

**ELEMENTOS PARA UN PLAN DE GESTION AMBIENTAL DE LAS AGUAS COSTERAS  
EN SAN ANDRES ISLA**

**PATRICIA ABDUL AZIS ELNESER**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES  
MAESTRIA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO  
SEDE BOGOTA  
SEDE CARIBE  
2010**

**ELEMENTOS PARA UN PLAN DE GESTION AMBIENTAL DE LAS AGUAS COSTERAS  
EN SAN ANDRES ISLA**

**PATRICIA ABDUL AZIS ELNESER  
905020**

**Tesis de grado como requisito parcial para optar al título de Magister en Medio  
Ambiente y Desarrollo con énfasis en Gestión Ambiental**

**JOSE ERNESTO MANCERA PINEDA  
Director**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA  
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS  
INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES  
MAESTRIA EN MEDIO AMBIENTE Y DESARROLLO  
SEDE BOGOTA  
SEDE CARIBE  
2010**

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Jurado

San Andrés Isla, Agosto de 2010

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

Jurado

San Andrés Isla, Agosto de 2010

*La vida sin retos no tiene el mismo sabor sino que se torna triste y apagada  
La fortaleza surge desde lo más profundo de cada ser  
y se convierte en deseo que crece día a día*

*Mis hijas...el tesoro máspreciado, motor de mi vida y fuente de inspiración  
A mi esposo, mi amor y respeto  
A mi madre, padre y hermano, todo mi cariño*

*A mi hermano Kae.....vuela como las águilas*

## **AGRADECIMIENTOS**

El sabe que sin su ayuda nada puedo hacer y que lo amo con todo mi ser, gracias mi Jesús, tu siempre estás allí para apoyarme porque las cosas del mundo no pueden brindarme el amor que tú me das desinteresadamente.

Dar las gracias a tanta gente que me ha apoyado en esta etapa de mi vida es difícil porque han sido tantas, por ello quiero manifestar mi agradecimiento a una persona con una visión holística, alguien que creyó en mí y me animó, alguien que encontraba respuestas en medio de la incertidumbre, gracias profesor Mancera por su inmensa ayuda, por demostrarme su amistad y porque sus palabras sabias en los momentos precisos esclarecieron el camino.

Quiero dar nuevamente las gracias a la Corporación Autónoma para el Desarrollo Sostenible del Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina por el apoyo en cuanto al suministro de la información de los resultados de los monitoreos, a la concesión de los permisos para la asistencia a clases y en general a todas las personas que de una u otra forma aportaron un granito para la elaboración de este trabajo.

A Sandrita por su ayuda, siempre dispuesta y servicial. A Anthony, porque siempre tenía una sonrisa que ofrecerme y nunca se negaba para ayudarme en la elaboración de los mapas. A Lorenzo, por ser guía y apoyo, sus valiosos aportes en manejo integrado costero permitieron ser plasmados en el documento. Al profesor Giovanni, por la conducción del taller para lograr el objetivo propuesto. A Johannie por su ayuda y conocimiento en el área económica. A las chicas del laboratorio por las encuestas.

A mis hijas por su paciencia y amor. A mi esposo porque sin él no hubiera tenido el impulso de seguir adelante.

## TABLA DE CONTENIDOS

	pág.
INTRODUCCIÓN	
1. JUSTIFICACION	15
2. PROBLEMÁTICA	18
3. MARCO TEÓRICO	20
3.1 Aguas costeras recreativas: Capital natural crítico	20
3.2 Enfoque integral de la criticalidad	22
4. MARCO CONCEPTUAL	24
4.1 Manejo integrado de zona costera	24
4.2 Límite espaciales de la zona costera en San Andrés isla	25
5. METODOLOGIA	28
5.1 Área de estudio	28
5.2 Modelo conceptual	29
5.3 Fase de diagnóstico	31
5.3.1 Mapas de calidad	31
5.3.2 Fuentes de contaminación	37
5.4 Percepción de usuarios	38
5.5 Fase de formulación	39
6. RESULTADOS	43
6.1 Fase de diagnóstico	43
6.1.1 Mapas de calidad	43
6.1.2 Fuentes de contaminación	48
6.2 Comparación con otros sitios	57
6.3 Percepción de usuarios	61
6.4 Fase de formulación	64
7. DISCUSION	70
8. CONCLUSIONES	77
9. RECOMENDACIONES	78
10. BIBLIOGRAFÍA	79

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características principales de la estaciones de muestreo de la red del monitoreo sistemático en San Andrés isla	32
Tabla 2. Escenarios propuestos en la escala de valoración de contaminación individual	34
Tabla 3. Escala de valoración de contaminación general	36
Tabla 4. Estado de la calidad de las aguas costeras en 3 escenarios posibles en San Andrés isla	43
Tabla 5. Potenciales fuentes de contaminación sobre las aguas costeras recreativas en San Andrés isla	48
Tabla 6. Guías para descargas de aguas residuales	60
Tabla 7. Límites máximos permisibles para las descargas de aguas residuales a la zona costera y a los cuerpos receptores marinos	61
Tabla 8. Propuesta de plan de gestión ambiental de las aguas costeras	75

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 a. Localización de San Andrés isla	
Figura 1 b. Área marina protegida Seaflower archipiélago de San Andrés, Old Providence y Santa Catalina.	28
Figura 2. Modelo conceptual para el desarrollo de la propuesta del plan	30
Figura 3. Clasificación de las estaciones de muestreo en la isla de San Andrés	33
Figura 4. Zona del emisario submarino con las estaciones de muestreo	38
Figura 5. Esquema de las 4 regiones delimitadas por los promedios de las calificaciones de importancia y gobernabilidad	42
Figura 6. Estado de la calidad de las aguas costeras. Escenario estricto	45
Figura 7. Estado de la calidad de las aguas costeras. Escenario normativo	46
Figura 8. Estado de la calidad de las aguas costeras. Escenario permisivo	47
Figura 9. Densidades de coliformes totales en la zona del emisario submarino en el año 2008	50
Figura 10. Densidades de coliformes fecales en la zona del emisario submarino en el año 2008	51
Figura 11. Concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno en la zona del emisario submarino en el año 2008	52
Figura 12. Concentraciones de sólidos suspendidos totales en la zona del emisario submarino en el año 2008	53
Figura 13. Concentraciones de nitratos en la zona del emisario submarino en el año 2008	54
Figura 14. Concentraciones de amonio en la zona del emisario submarino en el año 2008	55
Figura 15. Concentraciones de fósforo soluble en la zona del emisario submarino en el año 2008	56

Figura 16.	Región del gran Caribe	57
Figura 17a.	Tipos de usos de las playas de San Andrés isla según residentes en el año 2009	62
Figura 17 b.	Tipos de usos de las playas de San Andrés isla según turistas en el año 2009	
Figura 18 a.	Playas más visitadas de San Andrés según residentes en el año 2009	63
Figura 18 b.	Playas más visitadas de San Andrés según turistas en el año 2009	
Figura 19.	Principales factores que afectan la calidad de las playas de San Andrés en el año 2009	63
Figura 20 a.	Playas de San Andrés afectadas por diversos factores según residentes en el año 2009	64
Figura 20 b.	Playas de San Andrés afectadas por diversos factores según turistas en el año 2009	
Figura 21.	Ubicación de las acciones en cada cuadrante acorde con las calificaciones generales de importancia y gobernabilidad	69

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Encuesta para residentes	84
Anexo 2. Encuesta para turistas	85
Anexo 3. Registros fotográficos del taller de formulación del plan de gestión ambiental de las aguas costeras	86

## RESUMEN

Se elaboró una propuesta de formulación de elementos para un plan de gestión ambiental de las aguas costeras con fines recreativos teniendo como base el estado de la calidad de las aguas de baño en tres escenarios propuestos a través de la construcción de mapas de calidad. Este proceso contó con herramientas como el desarrollo de encuestas para determinar la percepción de usuarios de las playas, el análisis de las variables indicadoras de calidad en la zona de influencia del emisario submarino, la comparación de variables indicadoras de calidad en islas caribeñas similares a San Andrés y la revisión de la legislación nacional y regional relacionada. En la fase de formulación del plan, se llevó a cabo un taller con expertos en la temática a través de la metodología de diálogo integrador prospectivo para determinar los factores claves con las acciones estratégicas y de reto que deben hacer parte fundamental de la propuesta. Se determinó que las aguas costeras de la isla presentan un deterioro de su calidad como consecuencia de las actividades antrópicas desarrolladas sobre la zona costera que aportan altas concentraciones de nutrientes y microorganismos indicadores de contaminación fecal con posibilidad de riesgo para los usuarios, quienes visitan las playas y balnearios por sus atributos naturales y no propiamente por el estado de la calidad de su aguas. El plan de gestión ambiental de las aguas costeras es una herramienta útil para disminuir la contaminación de las aguas costeras recreativas de la isla porque cuenta con elementos prácticos contruidos de manera integral y concertada. El componente educativo es fundamental dentro de la formulación del plan para lograr su sostenibilidad en el tiempo y la responsabilidad social frente al uso del recurso.

**Palabras claves:** *aguas costeras recreativas, parámetros indicadores de calidad de playas, manejo integrado costero, capital natural crítico.*

## **ABSTRACT**

A proposal for the formulation of elements for an environmental management plan coastal waters for recreational purposes on the basis of the state of the quality of bathing water in three scenarios proposed by the construction of quality maps. The process included developing tools like surveys to determine the perception of beachgoers, analysis of indicators of quality parameters in the zone of influence of a submarine, a comparison of quality indicator variables caribbean islands like San Andrés and the review of related national and regional legislation. At the stage of formulating the plan, held a workshop with experts in the subject through inclusive dialogue prospective methodology to determine the key factors to actions and strategic challenge that must be part of the proposed fundamental. It was found that the coastal waters of the island presented a deterioration of its quality as a result of human activities on the coastal zone developed that provide high concentrations of nutrients and fecal contamination indicator bacteria with possible risks for users, who visit the beaches for its natural attributes and not strictly by the state of the quality of its waters. The environmental management plan coastal waters is a useful tool to reduce pollution of coastal recreation waters of the island because it has practical elements built in a comprehensive and concerted. The educational component is critical in the formulation of the plan to ensure its sustainability over time and social responsibility over the use of the resource.

**Key words:** coastal recreational waters, quality indicator parameters beaches, integrated coastal management, critical natural capital.

## INTRODUCCIÓN

Las playas y aguas de San Andrés son una de las bases sobre las cuales se construyen el desarrollo, las actividades económicas y el bienestar de la población y se constituyen en la motivación principal del 80% de turistas nacionales y extranjeros que eligen el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina como destino turístico (Secretaría de Turismo, 2002). Sin embargo, las descargas de aguas residuales, escorrentías de aguas lluvias, sedimentos, derrames de grasas y aceites, entre otros, incrementan la contaminación química y sanitaria de las aguas costeras, poniendo en riesgo la salud pública, disminuyendo el potencial de recreación de las mismas y propiciando además, la destrucción de los ecosistemas asociados.

El presente trabajo se adelantó con el propósito de contribuir a crear condiciones para mitigar y reducir los daños ambientales que se están produciendo sobre las aguas costeras, a través de la consolidación de mecanismos eficaces para la recuperación y conservación de la calidad ambiental del recurso hídrico costero, incluyendo el componente paisajístico y estético. Para ello tiene en cuenta también que cualquier propuesta deberá orientarse hacia su articulación con la reserva de biosfera Seaflower.

Se consideró toda la zona costera de uso recreativo potencial, por lo cual se tuvieron en cuenta todas las aguas que circundan la isla con el fin de brindar lineamientos para la construcción de un plan de gestión ambiental tendiente a identificar y disminuir los impactos provenientes de la porción terrestre y marina que están afectando su calidad.

Se partió de la hipótesis que los niveles de contaminación de las aguas costeras de San Andrés son susceptibles de disminuir mediante un plan de gestión ambiental adecuado a las necesidades actuales, con consecuencias positivas para el desarrollo económico de la isla. Se construyó un modelo conceptual que orientó el desarrollo metodológico de la investigación. Las recomendaciones obtenidas en la presente investigación deberán ser objeto de consideración por parte de las autoridades pertinentes para su implementación.

## 1. JUSTIFICACIÓN

Los servicios ambientales que brindan las aguas costeras son el acceso a zonas para actividades recreativas como natación, práctica de deportes náuticos y buceo, las cuales logran satisfacer las necesidades de bienestar y contemplación de los usuarios otorgándole al recurso un valor económico de uso porque hay demanda del mismo especialmente por parte de los turistas.

El considerar la isla de San Andrés con sus cuerpos de agua marino costeros como una zona costera en su totalidad es muy útil dado que esta es una isla pequeña, definida como una unidad ambiental que no tiene un área terrestre interior o núcleo central que esté esencialmente distante del mar (Towle, 1985).

En los sistemas insulares se presenta un alto acoplamiento entre los ecosistemas terrestres y marinos debido a los grandes radios de extensiones de línea de costa que llegan al área terrestre. En este contexto, los impactos de cambios naturales o antropogénicos son inmediatamente más visibles que en extensos sistemas continentales. Más aún, islas con áreas pequeñas tienen una capacidad limitada para enfrentar amenazas naturales o disturbios antrópicos (Brookfield, 1990).

Aunque la insularidad está claramente incrementada por el aislamiento geográfico, socioeconómico y político (Granger, 1993), los factores socioculturales son probablemente más importantes en la definición de las características insulares porque permean una identidad singular en las percepciones y aptitudes de los habitantes.

Un aspecto fundamental que incide en el deterioro del recurso hídrico costero es la alta densidad poblacional de la isla representada en 67.763 habitantes (DANE, 2005), aunado a esto, se encuentran los impactos generados por la actividad turística que alcanzó cifras de 68.958 visitantes internacionales y 255.106 turistas nacionales durante el año 2009 (Secretaría de Turismo, 2009).

Desde el punto de vista ecosistémico, el recurso marino costero se constituye en uno de los más relevantes para su conservación porque es la base de innumerables procesos que se llevan a cabo en la naturaleza relacionados con el mantenimiento de la calidad

gaseosa de la atmósfera que regula el clima, control de los ciclos hidrológicos que reducen la probabilidad de serias inundaciones y sequías, protección de las zonas costeras por la generación y conservación de los sistemas de arrecifes de coral y dunas de arena, disposición directa de alimentos provenientes del ambiente acuático, entre otros.

A pesar de que problemas relacionados con la calidad de las aguas costeras han sido objeto de atención y de estudio principalmente por parte de la autoridad ambiental, existe una verdadera incertidumbre acerca de su estado en áreas de recreación ya que por sí mismas, son susceptibles de presentar riesgos sanitarios para los usuarios en zonas donde el recurso hídrico se encuentra deteriorado frecuentemente con excrementos y aguas residuales domésticas, como es el caso de la isla de San Andrés convirtiéndose en un foco potencial de enfermedades de transmisión hídrica restándole importancia a la recreación.

El no contar con un plan de gestión ambiental probablemente comprometerá el estado del recurso hídrico costero y por tanto el desarrollo turístico, principal renglón de la economía de la isla. En este orden de ideas, es imperante mencionar que de la calidad de las aguas costeras de San Andrés dependen en alto grado las posibilidades de su desarrollo turístico y en consecuencia el bienestar económico de la población y del departamento, así que mantener un nivel adecuado y, en lo posible, óptimo de calidad de las aguas costeras constituye no sólo una necesidad ambiental en el sentido más estricto del término, sino algo que atañe al desarrollo regional en el sentido más amplio.

Por lo tanto, es preciso avanzar hacia la propuesta de soluciones de fondo, que trascienda las soluciones puntuales y apunte a un manejo integrado del tema, dentro del contexto general de las políticas ambientales locales, nacionales y regionales. A eso apunta este proyecto, aunque en razón de sus alcances no se propone la formulación plena del plan deseable sino aportar elementos fundamentales para el mismo, que deberá ser objeto de trabajo posterior de las entidades responsables o en colaboración con ellas.

Contextualizar el trabajo investigativo dentro del marco general de la reserva de biosfera Seaflower es fundamental para potenciar la ejecución de las acciones que se planteen a nivel regional, lo que finalmente redundará en su aceptación como necesidad y favorecerá

las iniciativas de protección y conservación como estrategia para mitigar los impactos que ocurren sobre las aguas costeras en mejora de la calidad de vida de los habitantes insulares.

Adicionalmente, la condición de reserva de biosfera (RB) permite la conjunción de dos saberes: por una parte el conocimiento empírico y vivencial de las comunidades, que les ha permitido generar los instrumentos adaptativos requeridos para su vida en el territorio y por otra parte, el saber científico técnico y estructurado de los funcionarios de las instituciones. El reconocimiento de estos dos saberes y su confrontación en la práctica, bajo el objetivo común de construir una propuesta social, económica y ambientalmente viable y válida constituyen la garantía de éxito (CORALINA, 2000).

En el ámbito más específico, el trabajo también se nutre de la declaratoria de la isla como área marina protegida (AMP) cuyo fin primordial es conservar la biodiversidad y asegurar el uso sostenible de los recursos marinos y costeros mientras se refuerza la distribución de los beneficios equitativos para la comunidad a través del diseño de zonas para usos múltiples manejadas integralmente para reducir las amenazas humanas y proteger sitios de alta biodiversidad mundial con la cooperación de la comunidad local (CORALINA, 2003).

La gestión del AMP implica una disminución de las actividades “in situ” que se sabe contaminan el medio ambiente marino y/o cambios en las actividades con sede en tierra que tienen impactos aguas abajo en la zona marino costera, es decir, de un manejo efectivo del AMP podría esperarse razonablemente un mejoramiento (o mantenimiento) de la calidad del agua costera en el largo plazo.

## 2. PROBLEMÁTICA

La zona costera en la isla de San Andrés ha sido afectada principalmente por la presencia de vertimientos directos de aguas residuales sin ningún tipo de tratamiento; estos vertimientos se produjeron por un bajo cubrimiento del sistema de alcantarillado cuya cobertura aproximada es apenas del 8% con respecto al total de la isla (SIGAM-CORALINA, 2004). La carga contaminante vertida tiene un valor aproximado de 250 Kg de DBO<sub>5</sub> y 357 Kg de SST diarios (Torres, 2005).

Existen otros factores que influyen en el deterioro de la calidad de las aguas costeras como los lixiviados procedentes del relleno sanitario que genera 64,7 ton/día de basuras (PGIRS, 2008), vertimientos de aceites lubricantes provenientes de las embarcaciones, explotación desmesurada de los recursos marinos y pesqueros, deterioro de bosques de manglar cuyas escorrentías desembocan al mar, alta sedimentación como resultado de la erosión del suelo, daño físico y fragmentación de los arrecifes coralinos, proliferación de algas por aumento de nutrientes procedentes de las aguas negras y los drenajes de aguas subterráneas que por infiltración de los pozos y tanques sépticos, se contaminan con aproximadamente 1'551,615 m<sup>3</sup> de aguas residuales domésticas (CORALINA, 2003).

Sumado a lo anterior, el uso intensivo de playas durante los periodos de alta temporada turística combinado con una pobre infraestructura de alcantarillado, incrementan el daño ambiental de la zona costera, situación que alcanza dimensiones más preocupantes si se tiene en cuenta que la isla de San Andrés presenta una alta densidad poblacional.

Hay evidencia de problemas como el enriquecimiento de nutrientes en las aguas marinas de la isla o procesos de nutrificación encontrados en la mayoría de estaciones de muestreo que pertenecen a la red de monitoreo sistemático con relaciones de N:P menores a 16:1 (Gavio *et al.*, 2010) y quizás, el aspecto de mayor relevancia que disminuye la calidad del recurso hídrico costero es la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal debido a la posibilidad de aparición de síntomas gastrointestinales en los usuarios, pues en últimas, la meta es proteger la salud pública asociada con el uso de las aguas recreativas como consecuencia de la vocación turística propia de la isla (Abdul azis, 2003).

Con este panorama, los cuerpos de agua marino costeros se convierten en sumidero ó vertedero de contaminantes cuya capacidad no es infinita en la escala espacio temporal, sino que estas sustancias se concentran, de manera tal que se origina una depreciación de los recursos, y se refleja en un desarrollo económico y turístico rezagado como resultado de su deterioro.

Así las cosas, se identifican áreas de la isla de San Andrés que presentan problemas de contaminación por actividades antrópicas. Como ejemplo de ello, se encuentra la zona de bahía Hooker que fue afectada por sustancias oleosas provenientes de las antiguas plantas eléctricas retiradas hace más de una década; su daño ambiental se incrementa por los continuos vertimientos de aguas residuales del barrio aledaño dispuestos directamente sobre los cuerpos costeros circundantes que por efecto del bajo movimiento de las aguas, las descargas permanecen en la bahía y no se mezclan con aguas marinas propiamente dichas.

El sector de bahía El Cove presenta influencia de desechos orgánicos de la población humana asentada en este sector cuyas descargas se realizan sobre los cuerpos de agua costeros. De igual manera, las actividades del muelle departamental han ocasionado impactos ambientales en el mar por los derrames de grasas y aceites, el descargue de sentinas de embarcaciones y los desechos generados de la población residente del barrio aledaño. Otra zona que vale la pena destacar es donde vertía anteriormente el efluente de la red de alcantarillado a través de una tubería al cuerpo receptor marino y desde el mes de agosto de 2007 opera el emisario submarino cuyas descargas se realizan sin tratamiento previo excepto un sistema de rejillas para retirar el material suspendido grueso.

Sin embargo, se considera que si se reducen los impactos sobre los cuerpos de agua costeros, el recurso se valoriza, se incrementa su oferta y se origina una mayor afluencia de turistas que conlleva a altos beneficios económicos. Estas acciones de mitigación deberán enmarcarse dentro de una gestión ambiental adecuada que plantee un uso sostenible y sostenido de los cuerpos costeros, arrecifes coralinos, pastos marinos, y demás elementos que conforman el entorno ecosistémico insular para que puedan ser aprovechados sin alterar la base ambiental de los bienes y servicios que brinda la isla.

