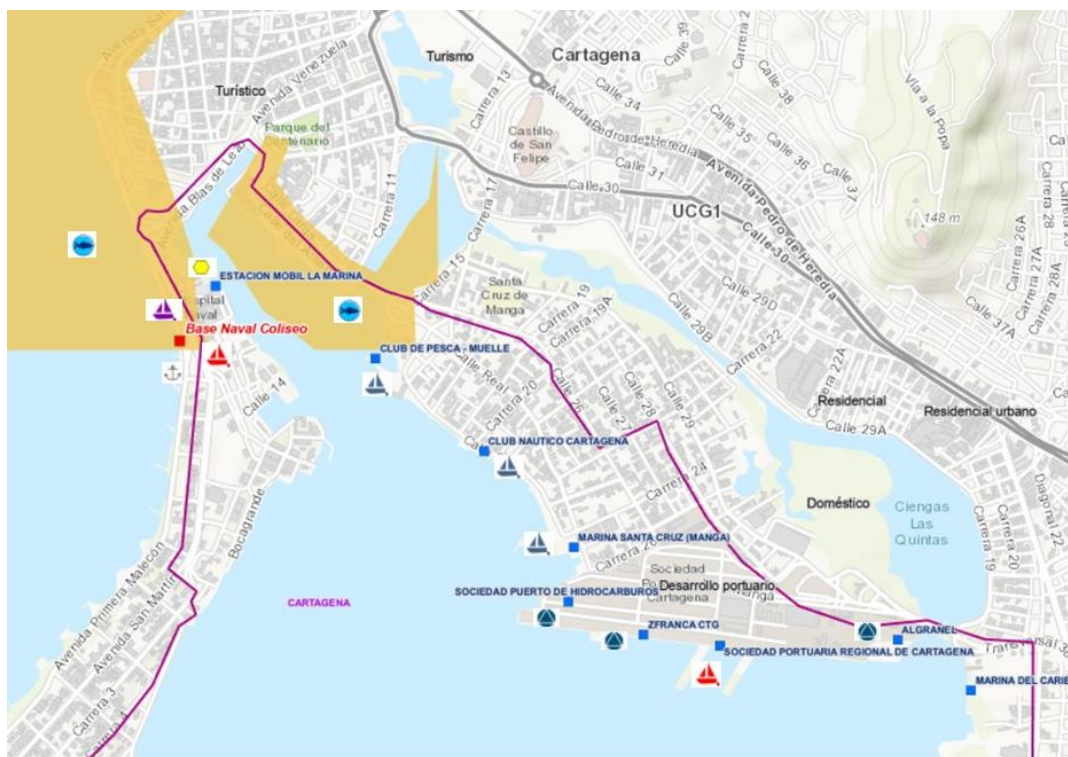


Figura 68. Otros Determinantes que afectan a la playa Bocagrande.

Fuente: (REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia, s. f.).

b) Playa Crespo

En la Figura 69 se evidencia **pesca artesanal** en rangos de 1-6 No. faenas/mn² y 7-14 No. faenas/mn² donde se han observado aumento en el tráfico de embarcaciones y la presencia de redes y aparejos en el área de baño, lo que puede representar un riesgo para los nadadores y otras actividades recreativas acuáticas (Observatorio EPA Cartagena, 2015). Estos materiales como: uso de aparejos y equipos que pueden contener materiales químicos, como plásticos, pinturas y productos químicos de tratamiento tienen riesgo de ser desechados incorrectamente donde pueden liberar sustancias químicas afectando el medio de baño.

La combinación de la actividad agrícola y minera en las cercanías del área de estudio plantea una preocupación significativa para la calidad de las aguas de baño. Tanto los vertimientos de metales pesados de la actividad minera como los compuestos tóxicos derivados de los productos agrícolas pueden tener un impacto negativo en el medio ambiente acuático y en la salud humana.

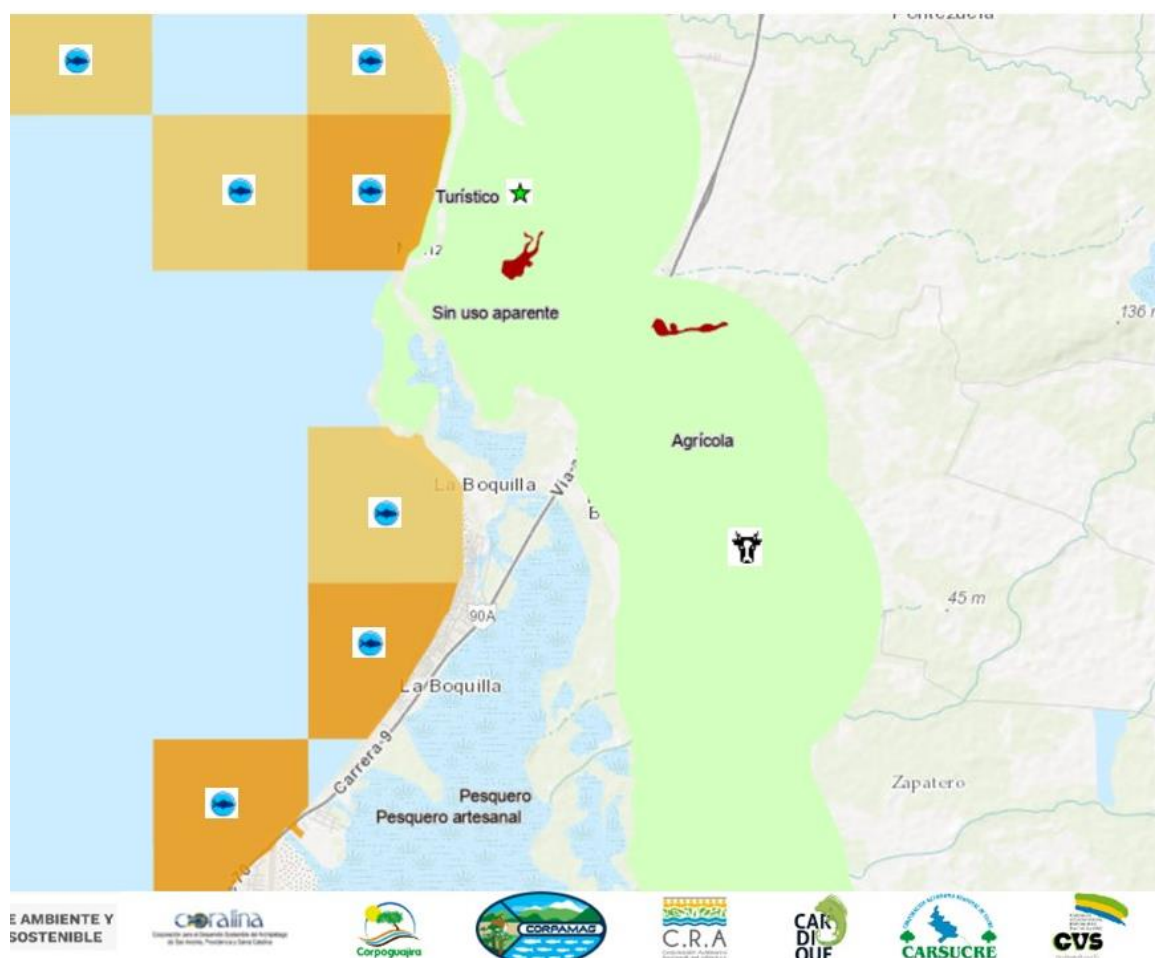


Figura 71. Otros Determinantes que afectan a playa Azul La Boquilla.

Fuente: (REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia, s. f.).

9.3.3. Actividad 3: Identificación de acciones correctivas

Se diseñó una tabla de causa y efecto para analizar los determinantes que inciden en la calidad de las aguas de baño en las áreas de estudio Tabla 27. A partir de las problemáticas identificadas, se establecieron los efectos esperados, considerando las acciones correctivas propuestas y contrastando

con el juicio de expertos según lo contemplado en la política de turismo sostenible y las perspectivas ambientales de Geo Cartagena (Guzmán, 2009; MinCIT, 2020).

Tabla 27. Causa y efecto para acciones correctivas propuestas.

Causa (Desafío)	Acciones Correctivas Propuestas	Efecto Esperado
Operaciones portuarias contaminantes	• Mejora de operaciones de carga y descarga de buques. • Instalación de instalaciones adecuadas para recibir lastres y efluentes de barcos. • Control de vertidos de líquidos de sentina y desperdicios de buques.	• Reducción de la contaminación marina causada por los vertidos de barcos y las operaciones portuarias, lo que mejora la calidad del agua en las playas cercanas.
Prácticas de pesca insostenibles	• Implementación de normativas más estrictas para regular la pesca artesanal e industrial.	• Conservación de la biodiversidad marina y reducción de la captura incidental y la degradación del hábitat, mejorando la salud del ecosistema marino.
Contaminación y generación de residuos turísticos	• Reforzamiento de la gestión de residuos y control de la contaminación en zonas turísticas y residenciales.	• Reducción de la contaminación de las costas y el mar por residuos sólidos y vertidos de aguas residuales, lo que mejora la calidad del agua y la salud de los ecosistemas acuáticos.
Uso inadecuado del suelo y actividades industriales	• Aplicación de modelos de zonificación y planificación del uso del suelo.	• Gestión integrada y sostenible de los recursos costeros y marinos, minimizando los conflictos de uso del suelo y protegiendo los hábitats naturales.

Ausencia de monitoreo y evaluación de la calidad del agua	• Establecimiento de programas de monitoreo y evaluación continua de la calidad del agua.	• Detección temprana de problemas ambientales emergentes y ajuste de estrategias de gestión para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de las playas y los ecosistemas marinos.
Baja concientización sobre la protección del medio ambiente	• Promoción de la educación ambiental y concientización pública.	• Fomento de prácticas responsables entre la comunidad local y los visitantes, promoviendo la conservación de los recursos marinos y costeros.

Estas acciones correctivas se proponen para abordar los problemas y mejorar la gestión de la calidad de las aguas de baño en las playas mencionadas, garantizar su sostenibilidad ambiental y fomentar un crecimiento turístico y económico responsable.

9.4. Fase 3: Ruta para la gestión de la calidad del agua en playas turísticas

9.4.1. Actividad 1: Características de encuesta a los visitantes turísticos en las zonas de estudio

Para llevar a cabo un estudio de percepción de visitantes a la zona de estudio mediante encuestas con el fin de recopilar información sobre características ambientales, situaciones y percepciones del visitante, se establecieron características para la realización de la encuesta.

Características de la población encuestada

- **Género**

En la Figura 72, se observa una distribución equitativa de género entre los encuestados, con una ligera mayoría de hombres (58 hombres y 56 mujeres). Esta distribución puede reflejar una tendencia general en la demografía de los visitantes de playas en la región. Según (Ministerio de Comercio, 2024), la participación de hombres y mujeres en el turismo de sol y playa es bastante equilibrada, con una ligera predominancia de visitantes masculinos en ciertas temporadas.

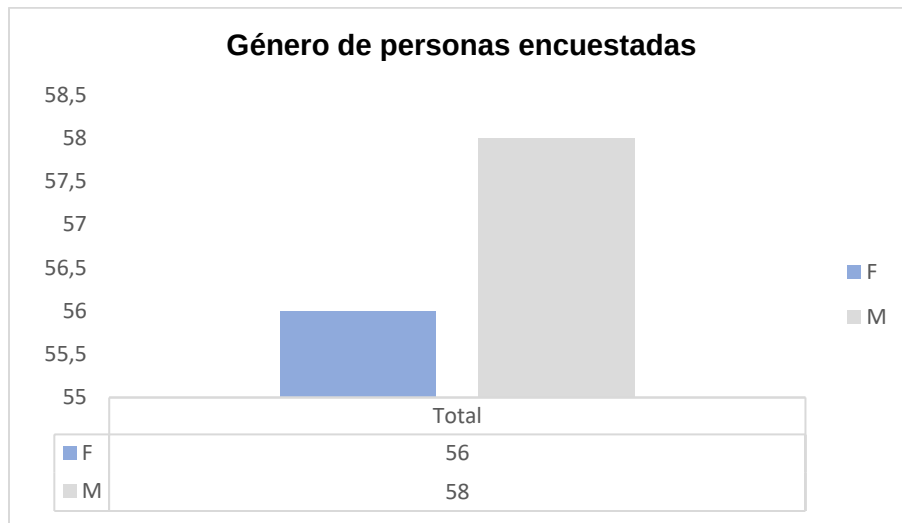


Figura 72. Género de personas encuestadas.