### 3. MARCO TEÓRICO

El hecho que el 71% de la superficie de la tierra es océano, determina una parte considerable de su clima y ecología. Los océanos regulan el clima global porque sirven como enormes masas termales de agua para el almacenamiento de calor y como reservorio del dióxido de carbono - CO<sub>2</sub>. Los ambientes costeros, incluido los estuarios, humedales costeros, pastos marinos, corales, algas y plataformas continentales son excesivamente de alto valor. Ellos cubren únicamente el 6.3% de la superficie de la tierra pero son responsables del 43% del valor estimado de los servicios que brindan los ecosistemas. Estos ambientes son particularmente valiosos en la regulación de los ciclos de los nutrientes que controlan la productividad de las plantas acuáticas y terrestres (Costanza, 1999).

La importancia social de los océanos para el transporte global y como elemento unificador de las culturas de muchos países costeros no es exagerada. Los océanos son un ejemplo claro de un recurso de acceso abierto por la interconexión de sus fluidos, su vasto tamaño y su difícil manejo porque los derechos de propiedad no son aplicables en este caso.

El agua costera al igual que el conjunto de los cuerpos de aguas marinos se constituyen en bienes comunes porque están disponibles para todos, es decir cualquier persona puede utilizarlos en el momento que lo desee (Ostrom, 2000). Esta situación conlleva con mayor razón a buscar estrategias que sean eficaces y permitan la perpetuación y explotación racional de los recursos mencionados, pues siendo de todos y para todos es más difícil su control.

#### 3.1 Aguas costeras recreativas: *Capital natural crítico*

El término capital natural crítico (CNC) provee una mayor extensión del concepto de tierra, uno de los factores clásicos de producción en la teoría económica. Dentro de él se incluyen las dimensiones no renovables y renovables. Puede ser definido como cualquier existencia de recursos naturales o reservas ambientales que proveen un flujo útil de bienes o servicios en el presente y en el futuro (Pearce and Turner, 1990; Daly, 1994; Van Dieren, 1995).

Sin embargo, surge una situación que puede ser controversial y confusa relacionada con el hecho de que la conversión de los ecosistemas naturales en capital manufacturado, disminuye en cantidad y calidad al capital natural. Cada tipo de base de capital puede ser asociada con un tipo de sostenibilidad. Por ejemplo, un descenso en la reserva de capital natural es un signo de insostenibilidad ambiental (Vitousek *et al.*, 1997).

Cuando sucede esto, es claro que la sostenibilidad puede ser consistente con el descenso de uno de los tipos de capital mientras que otro capital va en aumento suficiente como para compensar esa reducción. Como consecuencia se genera un cuestionamiento acerca de la sustitución entre diferentes tipos de capital. Mientras el criterio de sostenibilidad débil considera el capital natural y manufacturado como sustituibles, la sostenibilidad fuerte deriva desde diferentes percepciones que la sustitución del capital hecho por el hombre por capital natural está seriamente limitada por algunas características ambientales como irreversibilidad, incertidumbre y la existencia de componentes críticos de capital natural que hacen una contribución única al bienestar (Daly, 1991).

En contraste, se propone que el capital natural y manufacturado deben ser tratados separadamente debido a la imperfecta sustitución entre ellos, en otras palabras, el capital natural y hecho por el hombre son frecuentemente complementarios en vez de sustitutos. El capital natural es necesario para hacer el capital manufacturado y las entradas adicionales de los recursos naturales son necesarias para operar el capital hecho por el hombre. Por lo tanto, un flujo continuo desde el capital natural es requerido (Daly, 1994).

Bajo este principio, es preciso que algún grado de reserva de capital natural se mantenga constante para que se alcance el desarrollo de la sostenibilidad. La regla de la sostenibilidad fuerte o alternatively la regla del capital natural, es por lo tanto dependiente del mantenimiento de una mínima parte de recursos naturales dentro del total de la reserva de capital.

La aceptación de la sostenibilidad fuerte requiere como mínimo la determinación e identificación de esos componentes críticos dentro de la base de capital natural. La condición de esos componentes para continuar el funcionamiento de los valiosos servicios que proveen es también importante. La porción del capital natural que se convierte en

CNC incluye partes vitales del ambiente que contribuyen a sistemas de soporte de vida, biodiversidad y otras funciones denotadas como especies claves y procesos claves (Turner, 1993).

Las definiciones de CNC están enfocadas sobre los valores primarios de los ecosistemas para las funciones generales de la biosfera, las cuales requieren mantener la población o la base de recursos dentro de límites pensados para que sean coherentes con la estabilidad del ecosistema y la resiliencia (Turner, 1993). No obstante, muchos elementos del capital natural que son necesarios para la sobrevivencia del ecosistema, son igualmente relevantes para el bienestar humano y no dependen únicamente de aspectos ecológicos sino de valores secundarios, estos últimos obtenidos por la explotación de esos ecosistemas.

### *3.2 Enfoque integral de la criticalidad*

Existen dos tipos de criticalidad, una basada en la perspectiva ecocéntrica, es decir, cuáles ecosistemas son los más importantes para mantener la integridad ambiental, enfocada principalmente a funciones de mantenimiento de la regulación y de hábitat y la otra antropocéntrica, es decir, qué servicios del ecosistema son los más importantes para nuestra supervivencia y bienestar y no pueden ser sustituidos, basada más en las funciones de producción e información de los ecosistemas naturales (De Groot *et al.*, 2003).

La determinación de criticalidad depende tanto de criterios ecológicos, como económicos, políticos y sociales (Mc Donald *et al.*, 1999) y los grados críticos dependen no solamente de estándares ecológicos sino que están relacionados con estándares de vida y riqueza relativa de un grupo particular, región o nación (Pearce, 1993).

Las definiciones anteriores se enfocan en la interpretación de criticalidad como recurso natural importante (esencial, vital). Sin embargo, hay otro aspecto de la criticalidad que relaciona el grado en que el capital natural es amenazado o vulnerable. Una forma particular de capital natural puede no mostrar ninguna de estas características (no crítico) o cualquiera de las dos. Así, el capital natural puede ser crítico porque es sumamente importante sin estar necesariamente amenazado o puede ser crítico porque se amenaza

sin ser 'vital' para el bienestar humano, o pueden ser ambos importantes y amenazantes (Ekins *et al.*, 2003b).

En este orden de ideas, el océano es en últimas el patrimonio de toda la humanidad, es vital para la sobrevivencia del hombre; de igual forma, no se puede desconocer el papel que desempeñan las aguas costeras recreativas como un recurso natural renovable que a su vez, se convierten en capital natural crítico porque allí se desarrollan múltiples procesos vitales, refleja el poder de producción de la naturaleza que soporta la mayoría de aspectos de la existencia humana y de los organismos vivos asociados. Además, las aguas costeras recreativas son altamente vulnerables porque se ubican en un ambiente ecológicamente frágil y están a merced de los procesos ambientales y climáticos que suceden en la isla.

Así las cosas, ambos enfoques de criticalidad expuestos son aplicables a las aguas costeras recreativas que por poseer funciones medioambientales tan complejas e interdependientes no sólo son importantes a nivel ecológico y/o funcional sino que su importancia trasciende a otras dimensiones propias del ser humano como la económica, política y social.

#### 4. MARCO CONCEPTUAL

Como instrumento de gestión ambiental para el manejo de las aguas costeras, se propone considerar las “aguas costeras recreativas” como capital natural crítico, ya que su deterioro instantáneamente afecta otros recursos tales como flora, fauna, aire, entre otros, pues es el substrato donde se desarrollan los complejos procesos biológicos y sus interrelaciones con otros ambientes.

Es importante tener en cuenta que las iniciativas que se realicen para la formulación de un plan de gestión ambiental de las aguas costeras en una isla pequeña como San Andrés, deberán estar enmarcadas dentro del término de manejo integrado y ser consecuentes con el plan de desarrollo territorial.

La delimitación de la zona costera es un reto porque no presenta un enfoque unificado sino que se utilizan varios criterios para lograr este propósito, lo cual permite cierta flexibilidad del sistema, que a su vez, se convierte en una ventaja por el hecho de incorporar aspectos nuevos o adaptar aquellos que no estaban inicialmente considerados a través de la participación activa de la comunidad valiéndose del conocimiento acumulado que posee de la región.

##### 4.1 *Manejo integrado de zona costera*

Aunque el concepto de manejo integrado de zona costera (MIZC) tiene ya más de 30 años, sólo hasta la cumbre de la tierra en 1992, fue acogido alrededor del mundo como el eje central organizativo y parte fundamental de la retórica de desarrollo sostenible en zonas costeras. A pesar de que existe una variedad de conceptos en torno a este tema, este en particular se diferencia de otras formas de planificación porque facilita la optimización de los beneficios económicos y sociales derivados del uso de los recursos naturales, donde el desarrollo sostenible depende de los recursos renovables generados por los ecosistemas costeros (Chua, 1993).

Como resultado, el MIZC es un proceso que une gobierno y comunidad, ciencia y manejo, intereses sectoriales e intereses públicos, en la elaboración e implementación de un plan integrado para protección y desarrollo de los ecosistemas y recursos costeros. El objetivo

general es mejorar la calidad de vida de las comunidades que dependen de los recursos costeros, manteniendo a su vez la diversidad y productividad biológica de esos ecosistemas. El proceso de MIZC proporciona el medio en el cual se discuten los problemas a escala local, regional y nacional y se negocia su dirección hacia el futuro. El concepto de un enfoque integrado de manejo de áreas costeras es intencionalmente amplio y tiene cuatro elementos (GESAMP, 1996):

- Geográfico: Toma en cuenta las interrelaciones e interdependencias (físicas, químicas, biológicas y ecológicas) entre los componentes terrestres, estuarinos, litorales y de mar adentro de las regiones costeras
- Temporal: Apoya la planificación e implementación de acciones de manejo dentro del contexto de una estrategia a largo plazo
- Sectorial: Toma en cuenta las interrelaciones entre los usos humanos de los recursos y áreas costeras así como los valores e intereses socioeconómicos asociados.
- Político/institucional: Provee la más amplia posibilidad de consulta entre gobierno, sectores económicos y sociales y comunidad durante y para el desarrollo de políticas, planificación, resolución de conflictos, y elaboración de regulaciones relacionadas a cualquier asunto que afecte el uso y la protección de áreas, recursos y atractivos costeros.

#### *4.2 Límites espaciales de la zona costera en San Andrés isla*

Idealmente, la frontera geográfica de una iniciativa de MIZC debe comprender una franja de costa y ecosistemas adyacentes que estén relacionados por características naturales comunes (climáticas, físicas, biológicas) y/o por la ocurrencia de actividades humanas particulares. Esto incluiría los sistemas terrestres que afecten o sean afectados significativamente por su proximidad al mar y los sistemas marinos afectados por su proximidad a la tierra; lo anterior implica fronteras que: (a) incluyen las áreas y actividades dentro de cuencas que afectan significativamente la costa, y (b) podrían, en ciertos casos, extenderse dentro del océano hacia el borde de la plataforma continental o la zona económica exclusiva (ZEE).

En la práctica, los límites de los primeros programas de MIZC son frecuentemente determinados por los asuntos claves que el programa selecciona como enfoque inicial.

Por ejemplo, un programa que inicialmente esté más preocupado en asuntos de erosión costera y desarrollo turístico podría razonablemente adoptar fronteras que son más angostas que las de un programa preocupado por la calidad del agua y las pesquerías.

No importa si el área bajo un programa de MIZC es pequeña o grande, lo importante es que los límites establecidos sean adecuados en función de la mayoría de las decisiones locales de manejo; esto, a pesar de que es bien sabido que varias decisiones y acciones de manejo pueden tomarse fuera de los límites locales, y de que si tales decisiones son hechas en los altos niveles políticos, por lo general tendrán gran significado en el área.

La cuestión de escala es particularmente importante para comunidades que dependen de la explotación de un recurso natural en un área particular, hecho que aplica perfectamente para la isla de San Andrés. Una vez que los requerimientos de la población excedan la productividad del ecosistema, se deberá considerar la necesidad de subsidios externos o de recursos alternativos. La opción es reducir la demanda de los recursos, ya que reducir la población con emigración rara vez es práctico (GESAMP, 1996).

Para permear la conceptualización del MIZC dentro del plan, se requiere enfatizarlo a un tema clave, en este caso se escogió el estado de la calidad de las aguas costeras con fines recreativos por la importancia que revisten para el desarrollo económico y social de la isla, entendiendo que el alcance del trabajo investigativo a nivel espacial abarca las aguas circundantes de San Andrés.

Un objetivo para la formulación del plan es proteger las aguas costeras de la contaminación de los mares y las actividades que se sabe disminuyen el estado químico y sanitario del agua o reducir su impacto. Esto es particularmente válido para zonas costeras como la isla de San Andrés que contiene tipos de hábitat que sirven como áreas de interfase tierra mar tales como manglares y pastos marinos que son importantes filtros para atenuar la contaminación marina a fin de mantener un nivel adecuado de calidad del agua para la comunidad en general y los ecosistemas costeros existentes en áreas vecinas.

Siendo así, es fundamental armonizar el plan dentro de la reserva de biosfera del archipiélago, concebida para responder el cuestionamiento de cómo conciliar la

conservación de la diversidad biológica, la búsqueda de un desarrollo económico y social y el mantenimiento de valores culturales asociados. La reserva de biosfera cuenta con la mayor parte marina, a fin de consolidar un modelo de desarrollo a través de la participación comunitaria donde se pueden identificar mecanismos de administración de los recursos naturales y promover su aprovechamiento económico sostenible extendiéndolo a todo el sistema costero, al tiempo que se muestra la voluntad por iniciar procesos que conlleven al mejoramiento y la estabilidad del hombre con el desarrollo de prácticas tecnológicas innovadoras en medios marinos y costeros.

Asimismo, el plan en cuestión se vale del proceso ya adelantado de declaración de las áreas marinas protegidas en la isla que se definen como un “medio costero y/o marino geográfica y legalmente definido, en cuyo interior se desarrollan acciones integrales de manejo que garantizan su uso sostenible y la conservación de los recursos naturales presentes en el área”. El balance apropiado entre uso y preservación incrementa la permanencia a largo plazo del área protegida (reservas, santuarios, parques, etc.) ya que permite la solución de los conflictos que se presentan entre los usuarios de los recursos naturales. La condición de área marina protegida busca ratificar las bases conceptuales para un desarrollo sostenible mediante una planificación bien estructurada que resalte la importancia de la zona costera como un recurso valioso para las generaciones actuales y futuras.

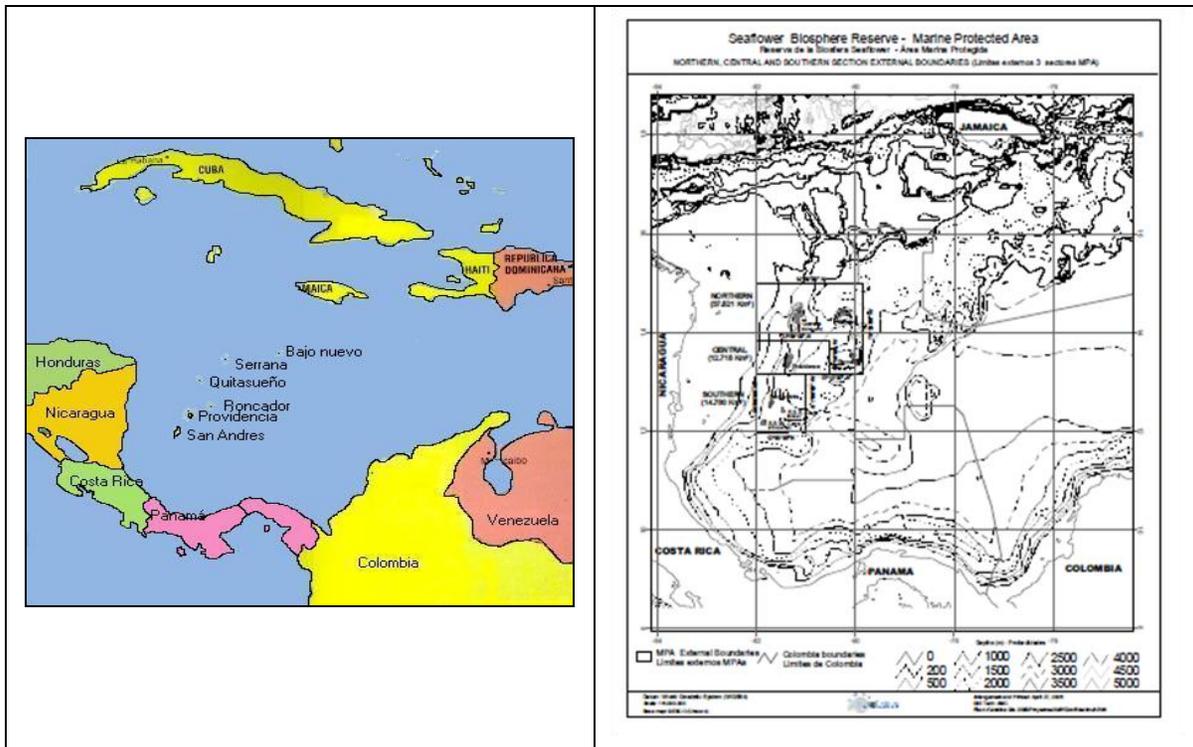
Más aún, el manejo de la porción marina de la reserva de biosfera se realiza bajo el marco del área marina protegida; por tanto, el concepto de RB también hace parte de las áreas marinas declaradas. Además algunos de los ecosistemas estratégicos marinos e insulares (como manglares y pequeños islotes y arrecifes) fueron declarados como parques regionales y tienen en cuenta los conceptos de conservación y uso sostenible de la oferta ambiental que brinda cada una de las áreas protegidas.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 Área de estudio

La isla de San Andrés está localizada en el occidente del mar Caribe (**Figura 1 a**), a unos 800 km de la costa Colombia y a 150 km de Nicaragua. Es la isla mayor del archipiélago colombiano de San Andrés, Providencia y Santa Catalina y tiene una longitud de 12,5 km, una anchura máxima de 3 km y una superficie aproximada de 27 km<sup>2</sup>. Corresponde a una isla de tipo oceánico, pues se halla separada de la plataforma más cercana por profundidades superiores a los 1000 m (Díaz *et al.*, 1995). La isla se encuentra ubicada dentro del sector 1 (sur) del AMP que tiene una extensión total de 14780 km<sup>2</sup> (**Figura 1 b**).

Por su centro corren dos pequeñas colinas con elevaciones máximas de 86 m.s.n.m sobre el nivel del mar. Las zonas adyacentes a la línea de costa son generalmente planas, con elevaciones no mayores de 5 metros (IGAC, 1986; INGEOMINAS, 1996).



**Figura 1 a.** Localización de San Andrés isla. Fuente: Plan de manejo de la reserva de biosfera, 2000.

**Figura 1 b.** Área marina protegida Seaflower archipiélago de San Andrés, Old Providence y Santa Catalina. Fuente: Plan de manejo integrado del área marina protegida parte I, 2003.

## 5.2 Modelo conceptual

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se construyó un modelo conceptual (**Figura 2**) que se constituyó en la herramienta principal para el desarrollo de esta investigación, la cual involucra las fases de diagnóstico y formulación que aparecen dentro de la propuesta. La fase de implementación deberá ser ejecutada en cuanto existan las condiciones políticas, económicas y sociales adecuadas y se integre la propuesta dentro del desarrollo sectorial y regional de la isla a través de instrumentos de planificación eficaces.

Este modelo pretende mostrar los pasos metodológicos que conllevan a plantear elementos para el plan de gestión ambiental y tiene en cuenta varios campos de acción (técnico-científico, administrativo-financiero y educativo-cultural) para que su visión sea global e integradora. Además, se nutre de las etapas del MIZC (UNESCO, 2006) que le confiere un soporte estructurado y práctico para que su implementación pueda ser una realidad. Entre las etapas del MIZC se citan:

- Identificación preliminar: se enfoca el proceso a las condiciones iniciales y la factibilidad del mismo, esta etapa corresponde al diagnóstico dentro del modelo conceptual con la obtención de los mapas de calidad de las aguas costeras.
- Preparación del proceso de manejo y planeación: Busca la preparación del plan de manejo basado en los principios, metas y objetivos del MIZC. Lo fundamental de esta etapa es hacer explícito los hechos básicos de los actores con relación a su participación en las decisiones y contribución al proceso a través de la construcción de actividades y operaciones, coincide con la fase de formulación de plan cuyo instrumento primordial fue la realización del taller con la participación de actores claves y expertos que trabajan en el tema.
- Consolidación, replicación y expansión: Comprende la institucionalización de una serie de mecanismos para la implementación del proceso de MIZC seguido de la adopción formal del plan con la organización de las actividades y participación de actores. Corresponde a la fase de implementación del plan propiamente dicho por parte de las instituciones responsables y actores del proceso.

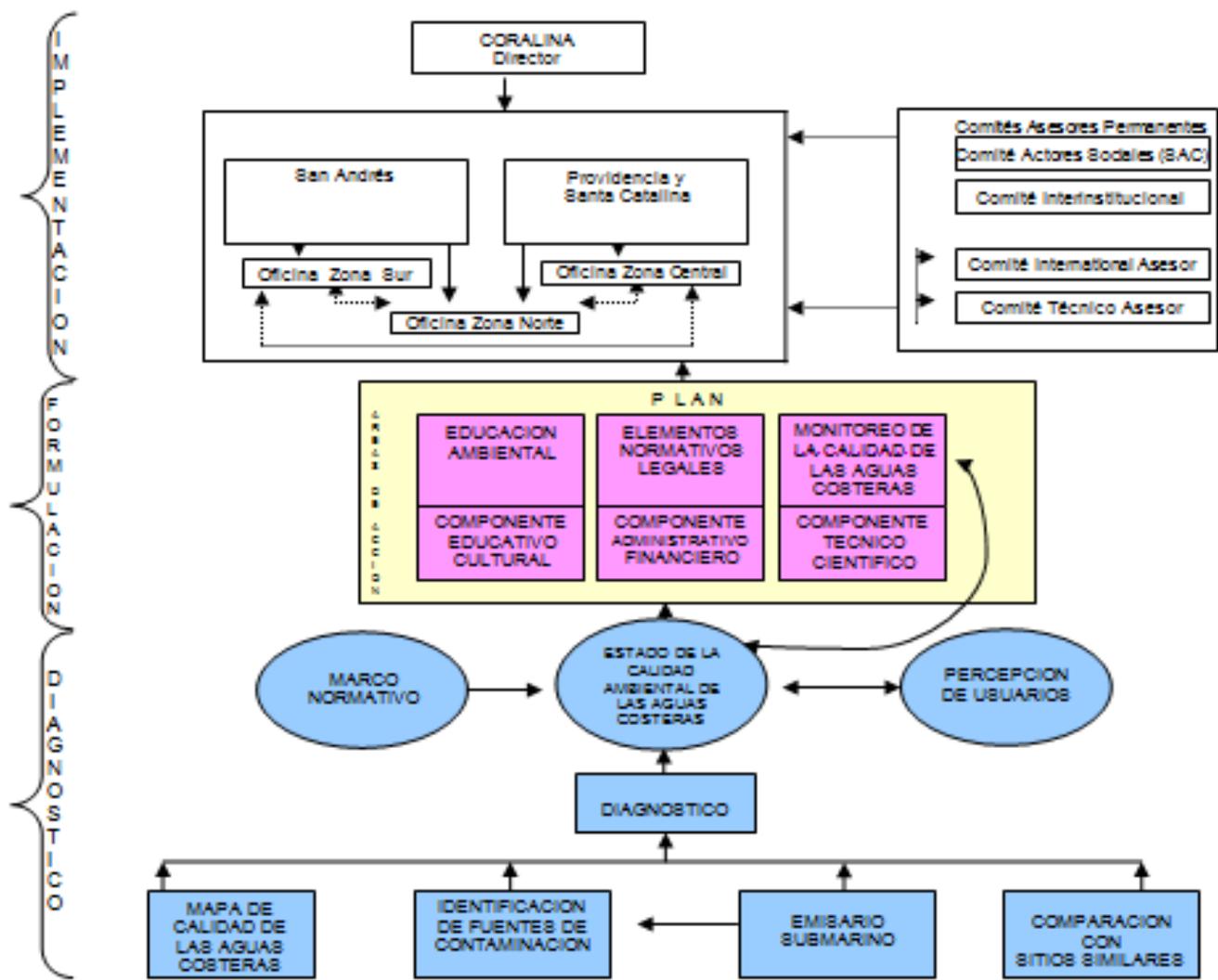


Figura 2. Modelo conceptual para el desarrollo de la propuesta del plan.

### 5.3 Fase de diagnóstico

#### 5.3.1 Mapas de calidad

Se revisó la información histórica de los monitoreos sistemáticos de borde costero realizados por CORALINA en la isla de San Andrés entre los años 2001 a 2008 con el fin de elaborar los mapas de calidad de las aguas costeras recreativas con base en la legislación colombiana actual y guías de islas caribeñas.

Los datos históricos se obtuvieron a partir del análisis en el laboratorio de muestras de agua que se colectaron de forma superficial, a una distancia de línea de costa de 60 m y se envasaron para el caso de los análisis microbiológicos en frascos estériles de vidrio borosilicato con tapa rosca de 500 ml y en frascos plásticos para los análisis fisicoquímicos cumpliéndose con el período recomendado entre el muestreo y el análisis.

Se siguieron los procedimientos normalizados (APHA, 1995) para las variables relevantes en este estudio que corresponden a coliformes totales (CTS), coliformes fecales (CFS), demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), sólidos suspendidos totales (SST), amonio ( $NH_4$ ), nitratos ( $NO_3$ ) y fósforo soluble ( $PO_4$ ). Otras variables como nitritos, pH, conductividad, salinidad, oxígeno y temperatura no fueron consideradas para la elaboración de los mapas porque los valores intertemporales e interanuales no mostraban diferencias significativas.

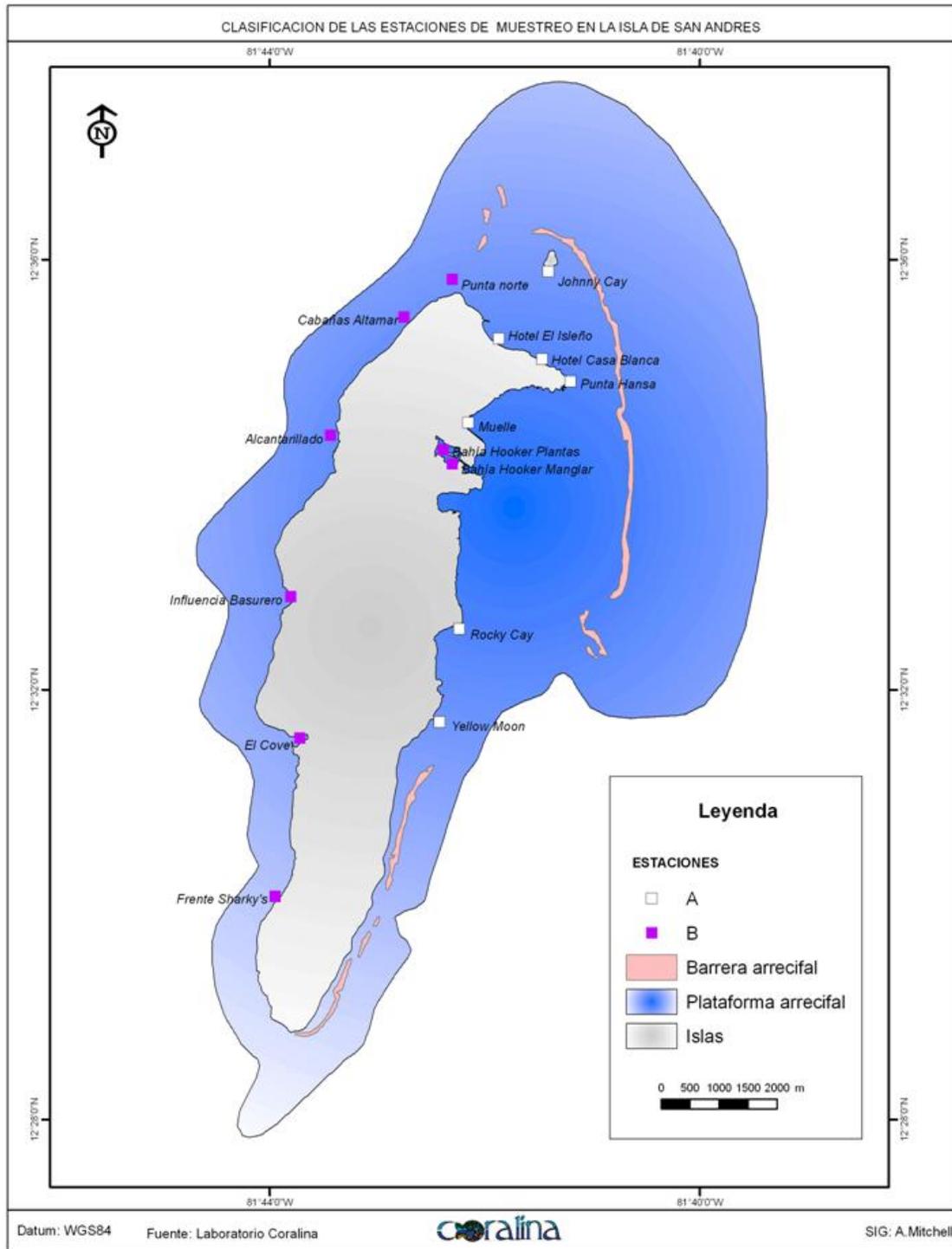
Las estaciones de muestreo de la red de monitoreo sistemático fueron seleccionadas con base en la presencia de vertimientos de aguas residuales (que aportan gran cantidad de material contaminante sobre las aguas) y a los usos otorgados al recurso costero como actividades turísticas, comerciales y de tráfico marítimo (**Tabla 1**).

Los puntos de muestreo se clasificaron en tipo A, aquellas destinadas directamente para recreación por contacto primario y secundario y tipo B, aquellas indirectamente relacionadas con este fin (**Figura 3**).

**Tabla 1.** Características principales de la estaciones de muestreo de la red del monitoreo sistemático en San Andrés isla.

Fuente: SIG CORALINA, 2010.

ESTACION	DESCRIPCION	COORDENADAS GEOGRAFICAS
Punta Hansa	Playa pequeña de 53 m de longitud, ubicada al norte de la isla con presencia de hoteles a su alrededor.	N 12° 34' 52" W 81° 41' 12"
Hotel El Isleño	Playa ubicada al nororiente con una longitud 690 m, posee aguas cristalinas por lo cual es altamente visitada por residentes y turistas, se encuentra en la zona hotelera de la isla.	N 12° 35' 16" W 81° 41' 52"
Yellow Moon	Bahía cerrada ubicada en la parte nororiental, tiene una playa de 20 m de largo, se encuentra en el sector residencial del San Luis.	N 12° 31' 42" W 81° 42' 25"
Rocky Cay	Playa ubicada al nororiente de la isla con una longitud de 356 m, presenta actividad turística y afluencia de residentes.	N 12° 32' 34" W 81° 42' 14"
Muelle San Andrés	Playa que presenta una longitud de 150 m, la mayoría de usuarios provienen del barrio Los Almendros que se encuentra frente a este lugar. En este sector se desarrolla la actividad marítima de la isla.	N 12° 34' 29" W 81° 42' 09"
Johnny Cay	Cayo ubicado a dos kilómetros al norte de la isla, presenta una playa de 255 m de longitud, hay alta afluencia de visitantes en general. Se declaró parque natural regional desde agosto de 2001.	N 12° 35' 54" W 81° 41' 24"
Hotel Casablanca	Playa ubicada en la parte nororiental, presenta una longitud de 100 m de largo, se encuentra en la zona turística y comercial de la isla.	N 12° 35' 5" W 81° 41' 28"
Punta Norte	Estación ubicada en la parte norte de la isla, colinda con barrios residenciales y no tiene sustrato arenoso.	N 12° 35' 49" W 81° 42' 18"
Cabañas Altamar	Se encuentra en el lado noroccidental, no tiene una playa como tal y está rodeada de barrios residenciales.	N 12° 35' 28" W 81° 42' 45"
Alcantarillado	Anteriormente en este lugar, se realizaba la descarga del efluente del alcantarillado. En la actualidad se encuentra el sistema del emisario submarino.	N 12° 34' 22" W 81° 43' 26"
El Cove	Bahía ubicada en la parte noroccidental, posee un área de 29.770 m <sup>2</sup> , presenta influencia por la actividad naval de la isla ya que es el lugar donde atracan los grandes buques de la Armada Nacional. No tiene un sustrato arenoso.	N 12° 31' 33" W 81° 43' 43"
Bahía Hooker Manglar	Bahía cerrada que presenta un área total de 125.176 m <sup>2</sup> , tiene poco recambio con aguas marinas propiamente dichas. Se encuentra bosques de manglar y es lugar de paso de especies migratorias.	N 12° 34' 06" W 81° 42' 18"
Bahía Hooker Plantas	Existe marcada influencia del barrio aledaño que vierte los residuos sólidos y líquidos a la bahía. Además, presenta problemas de residuos oleosos por la influencia de plantas termoeléctricas retiradas hace más de diez años.	N 12° 34' 14" W 81° 42' 23"
Influencia Basurero	Lugar ubicado en el noroccidente de la isla frente al relleno sanitario e influenciado por barrios residenciales.	N 12° 32' 52" W 81° 43' 48'
Frente Sharky's	Estación ubicada en la parte suroccidental de la isla, se desarrollan actividades de buceo. Se considera el punto de control de la red de monitoreo sistemático.	N 12° 30' 5" W 81° 43' 57"



**Figura 3.** Clasificación de las estaciones de muestreo en la isla de San Andrés. Fuente: SIG CORALINA, 2010.

La obtención de los mapas incluyó el desarrollo de pasos previos como:

- *Construcción de escenarios*

Se determinó la construcción de 3 escenarios diferentes (estricto, normativo y permisivo) de acuerdo con la legislación colombiana existente y guías de islas caribeñas para determinar la robustez de los datos y su variación en condiciones diferentes.

Inicialmente, se construyó una escala de valoración de contaminación individual en donde se establecieron rangos en 4 categorías similares a la escala indicativa del grado de contaminación como criterio para la evaluación de la calidad de las aguas marinas colombianas de INVEMAR, sin embargo este trabajo considera que siempre existe una contaminación residual o remanente del recurso, de allí que la categoría mínima sea baja contaminación - B y no propiamente la categoría de no contaminado y se identifica con color verde, la segunda indica contaminación media - M y se representa de color amarillo, la tercera significa contaminación alta - A y se identifica con color anaranjado y la última muestra una contaminación muy alta - MA y es de color rojo (**Tabla 2**).

**Tabla 2.** Escenarios propuestos en la escala de valoración de contaminación individual. CTS: coliformes totales, CFS: coliformes fecales, DBO<sub>5</sub>: demanda bioquímica de oxígeno, SST: sólidos suspendidos totales, NH<sub>4</sub>: amonio, NO<sub>3</sub>: nitratos, PO<sub>4</sub>: fósforo soluble, B: baja contaminación, M: media contaminación, A: alta contaminación, MA: muy alta contaminación

Escenario	Categoría	RANGOS						
		CTS (NMP/100 ml)	CFS (NMP/100 ml)	DBO <sub>5</sub> (mg/l)	SST (mg/l)	NH <sub>4</sub> (µg/l)	NO <sub>3</sub> (µg/l)	PO <sub>4</sub> (µg/l)
Estricto	B	0-2	0-2	< 0.5	0-1	< 10	< 10	< 10
	M	3-19	3-19	0.5-0.8	2-3	10-15	10-50	10-17
	A	20-500	20-100	0.9-1.2	4-5	16-20	51-100	18-25
	MA	> 500	> 100	> 1.2	> 5	> 20	> 100	> 25
Normativo	B	0-2	0-2	< 0.5	0-1	< 10	< 10	< 10
	M	3-19	3-19	0.5-1.0	2-4	10-25	10-120	10-17
	A	20-1000	20-200	1.0-2.0	5-8	26-50	121-240	18-25
	MA	> 1000	> 200	> 2.0	> 8	> 50	> 240	> 25
Permisivo	B	0-20	0-20	0.4-1.0	0-10	0-50	10-120	0-25
	M	21-2000	21-400	1.1-4.0	11-20	51-100	121-240	26-50
	A	2001-5000	401-700	4.1-7.0	21-30	101-150	241-360	51-75
	MA	> 5000	> 700	> 7.0	> 30	> 150	> 360	> 75

El escenario tipo normativo incluyó la definición de rangos teniendo como referencia los valores del decreto 1594 de 1985 (decreto guía) para las variables microbiológicas (coliformes totales y coliformes fecales) y guías de islas caribeñas similares a San Andrés como el reporte Meynell para nitratos, amonio, fósforo soluble y DBO<sub>5</sub> y el criterio sugerido por Hunte para SST (Atherley, 1986).

De igual manera, el escenario permisivo se realizó con la ampliación de los rangos del escenario normativo teniendo en la categoría media como límite superior aproximadamente el doble del valor permisible dados en el decreto guía y en las guías de islas caribeñas similares a San Andrés y por el contrario, el estricto se hizo limitando los rangos del normativo y teniendo en el límite superior de la categoría alta aproximadamente la mitad del valor permisible dados por el decreto guía y guías caribeñas similares a San Andrés. Para establecer los límites inferiores se tuvieron en cuenta algunos criterios adicionales como límite de detección del método, valores mínimos encontrados por variable dentro de la serie de datos históricos, entre otros.

- *Ponderación univariada y multivariada*

Debido a que en la base de datos históricos se observaron valores extremos, fue necesario utilizar las frecuencias o el número de veces de cada valor que se encontraba dentro de uno de los rangos construidos en vez del valor propiamente dicho ya que al hacer el cálculo total por variable en cada estación se tendría que utilizar el promedio aritmético, que no refleja la situación real por el sesgo que generan los datos muy distantes entre sí.

Una vez obtenidas las frecuencias para cada uno de los rangos establecidos por variable en cada una de las estaciones, se calculó su valor porcentual dentro del número total de datos observados en la ventana de tiempo. La ponderación univariada es el mayor porcentaje en cada estación por variable que recae en una de las categorías dentro de la escala de contaminación individual propuesta y presenta un valor porcentual y una calificación cualitativa que indica el grado de contaminación.

Posteriormente, se diseñó una escala de valoración de contaminación general en la que se identificó el estado de la calidad del agua por estación de muestreo con el análisis del

conjunto de variables indicadoras seleccionadas. Se estableció 100 puntos como valor máximo y 0 puntos como valor mínimo, esta escala se diseñó con base en la lógica de la calificación cualitativa, por ejemplo, un grado de contaminación media equivale a 50 de 100 puntos y más de 50 puntos ya corresponde a una contaminación alta (**Tabla 3**).

**Tabla 3.** Escala de valoración de contaminación general.

B: baja contaminación, M: media contaminación, A: alta contaminación, MA: muy alta contaminación

Rangos	Categoría
0-25	B
26-50	M
51-75	A
76-100	MA

Es de anotar que esta escala fue construida bajo el principio de precaución ya que siempre existe un margen de incertidumbre en el tratamiento de los datos y es preferible ser más restrictivos en este sentido. Esto significa que valores incluso de 0 puntos recaen en la categoría de nivel bajo de contaminación en vez de ausencia de contaminación como se propone en otras escalas.

Para la ponderación multivariada, se tomó la calificación cualitativa de la ponderación univariada que indica el grado de contaminación de cada una de las variables seleccionadas por estación y se convirtió en una medida cuantitativa tomando como dato el límite superior del rango correspondiente en la escala de valoración de contaminación general y se aplicó a una fórmula que expresa la sumatoria de las ponderaciones univariadas por el peso relativo de cada variable por estación con base en un estudio donde se definieron los porcentajes de aceptación de los indicadores de la calidad química y sanitaria de las aguas costeras (INVEMAR, 1999).

Los porcentajes asignados para las variables de coliformes totales, coliformes fecales, DBO<sub>5</sub> y SST poseen un valor de 20% cada uno. Los nutrientes nitrogenados como amonio y nitratos se les otorgó un valor de 5% cada uno y fósforo soluble, un valor de 10%, para de esta forma completar el 100%.

La fórmula propuesta para la ponderación multivariada corresponde a:

$$PM = \sum PUCTS * 0,20 + PUCFS * 0,20 + PUSST * 0,20 + PUDBO_5 * 0,20 + PUNH_4 * 0,05 + PUNO_3 * 0,05 + PUPO_4 * 0,10$$

Donde

PM: Ponderación multivariada

PUCTS: Ponderación univariada de coliformes totales

PUCFS: Ponderación univariada de coliformes fecales

PUSST: Ponderación univariada de sólidos suspendidos totales

PUDBO<sub>5</sub>: Ponderación univariada de demanda bioquímica de oxígeno

PUNH<sub>4</sub>: Ponderación univariada de amonio

PUNO<sub>3</sub>: Ponderación univariada de nitratos

PUPO<sub>4</sub>: Ponderación univariada fósforo soluble

Después de aplicar la fórmula matemática, los resultados obtenidos en cada escenario se compararon con la escala de valoración global y las estaciones de muestreo fueron señalizadas en los mapas con el color respectivo de acuerdo con su ponderación multivariada.

### 5.3.2 Fuentes de contaminación

Se realizaron 4 visitas a campo entre los meses de octubre y noviembre para identificar las principales fuentes de contaminación que afectan la zona costera en la isla de San Andrés y en especial, sobre las áreas destinadas para fines recreativos.

El emisario submarino es la mayor fuente puntual de contaminación sobre la zona costera; el sistema inició su funcionamiento en el mes de agosto de 2007 de acuerdo al permiso otorgado por la autoridad ambiental CORALINA mediante la Resolución No 423 de 2007, documento que incluye los detalles del diseño actual del sistema.

Para la evaluación de los resultados realizados por el operador privado PROACTIVA S.A, referente a los monitoreos de calidad de las aguas circundantes al emisario, se tomaron los datos del año 2008 excepto el mes de agosto cuyo muestreo no fue desarrollado bajo las mismas condiciones.

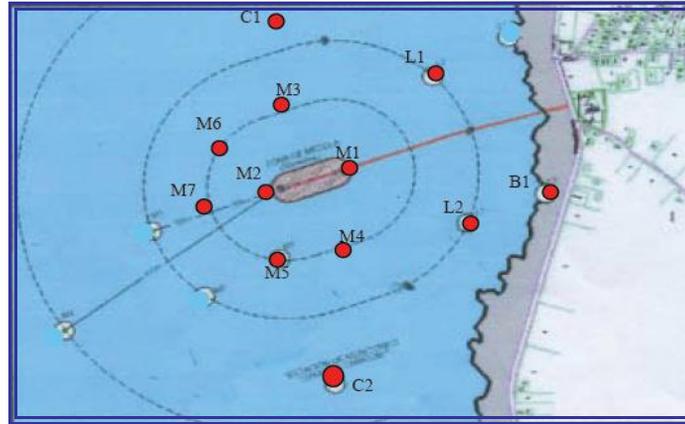
La red de monitoreo está compuesta por 12 estaciones de muestreo (**Figura 4**) definidas como:

Borde (B), la ubicación del punto de la zona costera es de 100 m desde el eje de la conducción

Litoral o intermedia (L), se encuentran a 125 m de la línea de costa, separados entre sí a 50 m

Control o de referencia (C), una estación se encuentra al norte a 200 m y la otra al sur

Zona de mezcla (M), se encuentran sobre los difusores (inicial y final) separados 50 m entre sí



**Figura 4.** Zona del emisario submarino con las estaciones de muestreo.

Fuente: SIG CORALINA, 2007.

Adicionalmente, se cuenta con los datos de la estación de bombeo No 3 donde únicamente se realiza un cribado de los sólidos suspendidos más gruesos antes del vertimiento a través del emisario.

Las muestras se colectaron a tres profundidades, superficial (0 m), media (5 m) y profunda (10 m) excepto las de borde - B y litoral - L, que se toman únicamente de forma superficial. Las muestras de la estación de bombeo No 3 fueron colectadas mediante muestreo compuesto por un período de 24 horas.

#### 5.4 Percepción de usuarios

Se realizaron una serie de encuestas en el mes de noviembre de 2009 a lo largo de todas las playas para evaluar la percepción de los usuarios frente al estado de calidad de las aguas costeras recreativas y la importancia que revisten para el desarrollo de la isla. Los usuarios potenciales del recurso hídrico costero comprenden las personas residentes y los turistas que visitan San Andrés (**Anexos 1 y 2**).