- **Edad**

La Figura 73 muestra una mayor concentración de encuestados en los rangos de edad de 29.7 a 37.4 años y 22 a 29.7 años. Esto sugiere que las playas de la zona de estudio son particularmente atractivas para adultos jóvenes. Esta tendencia podría estar influenciada por factores como la disponibilidad de actividades recreativas, la vida nocturna y la accesibilidad económica para estos grupos de edad. Según datos del (Ministerio de Comercio, 2024), los jóvenes entre 20 y 35 años son los que más frecuentan las playas debido a su interés en actividades recreativas y eventos sociales.

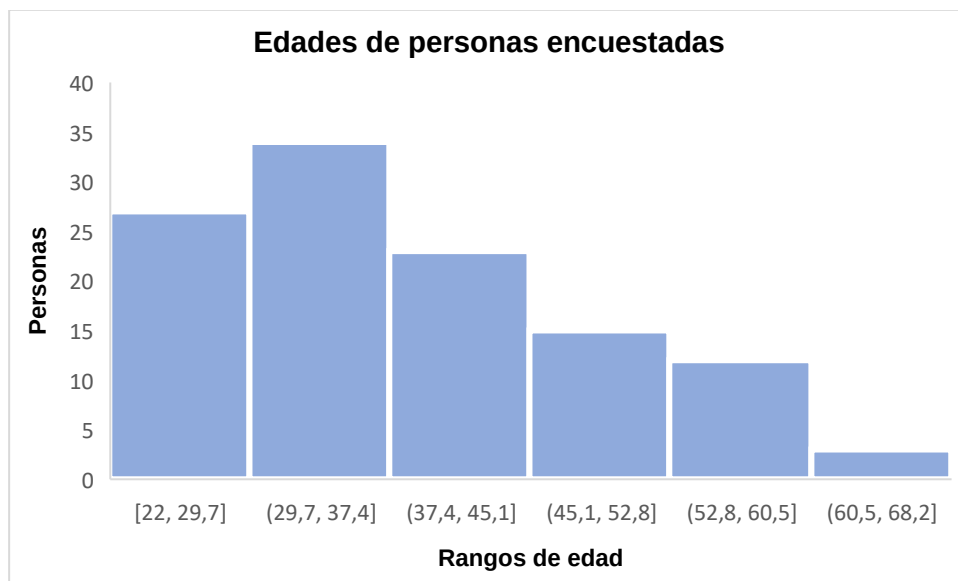


Figura 73. Edades de personas encuestadas

- **Lugar de origen**

En la Figura 74, los lugares de procedencia más comunes de los encuestados son Medellín, Cartagena, Bogotá y Bucaramanga. Estas ciudades son algunas de las principales urbes de Colombia y es lógico que sus habitantes busquen destinos turísticos de playa para sus vacaciones. Medellín y Bogotá, al ser ciudades sin acceso directo al mar, tienen una alta probabilidad de que sus habitantes busquen destinos costeros como Cartagena para sus vacaciones. Esto se confirma con los datos de (Acosta Argote, 2023) que indican que los turistas de las grandes ciudades buscan playas como destino preferido para escapar del entorno urbano.

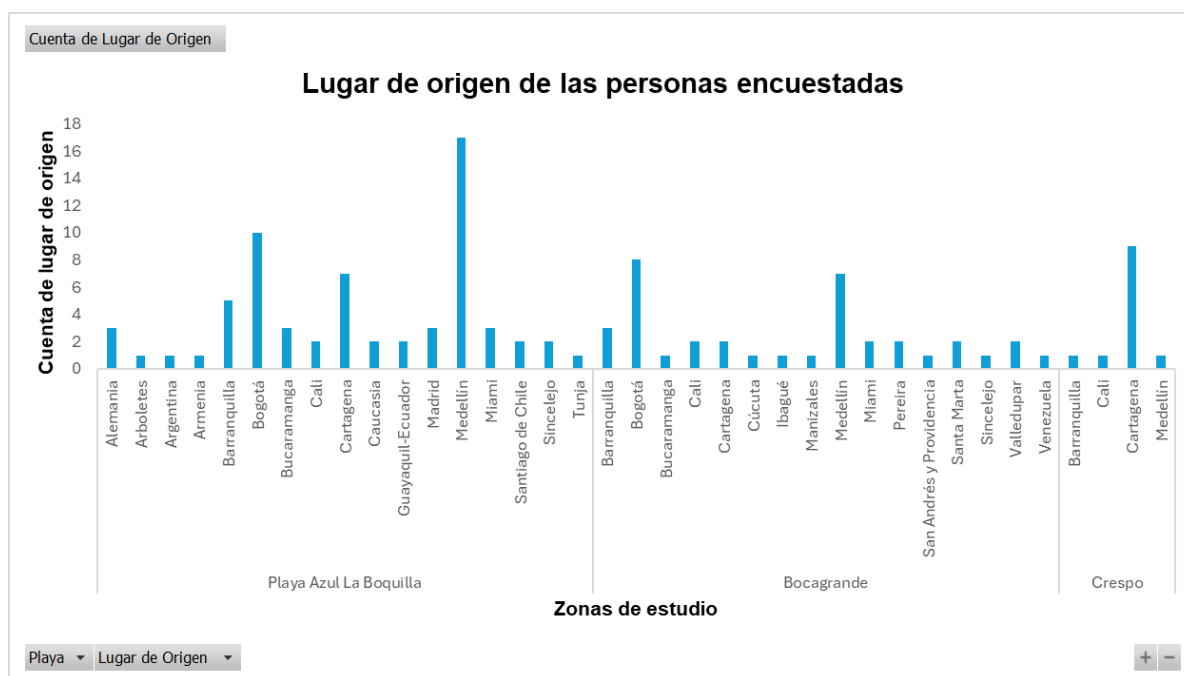


Figura 74. Lugar de origen de las personas encuestadas.

A la vez, el Informe Anual de Turismo del (Ministerio de Comercio, 2024), Cartagena es un destino popular para los visitantes nacionales, especialmente aquellos que vienen de ciudades sin playas como Medellín y Bogotá.

En estudios realizados en otras playas colombianas, se observa una tendencia similar en la demografía de los visitantes. Por ejemplo, en un estudio sobre el turismo en Santa Marta, se encontró que la mayoría de los turistas también provenían de Medellín y Bogotá, lo que sugiere un patrón nacional en la preferencia de destinos costeros (Jaraba Cerra, 2018).

Las playas de Cartagena ofrecen una variedad de atractivos que pueden estar atrayendo a estos grupos demográficos específicos. Según el (Ministerio de Comercio, 2024), factores como la infraestructura turística, la seguridad, y la amplia oferta de actividades recreativas son clave para la popularidad de Cartagena entre los turistas nacionales e internacionales.

9.4.2. Actividad 2: Aplicación de encuesta de percepción de visitantes y análisis de resultados

La encuesta se evaluó como se muestra en el ítem 8.6.2 y se obtuvieron los siguientes resultados:

En dicha encuesta se realizaron las siguientes preguntas:

- ¿Con qué calificación ambiental califica esta playa de 1 a 5, siendo 1 muy mala, 5 muy buena?
- ¿Con qué frecuencia visitas playas turísticas?

a) Playa Bocagrande

Con una suma total de 223 Figura 75, donde se evidencia que los encuestados tienen una percepción general positiva tanto de la calidad ambiental como de la frecuencia de visitas a esta playa. Esto sugiere que los encuestados la calificaron bien en ambos aspectos, lo que indica que Bocagrande es una playa que cuenta con buena percepción en materia de calidad ambiental y frecuencia de visitas, ya que esto se considera una playa turística y se encuentra entre las más visitadas de origen extranjero.

b) Playa Crespo

La suma total de 63 Figura 75 indica que los encuestados tienden a calificar a Crespo con menor frecuencia de visitas y calidad ambiental en comparación con las demás playas encuestadas. Se evidencia que esta playa es menos visitada y percibida como menos favorable en términos de ambiente. Cabe resaltar, que no se encuentra entre las playas turísticas de la ciudad de Cartagena, ya que no cuenta con ordenamiento para la actividad de aguas de baño.

c) Playa Azul La Boquilla

Con una suma total de 411 Figura 75, es la más alta entre las demás playas encuestadas al ser una mayor población encuestada elegida de manera aleatorio. Los encuestados tienen una percepción regular de la calidad ambiental pero alto valor de la frecuencia de visitas a esta playa. Esta playa se encuentra en una opción muy popular entre los encuestados, con una alta calidad ambiental percibida

y una alta frecuencia de visitas. Ya que se refiere a que esta playa cuenta con certificación Bandera Azu, esto hace que los visitantes de origen extranjeros la elijan para el turismo de sol y playa.

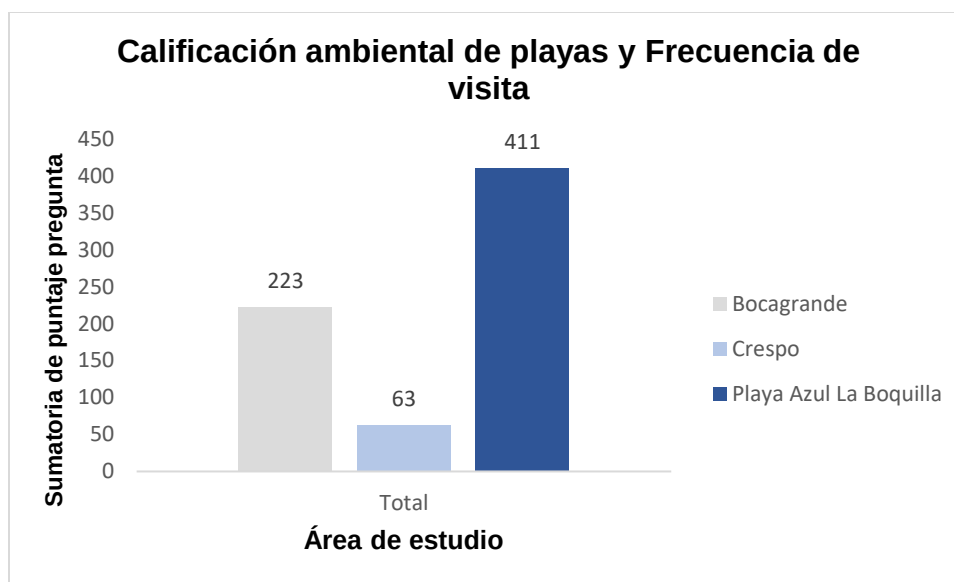


Figura 75. Resultados de encuesta de calificación ambiental y frecuencia de visita.