Con el fin de calcular el tamaño de muestra para los turistas, se aplicó una fórmula ampliamente utilizada en ciencias económicas (Hernández *et al.*, 1998) teniendo en cuenta un promedio de visitas de 364.375 turistas al año, cifra suministrada por la secretaría de turismo departamental para el período 1990-2007 y con una varianza muestral de 0.25, este tamaño de muestra arroja resultados con un error máximo de estimación de 5%. Después de aplicar la fórmula se obtuvo una población muestral de 100 turistas. Para el caso de los residentes se utilizó la misma fórmula pero con el valor de la población de la isla reportada según el censo del año 2005 (67.763 habitantes) y se obtuvo una población muestral de 100 residentes<sup>1</sup>.

### 5.5 Fase de formulación

Para tener herramientas de base en la formulación del plan de gestión ambiental de las aguas costeras en la isla, se realizó un taller los días 7 y 8 de octubre de 2009 con expertos en la temática (**Anexo 3**) con el fin de dar lineamientos concretos para la formulación del plan tendiente a identificar y reducir los impactos provenientes de la zona terrestre o del mar, que están afectando la calidad y uso de las aguas costeras y el estado de salud de los ecosistemas asociados.

Este taller tuvo como principal objetivo reunir a los participantes en un ambiente académico y profesional para que bajo un marco metodológico claramente concebido adelantasen un proceso de reflexión y pensamiento alrededor de la pregunta central. Así mismo se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar los factores que actualmente afectan la calidad de las aguas costeras recreativas en la isla de San Andrés
2. Identificar las acciones necesarias para mejorar la calidad de las aguas costeras recreativas en la isla de San Andrés
3. Priorizar las acciones planteadas que sirvan para la formulación de un plan de gestión ambiental de las aguas costeras en la isla de San Andrés

---

<sup>1</sup> La fórmula propuesta por Hernández *et al.*, 1998 determina el tamaño de la muestra,  $n = n' / 1 + (n'/N)$ , donde  $n'$  es el tamaño de la muestra sin ajustar y se calcula dividiendo la varianza muestral ( $s^2$ ) entre la varianza de la población o el cuadrado del error estándar ( $e^2$ ) y  $N$  es el tamaño de la población, que para calcular el tamaño de la población muestral de turistas se emplea la población de turistas por año y para el cálculo del tamaño de la población muestral de residentes se utiliza el dato de la población residente según el censo más reciente.

#### 4. Construir las tareas con una visión prospectiva del plan de gestión ambiental de las aguas costeras en la isla de San Andrés

El taller se llevó a cabo bajo la metodología de diálogo integrador prospectivo propuesta por el profesor Giovanni Muñoz, con el objetivo de propiciar el diálogo entre personas expertas en el tema marino y costero y la integración de su conocimiento en factores estratégicos, identificando las acciones que tienen incidencia en el futuro inmediato y de mediano plazo en la gestión de las aguas costeras recreativas en la isla de San Andrés.

Esta metodología aglutina diferentes técnicas de proyección, diálogo y construcción de acuerdos basados en la información disponible y en la experticia y percepción de los participantes bajo una línea conductiva que privilegia el consenso posterior al debate argumentado y a la reflexión individual y grupal en torno al tema del manejo de las aguas costeras recreativas para mejorar su calidad, planteado en forma de pregunta.

Con esta metodología se buscó identificar factores emergentes capaces de generar el mayor impacto económico y social al momento de diseñar un plan de acción de largo plazo identificando de forma individual y grupal los factores claves del entorno y del objeto central de la discusión, en este caso el manejo sostenible de las aguas costeras recreativas. Los momentos metodológicos del taller fueron:

- *Contextualización previa al taller*

Este momento se dio previo al inicio del taller y comprendió la difusión de material bibliográfico referente al trabajo investigativo en donde se presenta el estado actual de la calidad de las aguas costeras recreativas. Adicionalmente, para contextualizar el tema de interés se realizó como primera actividad dentro del taller propiamente dicho un ciclo de conferencias de expertos en los tópicos de calidad de aguas costeras recreativas y manejo integrado costero.

- *Identificación de factores*

Los participantes se reunieron en torno a una pregunta guía concreta y a los elementos de análisis propuestos por los facilitadores. La pregunta que guio la discusión fue: *¿Cuáles son los factores que están afectando el estado de las aguas costeras recreativas en la isla*

de San Andrés. Con base en esta pregunta se pidió a los participantes definir una lista de factores de incidencia en la calidad de las aguas costeras recreativas, con base en los siguientes elementos de análisis:

1. Reserva de biósfera Seaflower
2. Áreas marinas protegidas
3. Actividad turística
4. Servicios ambientales/contemplación, recreación, amenidad, soporte de vida
5. Desarrollo económico y social de la isla
6. Manejo integrado costero
7. Calidad ambiental del recurso marino y costero
8. Ecosistemas estratégicos relacionados con el recurso marino y costero
9. Impactos terrestres por actividades humanas
10. Capital natural crítico
11. Normatividad

Inicialmente los participantes se organizaron en grupos interinstitucionales, los cuales esbozaron los primeros factores de base para guiar el desarrollo del taller. Los resultados fueron consolidados en plenaria y revisados en un trabajo grupal posterior.

La siguiente etapa de aplicación metodológica consistió en redistribuir los participantes en un total de 4 grupos con el ánimo de revisar los últimos resultados a la luz de los resultados de la anterior ronda plenaria. Dado el carácter del grupo y el hecho que ya existía un acuerdo general sobre cuáles eran los factores, se realizó una nueva ronda, para llegar a consensos de mayor cohesión etimológica en los nombres y definiciones de los factores.

- *Identificación de acciones*

Considerando las definiciones finales producto del último consenso, se redistribuyó a los participantes en nuevos grupos quienes procedieron a enunciar en promedio 3 acciones encaminadas a promover la planeación y ejecución de cada factor; éstas se socializaron con el objetivo de unificar las propuestas coincidentes pero sin realizar debates en torno a la viabilidad de cada acción enunciada ya que el último paso correspondería a la

calificación individual de la importancia y la gobernabilidad (IGO) de las acciones enunciadas.

- *Priorización de acciones*

Finalmente, en la segunda jornada, se refinaron las acciones y se realizaron las calificaciones de “importancia” y “gobernabilidad” para cada acción.

Para la calificación de importancia cada grupo debía distribuir 100 puntos entre las acciones correspondientes a cada factor, bajo el criterio de dar mayor puntaje a la acción que considerarán más relevante para cumplir con el objetivo enunciado en cada uno de ellos. Por otra parte, la calificación de gobernabilidad se hizo considerando una escala de 1 a 10, siendo 10 la mayor calificación, sin interdependencia entre las acciones y teniendo como criterio evaluar la posibilidad que tienen las diferentes entidades presentes en el taller en inferir directamente en la ejecución de cada una de las acciones planteadas

En la fase final y teniendo como base el promedio aritmético de las calificaciones dadas por los grupos a cada acción con respecto a los ejes de importancia y gobernabilidad, se ubicó cada una de éstas en un plano cartesiano.

Con base en los promedios generales de importancia y gobernabilidad, se trazan ejes de corte que delimitan 4 regiones donde se ubican las acciones acorde con los valores de sus promedios específicos (**Figura 5**).



**Figura 5.** Esquema de las 4 regiones delimitadas por los promedios de las calificaciones de importancia y gobernabilidad. Fuente: Profesor Giovanni Muñoz, 2009

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Fase de diagnóstico

#### 6.1.1 Mapas de calidad

Después del tratamiento de los datos históricos y la aplicación de la metodología propuesta, se obtuvieron los resultados que evalúan la calidad de las aguas costeras en la isla de San Andrés con su respectiva categorización de acuerdo con el grado de contaminación encontrado (**Tabla 4**) en cada una de las estaciones de muestreo dentro de los 3 escenarios propuestos para la posterior construcción de los mapas de calidad (**Figuras 6-8**).

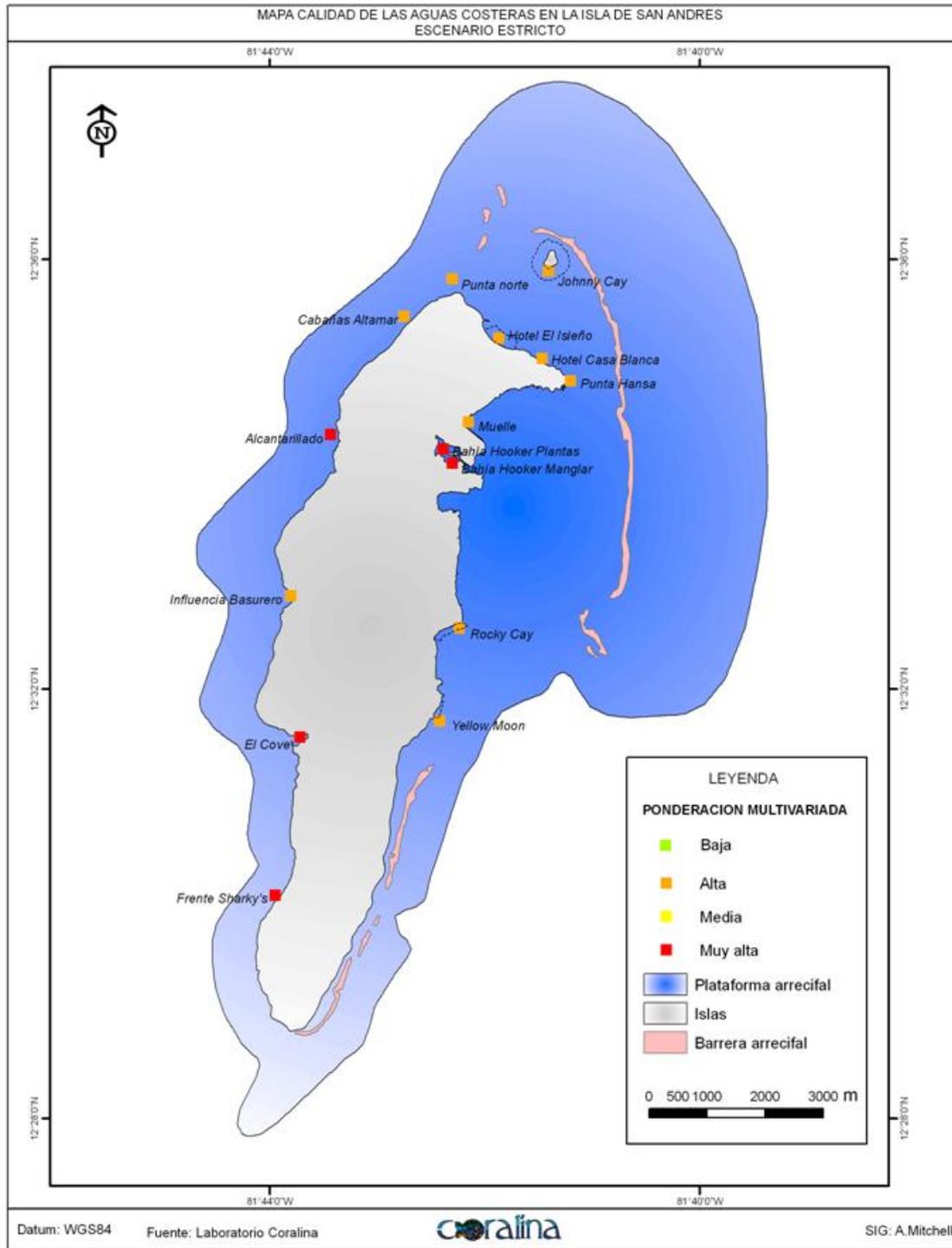
**Tabla 4.** Estado de la calidad de las aguas costeras en tres escenarios posibles en San Andrés isla. B: baja contaminación, M: media contaminación, A: alta contaminación, MA: muy alta contaminación, PM: Ponderación Multivariada

Estación	Escenario Estricto		Escenario Normativo		Escenario Permisivo	
	PM	Categoría	PM	Categoría	PM	Categoría
Punta Hansa	64	A	56	A	25	B
Hotel Isleño	60	A	41	M	23	B
Yellow Moon	74	A	66	A	25	B
Rocky Cay	64	A	56	A	25	B
Muelle San Andrés	74	A	66	A	35	M
Jhonny Cay	74	A	65	A	25	B
Casablanca	69	A	61	A	25	B
Punta Norte	59	A	51	A	25	B
Cabañas Altamar	74	A	56	A	30	M
Alcantarillado	93	MA	83	MA	48	M
El Cove	89	MA	71	A	38	M
Bahía Hooker (manglar)	99	MA	98	MA	58	A
Bahía Hooker (plantas)	99	MA	98	MA	63	A
Influencia Basurero	69	A	61	A	25	B
Frente Sharky's (control)	79	MA	70	A	25	B

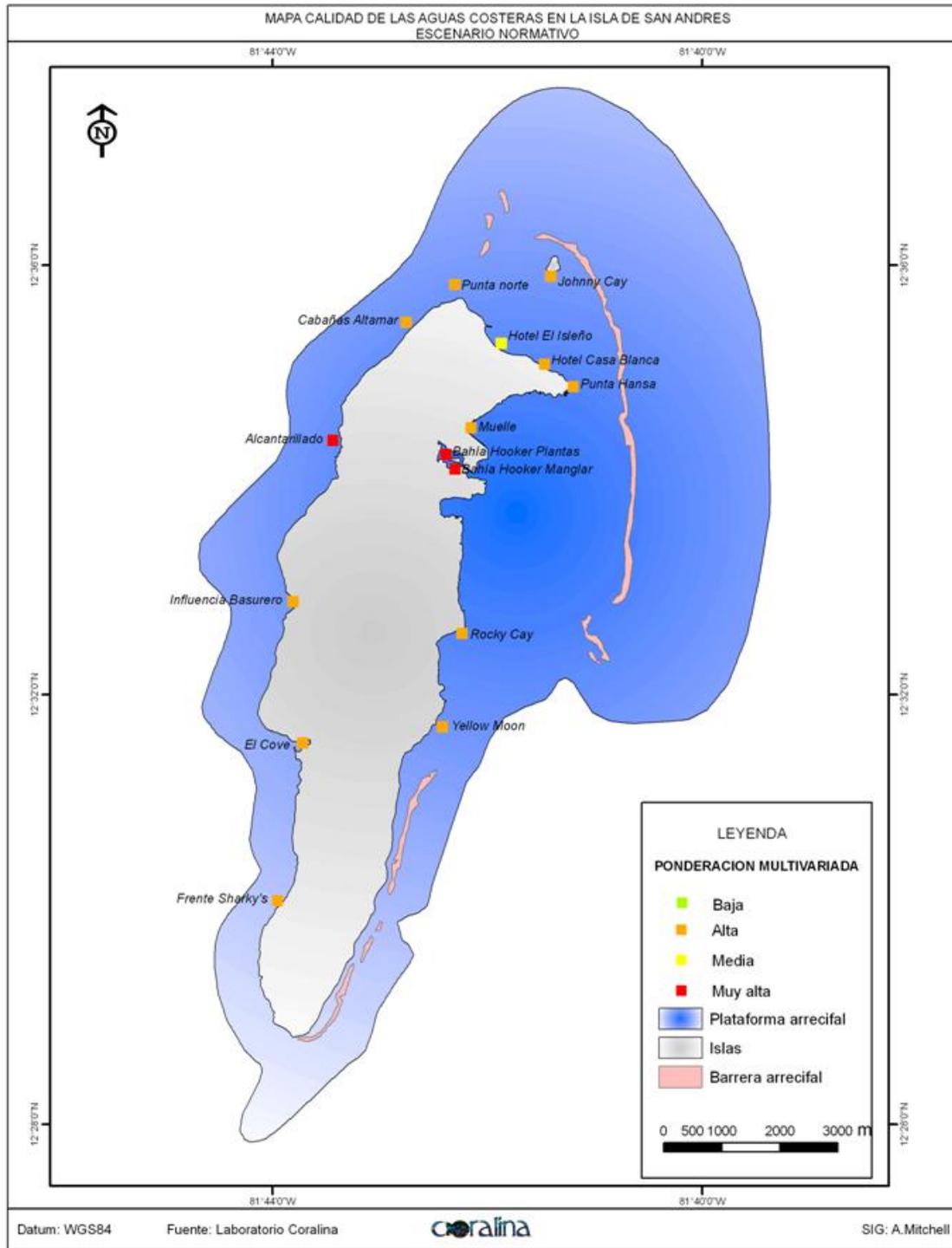
En el escenario normativo, la única playa que arrojó contaminación media fue la ubicada frente al hotel Isleño mientras que las otras estaciones tipo A arrojaron contaminación alta. Las zonas clasificadas como tipo B mostraron resultados que van de alta contaminación a muy alta contaminación.

En el escenario estricto la situación evidenció problemas de contaminación en zonas donde los impactos ambientales son constantes y se encuentran bien identificados como el caso de bahía Hooker, bahía El Cove y zona de influencia del emisario submarino (alcantarillado). La estación frente Sharky's presentó muy alta contaminación por lo que es necesario reevaluar este punto de muestreo como control dentro de la red de monitoreo.

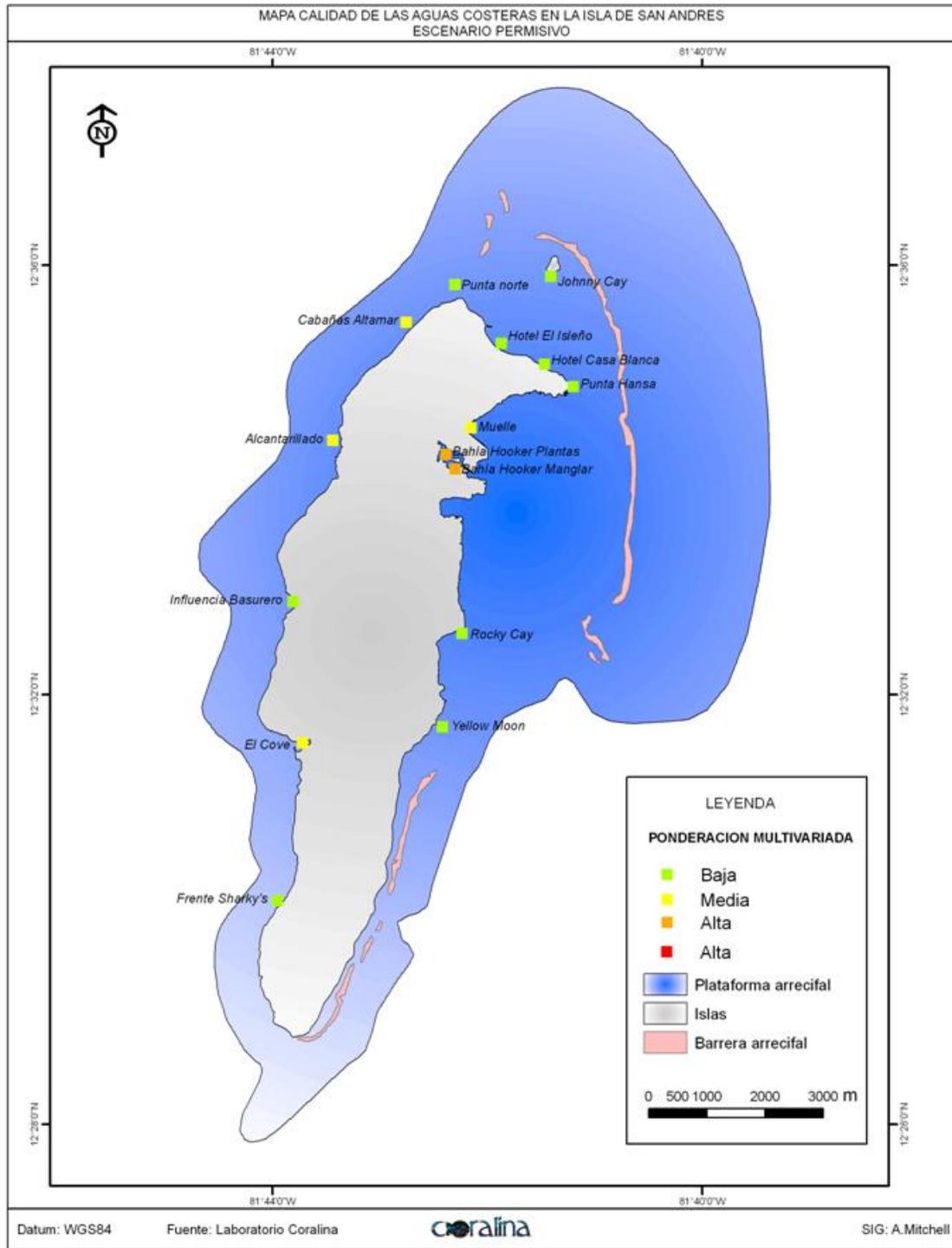
En el escenario más flexible o permisivo la mayoría de estaciones tipo A presentaron baja contaminación excepto la estación muelle San Andrés que arrojó contaminación media. Las estaciones tipo B arrojaron en su mayoría resultados de baja a media contaminación con excepción de las 2 estaciones ubicadas en bahía Hooker cuyos resultados mostraron alta contaminación denotando la baja calidad de los cuerpos de agua costeros en este lugar.



**Figura 6.** Estado de la calidad de las aguas costeras. Escenario estricto. Fuente: SIG CORALINA, 2010



**Figura 7.** Estado de la calidad de las aguas costeras. Escenario normativo. Fuente: SIG CORALINA, 2010



**Figura 8.** Estado de la calidad de las aguas costeras. Escenario permisivo. Fuente: SIG CORALINA, 2010

## 6.1.2 Fuentes de contaminación

En las visitas de campo se evidenciaron algunas amenazas que tienen diferentes causas en las porciones terrestres y marinas con consecuencias sobre la calidad de las aguas costeras recreativas siendo más notables en algunas áreas de la isla (**Tabla 5**).