En la encuesta Figura 76 se aplicaron las siguientes situaciones:

1. Olores desagradables (orinas, materia fecal, humo y basura)
2. Basura inorgánica en la arena (latas, botellas, bolsas)
3. Basura orgánica en la arena (cáscaras, desperdicios, etc.)
4. Basura en el mar, flotantes o no
5. Agua oscura o con sólidos
6. Temperatura del agua muy fría o caliente
7. Vendedores ambulantes
8. Exceso de visitantes
9. Muebles y obstáculos en la zona baja o activa de la playa (sillas, mesas, carritos)
10. ¿Cuánto influye la presencia de la Bandera Azul en tu decisión de visitar una playa?
11. ¿Has visitado alguna vez una playa con la Bandera Azul? En caso afirmativo, ¿cómo fue tu experiencia en comparación con otras playas que has visitado?
12. ¿Cómo calificarías la efectividad del personal de salvamento y socorrismo en su respuesta a emergencias?
13. ¿Estás satisfecho/a con el estado de conservación y limpieza de las playas que has visitado recientemente?

Ahora podemos realizar un análisis considerando la suma total de cada situación en cada playa, comparando así la percepción de los encuestados sobre diferentes aspectos de la calidad y experiencia en las playas:

Playa Azul La Boquilla: Obtuvo la suma total más alta en la mayoría de las situaciones evaluadas, lo que sugiere que los encuestados perciben esta playa como la más favorable en términos de limpieza, conservación, comodidad y seguridad. Ya que cuenta con un Certificado Bandera Azul y esto hace que tenga mayoría de normativas en materia de ordenamiento turístico para calidad de aguas de baño.

Bocagrande y Crespo: Obtuvieron sumas totales más bajas en la mayoría de las situaciones en comparación con Playa Azul La Boquilla, lo que podría indicar que los encuestados perciben estas playas como menos satisfactorias en varios aspectos.

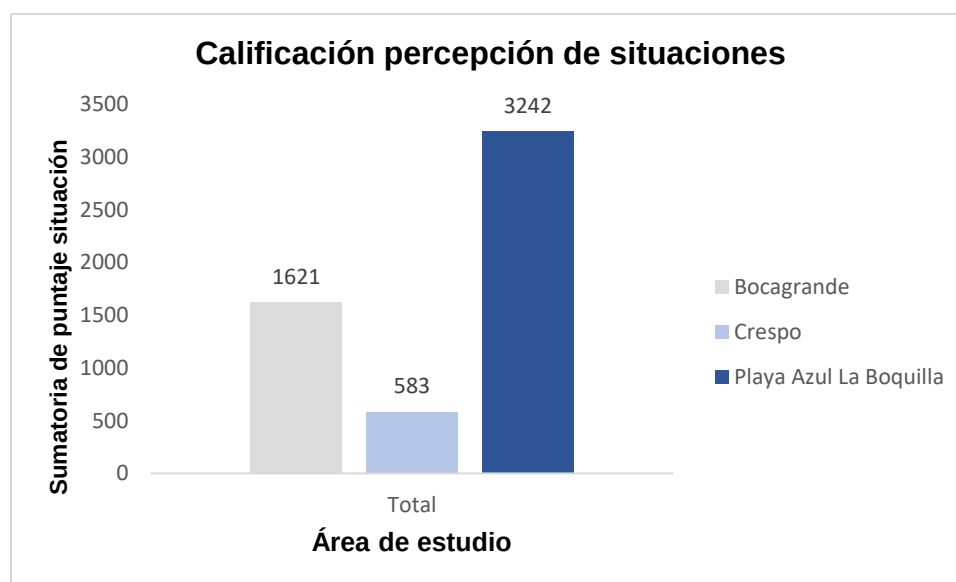


Figura 76. Resultados de encuesta de calificación de percepción de situaciones.

En dicha encuesta Figura 77, se realizaron las siguientes preguntas:

- ¿Considerarías evitar una playa si conocieras que su calidad del agua no cumple con los estándares establecidos?
- ¿Estás familiarizado con el programa de certificación de la Bandera Azul para playas?
- ¿Consideras importante que una playa tenga la certificación de la Bandera Azul al momento de elegirla destino turístico?
- ¿Has notado la presencia de personal de salvamento y socorrismo en la playa durante tu visita?

- ¿Te sientes seguro/a sabiendo que hay personal capacitado en primeros auxilios disponible en la playa?
- ¿Has observado carteles o señalización que proporcionen información sobre la conservación del medio ambiente en la playa?
- ¿Consideras que la playa está adecuadamente adaptada para personas con discapacidades?
- ¿Has observado información de calidad del agua de esta playa?
- ¿Tienes conocimiento de baños disponibles para personas?
- ¿Consideras que las playas contribuyen a la economía local?

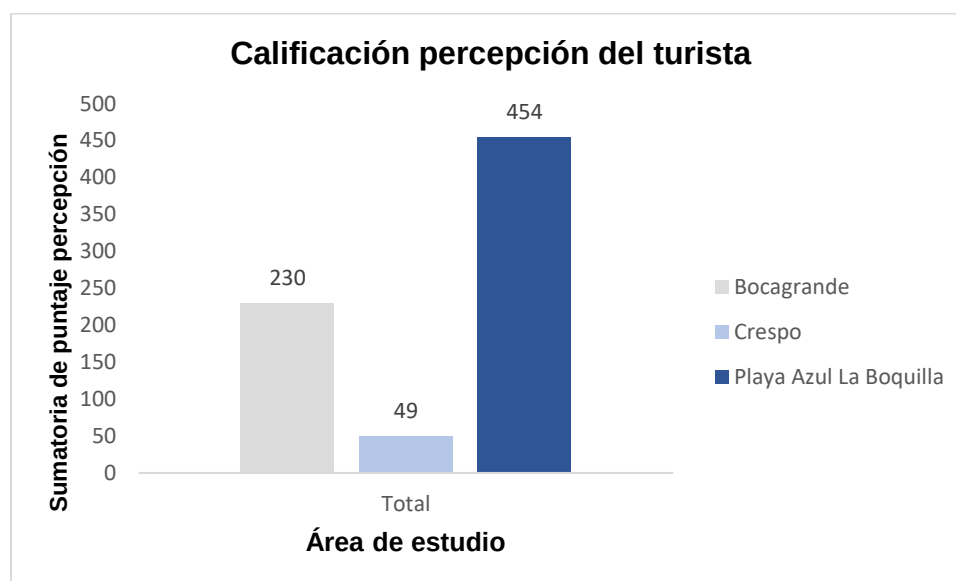


Figura 77. Resultados de encuesta de calificación de percepción del turista.

Se realizó el siguiente análisis:

a) Bocagrande:

- **Consideraciones sobre la calidad del agua:**

La mayoría de los encuestados en Bocagrande considerarían evitar una playa si conocieran que su calidad del agua no cumple con los estándares establecidos. Esto sugiere una alta sensibilidad hacia la calidad del agua entre los visitantes de esta playa.

- **Conocimiento y percepción sobre la Bandera Azul:**

La mayoría de los encuestados en Bocagrande están familiarizados con el programa de certificación de la Bandera Azul y consideran importante que una playa tenga esta certificación

al elegirla destino turístico. Esto indica una alta conciencia y valoración de la Bandera Azul para próximas certificaciones en esta playa.

- **Seguridad y servicios en la playa:**

La mayoría de los encuestados notaron la presencia de personal de salvamento y socorrismo en la playa durante su visita, y se sienten seguros sabiendo que hay personal capacitado en primeros auxilios disponible. Además, algunos observaron carteles o señalización sobre conservación del medio ambiente en la playa. Estos resultados sugieren que Bocagrande ofrece un entorno relativamente seguro y bien equipado para sus visitantes, con un enfoque en la conservación ambiental.

- **Accesibilidad y contribución económica:**

Pocos de los encuestados consideran que la playa está adaptada para personas con discapacidades y tienen conocimiento de baños disponibles para personas. La mayoría de los encuestados consideran que las playas contribuyen a la economía local. Estos resultados indican una preocupación por la accesibilidad y una percepción positiva sobre la importancia económica de las playas en Bocagrande.

b) Playa Crespo:

- **Consideraciones sobre la calidad del agua:**

La mayoría de los encuestados en Crespo considerarían evitar una playa si conocieran que su calidad del agua no cumple con los estándares establecidos. Esto sugiere que la calidad del agua es un factor importante para los visitantes de Crespo.

- **Conocimiento y percepción sobre la Bandera Azul:**

Algunos de los encuestados en Crespo están familiarizados con el programa de certificación de la Bandera Azul y consideran importante que una playa tenga esta certificación al elegirla destino turístico. Esto refleja una conciencia y valoración similares a las de Bocagrande en cuanto a la Bandera Azul.

- **Seguridad y servicios en la playa:**

Ninguno de los encuestados notó la presencia de personal de salvamento y socorrismo en la playa, Cabe resaltar que esta playa no se compone de uso recreativo para destino turístico. Ninguno de los encuestados observó carteles o señalización sobre conservación del medio ambiente en la playa. Estos resultados sugieren que Crespo al no ser una playa con ordenamiento turístico para aguas de baño, no ofrece un entorno seguro y equipado para sus visitantes.

- **Accesibilidad y contribución económica:**

Ninguno de los encuestados consideró que la playa está adecuadamente adaptada para personas con discapacidades y no tienen conocimiento de baños disponibles para personas. A la vez, ninguno consideró que playa Crespo contribuye a la economía local. Estos resultados indican una preocupación similar por la accesibilidad y una percepción negativa sobre la importancia económica de la playa Crespo.

c) Playa Azul La Boquilla:

- **Consideraciones sobre la calidad del agua:**

La gran mayoría de los encuestados en Playa Azul La Boquilla considerarían evitar una playa si conocieran que su calidad del agua no cumple con los estándares establecidos. Esto indica una alta sensibilidad hacia la calidad del agua entre los visitantes de esta playa.

- **Conocimiento y percepción sobre la Bandera Azul:**

La mayoría de los encuestados en Playa Azul La Boquilla están familiarizados con el programa de certificación de la Bandera Azul y consideran importante que una playa tenga esta certificación al elegirla destino turístico. Esto sugiere una alta conciencia y valoración de la Bandera Azul en esta playa.

- **Seguridad y servicios en la playa:**

La mayoría de los encuestados notaron la presencia de personal de salvamento y socorrismo en la playa durante su visita, y se sienten seguros sabiendo que hay personal capacitado en primeros auxilios disponible. A la vez, algunos observaron carteles o señalización sobre conservación del medio ambiente en la playa. Estos resultados sugieren que Playa Azul La Boquilla ofrece un entorno relativamente seguro y equipado para sus visitantes, con un fuerte enfoque en la conservación ambiental.

- **Accesibilidad y contribución económica:**

Algunos de los encuestados consideran que la playa está adecuadamente adaptada para personas con discapacidades y pocos tienen conocimiento de baños disponibles para personas. La mayoría consideran que las playas contribuyen a la economía local. Estos resultados indican una preocupación por la accesibilidad y una percepción positiva sobre la importancia económica de las playas en Playa Azul La Boquilla.

9.4.3. Actividad 3: Propuesta de control de Ordenamiento Turístico para aguas de baño

Se realizó la investigación para las playas que cuentan con normativas de Ordenamiento de playas y las que no cuentan con este se realizó la propuesta para mejorar la percepción el disfrute del visitante.

a) Playa Bocagrande

El ordenamiento de esta playa Figura 78 está basado en ocho garitas salvavidas, cuatro puestos de atención prehospitalaria y siete baterías de baño para un turismo seguro e Inclusivo, con el objetivo de facilitar el acceso de las personas con movilidad reducida a los servicios turísticos de las playas de Bocagrande y complementar las condiciones adecuadas de seguridad. Se considera que las playas de Bocagrande pertenecen a la categoría de Playa Continental Urbana Turística de Alta Intensidad, lo que beneficia a una gran cantidad de turistas y residentes de la playa (Salvavidas, vendedores, carperos, policías turísticos, comunidad de Bocagrande y el laguito) (Dorado Martínez, 2021).