**Tabla 5.** Potenciales fuentes de contaminación sobre las aguas costeras recreativas en San Andrés isla.

Origen	Amenazas	Causas de las amenazas	Consecuencias a la zona costera	Zonas de mayor afectación	Registros fotográficos
<b>Terrestre</b>	Sedimentación	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcciones en la zona costera</li> <li>Sobrepastoreo</li> <li>Quemas y talas</li> <li>Erosión</li> <li>Gullies intermitentes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Turbidez del agua</li> <li>Disminución de oxígeno en el agua</li> <li>Sofocamiento de corales, pastos, manglares</li> </ul>	norte nororiental noroccidental parte alta	
	Aguas residuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inadecuado manejo de pozos sépticos</li> <li>Falta de tratamiento previo al efluente del emisario submarino</li> <li>Baja cobertura del alcantarillado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación química y sanitaria de las aguas</li> <li>Enfermedades de transmisión hídrica</li> <li>Contaminación al acuífero</li> <li>Procesos de eutroficación</li> </ul>	norte nororiental noroccidental	
	Residuos sólidos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falta de separación de residuos sólidos en la fuente</li> <li>Falta de aprovechamiento de basuras</li> <li>Inadecuado manejo del relleno sanitario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Lixiviados que contaminan el agua</li> <li>Contaminación al acuífero</li> <li>Procesos de eutroficación</li> </ul>	toda la isla	
<b>Marina</b>	Actividades marítimas y portuarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>Limpieza de embarcaciones</li> <li>Inadecuado manejo de aguas de lastre, sentinas y residuales</li> <li>Derrame de hidrocarburos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación de las aguas por metales, patógenos, grasas y aceites, entre otros</li> </ul>	norte	
	Actividades náuticas y deportes acuáticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tránsito de embarcaciones</li> <li>Derrame de aceites, lubricantes y otros productos para el mantenimiento de las embarcaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daño físico a los corales, pastos marinos y fondos marinos</li> <li>Contaminación a las aguas por aceites y grasas</li> <li>Resuspensión de sedimentos marinos</li> </ul>	norte noroccidental	

Actividades pesquera	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Limpieza de embarcaciones</li> <li>▪ Desvicera de organismos</li> <li>▪ Derrame de hidrocarburos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aporte de materia orgánica a las aguas</li> <li>▪ Procesos de eutroficación</li> <li>▪ Daño físico de corales y especies marinas</li> </ul>	toda la isla	
Dragados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Construcción de infraestructura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Aporte de sedimentos al agua</li> <li>▪ Limpieza de embarcaciones</li> <li>▪ Sofocamiento de ecosistemas</li> <li>▪ Pérdida de hábitats</li> </ul>	norte	

Debido a que el emisario submarino es la principal fuente de contaminación puntual, se analizaron los datos de PROACTIVA S.A, provenientes del monitoreo de aguas circundantes a este sistema en el año 2008. Para ello, se graficaron las mismas variables fisicoquímicas y microbiológicas utilizadas para la construcción de los mapas de calidad de las aguas costeras en los escenarios propuestos teniendo en cuenta las profundidades establecidas (en los casos en que estas apliquen) con el objeto de evaluar su tendencia en el periodo de estudio (**Figuras 9-15**).

Las variables indicadoras corresponden a coliformes totales (CTS), coliformes fecales (CFS), demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), sólidos suspendidos totales (SST), amonio (NH<sub>4</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>) y fósforo soluble (PO<sub>4</sub>).

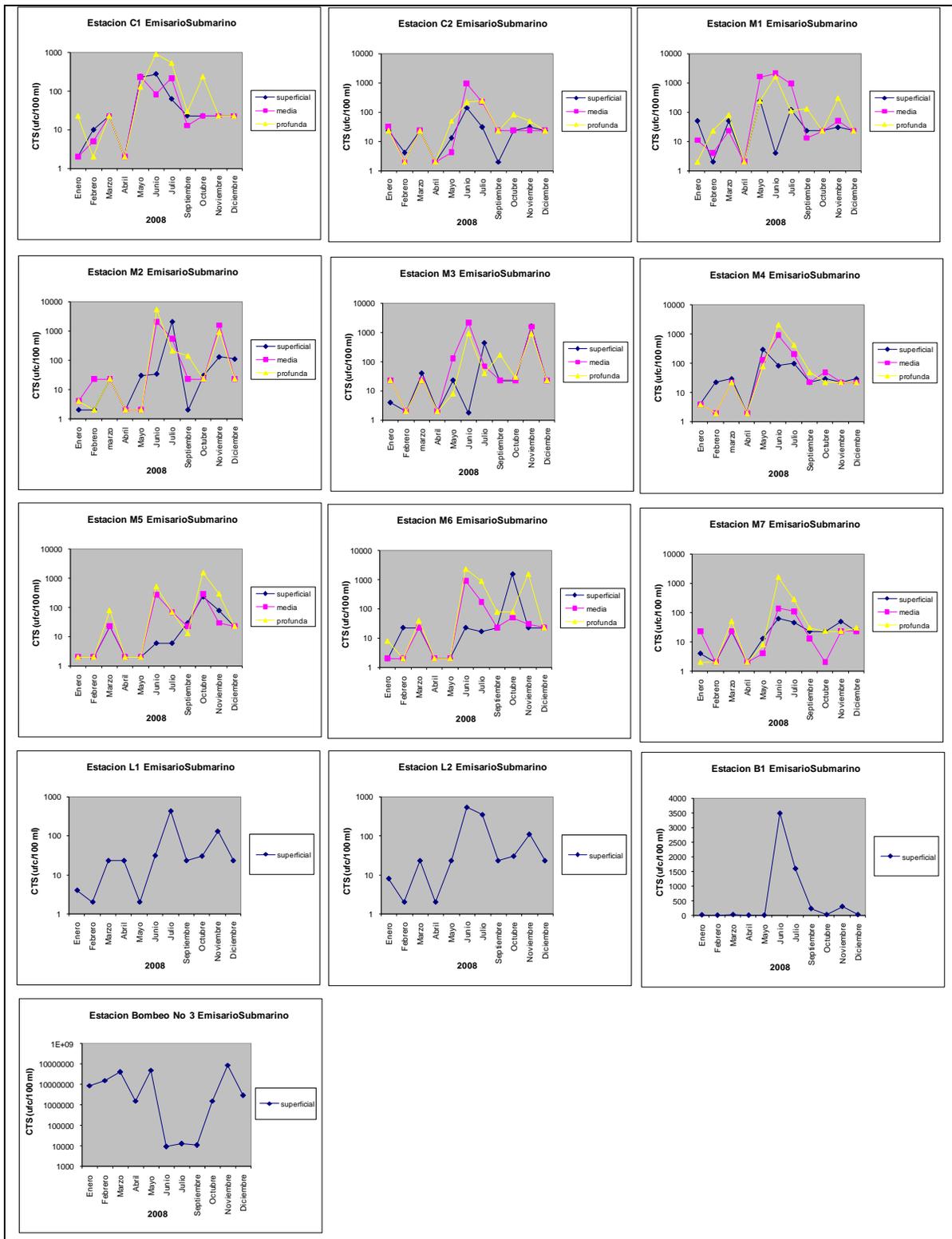


Figura 9. Densidades de coliformes totales en la zona del emisario submarino en el año 2008. Fuente: PROACTIVA S.A

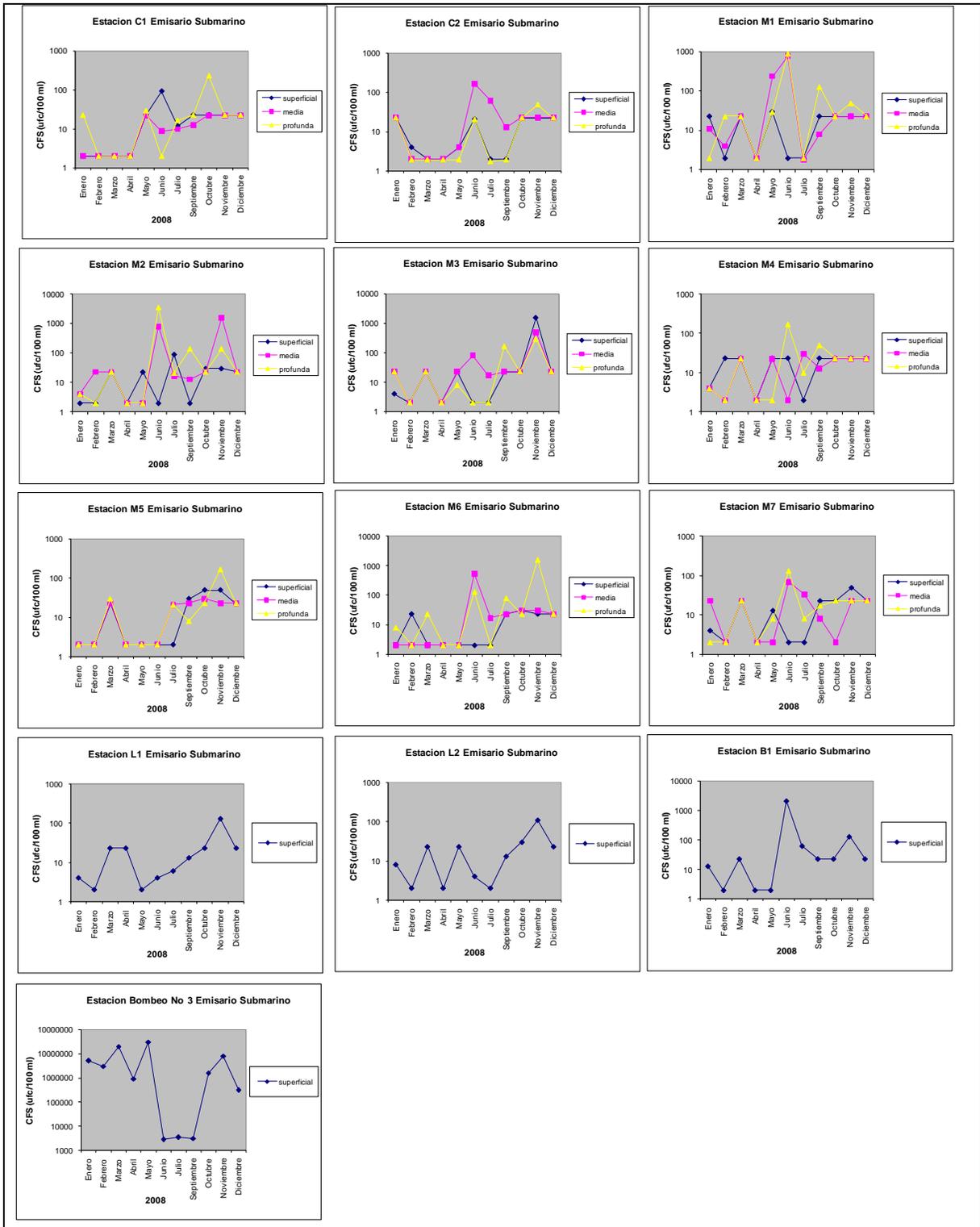


Figura 10. Densidades de coliformes fecales en la zona del emisario submarino en el año 2008. Fuente: PROACTIVA S.A

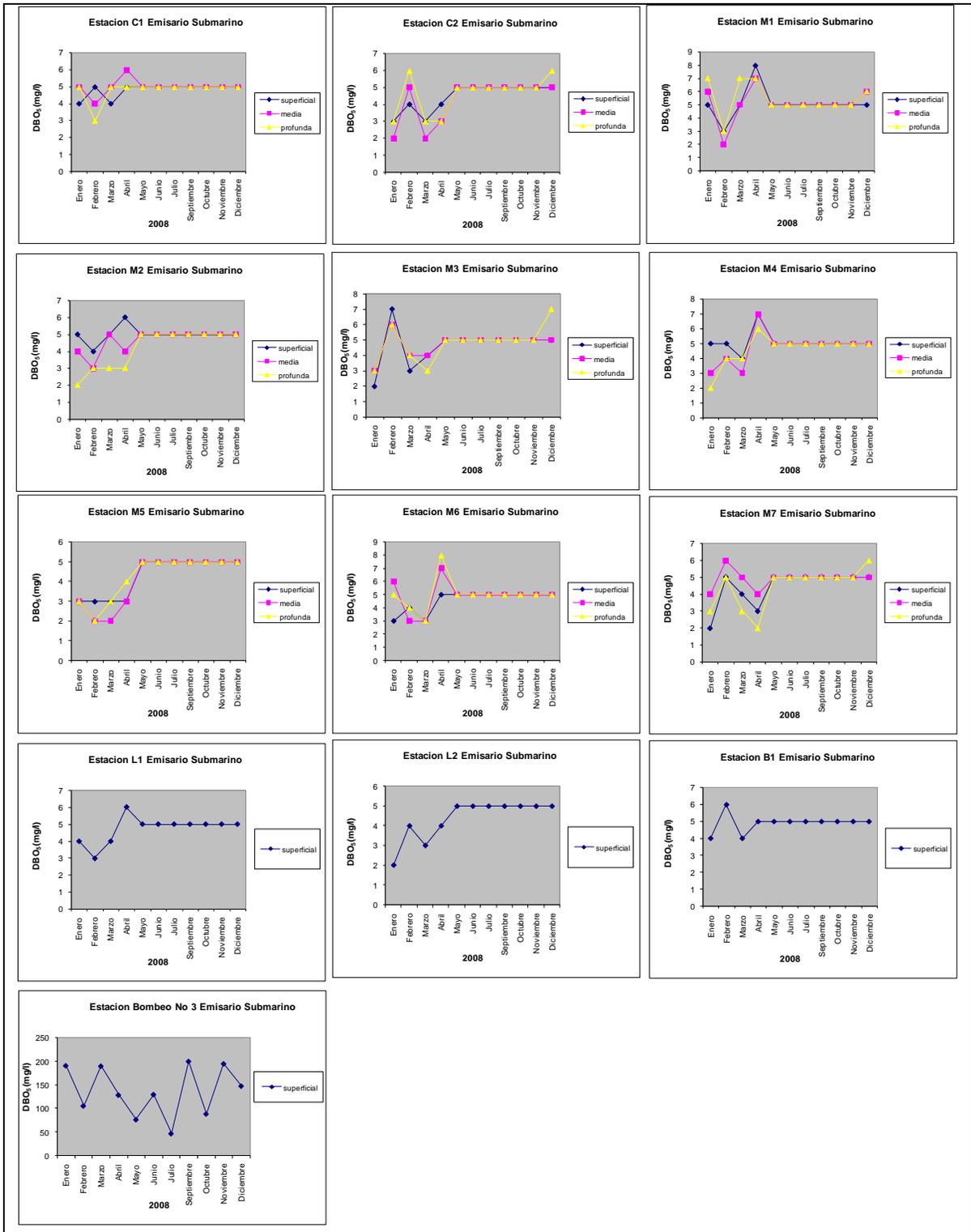


Figura 11. Concentraciones de demanda bioquímica de oxígeno en la zona del emisario submarino en el año 2008.

Fuente: PROACTIVA S.A

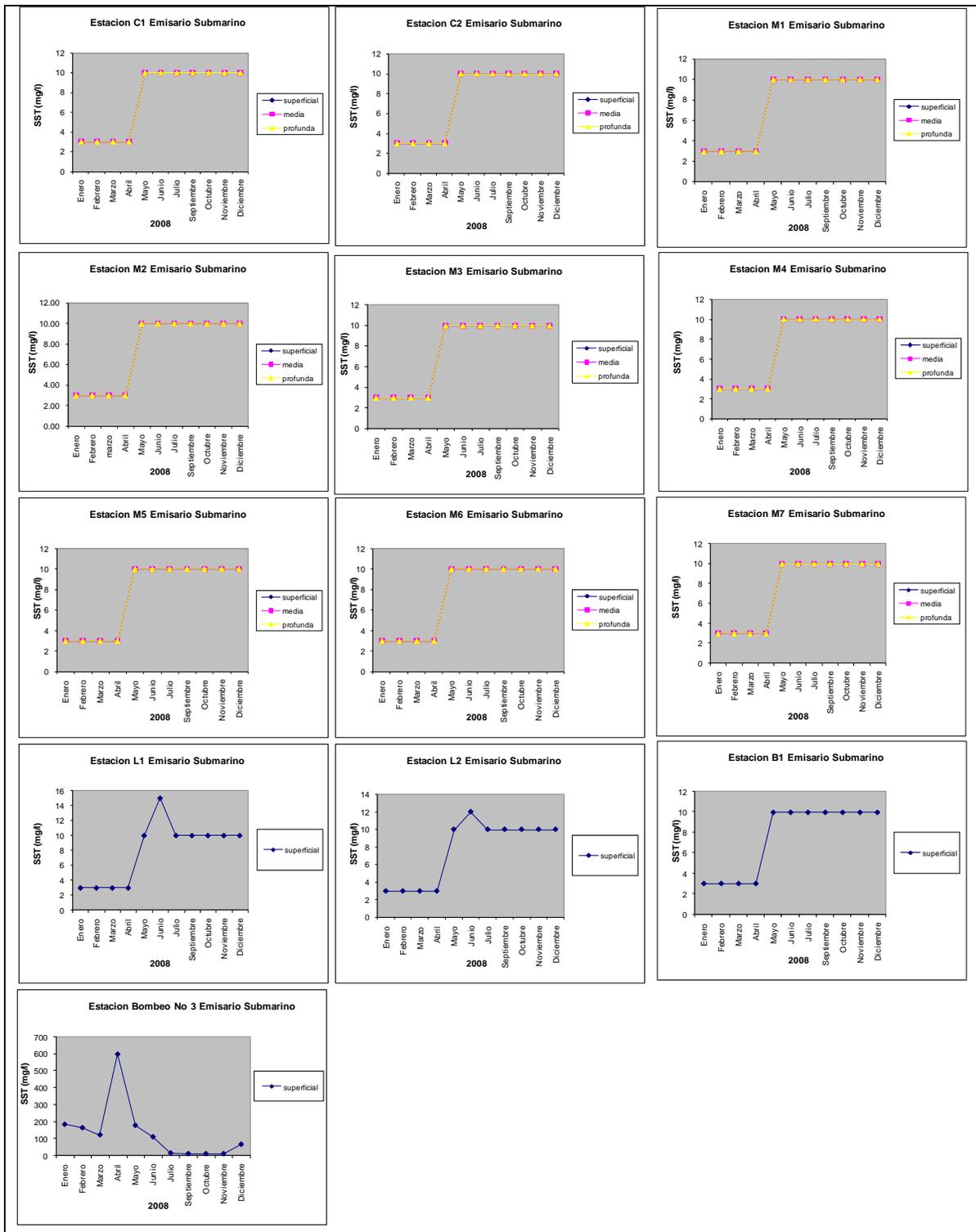


Figura 12. Concentraciones de sólidos suspendidos totales en la zona del emisario submarino en el año 2008. Fuente: PROACTIVA S.A

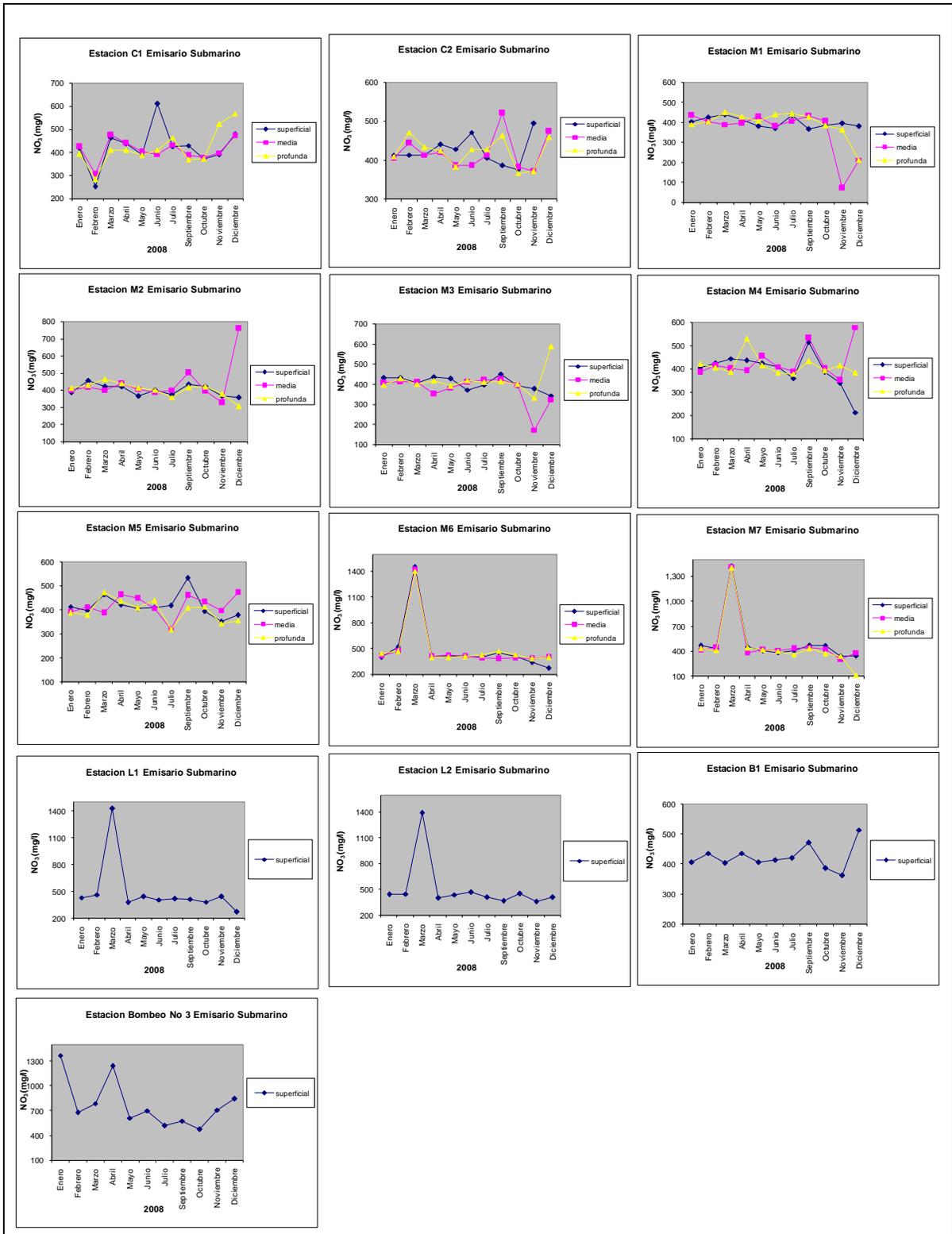


Figura 13. Concentraciones de nitratos en la zona del emisario submarino en el año 2008. Fuente: PROACTIVA S.A

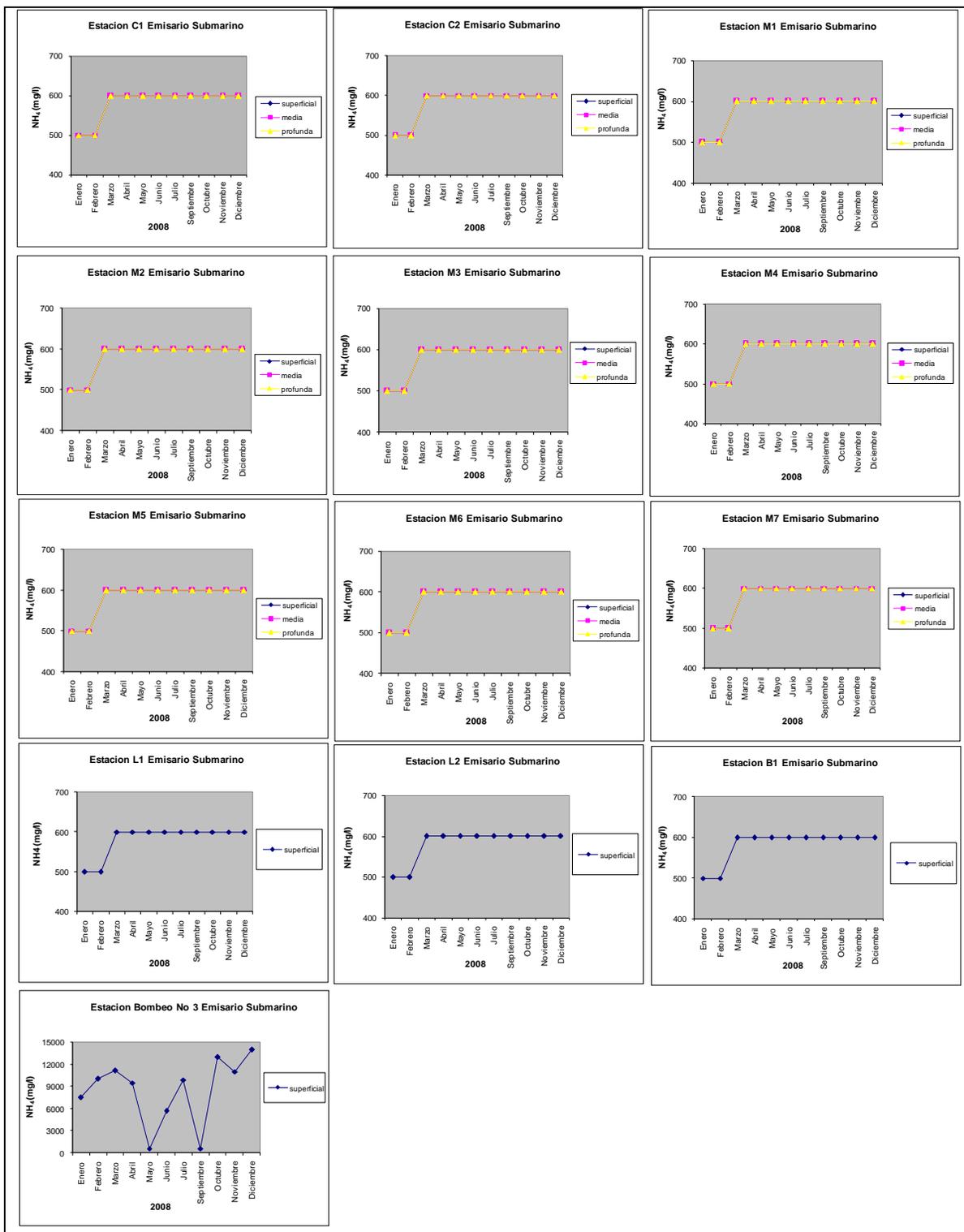


Figura 14. Concentraciones de amonio en la zona del emisario submarino en el año 2008. Fuente: PROACTIVA S.A

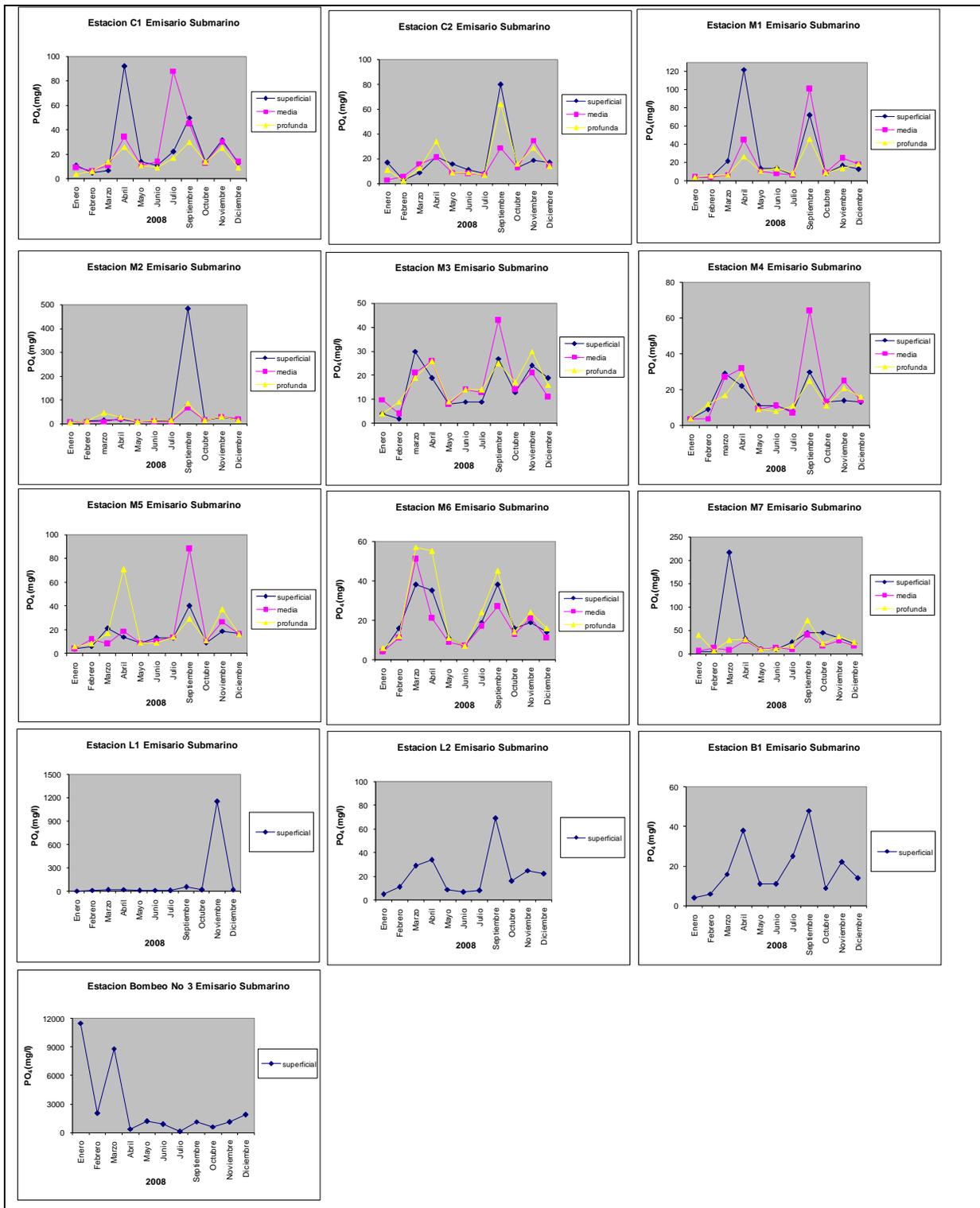


Figura 15. Concentraciones de fósforo soluble en la zona del emisario submarino en el año 2008. Fuente: PROACTIVA S.A

## 6.2 Comparación con sitios similares

La Región del gran Caribe cubre un área de 35 estados y territorios que delimitan 2 cuencas conectadas entre sí: el golfo de México y el mar Caribe. Incluye países continentales, naciones insulares y territorios dependientes, así como una amplia variedad de sistemas políticos, económicos, sociales y de recursos naturales (**Figura 16**).



**Figura 16.** Región del gran Caribe. Fuente. UNEP - CEP. Reporte técnico No 46. 2006

Es conocido que uno de los mayores problemas ambientales de la región del gran Caribe se refiere a la contaminación por actividades terrestres del medio marino, los efectos negativos se derivan de las principales actividades socioeconómicas, tales como: industriales, agrícolas, comerciales, turísticas, y de urbanización, las cuales generan impactos crecientes en las zonas costeras caribeñas (UNEP - CEP, 2006).

La falta de alcantarillado y sistemas adecuados para el tratamiento de las aguas residuales domésticas genera y trae como consecuencia la contaminación de valiosos recursos costeros y marinos de uso turístico y pesquero, así como la afectación y destrucción de ecosistemas sensibles y valiosos como los arrecifes de coral, los lechos

de pastos marinos, los estuarios y las comunidades de manglares. Empero, son estos mismos ecosistemas los que forman la base de la productividad, la alta biodiversidad y gran parte del abastecimiento de alimentos de la región. También son una defensa contra desastres naturales como los huracanes, brindan estabilidad a las costas y son esenciales para los sectores económicos claves como el turismo.

Conforme la creciente contaminación de las áreas marinas y costeras de la región del gran Caribe, en el año 1981, los gobiernos de la región con el apoyo y participación del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), conformaron el Programa Ambiental del Caribe (PAC) con el fin de promover la cooperación regional para la protección y desarrollo del medio marino.

El PAC es uno de los 14 programas de los mares regionales del PNUMA cuyo instrumento jurídico preponderante es el convenio de Cartagena (Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino en la Región del Gran Caribe). Al amparo del convenio, las partes contratantes acordaron prevenir, reducir y controlar la contaminación proveniente de barcos, fuentes terrestres, fuentes aéreas y actividades en el lecho marino (PNUMA, 1996).

El 6 de octubre de 1999 en Oranjestad, Aruba, la II Conferencia de Plenipotenciarios del PAC dio adopción al “Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe”, denominado LBS en inglés (PNUMA, 2000).

El Protocolo LBS es uno de los protocolos del mismo tipo implementados por el PNUMA dentro del Programa de Mares Regionales lanzado en el año 1974. Distingue al LBS su anexo III “Aguas Residuales Domésticas” donde se definen 2 clasificaciones de cuerpos de aguas marinas: clase I y clase II, y se especifican los límites de calidad de los efluentes para las variables seleccionadas.

Esta iniciativa promueve la elaboración y establecimiento de programas y medidas apropiadas para prevenir, reducir y controlar la contaminación proveniente de fuentes terrestres, sobre la base del cumplimiento de límites de descarga de efluentes dentro de un periodo de tiempo dado el cual puede extenderse como prórroga si el país demuestra

su accionar y reducción de carga contaminante. Es importante señalar que el cumplimiento del protocolo es semejante a cumplir con la legislación nacional que se relaciona con el tema ya que las normas nacionales de descarga a las aguas terrestres y marinas son más estrictas que el propio protocolo.

Se requiere la ratificación del protocolo LBS por 3 países más para que pueda entrar en vigor. Los países que han ratificado el protocolo LBS hasta la fecha son Trinidad-Tobago, Panamá, Belice, Francia, Santa Lucía, y los Estados Unidos de América.

Según el LBS, las clases de agua se definen de la siguiente forma:

- *Aguas clase I:*

Aguas en la zona de aplicación del PAC que, debido a características ambientales que les sean inherentes o propias, a su fragilidad biológica o ecológica o al uso por el hombre, son particularmente sensibles al impacto de las aguas residuales domésticas. En las aguas clase I se incluyen, entre otras:

- a) Aguas que contienen arrecifes de coral, praderas marinas o manglares.
- b) Zonas críticas para la reproducción, cría y alimentación de la vida acuática y terrestre.
- c) Zonas que proporcionan hábitat para las especies protegidas en virtud del protocolo SPAW
- d) Zonas protegidas incluidas en el protocolo SPAW.
- e) Aguas utilizadas en la recreación.

- *Aguas clase II:*

Aguas en la zona de aplicación del PAC, distintas de las aguas de clase I que, debido a factores oceanográficos, hidrológicos, climáticos u otros factores, son menos sensibles al impacto de las aguas residuales domésticas y en donde dichas descargas no exponen a los seres humanos ni a los recursos vivos que podrían ser afectados negativamente por estas descargas. Así mismo esta clasificación se encuentra soportada con las variables y límites de los efluentes en las descargas de los receptores marinos (**Tabla 6**).

**Tabla 6.** Guías para descargas de aguas residuales. Fuente: anexo III del LBS, 1999.

<b>CLASS I WATER</b>			
<b>Area</b>	<b>Measured parameter</b>	<b>Discharge Limit</b>	
-areas of coral reefs, sea grass and mangroves -critical breeding grounds, nurseries -habitat areas designated under SPAW - designated SPAW areas - recreational waters	Total suspended solids	30 mg/l	
	BOD <sub>5</sub>	30 mg/l	
	pH	5-10 pH units	
	Domestic and industrial waste (fats, oil and grease)	15 mg/l	
	Faecal coliform	200 mpn/100 ml	
	E coli	126 org/100ml	
	Enterococci	35 org/100 ml	
	Floatables	Should not be visible	
	<b>CLASS II WATER</b>		
	Water in the Convention Area that does not fall into a Class I water	Total suspended solids	150 mg/l
BOD <sub>5</sub>		150 mg/l	
pH		5-10 pH units	
Domestic and industrial waste (fats, oil and grease)		50 mg/l	
Floatables		Should not be visible	

Otro claro ejemplo de un lugar similar a San Andrés donde se definen lineamientos concretos referentes a la calidad de las aguas costeras es el país de Cuba con la legislación para el vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas - NC 521:2007.

Esta norma regula el vertimiento de todas las aguas residuales generadas por las actividades socio económicas a la zona costera y a las aguas marinas, y tiene como objetivo prevenir la contaminación de los ecosistemas marinos y marino costeros. Además, como punto esencial clasifica los cuerpos marinos en los límites del territorio nacional, de las aguas del mar territorial y de la zona económica de la república de Cuba teniendo en cuenta las características de los ecosistemas y el uso socio económico pretendido.

En el artículo 4.1 clasifica cualitativamente los cuerpos receptores marinos según su uso de la forma siguiente:

Clase A: Áreas marinas de zonas de conservación ecológica, o áreas protegidas.

Clase B: Áreas marinas dedicadas al baño y donde se realizan actividades recreativas en que las personas entran en contacto directo con el agua. Áreas marinas donde hay presencia de arrecifes coralinos.

Clase C: Áreas marinas donde se desarrolla la pesca.

Clase D: Áreas marinas cuyas aguas se toman para uso industrial como en la generación de energía.

Clase E: Áreas marinas en bahías donde se desarrolle la actividad marítimo - portuaria.

Clase F: Áreas marinas para la navegación y otros usos.

Así mismo, los residuales líquidos a verter a la zona costera y los cuerpos receptores marinos deberán cumplir con los límites máximos permisibles establecidos (**Tabla 7**).

**Tabla 7.** Límites máximos permisibles para las descargas de aguas residuales a la zona costera y a los cuerpos receptores marinos (parámetros básicos). Fuente: Norma cubana NC 521: 2007.

Parámetro	UM	Clase del Cuerpo Receptor					
		A	B	C(2)	D	E	F
pH	U	5.5-9.0	NP	5.5-9.0	5.0-10.0	5.5-9.0	5.0-10.0
Temperatura (1)	°C	40	NP	40	40	40	40
Aceites y grasas	mg/l	15	NP	15-50	50	30	50
Hidrocarburos Totales	mg/l	5	NP	5-10	20	10	20
Materia Flotante		Ausente	NP	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sólidos Sedimentables	ml/l	5	NP	5-15	15	10	15
Sólidos Suspendidos Totales(3)	mg/l	30	NP	30-150	150	75	150
DBO <sub>5</sub>	mg/l	30	NP	30 -150	150	75	150
DQO	mg/l	75	NP	75 -300	300	190	300
Nitrógeno Total (Kjeldahl + Nitrato)	mg/l	10	NP	20	40	20	40
Fósforo Total	mg/l	5	NP	7	10	5	10
Coniformes fecales(4)	NMP/100 ml	200	NP	200-400	1000	1000	SR

(1) En cualquier caso no podrá incrementar el tenor natural del cuerpo receptor marino.

(2) Cuando se dan dos valores, el primero se corresponde con las zonas de pesca críticas para la reproducción, cría y la alimentación. El segundo valor se corresponde para otras zonas de pesca.

(3) No incluye a las algas de las lagunas de oxidación.

(4) Media geométrica.

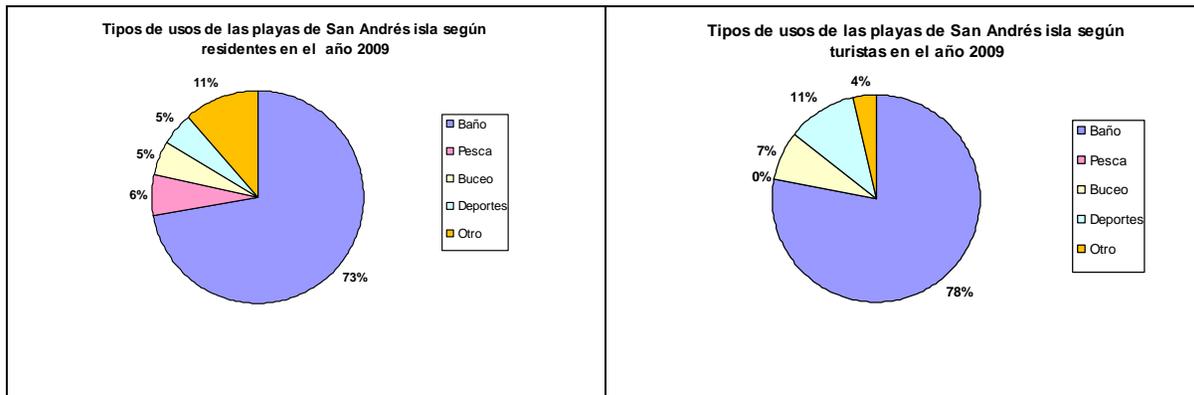
NP: No se permite vertimiento.

SR: Sin restricción.

### 6.3 Percepción de usuarios

Los resultados arrojados con la aplicación de las encuestas para residentes y turistas, mostraron que la mayoría de las personas encuestadas utilizan las playas para fines de baño (73% y 78% respectivamente). En el caso de los residentes la categoría de otro tipo de uso (11%) ocupó el segundo lugar y las playas se constituyen para ellos en lugares de descanso, contemplación, lectura y comercio mientras que los turistas con un valor de 4%

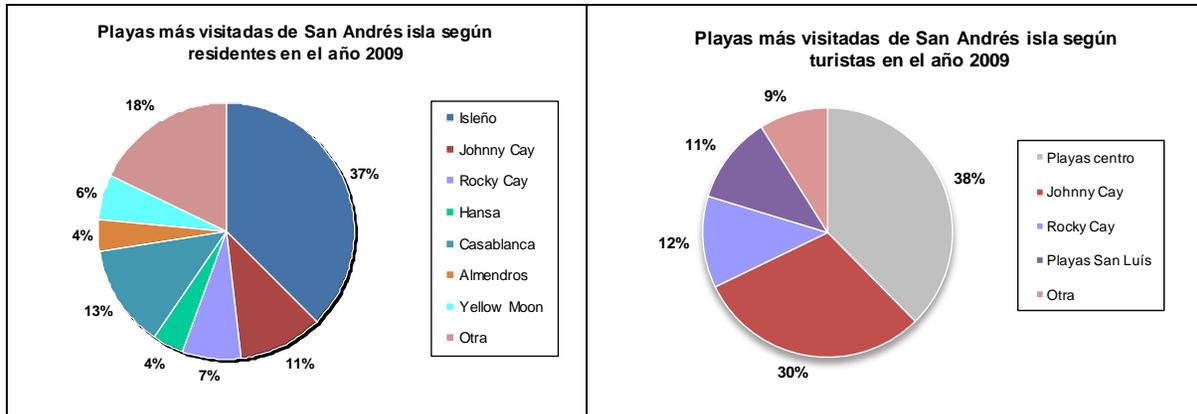
las emplean para descanso y diversión. La pesca obtuvo un resultado de 6% para residentes y 0% para turistas. Los deportes y el buceo son actividades más atractivas para los turistas con resultados de 11% y 7% respectivamente y ambas con valores de 5% para residentes (**Figuras 17 a y b**).



**Figura 17 a.** Tipos de usos de las playas de San Andrés isla según residentes en el año 2009

**Figura 17 b.** Tipos de usos de las playas de San Andrés isla según turistas en el año 2009

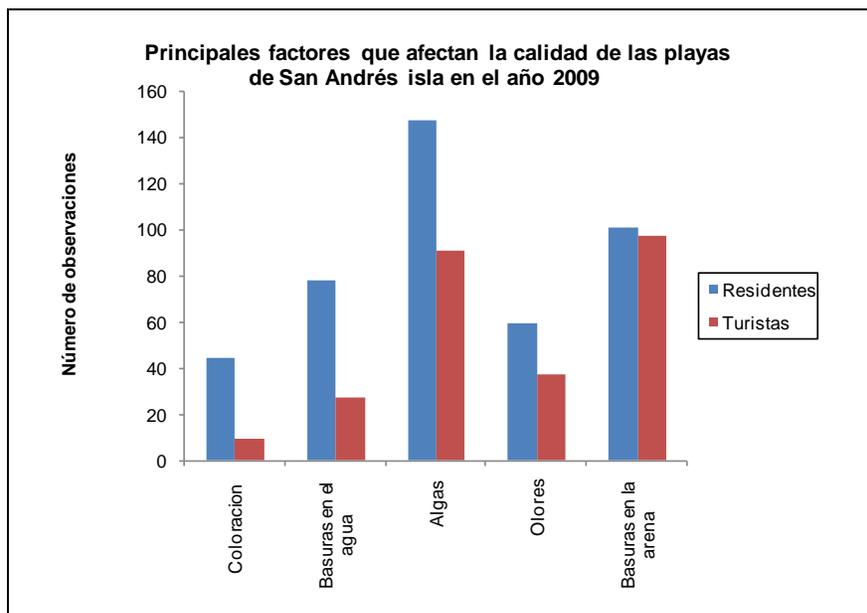
Se determinó que la playa de la isla más visitada por los residentes corresponde a la ubicada frente al hotel Isleño con un valor de 37%. Caso parecido arrojó el resultado de los turistas quienes manifestaron su predilección por las playas del centro (38%) siendo la más visitada, aquella situada frente al hotel Tiuna y luego la que se encuentra frente al hotel Isleño. Por su parte, la playa del parque regional Johnny Cay es la segunda en importancia para los turistas que obtuvo un valor de 30% comparado con un 11% para los residentes. Se observó que los residentes en segundo lugar, prefieren ir a otras playas (dentro de la opción otra) cuyo resultado arrojó un valor de 18% siendo la situada frente al hotel Decameron San Luis, la de mayor preferencia, en cambio, los turistas manifestaron su predilección por visitar el cayo Acuario dentro de esta categoría (**Figuras 18 a y b**).