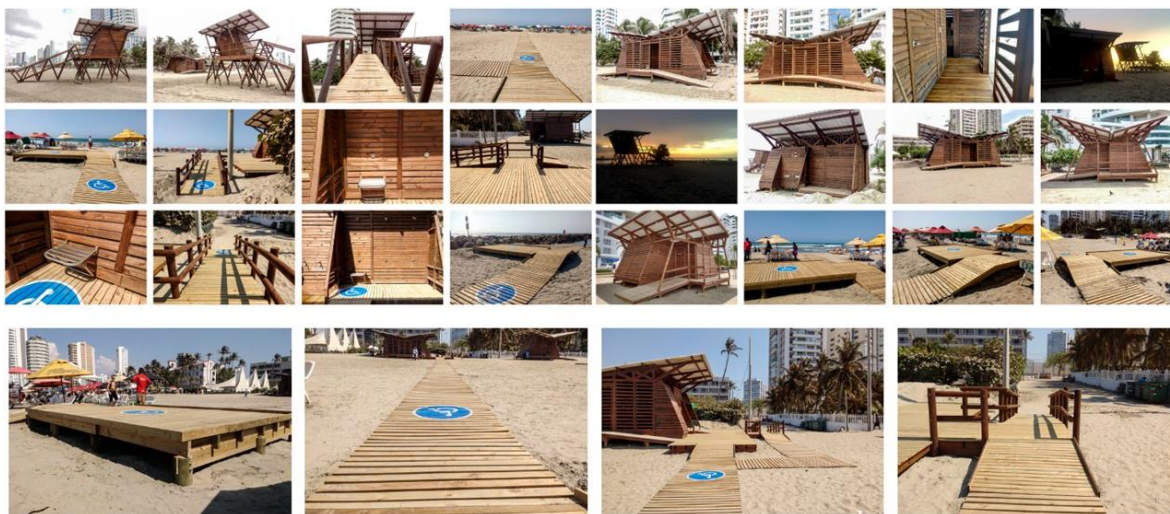


Figura 78. Instalaciones para el servicio turístico y ordenamiento de playa Bocagrande.

Fuente: (Dorado Martínez, 2021).

Además, cuenta con las siguientes zonas de uso Tabla 28, que componen el ordenamiento de esta playa:

Tabla 28. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Bocagrande.

Área emergida			
Nombre	Dispone	No dispone	Descripción
Zona del sistema de enlace y articulación del espacio publico			La configuración espacial de las vías de acceso a la playa determinó el área designada como zona de enlace.
Zona de servicios turísticos			Es la última área del área emergida y rodea la zona de enlace. En esta zona se encuentran todas las infraestructuras comerciales y de servicios, y la cantidad de elementos que se localicen en ella debe estar acorde a la disponibilidad del espacio.
Zona de transición			La zona que conecta la zona de descanso con la zona de descanso marca su límite. Sólo las actividades temporales, deportivas y culturales están permitidas en esta región. Se pueden instalar mobiliarios removibles que faciliten la práctica deportiva y la realización de eventos turísticos, deportivos, recreativos y culturales.
Zona de reposo			Esta es la zona intermedia entre la zona activa y la zona de transición, la última de las cuales debe estar dedicada exclusivamente al descanso de los bañistas.
Zona activa			La franja de tierra no consolidada que se encuentra más cercana a la orilla de la playa debe utilizarse solo para mover a los bañistas y no debe obstaculizar el acceso libre de los turistas a la playa.

Zona de bañistas			La zona activa se encuentra en la franja inmediata, hacia el límite marcado por la profundidad establecida. Es necesario que se dedique exclusivamente al nado y la permanencia de los bañistas en el agua.
-------------------------	--	--	---

b) Playa Crespo

Es de conocimiento que esta playa no cuenta con uso recreativo para aguas de baño, por ende no dispone de zonas en área emergida como lo muestra la Tabla 29 pero cuenta como potencial turístico, por ello se planteó un ordenamiento de playa en la Figura 80, que incluye: Zona de servicios turísticos, Zona de transición, Zona de reposo, Zona activa y Zona de bañistas Tabla 30.

Adicional a esto, debe contar con instalaciones propuestas en (Bandera Azul, 2022) como: Accesibilidad, información de la calidad del agua de la zona, señalización, garita para servicio salvavidas, baños y zonas de disposición de residuos.

Tabla 29. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Crespo.

Área emergida			
Nombre	Dispone	No dispone	Descripción
Zona del sistema de enlace y articulación del espacio publico			La configuración espacial de las vías de acceso a la playa determinó el área designada como zona de enlace.
Zona de servicios turísticos			Es la última área del área emergida y rodea la zona de enlace. En esta zona se encuentran todas las infraestructuras comerciales y de servicios, y la cantidad de elementos que se localicen en ella debe estar acorde a la disponibilidad del espacio.

Zona de transición			La zona que conecta la zona de descanso con la zona de descanso marca su límite. Sólo las actividades temporales, deportivas y culturales están permitidas en esta región. Se pueden colocar mobiliarios móviles que faciliten la práctica de deportes y la organización de eventos turísticos, deportivos, recreativos y culturales.
Zona de reposo			Esta es la zona intermedia entre la zona activa y la zona de transición, la última de las cuales debe estar dedicada exclusivamente al descanso de los bañistas.
Zona activa			La franja de tierra no consolidada que se encuentra más cercana a la orilla de la playa debe utilizarse solo para mover a los bañistas y no debe obstaculizar el acceso libre de los turistas a la playa.
Zona de bañistas			La zona activa se encuentra en la franja inmediata, hacia el límite marcado por la profundidad establecida. Es necesario que se dedique exclusivamente al nado y la permanencia de los bañistas en el agua.



Figura 79. Ordenamiento de Playa Bocagrande.

Se realizó una propuesta de ordenamiento sectorial para la playa Crespo basándonos en la norma técnica colombiana NTS-TS 001-2 (ICONTEC & Universidad Externado de Colombia, 2009) en la cual se muestra la delimitación territorial del destino turístico playa donde se muestre la zonificación, uso y actividades de la playa, teniendo en cuenta la reglamentación vigente que le es aplicable a su naturaleza. Como se muestra en la Tabla 30.

Tabla 30. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Crespo

Área emergida		
Nombre	Área (m ²)	Descripción
Zona del sistema de enlace y articulación del espacio publico	831	La configuración espacial de las vías de acceso a la playa determinó el área designada como zona de enlace. Se ubica junto y directamente a la zona de servicios turísticos y se extiende hasta que se modifique el material o el límite físico de la playa, considerando también la conexión con la construcción del “Parque Lineal Malecón de Crespo”.

Zona de servicios turísticos	3,594	Es la última área del área emergida y rodea la zona de enlace. En esta zona se encuentran todas las infraestructuras comerciales y de servicios, y la cantidad de elementos que se localicen en ella debe estar acorde a la disponibilidad del espacio.
Zona de transición	1,216	La zona que conecta la zona de descanso con la zona de descanso marca su límite. Sólo las actividades temporales, deportivas y culturales están permitidas en esta región. Se pueden colocar mobiliarios móviles que faciliten la práctica de deportes y la organización de eventos turísticos, deportivos, recreativos y culturales.
Zona de reposo	2,488	Esta es la zona intermedia entre la zona activa y la zona de transición, la última de las cuales debe estar dedicada exclusivamente al descanso de los bañistas.
Zona activa	2,921	La franja de tierra no consolidada que se encuentra más cercana a la orilla de la playa debe utilizarse solo para mover a los bañistas y no debe obstaculizar el acceso libre de los turistas a la playa.
Zona de bañistas	20,052	La zona activa se encuentra en la franja inmediata, hacia el límite marcado por la profundidad establecida. Es necesario que se dedique exclusivamente al nado y la permanencia de los bañistas en el agua.

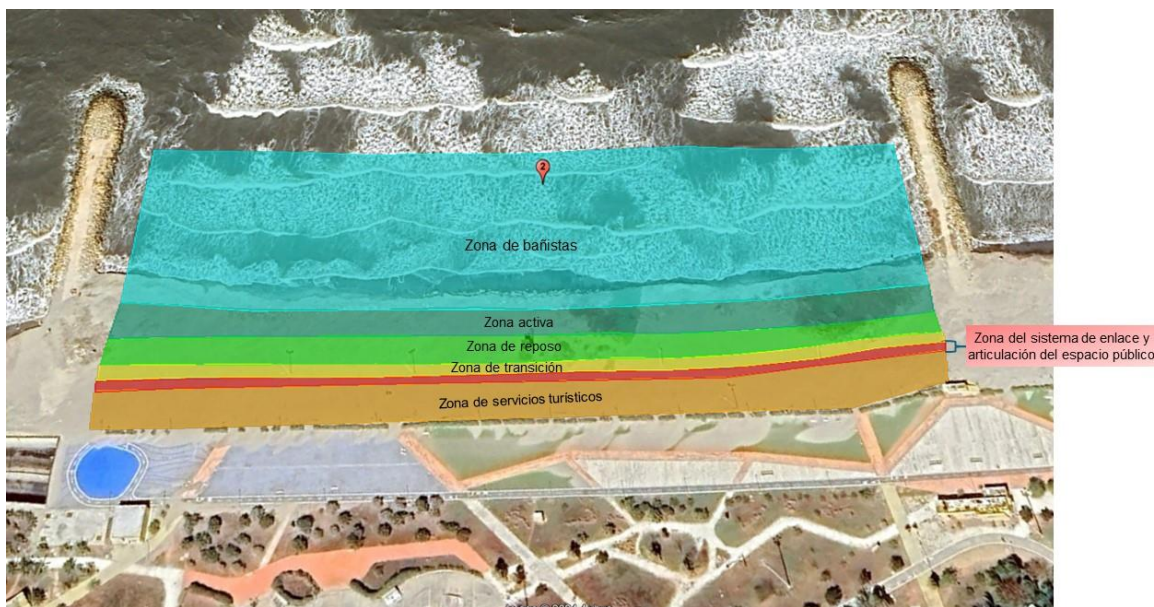


Figura 80. Propuesta de ordenamiento de playa para playa Crespo.

Fuente: (Google Earth, 2023).

c) Playa Azul La Boquilla

Playa Azul La Boquilla, se encuentra certificada por Bandera Azul, por lo tanto, se tomó como ejemplo de las zonas que debían tener las playas turísticas objeto de estudio, al igual que el ordenamiento de playa como se muestra en la Figura 81.

A la vez, se realizó una evaluación como se muestra en la Tabla 31.



Figura 81. Ordenamiento e instalaciones de Playa Azul La Boquilla.

Fuente: (El Universal, s. f.).

Tabla 31. Zonas de uso turístico para el área emergida de Playa Azul La Boquilla.

Área emergida			
Nombre	Dispone	No dispone	Descripción
Zona del sistema de enlace y articulación del espacio publico			La configuración espacial de las vías de acceso a la playa determinó el área designada como zona de enlace.
Zona de servicios turísticos			Es la última área del área emergida y rodea la zona de enlace. En esta zona se encuentran todas las infraestructuras comerciales y de servicios, y la cantidad de elementos que se localicen en ella debe estar acorde a la disponibilidad del espacio.
Zona de transición			La zona que conecta la zona de descanso con la zona de descanso marca su límite. Sólo las actividades temporales, deportivas y culturales están permitidas en esta región. Se pueden instalar mobiliarios removibles que faciliten la práctica deportiva y la realización de eventos turísticos, deportivos, recreativos y culturales.
Zona de reposo			Esta es la zona intermedia entre la zona activa y la zona de transición, la última de las cuales debe estar dedicada exclusivamente al descanso de los bañistas.
Zona activa			La franja de tierra no consolidada que se encuentra más cercana a la orilla de la playa debe utilizarse solo para mover a los bañistas y no debe obstaculizar el acceso libre de los turistas a la playa.