**Figura 18 a.** Playas más visitadas de San Andrés según residentes en el año 2009

**Figura 18 b.** Playas más visitadas de San Andrés según turistas en el año 2009

Por otra parte, se identificaron los principales factores que afectan la calidad de las playas en la isla siendo la presencia de algas, el mayor problema que percibieron los residentes con 147 observaciones detectadas y en segundo lugar se determinaron las basuras en la arena con un resultado de 101 observaciones. En cambio, para los turistas las basuras en la arena se convierten en el principal factor que incide negativamente sobre las playas con un valor de 97 observaciones seguido de la presencia de algas con un resultado de 91 observaciones. Otros problemas identificados que afectan el estado de las playas fueron los olores, basuras en el agua y en menor escala la coloración del agua (**Figura 19**).



**Figura 19.** Principales factores que afectan la calidad de las playas de San Andrés en el año 2009.

Los resultados de percepción de los residentes frente a los factores que inciden en la calidad de las playas de la isla fueron principalmente presencia de algas y basuras en la arena en las playas frente al hotel Isleño, frente al barrio los Almendros (también presentó problemas de olores), Rocky Cay, Yellow Moon y otras playas (opción otra). Se presentó el mismo comportamiento de percepción en el caso de los turistas con observaciones mayores principalmente en las playas situadas frente al hotel Isleño, Casablanca (también presentó problemas de olores), otras playas (opción otra), Rocky Cay y Johnny Cay (**Figuras 20 a y b**).

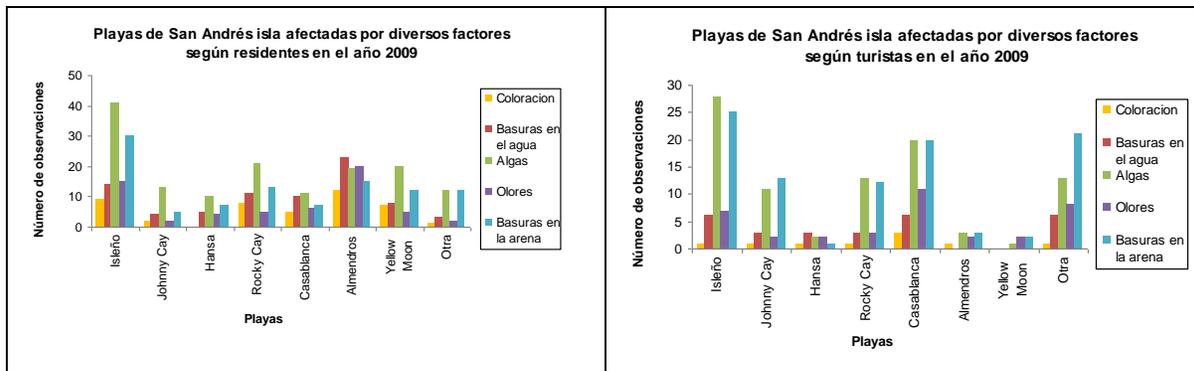


Figura 20 a. Playas de San Andrés afectadas por diversos factores según residentes en el año 2009

Figura 20 b. Playas de San Andrés afectadas por diversos factores según turistas en el año 2009

#### 6.4 Fase de formulación

Los resultados obtenidos al final de la jornada reflejaron el éxito de la actividad planteada por cuanto se denotó un consenso general en torno a una visión compartida en 9 ejes temáticos, claramente definidos, que dan espacio para plantear y explorar en el corto plazo diferentes escenarios de actuación con acciones pertinentes y estratégicas que contribuyan a formular el plan que propenda por la calidad de las aguas costeras recreativas en la isla de San Andrés. En el ejercicio desarrollado, se seleccionaron 9 factores prioritarios, identificados y definidos de común acuerdo por los participantes de la sesión. A continuación se presentan los factores en los que convergió el ejercicio y las acciones planteadas por los grupos para cada uno de éstos.

<b>1. Planeación y políticas regionales en materia de saneamiento básico</b>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Sistema de tratamiento, conducción y disposición final de aguas residuales.</p> <p>Saneamiento básico</p>
<p><b>Acciones:</b></p> <p>1.1. Identificar las principales fuentes de vertimiento de aguas residuales y las opciones de tratamiento más adecuado.</p> <p>1.2. Ejecutar las inversiones para la implementación de sistemas descentralizados de tratamiento de aguas residuales en zonas rurales y puntos críticos de vertimiento.</p> <p>1.3. Implementar un sistema centralizado de tratamiento primario y secundario, de aguas residuales en la zona urbana</p> <p>1.4. Fomentar el re-uso de las aguas residuales.</p> <p>1.5. Implementar un sistema de recolección, almacenamiento y recirculación de aguas pluviales.</p> <p>1.6. Implementar y optimizar sistemas de captación y aprovechamiento de aguas lluvias.</p>
<b>2. Manejo de los residuos sólidos.</b>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Selección en la fuente, recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos.</p>
<p>Acciones:</p> <p>2.1. Identificación y aplicación de alternativas para el reciclaje de residuos sólidos</p> <p>2.2. Implementar las tecnologías de disposición final de residuos sólidos según el PGIRS</p> <p>2.3. Mejorar el sistema de recolección y transporte de residuos sólidos clasificados.</p> <p>2.4. Establecer un sistema de transporte marítimo de residuos reciclables.</p> <p>2.5. Establecer e implementar un programa para el manejo de desechos peligrosos.</p>
<b>3. Capacidad institucional.</b>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Control y vigilancia de las normas técnicas y jurídicas e integración sectorial e institucional.</p> <p>Jurisdicción y competencia de las instituciones.</p>
<p><b>Acciones:</b></p> <p>3.1. Reactivar el Consejo Departamental de Aseo.</p>

<p>3.2. Crear una autoridad regional reguladora de saneamiento básico, encargada de realizar la planeación, coordinación y ejecución de las políticas de saneamiento básico. (alcantarillado, acueducto y residuos sólidos).</p> <p>3.3. Identificar las funciones institucionales por parte de la autoridad regional de manejo de saneamiento básico</p> <p>3.4. Formular y aplicar legislación específica para la protección de los recursos costeros en el archipiélago.</p> <p>3.5. Formación de equipos interinstitucionales en los cuales se coordinen las actividades de acuerdo a la función de cada institución en lo relacionado a la zona costera.</p> <p>3.6. Elaborar y adoptar legalmente el plan estratégico interinstitucional de control y vigilancia de la zona costera</p>
<p><b>4. Educación ambiental</b></p>
<p><b>Descripción:</b> Capacitación, formación en temas ambientales a los diferentes grupos sociales, sectoriales y políticos.</p>
<p>Acciones:</p> <p>4.1. Diseñar y ejecutar proyectos pilotos comunitarios de buenas prácticas ambientales.</p> <p>4.2. Diseñar el Plan de educación ambiental Departamental en el marco del CIDEA</p> <p>4.3. Incluir en los currículos educativos la asignatura de educación ambiental enfocado a la protección de aguas costeras recreativas.</p>
<p><b>5. Responsabilidad social</b></p>
<p><b>Descripción:</b> Cultura ciudadana, conciencia ambiental y sentido de pertenencia.</p>
<p>Acciones:</p> <p>5.1. Realizar campañas continuas en medios de difusión masivos, con el fin de llamar a la población residente y turística para que participe en campañas de protección de la zona costera.</p> <p>5.2. Establecer incentivos para el correcto aprovechamiento y manejo de las zonas costeras</p> <p>5.3. Apoyar e incentivar las acciones comunitarias planificadas para la protección de la zona costera</p> <p>5.4. Implementar los comparendos pedagógicos en la zona costera.</p> <p>5.5. Formular programas de responsabilidad social sectorial e institucional frente al</p>

<p>manejo de las aguas costeras.</p> <p>5.6. Incluir un modulo curricular de conducta cívica en la educación formal y no formal</p>
<p><b>6. Pobreza (Inequidad social)</b></p>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Acceso eficiente a los recursos, condiciones de calidad de vida.</p>
<p>Acciones:</p> <p>6.1. Incrementar la inversión pública y social en las zonas desprovistas de sistemas de saneamiento básico.</p> <p>6.2. Elaborar y aplicar políticas de generación de empleos y procesos productivos en zonas desprovistas de sistemas de saneamiento básico.</p> <p>6.3. Fomentar programas de emprendimiento empresarial relacionados con la protección de la zona costera.</p>
<p><b>7. Prácticas agropecuarias</b></p>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Uso y manejo del suelo y de los recursos naturales, acceso a tecnologías limpias de producción, manejo sostenible de la producción agropecuaria.</p>
<p>Acciones:</p> <p>7.1. Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y controladores biológicos.</p> <p>7.2. Implementar medidas anti-erosivas complementarias, aplicables a las condiciones de la isla.</p> <p>7.3. Fomentar la reforestación con especies nativas protectoras del suelo.</p> <p>7.4. Controlar la comercialización y uso de plaguicidas y fertilizantes que están prohibidos nacional e internacionalmente.</p> <p>7.5. Desarrollar campañas de capacitación en el sector productivo agropecuario, en tecnologías limpias y BPA's.</p> <p>7.6. Implementar sistemas agroforestales y silvopastoriles.</p>
<p><b>8. Localización de la población en las zonas urbanas.</b></p>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Concentración poblacional en la zona urbana; concentración de infraestructura en la zona norte de la Isla.</p>
<p>Acciones:</p> <p>8.1. Implementar la política de control poblacional.</p> <p>8.2. Ajustar el POT con políticas de manejo, ordenamiento y conservación de la zona</p>

<p>costera.</p> <p>8.3. Diseñar un programa de vivienda de interés social y regularización de los barrios sin saneamiento básico.</p>
<p><b>9. Disponibilidad de información científica</b></p>
<p><b>Descripción:</b></p> <p>Acceso y aplicación de la información científica actualizada</p>
<p><b>Acciones:</b></p> <p>9.1. Realizar un estudio sobre los flujos de infiltración del acuífero.</p> <p>9.2. Integrar los sistemas de información geográfica SIG y las bases de datos existentes en cumplimiento de lo estipulado por la autoridad de saneamiento regional.</p> <p>9.3. Fortalecer los programas de investigación y monitoreo con énfasis en zonas costeras</p> <p>9.4. Formular líneas de investigación científica para el mejoramiento de la calidad del agua costera.</p>

Para este caso, según los promedios generales de calificación, el centro del eje de importancia se ubicó en 21.33 y el centro del eje de gobernabilidad en 7.09 (**Figura 21**).

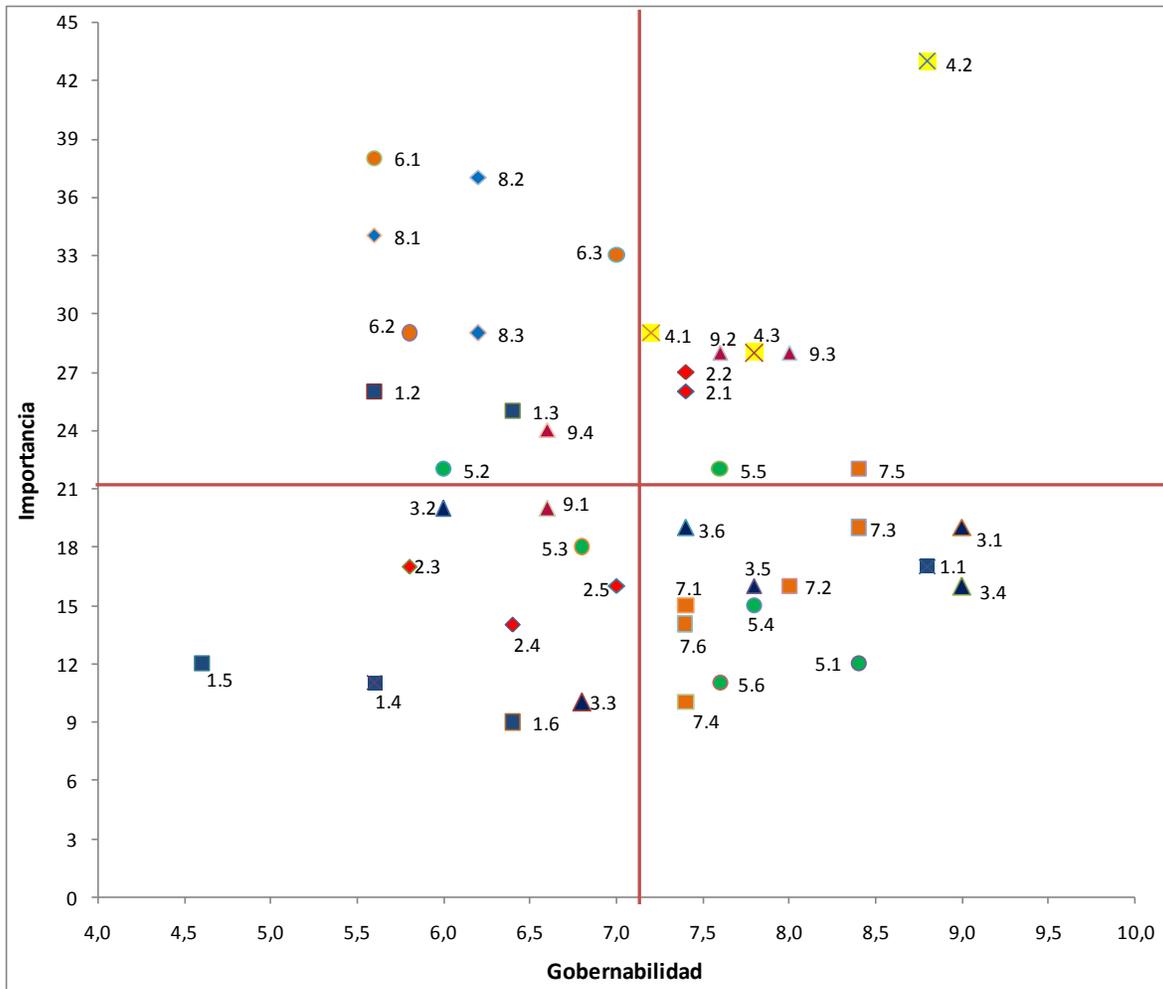


Figura 21. Ubicación de las acciones en cada cuadrante acorde con las calificaciones generales de importancia y gobernabilidad.

## 7. DISCUSION

### *Estado de la calidad*

El Caribe es la región del mundo más dependiente del turismo (Kingsbury, 2005), con la típica atracción de sol, arena y mar, donde los visitantes son atraídos por las condiciones prístinas de sus costas. El ambiente es la base primaria para el turismo de esta zona, y el desarrollo turístico juega un papel importante en áreas costeras (UNEP, 1997). San Andrés no es la excepción, pues sus bienes y servicios ambientales atraen a turistas motivados principalmente por el sol y las playas (Secretaría de Turismo, 2002).

Sin embargo, más allá de esto, existe una condición que se genera como consecuencia del desarrollo de actividades socioeconómicas sobre la zona costera de la isla, relacionada con una alta contaminación del agua en la mayoría de balnearios (estaciones tipo A) y sitios que no están directamente destinados (estaciones tipo B) para este fin dentro de lo que establece la normatividad nacional y regional.

Estudios previos han revelado que los mayores problemas de contaminación de las aguas costeras en el Caribe son los derrames de aceites y las descargas de aguas negras, seguido de residuos sólidos, industriales y pesticidas (Siung-Chang, 1997; Mignucci-Giannoni, 1999; Harborne *et al.*, 2001; Bocquené y Franco, 2005), situación que no dista de la realidad si se tiene en cuenta que el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento previo es la causa principal del deterioro del entorno costero en la isla, seguido de los lixiviados por la descomposición de residuos sólidos y por último, la sedimentación y las actividades de marinas y puertos.

Estos problemas se acentúan por el hecho de que el mar Caribe es una cuenca cerrada con poco intercambio de agua, siendo un sitio ideal para la acumulación de contaminantes (Panke y Quimby, 2000), lo cual podría contribuir a explicar que pese al movimiento continuo de las masas de agua, las sustancias vertidas especialmente en la zona del emisario submarino no se alejan del litoral sino que por acción de las corrientes inducidas por los vientos confluyen al norte de la isla donde se encuentran la mayoría de las playas.

En el mejor de los escenarios, hay evidencia de contaminación residual en las aguas costeras por un proceso constante en el tiempo y espacio como ocurre en el sector de Bahía Hooker, caracterizado por ser una zona protegida que no presenta exposición a ningún oleaje, salvo la parte de su entrada, a donde tampoco llega un oleaje fuerte o significativo por lo que el recambio con aguas marinas limpias es menor (CIOH, 1988) y como consecuencia de esto, las sustancias provenientes de las descargas de residuales aledaños se confinan y no se mezclan con aguas marinas propiamente dichas. Otro claro ejemplo corresponde al sector del alcantarillado (actual emisario submarino), sistema que no tiene implementado un tratamiento previo para reducir los contaminantes, los cuales se concentran en el sedimento marino hasta que nuevamente se resuspenden y quedan disponibles en la columna de agua.

Las concentraciones de nutrientes encontrados en la zona costera son más altas que las reportadas para aguas marinas del Caribe (Atherley, 1986). Adicionalmente, la relación N:P determinada en las aguas costeras de San Andrés está muy por debajo de 16 (rango 0,7 a 3,1) valor adecuado para ecosistemas marinos (Redfield, 1958), esto indica que la producción primaria es limitada por el elemento nitrógeno mientras que el fósforo soluble se encuentra en concentraciones elevadas. El origen del fósforo soluble se debe completamente a actividades antrópicas por el uso de jabones y demás sustancias que contienen este elemento. En este punto, se puede discutir un enriquecimiento de nutrientes en las aguas costeras de la isla o nutrificación (Gavio *et al.*, 2010). Hay evidencia que un aumento en la concentración de nutrientes en el agua perturba la reproducción en corales (Cox y Ward, 2002), así como su calcificación, con consecuentes tasas menores de crecimiento, lo que podría llevar a un sobrecrecimiento de algas (Pastorok y Bilyard, 1985; McClanahan *et al.*, 2003) con consecuencias sobre la calidad de las aguas costeras recreativas y su impacto en el desarrollo turístico. La nutrificación es la primera etapa de un verdadero proceso de eutroficación.

Otro aspecto que incide en el deterioro de la calidad del entorno costero es la poca estratificación de la columna de agua que no permite el confinamiento de los contaminantes sino que por el contrario, la pluma emerge todo el tiempo con un ascenso casi vertical (Clothos, 2006); este fenómeno se observa en la zona del emisario submarino donde no hay una relación directa entre las densidades bacterianas y la profundidad, es decir, que la población no disminuye a medida que se avanza hacia la

superficie, lo que favorece la contaminación microbiológica con riesgo sanitario potencial en los usuarios del recurso, a pesar de que en primera instancia, los instrumentos nacionales de tipo legal y de planificación (Decreto 1594, 1984; MMA, 2001) buscan proteger la integridad de las personas que utilizan las aguas marino costeras.

Diversos estudios apuntan a que definitivamente las variables que marcan la pauta para establecer el grado de contaminación de las aguas para fines recreativos son los relacionados con la calidad microbiológica ya que evidencia los riesgos sanitarios que pueden presentar los bañistas en áreas donde el recurso hídrico se encuentra deteriorado comúnmente con excrementos y aguas residuales domésticas como es el caso de la isla de San Andrés (Abdul azis, 2003). Desde el punto de vista sanitario, las altas densidades bacterianas de indicadores de contaminación fecal determinados en las zonas de bahía Hooker, alcantarillado y bahía El Cove denotan los impactos causados por las descargas de aguas residuales que se realizan y la influencia de residuos sólidos dispuestos de forma inadecuada. Este hecho indica que existen peligros potenciales de contraer enfermedades de tipo gastrointestinal para los usuarios del recurso. Otros lugares destinados como zonas de playas y balnearios presentaron conteos bacterianos dentro de los límites permisibles para recreación por contacto primario y secundario.

Debido a que no existe un marco legal específico con relación a la calidad de las aguas costeras recreativas colombianas con una visión integradora para la solución de conflictos de uso y competencia territorial, adherirse al Protocolo Relativo a la Contaminación Procedente de Fuentes y Actividades Terrestres del Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Marino de la Región del Gran Caribe – LBS (PNUMA, 2000) puede ser una herramienta valiosa para el cumplimiento de los límites establecidos en aguas con fines recreativos (clase I) con el fin de disminuir su daño ambiental y asegurar un uso seguro para los bañistas. Otro ejemplo de legislación que regula la calidad de las aguas costeras recreativas es la norma Cubana NC 521:2007 que las clasifica en cuerpos receptores tipo B donde no se permiten vertimientos en zonas recreativas; aunque esta situación no ocurre en San Andrés porque aún existen descargas puntuales en la zona costera, puede llegar a ser una decisión política a nivel local que mitigue en parte el problema de contaminación encontrado.

### *Percepción de usuarios*

Los datos arrojados en las encuestas a turistas concuerdan con las cifras reportadas en el año 2002 donde el 80% de los visitantes que eligen el archipiélago como destino turístico lo hacen por las zonas de playa y balnearios (Secretaría de Turismo, 2002). Estos sitios se constituyen en el principal servicio ambiental de la isla porque brindan funciones de recreación, satisfacción de vida, belleza estética, inspiración cultural, intelectual y espiritual, valor de existencia, serenidad, entre otras.

En términos generales, las playas del centro son más frecuentadas por los residentes y turistas posiblemente porque en este sector existe mayor desarrollo urbano y prefieren visitar la más cercana a su residencia u hotel. De igual manera, las encuestas revelan que las playas del centro presentan la mayoría de observaciones de factores que inciden negativamente sobre la calidad de las aguas costeras, siendo la presencia de algas y basuras en la arena, el principal problema detectado. Este resultado parece contradictorio en el sentido de que los balnearios más visitados son los que se perciben como los más sucios, lo cual puede atribuirse al hecho de que la isla posee limitadas playas y los usuarios no tienen otras opciones viéndose en la necesidad de visitar las pocas que existen, como ejemplo de ello se encuentra la playa frente al hotel Isleño que tiene una actividad pesquera aledaña al lugar donde se generan desechos que son vertidos directamente al mar con consecuencias desagradables para los usuarios como presencia de algas, malos olores y basuras. En este orden de ideas, se plantea que el manejo pesquero descrito en este sector origina conflictos de uso del recurso hídrico costero en un área relativamente pequeña que tiene vocación turística per se y por consiguiente, las apreciaciones hechas por los usuarios se deben a esta actividad y no propiamente al estado de la calidad de las aguas cuyo resultado es aceptable (contaminación media) a la luz de la normatividad relacionada. Valdría la pena considerar la propuesta de trasladar la actividad pesquera desarrollada en este lugar a otro sector realmente compatible a través de un plan de ordenamiento de playas que sea consecuente con la realidad.

### *Elementos para el plan de gestión ambiental de las aguas costeras*

Las variables estratégicas identificadas en el ejercicio de prospectiva con expertos en calidad de agua costera constituyen las iniciativas que se espera sean de mayor impacto

y base para la formulación del plan de gestión ambiental de las aguas costeras en la isla de San Andrés. Así mismo, las acciones de reto hacen parte de las iniciativas a desarrollar desde el presente y con una orientación de largo plazo. Estas deben ser consideradas en el plan como actividades de mediano y largo plazo. Aunque las acciones de salida resultaron calificadas por encima del promedio de gobernabilidad, su importancia fue baja, por lo que estas suelen ser objeto de planes con objetivos de corto plazo y no se incluyen para efectos de la formulación del plan, así como las de exclusión cuyos resultados de importancia y gobernabilidad fueron los más bajos.

Es pertinente mencionar que existe una visión clara acerca de la problemática relacionada con el estado de la calidad ambiental de las aguas costeras en la isla porque las acciones identificadas por los expertos en el ejercicio del taller se encuentran inmersas en las diferentes áreas de acción del modelo conceptual construido inicialmente para estructurar la propuesta del plan. La fortaleza de la propuesta del plan de gestión ambiental de las aguas costeras está basada en el desarrollo del componente educativo debido a que todas las acciones identificadas por el grupo de expertos dentro de este factor obtuvieron los puntajes más altos de importancia y gobernabilidad enmarcándose como estratégicas y son las que garantizan la sostenibilidad del plan a través de procesos de concientización y sensibilización de los usuarios del recurso hídrico costero.

Por lo tanto, como base para estructurar el plan de gestión ambiental, se seleccionaron las acciones estratégicas, es decir, tienen mayor grado de importancia y gobernabilidad y las de reto porque son importantes pero su gobernabilidad es menor, lo que obliga a que su implementación sea de mediano a largo plazo (**Tabla 8**).

**Tabla 8.** Propuesta de plan de gestión ambiental de las aguas costeras

CATEGORIA	AREAS DE ACCION	ACCIONES	ACTORES	PLAZO MAXIMO
ESTRATEGICAS	Educativa	Diseñar y ejecutar proyectos pilotos comunitarios de buenas prácticas ambientales	CORALINA SENA	12 meses
		Diseñar el Plan de educación ambiental Departamental en el marco del CIDEA	Secretaría de Educación	12 meses
		Incluir en los currículos educativos la asignatura de educación ambiental enfocado a la protección de aguas costeras recreativas	Secretaría de Educación SENA Universidad Nacional	12 meses
	Normativo Legal	Formular programas de responsabilidad social sectorial e institucional frente al manejo de las aguas costeras	Secretaría de Interior CORALINA SENA Unidad de Servicios Públicos	12 meses
	Técnico Científico	Identificar y aplicar alternativas para el reciclaje de residuos sólidos	Unidad de Servicios Públicos TRASH BUSTERS Secretaría de Salud	12 meses
		Implementar las tecnologías de disposición final de residuos sólidos según el PGIRS	Unidad de Servicios Públicos Secretaría de Salud	18 meses
		Desarrollar campañas de capacitación en el sector productivo agropecuario, en tecnologías limpias y BPA's	ICA CORALINA Secretaría de Agricultura SENA	8 meses
		Integrar los sistemas de información geográfica SIG y las bases de datos existentes en cumplimiento de lo estipulado por la autoridad de saneamiento regional	Gobernación Departamental CORALINA ICA SENA TRASH BUSTERS	8 meses
		Fortalecer los programas de investigación y monitoreo con énfasis en zonas costeras	SENA CORALINA Universidad Nacional	12 meses
	RETO	Educativa	Realizar campañas continuas en medios de difusión masivos, con el fin de llamar a la población residente y turística para que participe en campañas de protección de la zona costera	CORALINA CIDEA SENA
Implementar los comparendos pedagógicos en la zona costera			CORALINA Policía Nacional	24 meses
Incluir un modulo curricular de conducta cívica en la educación formal y no formal			Secretaría de Educación SENA	24 meses
Normativo Legal		Reactivar el Consejo Departamental de Aseo	Unidad de Servicios Públicos	12 meses

		Formular y aplicar legislación específica para la protección de los recursos costeros en el Archipiélago	CORALINA	36 meses
		Formar equipos interinstitucionales en los cuales se coordinen las actividades de acuerdo a la función de cada institución en lo relacionado a la zona costera	CORALINA Gobernación Departamental	24 meses
		Elaborar y adoptar legalmente el plan estratégico interinstitucional de control y vigilancia de la zona costera	CORALINA	24 meses
		Controlar la comercialización y uso de plaguicidas y fertilizantes que están prohibidos nacional e internacionalmente	ICA Secretaría de Interior Secretaría de Agricultura	18 meses
	Técnico Científico	Identificar las principales fuentes de vertimiento de aguas residuales y las opciones de tratamiento más adecuado	Unidad de Servicios Públicos TRASH BUSTERS Secretaría de Salud	12 meses
		Fomentar el uso de fertilizantes orgánicos y controladores biológicos	ICA CORALINA Secretaría de Salud	18 meses
		Implementar medidas anti-erosivas complementarias, aplicables a las condiciones de la isla	CORALINA Secretaría de Agricultura	18 meses
		Fomentar la reforestación con especies nativas protectoras del suelo	CORALINA Secretaría de Agricultura ICA	18 meses
		Implementar sistemas agroforestales y silvopastoriles	CORALINA Secretaría de Agricultura ICA	18 meses

Para la formulación definitiva del plan de gestión ambiental de las aguas costeras, es recomendable desarrollar talleres en los diferentes sectores sociales de la población de la isla bajo la misma metodología con el fin de que los resultados obtenidos en el taller de expertos sean validados de manera concertada.

La implementación del plan de gestión ambiental de las aguas costeras deberá ser un proceso acordado entre las instituciones y actores que tienen inherencia directa en el manejo del recurso natural marino costero, la salud pública y el desarrollo turístico de la isla a fin de que se apalanquen las acciones estratégicas y de reto con apoyo del gobierno departamental y la voluntad política del estado.

## 8. CONCLUSIONES

San Andrés presenta problemas relacionados con la calidad de las aguas costeras como consecuencia de las actividades antrópicas desarrolladas especialmente en la porción terrestre destacándose en primera instancia, el vertimiento de aguas residuales sin tratamiento alguno que está generando sobre el mar enriquecimiento por nutrientes como el fósforo soluble, lo que representa una amenaza potencial para las praderas de pastos marinos y arrecifes de coral así como los subsiguientes problemas de eutroficación que podrían desencadenarse en las costas de la isla, en detrimento del desarrollo turístico y económico que se sustenta sobre la base de los recursos marinos y costeros con especial interés en las zonas de playa y balnearios que se constituyen en la motivación principal de los visitantes.

La poca estratificación del agua marina causa una contaminación permanente sobre el entorno costero, situación que se incrementa por la descarga sin tratamiento previo de las aguas residuales a través del emisario submarino, lo que implica un deterioro progresivo de la calidad química y, especialmente microbiológica debido a la presencia de indicadores de contaminación fecal y su incidencia sobre la salud del usuario.

El plan de gestión de las aguas costeras se constituye en una herramienta que sirve para frenar el problema de contaminación que existe en las zonas costeras porque contiene elementos prácticos que fueron construidos con una visión integradora de la realidad de la isla relacionada con la calidad de las aguas costeras recreativas.

Se destaca el componente educativo como pieza clave para la formulación del plan de gestión ambiental de las aguas costeras con el fin de garantizar su sostenibilidad en el tiempo, la participación ciudadana y la cultura en materia de manejo del recurso.

La legislación colombiana no contempla claramente los lineamientos para la definición de los cuerpos de agua marino costeros de acuerdo a su calidad, por lo tanto su aplicación en este sentido es deficiente.

## **9. RECOMENDACIONES**

Es recomendable evaluar el estado de la calidad de las aguas costeras en la isla teniendo en cuenta la influencia de la estacionalidad y compararlos con los obtenidos en esta investigación a fin de identificar diferencias y semejanzas en el comportamiento de los datos. Así mismo, es clave la aplicación de encuestas en cada una de las temporadas climáticas de la isla para conocer la percepción de los usuarios.

Se aconseja realizar una evaluación integral de la eficiencia del emisario submarino para determinar la reducción de los contaminantes químicos y microbiológicos en los cuerpos receptores.

## 10. BIBLIOGRAFIA

Abdul azis P. Propuesta Técnica sobre el Diagnóstico de la Contaminación en las Zonas de Baño de la isla de San Andrés. 2003.

APHA. 19 th ed. 1995.

Atherley, K. Water Quality in the Hometown Catchment After flood. Coastal Conservation Project Unit (CCPU), reporte No 3:4-5.1986.

Bocquené, G. y A. Franco. Pesticide Contamination of the Coastline of Martinique. Marine Pollution Bulletin 51: 612–619. 2005.

Brookfield, H.C. An Approach to Islands. In: Sustainable Development and Environmental Management of Small Islands. W. Beller, P. d’Ayala, and P. Hein (eds.), UNESCO, Paris, pp. 23–33. 1990.

CIOH. Boletín 18. Evaluación Hidrodinámica de las Bahías Hooker e Icacos. 1988.

Chua, TE. Essential Elements of Integrated Coastal Zone Management. Ocean and Coastal Management. 1993.

Cloths. Proyecto de construcción emisario submarino San Andrés. 2006.

CORALINA. Diagnóstico y Evaluación de la Situación Ambiental por Vertimiento de Residuos Líquidos en la isla de San Andrés. 2003.

CORALINA. Plan de Manejo Integrado del Área Marina Protegida. Parte I. 2003.

CORALINA. Plan de Manejo de la Reserva de Biósfera Seaflower. 2000.

Costanza, R. The Ecological, Economic, and Social Importance of the Oceans. Ecological Economics, 31, pp. 199-213. 1999.

Cox, E.F. y S. Ward. Impact of Elevated Ammonium on Reproduction in two Hawaiian Scleractinian Corals with Different Life History Patterns. *Marine Pollution Bulletin* 44: 1230–1235. 2002

Daly, H.E., *Elements of Environmental Macroeconomics*. 1991.

Daly, H.E. Operationalizing Sustainable Development by Investing in Natural Capital. In: Jansson, A.-M., Hammer, M., Folke, C., Costanza, R. (Eds.), *Investing in Natural Capital: the Ecological Economics Approach to Sustainability*. Island Press. Washington, DC. 1994.

Decreto 1594 de 1984.

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas- DANE, XVII. *Censo Nacional de Población*. 2005.

Díaz J. M., Garzón-Ferreira, J. y S. Zea. Los Arrecifes Coralinos de la Isla de San Andrés, Colombia: estado actual y perspectivas para su conservación. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Bogotá. 1995.

De Groot, R., Van der Perk, J., Chiesura, A., Vliet, A. Importance and Threat as Determining Factors for Criticality of Natural Capital. *Ecological Economics*, 44, pp. 187-204. 2003.

Ekins, P., Simon, S., Deutsch, L., Folke, C. and De Groot, R. A Framework for the Practical Application of the Concepts of Critical Natural Capital and Strong Sustainability, *Ecological Economics*, 44, 2-3, pp. 165-185. 2003b.

Granger, O.E. Geography of Small Tropical Islands: Implications For Sustainable Development in a Changing World. In: *Small Islands: Marine Science and Sustainable Development*, G.A. Maul (ed.). Coastal and Marine Studies. American Geophysical Union, Washington D.C., pp. 157–187. 1993.

Gavio, B., Palmer, S., Mancera, J.E. Historical Analysis (2000-2005) of the coastal water quality in San Andrés island, Seaflower Biosphere Reserve, Caribbean Colombia. *Marine Pollution Bulletin* 60: 1018-1030. 2010.

GESAMP. Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection. *The Contributions of Science to Coastal Zone Management*. 1996.

Gobernación de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. *Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de San Andrés isla*. 2008.

Harborne, A.R., D.C. Afzal, M.J. Andrews. Honduras: Costa Caribe. Pergamon, Elsevier Science Ltd. 42 (12): 1221-1235. 2001.

Hernández, C., Fernández, C. y Baptista, P. *Metodología de la Investigación*. Segunda Edición. Mc Graw-Hill, 1998.

IGAC. San Andrés y Providencia, Aspectos Geográficos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, 156 p. 1986.

INGEOMINAS. Estudio de las Amenazas Geológicas de la Isla de San Andrés CORALINA-Convenio No. 055-95.230p y Anexos. 1996.

INVEMAR. Establecimiento de Valores Indicativos del Grado de Contaminación de Tóxicos Químicos y Microorganismos de Origen Fecal, como Base para la Expedición de Normativas de la Calidad de las Aguas Marinas de Colombia. 1999.

Kingsbury, P. Jamaican Tourism and the Politics of Enjoyment. *Geoforum* 36: 113–132. 2005.

McClanahan, T.R., E. Sala., P.A. Stickels, B.A. Cokos., A.C. Baker., C.J. Starger y S.H. Jones IV. Interaction Between Nutrients and Herbivory in Controlling Algal Communities and Coral Condition on Glover's Reef, Belize. *Marine Ecology Progress* 261: 135–147. 2003.

Mac Donald, D.V., Hanley, N., Moffatt, I. Applying the Concept of Natural Capital Criticality to Regional Resource Management. *Ecological Economics* 29, pp. 173-87. 1999.

Mignucci - Giannoni, A.A. Assessment and Rehabilitation of Wildlife Affected by an Oil spill in Puerto Rico. *Environmental Pollution* 104: 323-333. 1999.

MMA. Política Nacional Ambiental para el Desarrollo Sostenible de los Espacios Oceánicos y las Zonas Costeras Insulares de Colombia. Bogotá. 2001.

Norma Cubana NC 521: 2007.

Ostrom, E. El Gobierno de los Bienes Comunes. La evolución de las instituciones de Acción Colectiva. México. UNAM-CRIM-FCE. 2000.

Panke, M. y S. Quimby. Pesticides. *Caribbean Currents* 8 (3): 1-5. 2000.

Pastorok, R.A. y Bilyard, G.R. Effects of Sewage Pollution on Coral-Reef Communities. *Marine Ecology Progress Series*. 21: 175-189. 1985.

Pearce, D.W., Turner, R.K. Economics of Natural Resources and the Environment. Harvester Wheatsheaf, Hertfordshire, UK. 1990

Pearce, D.W. Blueprint 3: Measuring Sustainable Development. Earthscan Publications, London, 1993.

PNUMA. Informe Técnico del PEC No 42. 1996.

PNUMA-CAR/UCR. Convenio para la Protección y el Desarrollo del Medio Ambiente Marino de la Región del Gran Caribe. PNUMA, Programa Ambiental del Caribe. Kingston. 2000.

Redfield, A. C. The Biological Control of Chemical Factors in the Environment. *Am. Sci.* 46:205-222. 1958.

Secretaría de Turismo. Diagnóstico Turístico del Plan Maestro de Turismo para la Reserva de la Biosfera Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina. 2002.

Secretaría de Turismo. Comparativo Años 2008 y 2009.

SIGAM-CORALINA. Agenda Ambiental de San Andrés Islas. 2004.

Siung-Chang, A. A Review of Marine Pollution Issues in the Caribbean. En: Environmental Geochemistry and Health. 19 (398): 45–55. 1997.

Torres, A. Diagnóstico de la Situación de Vertimientos en la isla de San Andrés. 2005.

Towle, E-L. The island Microcosm. Prepared Under Contract to the U.S. National Park Service (For the U.S. Agency for International Development). Island Resources Foundation. St. Tomas, Virgin Islands. 1985.

Turner, R.K. Sustainable Environmental Economics: Principles and Practice. Belhaven Press, London. 1993.

UNESCO. A Handbook for Measuring the Progress and Outcomes of Integrated Coastal and Oceans Management. 2006.

UNEP Tourism: Impacts and Best Practices. 1997

UNEP - CEP. Reporte Técnico No 46. 2006.

Van Dieren, W. Taking nature into account. Towards a Sustainable National Income. Het Spectrum, Utrecht. The Netherlands, pp. 398. 1995.

Vitousek, P., Mooney, H., Lubchenco, J., Melillo, J. Human Domination of Earth's Ecosystems. Science 277, pp. 494-499. 1997.

## ANEXO 1

### ENCUESTA PARA RESIDENTES

¿Vive en San Andrés?	1. Si 2. No →	TERMINE LA ENCUESTA
----------------------	------------------	---------------------

Buenos días/tardes. Mi nombre es \_\_\_\_\_. Estoy recolectando los datos necesarios para la realización de un trabajo de tesis acerca del uso recreativo que para los residentes, tienen las playas. Agradezco mucho que usted me brinde unos minutos para responder este cuestionario, ya que su información será de gran valor para este estudio. La información consignada en este documento es totalmente confidencial y será utilizada para fines académicos.

4. Nivel educativo:		
1. Nombre _____		Ninguno _____
2. Edad _____		Primaria _____
3. Sexo F _____ M _____		Secundaria _____
		Universitario _____
		Postgrado _____

5. Que tan frecuentemente va usted a las playas

Semana \_\_\_\_\_ Mes \_\_\_\_\_ Año \_\_\_\_\_

6. Cuántas veces en el año 2009 visitó las siguientes playas?

Playa frente Hotel Isleño	Johnny Cay	Playa de Punta Hansa	Rocky Cay	Playa frente Casablanca	Playa frente a los Almendros	Playa de Yellow Moon	Otra

7. Para qué fin utiliza las playas ?

Baño	Pesca	Buceo	Deportes Náuticos	Otro

Cuál ? \_\_\_\_\_

8. Ha observado durante su visita a las playas lo siguiente:

	Playa frente Hotel Isleño		Johnny Cay		Playa de Punta Hansa		Rocky Cay		Playa frente Casablanca		Playa frente a los Almendros		Playa de Yellow Moon		Otra	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Coloración del agua de mar																
Basuras en el agua																
Presencia de algas																
Malos olores																
Basuras en la arena																
Epoca del año																

9. Después de utilizar las playas ha sufrido de lo siguiente:

	Playa frente Hotel Isleño		Johnny Cay		Playa de Punta Hansa		Rocky Cay		Playa frente Casablanca		Playa frente a los Almendros		Playa de Yellow Moon		Otra	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Picazon																
Brotes																
Cortaduras																
Epoca del año																

Otro \_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_

10. Observaciones

Que sugerencias usted piensa puede hacer el gobierno para el mejoramiento de las playas

¡Muchas gracias!

Que sugerencias piensa usted puede hacer para el mejoramiento de las playas

## ANEXO 2

### ENCUESTA PARA TURISTAS

Buenos días/tardes. Mi nombre es \_\_\_\_\_. Estoy recolectando los datos necesarios para la realización de un trabajo de tesis acerca del uso recreativo que para los turistas, tienen las playas. Agradezco mucho que usted me brinde unos minutos para responder este cuestionario, ya que su información será de gran valor para este estudio.

La información consignada en este documento es totalmente confidencial y será utilizada para fines académicos.

1. País y ciudad de procedencia

\_\_\_\_\_

2. Sexo

F \_\_\_\_\_ M \_\_\_\_\_

3. Edad \_\_\_\_\_

4. Es la primera vez que visita la isla?

Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. Cuál es el principal atractivo que para usted tiene la isla y que influyó en su decisión de visitarla

Cultura \_\_\_\_\_

Playas \_\_\_\_\_

Paisaje \_\_\_\_\_

Comercio \_\_\_\_\_

Otro \_\_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_

6. Visitó alguna de las siguientes playas?

Playas del centro \_\_\_\_\_ Cuál? \_\_\_\_\_

Johnny Cay \_\_\_\_\_

Rocky Cay \_\_\_\_\_

Playas de San Luis \_\_\_\_\_ Cuál? \_\_\_\_\_

Otra \_\_\_\_\_ Cuál? \_\_\_\_\_

7. Para que fin utiliza las playas?

Baño \_\_\_\_\_

Pesca \_\_\_\_\_

Buceo \_\_\_\_\_

Deportes náuticos \_\_\_\_\_

Otro \_\_\_\_\_ Cuál? \_\_\_\_\_

8. Ha observado durante su visita a las playas lo siguiente:

	Playa frente Hotel Isleño		Johnny Cay		Playa de Punta Hansa		Rocky Cay		Playa frente Hotel Casablanca		Playa frente los Almendros		Playa de Yellow Moon		Otra	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Coloración del agua de mar																
Basuras en el agua																
Presencia de algas																
Malos olores																
Basuras en la arena																

9. Por el uso de las playas ha sufrido lo siguiente:

	Playa frente Hotel Isleño		Johnny Cay		Playa de Punta Hansa		Rocky Cay		Playa frente Hotel Casablanca		Playa frente los Almendros		Playa de Yellow Moon		Otra	
	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
Picazon																
Brotos																
Cortaduras																

Otro \_\_\_\_\_ Cuál \_\_\_\_\_

10. Observaciones

Que sugerencias usted piensa puede hacer el gobierno para el mejoramiento de las playas

Que sugerencias usted piensa puede hacer para el mejoramiento de las playas

¡Muchas gracias!

### ANEXO 3

Registros fotográficos del taller de formulación del plan de gestión ambiental de las aguas costeras