Zona de bañistas			La zona activa se encuentra en la franja inmediata, hacia el límite marcado por la profundidad establecida. Es necesario que se dedique exclusivamente al nado y la permanencia de los bañistas en el agua.
-------------------------	--	--	---

9.4.4. Actividad 4: Educación y sensibilización

Se dio a conocer una guía de educación ambiental diseñada con el propósito de informar y sensibilizar a visitantes, vendedores y residentes cercanos acerca de prácticas sostenibles en playas turísticas. Esta guía se presenta como una herramienta esencial para promover un uso responsable de estos entornos costeros, con el objetivo de preservar su biodiversidad y garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

En la Figura 82 y Figura 83 las cuales forman parte de una cartilla de doble cara, se detallan pautas fundamentales para el cuidado y la preservación de la zona de baño (Minambiente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2020).

Estas pautas incluyen la disposición adecuada de desechos, el uso de baños públicos, la protección del hábitat para las especies, la promoción de la seguridad y la recomendación de utilizar productos no químicos que puedan tener un impacto en la calidad del área de baño tanto para los visitantes como para los residentes de las áreas objeto de estudio.



Figura 82. Cartilla lado 1 de educación y sensibilización.



Figura 83. Cartilla lado 2 de educación y sensibilización.

A continuación, en la Figura 84, se presentan las propuestas de sensibilización para los actores, herramienta utilizada y los canales informativos comparando con la Propuesta de una estrategia de

educación ambiental para el fomento de la responsabilidad social en el sector turístico del municipio de San Andrés de Tumaco (Nariño) de (Paredes Ampudia, 2020).

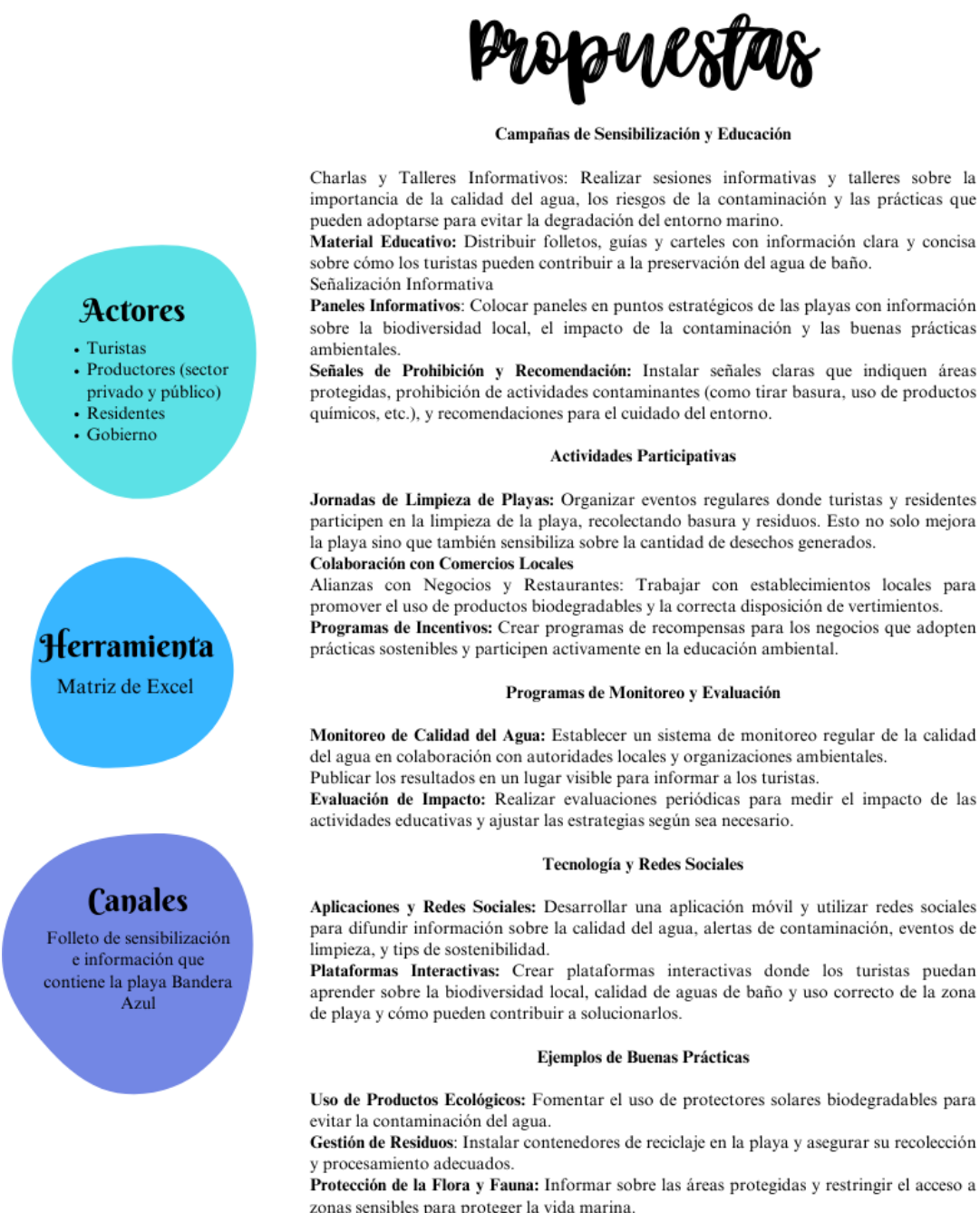


Figura 84. Propuestas para la educación y sensibilización para las zonas objeto de estudio.

En conclusión, la guía y propuesta de educación ambiental para playas turísticas representó una valiosa herramienta para promover prácticas sostenibles y conciencia ambiental entre los visitantes, vendedores y residentes. Se promovió una mayor responsabilidad y respeto hacia la biodiversidad y la sostenibilidad a largo plazo, y se destacaron pautas clave para el cuidado y preservación de estos entornos costeros. Estas directrices no solo son beneficiosas para el medio ambiente, sino que también ayudan a crear experiencias más seguras y gratificantes para aquellos que disfrutan de las playas, asegurando que puedan disfrutar de ellas a largo plazo para las generaciones futuras.

A continuación, en la Tabla 32 se presenta la matriz de indicadores, donde se identificaron y detallaron los resultados esperados de las propuestas. Esta matriz es fundamental para asegurar que los objetivos planteados sean alcanzados de manera efectiva y medible. Cada indicador ha sido seleccionado para reflejar aspectos clave del desempeño y el impacto de las propuestas. Además, esta estructura también facilita la identificación de áreas que requieren ajustes o mejoras continuas, garantizando un proceso de retroalimentación constante.

Tabla 32. Matriz de indicadores según propuestas de sensibilización en las zonas objeto de estudio.

Propuesta	Indicadores	Unidades	Justificación
Charlas y talleres informativos	Percepción sobre el conocimiento de temas tratados (pre - post talleres).	Número de asistentes	Identificar áreas donde los talleres fueron más o menos efectivos, permitiendo ajustes en el contenido y el enfoque de futuras sesiones para mejorar la educación y el impacto.
Material educativo	Folletos, guías y carteles.	Alcance estimado (Número de personas que reciben el material)	Se puede llegar a un público más amplio a través de la distribución de material educativo, incluso aquellos que no pueden asistir a charlas y talleres en persona.

Paneles informativos	Ubicación estratégica de paneles.	Números de paneles y proximidad a puntos de interés	Los mensajes clave pueden ser reforzados continuamente a través de la visibilidad constante de paneles en lugares estratégicos.
	Grado de comprensión y retención de información	Encuestas	
	Señales de prohibición.	Numero de señales instaladas	Un entorno más limpio y saludable mejora la experiencia de los visitantes, lo que puede resultar en un aumento del turismo sostenible y responsable.
	Reducción de actividades prohibidas o contaminantes previamente señalizadas.	Monitoreos mensuales en las zonas señalizadas	
Actividades participativas	Jornadas de limpieza de playas.	Número de eventos organizados trimestralmente	Las jornadas de limpieza contribuyen directamente a la reducción de desechos en las playas y el océano, mejorando así la calidad del agua y la experiencia percibida por los turistas.
	Impacto generado.	Número de participantes	
Colaboración con comercios locales	Empresas, asociaciones y comunidades organizadas comprometidas con los mercados verdes.	Número de empresas participativas	Esta colaboración educa a la comunidad sobre la importancia de prácticas sostenibles y eficiencia hídrica, promoviendo un cambio de comportamiento hacia prácticas más responsables.
	El consumo de agua de cada sector productivo (industrial,	Metros cúbicos, sobre producción o hectáreas	

	comercial, agrícola y pecuario) se calcula utilizando esta medida.		
Programas de monitoreo y evaluación	Monitoreos de la calidad del agua en las playas	Mínimo 8 monitoreos al año	Los turistas informados están más capacitados para tomar decisiones conscientes sobre dónde y cuándo disfrutar de las playas, contribuyendo así a la protección continua del medio ambiente marino costero.
	Resultados de calidad del agua publicados.	Porcentaje de turistas informados	
	Visibilidad y accesibilidad de los resultados a turistas.	Números de puntos de accesos físicos y digitales de los resultados	
Tecnología y redes sociales	Número de seguidores y alcance en actividades interactivas.	Interacción de usuarios en publicaciones	Las redes sociales ofrecen un canal efectivo para compartir información actualizada sobre prácticas sostenibles, conservación ambiental y calidad del agua en tiempo real.
Ejemplos de buenas prácticas	Residuos sólidos dispuestos adecuadamente, Residuos sólidos aprovechados.	Kilogramos o toneladas, sobre generación total de residuos	Implementar ejemplos de buenas prácticas en la gestión de residuos sólidos y la disponibilidad de infraestructura de saneamiento no solo mejora la calidad ambiental, sino que también promueve el desarrollo sostenible y mejora la experiencia de los residentes y visitantes.
	Disponibilidad de infraestructura de saneamiento.	Números de baños públicos disponibles	

El objetivo de utilizar estos indicadores fue facilitar un seguimiento adecuado, sencillo y continuo, permitiendo evaluar en tiempo real la efectividad de las propuestas presentadas. Además, estos indicadores contribuyeron a una gestión adaptativa y eficiente. De esta forma, se garantizó que las actividades de educación y sensibilización tuvieran un impacto positivo y duradero, promoviendo prácticas sostenibles entre los turistas y la comunidad local.

A continuación, se plantea un bosquejo general de lo que se realizó y planteó en el estudio junto con puntos vitales encontrados:

Playa Bocagrande:

- **Encuestas:** Se obtuvieron 223 encuestados, con una percepción positiva sobre la calidad del agua y la seguridad.
- **Calidad del Agua:** Se obtuvieron valores de CO₂ estables y dentro de los límites aceptables, indicando un ecosistema marino saludable.
- **Percepción de los Visitantes:** Se observó una alta valoración de la limpieza y servicios disponibles.

Playa Crespo:

- **Encuestas:** Se obtuvieron 63 encuestados, reflejando menor frecuencia de visitas y preocupaciones sobre la calidad del agua.
- **Calidad del Agua:** Se registró CO₂ en 0, lo que sugiere ausencia de contaminación significativa, pero con problemas de ordenamiento y uso del espacio.
- **Percepción de los Visitantes:** Se observó diferencias sobre la seguridad y la infraestructura.

Playa Azul La Boquilla:

- **Encuestas:** Se obtuvieron 411 encuestados, la mayor cantidad, indicando alta afluencia de turistas.
- **Calidad del Agua:** Se registró alta sensibilidad hacia la calidad del agua; la mayoría evitaría la playa si no cumple con los estándares.
- **Percepción de los Visitantes:** Se observó familiaridad con la Bandera Azul y valoración de la seguridad y servicios disponibles.

Actividades de Sensibilización:

- Se realizaron charlas para visitantes y residentes sobre la importancia de la calidad del agua y la conservación.

Evaluación de Impacto:

- Se registraron encuestas para medir el grado de comprensión y retención de información entre los participantes.

Implicaciones para la Gestión Costera:

- En calidad de la evaluación de impacto se plantearon recomendaciones para mejorar la infraestructura y los servicios en Playa Crespo.
- A la vez, se propusieron estrategias para aumentar la conciencia sobre la importancia de la Bandera Azul en Playa Azul La Boquilla.

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este estudio, durante los periodos de transición de junio a julio de 2019, 2022 y 2023, se realizó una evaluación exhaustiva de la calidad del agua en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul de Cartagena de Indias. Se analizaron los índices de calidad del agua (ICAs) y los índices de calidad del agua marina (ICAM), y se descubrieron factores que afectan la calidad del agua, particularmente los relacionados con el turismo de sol y playa. Los resultados muestran conclusiones importantes y sugerencias estratégicas para mejorar y administrar la calidad del agua en estas playas de manera sostenible.

- **Evaluación Comparativa de la Calidad del Agua**

A lo largo de los periodos estudiados (junio-julio de 2019, 2022 y 2023), la calidad del agua en las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul de Cartagena de Indias presenta variaciones significativas. Según los índices de calidad del agua (ICAs) y de calidad del agua marina (ICAM), la pandemia de COVID-19 tuvo un impacto notable; la calidad del agua mejoró temporalmente debido a una disminución en las actividades humanas y turísticas durante 2020 y 2021.

Como resultado, es fundamental llevar a cabo un monitoreo continuo y adaptable que permita evaluar la calidad del agua y tomar decisiones informadas para reducir el deterioro.

- **Factores Determinantes en la Calidad del Agua**

La calidad del agua se ve afectada por una variedad de factores, incluido el aumento del turismo, la urbanización sin planificación adecuada y la falta de infraestructura para el manejo de desechos y aguas residuales. El turismo de sol y playa tiene un impacto directo en los recursos naturales y la infraestructura local, por lo que es crucial invertir en la infraestructura necesaria para el manejo adecuado de aguas residuales y residuos sólidos en las zonas turísticas. Esto incluye la construcción de sistemas de recolección y reciclaje de basura eficientes y plantas de tratamiento de aguas residuales.

- **Propuesta de Gestión Sostenible**

Se diseñó una ruta para la gestión sostenible de la calidad del agua en las playas turísticas de Cartagena, que incluye estrategias de monitoreo continuo, educación ambiental, y la implementación de un adecuado ordenamiento territorial. Además, se recomienda la adopción de certificaciones como la Bandera Azul para promover mejores prácticas ambientales y atraer un turismo más responsable.

A la vez, se requiere la implementar programas de educación y sensibilización dirigidos a turistas, operadores turísticos y la comunidad local sobre la importancia de mantener la calidad del agua y las prácticas sostenibles. Campañas de concienciación sobre el impacto del turismo en el medio ambiente y la promoción de comportamientos responsables que contribuyan significativamente a la preservación de las playas.

Esto es fundamental para garantizar que las playas de Bocagrande, Crespo y Playa Azul de Cartagena de Indias mantengan un adecuado manejo de la calidad de aguas de baño, asegurando así la salud pública, la sostenibilidad ambiental y el desarrollo económico sostenible del turismo.

11. REFERENCIAS

- 1341/2007. (2008). REAL DECRETO 1341/2007, de 11 de octubre, sobre la gestión de la calidad de las aguas de baño. *Real Decreto 1341/2007 sobre aguas de baño*.
<https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/10/11/1341/con>
- Acevedo Barrios, R. (2017). Diagnóstico preliminar ambiental de playas de Cartagena de Indias, Caribe colombiano. *Teknos revista científica*, 17(1), 38.
<https://doi.org/10.25044/25392190.891>
- Acosta Argote, C. (2023, noviembre 3). *Los turistas del país le apuntan a los destinos de playa en las ciudades colombianas*. La República.
<https://www.larepublica.co/consumo/los-turistas-del-pais-le-apuntan-a-los-destinos-de-playa-en-las-ciudades-colombianas-3742426>
- Agencia de protección ambiental de Estados Unidos. (2024, junio 4). *La importancia de la protección de las playas*. EPA. <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas>
- Alonso, Amestoy, J. (1999). Aproximación al estudio de las corrientes oceánicas y su influencia en el clima. El fenómeno de la corriente de El Niño. *NIMBUS*.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=199689>
- Alonso, D. A., Sierra-Correa, P., Arias-Isaza, F., & Fontalvo, M. (2003). Conceptos y guía metodológica para el manejo integrado de zonas costeras en Colombia: Manual 1: Preparación, caracterización y diagnóstico. En *Serie de Documentos Generales INVEMAR* (Número 12).
<https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/1382mizc.pdf>
- Alvarado Reyes, A. F. , & L. F. J. A. (2020). *CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LAS PLAYAS DEL SECTOR TURÍSTICO DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO*.
<https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/848/852>
- Ambiente, M. de. (2010). Decreto 4728 de 2010. *Diario Oficial 47873 de diciembre*.
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/decreto-4728-2010.pdf>

- Ascanio, A. (1994). EL TURISMO Y LOS IMPACTOS AMBIENTALES. *Estudios y perspectivas en turismo*, 3(4). <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7398190>
- Bandera Azul. (2022). *GUÍA DE INTERPRETACIÓN DE LOS CRITERIOS BANDERA AZUL PARA PLAYAS 2022*. <https://www.banderaazul.org/criterios-playas>
- Barragán, J. M. (2014). Política, gestión y litoral. Nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales. RESUMEN. En *Política, gestión y litoral. Nueva visión de la gestión integrada de áreas litorales*. https://hum117.uca.es/wp-content/uploads/2018/10/2014_barragan_politicagestionylitoral.pdf
- Barragán Muñoz, J. M. (2004). *LAS ÁREAS LITORALES DE ESPAÑA: DEL ANÁLISIS GEOGRÁFICO A LA GESTIÓN INTEGRADA*. <https://hum117.uca.es/wp-content/uploads/2018/10/areaslitoralesdespana.pdf>
- Beharry-Borg, N., & Scarpa, R. (2010). Valuing quality changes in Caribbean coastal waters for heterogeneous beach visitors. *Ecological Economics*, 69(5), 1124-1139. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.12.007>
- Bisset, R., & Tomlinson, P. (1985). EIA training courses organized by the centre for environmental management and planning, University of Aberdeen: An analysis of experience. *Environmental Impact Assessment Review*, 5(3), 279-281. [https://doi.org/10.1016/0195-9255\(85\)90009-5](https://doi.org/10.1016/0195-9255(85)90009-5)
- Blanco, R., & Sierra, J. (2015). Calidad de las aguas de las playas del sector turístico de Cartagena de indias, norte de Colombia. En *Calidad de las aguas de las playas del sector turístico de cartagena de indias, norte de Colombia* (Vol. 53, Número 9). <https://hdl.handle.net/20.500.12585/1014>
- Botero, C. (2019). *MAREMTORIO: DESCUBRIMIENTO DE UNA COLOMBIA INVISIBLE*. https://www.researchgate.net/profile/Camilo-Botero/publication/333842523_MAREMTORIO_DESCUBRIMIENTO_DE_UNA_COLOMBIA_INVISIBLE/links/5d085de4a6fdcc35c155d8e0/MAREMTORIO-DESCUBRIMIENTO-DE-UNA-COLOMBIA-INVISIBLE.pdf

- Botero, C., Pereira, C., Tosic, M., & Manjarrez, G. (2015). Design of an index for monitoring the environmental quality of tourist beaches from a holistic approach. *Ocean & Coastal Management*, 108, 65-73. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.07.017>
- Botero, C.-M., Williams, A. T., & Cabrera, J. A. (2015). Advances in Beach Management in Latin America: Overview from Certification Schemes. En *Coastal Research Library* (Vol. 8, pp. 33-63). https://doi.org/10.1007/978-3-319-06305-8_2
- Calzadilla Mileidis Nieves. (2014). El turismo y su impacto negativo en las zonas costeras. *Efdeportes, Revista digital*. <https://www.efdeportes.com/efd194/el-turismo-y-su-impacto-negativo-en-las-zonas-costeras.htm#:~:text=Acumulaci%C3%B3n%20de%20pl%C3%A1sticos%2C%20botellas%2C%20vasos,ventas%20localizados%20en%20la%20playa.>
- Caracol. (2019, octubre 3). *Los retos de Playa Azul La Boquilla en Cartagena para obtener el galardón*. Caracol Radio. https://caracol.com.co/emisora/2019/10/03/cartagena/1570124553_216577.html
- Castillo Jáquez, J. del C., Núñez Rodríguez, V. A., & Orgaz-Agüera, F. (2022). CALIDAD DE LAS AGUAS EN RÍOS QUE DESEMBOCAN EN PLAYAS TURÍSTICAS. ESTUDIO DE CASO EN REPÚBLICA DOMINICANA. *TURYDES. Turismo y Desarrollo local sostenible*, 1-17. <https://doi.org/10.51896/TURYDES/EMLL8561>
- Castro, M., Almeida, J., Ferrer, J., & Diaz, D. (2014). Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 10(17), 111-124. <https://doi.org/10.16925/in.v9i17.811>
- Centro de Investigación Ecológica y Aplicaciones Forestales (CREAF). (s. f.). *Ciencia ciudadana*. Consulta: 10 de octubre de 2023. Recuperado 12 de julio de 2024, de <https://www.creaf.cat/es/ciencia-ciudadana>
- CEPAL. (2018). Segundo informe anual sobre el progreso y los desafíos regionales de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible en América Latina y el Caribe. En *CEPAL*. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/43415-segundo-informe-anual-progreso-desafios-regionales-la-agenda-2030-desarrollo>

- Chen, C.-L., & Bau, Y.-P. (2016). Establishing a multi-criteria evaluation structure for tourist beaches in Taiwan: A foundation for sustainable beach tourism. *Ocean & Coastal Management*, 121, 88-96. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2015.12.013>
- Cochran, W. C. (1977). Snedecor G W & Cochran W G. Statistical methods applied to experiments in agriculture and biology. 5th ed. Ames, Iowa: Iowa State University Press, 1956. En *Citation Classics* (Vol. 19, Número 19). <https://garfield.library.upenn.edu/classics1977/A1977DM04100001.pdf>
- Comité Editorial, G. (2008). Los ecosistemas marinos y costeros. *Gestión y Ambiente*, 11(2). <https://repositorio.unapec.edu.do/bitstream/123456789/853/1/Ecosistemas%20costero-marinos%20herramientas%20naturales%20frente%20al%20cambio%20clim%C3%A1tico%20-%20Pag.%2030-35.pdf>
- Congreso de la República. (2011). ley 1450 de 2011. *El Congreso de Colombia*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43101>
- Congreso de la República de Colombia. (1991). Constitución Política de Colombia 1991. Actualizada con los Actos Legislativos a 2016. En *Corte constitucional Consejo Superior de la Judicatura*.
- Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 99 de 1993 Nivel Nacional. En *Congreso de la República de Colombia*.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (cardique). (2016, junio 30). *UAC_Magdalena_Proyecto_MIZC_CARDIQUE_2014-Estaciones REDCAM. GEOVISOR REDCAM*. <http://geonodesiam.invemar.org.co/layers/geonode%3Aestacionesredcam#more>
- De Araújo, M. C. B., & Da Costa, M. F. (2008). Environmental quality indicators for recreational beaches classification. *Journal of Coastal Research*, 24(6). <https://doi.org/10.2112/06-0901.1>
- de Castro, B. M., de Miranda, L. B., Castro Filho, B. M., Miranda, L. B., & Castro, B. M. (2006). Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4 N and 34 S. *The sea*, 11(April 2016).

- De Giglio, O., Narracci, M., Apollonio, F., Triggiano, F., Acquaviva, M. I., Caroppo, C., Diella, G., Di Leo, A., Fasano, F., Giandomenico, S., Spada, L., Cavallo, R. A., & Montagna, M. T. (2022). Microbiological and chemical characteristics of beaches along the Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(6), 448. <https://doi.org/10.1007/s10661-022-10103-x>
- Decreto 1200 de 2004, Pub. L. No. 1200 (2004).
https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=13550
- Decreto 2372 de 2010, Diario Oficial No. 47.757 (2010).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=39961>
- Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, Presidencia de la República de Colombia (2015).
<https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/Decreto-1076-de-2015.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). Ordenamiento de Playas Turísticas en Litoral. En *Departamento Nacional de Planeación*. Departamento Nacional de Planeación.
https://proyectostipo.dnp.gov.co/images/pdf/playas/1-Doc_Guia_Ordenamiento_Playas_VF.pdf
- Dorado Martínez, J. P. (2021). *ORDENAMIENTO DE PLAYAS INFRAESTRUCTURA TURÍSTICA*. GRUPO DE CONSERVACIÓN CONGUADUA.
<https://www.conguadua.com/playa-bocagrande#:~:text=El%20ordenamiento%20de%20playas%20urbanas,necesarias%20para%20un%20turismo%20seguro>
- Echeverri Jaramillo, Gustavo., Garzón, N., Suárez-Puerta, B., Sosa-Argáez, I., & Cervantes, O. (2023). *Objetivos del Desarrollo Sostenible en la Gestión Marino Costera* (B. S.-P. I. S.-A. y O. C. Nubia Garzón Barrero, Ed.; Proplayas, Sophic.).
- El Universal. (s. f.). *La Boquilla, Cartagena: playa con Bandera Azul*. El Universal.
 Recuperado 12 de julio de 2024, de
<https://www.eluniversal.com.co/cartagena/2024/05/03/playa-azul-en-la-boquilla-recibe-por-quinta-vez-el-sello-blue-flag/>

- Elorza Martínez, O., Flores Barrios, L., & Gómez Priego, I. A. (2019). Economía turística: Competitividad de servicios hoteleros de Tuxpan, Veracruz. *Revista Biológico Agropecuaria Tuxpan*, 7(2), 86-89. <https://doi.org/10.47808/revistabioagro.v7i2.35>
- FEE. (s. f.). *Foundation for environmental education*. FEE. Recuperado 12 de julio de 2024, de <https://www.fee.global/>
- Follett, R., & Strezov, V. (2015). An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. *PLOS ONE*, 10(11), e0143687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>
- Gallardo García, G. (1970). Evaluación del potencial turístico de las playas del departamento del Atlántico – Colombia, desde la perspectiva ambiental. *Dimensión Empresarial*, 11(2), 62-69. <https://doi.org/10.15665/rde.v11i2.82>
- Gante, Á. G. C. de, González, W. E. S., Ortega, J. B., Castillo, J. E., & Santillán Fernández, A. (2020). Escala de Likert: Una alternativa para elaborar e interpretar un instrumento de percepción social. *Alta Tecnología y Sociedad*, 12(1). https://www.researchgate.net/publication/361533522_Escala_de_Likert_Una_alternativa_para_elaborar_e_interpretar_un_instrumento_de_percepcion_social
- Garay Tinoco, J. (s. f.). IMPLICACIONES AMBIENTALES PORTUARIAS DE CARTAGENA MAR POL 73/78. *Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas*. Recuperado 16 de abril de 2024, de <https://ojs.dimar.mil.co/index.php/CIOH/article/download/60/58>
- Garcés, O., & L. Espinosa. (2017). Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de la Aguas Marinas y Costeras del Caribe y Pacífico Colombiano. En *Red de vigilancia para la conservación y protección de las aguas marinas y costeras de Colombia – REDCAM: INVEMAR, MADS y CAR costeras*. Serie de Publicaciones Periódicas No. 4 (2017) del INVEMAR, Santa Marta. <https://doi.org/https://doi.org/10.21239/V9HW3X>
- Garcés Ordóñez, O., Vivas Aguas, L. J., Martínez Campo, M., Córdoba Meza, T., Contreras Guerrero, A., Obando Madera, P., Moreno Pardo, Y., Muñoz Cabral, J., Nieto Gil, Y., Ríos Marmol, M., Sánchez Rodríguez, D., & Sánchez, J. (2016). Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de las Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos. Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR No. 4. *Statewide*

- Agricultural Land Use Baseline 2015, I.* <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/diagnostico-y-evaluacion-de-la-calidad-de-las-aguas-marinas-y-costeras-en-el-caribe-y-pacifico-colombianos.compressed.pdf>
- García, M. Á., & Torras, X. (2017, mayo 5). *Turismo y agua, una relación difícil que debe ser modélica*. We Are Water Foundation. <https://www.wearewater.org/es/insights/turismo-y-agua-una-relacion-dificil-que-debe-ser-modelica/>
- García Morales, G. (2017). *Evaluación integral y estrategia de manejo de las playas recreativas de Guaymas y empalme, Sonora, México* [Centro de Investigación Biológicas del Noroeste, S.C]. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/559>
- Gobierno de España. (2018). España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular. Borrador para información pública. *Ministerio de Economía, Industria y Competitividad*. <https://www.prodetur.es/prodetur/www/documentos/documento-0580.html>
- Gómez, J., & Salcedo, G. (2016). Evaluación de la Calidad del agua en las Playas Turísticas de Puerto Colombia, Atlántico y su Relación con las Fuentes de Contaminación. En *Tesis*. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/279>
- GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, C. A. (2018). *CALIBRACIÓN DEL PARÁMETRO OLOR PARA SU MEDICIÓN EN LAS PLAYAS DEL CARIBE NORTE COLOMBIANO COMO PARTE DEL INDICADOR DE CALIDAD AMBIENTAL RECREATIVA CONTENIDO EN EL MODELO DEL ÍNDICE DE CALIDAD AMBIENTAL DE PLAYAS TURÍSTICAS*. <https://repositorio.unimagdalena.edu.co/items/e835c66a-e2dd-4d64-a7f6-a907375762c1/request-a-copy?bitstream=5c6dd2ac-cfa0-4248-b743-32302cfd1218>
- Google Earth. (2023). *Google Earth*. <https://www.google.es/intl/es/earth/versions/>
- Guevara Pérez, E., & De La Torre Villanueva, A. (2019). Gestión integrada de los recursos hídricos por cuenca y cultura del agua. *Autoridad Nacional del Agua*, 1-433. <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4302>
- GUIA TECNICA PARA LA ORDENACION Y MANEJO INTEGRADO DE LA ZONA COSTERA, Resolución No. 0768 de 2017 (2017). <https://www.minambiente.gov.co/wp->

content/uploads/2021/10/ORDENACION-Y-MANEJO-INTEGRADO-DE-LA-ZONA-COSTERA.pdf

Guzmán, E. (2009). Perspectivas Del Medio Ambiente Urbano: Geo Cartagena. En *Alcaldía de Cartagena de Indias*. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/06/geo-cartagena.pdf>

Hanna Instruments Colombia. (s. f.). *Guía para la medición en campo de calidad del agua*. Hanna Instruments Colombia. Recuperado 12 de julio de 2024, de <https://www.hannacolombia.com/blog/post/190/guia-para-la-medicion-en-campo-calidad-del-agua>

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). Metodología de la Investigación Hernández Sampieri 6a Edición. En *septiembre 2015*. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>

ICONTEC, & Universidad Externado de Colombia. (2009). Norma Técnica NTS-TS Sectorial Colombiana 001-2. *Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación - ICONTEC*, 571. https://fontur.com.co/sites/default/files/2020-11/NTS_T001_2.pdf

IDEAM. (2013). Lineamientos conceptuales y metodológicos para la evaluación regional del agua - ERA. En *Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Anexo-42.-Lineamientos-Conceptuales-y-Metodologicos-para-las-Evaluacion-Regional-del-Agua-2013.pdf>

IDEAM. (2022). Catálogo Nacional de Estaciones del IDEAM. En *Datos abiertos*. <https://www.datos.gov.co/Ambiente-y-Desarrollo-Sostenible/Catalogo-Estaciones-IDEAM/n6vw-vkfe>

INVEMAR. (2005). *ESTATUTOS*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras «José Benito Vives de Andrés» (INVEMAR) . https://www.invemar.org.co/redcostera1/invemar/docs/ley/ESTATUTOS_INVEMAR.PDF

- INVEMAR. (2016). Diagnóstico y Evaluación de la Calidad de Aguas Marinas y Costeras en el Caribe y Pacífico Colombianos. Informe Técnico 2014. En *Serie de Publicaciones Periódicas del INVEMAR* (Vol. 4). <http://hdl.handle.net/1834/8019>
- Jaraba Cerra, L. F. (2018). *CARACTERIZACIÓN DE LAS ACTIVIDADES TURÍSTICAS EN LA CIUDAD DE SANTA MARTA DURANTE EL PERIODO 2010 A 2016*. [Trabajo de grado, Universidad Cooperativa de Colombia].
<https://repository.ucc.edu.co/server/api/core/bitstreams/bf9fac26-e50f-4e2a-b3de-b306d1e4a5ef/content>
- Lee, P., Joo, S.-H., & Lee, S. (2019). Examining stability of personality profile solutions between Likert-type and multidimensional forced choice measure. *Personality and Individual Differences*, 142, 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2019.01.022>
- Ley 9 de 1989, 1 Congreso de la República (1989).
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1175>
- Loukas, S., Mendenhall, W., Wackerly, D. D., & Scheaffer, R. L. (1992). Mathematical Statistics with Applications. *Biometrics*, 48(3), 977. <https://doi.org/10.2307/2532372>
- M., M. V., F., & C. (2011). CALIDAD MICROBIOLÓGICA DEL AGUA DE LA BAHÍA DE SANTA MARTA, COLOMBIA. *Dyna*, 78, 132-141.
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49622358015>
- Martelo, E. (2017, junio 27). *¿Qué tan peligrosas son las playas de Crespo?* El Universal.
<https://www.eluniversal.com.co/cartagena/2017/06/21/que-tan-peligrosas-son-las-playas-de-crespo/>
- Martínez, A., & Carrillo, G. (2021). *MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS PLAYAS DE BOCAGRANDE NORTE, CARTAGENA DE INDIAS DURANTE LA ÉPOCA SECA DEL 2019* [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR]. <https://hdl.handle.net/20.500.12585/10597>
- MARTÍNEZ IBARRA, A. L., & CARRILLO RODRÍGUEZ, G. (2021). *MONITOREO Y DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS PLAYAS DE BOCAGRANDE NORTE, CARTAGENA DE INDIAS DURANTE LA ÉPOCA SECA DEL 2019*

[UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR].

<https://hdl.handle.net/20.500.12585/10597>

Medina, A., & Caballero, Á. (2022, mayo 15). *La bandera azul en las playas, ¿garantía de calidad ambiental o «marketing» para el turismo?* rtve.

<https://www.rtve.es/noticias/20220515/bandera-azul-playa-calidad-ambiental-marketing/2348199.shtml>

Melgarejo, J. (2019). *Agua y economía circular*. <http://hdl.handle.net/10045/88467>

Micallef, A., & Williams, A. T. (2002). Theoretical strategy considerations for beach management. *Ocean and Coastal Management*, 45(4-5). [https://doi.org/10.1016/S0964-5691\(02\)00058-3](https://doi.org/10.1016/S0964-5691(02)00058-3)

MinAmbiente. (2011). *Formulación de los Planes de Ordenación y Manejo Integrado de la Unidad Ambiental Costera – POMIUAC*. <https://www.minambiente.gov.co/asuntos-marinos-costeros-y-recursos-acuaticos/pomiuac/>

MinAmbiente. (2017). GUÍA TÉCNICA ORDENACIÓN Y MANEJO INTEGRADO DE LA ZONA COSTERA. En *Dirección de Asuntos Marinos, Costeros y Recursos Acuáticos*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/ORDENACION-Y-MANEJO-INTEGRADO-DE-LA-ZONA-COSTERA.pdf>

Minambiente Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2020, octubre 7). *Minambiente invita a seguir recomendaciones para cuidado del medio ambiente con reapertura de playas*. Colombia Potencia de la Vida. <https://www.minambiente.gov.co/minambiente-invita-a-seguir-recomendaciones-para-cuidado-del-medio-ambiente-con-reapertura-de-playas/>

MinCIT. (2020). Política de turismo sostenible: unidos por la naturaleza. En *MINCIT - Ministerio de Comercio, Industria y Turismo*. <https://www.mincit.gov.co/minturismo/calidad-y-desarrollo-sostenible/politicas-del-sector-turismo/politica-de-turismo-sostenible>

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2010). Decreto 3930 del 25 de octubre de 2010. *Diario Oficial Cornare*. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/decreto-3930-2010.pdf>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Guía Técnica para la Ordenación, Ordenamiento y Planificación de la Unidad Ambiental Costera Caribe Insular. En *Minambiente*. <https://www.minambiente.gov.co/documento-entidad/guia-tecnica-para-la-ordenacion-ordenamiento-y-planificacion-de-la-unidad-ambiental-costera-caribe-insular/>
- Ministerio de Comercio, I. y T. (2024, febrero 10). *En 2023 más de 5,86 millones de turistas visitaron «El País de la Belleza»*. MinCIT. <https://www.mincit.gov.co/prensa/noticias/turismo/en-2023-mas-turistas-visitaron-colombia>
- Ministerio de Comercio industria y Turismo. (2014). Norma Técnica Sectorial Colombiana NTS-TS 002. *Icontec, Mintic, Sena*.
- Ministerio de Salud. (1984). DECRETO 1594 DE 1984 Usos del agua y residuos líquidos. *marine Science Bulletin*. https://www.ideam.gov.co/documents/24024/36843/Dec_1594_1984.pdf/aacbcd5d-fed8-4273-9db7-221d291b657f
- Monitoreo de calidad de agua y predicción de coliformes fecales en playas de Montevideo mediante algoritmos de aprendizaje automático. (2021). *INNOTEC*, 22. <https://doi.org/10.26461/22.07>
- Montaño, M., & Robadue, D. (1995). Monitoreo y manejo de la calidad del agua costera. *Coastal Resources Center*. https://www.crc.uri.edu/download/8YearsSpanish_CalidadAgua.pdf
- Morrison, W. R., Lohr, J. L., Duchen, P., Wilches, R., Trujillo, D., Mair, M., & Renner, S. S. (2009). The impact of taxonomic change on conservation: Does it kill, can it save, ¿or is it just irrelevant? *Biological Conservation*, 142(12), 3201-3206. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2009.07.019>
- MPS, M. de la P. S.-. (2007). Resolución 2115 de 2007. 22 *De junio*. <https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-2115-2007>

- Observatorio EPA Cartagena. (2015). RETOS Y REALIDADES EL SECTOR TURÍSTICO EN CARTAGENA DE INDIAS. *CORPORACIÓN TURISMO CARTAGENA DE INDIAS*. <https://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2016/06/sector-turistico-de-cartagena.pdf>
- Ordoñez, G. A. (2017). Salud ambiental: conceptos y actividades. Informe Especial. *Revista Panamericana de Salud pública*, 7(3), 137-147.
<https://www.scielo.org/article/rpsp/2000.v7n3/137-147/>
- Orozco Zárate, J. J. (2021). INSTRUMENTOS DE POLÍTICA Y LA CULTURA MARÍTIMA (PNOEC – CONPES BIOCEÁNICO). *Boletín Científico CIOH*, 40(1).
<https://doi.org/10.26640/22159045.2021.567>
- Owens, D. W. (1992). National goals, state flexibility, and accountability in coastal zone management. *Coastal Management*, 20(2), 143-165.
<https://doi.org/10.1080/08920759209362169>
- Panorama OMT del turismo internacional, Edición 2015. (2015). En *Panorama OMT del turismo internacional, Edición 2015*. World Tourism Organization (UNWTO).
<https://doi.org/10.18111/9789284416875>
- Papa Francisco. (2015). CARTA ENCÍCLICA LAUDATO SI' DEL SANTO PADRE FRANCISCO SOBRE EL CUIDADO DE LA CASA COMÚN. En *Librería Editrice Vaticana*. https://www.vatican.va/content/francesco/es/encyclicals/documents/papa-francesco_20150524_enciclica-laudato-si.html
- Pardo, K. T. (2017, diciembre 20). Este es el panorama más actualizado de la pesca artesanal en Colombia. *EL TIEMPO*. <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/este-es-el-panorama-mas-actualizado-de-la-pesca-artesanal-en-colombia-163800>
- Paredes Ampudia, M. L. (2020). *PROPUESTA DE UNA ESTRATEGIA DE EDUCACION AMBIENTAL PARA EL FOMENTO DE LA RESPONSABILIDAD SOCIAL EN EL SECTOR TURISTICO DEL MUNICIPIO DE SAN ANDRÉS DE TUMACO (NARIÑO)* [Fundación Universitaria Los Libertadores].
<https://repository.libertadores.edu.co/server/api/core/bitstreams/57f58e74-7bed-46aa-b0a0-5330fee07f7c/content>

Pérez, M., & Romero, M. (2022). *DIAGNÓSTICO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS PLAYAS DE LA BOQUILLA SECTOR NORTE (CARTAGENA, COLOMBIA) EN TEMPORADA SECA DEL AÑO 2019* [UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR]. https://upbeduco-my.sharepoint.com/personal/maria_moralesh_upb_edu_co/_layouts/15/onedrive.aspx?id=%2Fpersonal%2Fmaria%5Fmoralesh%5Fupb%5Fedu%5Fco%2FDocuments%2FTESIS%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%2FDocuments%2FTrabajo%20de%20grado%5FIngAmb%5FMelissaRomero%2DMAngelaPerez%2Epdf&parent=%2Fpersonal%2Fmaria%5Fmoralesh%5Fupb%5Fedu%5Fco%2FDocuments%2FTESIS%20CALIDAD%20DEL%20AGUA%2FDocuments

Pérez Ramos, M. A., & Romero Peña, M. P. (s. f.). *DIAGNÓSTICO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LAS PLAYAS DE LA BOQUILLA SECTOR NORTE (CARTAGENA, COLOMBIA) EN TEMPORADA SECA DEL AÑO 2019*. Recuperado 12 de julio de 2024, de <https://hdl.handle.net/20.500.12585/10682>

Playas Corporación Ltda. (2018). *CALIDAD AMBIENTAL RECREATIVA EN PLAYAS TURÍSTICAS Validación en Playas Turísticas del Caribe Colombiano*. Convocatoria Colciencias 748 para Proyecto en Ciencias, Tecnologías e Innovación (CTeI) en Ciencias del Mar para la Región Caribe - 2016. <https://www.calameo.com/read/006489316302d379cc12e>

PROGRAMA BANDERA AZUL. (2022). GUÍA DE INTERPRETACIÓN DE LOS CRITERIOS BANDERA AZUL PARA PLAYAS 2022. En *FEE*. <https://s3.ppllstatics.com/hoy/www/multimedia/2023/05/04/Guia%20playas%202023.pdf>

REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia. (s. f.). *Geovisor REDCAM Red de Vigilancia para la Conservación y la Protección de las Aguas Marinas y Costeras de Colombia*. INVEMAR. Recuperado 18 de abril de 2024, de <https://siam.invemar.org.co/redcam-geovisor/>

República de Colombia. (2011). Ley 1454 de 2011 Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial “Por la cual se dictan normas orgánicas sobre ordenamiento territorial y se

- modifican otras disposiciones" *Estudios Jurídicos*.
<https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=43210>
- RESOLUCIÓN No. 1315 (12 DE AGOSTO DE 2020), Pub. L. No. RESOLUCIÓN No. 1315, República de Colombia Corporación Autónoma Regional de Boyacá Subdirección de Ecosistemas y Gestión Ambiental (2020). https://www.corpoboyaca.gov.co/cms/wp-content/uploads/2020/12/Res.-Criterios-de-calidad_VB-1315.pdf
- RESOLUCION NUMERO 0643 DE 2004, Pub. L. No. 0643, Minambiente (2004).
https://archivo.minambiente.gov.co/images/planeacion-y-seguimiento/pdf/Corporaciones_autonomas/Resoluciones_0643__junio_2004.pdf
- Risso, J., Sienra, D., D'Alessandro, B., & Echezarreta, M. E. (2021). PROGRAMA DE MONITOREO DE AGUA DE PLAYAS Y COSTA DEL DEPARTAMENTO DE MONTEVIDEO. En *Intendencia Montevideo, DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL*.
<https://montevideo.gub.uy/sites/default/files/biblioteca/informeannualcalidaddeaguadelacostademontevideo2021-2022.pdf>
- ROA, J. A. M. (2017). Los Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas – pomca– como determinantes de licencias, permisos y autorizaciones ambientales. En *Medio Ambiente y Ordenamiento del territorio* (pp. 153-194). Universidad del Externado.
<https://doi.org/10.2307/j.ctv18msnmv.9>
- Roca, E., Riera, C., Villares, M., Fragell, R., & Junyent, R. (2008). A combined assessment of beach occupancy and public perceptions of beach quality: A case study in the Costa Brava, Spain. *Ocean and Coastal Management*, 51(12).
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.08.005>
- Roldán, G. (2020). Revisión histórica de la limnología en Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 44(171), 303-328.
<https://doi.org/10.18257/raccefyn.1056>
- Senabre, E., Ferran-Ferrer, N., & Perelló, J. (2018). Participatory design of citizen science experiments. *Comunicar*, 26(54), 29-38. <https://doi.org/10.3916/C54-2018-03>

- Sgroi, M., Vagliasindi, F. G. A., & Roccaro, P. (2018). Feasibility, sustainability and circular economy concepts in water reuse. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2, 20-25. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.004>
- Silva Cázares, N. S. (2011). Estudio comparativo de la calidad del agua de mar en las playas de Acapulco. En *Tesis Maestría*.
<http://www.remeri.org.mx/index/rest/db/remeri/consulta/ebuscar.xql?search=ipn&ind=301&step=200&order=6&asc=0>
- Sistema de Información Ambiental Marina SiAM-INVEMAR. (2011). *INDICADOR DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS MARINAS - ICAM*. INVEMAR.
<https://siam.invemar.org.co/redcam-icam>
- Torres-Bejarano, F., González-Márquez, L. C., Díaz-Solano, B., Torregroza-Espinosa, A. C., & Cantero-Rodelo, R. (2018). Effects of beach tourists on bathing water and sand quality at Puerto Velero, Colombia. *Environment, Development and Sustainability*, 20(1), 255-269. <https://doi.org/10.1007/s10668-016-9880-x>
- Viajandox. (s. f.). *Playa de Bocagrande*. Viajandox. Recuperado 12 de julio de 2024, de <https://viajandox.com.co/cartagena-de-indias/playa-de-bocagrande-A2856>
- Zamora Martinez, S. P., & Delgado Muñoz, K. Y. (2019). Evaluación de la calidad sanitaria del agua de las playas turísticas del Caribe Norte Colombiano. *Universidad de la costa*, 126(1). <http://hdl.handle.net/11323/5299>
- Zielinski, S., & B. S. C. M. (2012). Guía básica para certificación de playas turísticas. En: *Editorial Gente Nueva ISBN: 978-958-8704-25-8*. Grupo de Investigación en Sistemas Costeros GISISCO (COLCIENCIAS 0087006).
https://www.researchgate.net/publication/275644628_Guia_basica_para_certificacion_de_playas_turisticas_Simple_guide_to_tourist_beach_certification